UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Lexikon der gesamten Technik und ihrer Hilfswissenschaften

Lueger, Otto

Stuttgart [u.a.], [1909]

P

urn:nbn:de:hbz:466:1-84066

Visual Library

P

Papierfärberei, ſ. Buntpapierfabrikation.

Papierfäſſer werden öfter zum Transport pulverförmiger, ſeltener flüſſiger Materialien verwendet. Dieſelben ſind teurer als Fäſſer aus weichem, dagegen billiger als ſolche aus hartem Holz und zeichnen ſich durch vollkommene Undurchläſſigkeit ſowie ſehr geringes Gewicht aus. Sie haben meiſt zylindriſche, ſeltener die eigentliche Faßform.

Bei der Herſtellung von Papierfäſſern kommen verſchiedene Methoden zur Anwendung. Das Rohmaterial iſt entweder Papier, Pappe — beide aus Holzſchliff — oder auch Zellſtoff. Aus Papier können dieſelben dadurch hergeſtellt werden, daß man endloſes, an einer Seite mit Klebſtoff in einer Klebmaſchine verſehenes Papier ſo lange auf eine dem Durchmeſſer des Faſſes entſprechende Walze aufwickelt, bis die gewünſchte Wandſtärke des Faſſes erreicht iſt, worauf der ſo erhaltene Papier- (eigentlich Pappe-) zylinder nach einer Verengung der expandierbaren Walze von dieſer abgenommen, getrocknet, hierauf ſtark erhitzt und in entſprechender Weiſe mit den Böden verſehen wird, die entweder in einer innen eingedrehten Nut oder zwiſchen zwei innen eingeklebten Pappereifen befeſtigt oder in der Weiſe angeordnet werden, daß an einen inneren Reifen ein Blatt ausgebauchten Pappendeckels angeklebt, auf dieſes eine zweite Lage oder eine dicke Pappenſcheibe gefetzt und das Ganze durch eine breite Querleiſte aus Holz oder Pappe feſtgemacht wird. Das Faß erhält behufs Erreichung einer größeren Feſtigkeit auch Außenreifen aus Pappe, die feucht aufgezogen werden und ſich beim Trocknen gut zuſammenziehen. — Bei Fäſſern, die zum Transport flüſſiger Materialien dienen, wird zwiſchen dieſe Papierlagen eine mit Oel getränkte Leinwandlage eingewickelt. Die Böden müſſen gedichtet werden. — Nach einer andern Methode läßt man Holzſchliff in einer Pappemaſchine auf eine ebenfalls expandierbare Formatwalze ſo lange auflaufen, bis die verlangte Wandſtärke erreicht iſt, worauf nach Verengung der Walze der ſo hergeſtellte Pappezylinder abgenommen und, wenn derſelbe die Faßform erhalten ſoll, in eine Form gebracht wird, an deren Innenfläche derſelbe durch das Einführen eines Gummiſackes und Aufblaſen dieſes letzteren angepreßt und geformt wird. Hierauf folgt ein langſames Trocknen und das Einſetzen der Böden. — Nach einer weiteren Methode werden zwei vollkommen gleiche Faßhälften, beſtehend aus einer halben Faßwand und einem Boden, in einer Preſſe hergeſtellt und die beiden Hälften ſodann durch Reifen miteinander verbunden, wobei zwiſchen die Kanten Dichtungsmittel eingelegt werden können. *Kraft.*

Papierfeuerſchwamm (Bogenſchwamm, Blätterſchwamm, Zunderpapier), eine aus den zerkleinerten Abfällen des Feuerſchwammes erzeugte Pappe.

Papierflaſchen werden aus gut geleimtem Stroh- und Holzſtoffpapier hergeſtellt, welches vor allem, um es waſſerdicht zu machen, mit einer Miſchung von defibriniertem Blut, Kalkpulver und ſchwefelſaurer Tonerde imprägniert wird. Die Papierblätter werden nun, mit dieſer Miſchung beſtrichen, zur Bildung einer Pappe aufeinander geklebt und dieſe ſodann durch Heißpreſſung zu einer halben Flaſche geformt. Die beiden Flaſchenhälften werden ſodann an den Verbindungskanten abgeſchrägt, durch waſſerdichten Leim oder harten Kautſchukkitt zuſammengeklebt, mit den entſprechenden Verſchlußvorrichtungen aus Zinn verſehen und ſchließlich innen mit Wachs oder Paraffin ausgegoſſen. *Kraft.*

Papierform, jenes ſowohl bei der Hand- als auch Maſchinenpapiererzeugung verwendete Werkzeug, welches die erſte Entwäſſerung der Papierfaſermaſſe zu bewirken hat und ſtets aus einem aus Metalldrähten hergeſtellten Sieb beſteht; ſ. Papierfabrikation. *Kraft.*

Papierformate entſtehen durch die verſchiedenen Dimenſionierungen der Papierbogen, die ſeit jeher durch gewiſſe Grenzen, beim Handpapier durch die Größe der Form, beim Maſchinenpapier durch die Breite des die Entwäſſerung

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

bewirkenden Siebes eingeſchränkt waren und noch immer ſind. Es haben ſich in den verſchiedenen Staaten Europas ſelbſtverſtändlich verſchiedene Formate mit verſchiedenen Benennungen herausgebildet, welch letztere in manchen Fällen ihre Entſtehung dem Waſſerzeichen des Papiers verdanken.

In Deutſchland unterſcheidet man heute noch, aber nicht mehr ſo ausſchließlich wie einſt, folgende Formate:

	Millimeter lang	breit		Millimeter lang	breit
Groß-Elefant	1028	675	Groß-Median	578	444
Klein-Elefant	900	633	Mittel-Median	542	444
Kolombier	821	590	Schmal-Median	529	420
Imperial	766	554	Klein-Median	511	402
Groß-Regal	736	529	Schmal-Regiſter	487	396
Super-Regal	688	487	Mittel-Regiſter	475	383
Mittel-Regal	657	498	Propatria (Dikaſterial) . .	450	471
Klein-Regal (Regal royal) . .	621	487	Klein-Format	402—432	320—371
Lexikonformat (Emoiſin) . .	590	462	Pandekten	371	264

Von dieſen oft ganz willkürlichen Abmeſſungen und eigentümlichen, auf keiner logiſchen Grundlage beruhenden Benennungen ſuchte man ſich dadurch zu befreien, daß ſeit 1883 auf Vorſchlag des Vereins deutſcher Papierfabrikanten, im Einverſtändniſſe mit den Hauptbeteiligten, folgende durch Nummern charakteriſierte Normalformate feſtgeſetzt wurden:

Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Breite	33	34	36	38	40	42	44	46	48	50	54	57	cm
Länge	42	43	45	48	50	53	56	59	64	65	68	78	„

Im Jahre 1889 wurden dieſe Normalformate durch einen Erlaß des Reichskanzlers für die Reichskanzleien angenommen. Es iſt klar, daß durch die allgemeine Annahme dieſer Beſtimmungen eine Vereinfachung der Fabrikation ermöglicht wird. — Neben dieſen Normalformaten ſind noch folgende am häufigſten gebräuchlich:

Schulformat . .	34 × 42	Klein-Regal .	47 × 60
Propatria . . .	35 × 43	Regal . . .	49 × 64
Groß-Propatria .	37 × 41	Super-Regal .	54 × 70
Klein-Regiſter .	41 × 51	Imperial . .	57 × 80
Median	45 × 58	Adler . . .	62 × 90.

Für Bücher und Zeichenpapiere kommen noch dazu:

Atlas . . 83 × 118 Groß-Adler . . 70 × 107. *Kraft.*

Papierfranſenſchneidmaſchine, Maſchine zur Herſtellung gleich langer und breiter Franſen an den Kanten der verſchiedenſten Konditor-, Luxus- und Buntpapiere.

Die von Hugo Kretſchmann, Berlin, gebaute Maſchine beſteht aus einer Klemmvorrichtung, in welche vier bis acht Bogen des mit Franſen zu verſehenden Papiers mit freier Kante eingeklemmt werden. Parallel zu der Papierkante wird der von zwei runden Stangen geführte und durch eine Schraubenſpindel in jeder Zeiteinheit um eine beſtimmte Länge verſchobene Schneidapparat bewegt, der aus einem feſtſtehenden und einem beweglichen Scherbacken beſteht. Die Länge und Breite der Franſen kann durch eine Einſtellung des Schneidapparats reguliert werden. Die letztere variiert von 0,7—5,5 mm, die Länge bis 20 cm. Bei achtfachem Papier können bis zu 6500 Franſen pro Minute hergeſtellt werden. *Kraft.*

Papiergarn wird aus gewöhnlichen Papierſtoffaſern, namentlich Holzzellſtoff, dadurch hergeſtellt, daß die auf der Lang- oder Zylinderformmaſchine erzeugte Papierbahn durch ſtreifenweiſe Herſtellung des Metalltuches oder durch dünne Waſſerſtrahlen in Streifen geteilt, dieſe durch einen Filz abgenommen und einem Nitſchelzeug (ſ. Streichgarnſpinnerei) zugeführt werden, wodurch die Umwandlung aus flachen Streifen in rundes Garn erreicht wird. Die ſo entſtandenen oder manchmal auch aus geſchnittenen Streifen ſchon fertigen Papiers hergeſtellten Garne werden einer Appretur in tieriſchem Leim, Dextrin, Kartoffelſtärke unterzogen, auch mit Paraffin, Wachs gebürſtet und auf Spulen aufgewickelt. Aus dieſen Garnen werden Teppiche, Wandbehänge, Handtücher, ja ſelbſt ganze Anzüge hergeſtellt.

Literatur: Pfuhl, E., Zellſtoffgarne (Xylolin, Silvalin, Licella), ihre Herſtellung u. ſ. w., Riga 1904. *Kraft.*

Papiergewebe, ſ. Papiergarn und Papierkleider.

Papierhülſen (in der Spinnerei), kreisrunde bezw. koniſche Hülſen aus Halbkarton zur Aufwindung des fertigen Fadens oder Zwirnfadens als Halt beim Abnehmen und Wiederabwinden.

Ihre Form richtet ſich nach derjenigen Spindel, auf welcher die Windung gemacht wird. Die Hülſen für Selfaktorkötzer ſind die kleinſten (30—50 mm lang, 5—8 mm Durchmeſſer) und ſitzen im unteren Ende des von der Spindel gebildeten Kötzerhohlraumes. Die Papierhülſen der Ringſpindel haben die Länge des ganzen Kötzers und ſind Kegelſtumpfe (130—185 mm

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

lang, 20—25 bezw. 9—12 mm Durchmesser). Die Hülsen der Kreuzspulmaschine sind zylindrisch, Länge und Durchmesser der Aufwindung entsprechend (s. Baumwollspinnerei und Zwirn). Die Herstellung der Hülsen findet im Großbetrieb auf Hülsenmaschinen statt, welche aus dem vollen Papier die fertigen Hülsen liefern.

Literatur: Deutsche Ind.-Ztg. 1870, S. 82; Papierztg. von Hofmann 1892, S. 3006; 1893, S. 406 ff.; 1894, S. 970. *O. Boßhard.*

Papierisolatoren aus Hadern oder Cellulosepapier werden für lange elektrische Kabelleitungen an Stelle von Kautschuk verwendet.

Bis zu 5 Meilen langes Rollenpapier wird in entsprechend breite Streifen geschnitten, welche dann in Maschinen mit bis 500 Umdrehungen auf den Leiter in Spiralgängen bis zur nötigen Dicke der Isolierschichte aufgewickelt werden. Das so erzeugte Kabel wird auf eine Trommel aufgewickelt und vorerst bei einer Temperatur von 121° C. getrocknet, worauf es in eine auf 138° C. erhitzte, entsprechend zusammengesetzte Flüssigkeit gebracht und der Wirkung derselben bestimmte Zeit ausgesetzt wird. Die Umhüllung des Kabels mit Blei in der hydraulischen Presse bildet den Schluß des Prozesses. *Kraft.*

Papierkleider. Hemden und Unterbeinkleider, wie sie heute in der japanischen Armee getragen werden, bestehen aus weichem, gelblichem, langfaserigem Papier, das so fest ist, daß die Knopflöcher eingefäumt werden können.

Die einzelnen Teile dieser Kleidungsstücke werden ausgeschnitten und entweder durch Kleben oder Vernähen miteinander verbunden. In der deutschen Armee wurden diese Kleider als zu warm empfunden. Das aus Amerika unter dem Namen Fibres de Chamois eingeführte Kleiderfutter besteht aus Sulfitzellstoffpapier, das angefeuchtet und zwischen Walzen so lange gerunzelt wird, bis es trocken ist. Sehr stark werden heute in bestimmten Kreisen Papierkrawatten mit und ohne Stoffüberzug getragen. Im Altertum trugen im Orient die Armen aus rotem Papier hergestellte Hemden, um die Aufmerksamkeit der Reichen und Fürsten auf sich zu ziehen. *Kraft.*

Papierleder (Lederpapier), s. Papiersorten.

Papiermaché (zerquetschtes Papier) ist nichts andres als Papiermasse, Papierstoff, Papierzeug, das als eine sehr plastische Masse zur Herstellung der verschiedensten Gegenstände durch Guß oder Pressung verwendet wird.

Es wird meist aus Makulatur durch Zerkleinerung im Holländer hergestellt, da die meisten der daraus gefertigten Gegenstände mit einem Anstrich oder einer Lackierung versehen werden. Dieses Rohmaterial wird in Wasser eingeweicht, selbst gekocht, dann in einem Mörser, Holländer oder Kollergang zermalmt, mit feinem Sand, Ton oder Kreide, auch Holzasche gemischt und ihm dann Gummi- oder Leimwasser bezw. Stärkekleister zugesetzt. Die Masse wird in mit Oel bestrichene Holz-, Metall- oder Gipsformen gepreßt, nach dem Herausnehmen aus der Form zuerst an der Luft, dann im Ofen getrocknet und schließlich bemalt, gefärbt und lackiert, welch letzten Arbeiten manchmal ein Abschleifen, Glätten oder auch Abdrehen, Hobeln vorangeht. — Eine andre Herstellungsmethode dieser Gegenstände besteht darin, daß kleine weichgemachte Papierstückchen in die Vertiefungen der Form mit dem Finger eingedrückt, auf diese dann ähnliche in Gummi oder Leim getauchte Papierblättchen so lange aufgeklebt werden, bis eine gewisse Wandstärke erreicht ist, worauf der Gegenstand aus der Form genommen, getrocknet, bemalt, lackiert wird.

Literatur: Winzer, A., Papiermaché und Zelluloid, 1907; Andés, Die Fabrikation der Papiermaché- und Papierstoffwaren, 1900. *Kraft.*

Papiermacherfilz, nicht eigentlicher Filz, sondern gefilztes Gewebe, das, aus grobem Wollgarn mit Köperbindung locker gewebt, weder gerauht noch geschoren wird. Verwendung s. Papierfabrikation, Bd. 6, S. 812. *Kraft.*

Papiermatrizen, s. Schriftgießerei.

Papiernormalien sind diejenigen Bestimmungen, durch welche die Eigenschaften solcher Papiersorten festgesetzt werden, die beim Niederschreiben wichtiger, namentlich staatlicher, gesetzlicher Verfügungen und Verordnungen sowie überhaupt im Gebrauche der Behörden in Verwendung kommen, um deren Zeitdauer tunlichst zu erhöhen.

Solche Normalien sind von mehreren deutschen Bundesstaaten, so von Preußen 1891, Bayern 1892, Baden 1897, Hessen und Württemberg 1907 festgesetzt worden. Durch die von Preußen erlassenen Bestimmungen wird das von den Staatsbehörden zu verwendende Papier auf Grundlage von Stoff- und Festigkeitsklassen in Verwendungsklassen eingeteilt.

Stoffklassen werden vier unterschieden und zwar: 1. Papiere nur aus Hadern; 2. Papiere aus Hadern mit höchstens 25 % Zellstoff, ohne verholzte Fasern; 3. Papiere beliebiger Zusammensetzung ohne verholzte Fasern; 4. Papiere beliebiger Zusammensetzung. Der Aschengehalt all dieser Klassen ist von den einzelnen Bundesstaaten verschieden festgesetzt.

Festigkeitsklassen werden sechs unterschieden mit 6000, 5000, 4000, 3000, 2000, 1000 m mittlerer Reißlänge. Die mittlere Dehnung ist dabei mit 4, 3,5, 3, 2,5, 2, 1,5 % der ursprünglichen Länge, die Zahl der Doppelfalzungen nach Schopper mit 190, 190, 80, 40, 20, 3, festgesetzt; diese Maße sind bei 65 % relativer Luftfeuchtigkeit zu ermitteln, die Berechnung der Reißlänge auf Grund des Gewichtes eines bei 100° C. getrockneten Streifens zu vollführen.

Verwendungsklassen sind acht mit Untereinteilungen festgesetzt: 1. Papier für dauernd aufzubewahrende, besonders wichtige Urkunden und für Kabinettsorders: Stoffklasse 1 Festigkeitsklasse 1, Gewicht für 1000 Bogen 15 kg und 12 kg. 2. Papier zu Urkunden, Standes-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

amtsregiſtern, Geſchäftsbüchern u. ſ. w., zwei Sorten: Stoffklaſſe 1, Feſtigkeitsklaſſe 2 und 3, Gewicht 14 und 13 kg. 3. Aktenpapier für länger als 10 Jahre aufzubewahrende Schriftſtücke. (3a Kanzleipapier, Quartbriefpapier, Oktavbriefpapier, Schreibmaſchinendurchſchlagpapier; 3b Konzeptpapier): Stoffklaſſe 2, Feſtigkeitsklaſſe 3, bei Sorte 3b Feſtigkeitsklaſſe 4, Gewicht 13, 10,4, 5,2, 7 und 13 kg. 4. Aktenpapier für Schriftſtücke von geringerer Bedeutung und kürzerer Aufbewahrungsfriſt. (4a Kanzleipapier, Quart- und Oktavbriefpapier; 4b Konzeptpapier): Stoffklaſſe 3, Feſtigkeit bei 4a 3500 m Reißlänge, Dehnung 2,75 %, 40 Doppelfalzungen; bei 4b Feſtigkeitsklaſſe 4, Gewicht 12, 9,6, 4,8, 1,2 kg. 5. Briefumſchläge, Packpapier, zwei Sorten, Stoffklaſſe unbeſtimmt, Feſtigkeitsklaſſe 3 und 5, Gewicht in Gramm für 1 qm feſtgeſetzt. 6. Schreibpapier zu untergeordneten Zwecken des täglichen Verbrauchs: Stoffklaſſe unbeſtimmt, Feſtigkeitsklaſſe in einzelnen Fällen 5 oder 6, Gewicht unbeſtimmt. 7. Aktendeckel, Sorte 7a: Stoffklaſſe 1, Feſtigkeitsklaſſe 2500 m Reißlänge, 3,5 % Dehnung, Gewicht pro 1000 Bogen 31,2 kg; Sorte 7b: Stoffklaſſe 3, Feſtigkeit 2500 m Reißlänge, 2,5 % Dehnung, Gewicht pro 1000 Bogen 42,3 kg. 8. Druckpapier, drei Sorten, 8a, 8b, 8c: Stoffklaſſe 1, 3, unbeſtimmt; Feſtigkeitsklaſſe 4, 4, in einzelnen Fällen 5 oder 6.

Die Bogengröße iſt mit 33 × 42 feſtgeſetzt, und nur, wo dies nicht angängig iſt, ſind weitere 12 Bogengrößen beſtimmt und bis zur neunten Größe auch das Gewicht für 1000 Bogen und für den Quadratmeter feſtgeſetzt. Für ſehr undurchſichtige Schreibpapiere kann eine Gewichtserhöhung bis zu 25 % vorgeſchrieben werden.

Die Papierklaſſen 1—4 dürfen in Reißlänge, Dehnung und Falzzahlen bis zu 10 % nach unten abweichen, die Gewichte bei Schreib- und Druckpapier 2,5 %, bei Aktendeckeln und Packpapieren um 4 %.

Die Schreibpapiere der Verwendungsklaſſen 1—4 müſſen mit einem auf dem Siebe hergeſtellten Waſſerzeichen verſehen ſein, das die Firma des Fabrikanten in einer jeden Zweifel ausſchließenden Weiſe ſowie neben dem Worte „Normal“ das Zeichen der Verwendungsklaſſe erkennen läßt, und es dürfen nur ſolche Papiere dieſer Klaſſen verwendet werden, deren Waſſerzeichen beim Kgl. Materialprüfungsamt in Groß-Lichterfelde bezw. Darmſtadt und Stuttgart gemeldet und eingetragen ſind, welche Eintragung im Reichs- und Staatsanzeiger bekanntgemacht wird. — Vor der Erteilung von Lieferungsaufträgen iſt von jeder Papierſorte eine Probe zur Prüfung auf Ausſehen, Glätte, Griff einzuſenden. Die Prüfung auf Stoffzuſammenſetzung, Feſtigkeit, Leimung, d. h. alſo auf die Uebereinſtimmung des Papiers mit den Normalien erfolgt nach Lieferung, vor der Ingebrauchnahme, und zu dieſem Zwecke müſſen Proben an das genannte Prüfungsamt eingeſendet werden, die aus je zehn Bogen Papier, zehn Briefumſchlägen oder Aktendeckeln beſtehen, welche aus verſchiedenen Stellen der Lieferung und aus Paketen, die noch nicht geöffnet waren, bei größeren Lieferungen aus mindeſtens fünf Paketen entnommen, zwiſchen ſteife Deckel zu verpacken ſind und nur ſo weit gekniffen werden dürfen, daß die ungekniffen Flächen mindeſtens 26,5 × 21 cm groß bleiben. — Die Prüfungsgebühr beträgt für jede Sorte 20 ℳ, die jedoch nur dann zurückbehalten wird, wenn das Papier den Normalien nicht entſpricht. Das Prüfungsamt hat neben den Einzelergebniſſen in den Prüfungszeugniſſen zu bezeugen, ob das Papier die Bedingungen erfüllt oder nicht erfüllt, in welch letzterem Falle erſichtlich zu machen iſt, inwieweit den Anforderungen nicht genügt iſt. Solche Papiere ſind zurückzuweiſen. — Fabriken, an deren Produkten im Laufe eines Jahres mehrfach grobe Verſtöße gegen die Beſtimmungen, d. h. gegen die Stoff- und Feſtigkeitsklaſſe feſtgeſtellt wurden, ſind zu verwarnen und, wenn dies erfolglos bleibt, aus dem amtlichen Waſſerzeichenverzeichnis zu ſtreichen und von den Lieferungen für ſtaatliche Behörden auszuſchließen und dies im Reichs- und Staatsanzeiger zu verlautbaren. Nach zwei Jahren kann die Fabrik unter Probenvorlage um Wiedereintragung bittlich werden, worüber nach Durchführung der Prüfung der Miniſter für Handel und Gewerbe entſcheidet. — Die Behörden dürfen in ihren Lieferungsanforderungen andre Beſtimmungen nicht vorſchreiben. Die Verordnung iſt vom Kgl. Staatsminiſterium erlaſſen und vom 28. Januar 1904 datiert. Zu dieſen Beſtimmungen iſt noch eine Dienſtanweiſung zur Ausführung derſelben, gleichen Datums, erlaſſen, die ſich auf den Bezug, die Verwendung und Beſtellung des Papiers von Seite der einzelnen Behörden und einzelner Beamter bezieht.

Die Prüfungsgebühren des Kgl. Materialprüfungsamtes zu Groß-Lichterfelde betragen für eine Feſtigkeits- und Dehnungsprüfung (je fünf Verſuche nach zwei Richtungen) 10 ℳ; eine Falzprüfung 2 ℳ; Aſchengehaltsprüfung 3 ℳ, mit Beſtimmung der qualitativen Zuſammenſetzung der Aſche 10 ℳ, mit Beſtimmung der quantitativen Zuſammenſetzung 50 ℳ; eine Dicken- und Gewichtsprüfung 2 ℳ; Unterſuchung auf Holzſchliff 1 ℳ; mit Beſtimmung der Art der verholzten Faſern 2 ℳ; mikroſkopiſche Feſtſtellung der Faſerarten 5 ℳ; mit Schätzung der Mengenverhältniſſe 10 ℳ; chemiſche Zuſammenſetzung 5—50 ℳ; quantitativ 10—100 ℳ; vollſtändige Unterſuchung 20 ℳ. Außer dieſen Vorſchriften ſind noch erlaſſen: Beſtimmungen des Reichseiſenbahnamtes vom 13. Oktober 1892 für Frachtbriefpapiere, nach welchen zu dieſem Zweck Normalpapier 4a zu verwenden iſt, das Papier muß weiße Farbe beſitzen, das Gewicht für je 1000 Bogen 76 × 60 cm hat 39 kg zu betragen. Geſtattete Abweichung 2,5 % nach oben und unten. Für Quittungskartenkarton der Invaliditäts- und Altersverſicherung iſt durch mehrere Reichskanzlerverordnungen beſtimmt, daß dieſer Karton aus Zellſtoff, Leinen und Baumwolle hergeſtellt ſein muß, vom erſtgenannten Stoff nicht mehr als 50 % enthalten darf, der Leinen- den Baumwollgehalt um mindeſtens 5 % überſteigen, der Karton mit Eiſenoxyd und Bleichromat gelb gefärbt und ein Quadratmetergewicht von 272—287 g aufweiſen muß. Die mittlere Reißlänge hat 4500 m, die mittlere Dehnung 4 % zu betragen. Die Quittungskarten für die Selbſtverſicherung müſſen grau gefärbt ſein. Die Beitragskarten der Invaliditäts- und Altersverſicherung müſſen aus Lumpenpapier hergeſtellt ſein, eine Reißlänge von mindeſtens 3000 m, eine Dehnung von wenigſtens 1,9 % und einen Aſchengehalt von höchſtens 12 % aufweiſen. Dieſelben ſind behufs Feſtſtellung der Echtheit mit einem unſichtbaren Aufdruck

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

zu verſehen. — Poſtkarten- und Poſtanweiſungskarton muß nach Beſtimmung der Reichsdruckerei vom Jahre 1903 von verholzten Faſern frei ſein, eine mittlere Reißlänge von mindeſtens 3000 m, mittlere Dehnung mindeſtens 2,5 %, einen Aſchengehalt von höchſtens 10 %, gute Leimfeſtigkeit und Kopierfähigkeit ſowie lichtechte Färbung aufweiſen. Bei Poſtpaketadreſſenkarton iſt die mittlere Reißlänge mit 2500 m, die Dehnung mit 2 %, der Aſchengehalt mit höchſtens 15 % feſtgeſetzt und gute Leimfeſtigkeit ſowie eine Färbung verlangt, die ſich bei Einwirkung verdünnter Mineralſäuren nicht weſentlich ändert. Die vom Reichspoſtamt im Jahre 1906 erlaſſenen Vorſchriften für Papier zu Fernſprechkabeln verlangen Trockenheit, gleichmäßige Dicke, Langfaſerigkeit, Freiheit von Metallteilchen oder ſonſtigen Stoffen, die auf Leiter und Bleimantel zerſetzend wirken könnten. Die mittlere Reißlänge iſt mit 4000 m, die mittlere Dehnung mit 2 % feſtgeſetzt; ſ. a. Papierprüfung.

Literatur: v. Hoyer, Ueber die Entſtehung und Bedeutung der Papiernormalien ſowie deren Einfluß auf die Fabrikation, 1888; Hofmann, Normalpapier, 1892; Müller-Haußner, Die Herſtellung und Prüfung des Papiers, Berlin 1905; Herzberg, W., Papierprüfung, 1907. *Kraft.*

Papierpergament (Pergament, Pergamentpapier), ein das animaliſche Pergament imitierendes Papier; ſ. Papierſorten. *Kraft.*

Papierplatten, ſ. Holzfilzplatten.

Papierprägmaſchinen, ſ. Buntpapierfabrikation, Bd. 2, S. 399.

Papierprüfung, die Unterſuchung verſchiedener Papierſorten auf Zerreißfeſtigkeit, Dehnung, Widerſtandsfähigkeit gegen Zerknittern und Reiben, die Beſtimmung des Aſchengehalts, die mikroſkopiſche Unterſuchung, die qualitative Beſtimmung des Holzſchliffs, die Unterſuchung der Leimfeſtigkeit, Radierfähigkeit, Saugfähigkeit von Löſchpapier, Filtrierfähigkeit u. ſ. w.

Der heutige hohe Stand der Papierprüfung dürfte in erſter Linie auf die Einführung der Papiernormalien (ſ. d.) in Preußen zurückzuführen ſein, durch welche für die ſeitens der Behörden zu verwendenden Papiere beſtimmte Anforderungen aufgeſtellt wurden, die 1886 in den „Grundſätzen für amtliche Papierprüfungen“ niedergelegt ſind [1]. Sie wurden 1891 durch die „Vorſchriften für die Lieferung und Prüfung von Papier zu amtlichen Zwecken“ [2] und 1904 durch die „Beſtimmungen über das von den Staatsbehörden zu verwendende Papier“ ([3] und [5]) erſetzt. Inzwiſchen ſind auch andre Staaten dem Beiſpiele Preußens durch Herausgabe von Papiernormalien gefolgt. Die Beſtimmungen unterſcheiden die Papiere nach den Stoffen, aus denen ſie beſtehen, in „Stoffklaſſen“ und nach ihren Feſtigkeitseigenſchaften in „Feſtigkeitsklaſſen“, und ſchreiben vor, welchen dieſer Klaſſen die zu den verſchiedenen Zwecken beſtimmten Papiere angehören müſſen, ferner ihre Bogengrößen und ihr Gewicht. Die Prüfung erſtreckt ſich auf folgende Punkte:

1. Die **Prüfung der Zerreißfeſtigkeit und Dehnung** an je fünf Streifen längs und quer zum Maſchinenlauf erfolgt auf kleinen Zerreißmaſchinen, und zwar wohl ausſchließlich auf den Spezialmaſchinen für Papierprüfung von Hartig-Reuſch [4]—[7], Leuner [4], Wendler [4] und [8] und Schopper [4] und [9] (ſ. a. Feſtigkeitsprobiermaſchinen). — Die Probeſtreifen ſind vollſtändig parallel zu ſchneiden, müſſen glatte Ränder haben und zum normalen Verſuch bei 15 mm Breite 180 mm Länge zwiſchen den Einſpannklauen beſitzen [4], [10]. Die Streifenbreite iſt auf die Beobachtungswerte für Feſtigkeit und Dehnung ohne weſentlichen Einfluß; die Streifenlänge iſt auf die Feſtigkeit nur dann von Einfluß, wenn ſie ſehr gering gewählt wird, weil dann die Folgen nicht völlig zentriſcher Einſpannung ungünſtig wirken; dagegen nimmt die prozentuale Dehnung mit abnehmender Streifenlänge zu. Da die Faſern ſich überwiegend in der Richtung des Maſchinenlaufes lagern, ſo iſt in der Richtung des Maſchinenlaufes die Feſtigkeit größer und die Dehnung kleiner als in der Querrichtung. Daher ſind die Feſtigkeitseigenſchaften nach beiden Richtungen zu ermitteln. Zurzeit iſt der Mittelwert für beide Richtungen maßgebend; mehrfach wird aber bereits gefordert, daß neben dem Mittelwert auch ein beſtimmtes Verhältnis zwiſchen Längs- und Querfeſtigkeit vorgeſchrieben werden ſoll [4]. Auch bei den geſchöpften (Hand-) Papieren ſind deutlich Unterſchiede in Feſtigkeit und Dehnung nach zwei Richtungen wahrnehmbar. Zur Erkennung beider Richtungen am Papierbogen feuchtet man nach Herzberg ein herausgeſchnittenes kreisrundes Stück auf der einen Seite an. Es rollt ſich hierbei infolge ſtärkeren Quellens der Faſern quer zu ihrer Achſe als längs ſo auf, daß der nicht gekrümmte Durchmeſſer in der Maſchinenrichtung liegt [4]. Nach Nickel legt man je einen der ſenkrecht zueinander entnommenen Probeſtreifen aufeinander und hält ſie an dem einen Ende wagerecht. Bleiben die Streifen hierbei dicht zuſammen, ſo liegt der in der Maſchinenrichtung entnommene unten, klaffen ſie auseinander, ſo iſt es der obere [6]. Die Urſache liegt in der größeren Dehnung (alſo auch Durchbiegung) der Querſtreifen bei gleicher Beanſpruchung. Mit wachſender Luftfeuchtigkeit nimmt die Zerreißfeſtigkeit des Papiers ab, die Dehnung zu. Die Verſuche ſind daher zur Erlangung vergleichbarer Werte ſtets bei gleicher Luftfeuchtigkeit auszuführen, nachdem die Probeſtreifen mindeſtens ½ Stunde lang frei ausgelegen haben, um ſich dem Feuchtigkeitszuſtande anzupaſſen. Sie ſind hierzu hochkant aufzuſtellen, damit ſie der Luft möglichſt große Oberfläche darbieten. Als normal dient der Feuchtigkeitsgehalt von 65 % [11]. Kann derſelbe nicht innegehalten werden, ſo laſſen ſich die Beobachtungswerte unter Benutzung der nachſtehenden, von Dalén ermittelten Verhältniswerte [12] auf diejenigen für normalen Feuchtigkeitsgehalt umrechnen:

Relative Luftfeuchtigkeit beim Verſuch		80	75	70	65	60	55	50	45	40 %
Verhältniszahlen	Reißlänge	118	111	104	100	97	94	92	90	88 „
	Dehnung	80	87	93	100	108	116	125	136	147 „

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Die Zimmerwärme hat innerhalb der üblichen Grenzen von 15—25° C. keinen nennenswerten Einfluß auf die Feſtigkeitseigenſchaften [4]. — Da die Querſchnitte der Probeſtreifen nicht mit Sicherheit beſtimmt werden können, ſo gilt nach dem Vorſchlage von Reuleaux als Vergleichswert für die Feſtigkeit die „Reißlänge", d. h. diejenige Länge, bei der ein frei herabhängender Streifen von beliebiger, aber gleichbleibender Breite und Dicke unter ſeinem Eigengewicht an der oberen Einſpannung abreißen würde. Die Reißlänge R in Kilometern ergibt ſich durch Diviſion des Streifengewichts für das laufende Meter in die ermittelte Bruchbelaſtung P. Iſt alſo g das Gewicht des 180 mm langen, bei 100° C. getrockneten Streifens, ſo iſt $R = 0{,}18\,P:g$. Statt dieſer Hartigſchen Formel kann auch die Hoyerſche $R = P \cdot 1000 : b \cdot G$ benutzt werden, in der b die Streifenbreite in Millimetern und G das Quadratmetergewicht in Gramm des Papieres iſt.

2. Die **Prüfung auf Widerſtandsfähigkeit gegen Zerknittern und Reiben** iſt vorzunehmen, weil wohl im allgemeinen, aber bei weitem nicht immer, mit großer Feſtigkeit und großer Dehnung auch ein großer Knitterwiderſtand verbunden iſt [4], [13], [14]. Die Prüfung wird ausgeführt, indem man ein etwa 21 × 21 cm großes Stück der Probe wiederholt aufrollt, feſt zuſammenballt und wieder ausbreitet, bis es lappig geworden iſt, auf etwa entſtandene Einbrüche unterſucht und nun wie Zeug beim Waſchen zwiſchen den Handballen reibt, bis Löcher in dem Papier entſtehen. — Trotz des ſubjektiven Urteils gibt das Verfahren bei genügender Uebung hinreichenden Anhalt, um nach der bis zur Zerſtörung erforderlichen Dauer des Reibens folgende Feſtigkeitsſtufen zu unterſcheiden: 0 außerordentlich gering, 1 ſehr gering, 2 gering, 3 mittelmäßig, 4 ziemlich groß, 5 groß, 6 ſehr groß und 7 außerordentlich groß [1]—[4].

Als Erſatz für die Handknitterung ſind folgende Verfahren vorgeſchlagen. Winkler empfiehlt die Ermittlung des „Falzverluſtes", d. h. feſtzuſtellen, um wieviel Prozent die Zugfeſtigkeit und Dehnung abnehmen, wenn die in der Mitte gekniffften Probeſtreifen vor dem Zerreißverſuch zwiſchen zwei ebenen Stahlplatten mit 100 kg einzeln zuſammengepreßt werden. — Kirchner will die Probeſtreifen hierzu an derſelben Stelle zweimal kniffen und zwar auf einer ebenen Stahlfläche unter einer 7,5 kg ſchweren Walze, die beim erſtmaligen Kniffen von den zuſammengelegten Enden der Streifen her und dann nach Umlegen des Kniffes in entgegengeſetzter Richtung über die Probe fortgerollt wird [4], [15]. Verſuche von Herzberg haben ergeben, daß die Dehnung durch das Falzen ſtärker leidet als die Feſtigkeit und daß der Feſtigkeitsfalzverluſt ſtets, der Dehnungsfalzverluſt in den meiſten Fällen in der Maſchinenrichtung größer iſt als in der Querrichtung. Ferner war der Falzverluſt wohl im allgemeinen, aber nicht immer, um ſo größer, je geringer der Knitterwiderſtand war. — Pfuhl hat einen Apparat angegeben, bei dem der Probeſtreifen mit dem einen Ende auf einer Walze feſtgelegt, umgeknifft und nun unter gemeſſenem Druck durch Drehen der Walze einmal über ſich ſelbſt hin und her geführt wird. Der Andruck erfolgt durch eine Gummiplatte, die mittels Luftdrucks angepreßt wird. Den Druck, der hierbei erforderlich iſt, um das Reißen des Streifens herbeizuführen, nennt Pfuhl „Reißdruck" [4], [16]. Verſuche von Lauboeck ergaben, daß der Apparat die Handknitterung nicht erſetzen kann [17]. Später iſt der Apparat von Pfuhl geändert [18], [19]. Schoppers Falzer für Papiere bis zu 150 g Quadratmetergewicht biegt den 15 mm breiten Papierſtreifen um ein 0,3 mm dickes Blech mit abgerundeten Kanten hin und her und beſtimmt die Anzahl der Biegungen, die der Streifen bei beſtimmter Zugbelaſtung bis zum Bruch aushält [20] (Fig. 1). Der Probeſtreifen iſt wagerecht und hochkantſtehend an beiden Enden in Klemmen eingeſpannt, die auf Rollen geſtützt und mit leichten Zugfedern zum Anſpannen des Probeſtreifens verbunden ſind. In der Mitte zwiſchen ihnen, ſenkrecht zum Probeſtreifen, befindet ſich das Falzblech, das den Probeſtreifen in einem Schlitz aufnimmt und zwiſchen zwei nahe an den Probeſtreifen herangerückten Walzenpaaren geführt iſt, die in beſtimmter Entfernung voneinander feſtgeſtellt werden. Beim Hin- und Herziehen des Falzbleches zum Umlegen des Probeſtreifens um die Rollen ſoll deſſen Zugbelaſtung auf 1 kg anſteigen. Die Anzahl der Bewegungen wird durch ein Zählwerk angezeigt, das beim Bruch des Streifens von der Einſpannklaue links im Bilde ſelbſttätig ausgerückt wird. Verſuche von Herzberg [21], welche ſich auf den Einfluß der Falzgeſchwindigkeit, der Zugbelaſtung und Stellung der Rollen erſtreckten, ergaben, daß den obengenannten Handknitterſtufen folgende Falzklaſſen bezw.

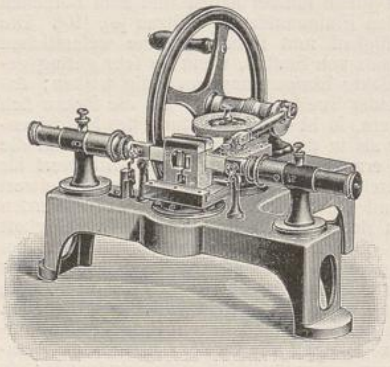


Fig. 1.

Doppelfalzungen entſprechen: 0 = 0 — 2, 1 = 3 — 6, 2 = 7 — 20, 3 = 21 — 40, 4 = 41 — 80, 5 = 81 — 190, 6 = 191 — 1000, 7 = > 1000. Seit dem 1. Januar 1905 iſt die Beſtimmung des Falzwiderſtandes mit dem Schopperſchen Falzer ſtatt der Handknitterung vom preußiſchen Staatsminiſterium eingeführt. Nach den im Materialprüfungsamt geſammelten Erfahrungen [4], [22], [23] reichen in der Regel je fünf Verſuche in beiden Richtungen hin. Die „Beſtimmungen" unterſcheiden nach den Feſtigkeitseigenſchaften ſechs Klaſſen (ſ. die Tabelle).

Klaſſe	Mittelwerte:		
	Reißlänge	Dehnung	Doppelfalzungen
1	6000	4,0	190
2	5000	3,5	190
3	4000	3,0	80
4	3000	2,5	40
5	2000	2,0	20
6	1000	1,5	3

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Bei den Klaſſen 1—4 dürfen die Verſuchsergebniſſe bis zu 10% von den angegebenen Werten nach unten abweichen.

3. Die **Beſtimmung des Aſchengehaltes** d. h. derjenigen Beſtandteile des Papiers, welche beim Verbrennen der Probe und darauffolgenden Glühen des ſchwarzen Rückſtandes als unverbrennlich zurückbleiben, bezweckt den Nachweis der Füllſtoffe. Zu beachten iſt, daß ein Teil der Aſche, etwa 2%, aus den verarbeiteten Faſerſtoffen und aus der Leimung herſtammen kann und daher nicht als Füllſtoff anzuſehen iſt. — Die Veraſchung erfolgt in einem Platinnetz am beſten über dem Bunſenbrenner mit fächerförmigem Aufſatz oder mit einer kräftigen Spiritusflamme und die Gewichtsbeſtimmung mit Hilfe der Aſchenwagen von Poſt, Schopper oder Reimann. Die beiden erſteren ſind Zeigerwagen (Fig. 2); ſie unterſcheiden ſich dadurch voneinander, daß Poſt das Platinnetz in das Gehänge der Wage legt, ſie auf die Nullſtellung des Zeigers austariert und dann die Papierprobe zur Beſtimmung ihres Gewichtes hinzufügt, alſo auch nach dem Veraſchen das Netz wieder mit der Aſche auf die Wage bringen muß, während Schopper die Probe und ſpäter nur die Aſche in dem austarierten Glaszylinder wiegt und daher von den Gewichtsveränderungen unabhängig iſt, die das Platinnetz ſelbſt beim Veraſchen erleidet [4]. Die Reimannſche Wage iſt eine Subſtitutionswage, bei der die Aſche ebenfalls in ein Glasgefäß gebracht wird. In allen Fällen wird 1 g Papier verwendet. Zur Beſchleunigung der Veraſchung dienen die Vorrichtungen von Schopper [4] und Heyſe [4], [24], die vermehrte Luftzufuhr zur Aſche bewirken. Die Genauigkeit der Aſchenbeſtimmung mit den genannten Wagen beträgt etwa 0,25%. Zur Erzielung größerer Genauigkeit ſind chemiſche Wagen zu verwenden, dann iſt auch der Feuchtigkeitsgehalt des Papieres zu berückſichtigen und eventuell eine Aſchenanalyſe auszuführen [4]. Früher war man wohl allgemein der Anſicht, daß der Aſchengehalt die Dauerhaftigkeit des Papieres beeinträchtigt. Heute iſt dieſe Anſchauung nur noch wenig vertreten, und Herzberg hält ſogar von zwei Papieren mit ſonſt gleichen Eigenſchaften dasjenige mit höherem Aſchengehalt für das qualitativ beſſere, „weil ſeine Herſtellung nur durch Verwendung beſſerer Rohſtoffe und durch beſſere Verarbeitung ermöglicht werden konnte“. Die ſeit 1904 beſtehenden „Beſtimmungen für das von den Staatsbehörden zu verwendende Papier“ enthalten denn auch keine beſchränkenden Vorſchriften mehr für den Aſchengehalt [3].

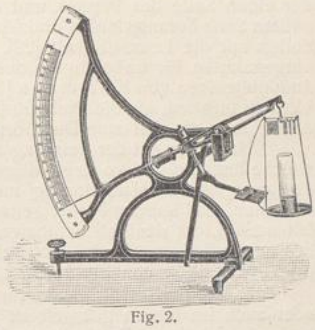


Fig. 2.

4. Die **mikroſkopiſche Unterſuchung** hat die Aufgabe, die Art der verarbeiteten Faſern und, ſoweit dies angeht, deren Mengenverhältnis und Zuſtand feſtzuſtellen. Die Vorbereitung des Probematerials erfolgt, indem kleine Abſchnitte der Bogen zunächſt einige Zeit der Einwirkung 5prozentiger Natronlauge ausgeſetzt und dann etwa eine Viertelſtunde in der ſtark verdünnten Natronlauge gekocht werden, um den Leim und die Stärke zu löſen. Der erhaltene Brei wird dann auf einem feinen Siebe mit Waſſer ausgewaſchen, wobei Faſerverluſte ſorgfältig zu vermeiden ſind, und ſchließlich mit Tariergranaten im Waſſer geſchüttelt, bis die Faſern wie im Ganzſtoff auseinander gehen. Wollhaltige Papiere ſind nur in Waſſer ohne Natronlauge zu kochen, da letztere die Wolle löſt.

Um die Unterſcheidung der verſchiedenen Faſerarten unter dem Mikroſkop zu erleichtern, wird die zur Unterſuchung entnommene geringe Faſermenge gefärbt. Hierzu dient entweder eine Jod-Jodkaliumlöſung (20 ccm Waſſer + 1,15 g Jod + 2 g Jodkalium + 2 ccm Glyzerin) oder nach Herzberg eine Chlorzink-Jodlöſung (Herſtellung ſ. [4]) und nach Höhnel eine ſchwefelſäurehaltige Jodlöſung [25]. Hierbei unterſcheiden ſich nach der Färbung drei Faſergruppen: I. Leinen, Hanf, Baumwolle; II. Holz-, Stroh-, Jutezellſtoff, Eſparto und Manilahanf; III. Holzſchliff, ungebleichte Jute, nicht ganz aufgeſchloſſene Zellſtoffe und Strohſtoff. Die Farben ſind im weſentlichen bei Anwendung der Jod-Jodkaliumlöſung für I. braun, für II. grau bis graubraun, für III. gelb bis gelbbraun; bei Anwendung der Chlorzinklöſung für I. rötlich, für II. bläulich bis blau, für III. gelb. Den Ausſchlag für die Beurteilung der Faſerarten gibt ſtets der anatomiſche Bau, zweckmäßig bei 200facher Vergrößerung [4].

Das Mengenverhältnis der vorhandenen verſchiedenartigen Faſern wird durch Schätzung ermittelt, indem man das mikroſkopiſche Bild mit demjenigen von Stoffen bekannter Zuſammenſetzung vergleicht. Die Genauigkeitsgrenze ſolcher Schätzungen beträgt nach den Unterſuchungen von Herzberg bei gut erhaltenen Faſern etwa 5% [26].

5. Die **qualitative Beſtimmung des Holzſchliffes** im Papier ohne Zuhilfenahme des Mikroſkops beruht auf dem Verhalten verholzter Zellen zu verſchiedenen Reagenzien [4]. Das empfindlichſte unter ihnen iſt nach Wiesner [27] ſalzſaures Phloroglucin (1 g Phloroglucin in 50 ccm Alkohol gelöſt und 25 ccm konzentrierter Salzſäure zugeſetzt). Es ruft Rotfärbung des Holzſchliffes hervor. Daneben werden ſchwefelſaures Anilin (Färbung hellgelb) und Dimethylparaphenylendiamin (Färbung karmoiſinrot) verwendet. Die Verfahren zur Beſtimmung der Mengen des vorhandenen Holzſchliffes ſ. Herzbergs „Papierprüfung“ [4].

6. Die **Unterſuchung der Leimung** bezweckt in erſter Linie die Feſtſtellung, ob das Papier leimfeſt iſt. Hierzu bringt man nach dem Verfahren von Leonhardi [28] Eiſenchloridlöſung mit 1,531% Eiſengehalt auf die Papierprobe, am beſten, indem man mit einer Ziehfeder 1 mm breite Striche dieſer Löſung zieht, ſie eintrocknen läßt und nun auf die Rückſeite des Papiers etwas ätheriſche Tanninlöſung gießt. Bei ſchlecht geleimtem Papier dringt die Eiſenlöſung durch das Papier und die Striche färben ſich unter der Einwirkung des Tannin ſchwarz. Poſt betropft das Papier aus einer Pipette mit etwa 0,03 g ſchweren Tropfen Eiſenlöſung aus 10 cm

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Höhe, läßt den Tropfen so viel Sekunden einziehen, als ein Quadratmeter des Papiers Gramm wiegt, saugt den Rest der Lösung mit Fließpapier ab, läßt trocknen und bestreicht die Probe auf der Rückseite mit der Tanninlösung. Herzberg [4] empfiehlt statt der ätherischen eine wässerige Tanninlösung, weil erstere ein Lösungsmittel für Harz ist. Schluttig und Neumann lassen unter Verwendung eines besonderen dachartigen Gestells die Eisenlösung in drei Tropfen auf der einen Seite des Papiers und drei Tropfen wässeriger Tanninlösung senkrecht dazu auf der andern Seite herunterlaufen und schließen nach dem Verlauf der Schwarzfärbung an den Kreuzungsstellen auf die Leimfestigkeit [29]. Herzberg bezeichnet Schreibversuche mit Tinte neben den vorgenannten für unbedingt notwendig [4]. Weitere Verfahren zur Bestimmung der Leimfestigkeit sind diejenigen von Kollmann [30], [4] und Teclu [31], [4]. Die Luftfeuchtigkeit beeinflußt den Versuch insofern, als die Probeflüssigkeit bei trockener Luft schneller verdunstet, ihre Einwirkungsdauer, d. h. die Zeit zum Durchdringen des Papiers, daher geringer ist als bei feuchter Luft.

Nach der Art der Leimung unterscheidet man tierische und Harzleimung. Zur Feststellung, welche Leimungsart vorliegt, dient eine große Reihe chemischer Untersuchungsverfahren [4]. Im übrigen gibt sich Harzleimung nach dem sehr einfachen Verfahren von Herzberg darin zu erkennen, daß auf das Papier getropfter Aether nach dem Verdunsten einen besonders im durchfallenden Licht deutlich sichtbaren Harzrand hinterläßt [35]. Zusatz von Stärke zum Leim läßt sich mit Jodlösung, die bis zur hellgelben Färbung verdünnt ist, nachweisen. Sie färbt das Papier bei Anwesenheit von Stärke blau.

7. Die **Radierfähigkeit,** im wesentlichen davon abhängig, ob das Papier nur oberflächlich oder auch im Innern gut geleimt ist, wird durch Radieren und Wiederbeschreiben erprobt.

8. Die **Saugfähigkeit von Löschpapier** wird ermittelt, indem man Probestreifen beliebiger Breite, senkrecht hängend, etwa 5—10 mm tief in Wasser eintauchen läßt und bestimmt, wie hoch das Wasser innerhalb 10 Minuten angesaugt wird [4], [32], [33]. Die Saughöhe schwankt zwischen 15 und 160 mm und mehr. Im allgemeinen nimmt mit wachsender Saughöhe die Festigkeit ab. Da nun auch von Löschpapier eine gewisse Festigkeit verlangt werden muß, so empfiehlt Herzberg [4], sich mit Saughöhen von 100 mm zu begnügen und dabei möglichst hohe Festigkeit anzustreben, um dauerhaftes und nicht faserndes Löschpapier zu erzielen. Weitere Prüfungsverfahren sind: a) das von Favier [4] unter Bestimmung der Sauggeschwindigkeit $S = M : Z$ aus der Zeit Z und der Wassermenge M, die erforderlich sind, um bei Zufluß des Wassers unter dem Druck von 5 mm Säule eine Fläche von 1 qdm zu durchdringen; b) das Verfahren von Beadle und Stevens [4], [34], bei dem 1 ccm Tinte auf das Papier gebracht und an dem eingetrockneten Klecks durch Ziehen eines Striches quer durch letzteren die Breite des Randes bestimmt wird, der keine Tinte mehr auffaugt. Nach Versuchen von Herzberg [4] ist diese Breite von der verwendeten Tinte abhängig und ohne bestimmten Zusammenhang mit der Saughöhe.

9. An **Filtrierpapieren** sind neben dem Aschengehalt festzustellen: a) die Filtrierfähigkeit. Hierzu dient der Apparat von Herzberg [4], mit dem die Zeit bestimmt wird, innerhalb welcher 100 ccm Wasser unter 50 mm Druckhöhe durch 10 qcm Fläche des Papiers durchtritt; b) die Scheidungsfähigkeit durch Filtrieren von kalter und heißer Baryumchloridlösung [4].

An weiteren Untersuchungen mögen unter Hinweis auf Herzberg, „Papierprüfung" [4], erwähnt sein: die Bestimmung der Fettdichtigkeit von Pergament- und Pergamynpapier, der Nachweis von Chlor und freier Säure sowie metallschädlicher Bestandteile, das Vergilben und die Feststellung der Ursachen von Flecken im Papier.

Literatur: [1] Mitteil. aus den Kgl. Techn. Versuchsanstalten zu Berlin 1886, S. 89. — [2] Ebend. 1892, S. 1. — [3] Ebend. 1903, S. 211. — [4] Herzberg, Papierprüfung, Berlin 1907. — [5] Zivilingenieur 1879, S. 585. — [6] Mitteil. aus den Kgl. Techn. Versuchsanstalten zu Berlin 1885, S. 4. — [7] Rudeloff, Hilfsmittel und Verfahren der Materialprüfung, Leipzig 1886, S. 132. — [8] Zugfestigkeitsprüfer für Papier, Gespinste u. dergl., Dinglers Polyt. Journ. 1889, Bd. 273, S. 163. — [9] Mitteil. aus den Kgl. Techn. Versuchsanstalten zu Berlin 1891, S. 75. — [10] Ebend. 1885, S. 3. — [11] Ebend. 1893, S. 68. — [12] Ebend. 1900, S. 133. — [13] Ebend. 1895, S. 43. — [14] Ebend. 1899, S. 57. — [15] Wochenbl. für Papierfabrikation 1894, Nr. 8 und 9, und 1895, Nr. 20 und 22. — [16] Papierztg. 1896, Nr. 66—87. — [17] Mitteil. des Technologischen Gewerbemuseums zu Wien 1897, S. 1. — [18] Rigaer Industrieztg. 1898, Nr. 21—23. — [19] Papierztg. 1898, Nr. 30, 58 und 59. — [20] Ebend. 1897, Nr. 56. — [21] Mitteil. aus den Kgl. Techn. Versuchsanstalten zu Berlin 1901, S. 161. — [22] Ebend. 1905, S. 71. — [23] Ebend. 1907, S. 28. — [24] Wochenblatt für Papierfabrikation 1899, S. 239. — [25] Mitteil. des Technologischen Gewerbemuseums zu Wien 1889, S. 6. — [26] Mitteil. aus den Kgl. Techn. Versuchsanstalten zu Berlin 1892, S. 7. — [27] Dinglers Polyt. Journ. 1878, Bd. 227, S. 397. — [28] Papierztg. 1884, S. 625. — [29] Ebend. 1891, S. 1532. — [30] Zentralbl. für die österr.-ungar. Papierindustrie 1906, S. 681. — [31] Dinglers Polyt. Journ. 1901, S. 387. — [32] Klemm, Handbuch der Papierkunde 1904, S. 286. — [33] Papierztg. 1904, Nr. 73. — [34] Ebend. 1904, Nr. 104, und Wochenbl. für Papierfabrikation 1905, Nr. 3. — [35] Mitteil. aus den Kgl. Techn. Versuchsanstalten zu Berlin 1892, S. 80.

Rudeloff.

Papierräder sind in der Eisenbahnwagenfabrikation angewendete Scheibenräder, deren Scheiben aus stark gepreßtem Papier bestehen, das an beiden Seiten durch Eisenbleche eingeschlossen ist. Solche Räder sind bisher nur in geringem Umfange in Anwendung gekommen.

Kraft.

Papierröhren, namentlich zur Umhüllung von Dampfröhren und bei Kältemaschinen, auch zum Isolieren, bestehen aus Papier, Pappe und Papiermasse.

Aus Papier findet die Erzeugung gewöhnlich durch spiralförmiges Aufwickeln von Papierstreifen auf einen expandierbaren Dorn so statt, daß sich Windung genau an Windung

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

legt. Es werden mindeſtens drei ſolche Streifen übereinander gewickelt, von welchen nur der mittlere mit Klebſtoff verſehen iſt. In ähnlicher Weiſe erhält man Röhren, wenn man eine der Röhrenlänge entſprechend breite Papierbahn durch Aſphalt oder flüſſigen Steinkohlenteer hindurchzieht und auf einen Dorn aufwickelt. Dieſe Röhren werden ſodann auf einer mit Sand beſtreuten Tafel gewälzt und mit einem dicken Aſphalt- oder Teeranſtrich verſehen. Aus Pappe werden Röhren in ähnlicher Weiſe wie Blechröhren in einer Biegemaſchine hergeſtellt, die der Blechbiegemaſchine vollkommen gleicht. Die Kanten der ſo gebogenen Pappetafel werden abgeſchrägt, übereinander gelegt und durch ein Klebmittel verbunden. Die Herſtellung aus Papiermaſſe wird entweder durch Einpreſſen dieſer in eine Röhrenform oder durch Uebereinanderwickeln dünner Papiermaſſeſchichten bewirkt.

Literatur: Papierztg. 1893, S. 2594; Dinglers Polyt. Journ., Bd. 286, S. 154. *Kraft.*

Papierſäcke, -düten oder -beutel, welche in den Kaufläden in großen Mengen zur Verpackung und Umhüllung pulverförmiger oder kleindimenſionierter Gegenſtände oder Produkte in Verwendung kommen, werden meiſt aus einem minderwertigen, aber doch feſten, widerſtandsfähigen, naturfarbigen oder gefärbten Papier entweder durch Hand- oder durch Maſchinenarbeit hergeſtellt.

Da es ſich hierbei immer um die Bildung eines an einer Stelle offenen, an allen andern Seiten geſchloſſenen Hohlraumes handelt, der durch Zuſammenfalten des Papiers und Verkleben an den Kanten zur Ausführung kommt, werden die hierzu notwendigen Papierblätter in der entſprechenden Form und Dimenſion mit den Verklebungslappen aus einem Stoß von Papierbogen in größerer Anzahl gleichzeitig mittels einer Papierſchneidmaſchine — Dütenſchneidmaſchine — ausgeſchnitten, entſprechend zuſammengebogen, an den Verklebungslappen mit Klebeſtoff beſtrichen und zuſammengeklebt. — Bei der Herſtellung durch Maſchinen wird entweder ebenfalls in dieſer Weiſe vorgegangen und die ſchon entſprechend vorgeſchnittenen Papierblätter werden in der Maſchine gefaltet, an den Lappen mit Klebeſtoff verſehen und ſchließlich verklebt, oder das Papier wird in Rollenform in die Maſchine gebracht, von dieſer ununterbrochen abgewickelt, an einer Kante fortlaufend mit einem Streifen Klebeſtoff bedruckt, zu einem Schlauch ſo gefaltet, daß der mit Klebeſtoff verſehene Rand unter den andern zu liegen kommt, während des Durchlaufens durch ein Walzenpaar verklebt, dann erſt ſo abgeſchnitten, daß ein Bodenlappen entſteht und dieſer dann durch Falten, Beſtreichen mit Klebeſtoff, Umbiegen und Aufdrücken zum Schließen gebracht. — Die Fabrikation hat ſich namentlich im Maſchinendetail weiter vervollkommnet. Düten-, Falz-, Druck- und Klebemaſchinen liefern die Aktiengeſellſchaft für Kartonnageinduſtrie in Dresden; Tellſchow, Berlin; Jepſen, Flensburg; Fiſcher, Elberfeld u. ſ. w. S. a. Kreuzbodenbeutel.

Literatur: Thümmes, Fabrikation v. Maſchinendüten, Papierztg. 1906, S. 3116. *Kraft.*

Papierſchiefer (Schieferpappe), ſ. Pappeſorten.

Papierſchirting (Papirolin), eine Verbindung von Papier mit einem großmaſchigen Baumwollgewebe; ſ. Papierſorten. *Kraft.*

Papierſchneidmaſchine, ſ. Papierfabrikation, Bd. 6, S. 817, und Buchbindereimaſchinen.

Papierſchreibtafeln, ſteife Papierblätter (meiſt gelblich oder ſchwarz) mit einem Ueberzug entſprechend gemiſchter Chemikalien, u. a. aus Kali- oder Natronwaſſerglas, dem zur Behebung der Sprödigkeit ſtearinſaures Natron oder Seife, eine Kleiſter- oder Gelatinelöſung zugeſetzt wird. Es können auch ammoniakaliſche Schellacklöſungen mit oder ohne Waſſerglas u. ſ. w. verwendet werden; vgl. a. Papierſorten, Schiefertafeln, künſtliche. *Kraft.*

Papierſorten werden nach dem Lande der Erzeugung, nach der Art der Verwendung, nach hervorragenden Eigenſchaften, nach der Aehnlichkeit mit andern Stoffen und Produkten, nach dem Rohmaterial, aus dem ſie beſtehen, nach dem Stoff oder Material, mit dem ſie verbunden ſind, nach der Herſtellungsweiſe, nach beſonderen, daran haftenden Merkmalen u. ſ. w. benannt. Von den nach dem Lande der Erzeugung benannten Papieren ſind als wichtig nur das chineſiſche und das japaniſche Papier hervorzuheben.

Das chineſiſche Papier, das ſich, ſowie das japaniſche, durch große Feſtigkeit, Feinheit, geringes Gewicht, zarten Griff u. ſ. w. auszeichnet, wird meiſt aus Pflanzenfaſern unmittelbar und höchſt ſelten aus Hadern erzeugt. Als Rohmaterial werden hauptſächlich die Faſern des Bambusrohres, aber auch die des Hanf-, Weizen- und Reisſtrohes, die Baſtfaſern des Papiermaulbeerbaumes verwendet. Die Bambusſchößlinge werden zerſchnitten und in eine Grube in Lagen abwechſelnd mit Kalkſchichten gelegt und die Grube mit Waſſer gefüllt. Hierauf folgt ein Klopfen mit eiſernen Schlägeln und Abziehen der grünen Rinde, ein Trocknen und Bleichen an der Sonne; dann nochmalige Behandlung mit Kalk, worauf das Material einem Gärungsprozeß überlaſſen wird. Nun folgt ein zweimaliges Kochen mit Kalk, dann mit Aſchenlauge, ſodann ein Spülen. Das durch dieſe Prozeſſe von der Pflanzenleimſubſtanz befreite Faſermaterial wird nun durch Stampfen in Mörſern zerkleinert, bis ein dickflüſſiger Brei entſteht, der in eine hölzerne Bütte gebracht und mit Handformen aus dieſer zu Bogen geſchöpft wird. Das Sieb der Formen iſt nicht aus Metalldraht, ſondern aus mit Oel getränkten Bambusfäden hergeſtellt, die durch rohe Seide auf die Stege niedergebunden werden. Große Formen

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

werden an Schnüren hängend bewegt. Der so geschöpfte Papierbogen wird nicht auf einen Filz, sondern auf die mit Gips- oder sonstigem feinem Verputz versehene schiefe Fläche eines geheizten Ofens gelegt und dadurch gleichzeitig getrocknet. Diese Bogen werden schließlich, übereinander gelegt, einer starken Pressung ausgesetzt. Ein Leimen des Papiers findet nicht statt.

Das japanische Papier wird meist aus den Bastfasern der Mitsumata-, Kodsu- und Gampipflanze hergestellt. Die 4—5 Fuß hohen Pflanzen werden im Februar abgeschnitten und gleich darauf an Ort und Stelle in einem mit Wasser gefüllten, gedeckten Kessel, der von unten geheizt wird, 4 Stunden einem Dämpfprozeß ausgesetzt, worauf das Abziehen des Bastes vom Holz durch Abreißen mit der Hand — also durch Pellen — erfolgt. Dieser Bast wird in fließendes Wasser gelegt, nach diesem Einweichen die grüne, noch vorhandene Rinde abgeschabt und hierauf ein Kochen mit Soda zur Durchführung gebracht. Der so behandelte und gut gespülte Bast wird nun durch Schlagen mit Keulen aus hartem Holz auf einer harten Tischplatte in Faserstoff, Ganzzeug verwandelt, welches nach dem Bleichen mit Chlorkalk in hölzernen, mit einer gitterförmigen Rührvorrichtung versehenen Trögen und nach dem Spülen in fließendem Wasser in die Bütte gebracht und aus dieser mittels Handformen zu Bogen geschöpft wird. Das Leimen findet mit einem Extrakt der sogenannten Tororowurzel statt. Die oft große Form wird an zwei Handhaben erfaßt und nicht in eine schüttelnde, sondern schwingende Bewegung versetzt. Das Schöpfen wird bei einem Bogen oft zwei- bis dreimal durchgeführt, um das Zeug nicht zu dick verwenden zu müssen. Derselbe Arbeiter, der das Schöpfen vollführt, gautscht nun auch den soeben hergestellten Papierbogen auf einer hölzernen Gautschplatte ab. Auf diesen Bogen wird der zweite, auf diesen der dritte Bogen u. s. w. abgelegt, ohne eine Filzplatte dazwischen zu legen. Der so entstehende Pausch wird zwischen Brettern eingeschlossen in die Presse gebracht und entwässert, worauf das Abziehen der einzelnen Bogen, das Auflegen derselben und Aufstreichen mittels Bürsten auf glatte Trockenbretter und schließlich das Trocknen in der Sonne oder in einer Trockenkammer, ein nochmaliges Pressen, sodann ein Beschneiden und Verpacken folgt.

Nach Art ihrer Verwendung sind am wichtigsten die **Schreibpapiere,** im allgemeinen in gerippte und Velinpapiere geschieden, von welchen die ersteren auf einer aus dünnen, parallel gelegten Messingstäben, die letzteren auf einer aus feinem Drahtgewebe bestehenden Form hergestellt werden. — Die Schreibpapiere werden eingeteilt in: Konzeptpapiere, als die geringste Gattung; Kanzleipapier, eine etwas bessere Sorte; Postpapier, zu den besten Sorten zählend; Velinschreibpapier, Dokumentenpapier, die beste und festeste Sorte, und Notenpapier, besonders dick. Die Schreibpapiere sollen glatt, gut geleimt, nicht zu dünn und ausschließlich aus Hadern, mit Ausschluß von Holzschliff, hergestellt sein. Besondere Anforderungen werden an Brief- und Dokumentenpapiere gestellt. Von den letzteren verlangt man besonders lange Dauer und große Festigkeit, was nur bei einem geringen Aschengehalt und guter Leimung, bestes Rohmaterial vorausgesetzt, zu erreichen ist. Das Briefpapier soll nicht zu schwer und bei überseeischem Transport genügend widerstandsfähig sein.

Die **Druckpapiere** weisen die mannigfaltigsten Sorten auf, gehören aber in der Mehrzahl den geringsten Gattungen an. Sie werden geleimt und ungeleimt erzeugt und eingeteilt in: Konzeptdruckpapier, als mindeste Sorte; Kanzleidruck, Mittelsorte; Postdruck, gewöhnlich gerippt; Velindruck, beste Sorte in sehr verschiedener Feinheit; Notendruck, besonders stark; Kupferdruck, stark, stets Velin. Sie werden auch geschieden in Text- und Illustrationsdruckpapiere, von welchen die ersteren, namentlich die Zeitungsdruckpapiere, zu den geringsten Sorten zählen und gewöhnlich in großen Prozentteilen Holzschliff enthalten. Obwohl auch bei Druck besser verlegter Bücher gutes Papier in Verwendung kommt, versteht man unter Bücherpapier gewöhnlich nur das zu den Geschäftsbüchern verwendete bessere Papier, das hier gewissermaßen die Rolle eines Dokumentenpapieres spielt und keinen Holzschliff aufweisen darf. Die meisten Druckpapiere werden aus Baumwollfasern mit Zusatz von Cellulose hergestellt, oft nur wenig geleimt, viele auch unsatiniert bedruckt, weil die harte, satinierte Fläche das Letternmaterial sehr stark abnutzt.

Feine Kupferdruckpapiere werden ausschließlich aus Baumwollfasern erzeugt, da das Papier vor dem Druck gefeuchtet und dabei weich werden soll. Da diese Weichheit bei chinesischem und japanischem Papier in hohem Grade vorhanden ist, wurde und wird dasselbe sehr stark für Kupfer- und sonstigen Illustrationsdruck verwendet. In neuerer Zeit wird das Illustrationspapier so hergestellt, daß man auf beiden Seiten des Papiers Niederschläge aus unlöslichen Metallsalzen erzeugt, wodurch die Poren geschlossen und durch die Satinierung eine glatte Oberfläche erhalten wird. Man zieht zu diesem Behufe das Papier durch ein Bad von Alaun, schwefelsaurer Tonerde, Glaubersalz, phosphorsauerm Natron u. s. w., dann durch eine Lösung von Chlorbaryum, Soda, Chlorcalcium u. dergl.; dabei schlägt sich schwefelsaurer Baryt, Tonerdehydrat, schwefel- oder phosphorsaurer Kalk nieder. Durch das folgende Waschen werden die löslichen Metallsalze entfernt. Diese Niederschläge können auch gefärbt werden. Die durch das Entstehen zahlreicher illustrierter Zeitschriften bedungene massenhafte Verwendung von Illustrationsdruckpapier hat zur Verwendung des Holzschliffes in großem Maßstabe geführt, wodurch dasselbe in seiner Qualität litt; auch Füllstoffe werden oft in außerordentlichen Mengen, bis zu 35 %, in Anwendung gebracht. Solche Papiere werden auch mit einer aus Kaseinlösung bestehenden Streichmasse auf einer Bürstenstreichmaschine bestrichen, welcher Masse Borax, Bariumsulfat, Wachs, Paraffin zugesetzt wurde. Die wichtigste Arbeit ist das Glätten. — Zu den Illustrationspapieren gehört selbstverständlich auch das sogenannte lithographische Papier. In vielen Fällen werden diese Papiere mit einer Mischung von Bleiweiß oder Kreide mit Wasser, Hausenblase und Gummi bestrichen, weshalb sie auch Kreidepapiere genannt werden. Das Affichenpapier ist ein leichtes, den Prospekt- und Umschlagpapieren verwandtes Material, das manchmal aus sogenanntem Naturpapier, d. h. aus von gefärbten

Hadern hergeſtelltem Papier, beſteht, meiſt aber im Stoffe gefärbt wird, holzſchliffhaltig iſt und zu den geringſten Papierſorten zählt.

Die **Zeichen-, Aquarell- und Paſtellpapiere** werden bald mit glatter, dann wieder mit ſehr rauher Oberfläche verlangt. Sie werden aus Leinenhadern, höchſtens mit etwas Zuſatz von Celluloſe, hergeſtellt und oft mit tieriſcher Leimung verſehen. Für Bau-, Maſchinen- und Werkſtättenzeichnungen muß das Papier eine hohe Feſtigkeit aufweiſen. Das die Rauheiten bildende Korn wird durch eine Prägung mit entſprechend gravierten Walzen hergeſtellt, ſo auch bei dem ſogenannten Pyramidenkornpapier, das bei ſeiner feinſten Qualität 2500, bei der mittleren 1500 regelmäßige, abgeſtumpft pyramidiſche Erhöhungen zeigt.

Die **Aktien-, Banknoten-, Wertzeichen- und Urkundenpapiere** werden auch häufig als Sicherheitspapiere bezeichnet, weil man dieſelben ſo herzuſtellen ſucht, daß ſie eine genügende Sicherheit gegen Verfälſchung bieten. Es handelt ſich bei den Verfälſchungen entweder um eine Aenderung von Schriftzügen, etwa mit Tinte geſchriebener Summen oder um die Nachahmung einer Zeichnung, wie bei den Papiergeldſorten. Die Mittel, die dagegen in Anwendung gebracht werden, ſind ſehr mannigfaltiger Natur. Man färbt das Papier mit Farbſtoffen, welche ſich beim Auflöſen oder Wegbeizen der Schriftzüge verändern; man gautſcht drei Papierblätter übereinander, von welchen das mittlere farbig iſt und deſſen Farbe durch Aetzmittel verändert wird oder das beim Radieren zum Vorſchein kommt, oder man miſcht das Papierzeug mit Stoffen, die an der Stelle, wo ein Aetzen oder Beizen verſucht wird, ſofort eine Farbenänderung hervorbringen, auch bedruckt man das Papier mit farbigen Schriftzügen, die durch die Einwirkung von Säuren und Beizen zerſtört werden. Das Verfälſchen durch Zeichnen ſucht man durch Komplikation der Zeichnung, durch die Anwendung verſchiedener farbiger Ueberdrucke u. ſ. w. zu erſchweren. Doch gaben alle dieſe Beſtrebungen bisher kein befriedigendes Reſultat, da namentlich die Photographie die Nachahmung weſentlich erleichtert. Die beſten Erfolge wies bisher das Papier mit lokalifierten Faſern auf, das dem Papierfabrikanten J. M. Wilcox in Amerika patentiert wurde und zurzeit bei der Herſtellung der deutſchen Reichskaſſenſcheine ſowie Banknoten verwendet wird. Das Papier wird in der Weiſe erzeugt, daß auf die ſich eben bildende Papierbahn in der Maſchine aus über der Langform angeordneten Röhrchen ein Regen blauer, mit blauem Papierſtoff gemiſchter Faſern auffällt, wodurch ſich im Papier blaue Streifen bilden, in welchen längere blaue Faſern regellos gebettet ſind, die mit einer Nadel leicht vom fertigen Papier losgelöſt werden können. Das Nachmachen dieſer Faſern iſt auf Hand- oder Büttenpapier nicht leicht durchführbar; eine Papiermaſchine ſamt dem zugehörigen Bedienungsperſonale aber ſteht den Fälſchern nicht leicht zur Verfügung. Laſſen ſich dieſe Faſern aus einem Stück nicht loslöſen, ſo iſt der Schein gefälſcht. In England und andern Staaten wird das Geldpapier noch ausſchließlich als Handpapier hergeſtellt, obwohl die Erzeugung auf der Maſchine beſſere Gewähr gegen Fälſchungen bietet. — Das Geld- ſowie das Wertzeichen- und Aktienpapier wird aus beſten Leinenfaſern erzeugt, mit Waſſerzeichen verſehen und tieriſch geleimt.

Das **Löſch- oder Fließpapier** ſowie das **Filtrierpapier** wird hauptſächlich aus weißen Baumwollhadern in der Weiſe hergeſtellt, daß ſeine Saugfähigkeit nicht geſchwächt wird. Man erreicht dies durch Umgehung der Leimung und auch durch Aufrauhen des Papiers in beſonderen Rauhmaſchinen. Die eigentliche Saugfähigkeit wird durch einen eigenartigen Mahlprozeß im Ganzſtoffholländer erreicht. Das Löſchpapier darf auch in den verſchiedenen Preſſen der Maſchine keinem zu großen Druck ausgeſetzt werden, um die Poren nicht zu verkleinern. Zur Erzielung der jetzt ſo beliebten roſaroten Farbe werden rote Tuch- oder Kattunabfälle verwendet. Vielen Löſchpapieren wird ein poröſes Ausſehen dadurch erteilt, daß dieſelben mit einem Metallſieb oder einem großmaſchigen Gewebe einer ſtarken Preſſung ausgeſetzt werden. — Als Rohmaterial werden Hadern, Laubholz-, Stroh- und Eſpartozellſtoff verwendet. — Das Filtrierpapier muß vor allem vollkommen rein und von ſehr geringem Aſchengehalt ſein. Es wird aus ganz reinen, weißen Baumwollhadern hergeſtellt. Das Halbzeug wird mehrmals mit Salz- und Flußſäure behandelt, um die in den Faſern enthaltenen Mineralſtoffe zu entfernen und dadurch den Aſchengehalt zu vermindern. Das Papier wird geſchöpft und im Freien behufs Ausfrierens aufgehangen. Durch das zwiſchen den Faſern ſich bildende Eis ſollen dieſelben auseinander getrieben und das Papier ſaugfähiger, durchläſſiger werden. Das Fabrikwaſſer muß ebenfalls von beſonderer Reinheit ſein. Neuerer Zeit werden dieſe Papiere auch aus Wollſtoff und Zellſtoff hergeſtellt.

Die **Kopierpapiere** laſſen ſich in zwei Hauptgruppen teilen: in die durchſcheinenden, hauptſächlich zum Kopieren von Zeichnungen dienenden Paus- und in die zur Vervielfältigung verwendeten eigentlichen Kopierpapiere. — Die erſteren, auch Kalkier-, Oel-, Stroh-, Firnispapier genannt, werden entweder aus Flachs, Werg oder Stroh ſo dünn erzeugt, daß ſie unmittelbar durchſcheinend ſind, oder aus gewöhnlichem Velinpapier hergeſtellt, das durch Behandlung mit Baum-, Nuß-, Mohn- oder Mandelöl oder mit verſchiedenen Firniſſen durchſcheinend gemacht wird. Sehr dünnes Pergamentpapier iſt genügend durchſcheinend und kann direkt als Pauspapier verwendet werden. — Die zum Kopieren der Briefe gebrauchten Kopierpapiere ſind oft ganz gewöhnliche, meiſt aber präparierte ſeidenpapierartige Fabrikate, die die mit Kopiertinte geſchriebenen Schriftzüge ohne weiteres, d. h. nachdem ſie etwas angefeuchtet ſind, mit genügender Genauigkeit wiedergeben. Von denſelben iſt das Stout Buff genannte engliſche Kopierpapier eines der beſten. Ein ebenfalls häufig verwendetes Kopierpapier wird in der Weiſe hergeſtellt, daß man Indigokarmin, Ultramarin oder Elfenbeinſchwarz im fein gepulverten Zuſtande mit grüner Seife mengt und mit dieſer Miſchung ein feſtes, aber dünnes Papier mittels einer ſteifen Bürſte einreibt. Legt man dieſes Papier mit der beſtrichenen Seite auf ein weißes Blatt Papier, darauf ein zweites und ſchreibt oder zeichnet auf dieſem letzteren, ſo erhält man eine genügend genaue Kopie. Wird das Papier mit Graphit

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

eingerieben, ſo erhält man das ganz ähnlich wirkende Graphitpapier. Als Rohmaterial wird Hanf-, Leinen- und Baumwollſtoff, aber auch für einige Sorten Natronzellſtoff verwendet. Um mit Anilinfarbe hergeſtellte Schrift gut kopieren zu können, wird das Papier mit einer Gerbſäurelöſung oder kohlenſauerm Ammoniak behandelt.

Von dem **Pack- und Umſchlagpapier** fordert man namentlich Feſtigkeit und Biegſamkeit. Es wird in allen denkbaren Stärken fabriziert und meiſt eingeteilt in rotes Packpapier aus roten Hadern; braunes Packpapier aus Stricken, Werg, Tauen und braunem Holzſchliff; gelbes Packpapier aus Stroh; blaues Packpapier, blau gefärbt oder aus blauen Hadern erzeugt. Früher erzeugtes weißes Packpapier von kleinerem Formate, das aus Wolle und Baumwollfaſern beſteht, wurde auch als Schrenzpapier bezeichnet. Außer den genannten Rohmaterialien werden noch Manilahanf (Manilapapier), Sulfitcellulоſe, Jute und auch gewöhnlicher Holzſchliff verwendet. Bei Herſtellung der groben Packpapiere wird die Zerfaſerung nicht ſo weit getrieben wie bei andern Papierſorten. Für das Strohpackpapier wird das Stroh entweder in ganzer Länge mit Kalkmilch in Gruben oder Bottichen mehrere Tage lang eingeweicht oder einige Stunden gekocht, dann in der Kollermühle zerquetſcht, oder man ſchneidet es auf einer Häckſelmaſchine, kocht das Gehäckſel 4—5 Stunden unter Dampfdruck mit Kalkmilch, kollert hierauf und vollendet die Zerfaſerung durch kurze Behandlung im Holländer. Die hier zur Anwendung gebrachten Papiermaſchinen dürfen nicht ſo koſtſpielig ſein wie die für beſſeres Papier und kürzen den Prozeß ab. Das Sieb, die Langform, kann kürzer genommen werden, da ſich der Rohſtoff leichter entwäſſert; aus demſelben Grunde begnügt man ſich mit einem Naßfilz, einer Naßpreſſe, worauf die Papierbahn einen Trockenzylinder paſſiert, um darauf zerſchnitten und aufgewickelt zu werden. — Zu den Packpapieren gehören auch die ſogenannten konſervierenden Papiere, deren Aufgabe es iſt, die verpackten Gegenſtände gegen ſchädliche Einwirkungen zu ſchützen. — Das Packpapier für Metallwaren (auch als Roſtpapier und bei der Verpackung von Nadeln als Nadelpapier bezeichnet) wird häufig aus alten, geteerten Schiffstauen hergeſtellt, indem dieſe auf einer Tauenſchneidmaſchine zerſchnitten, durch Schütteln aufgelöſt, mit Aetznatron oder Kalk gekocht, dann im Holländer unter Zugabe von Teer gemahlen und ſchließlich auf einer kurzen Maſchine zu Papier verarbeitet werden, das auch Teerpapier, Goudronné, genannt wird und die damit verpackten Gegenſtände gegen den Zutritt von Feuchtigkeit ſchützt. Das zum Verpacken der Näh-, Strick- und Stecknadeln verwendete ſogenannte Nadelpapier wird mit Blauholz gefärbt, mit Leim ohne Alaun geleimt oder in der Maſſe mit gepulvertem Reißblei gemiſcht. In neueſter Zeit werden Papiere erzeugt, aus deren Ueberzug ſich leichtflüchtige Kohlenwaſſerſtoffe entwickeln, die ſich auf die kälteren Metallgegenſtände niederſchlagen, auf dieſen einen farbloſen Ueberzug bilden und dadurch ſelbſt bei hinzutretender Feuchtigkeit gegen Roſt ſchützen. Der Ueberzug beſteht aus einer Löſung von leichtflüchtigen Kohlenwaſſerſtoffen, wie Petroleumäther, Naphtha in ſchwerflüchtigen Mineralölen. — Hierher gehört ferner das ſogenannte galvaniſche Papier, ein mit einer Miſchung von gepulvertem Zink in Gummi oder Steinkohlenteeröl beſtrichenes Papier, das ein Roſten durch den bei der Berührung von Eiſen und Zink entſtehenden galvaniſchen Strom verhindern ſoll. — Das Wachspapier, durch welches nicht nur verpackte Gegenſtände gegen Feuchtigkeit, ſondern auch feucht zu erhaltende Gegenſtände gegen Austrocknen geſchützt werden ſollen, wird entweder dadurch hergeſtellt, daß ein nicht geleimtes Papier durch flüſſiges Wachs hindurchgezogen oder bloß mit einer Miſchung von Firnis und Leim und darüber noch mit Leinölfirnis beſtrichen wird. Das ſogenannte Wachstuchpapier oder auch Papiertuch beſteht aus einem großmaſchigen Gewebe von Hanf oder Baumwolle, das an beiden Seiten mit dünnem, aber feſtem Papier mittels Kleiſters beklebt und ſodann an einer Seite mit Oelfarbe angeſtrichen iſt. Aehnliche Wirkung hat das Paraffinpapier, das entweder durch Aufſchmelzen von Paraffin oder durch Hindurchziehen durch eine Löſung dieſes Materials in Benzin, Terpentinöl oder Petroleum hergeſtellt wird. Das zum Verpacken von Silberwaren verwendete Konſervierpapier (Silberpapier) wird mit einer Löſung von Zink- oder Bleioxyd in Aetznatron, Kali oder Ammoniak imprägniert. Dadurch werden Kohlenwaſſerſtoffe und Säuren gebunden. Zum Verpacken von Silberſachen wird auch das Zink-, Zinkweiß-, das Blei- und Bleiweißpapier verwendet. Die erſteren ſind entweder mit dem betreffenden Pulver beſtreut oder dasſelbe wird dem Stoff beigemengt. Das Bleiweißpapier wird durch Beſtreuen mit Bleiweiß oder ſo erzeugt, daß man ungeleimtes Papier mit Bleizucker, dann mit Soda befeuchtet, wodurch ſich eſſigſaures Natron und kohlenſaures Bleioxyd bilden, welch letzteres namentlich den Schwefelwaſſerſtoff zu binden vermag. Zum konſervierenden Verpacken leichtverderblicher Eßwaren, wie Butter, Fleiſch, Obſt, Milch, wird häufig das ſogenannte Salizylpapier, ein mit einer Miſchung von Salizylſäure, Waſſer, Glauberſalz, Borax und Glyzerin getränktes und ſpeziell für Butter ein mit einer Miſchung von Kochſalz, Salpeter und Eiweiß geſättigtes Löſch- oder Filtrierpapier verwendet. Das Zuckerpapier, zur Verpackung der Zuckerhüte, beſteht aus einem ſtarken, meiſt blau, aber auch anders gefärbten Papier, das oft außerordentlich viel Tonerde enthält, die häufig als Zucker verwogen und verkauft wurde. Auch das zum Auslegen der Würfelzuckerkiſten verwendete blaue Papier wird mit demſelben Namen belegt. Auch zum Verpacken des Zichorienkaffees wird meiſt ein ganz beſtimmtes, aus blauen Hadern erzeugtes oder auch blaugefärbtes ſogenanntes Zichorienpapier verwendet.

Zu den nach ihrer Verwendung benannten Papieren gehört ferner das **Zigarettenpapier,** von dem verlangt wird, daß es nicht riecht, daß es wenig und nur weiße Aſche gibt und daß es trotz geringer Maſſe ſo feſt ſei, um bei Befeuchtung nicht gleich ganz aufzuweichen. Das Papier muß vor allem langfaſerig ſein und wird deshalb aus Hanf- und Leinenfaſern, namentlich aus Stricken und Netzen erzeugt; dieſe werden mit Kalk in Soda gekocht, gemahlen und auf der Langſiebmaſchine zu Papier verarbeitet. Um ein Fortglimmen des Papiers bei weggelegter Zigarette zu erreichen, wird dem Papierſtoff Magneſiumkarbonat

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

zugeſetzt, wodurch das Papier luftdurchläſſig zu werden ſcheint. In Amerika wurden zur Herſtellung dieſes Papiers Tabakſtengel verwendet, dieſe mit Kalk gekocht, mit Manilahanffafern im Holländer vermahlen und auf der Papiermaſchine verarbeitet; in Spanien ſoll gepulverter Tabak mit Strohzellſtoff verwendet werden, in Rußland verbraucht man gelbes dünnes Strohpapier.

Die **Schleifpapiere** werden zum Abſchleifen, Glätten, Glänzen verſchiedener Materialien verwendet und in der Weiſe hergeſtellt, daß man harte Pulver mittels eines Klebemittels auf der Papierfläche befeſtigt. Ueber das Glaspapier ſ. Bd. 4, S. 555; das Bimsſteinpapier, Bd. 2, S. 33; Flint- oder Feuerſteinpapier, Bd. 3, S. 794; das Schmirgelpapier, ſ. Schmirgel. — Sandpapier wird ebenſo hergeſtellt wie Glaspapier. Zum Schleifen der härteſten Gegenſtände wird Quarzpapier verwendet.

Das **Kloſettpapier** (fein, weich, aber doch genügend feſt) wird aus Holzzellſtoff und Holzſchliff hergeſtellt und mit der Perforiermaſchine ſo durchlocht, daß es in entſprechend großen Stücken leicht von einer Rolle abgeriſſen werden kann.

Tapetenpapier, ſ. Tapetenfabrikation.

Die **mediziniſchen Papiere** werden teils an Stelle von Verbandzeug, teils als Träger von Medikamenten, die mit der Haut in unmittelbare Berührung gebracht werden ſollen, verwendet. — Zu den Verbandpapieren gehört das ſogenannte Chromleimpapier (Chriſtia), welches durch Beſtreichen beider Seiten eines Pergamentpapiers mit einer Miſchung von Gelatine mit Glyzerin und Kaliumbichromat erhalten wird. Das Papier hat eine ſchmutzig-grünliche Farbe. Antiſeptiſches Papier, zum gleichen Zwecke, ſtellt man aus reiner Leinenfaſer, gemiſcht mit Baumwolle, her, nachdem das Zeug mittels alkaliſcher Laugen gereinigt und einer Temperatur von 100° C. ausgeſetzt wurde. Das fertige Papier wird wiederholt einer Temperatur bis zu 120° ausgeſetzt, dann durch Eintauchen in Vaſeline, Chloroformlöſung, Glyzerin aufgeweicht und ſchließlich in eine Löſung von Jodoform in Aether getaucht. Dasſelbe kann auch mit einer Löſung von Thymol, Salizylſäure und Borſäure imprägniert werden. Hierher gehört auch ein Perganſept genanntes, mit rohem Holzeſſig imprägniertes Papier. Senfpapier beſteht aus einem mit Senföl oder einer Miſchung von Senfmehl mit Kautſchuk, Kolophonium, Dammarlack und Benzin beſtrichenen, gewöhnlichen, aber genügend feſten Schreibpapier. Das blaſenziehende Papier (épispastique) wird mit einem Gemiſch von Schiffspech, Schweinefchmalz, weißem Pech, gelbem Wachs und Kantharidenpulver getränkt. Das ſogenannte Gichtpapier wird gelb und braun in den Handel gebracht. Erſteres iſt mit einem Gemenge von Fichtenharz, gelbem Wachs, Kantharidin- und Euphorbiumtinktur, letzteres mit einem Gemiſch von ſchwarzem Pech, Terpentin, gelbem Wachs, Kolophonium und den genannten Tinkturen beſtrichen. Das Papier chimique anti-asthmatique iſt grobes Druckpapier, welches mit einem Gemenge von Salpeter, Kalkerde, Alaun, Gips und einer Spur eines ſpirituöſen Auszuges der Lobelia getränkt iſt. Oſtindiſches Pflanzenpapier nennt man ein mit einer Löſung von Hauſenblaſe in deſtilliertem Waſſer und rektifiziertem Alkohol beſtrichenes Papier, welches auf leichte Hautwunden geklebt wird. Die ſogenannten hygieniſchen Taſchentücher werden zur Aufnahme infektiöſer Auswurfsſtoffe benutzt. Sie beſtehen aus mittels Glyzerin weichgemachtem Papier, das auf einen leichten, billigen Verbandſtoff geklebt iſt.

Zu den **Infektenvertilgungspapieren** gehört das mit einer konzentrierten Löſung des Saccharins in Waſſer getränkte Saccharinpapier, das nicht giftige Quaſſia- und Koloquintenpapier, das mit einer Miſchung von ſchwarzem Pfeffer und Zuckerlöſung beſtrichene ſogenannte vegetabiliſche Papier. Das giftige Fliegenpapier enthält meiſt Arſenik. Die Mottenpapiere (zum Schutz gegen Mottenfraß) ſind meiſt mit Karbolſäure, Naphthalin, Kampfer, Ceresin, Phenol, Steinkohlenteer u. ſ. w. getränkt oder beſtrichen. Die Räucherpapiere werden ebenfalls in mannigfaltigen Sorten hergeſtellt. Ein unter lebhaftem Funkenſprühen verbrennendes Papier wird durch Eintauchen in ein Gemenge von Sandelholz, Grasöl, Benzoe, Weihrauch, Vetivereſſenz und Alkohol erhalten, ein andres, nur rauchendes, durch Aufſtreichen einer Löſung von Zimtöl, Storax, Benzoe, Ambra, Moſchus in rektifiziertem Alkohol. Das Zunderpapier iſt ein im Zeug mit zerkleinerten Feuerſchwammabfällen gemiſchtes Fabrikat, das der leichteren Brennbarkeit wegen mit etwas Salpeter oder chlorſauerm Kali getränkt wird.

Von den nach den wichtigſten Eigenſchaften benannten Papieren ſind vor allem zu erwähnen: die **lichtempfindlichen Papiere** (vgl. Photographie). Die ſogenannten Lichtpauspapiere werden in verſchiedenen Varietäten erzeugt, von welchen das am häufigſten verwendete in der Weiſe hergeſtellt wird, daß man reines Papier mit Eiſenchloridlöſung tränkt und nach der Belichtung unter der zu kopierenden Zeichnung in eine Löſung von rotem Blutlaugenſalz taucht, wodurch ſich die vom Lichte getroffenen Teile blau färben. Es kann hierzu auch gewöhnliches Eiweiß- oder Albuminpapier (ſ. Lichtpauſen) verwendet werden, das durch Tränken mit einer Löſung von zitronenſauerm Eiſenoxyd-Ammon oder rotem Blutlaugenſalz in Waſſer empfindlich gemacht wurde. Die Gleichmäßigkeit der Faſeranordnung ſowie die chemiſche Reinheit des Rohmaterials iſt erſte Bedingung für dieſe Papiere. Die leuchtenden (phosphoreſzierenden) Papiere werden entweder durch Auftrag einer aus Schwefelcalcium oder Schwefelbaryum mit Hauſenblaſe als Bindemittel oder aus Schwefelcalcium, doppeltchromſauerm Kali, Gelatine und Waſſer beſtehenden dickflüſſigen Maſſe hergeſtellt. Der Anſtrich muß in vielen Schichten aufgetragen und jede derſelben getrocknet werden. Das ſo präparierte, aus japaniſchem Seiden- oder Kopierpapier beſtehende Produkt muß an ſeiner Oberfläche durch Druck geglättet und mindeſtens zehn Stunden dem Tageslicht ausgeſetzt werden. Eine beſondere Art leuchtender Papiere iſt das Magneſiumpapier, das aus zwei Papierblättern beſteht, zwiſchen welchen Magneſiumpulver mittels Stärkekleiſters befeſtigt wird. Auf beide Seiten wird dann noch je ein mit chlorſauerm Kali getränktes Papier und außerdem noch je ein weiteres Papierblatt geklebt, ſo daß im ganzen ein aus ſechs Papierblättern beſtehendes,

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

dickes Papier resultiert, das, in Streifen geschnitten und angezündet, das blendende Magnesiumlicht gibt.

Reagenzpapiere dienen zum schnellen Nachweis bestimmter Stoffe in tropfbarflüssigen oder gasförmigen Massen oder zur Konstatierung eines bestimmten chemischen Verhaltens. Das bekannteste ist das blaue und rote Lackmuspapier, das durch Tränken eines ungeleimten Papiers mit einer Lösung von Lackmusfarbstoff in destilliertem Wasser erhalten wird. Der blaue Farbstoff wird durch Zuführung von Schwefelsäure in eine rote Lösung verwandelt und das Papier damit getränkt, dann diese rote Lösung durch Zusetzen von Kalkwasser wieder blau gefärbt und durch diese Lösung das Papier hindurchgezogen. Das zum Nachweisen von Borsäure verwendete Kurkumapapier ist mit einer Lösung von Kurkumawurzel in Spiritus, das zum Nachweise von Ozon oder freiem Chlor verwendbare Stärke- oder Jodpapier mit Stärkekleister oder Jodkalium präpariert. Zum Nachweise selbst sehr geringer Mengen aktiven Sauerstoffs wird jetzt ein mit Tetramethyl-Paraphenyl-Diamin präpariertes Papier zur Anwendung gebracht. Das sogenannte Oenokrinepapier zur Erkennung echten Rotweines wird durch Tränken mit einer Bleizuckerlösung erhalten. Das Fernambuk-, Rotholzpapier dient zur Nachweisung des Fluorwasserstoffs.

Feuerfestes, unverbrennbares Papier wird manchmal in Anwendung gebracht, um wichtige Dokumente gegen Zerstörung durch Feuer zu sichern. Man mischt zu diesem Behufe 95 % mit übermangansauerm Kali gewaschene und mit schwefliger Säure gebleichte Asbestfasern mit 5 % gewöhnlichem Holzstoff unter Zusatz von Leim und Borax im Holländer. Das Papier soll einer Temperatur von 800° C. andauernd widerstehen. Nach andrer Methode wird diese Mischung noch vor dem Leimen mit Kali- oder Natronwasserglas gemischt, um den Zusammenhang der Fasern noch mehr zu sichern. Ein feuerfestes Papier kann ferner durch Eintauchen von gewöhnlichem Papier in eine Mischung von Ammoniak, Borax, Phosphorsäure und schwefelsauerm Zink erhalten werden. Bei der Verwendung für Dokumente muß auch mit einer feuerbeständigen Tinte, der etwas Glyzerin und eine verdünnte Wasserglaslösung beigemengt wurde, geschrieben werden. Ebenso lassen sich Farben durch Zusatz von Wasserglas feuerbeständig machen.

Das **wasserdichte Papier** wird in verschiedenen Varietäten, so durch Tränken mit einer Lösung von Schellack in Borax, mit einer Mischung von Gasteer, Mineralöl und Natriumkarbonat oder durch Sättigen mit Leinöl, durch Imprägnieren mit einer Masse aus Petroleum, Harz, Leinöl und Paraffinöl, hergestellt. Ein gleiches Resultat erreicht man durch Leimung des Papierzeugs mit einer Mischung von Traubenzucker, Essigsäure, Glyzerin und Ammoniak. In neuerer Zeit sind die verschiedensten Methoden zur Herstellung solcher Papiere erfunden worden, so das Leimen mit tierischem Leim und die Behandlung mit einer Formaldehydlösung, worauf durch Wasser oder Dampf eine Hydratisierung folgt; oder die Anwendung einer Lösung von Soda, Olivenöl, Glyzerin und Harz als Zusatz zu einer allmählich hergestellten Mischung von Wasser, Milch, Traubenzucker, Kasein, Glyzerin, Dextrin, Talkum, dem ein Härtebad aus einer Alaunlösung folgt u. s. w. Auch das Pergamentpapier gehört zu den wasserdichten Papieren. Abwaschbares Papier kann durch Ueberziehen eines mit Zinkweiß, Kreide, Kalk oder Schwerspat und Leim grundierten Papiers mit Wasserglas oder mit einer Mischung von Paraffin und Petroleumäther erhalten werden.

Eine große Anzahl von Papieren erhält seine Benennung nach seiner Aehnlichkeit mit bestimmten Stoffen und Materialien. Hierher gehört eine der wichtigsten Papiersorten, das **Pergamentpapier** oder vegetabilische Pergament, auch Membranoid und Papyrin, das alle Eigenschaften des echten Pergamentes aufweist, ja dieses noch insofern übertrifft, als es durch Insekten nicht angefressen wird und in kochendem Wasser nicht aufweicht. Es wird in vielen Fällen als Sicherheits-, Paus- und konservierendes Papier, als Bucheinschlagpapier, zu Bauplänen, zum Verschluß von leicht verderbliche Flüssigkeiten enthaltenden Gefäßen, als Packpapier für fettige Substanzen, für Tabak und solche Stoffe, die feucht erhalten werden sollen, zur Herstellung künstlicher Därme, z. B. für Erbswurst u. s. w., verwendet. Dieses Papier wird durch den sogenannten Pergamentierprozeß, das Pergamentieren, hergestellt; gewöhnliches, meist aus Baumwollhadern hergestelltes Papier wird dabei mit konzentrierter Schwefelsäure behandelt. Diese wirkt auf den Zellstoff in der Weise, daß ein dem Stärkemehl ähnlicher Körper, Amyloid, entsteht, welches bei weiterer Einwirkung der Schwefelsäure in einen gummiartigen Körper, Holzdextrin, übergeht. Durch diese Verwandlungen des Zellstoffs werden die Papierfasern in eine nahezu homogene, fest zusammenhaltende Masse verwandelt, welche die drei- bis vierfache Festigkeit des Papiers, bei gleichzeitiger Abnahme der Dicke, besitzt, ohne Erhöhung des Gewichtes. Eine ähnliche Wirkung zeigen Chlorzink und Kupferoxydammoniak. In den meisten Fällen wird zur Herstellung des Pergamentpapiers 59—60grädige Schwefelsäure verwendet und diese nur eine bestimmte Zeit einwirken gelassen. Das Papier muß im ungeleimten Zustande und nicht zu dick dem Prozesse unterworfen werden, auch darf es keine mineralischen Bestandteile enthalten. Es wird jetzt allgemein Rollenpapier auf Pergamentiermaschinen in Pergament verwandelt. Das Papier wird dabei von einer Rolle ununterbrochen abgewickelt und gelangt vor allem in einen mit der Schwefelsäure gefüllten Kasten, in dem es um eine Glasrolle läuft; hieraus folgt eine aus zwei Walzen bestehende Presse zum Auspressen der überschüssigen Schwefelsäure, die in den Kasten zurückläuft. Von da an folgt ein Waschprozeß zur gründlichen Entfernung aller noch am Papier haftenden Säure, zu welchem Behufe die Papierbahn zuerst in einen kleinen Bottich tritt, wo der größte Teil der anhaftenden Säure abgegeben wird. Dann gelangt sie unter mehrere aufeinander folgende Systeme von Wasserbrausen, nach welchen je eine Presse zum Entfernen des überschüssigen Wassers angeordnet ist. Um die Wirkung der etwa noch zurückgebliebenen Säure zu verhindern, zieht man die Papierbahn nach Passieren des ersten Brausesystems durch ein alkalisches Bad. Die Papierbahn, die selbstverständlich stets gespannt die bisher erwähnten Vorrichtungen durchläuft, gelangt schließlich

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

zu einem Trockenapparat, beſtehend aus einer großen Trockentrommel mit Trockenfilz, und wird über eine Glättpreſſe zur Aufwickelwalze geführt. Die Preß- und Führungswalzen müſſen mit einem Kautſchuküberzug verſehen ſein. Das zum Prozeß verwendete Papier darf nur dünn ſein, da ſonſt die Umwandlung nicht bis ins Innere eindringen würde. Will man dickeres Pergamentpapier erzeugen, ſo müſſen mehrere mit Säuren behandelte Papierbogen oder -bahnen gleich nach Einwirkung der Säure übereinander gelegt oder gewickelt und übereinander gepreßt werden, in welchem Falle dieſelben ſich zu einem Blatt dauernd und unlösbar verbinden. Solches Pergamentpapier wird auch Elfenbeinpapier genannt. Pergamentpapiere, die der ſchädlichen Wirkung von Alkalien ausgeſetzt ſind, können durch einen Zuſatz von Chlormagneſium dagegen geſchützt, nur dürfen dieſe Papiere einer Temperatur von mehr als 30° C. nicht ausgeſetzt werden. — Für das Osmoſepergament wird ein Papier mit 30—50% Leinenfaſern verwendet und mehrere Papierbogen, wie früher, aufeinander gelegt und zu einem Stück verbunden. Das imitierte Pergamentpapier (Pergamin), wird aus Sulfitzellſtoff, dem eine große Quantität Leim, etwas Glyzerin und Traubenzucker beigemengt iſt, hergeſtellt. Als Oelpergament bezeichnet man mit Bleiweiß, Gips, Kalk und Leim präpariertes, dann mit Oelfirnis überzogenes ſtarkes Papier, das als abwaſchbare Schreibtafel verwendet werden kann.

Das **Leder-** oder **Skytogenpapier** (Papierleder) wird entweder in der Weiſe erzeugt, daß man Lederabfälle zerkleinert und mit Papierſtoff zu Papier verarbeitet, oder es wird langfaſeriges Papier entſprechend gefärbt und gebeizt, durch eine Schellacklöſung waſſerdicht, durch Einreiben von Glyzerin geſchmeidig gemacht und durch Preſſung oder Runzelung mit dem charakteriſtiſchen Lederkorn verſehen. Auch das aus Braunholzſchliff erzeugte Papier wird oft Lederpapier genannt.

Seidenpapier iſt ein aus Hanf-, Flachs-, Zwilchhadern, Tauen, aber auch aus Sulfitzellſtoff hergeſtelltes, langfaſeriges Papier von ſehr geringer Dicke.

Lignitpapier wird aus braunem Dämpfholzſchliff hergeſtellt.

Nach dem Rohſtoff werden viele Papiere benannt, ſo das aus dem Baſte des Affenbrotbaumes erzeugte Adanſonia-, das aus der Eſparto-, Alfa-, auch ſpaniſches Gras genannten Pflanze hergeſtellte gleichnamige Papier, der aus der Papyrusſtaude bis ins Mittelalter erzeugte Papyrus, der kein eigentliches Papier iſt, das Jute-, Manila-, Bambus-, Braunholz-, Woll-, Stroh- und Torfpapier. Das auf der Inſel Formoſa erzeugte Reispapier wird aus einer bambusähnlichen Staude erzeugt. Baumwollpapier hat nach neueren Forſchungen nie exiſtiert. Nach ihrer Verbindung mit andern Stoffen unterſcheidet man das ſogenannte Indigo-, Blau- oder Waſchblaupapier zum Färben der Wäſche, ein mit Indigokarmin getränktes Löſchpapier, das ſeine Farbe auch nach längerem Liegen abgibt, wenn der Färbeflüſſigkeit etwas Zucker zugeſetzt wird. Bleifolienpapier zur Verpackung des Tees wird hergeſtellt, indem man Papier mit einer teigartigen Subſtanz beſtreicht, die aus Blei- und Zinnſtäubchen gewonnen iſt. Das Gazepapier beſteht aus zwei Papierbogen, zwiſchen welche oft auch gemuſterte Seidengaze geklebt wird. Hierher gehören ferner: das auf Leinwand geklebte Chemiſen-, Leinen- oder Leinwand-, das auf Blech geklebte Blechpapier, das auf einen Baumwollſtoff geklebte, Papirolin genannte Papier, die ſchon beſprochenen Glas-, Flint-, Sand- und Schmirgelpapiere, das mit einem Tragantüberzug verſehene, jetzt ſelten verwendete Tragantpapier, welches meiſt zum Malen diente.

Literatur: Hoyer, E., Das Papier, ſeine Beſchaffenheit und deren Prüfung, München 1882; Müller-Haußner, Die Herſtellung und Prüfung des Papiers, Berlin 1905; Andés, L. E., Papierſpezialitäten, Wien 1896. — S. a. die Literatur unter Papierfabrikation. *Kraft.*

Papierſpitzen, ſ. Buntpapierſorten, Bd. 2, S. 403.

Papierſpulen, ſ. Papierhülſen.

Papierſtoff, auch Papierzeug, jene durch die Zerfaſerung der verſchiedenen Papierrohmaterialien, wie Hadern, Vegetabilien, Surrogate, entſtehende, zur Herſtellung des Faſerpapieres verwendete Faſermaſſe. S. Papierfabrikation.

Papierſtoffgarne werden durch das Zuſammendrehen von ſchmalen Papierſtoffſtreifen auf Spinnmaſchinen gewonnen.

Entweder nimmt man die Streifen aus fertigen Papierbahnen, die in ſchmale Streifen zerriſſen oder zerſchnitten werden (Bindfäden der Japaner, Xylolingarne), oder es wird durch beſondere Vorrichtungen die noch feuchte Papierbahn auf dem Papiermaſchinenſiebe in ſchmale Streifen zerlegt, die entweder durch Würgelung gerundet oder, nachdem ſie auf Sammelrollen aufgewickelt ſind, feucht verſponnen werden (Licella, Silvalin, Zellſtoffgarne). Die Papierſtoffgarne werden zu Teppichen, Matten, Säcken und Gegenſtänden verarbeitet, die nur im trockenen Zuſtande größeren Inanſpruchnahmen ausgeſetzt ſind. Eingehenderes über Herſtellung, Eigenſchaften und Verwendbarkeit der Papierſtoffgarne vgl. E. Pfuhl, Papierſtoffgarne, Riga 1904. *E. Müller.*

Papierſtoffhärtung erfolgt meiſt mit einer Löſung von Leinöl und Kolophonium in Naphtha. Nach Austreibung der hygroſkopiſchen Feuchtigkeit wird der betreffende Gegenſtand ſo lange in die Löſung getaucht, bis keine Blaſen mehr entſtehen, hierauf behufs Verdampfung des Naphthas und Vollendung der Härtung einem dreiſtündigen Trockenprozeß unterzogen, bis keine Dämpfe von oxydiertem Oele mehr entweichen. Die Gegenſtände erhalten dadurch ein kornartiges Gefüge, ſind unzerbrechlich, waſſerdicht, leicht, biegſam und elaſtiſch. *Kraft.*

Papierſtuck, eine gewöhnlichen Stuck imitierende Pappe, die durch

Imprägnierung mit einer Miſchung von Leim, Gips, Schwefelſäure und Sikkativ außerordentlich plaſtiſch wird, ſich daher in die ſchwierigſten Formen preſſen läßt und dann große Härte annimmt. *Kraft.*

Papierwäſche, namentlich Hemdkrägen, Manſchetten und Vorhemden, wird aus einem Papier hergeſtellt, das aus gutem, feſtem, holzfreiem Baumwollpapierzeug, dem etwas Leinen beigemengt iſt, auf Lang- oder Zylinderſiebmaſchinen, und zwar gleich in entſprechender Stärke gewonnen wird.

Um die Dauerhaftigkeit zu erhöhen, wird dieſes Papier mit dem Schirting genannten Baumwollgewebe, und zwar mittels Reisſtärkekleiſter auf Klebmaſchinen beklebt, nach dem Trocknen mit einer aus Reisſtärke, Kreide, Blanc fixe, Borax, Leim und Wachs beſtehenden, mit Glyzerin verſetzten weißen Deckmaſſe beſtrichen und hierauf in einem Kalander mit erhitzter Hartgußwalze geglättet. Das ſo vorbereitete Papier wird ſodann in entſprechend breite Streifen geſchnitten und aus dieſen die einzelnen Krägen, Manſchetten und Vorhemden in bekannter Form ausgeſtanzt. Vor dem Ausſtanzen der Knopflöcher werden die betreffenden Stellen mit Schirtingfleckchen unterklebt. Den Schluß des Prozeſſes bildet das Einprägen der Nähte und Umbiegeſtellen. *Kraft.*

Papierwatte, eine aus lockerem Papierzeug hergeſtellte, nur aus Baumwollfaſern beſtehende Maſſe, die an Stelle von Watte verwendet wird.

Das Papierzeug wird zu dieſem Zwecke, bevor es auf das Sieb der Papiermaſchine fließt, durch einen Luftſtrom ſo aufgelockert, daß ſich die Faſern nicht mehr zu einer Papierbahn zu vereinigen vermögen. Die ſo entſtehende lockere Papierfilzmaſſe wird hierauf durch erhitzte Luft getrocknet und dann zwiſchen mit ſcharfen Spitzen verſehenen Flächen und Bürſtenwalzen hindurchgeleitet. Der als Verbandmittel dienenden Watte werden antiſeptiſche Flüſſigkeiten zugeſetzt. *Kraft.*

Papierzünder, ſ. Zündwaren.

Papirolin, ein auf Baumwollſtoff geklebtes Papier; ſ. Papierſorten.

Pappdach, ſ. Aſphaltpappedächer.

Pappe, auch Pappendeckel und Karton genannt, iſt ein dickeres, ſteiferes Papier, das zu den verſchiedenſten Zwecken in Verwendung kommt. Die Dicke wechſelt von 0,5 bis zu 10 mm. *Kraft.*

Pappefabrikation. Da an das Ausſehen der Pappe (ſ. d.), mit Ausnahme weniger Sorten, viel geringere Anforderungen geſtellt werden als an die meiſten Papiere, da ferner die Pappe ſehr häufig zur Hebung und Verſchönerung des Aeußern mit einem entſprechenden Ueberzug verſehen wird, kann dieſelbe mit Vorteil aus billigerem Rohmaterial hergeſtellt werden, z. B. aus wollenen und ſeidenen Hadern, groben Tauen, Stricken, Säcken, insbeſondere aber aus Holz — namentlich Braunholz — und Strohſtoff ſowie altem Papier und Makulatur.

Die zur Verwendung gebrachten Hadern werden nur oberflächlich ſortiert, gewaſchen, zerſchnitten oder zerhackt und im Halbholländer zerfaſert, da eine größere Länge der Faſern für die Feſtigkeit der Pappe günſtig iſt; aus gleichem Grunde werden oft bloß Stampfwerke verwendet. Makulaturpapiere werden zuerſt in einem Wolf trocken gereinigt, dann in feſtſtehenden Kochern mit Soda gekocht, um die Druckerſchwärze zu verſeifen, und dann in einem Waſchholländer geſpült und mit Chlorkalklöſung gebleicht. Da das alte Papier beim Kochen in feine Faſern zerfällt, iſt eine weitere Zerfaſerung meiſt zu umgehen. Das zur Pappefabrikation verwendete Stroh wird auf Häckſelmaſchinen zerkleinert, mit Kalkmilch in beweglichen Kochern unter Zutritt von Dampf gekocht, dann in Kollermühlen gequetſcht und ſchließlich in Holländern zerfaſert. Pappe kann nach drei verſchiedenen Methoden hergeſtellt werden. Bei Herſtellung der geformten Pappe durch Handarbeit wird das in der Schöpfbütte befindliche Faſermaterial konſiſtenter genommen, und es erhält daher der mit der Form geſchöpfte Bogen eine größere Dicke. Die weitere Verarbeitung iſt jener der Papierbogen ähnlich. Ein ähnlicher Vorgang findet auf Langſiebmaſchinen ſtatt, wenn man auf das Langſieb die Papiermaſſe in dickerer Schichte aufließen läßt. Da ſich eine ſo dicke Faſerſchichte nur ſchwer entwäſſern läßt, wird bei dieſen Maſchinen häufig noch ein Oberſieb verwendet, welches auf die obere Fläche der am Sieb befindlichen Faſerſchichte aufgepreßt wird. Hierbei erhält man eine ſehr unregelmäßig gelagerte Faſermaſſe und daher nur ordinärſte Pappe. Die Herſtellung der gegautſchten Pappe kann bei der Handarbeit nach zweierlei Methoden zur Ausführung kommen. Der vom Schöpfer geſchöpfte gewöhnliche Papierbogen wird auf den Filz gegautſcht und auf dieſen noch naſſen Bogen ein zweiter, dritter u. ſ. w. friſch geſchöpfter Bogen aufgedrückt, bis die entſprechende Dicke der Pappe erreicht iſt, worauf die weiteren Arbeiten folgen; oder der erſte geſchöpfte Bogen wird auf der Form belaſſen, hierauf mit einer zweiten Form ein zweiter Bogen geſchöpft, ebenfalls auf der Form belaſſen, und auf dieſen nun der erſte, noch naſſe Bogen aufgegautſcht, dann ein dritter Bogen geſchöpft und auf dieſen die zwei ſchon vereinigten Bogen aufgegautſcht. Dieſe Methode hat den Vorteil, daß der friſch geſchöpfte, auf der Form liegen bleibende Bogen ſich viel leichter entwäſſert. — Dieſe Art der Pappebildung wird auch auf Maſchinen nachgeahmt, nur mit dem Unterſchiede, daß vorerſt nicht Bogen, ſondern Papierbahnen hergeſtellt und dieſe aufeinander gegautſcht werden. Zu dieſem Behufe werden nahezu ausſchließlich Zylinderſiebmaſchinen von zweierlei Konſtruktion in Anwendung gebracht. Bei einer

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

derſelben wird nur ein Siebzylinder verwendet, der daher immer nur eine Faſerſchichte bildet, welche durch den endloſen Filz vom Zylinder abgegautſcht und ununterbrochen einer rotierenden Walze, der ſogenannten Formatwalze, zugeführt und auf dieſe ſo lange aufgewickelt wird, bis die gewünſchte Pappendicke erreicht iſt, was durch ein Glockenſignal markiert wird, das eine entſprechend ſtellbare Signalvorrichtung abgibt. Hierauf wird der ſo aufgewickelte Papierzylinder parallel zu ſeiner Achſe mittels eines Meſſers, das in einer Nut der Walze geführt iſt, durchſchnitten und auf dieſe Weiſe ein Pappebogen erhalten, deſſen Länge dem Umfange, deſſen Breite der Länge der Walze entſpricht, deren Dimenſion daher das Format des Bogens beſtimmt. Bei neueren Maſchinen wird die auf der Formatwalze ſich aufwickelnde Pappe durch Walzen gedichtet; durch Heizen der Walze mit Dampf und Einſchließen derſelben in einen mit warmer Luft geheizten Kaſten getrocknet. Das Aufſchneiden der Pappe wird manchmal durch ein ſelbſttätig wirkendes Meſſer, das über die ganze Länge der Formatwalze reicht, bewerkſtelligt. — Die zweite Gattung dieſer Maſchinen verwendet mehrere, manchmal ſogar eine verhältnismäßig ſehr große Zahl — bis zu zwölf — von Siebzylindern. Auf jedem dieſer Zylinder wird eine Faſerſchicht gebildet, dieſe durch den endloſen Filz abgegautſcht dem nächſten Siebzylinder zugeführt, mit der hier entſtandenen Faſerſchichte zu einer ſolchen verbunden, dieſe beiden dem dritten Zylinder zugeleitet, wo eine dritte Faſerſchichte aufgenommen wird, u. ſ. w. In Fig. 1 iſt eine ſolche Maſchine ſchematiſch dargeſtellt. Es ſind zwölf Siebzylinder 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 u. ſ. w., in zwei Gruppen zu je ſechs Zylindern geordnet, vorhanden, von welchen jeder in einer eiſernen Bütte ſich befindet und in die Papiermaſſe eintaucht. Auf jedem Zylinder wird daher eine Faſerſchichte gebildet, von welchen ſich die von der linksſeitigen Gruppe gebildeten mittels des endloſen Filzes *a* zu einer ſechsfachen Schichte vereinigen und nach rechts geführt, die von der rechtsſeitigen Gruppe 7—12 hergeſtellten durch den endloſen Filz *b* ebenfalls zu einer ſechsfachen Schicht vereinigt, nach links geleitet werden. Beide, aus ſechs Papierſchichten beſtehenden Pappebahnen kommen nun in dem Raum zwiſchen dem Zylinder 6 und 12 zuſammen, laufen nun, aufeinander gelegt, mit den beiden Filzen *a* und *b* nach rechts weiter, gelangen hier in die Walzenpreſſen 13—17, wodurch ſie zu einer zuſammenhängenden Pappebahn verbunden und ſchließlich ganz rechts abgeliefert und den Trockenvorrichtungen zugeführt werden. Es müſſen ſelbſtverſtändlich nicht immer alle Siebzylinder arbeiten, es können daher Pappen der verſchiedenſten Dicke auf dieſer Maſchine hergeſtellt werden. Um behufs Aenderung der Pappendicke einzelne Zylinder ausſchalten zu können, werden dieſelben in neuerer Zeit ſenkbar gebaut.

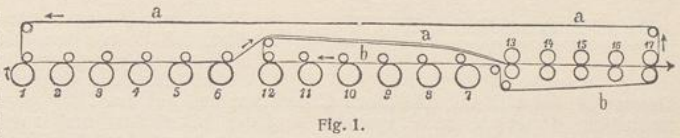


Fig. 1.

Die Herſtellung der geleimten Pappe wird durch das Aufeinanderkleben einzelner Bogen mittels Handarbeit oder mehrerer Papierbahnen auf Klebemaſchinen ausgeführt. Bei der Handarbeit werden die Bogen auf einem Tiſch ausgebreitet, mit einer aus einer Miſchung von Leim und Stärkekleiſter beſtehenden Klebemaſſe mittels einer Bürſte oder eines Schwammes beſtrichen, übereinander gelegt und ſchließlich gepreßt, um faltenloſe Pappetafeln zu erhalten. Auf dieſe Weiſe werden die beſten und feinſten Kartons für Aquarellmalerei, Zeichenkartons, Spielkartenkartons hergeſtellt.

Bei der Maſchinenarbeit werden Klebemaſchinen verſchiedener Konſtruktion in Verwendung gebracht. Eine derſelben iſt in Fig. 2 dargeſtellt und beſteht aus der rechtsſtehenden Klebe- und links befindlichen Trockenvorrichtung. In der erſteren ſind drei Rollenpapierwalzen *a b d* gelagert, von welchen jedoch nur das Papier der Rolle *a* und *b* mit Klebeſtoff aus dem Klebeſtoffbehälter *B B* verſehen wird. In letzteren taucht eine Klebeſtoffwalze *f f* ein, über welche nun die ſich von *a* und *b* abrollende Papierbahn tangierend hinweggezogen wird. Dieſe zwei Papierbahnen werden nun durch Führungswalzen einer aus zwei Walzen beſtehenden Preſſe *A* ſo zugeführt, daß die Klebeflächen einander zugekehrt ſind. Gleichzeitig mit dieſen beiden Bahnen tritt die von der Rolle *d* ſich abwickelnde, ohne Klebeſtoff belaſſene Papierbahn zwiſchen die Walzen und wird dadurch eine aus drei Papierbahnen beſtehende Pappe erzeugt, die von dem endloſen Tragfilz *g* der Trockenvorrichtung zugeführt wird, die aus einer Trockentrommel *D* beſteht, an welche man die Pappebahn durch einen endloſen Trockenfilz *H* andrückt. Die Pappebahn tritt bei der Walze *F* aus und wird durch den Schaber *h* ein Aufwickeln auf die Trommel verhindert. Die in Form einer Pappebahn erzeugte Pappe wird ſtets durch entſprechend konſtruierte Schneidmaſchinen in Bogen zerſchnitten, die dann einem langſam wirkenden Trockenprozeß zugeführt werden. Die Vorrichtungen zur Durchführung dieſes Prozeſſes ſind außerordentlich mannigfaltige. Nach einer dieſer Methoden

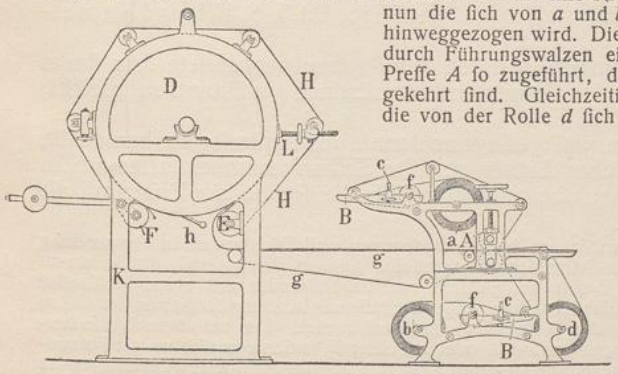


Fig. 2.

werden die Pappebogen mittels entſprechend geſtalteter Klammern frei in Trockenräumen aufgehängt, durch welch letztere im Sommer friſche, im Winter geheizte Luft geſaugt wird; oder die frei hängenden Bogen werden in vierrädrige Wagen gehängt und dieſe durch einen geheizten Kanal — daher Kanaltrockner — ſo hindurchgeſchoben, daß an dem einen Ende die trockene Pappe aus-, an dem andern Ende die feuchte Pappe in beſtimmten Zeitintervallen eintritt (vgl. a. [3], S. 1380). Solche Kanaltrockner werden neuerer Zeit auch in ſenkrechter Ausdehnung als Turm- oder Kamintrockner gebaut. An Stelle dieſer viel Raum fordernden Einrichtungen werden ſogenannte Zylindertrockner in Verwendung gebracht, von welchen der in Fig. 3 dargeſtellte aus drei geheizten Zylindern *A B C* beſteht. Um die beiden Zylinder *A* und *C* läuft ein gemeinſchaftlicher Trockenfilz *a*, um *B* ein zweiter *b*, die ſo angeordnet ſind, daß die von dem Tiſch 1 in der Richtung des Pfeiles eingelegten Pappebogen durch gleichzeitige Mitwirkung der Schabeiſen $d\,d^1\,d^2$ zuerſt die Trommel *A*, dann *B* und ſchließlich *C* paſſieren und auf den Tiſch *f* abgelegt werden. Bei der Herſtellung der Pappe als Pappebahn wird des gründlichen und langſamen Trocknens wegen eine größere Anzahl von kleineren Trockentrommeln mit endloſem Filz verwendet; ſo ſind am Ende der beſprochenen, aus zwölf Siebzylindern beſtehenden Maſchine (vgl. Fig. 1) 50 Trockenzylinder in zwei übereinander liegenden Reihen, alſo ſo angeordnet, daß beide Seiten der Pappebahn mit den Zylindern in Berührung treten. Die ſo getrocknete Pappebahn wird ſodann durch eine Kreisſchere nach Bedarf in zwei oder mehrere Längsſtreifen und dieſe wieder durch eine Querſchneidmaſchine in einzelne Bogen geteilt.

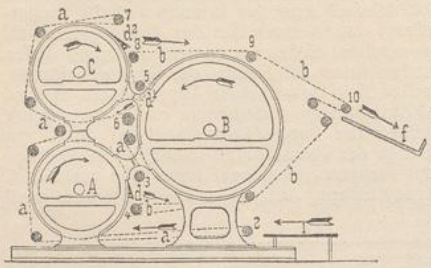


Fig. 3.

Zum Glätten der Pappen verwendet man einfache, aber ſehr ſtark gebaute Glättmaſchinen, die aus zwei übereinander liegenden ſehr glatten Walzen beſtehen. Das Glätten wird auch mittels Steinglättmaſchinen durchgeführt. — Um Pappebogen an den Außenflächen mit einem das Ausſehen hebenden Ueberzug von ungefärbtem oder farbigem Papier oder Gewebe zu überziehen, kann die ſchon erwähnte Klebemaſchine (Fig. 2) in Verwendung kommen, indem zwiſchen die beiden mit Klebemittel verſehenen Papierbahnen Pappebogen in unmittelbarer Aufeinanderfolge eingeſchoben werden.

Literatur: [1] Hoyer, Die Fabrikation des Papiers, Braunſchweig 1887. — [2] Dropiſch, B., Handbuch der geſamten Papierfabrikation, 1881. — [3] Hofmann, C., Praktiſches Handbuch der Papierfabrikation, 2. Aufl., Berlin 1891/97; Müller-Haußner, Die Herſtellung und Prüfung des Papiers, Berlin 1905. *Kraft.*

Pappeflanſchenringe, zum Erſatz von Kautſchuk- oder aus anderm Material hergeſtellten Dichtungsringen, werden aus ſtarker, guter Pappe geſchnitten und mit einem Grundanſtrich aus einer Miſchung von Graphit, Federweiß, Alaun, Mehl und Waſſer mehrmals beſtrichen, auf welchen dann ein aus Leinölfirnis, chemiſch reinem Bleiweiß, borſauerm Manganoxydul und Graphit beſtehender, ebenfalls mehrmals aufgetragener Farbenanſtrich folgt. Man vervollſtändigt dieſen Anſtrich ſodann durch einen nochmaligen Auftrag dieſer jedoch dicker, kittartig hergeſtellten Farbe. *Kraft.*

Pappendeckel, Lokalname für Pappe (ſ. d. und Pappefabrikation).

Pappenheimſches Gebläſe, ſ. Kapſelgebläſe, Bd. 5, S. 379, und Kapſelwerke, Bd. 5, S. 380.

Pappenſchere, eine zum Beſchneiden der Pappen verwendete ſehr ſtarke Schneidvorrichtung, welche den Papierſchneidmaſchinen vollkommen gleicht; ſ. Papierfabrikation, Bd. 6, S. 817. *Kraft.*

Pappeſorten werden in viel geringerer Anzahl als Papierſorten hergeſtellt, da die Verwendung dieſer dicken Blätter gewiſſen Schranken unterworfen iſt; in manchen Gebieten techniſcher Arbeit aber hat ſich die Pappe als Erſatzſtoff als ganz vorzüglich erwieſen.

Die **Aſbeſtpappe,** die namentlich zu heißen Packungen und Dichtungen in Verwendung kommt, wird aus den kurzfaſerigen Aſbeſtſorten hergeſtellt. Dieſem Rohmaterial, das in einem Hadernwolf zerfaſert, in heißem Waſſer aufgeweicht und im Holländer mit etwas Waſſerglas gemahlen wird, werden 10—20% Hadernfaſern zugeſetzt, die als Bindemaſſe dienen, in vielen Fällen aber ganz wegbleiben, da das Waſſerglas genügend bindet. Das auf dieſe Weiſe hergeſtellte Zeug wird entweder zu Bogen geſchöpft oder auf einer Zylinderſiebmaſchine mit Formatwalze zu Pappe verarbeitet. Dieſe Pappebogen werden mit Meſſingdrahtnetzzwiſchenlagen in hydrauliſchen Preſſen einem bis auf 90 Atmoſphären ſteigenden Druck ausgeſetzt. Dieſe Platten erhärten infolge des Waſſerglaszuſatzes und werden klingend nach dem Trocknen. Behufs Herſtellung dicker Platten werden mehrere rohe Platten ohne Zwiſchenlage gepreßt. Durch Zuſatz von Farbe im Holländer können dieſe Platten beliebig gefärbt werden. Dieſe Pappe wird auch zum Dachdecken verwendet. Eine feuerfeſte Pappe erhält man auch aus einer Maſſe von

40% Pflanzen- oder Tierfafer, 15% Afbeft, 10% Alaun, 10% Graphit, 25% unfchmelzbarer Erde und kiefelfauerm Natron.

Baupappe wird namentlich in Amerika zum Bekleiden der Außenwände eines Haufes fowie als Unterlage für die Schindeln, aber auch als Bekleidung der Wohnraumwände ftatt Verputz verwendet und bildet als fchlechter Wärmeleiter fehr guten Schutz gegen Wärme und Kälte. Es ift eine hauptfächlich aus Stroh, Hadernabfällen und Makulatur hergeftellte und zur Erreichung der Wafferdichtheit mit den verfchiedenften, meift geheimgehaltenen Chemikalien getränkte Pappe, die auf Zylinderfiebmafchinen fo hergeftellt wird, daß fie aus zwei Außenlagen von befferem und einer dickeren Innenlage aus minderem Fafermaterial befteht. Eine diefer Tränkmaffen befteht aus einer Mifchung von in Teeröl gelöftem Afphalt mit Teer. Statt Teer werden auch manchmal andre Imprägnierungsmaffen, fo eine Mifchung von Leinöl, Terpentinöl und Sikkativ, oder in fiedendem Leinöl aufgelöfter Kautfchuk verwendet.

Die **Dachpappe**, auch Teer- und Steinpappe genannt, die zum Dachdecken, aber auch zu verfchiedenen andern Zwecken, namentlich gegen Feuchtigkeit in Gebäuden, zur Verwendung kommt, kann in der Weife hergeftellt werden, daß Papierzeug mit Teer und etwas zerkleinertem Kalk in der Schöpfbütte gemengt wird. Gewöhnlich wird diefe Pappegattung durch Imprägnieren der fchon hergeftellten Pappe mit heißem Teer erhalten. Die Rohmaterialien für die Herftellung diefer Pappe find Wolle, Baumwolle, Leinen, Jute, Holz- und Strohzellftoff, Strohftoff, Holzfchliff, wobei die Wolle infofern eine hervorragende Rolle fpielt, als fie der Pappe dasjenige lockere Gefüge verleiht, durch das diefe zur Aufnahme großer Teerquantitäten befähigt wird. Wolle foll daher den Hauptbeftandteil diefer Pappe bilden. Zum Imprägnieren dient u. a. die Vorrichtung von Lüchan (vgl. Papierzeitung 1894, S. 1734). Um der Pappe Feuerbeftändigkeit zu verleihen, foll dem Rohmaterial Hochofenfchlacke beigemengt werden. Das Ueberziehen der fertigen und durch hydraulifchen Druck gedichteten Pappe mit einer Waffergla slöfung vervollftändigt diefe Eigenfchaft.

Die **Fahrkartenpappe** wird aus einer Mifchung von Hadern-, Makulatur-, Stroh- und Holzfchliffafern hergeftellt und im Holländer grau gefärbt. Die Fabrikation findet auf Zylinder- oder Langfiebmafchinen, wovon letztere mit Oberfieb verfehen find, ftatt. Die Dicke derfelben ift für 100 Stück meift von den Eifenbahnverwaltungen vorgefchrieben. Die Pappe wird fodann auf einer Klebmafchine mit weißem oder farbigem Druckpapier beklebt, wobei Stärkekleifter in Anwendung kommt. Hierauf folgt das Trocknen, Glätten, Färben und Zerfchneiden.

Die **Furnierpappe** ift entweder mit gemafertem Buntpapier überzogene Pappe oder auf Pappe aufgeklebtes, fehr dünnes Holzfurnier. Das erftere ift eine Imitation, das letztere nur durch Pappe verftärktes echtes Furnier von $^1/_{10}$ mm Dicke.

Glanzpappe (Glanzdeckel, Preßfpäne), die in der Tuchfabrikation beim Preffen des Tuches als Einlagen zwifchen die einzelnen Tuchlagen in Verwendung kommen, wird aus reinen, ftarken Fafern, wie Flachs, Hanf, Manilahanf, auf Zylinder- oder Langfiebmafchinen hergeftellt und fodann mit fpiegelglatter Oberfläche auf Steinglättmafchinen verfehen. In diefen letzteren findet das Hochpolieren der Pappe dadurch ftatt, daß die auf einen eifernen Tifch gelegte Pappe mittels eines abgerundeten, ftark an die Pappe angepreßten Achatfteines fo lange geftrichen wird, bis der gewünfchte Glanz erreicht ift.

Jacquardpappe, zur Herftellung der Jacquardkarten in der Weberei verwendet, wird in ähnlicher Weife hergeftellt wie die Glanzpappe, nur daß fie meift roh, um gegen Feuchtigkeit und Temperaturwechfel widerftandsfähiger zu fein, mit Paraffin, dem oft auch Stearin und Kolophonium beigemengt ift, imprägniert, dann getrocknet und zwifchen heißen Zylindern gewalzt wird.

Karton, die feinfte und vornehmfte Pappegattung, auch Kartonpapier genannt, ift meift geleimte Pappe, da fich diefe am gleichmäßigften herftellen läßt. Die dünnften Sorten diefer Gattung werden zu Vifit-, Adreß- und Luxuskarten verwendet, und man unterfcheidet hier Natur- und Kreidekarton, von welchen der letztere mit Kreide geftrichen und manchmal mit hohem Glanz verfehen ift. Hierher gehört auch der Poftkartenkarton, ohne Holzfchliff hergeftellt und ftark geleimt. Die Zeichen- und Aquarellkartons müffen mit befonderer Sorgfalt aus beftem Material erzeugt werden. Der Spielkartenkarton wird meift aus zwei Bogen guten Papiers hergeftellt und manchmal behufs Erhöhung der Undurchfichtigkeit zwifchen diefe Kienruß oder fonft ein Farbftoff eingelagert.

Die **Korkpappe**, als fchlechter Wärmeleiter in mannigfacher Weife verwendet, wird nach F. W. Eddy aus einem Gemifch von Korkabfällen, Papierfafern und einem Bindemittel hergeftellt. Das Gemifch, die gröberen Korkabfälle innen, die feineren außen, wird zwifchen zwei endlofen Bändern, die durch mehrere Walzenpreffen hindurchlaufen, allmählich zu einer zufammenhängenden Pappefchicht verdichtet. Die Fafern werden mittels eines Heißluftgebläfes in die mittlere Schicht eingeblafen. Die beiden Bänder gehen mit der Maffe zwifchen Heizkörpern hindurch, um die zur Pappebildung nötige Wärme zu erhalten. Nach einer andern Methode wird ftatt der Fafern ein mit einer Klebmaffe verfehenes Gewebe zwifchen die Korklagen eingeführt.

Lederpappe (Kunftleder), namentlich für Brandfohlen und Schuhabfätze, aber auch für Koffer, Schul- und Handtafchen verwendet, wird aus Braunholzfafernpappe durch Imprägnieren derfelben in heißem Zuftand mit Leinöl, dem etwas Silberglätte, Rebenfchwarz und Sikkativfirnis zugefetzt wurde, erzeugt. Die fo fettdurchdrungenen Papptafeln werden an der Luft getrocknet, dann fatiniert und fchließlich mit obiger Fettfubftanz, der gebrannte Siena beigemengt wurde, in heißem Zuftand beftrichen. Nach einem nochmaligen Trocknen wird mit Bimsftein abgerieben und geglättet. Lederpappe wird aber auch aus einer Mifchung von zerfafertem Leder mit Papierfafern hergeftellt und die Zerfaferung der Lederabfälle entweder im Holländer oder in der Weife vollführt, daß diefe Abfälle mittels einer Leimlöfung in kompakte Pakete

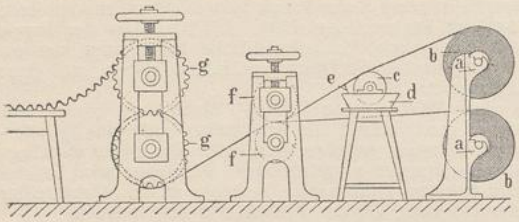
UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

von 20—50 cm Länge verwandelt und auf einem Schleifſtein wie Holz zerfafert werden. Der ſo erhaltene Lederſchliff wird ſodann auf einer Pappenmaſchine zu Pappe verarbeitet, in einer Lohbrühe, die 2—5% eſſigſaure Tonerde enthält, einem Gerbprozeß unterworfen, ſodann gepreßt und getrocknet. Als Lederpappe wird auch die aus Braunholzſchliff erzeugte Holzpappe bezeichnet.

Schieferpappe, auch Papierſchiefer genannt, meiſt zu Schreib- und Rechentafeln verwendet, wird dadurch hergeſtellt, daß man dünne Pappe mit einer Miſchung einer Waſſerglaslöſung, mit feingemahlenem Schieferſtaub und etwas Kienruß oder vegetabiliſcher Kohle mehrmals beſtreicht.

Verbandpappe wird durch Auslaugen mittels Alkalien und durch Klopfen mit Holzhämmern geſchmeidig gemacht, dann ſcharf getrocknet. Die ſo vorbereitete Pappe wird nun mit einer alkoholiſchen Löſung von Schellack, Geigen- und Terpentinharz vollſtändig getränkt und dann getrocknet, worauf dieſe wieder durch Dampf erweicht und zwiſchen erwärmten Zinkplatten durch eine Satinierpreſſe gelaſſen wird. Feinere Arten werden mit einem Ueberzug von Guttapercha und alkoholiſchem Kopalfirnis oder von gewöhnlichem Firnis verſehen. Sie dient zu erhärtenden Verbänden bei Knochenbrüchen.

Die **Wellpappe,** die ebenfalls häufig als Dachdeckmaterial verwendet wird, verliert leicht ihre Wellung, wenn dieſe auf der ſchon fertigen rohen Pappe erzeugt wird. Um dieſes zu verhindern, ſtellt man dieſe mittels der in nachſtehender Figur erſichtlichen Maſchine durch Zuſammenkleben zweier Papierbahnen *b b* und gleich darauffolgendes Falten dar. Eine der Papierbahnen läuft über die mit Klebſtoff verſehene Walze *c*, beide werden in der Walzenpreſſe *f f* zu einer Pappe verbunden und gleich darauf, bevor noch der Klebſtoff getrocknet iſt, zwiſchen den geriffelten Walzen *g g* gewellt, wobei ſich die noch nicht feſt verbundenen Papierbahnen, den hier auftretenden Spannungsverhältniſſen entſprechend, übereinander verſchieben können. Um das Verlieren der Wellung zu verhindern, wird die Pappe mit eingelegten Metalldrähten verſehen, die parallel zu den Längsſeiten der Pappe verlaufen. In neueren Maſchinen werden ſtatt der Riffelwalzen auf bewegten Ketten angeordnete Stempelſyſteme verwendet, die, unter und über der feuchten Pappe verlaufend, gegen dieſe gepreßt werden. Auch mit Längswellen verſehene Pappen werden auf beſonderen Maſchinen hergeſtellt. *Kraft.*



Pappfarben, ſ. Refervage.

Pappſchachtel, ſ. Kartonnagefabrikation, Bd. 5, S. 399.

Pappus' Sätze, ſ. Guldinſche Regeln.

Pappwarenfabrikation, ſ. Kartonnagefabrikation.

Papyrin (Membranoid), vegetabiliſches Pergament, Bezeichnung für Pergamentpapier; ſ. Papierſorten. *Kraft.*

Papyrographie, verſchiedene Verfahren zur Vervielfältigung von Schriftſtücken, Zeichnungen u. ſ. w. Sie beruhen teils auf der Verwendung einer hauptſächlich aus Papier beſtehenden Druckform oder auf der Benutzung einer papiernen Schablone.

In der Regel bezeichnet man mit Papyrographie (auch Papyrotypie) das Verfahren, eine größere Anzahl desſelben Schriftſtückes oder desſelben Planes u. ſ. w. dadurch herzuſtellen, daß man zunächſt dünnes „Wachspapier" mit einem Rouletteſtifte (ſ. Roulette) auf glatter Unterlage oder mit einem glatten Stahlgriffel auf einer geriffelten Metallunterlage beſchreibt oder bezeichnet. Hierbei wird das Papierblatt an den Bildſtellen fortlaufend fein durchlocht. Legt man eine ſolcherart erhaltene Schablone über ein Papierblatt und fährt mit einer Farbwalze darüber, ſo dringt die Druckfarbe durch die feinen Löcher hindurch auf das darunterliegende Papierblatt, welches ſonach einen getreuen Abdruck des Geſchriebenen zeigt. Bei dem „Drucken" muß man ſich beſonderer Apparate bedienen. Die einfacheren (Cycloſtyle, Glyphochord, Horograph, Mimeograph, Neoſtyle, Papyrograph, Typograph u. ſ. w.) ſind zumeiſt derart beſchaffen, daß die Schablone in einen flachen, auf- und zuklappbaren Rahmen geſpannt und durch Kurbelantrieb unter einer Farbwalze, die zugleich als Preßwalze fungiert, hindurchgeführt wird, wonach der Rahmen ſelbſttätig in die Höhe geht, damit das bedruckte Papierblatt gegen ein neues vertauſcht werden kann. Die zur Herſtellung größerer Auflagen beſtimmten Apparate (Roneo-Duplikator, Rotary-Cycloſtyle, Rotoneoſtyle) beſitzen z. B. eine unabläſſig in Rotation zu erhaltende Trommel. Auf dieſer iſt die Schablone befeſtigt, und zwar über einem Farbkiſſen, das von einem im Innern der Trommel angebrachten Farbwerk geſpeiſt wird. Die Wegnahme des bedruckten Blattes und die Hinzuführung des friſchen kann völlig automatiſch geſchehen. Die in der beſchriebenen Weiſe erzeugten Abzüge ſind weit beſſer als die mittels Hektographen (ſ. d.) angefertigten. Ein beſonderer Vorteil iſt darin gelegen, daß die Verwendung unvergänglicher Schwärze möglich iſt, und ferner, daß von einer Schablone viel mehr Kopien genommen werden können als von einer hektographiſchen Form.

Eine ganz anders geartete, aber gleichfalls als Papyrographie bezeichnete Methode zur Herſtellung einer geringen Anzahl von Kopien (mit Druckfarbe hergeſtellt) beſteht darin, daß

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

man eine papierne Druckform in der Geſtalt der photolithographiſchen ſogenannten Fettkopien (ſ. Lithographie) anfertigt und den umſtändlichen Feucht- und Einfärbeprozeß genügend oft wiederholt. — Endlich hat man verſucht, zum Erſatze von Aluminium- und Zinkplatten Papier im galvaniſchen Bade mit mehreren äußerſt dünnen Metallſchichten auf der Vorderſeite zu überziehen und die Rückſeite mittels Zaponlacks waſſerdicht zu machen. Dieſe Papierbogen ſollen dann gleich Metallplatten bei der Herſtellung der Druckform behandelt und in Rotationsmaſchinen für Flachdruck (ſ. Steindruckmaſchinen) gedruckt werden. — Uebrigens hat ſchon Senefelder ſein Verfahren, den lithographiſchen Stein durch ein mit mineraliſcher Schicht verſehenes Papier zu erſetzen, Papyrographie genannt. (Vgl. a. Schablonendruck und Steinpapier.) *A. W. Unger.*

Papyrus, das Papier des Altertums, das aus dem Stengel der Papyrusſtaude, einer Schilf- oder Binſenpflanze, dadurch hergeſtellt wurde, daß man den mit dreieckigem Querſchnitt (Dreieckſeite 10—15 cm) wachſenden Stengel in gleich dicke Streifen ſchnitt, dieſe angefeuchtet und mit den Längskanten aneinander gereiht zu einer gleichmäßigen Schicht ordnete und dieſe Streifen zu einem zuſammenhängenden Blatte dadurch verband, daß man ähnliche Streifen, ebenfalls angefeuchtet, jedoch ſenkrecht zu den unteren Streifen darüber legte, die beiden Schichten durch Preſſung oder Hammerſchläge zu einem Blatte verband und an der Sonne trocknete. Die Verklebung dieſer Streifen wurde wahrſcheinlich durch den beim Preſſen austretenden Pflanzenſaft bewirkt. Zur Herſtellung der Papyrusrollen wurden mehrere ſolche Blätter aneinander geleimt. Der Name, der aus den Worten $\pi\acute{\alpha}$ = Pflanze und $\beta\acute{\iota}\varrho$ = Flechten zuſammengeſetzt iſt, wurde auf unſer heutiges Papier übertragen. *Kraft.*

Para, Münze, in Serbien $^1/_{100}$ Dinar = 0,8 ₰, in der Türkei $^1/_{40}$ Piaſter = 0,46 ₰, in Aegypten = 0,5 ₰.

Parabel, ſ. Kegelſchnitte.

Parabelträger heißen Fachwerke (ſ. d., Bd. 3, S. 533), deren Gurtungsachſen Parabeln mit vertikaler Achſe durch die Trägermitte eingeſchrieben ſind und ſich an beiden Enden treffen (vgl. Halbparabelträger). Da ſich auch eine Gerade als Parabel anſehen läßt, ſo können paraboliſche Segmentträger (Fig. 1, 4, 5), Linſenträger (Fig. 2) und Sichelträger (Fig. 3) entſtehen. Wird der Parabelträger, wie gewöhnlich, mit Vertikalen angeordnet (als Ständerfachwerk, z. B. Fig. 2—5) und bezeichnen n die Anzahl der gleichlangen Felder, h die größte Trägerhöhe (größte Vertikalenlänge), ſo hat man die Länge der m-ten Vertikale von einem Trägerende an [2], S. 63:

$$h_m = m\,(n-m)\,\frac{4f}{n^2}, \qquad 1.$$

worin bei geradem n $\quad f = h,$

„ ungeradem n $\quad f = h\,\frac{n^2}{n^2-1}$ $\qquad$ 2.

Parabelträger kommen bei Brücken und Dächern vor, meiſt als Balkenfachwerke (ſ. d.), in der Form von Sichelträgern aber auch als Bogenfachwerke (ſ. d.). Die Stützpunkte liegen ſtets an den Enden. Der bei Bogenträgern auftretende Horizontalſchub hat keinen Einfluß auf die Beanſpruchung der Diagonalen, ſo daß dieſe Glieder für paraboliſche Balkenträger und Bogenträger von gleicher Anordnung und Belaſtung gleich beanſprucht ſind und auch ihre Grenzbeanſpruchungen bei bewegter Laſt ſich nach den gleichen Formeln ergeben [3], S. 104.



Fig. 1.



Fig. 2.

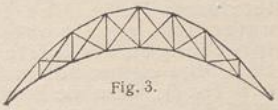


Fig. 3.

Der gewöhnlichſte Fall eines Parabelträgers iſt in Fig. 4 und 5 angedeutet. Spannweite $l = n\lambda$ bei gerader oder ungerader Felderzahl. Im folgenden genügt der Symmetrie halber die Berechnung der erſten Trägerhälfte. x_m, d_m mögen die Längen des Obergurtſtabs und der Diagonalen im m-ten Felde bedeuten. Wirkt auf die ganze Spannweite eine gleichmäßig verteilte Laſt von g pro Längeneinheit (z. B. das Eigengewicht), wovon g_z auf die Knotenpunkte des Untergurts zu rechnen ſei, ſo hat man die Beanſpruchungen der Stäbe von den Längen x_m, λ, d_m, h_m des Feldes m:

$$\mathfrak{X}_m = -\frac{n\,g\,l}{8f}\,x_m, \qquad \mathfrak{Z}_m = \frac{g\,l^2}{8f}, \qquad \mathfrak{D}_m = 0, \qquad \mathfrak{V}_m = g_z\,\lambda. \qquad 3.$$

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Kann außer der auf die ganze Spannweite gleichmäßig verteilten Laft von g pro Längeneinheit (Eigengewicht) auf beliebige Strecken derfelben eine gleichmäßig verteilte Laft von p pro Längeneinheit dieſer Strecken wirken (Verkehrslaft), ſo drücken vorſtehende $\mathfrak{X}_m$, $\mathfrak{Z}_m$ die unteren Grenzbeanſpruchungen der Gurtungsſtäbe aus, während man mit $q = g + p$ für die oberen Grenzbeanſpruchungen derſelben hat:

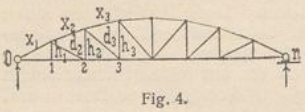


Fig. 4.

$$X_m = -\frac{n\,q\,l}{8\,f}\,x_m = \frac{q}{g}\,\mathfrak{X}_m, \qquad Z_m = \frac{q\,l^2}{8\,f} = \frac{q}{g}\,\mathfrak{Z}_m. \tag{4.}$$

Die Grenzbeanſpruchungen der Diagonalen ſind:

$$D_m = \frac{n}{n+1}\,\frac{p\,l}{8\,f}\,d_m, \qquad D_m = -\frac{n}{n+1}\,\frac{p\,l}{8\,f}\,D_m, \tag{5.}$$

und diejenigen der Vertikalen:

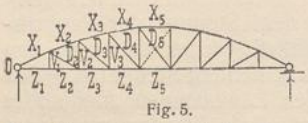


Fig. 5.

$$\left.\begin{aligned} V_m &= \mathfrak{V}_m - \frac{(m-1)\,(n-m-1)^2}{(n-m)\,n-m+1}\,\frac{p\,\lambda}{2}, \\ V_m &= \mathfrak{V}_m + (n-m+1)\,\frac{(n-m)\,(m+1)-m+1}{(n-m)\,n-m+1}\,\frac{p\,\lambda}{2}. \end{aligned}\right\} \tag{6.}$$

Eine Ausnahme macht bei gerader Felderzahl die mittlere Vertikale, für welche die Grenzbeanſpruchungen:

$$V_m = \mathfrak{V}_m, \qquad V_m = \mathfrak{V}_m + p\,\lambda. \tag{7.}$$

Anſtatt 5., 6. kann man etwas zu ungünſtig ſetzen:

$$D_m = \frac{p\,l}{8\,f}\,d_m, \qquad D_m = -\frac{p\,l}{8\,f}\,d_m, \tag{8.}$$

$$\left.\begin{aligned} V_m &= \mathfrak{V}_m - (m-1)\,(n-m-1)\,\frac{p\,\lambda}{2\,n}, \\ V_m &= \mathfrak{V}_m + (m+1)\,(n-m+1)\,\frac{p\,\lambda}{2\,n}. \end{aligned}\right\} \tag{9.}$$

Ableitung der gegebenen Formeln und der entſprechenden für andre Stellung der Diagonalen in ihren Feldern, für Segmentträger mit horizontalem Obergurt, Linſenträger und Sichelträger [2], §§ 41, 42, Beiſpiele der Anwendung [3] *B* 54, 57. Berechnung für bewegte Radlaftzüge [3], *B* 55, mit Laftäquivalenten p anſtatt Radlaftzügen [3], *B* 56, für ſchiefen Winddruck [3], *B* 57. Die Gleichungen 5., 8., wie die entſprechenden für andre Fälle, zeigen, daß ſämtliche Diagonalen des Parabelträgers einfachen Syſtems ſowohl Zug als Druck erleiden können. Sollen ſie nur für Zug widerſtandsfähig hergeſtellt werden, ſo ſind in allen Feldern Gegendiagonalen nötig (ſ. d. und Fig. 2). Wenn bei ungerader Felderzahl keine Gegendiagonalen angewendet werden, muß die eine der im mittleren Felde von Fig. 5 zur Herſtellung der Symmetrie angedeuteten zwei Diagonalen wirkungslos bleiben, was ſich durch Verbindung mit Schrauben in länglichen Löchern erreichen läßt (vgl. Paralleltträger). Werden jedoch in jedem Felde zwei auf Zug und Druck widerſtandsfähige Diagonalen angeordnet, ſo entſteht ein Parabelträger doppelten Syſtems (ſ. z. B. Fig. 3), für welchen auf Grund der Zerlegung in einfache Syſteme (ſ. hierüber Bd. 3, S. 543) analoge Formeln wie die obigen abgeleitet wurden [2], §§ 96, 97, Beiſpiele der Berechnung [3], *B* 122—124.

Selbſtverſtändlich gelten die unter Fachwerke, ſtatiſch beſtimmte (Bd. 3, S. 548) und ſtatiſch unbeſtimmte (Bd. 3, S. 551), Fachwerke mehrfachen Syſtems (Bd. 3, S. 543), Balkenfachwerke (Bd. 1, S. 526) und Bogenfachwerke (Bd. 2, S. 161), Grenzwerte (Bd. 4, S. 626) angeführten Formeln und Berechnungsmethoden in den betreffenden Fällen auch für Parabelträger. Für parabolifche Balkenfachwerke einfachen Syſtems mit Vertikalen läßt ſich auf Grund obiger und analoger Formeln ausſprechen [2], S. 133, 134: Iſt ein Parabelträger auf der ganzen Spannweite gleichmäßig belaſtet, dann ſind die Beanſpruchungen aller Diagonalen gleich Null und die Beanſpruchungen der Gurtungsſtäbe proportional ihren Längen; die Beanſpruchungen der Vertikalen haben gleichen Wert, falls wie gewöhnlich das Verhältnis der Knotenpunktlaften im Obergurt und Untergurt für alle als gleich gilt. Wenn bei gleichmäßig auf die Spannweite verteiltem Eigengewicht die Verkehrslaft mit p pro Längeneinheit auf die ergriffene Strecke gleichmäßig verteilt iſt, dann ſind die Horizontalkomponenten der Grenzbeanſpruchungen aller Diagonalen und die beiden Grenzbeanſpruchungen jeder beſtimmten Diagonale dem Zahlenwerte nach proportional p, alſo bei gleichem p numeriſch gleich. In letzterem Falle ſind ſowohl die Grenzbeanſpruchungen der Diagonalen unter ſich, als die oberen Grenzbeanſpruchungen und unteren Grenzbeanſpruchungen der Gurtungsſtäbe je unter ſich proportional den Stablängen. Dieſe Sätze ergeben ſich auch für Parabelträger doppelten Syſtems mit gekreuzten Diagonalen (z. B. Fig. 3), wenn die Berechnung auf Grund der Zerlegung in einfache Syſteme erfolgt [2], §§ 96, 97. — Ueber parabolifche Bogenfachwerke ſ. Bogenfachwerke und [2], §§ 75, 79; [3], *B* 91, 96, 97; [8], II, S. 199.

Literatur: [1] Winkler, Theorie der Brücken, II Theorie der gegliederten Balkenträger, Wien 1880, S. 127—155. — [2] Weyrauch, Theorie der ſtatiſch beſtimmten Träger für Brücken und Dächer, Leipzig 1887, S. 63, 131, 133, 334, 336. — [3] Derſ., Beiſpiele und Aufgaben zur Berechnung der ſtatiſch beſtimmten Träger für Brücken und Dächer, ebend. 1888, S. 104, 239—254, 307, 320, 507—511. — [4] Bittner, Einflußlinien für die Spannungen der Gitterſtäbe beim Parabelträger, Zeitſchr. d. Oeſterr. Ing.- u. Arch.-Vereins 1897, S. 449. — [5] Die kubiſche Parabel als Trägerform, Centralbl. d. Bauverwaltung 1899, S. 19, 180, 230 (vgl. hiezu Pauliſche Träger und Ellipſenträger). — [6] Landsberg, Die Statik der Hochbaukonſtruktionen (Handb. d. Architektur, 1. Teil, 1. Bd., Heft 2), Stuttgart 1899, S. 190. — [7] Häfeler, Der Brückenbau, 1. Teil, 4. Lief.,

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Braunschweig 1900, S. 459, 464, 539. — [8] Müller-Breslau, Die graphische Statik der Baukonstruktionen, I, Leipzig 1901, S. 291; II, Leipzig 1903, S. 199. *Weyrauch.*

Parabelträger, Balkenfachwerkträger, deren Gurte einer Parabel eingeschrieben und über den Auflagern zusammengeführt sind, zum Unterschiede von dem Halbparabelträger (s. d.) oder abgestumpften Parabelträger, wo letzteres nicht der Fall ist.

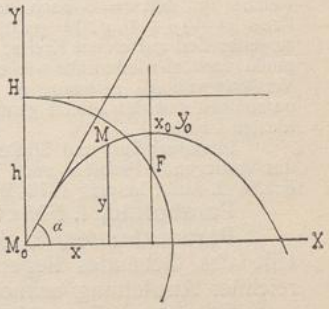
Sind beide Gurte in entgegengesetztem Sinne gekrümmt, so daß in der Trägermitte die größte Trägerhöhe vorhanden ist, so entsteht ein Linsenträger (s. d.) oder Fischträger, bei gleichsinniger Krümmung ein Sichelträger. Die häufigste Anwendungsform ist aber jene, bei welcher nur ein Gurt parabolisch, der andre hingegen gerade ist. Solcherart waren auch die ersten, insbesondere in England zur Ausführung gebrachten krummgurtigen Fachwerkträger, welche als Bowstringträger bezeichnet wurden. Die deutsche Bezeichnung Bogensehnenträger (s. d.) wird aber jetzt auch auf Bogenträger mit Zugband angewendet. Der gerade Gurt des Parabelträgers erfährt bei gleichmäßig verteilter Vollbelastung durchaus gleiche Spannung, der polygonale Gurt gegen die Trägerenden hin etwas vergrößerte Spannung. Die Ausfachungsstäbe sind nur schwach, am stärksten in den mittleren Feldern beansprucht. Ueber die Vor- und Nachteile der Parabelträger für Brückenüberbauten s. Brücken, eiserne. — Der Parabelträger kann auch als kontinuierlicher Träger über mehrere Oeffnungen ausgeführt werden. Formt man hierbei die Gurtungen nach zwei sich durchschneidenden Parabeln, so läßt sich erreichen, daß an jeder Stelle die Höhe des Trägers dem daselbst herrschenden Momente für Vollbelastung proportional ist, die Horizontalkomponenten der Gurtkräfte sonach durchaus gleich werden. Für teilweise Belastung würde allerdings die Höhe in der Nähe der Durchschneidungspunkte der Gurte nicht genügend fein und müssen an diesen Stellen besondere Verstärkungen angeordnet werden. Der kontinuierliche Parabelträger wurde zuerst von Ruppert 1867 in Vorschlag gebracht und für ein Projekt einer Bosporusbrücke (s. die Literatur) angewendet. Gerber hat die dieser Trägerform zugrunde liegende Idee auch auf den kontinuierlichen Gelenkträger ausgedehnt (Straßenbrücke über den Main bei Haßfurt).

Literatur: Ruppert, v., Neues System f. Eisenbrücken großer Spannweite, Wien 1867. *Melan.*

Graphische Berechnung. Parabelträger können nach dem allgemeinen Verfahren wie die Halbparabelträger (s. d.) berechnet werden. Bei gleichlangen Feldern ergeben sich aber, wenn eine Gurtung gerade ist, für das gleichmäßig verteilte Eigengewicht und für eine gleichförmige Verkehrslast (wie bei Straßenbrücken) ziemliche Vereinfachungen. In diesem Falle sind die Grenzwerte der Gurtungskräfte den Längen der Gurtungsstäbe proportional; und zwar ist die kleinste Gurtungskraft gleich $g\,l^2\,s : 8\,f\,h$ und die größte gleich $q\,l^2\,s : 8\,f\,h$ (g = Eigengewicht, q = volle Belastung pro Längeneinheit, l = Stützweite, h = Höhe des Trägers in der Mitte bezw. Pfeil der Parabel, auf der die Knotenpunkte der gekrümmten Gurtung liegen, f = Feldlänge, s = Stablänge). Das nämliche gilt von den größten Strebenkräften; sie sind gleich $p\,l\,s : 8\,(l+f)\,h$; (p = zufällige Last pro Längeneinheit). Die kleinsten Strebenkräfte sind, wenn Gegenstreben angewendet werden, gleich Null, dagegen wenn diese fehlen, ebensogroß, aber entgegengesetzt wie die größten Kräfte. Für die Pfosten ergeben sich bei geradem Untergurt die größten Zugkräfte konstant gleich $q\,f$, und die größten Druckkräfte können genähert nach der für die Streben gültigen Formel berechnet werden; man erhält die Kräfte hierbei stets etwas zu groß. — Besteht die zufällige Last aus einer Reihe von Einzellasten (Eisenbahnbrücke), so berechnet man die Gurtungen aus den Maximalmomenten in bezug auf die Knotenpunkte oder wie oben unter Zugrundelegung des der Stützweite entsprechenden Belastungsgleichwertes. Bei den Streben und Pfosten ist die Kurve der größten Querkräfte zu zeichnen, und daraus sind die größten Stabkräfte abzuleiten (s. Halbparabelträger). Besitzt der Träger Gegenstreben, so sind für die Pfosten überdies die größten Zugkräfte zu ermitteln; sie treten ein, wenn die ganze Spannweite belastet ist, und lassen sich auch hier genau genug gleich $q\,f$ setzen.

Literatur: Culmann, Graphische Statik, Zürich 1866; Ritter, A., Elementare Theorie und Berechnung eiserner Dach- und Brückenkonstruktionen, Hannover 1873; Tetmajer, Aeußere und innere Kräfte, Zürich 1875; Winkler, Theorie der Brücken, Heft 2, Wien 1881; Müller-Breslau, Die graphische Statik der Baukonstruktionen, Bd. 1, Stuttgart 1905; Ritter, W., Anwendungen der graphischen Statik, 2. Teil, Zürich 1890; Keck, Graphische Statik, Hannover 1894. *Mörsch.*

Parabolische Bewegung eines Punktes ist diejenige, deren Beschleunigung nach Größe und Richtung konstant ist, ohne daß deren Geschwindigkeitsrichtung mit der Beschleunigungsrichtung zusammenfällt.



Sie tritt z. B. ein bei einem schweren Punkt, der unter einem Winkel α gegen die Horizontale in die Höhe geworfen wird. Für die Horizontale der Anfangslage M_0 (s. die Figur), welche die Projektion der anfänglichen Geschwindigkeitsrichtung auf den Horizont ist, als x-Achse und die aufwärts gerichtete Vertikale derselben als y-Achse sind die Gleichungen der parabolischen Bewegung

$$\frac{d^2x}{dt^2}=0,\quad \frac{d^2y}{dt^2}=-g,\quad \frac{d^2z}{dt^2}=0,$$

wo g die konstante Beschleunigung z. B. der Schwere ist, und es folgt aus ihnen, wenn

$$x=y=z=0,\quad \frac{dx}{dt}=a,\quad \frac{dy}{dt}=b,\quad \frac{dz}{dt}=0$$

die Koordinaten und die Komponenten der Geſchwindigkeit zur Zeit $t=0$ ſind, allgemein für die Zeit t: $v_x=\frac{dx}{dt}=a$, $v_y=\frac{dy}{dt}=b-gt$, $\frac{dz}{dt}=0$; $x=at$, $y=bt-\frac{1}{2}gt^2$, $z=0$. Demnach iſt 1. die Bewegung eine ebene ($z=0$), erfolgend in der Vertikalebene der Anfangsgeſchwindigkeit. 2. Die Geſchwindigkeit v_y der Vertikalprojektion der Bewegung iſt Null zur Zeit $t=b:g$ und hierfür wird $x_0=ab:g$, $y_0=\frac{1}{2}b^2:g$, welches die Koordinaten des höchſten Punktes ſind, den der bewegliche Punkt erreicht (Scheitel der Bahn). 3. Verlegt man den Urſprung des Koordinatenſyſtems in dieſen Scheitel und kehrt den Sinn der y-Achſe um, ſo wird die Gleichung der Bahn $x^2=\frac{2a^2}{g}y$. Demnach iſt die Bahn eine Parabel vom Parameter $a^2:g$ und vertikaler Hauptachſe. 4. Da die Directrix der Parabel um den halben Teil des Parameters vom Scheitel abſteht, ſo iſt die Höhe h der Directrix über die Anfangslage

$$h=y_0+\frac{a^2}{2g}=\frac{a^2+b^2}{2g}=\frac{1}{2}\frac{v_0^2}{g},$$

wenn v_0 die Anfangsgeſchwindigkeit iſt, deren Komponenten $a=v_0\cos\alpha$, $b=v\sin\alpha$ ſind. h iſt unabhängig von α, daher haben alle Bahnen des Punktes, die den verſchiedenen Werten von α entſprechen, dieſelbe Directrix. Sie liegt in einer Höhe h über der Anfangslage M_0, bis zu welcher der bewegliche Punkt mit der Anfangsgeſchwindigkeit v_0 würde vertikal aufſteigen können. 5. Für die Geſchwindigkeit v als Funktion von t ergibt ſich $v^2=v_x^2+v_y^2=a^2+(b-gt)^2$ oder mit Rückſicht auf $y=bt-\frac{1}{2}gt^2$ auch: $v^2=2g(h-y)$. Die Geſchwindigkeit v iſt daher ſo groß als die eines Punktes, der von der Directrix bis zur Bahnſtelle heruntergefallen wäre. 6. Die Wurfweite w iſt die doppelte Abſziſſe des Scheitels $w=2ab:g=\frac{v_0^2}{g}\sin 2\alpha$. Sie wird ein Maximum für $\alpha=\frac{1}{4}\pi$. 7. Die Flugzeit t_0, während der die Horizontalprojektion des beweglichen Punktes die Wurfweite mit der konſtanten Geſchwindigkeit a zurücklegt, iſt:

$$t_0=\frac{w}{a}=\frac{2b}{g}=\frac{2v_0}{g}\sin\alpha,$$

alſo dem Sinus des Elevationswinkels α proportional. 8. Eliminiert man t zwiſchen den Gleichungen

$$x=at,\ y=bt-\tfrac{1}{2}gt^2 \text{ und ſetzt } a=v_0\cos\alpha,\ b=v_0\sin\alpha,\ \frac{v_0^2}{2g}=h$$

ein, ſo erhält man die Gleichung $x^2\sec^2\alpha-4h\operatorname{tg}\alpha\cdot x+4hy=0$, mit Hilfe deren man den Winkel α finden kann, unter dem der Punkt von M_0 aus geworfen werden muß, um einen beſtimmten Punkt xy zu treffen. Dieſe Gleichung zweiten Grades zeigt, daß derſelbe im allgemeinen durch zwei verſchiedene Würfe erreichbar iſt, einen ſteilen und einen flachen Wurf. 9. Die Anfangslage M_0 befindet ſich auf allen möglichen Bahnen. Da dieſe alle eine gemeinſame Directrix haben, ſo liegt M_0 von allen Brennpunkten um die Strecken h ab, und die Brennpunkte ſämtlicher Bahnen liegen daher auf einem um die Anfangslage M_0 mit h als Radius beſchriebenen Kreiſe. 10. Die Koordinaten des Scheitels $x=ab:g$, $y\,\frac{1}{2}b^2:g$ gehen durch Einführung von α und h über in $x=h\sin 2\alpha$, $y=h\sin^2\alpha$. Die Elimination von α zeigt, daß die Scheitel aller paraboliſchen Bahnen auf einer Ellipſe liegen, deren Hauptachſen vertikal und horizontal ſind und die Länge $2h$ und h haben, ſo daß die Mitte von h der Mittelpunkt derſelben iſt. 11. Soll ein Punkt M auf einer Geraden M_0G getroffen werden, ſo findet man die Brennpunkte der beiden Parabeln, die durch ihn hindurchgehen, als die Durchſchnitte eines um M beſchriebenen, die gemeinſame Directrix aller Parabeln berührenden Kreiſes mit dem Ort der Brennpunkte. Der entfernteſte Punkt M auf M_0G, der noch erreichbar iſt, wird erhalten als der Mittelpunkt M eines Kreiſes, der den Ort der Brennpunkte berührt. Für ihn fallen die beiden Brennpunkte und mithin auch die beiden durch ihn hindurchgehenden Parabeln zuſammen. Er liegt daher auch auf der Enveloppe aller Parabeln. Er iſt aber von M_0 ebenſo weit entfernt als von einer horizontalen Geraden $H'G'$, die von M_0 um $2h$ abſteht. Daher hüllen die ſämtlichen Parabeln eine große Parabel ein, deren Brennpunkt M_0, deren Parameter $4h$ und deren Achſe die Vertikale von M_0 iſt. 12. Die Koordinaten eines zur Zeit $t=0$ auf irgendeiner der Parabeln von M_0 ausgegangenen Punktes haben zur Zeit t die Werte $x=v_0\cos\alpha\cdot t$, $y=v_0\sin\alpha\cdot t-\frac{1}{2}gt^2$. Eliminiert man hieraus α, ſo ergibt ſich als Ort aller Punkte, welche zur Zeit $t=0$ nach den verſchiedenſten Richtungen ausgegangen ſein können, der Kreis $x^2+(y+\frac{1}{2}gt^2)=(v_0t)^2$, d. h. alle Punkte, die von M_0 zu gleicher Zeit ausgehen, liegen zu jeder Zeit auf einem Kreiſe, deſſen Radius der Zeit proportional wächſt und deſſen Mittelpunkt vertikal niederſinkt wie ein ſchwerer Punkt. 13. Läßt man die Ebene der Figur um die Vertikale von M_0 rotieren, ſo erzeugt die Parabel, die alle Bahnen einhüllt, ein Rotationsparaboloid und der zuletzt genannte Kreis eine Kugelfläche. Man erhält das Phänomen einer idealen Fontäne.

Literatur: Tait und Steele, Treatise on dynamics of a partie, Bd. 6, London 1889, worin das vorliegende Problem auch ſynthetiſch gelöſt iſt; Schell, Theorie der Bewegung und der Kräfte, 2. Aufl., Leipzig 1879, Bd. 1, S. 360—368. *(† Schell) Finſterwalder.*

Paraboloid, ſ. Flächen, Bd. 4, S. 60.

Paradezimmer, in Schlöſſern und Prachtgebäuden Räume, die im Hauptteile des Gebäudes liegen und zum feſtlichen Empfange dienen, daher mit reichſter Ausſtattung anzuordnen ſind. *Weinbrenner.*

Paradies, Paradis oder Paradiſus, wurde bei den altchriſtlichen Baſiliken der Vorhof oder das Atrium genannt. In den mittelalterlichen Kirchen erhielt die äußere, meiſt ſäulengeſtützte Vorhalle (ſ. Fig. 1 und 2 auf nächſter Seite)

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

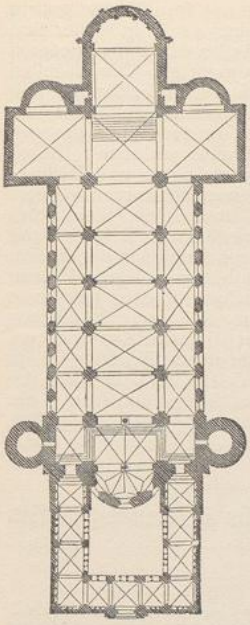


Fig. 2. Grundriß der Abteikirche zu Laach.



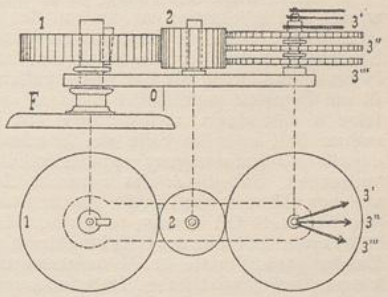
Fig. 1. Vorhalle (Paradies) der Abteikirche zu Laach.

dieſen Namen. Auch die über dieſem Raum gelegene Loge wird hierunter verſtanden. *Weinbrenner.*

Paradiesholz oder Aloeholz, ſ. Nutzhölzer, Bd. 6, S. 698.

Paradoxon von Ferguſon iſt ein Umlaufgetriebe, von dem Erfinder „Mechanical paradox" genannt, der dasſelbe zur Veranſchaulichung der Erdſtellungen gegen die Sonne und der Veränderung der Mondbahnlage gegen die Ekliptik und die parallel bewegte Erdachſe verwendet hat.

In untenſtehender Figur befindet ſich auf dem feſten Fuß F eines in Aufriß und Grundriß dargeſtellten Umlaufgetriebes (ſ. d.) ein Zahnrad 1 befeſtigt, und ferner rotiert um eine Achſe dieſes Fußes der Arm 0. Dieſer Arm 0 trägt eine Achſe mit dem Zahnrade 2 und eine Achſe mit den drei koaxialen Zahnrädern $3'$, $3''$, $3'''$. Das Zahnrad 2 greift in das ruhende Zahnrad 1 und zugleich in die drei koaxialen Zahnräder $3'$, $3''$, $3'''$. Das Zahnrad 1 ſowie das Zahnrad $3''$ iſt mit einer Anzahl z Zähnen verſehen; ferner iſt das Zahnrad $3'$ mit $z+1$, das Zahnrad $3'''$ mit $z-1$ Zähnen verſehen. Sind nun an dieſe Zahnräder die im Grundriß gleich bezeichneten Zeiger $3'$, $3''$, $3'''$ angebracht, die auf den betreffenden Radachſen befeſtigt ſind, ſo wird bei Drehung des Armes 0 der Zeiger $3''$ in allen Lagen zu ſich parallel bleiben; dagegen werden ſich aber die Zeiger $3'$, $3'''$ im entgegengeſetzten Sinne in bezug auf den Zeiger $3''$ drehen. Infolge dieſer Bewegungsvorgänge, die wegen der ſcheinbaren Gleichheit der drei Zahnräder $3'$, $3''$, $3'''$ nicht erwartet werden, hat man dieſes Umlaufgetriebe das Paradoxon von Ferguſon genannt.



Literatur: Ferguſon, J., Select mechanical exercises, sec. edit., London 1778, S. 44; ferner mitgeteilt in Burmeſter, Lehrbuch der Kinematik, Bd. 1, S. 496, Leipzig 1888. *Burmeſter.*

Paraffine, geſättigte oder Grenzkohlenwaſſerſtoffe, Sumpfgas-, Methan- oder Aethan-Kohlenwaſſerſtoffe, Aethane, Alkane, die homologe Reihe derjenigen Kohlenſtoff-Waſſerſtoffverbindungen, in welchen die Kohlenſtoffatome nur durch einfache Bindungen miteinander verknüpft und die freien Affinitäten derſelben durch Waſſerſtoffatome vollkommen abgeſättigt ſind.

Das erſte Glied dieſer Reihe iſt Methan CH_4, auf dieſes folgen Aethan C_2H_6, Propan C_3H_8, Butan C_4H_{10} u. ſ. w. Das letzte bekannte Glied iſt das Dimyricyl $C_{60}H_{122}$. Die allgemeine Formel dieſer Kohlenwaſſerſtoffe iſt daher C_nH_{2n+2}. Von dem Butan C_4H_{10} an tritt jedes Glied der Reihe in mehreren ſtrukturiſomeren Modifikationen, ſo das Butan in 2, das Pentan in 3, das Hexan in 6 Iſomeren auf. Vom Heptan C_7H_{16} ſind 9, vom Oktan C_8H_{18} 18, vom Tridekan $C_{13}H_{28}$ bereits 802 Iſomere möglich. Die Anzahl der Iſomeren wächſt alſo raſch mit der ſteigenden Kohlenſtoffanzahl der Paraffine, und die Urſache dieſer Iſomerie iſt bedingt durch den verſchiedenen Bau des Kohlenſtoffkeletts, durch die verſchiedene Art, wie die einzelnen Kohlenſtoffatome zu einer fortlaufenden oder zu verzweigten Ketten miteinander verknüpft ſind. Die wichtigſten Glieder der Paraffine ſind bei gewöhnlicher Temperatur Gaſe, die mittleren Glieder Flüſſigkeiten von petroleumartigem Geruch, die höheren feſte Körper, die nur im

Vakuum unzerſetzt deſtilliert werden können. Schmelzpunkt, Siedepunkt und ſpezifiſches Gewicht ſteigen mit den Molekulargewichten, doch iſt das ſpez. Gew. ſtets kleiner als 1. In Waſſer ſind die Grenzkohlenwaſſerſtoffe unlöslich; die Löslichkeit in Alkohol und Aether iſt bei den niederen Gliedern zunächſt ſehr groß, nimmt aber mit ſteigendem Molekulargewicht ab. Die höchſten Glieder ſind auch in dieſen Löſungsmitteln unlöslich. Die Paraffine ſind ſehr beſtändige und wenig reaktionsfähige Körper; ſie werden weder von Schwefelſäure noch von Brom abſorbiert, von rauchender Salpeterſäure und Chromſäure in der Kälte nicht angegriffen, in der Wärme dagegen ohne Bildung von Zwiſchenprodukten gleich zu Kohlendioxyd und Waſſer verbrannt. Durch Einwirkung der Halogene entſtehen Subſtitutionsprodukte (ſ. Aethylchlorid und Chlormethyl), mittels deren die Paraffine leicht in andre Derivate umgewandelt werden können. Die Paraffine entſtehen bei der trockenen Deſtillation von Holz, Torf, Braunkohle, Steinkohle; ſie ſind daher im Leuchtgas, in den leichten Teerölen und im Petroleum enthalten. Beſonders das amerikaniſche Erdöl (Petroleum) ſtellt ein faſt ausſchließliches Gemenge von Paraffinen dar, in dem dieſe vom Methan bis zu den höchſtſiedenden Gliedern vorkommen. In reinem Zuſtande können die einzelnen Kohlenwaſſerſtoffe aus dieſen Gemengen nur mit großen Schwierigkeiten gewonnen werden. Man beſitzt daher zur Reindarſtellung der Paraffine eine ganze Reihe von künſtlichen Bildungsweiſen, die jedoch ohne techniſches Intereſſe ſind; ſ. darüber [1] ſowie Aethan und Methan. Durch Austritt von Waſſerſtoffatomen leiten ſich von den Grenzkohlenwaſſerſtoffen Reihen von ungeſättigten Kohlenwaſſerſtoffen ab, von welchen die Olefine C_nH_{2n} und die Reihe der Acetylenkohlenwaſſerſtoffe C_nH_{2n-2} die wichtigſten ſind. S. Aethylen und Acetylen.

Literatur: [1] Beilſtein, Handbuch der organ. Chemie, 3. Aufl., Hamburg und Leipzig 1893, Bd. 1, S. 99 ff.; Schmidt, E., Pharm. Chemie, 2. Teil, Braunſchweig 1901. *(Kerp) Bujard.*

Paraffinierherd, ſ. Zündwaren.

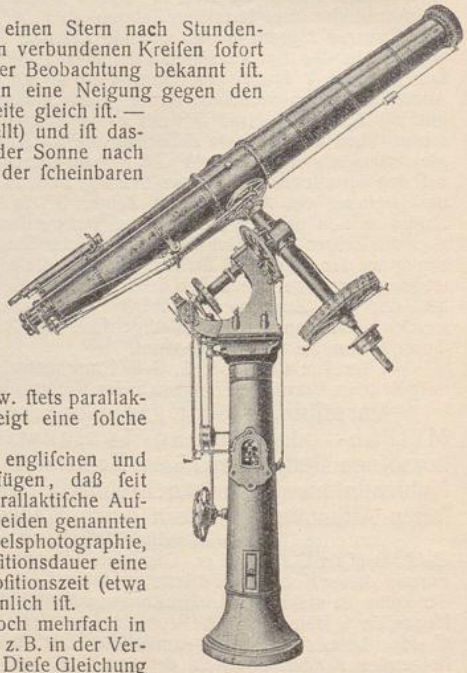
Paraffinmaſſe, -öl, ſ. Mineralöle.

Paraffinol, eine Auflöſung von Paraffin oder Ceresin in Benzin, anſtatt Lack für Holz- und Metallmodelle verwendet. *Andés.*

Paragonit, ſ. Glimmer.

Paraklaſe, ſ. Lithoklaſen.

Parallaktiſch. Parallaktiſch aufgeſtellt heißt (ſeit D. Caſſini) ein Fernrohr, mit dem man ein Geſtirn auf ſeiner ſcheinbaren Tagesbahn bequem verfolgen kann, d. h. deſſen Achſenſyſtem ſo zur Fundamentalebene des Aequators geſtellt iſt, daß ſeine Bewegung einmal um eine Achſe erfolgen kann, die der Erd-(Welt-)Achſe parallel ſteht, und ſodann um eine Achſe, die zu dieſer ſenkrecht, alſo parallel zur Aequatorebene liegt.



Durch dieſe Einrichtung iſt es möglich, einen Stern nach Stundenwinkel und Deklination an den mit den Achſen verbundenen Kreiſen ſofort einzuſtellen, wenn die Sternzeit im Moment der Beobachtung bekannt iſt. Die erſtere Achſe, die Stundenachſe, hat dann eine Neigung gegen den Horizont des Ortes, die der geographiſchen Breite gleich iſt. — Iſt ein Fernrohr parallaktiſch montiert (aufgeſtellt) und iſt dasſelbe ſo mit einem nach Sternzeit (im Falle der Sonne nach wahrer Zeit oder im Falle des Mondes nach der ſcheinbaren angulären Mondbewegung) regulierten Uhrwerk verbunden, daß dieſes das Fernrohr ſtets ſo viel von Oſt nach Weſt dreht, als die Erde ſich von Weſt nach Oſt bewegt, ſo wird das Geſtirn an der gleichen Stelle des Geſichtsfeldes bleiben. Das hat große Vorteile bei Mikrometerbeobachtungen, bei phyſikaliſchen Unterſuchungen an Geſtirnen u. dergl. — Da ſolche Meſſungen meiſt mittels größerer Fernrohre vorgenommen werden, pflegt man ſolche im Gegenſatz zu kleinen Inſtrumenten, Meridiankreiſen, Altazimuten u. ſ. w. ſtets parallaktiſch aufzuſtellen. Die nebenſtehende Figur zeigt eine ſolche parallaktiſche Montierung.

Der im Art. Aequatoreal erwähnten engliſchen und deutſchen äquatorialen Aufſtellung iſt beizufügen, daß ſeit einigen Jahren Repſold in Hamburg eine parallaktiſche Aufſtellung ausgeführt hat, welche die Vorteile der beiden genannten Syſteme vereinigt, für Inſtrumente zur Himmelsphotographie, wo wegen der oft notwendigen langen Expoſitionsdauer eine Umlegung des Inſtruments inmitten dieſer Expoſitionszeit (etwa zur Zeit des Meridiandurchgangs) nicht gut tunlich iſt.

Im andern Sinne wird „parallaktiſch“ noch mehrfach in der Aſtronomie und in der Meßkunſt gebraucht, z. B. in der Verbindung „Parallaktiſche Gleichung des Mondes“. Dieſe Gleichung reſultiert aus dem Umſtand, daß die Bewegung des Mondes nicht um das Zentrum der Erde, ſondern um den Schwerpunkt des Syſtems beider Himmelskörper erfolgt; das hat zur Folge, daß die Länge der Sonne kleinen periodiſchen Schwankungen unterworfen iſt, die den obigen Namen führen. Parallaktiſche Verſchiebung bedeutet ſchließlich jede Veränderung zwiſchen

Bild des Objekts in einem Fernrohr oder Mikroſkop gegen die Meßeinrichtung (Fäden), die durch Nichtzuſammenfallen von Bildebene und Fadenebene bedingt wird. Parallaktiſcher Winkel heißt in der ſphäriſchen Aſtronomie oft der (auch als Variation bezeichnete) „Winkel am Stern“ in dem aſtronomiſchen Dreieck Zenit—Pol—Stern; vgl. die Artikel Dreieck, aſtronomiſches, und Koordinaten am Himmel (Bd. 5, S. 624). *Ambronn.*

Parallaxe (von $\pi\alpha\varrho\alpha\lambda\lambda\acute{\alpha}\sigma\sigma\varepsilon\iota\nu$ = wechſeln) nennt man die Richtungsverſchiedenheit zweier Strahlen, die von zwei verſchiedenen (verhältnismäßig nahe beieinander gelegenen) Punkten nach einem dritten hinzielen. Daher auch den Winkel, unter welchem eine gegebene Strecke von einem entfernten Punkt aus geſehen erſcheint. Weiterhin nennt man ſo die Verſchiebung, die durch kleine Bewegungen des Auges (z. B. auch durch das ſtereoſkopiſche Sehen beider Augen) in der Koinzidenz von Objekten oder deren Bildern hervorgebracht wird.

Denkt man ſich die Strecke a (Fig. 1) von dem weitentfernten Punkt S aus unter dem Winkel ε geſehen, ſo kann man dieſen die Parallaxe des Objektes S mit Bezug auf a nennen. Der Betrag dieſer Parallaxe wird bei gleichbleibendem Werte von $D = AS$ offenbar von dem Winkel BAS abhängig ſein. Das Maximum wird ε erreichen für $AS = BS$ mit $\operatorname{tg} \varepsilon/2 = {}^1/_\varrho \cdot a/D$. Null wird ε werden, wenn S in der Richtung AB liegt. Da es ſich bei allen Parallaxenrechnungen ſtets (ſelbſt im Falle des Mondes) nur um kleine Winkel (die 1° nicht überſchreiten, meiſt aber unter 1′ bleiben) handelt, ſo kann man faſt immer (nur eben beim Mond nicht) an Stelle der obigen Gleichung ſetzen $\varepsilon'' = a/D \cdot \varrho''$, wo $\varrho'' = 206\,265$ bedeutet. Es geht daraus hervor, daß unter den gemachten Vorausſetzungen die Parallaxe umgekehrt proportional der Entfernung iſt. — In der Aſtronomie iſt unter der Strecke a entweder der Halbmeſſer des Erdäquators (für Entfernungen innerhalb des Sonnenſyſtems) oder der (mittlere) Erdbahnhalbmeſſer (= etwa 23 300 Erdhalbmeſſer; für Entfernungen der Fixſterne von unſerm Syſtem) zu verſtehen. Man unterſcheidet danach wohl auch tägliche und jährliche Parallaxe. Während für die Sonnenparallaxe die Verſchiedenheit der Länge der einzelnen Erdhalbmeſſer (Differenz der Länge des Aequator- und des Polhalbmeſſers in Teilen des Halbmeſſers etwa ${}^1/_{300}$) kaum in Betracht kommt und man deshalb hier nur von Horizontalparallaxe und Höhenparallaxe ſpricht (ſ. unten), iſt die Entfernung des Mondes ſo gering (rund nur 60 Erdhalbmeſſer im Mittel), daß bei ihm zunächſt von der Aequatorialhorizontalparallaxe (Winkel, unter dem vom Mondmittelpunkt aus der Aequatorhalbmeſſer der Erde erſcheint) zu ſprechen iſt; ferner kommt beim Mond auch eine merkliche Seitenparallaxe (Azimutalparallaxe) in Betracht. (Dieſe wird durch den Umſtand bedingt, daß die durch die Normale am Beobachtungsort und das Zentrum des Mondes gelegte Ebene nicht durch den Mittelpunkt der Erde geht, außer wenn ſie mit dem Meridian zuſammenfällt.) Endlich iſt beim Mond auch die „parallaktiſche Vergrößerung des ſcheinbaren Mondhalbmeſſers“ zu erwähnen; bei der Sonne iſt dieſe bereits, wenn es ſich nicht um ſehr genaue Meſſungen des Sonnendurchmeſſers handelt [1], unmerklich.

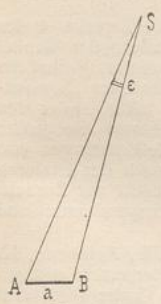


Fig. 1.

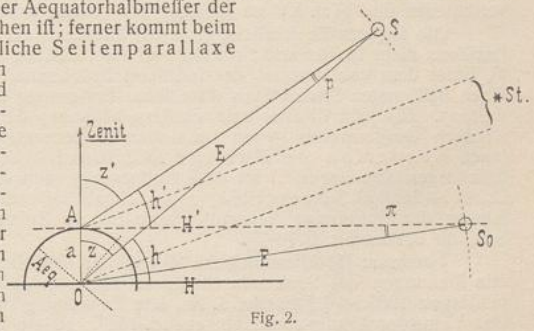


Fig. 2.

Die Höhenparallaxe eines Geſtirns (der Sonne, eines Planeten oder des Mondes; die Fixſterne haben keine Höhenparallaxe, weil ihre Entfernung im Vergleich mit dem Erdhalbmeſſer für jede Meſſungs- und Rechnungsſchärfe ∞ iſt) iſt der Unterſchied der Höhen eines Geſtirns über dem ſcheinbaren und über dem wahren Horizont des Beobachtungsorts oder der Unterſchied zwiſchen der geozentriſchen und der am Beobachtungspunkt gemeſſenen Zenitdiſtanz. — Iſt in Fig. 2 OA der Radius der Erde für A gültig und in S die Sonne oder ein Geſtirn, für welches der Quotient $OA : OS$ einen mit Bezug auf die Rechnungsſchärfe merklichen Wert hat, ſo iſt $p = h - h' = z' - z$ die Höhenparallaxe des Geſtirns für die Zenitdiſtanz z. Dieſe parallaktiſche Reduktion p einer gemeſſenen Zenitdiſtanz auf den Erdmittelpunkt wird für $z = 0$ auch gleich Null, und für $z = 90°$ erreicht ſie ihr Maximum für den betreffenden Ort; liegt der Beobachtungsort am Aequator, ſo wird im letzteren Fall $p = \pi =$ Horizontaläquatorialparallaxe. Dieſe wird für die einzelnen Körper unſers Sonnenſyſtems inſofern eine Konſtante ſein, als man ſie auf die Einheit der Entfernung (mittlere Entfernung der Erde von der Sonne) bezieht, ſie wird aber veränderlich ſein je nach der im Verfolg des Umlaufes der Planeten u. ſ. w. um die Sonne ſich ändernden Entfernungen Erde—Planet. Mit Hilfe der in den aſtronomiſchen Jahrbüchern gegebenen Werte der jeweiligen Aequatorialhorizontalparallaxe π iſt für die betreffende Zenitdiſtanz dann die Höhenparallaxe nach $p = \pi \cos h' = \pi \sin z'$ zu berechnen. (Die Höhenparallaxe wirkt der Refraktion [ſ. d.] entgegen; iſt r die Refraktion, ſo iſt die Geſamtreduktion einer gemeſſenen Höhe oder Zenitdiſtanz, falls p überhaupt einen merklichen Wert erreicht $[r - p] \left\{\begin{matrix}\text{von}\\ \text{zu}\end{matrix}\right\}$ einer gemeſſenen $\left\{\begin{matrix}\text{Höhe}\\ \text{Zenitdiſtanz}\end{matrix}\right\}$ zu $\left\{\begin{matrix}\text{ſubtrahieren}\\ \text{addieren}\end{matrix}\right\}$.) Für einen Fixſtern (vgl. * St in Fig. 2) iſt die tägliche Parallaxe 0, ASt und OSt ſind parallel.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Die Größe von π für die Sonne, die (Aequatorial-) Horizontalparallaxe der Sonne iſt das Grundmaß für alle Abmeſſungen im Weltraum. Dieſer Winkel $\pi_\odot$, unter dem der Aequatorhalbmeſſer der Erde vom Sonnenmittelpunkt aus erſcheint bei dem mittleren Abſtand der Erde von der Sonne, wurde nach Encke lange zu 8″,57 angenommen [2]; es war aber ſchon in den 1860er Jahren bekannt, daß dieſer Wert zu klein ſein mußte, da eine Reihe andrer Methoden als die Venusvorübergänge größere Zahlen lieferten [3], die bis auf 8″,9 gingen. Neuerdings betrachtet man aber den Wert 8″,80 als den wahrſcheinlichſten [4]; eine der neueſten Beſtimmungen iſt die von Gill und Elkin aus Meſſungen in den Oppoſitionen dreier Planetoiden, 8″,804 ± 0″,005. Auf die Art der Beſtimmung (Venusvorübergänge leiſten nicht das Beſte; Oppoſitionen von Mars und von kleinen Planeten, gegenwärtig beſonders der Planet [433] Eros, welcher der Erde in günſtigen Oppoſitionen noch näher kommen kann als Mars) kann hier nicht eingegangen werden. Infolge der elliptiſchen Geſtalt der Erdbahn (numeriſche Exzentrizität rund 0,017) verhalten ſich der Maximalwert und Minimalwert von $\pi_\odot$ (jener zur Zeit des Perihels, Anfang Januar, dieſer zur Zeit des Aphels, Anfang Juli, vorhanden) wie $(1 + 0{,}017) : (1 - 0{,}017)$ oder wie 1,033 : 1.

Die Horizontalparallaxen der Planeten ſind für die uns nach innen (der Sonne zu) und nach außen benachbarten Planeten ſehr ſtark veränderlich, da die *D* für dieſe Planeten in ſehr weiten Grenzen ſchwanken. Aber z. B. die Bahn des Jupiter ſchon umſchließt die Erdbahn in einem verhältnismäßig ſo großen Kreis, daß die Erdhalbmeſſerparallaxe des Jupiter nur zwiſchen etwa $1\frac{1}{2}$″ und 2″ ſchwankt. Für Venus ſchwankt die Horizontalparallaxe zwiſchen 33″ und 5″, für Mars zwiſchen 23″ und 13″. Für den Mond liegt die Aequatorialhorizontalparallaxe zwiſchen 61′,4 (Perigäum) und 53′,9 (Apogäum). Wegen der Höhenparallaxe, Seitenparallaxe und parallaktiſchen Halbmeſſervergrößerung des Mondes, die bei allen Mondbeobachtungen zur Längenbeſtimmung (ſ. d., ferner Monddiſtanzen) in Betracht kommen, muß auf die Literatur verwieſen werden, z. B. [5] und [6]. Ebenſo auch in Beziehung auf den Einfluß der Parallaxe eines Himmelskörpers auf ſeine AR und δ.

Zur Verwendung bei den Aufgaben der praktiſchen ſphäriſchen Aſtronomie ſind in den Aſtronomiſchen Jahrbüchern (ſ. d.) die Aequatorialhorizontalparallaxen von Sonne, Mond und Planeten in paſſenden Zeitintervallen fortlaufend angegeben, im Nautiſchen Jahrbuch z. B. für den Mond mit 12^h Intervall, für die vier hellen Planeten von 10 zu 10 Tagen, für die Sonne für jeden Erſten des Monats. Die Angaben für die Sonne ändern ſich im Lauf der Jahre nicht, da die Werte von $\pi_\odot$ an denſelben Tagen verſchiedener Jahre nicht weſentlich voneinander verſchieden ſind (Taf. XV im Anhang des Nautiſchen Jahrbuchs).

Die ſogenannte jährliche (ſ. oben) Parallaxe der Fixſterne kommt für die Zwecke dieſes Lexikons nicht in Betracht; erwähnt ſei nur, daß ſie für einen beſtimmten Fixſtern der Winkel iſt, unter dem von ihm aus der (mittlere) Erdbahnhalbmeſſer erſcheint. Wäre dieſer Winkel für einen beſtimmten Stern 1″, ſo wäre ſeine Entfernung 206 265 Erdbahnhalbmeſſer oder „Sonnenweiten“. Bis jetzt iſt aber kein Fixſtern bekannt, der eine Parallaxe von 1″ hätte, unter den wenigen einigermaßen genau bekannten Fixſternparallaxen iſt die von α Centauri die größte (nach Henderſon und Maclear 1832/33 und 1839 0″,92, nach neueren Beſtimmungen von Elkin am Kap nur 0″,7 bis 0″,8 Entfernung nach der erſten Zahl 224000, nach der letzteren 295000—258000 Sonnenweiten, entſprechend $3\frac{1}{2}$ oder $4\frac{1}{2}$ Jahren, die das Licht zur Zurücklegung der Entfernung braucht). Eine neuere Zuſammenſtellung von Fixſternparallaxen und Schlüſſe daraus ſ. z. B. in [7].

Literatur: [1] Aſtronomiſche Mitteil. der Kgl. Sternwarte zu Göttingen, VII., Ambronn, L., Die Meſſungen des Sonnendurchmeſſers mit dem 6zölligen Heliometer der Sternwarte u. ſ. w., Göttingen 1905. — [2] Encke, J. Fr., Die Entfernung der Sonne von der Erde, Gotha 1822, und Der Venusdurchgang von 1769, ebend. 1824. (Dieſe beiden Werke enthalten die klaſſiſche Beſtimmung der Sonnenparallaxe aus den Vorübergängen der Venus vor der Sonnenſcheibe in den Jahren 1761 und 1769.) — [3] Vgl. dazu die Zuſammenſtellung in Newcomb-Vogel, Populäre Aſtronomie, Leipzig 1905, S. 204, und „Nature“ (London 1891), S. 89 u. 90, gibt die aus den Venusvorübergängen 1874 und 1882 gefolgerten Werte von $\pi_\odot$, und neuerdings eine Zuſammenſtellung von 60 Werten der Sonnenparallaxe (hiſtoriſch) in English Mechanic and World of Science, Bd. 75, S. 12, 94 und 397, London 1902. — [4] Die Waſhingtoner Konferenz hat als einheitlich für alle Ephemeridenrechnungen anzunehmenden Wert 1896 (Conférence internat. des étoiles fondamentales, Procès-Verbaux) $\pi_\odot = 8''{,}80$ gewählt und feſtgeſetzt. — [5] Wolf, Handbuch der Aſtronomie, Zürich 1890—93, Bd. 1, S. 490—493; Bd. 2, S. 223—259 (letztere Abſchnitte enthalten beſonders die Methoden zur Beſtimmung der Sonnenparallaxe). — [6] Die ſchon mehrmals zitierten Lehrbücher der „Sphäriſchen Aſtronomie“; vgl. z. B. Art. „Geograph. Ortsbeſtimmung“, außerdem die Tafeln zur Parallaxenrechnung in den aſtronomiſchen Jahrbüchern: Nautical Almanac; Connaissance des Temps; Nautiſches Jahrbuch u. a. — [7] Lewis, im „Observatory“ 1895, April; vgl. dazu auch das in [3] angegebene Werk, S. 213. Dort ſind die Parallaxen von 57 Sternen angegeben, die zwiſchen 0″,75 (α Centauri) und 0″,11 (τ Coronae) liegen. In Lichtjahren würden die reſp. Entfernungen 4,3 reſp. 30 betragen.

Ambronn.

Parallel, gerade Linien, die, ohne ſich zu decken, gleiche Richtung haben.

Literatur: Staeckel, Die Theorie der Parallellinien von Euklid bis auf Gauß, Leipzig 1895.

Parallelabſteckung iſt auszuführen bei Vermeſſungen zur Umgehung von Hinderniſſen, bei Abſteckung von Grundſtücken infolge Teilung (ſ. d.) und Umlegung und bei Abſteckung von Wegen und Gräben.

Eine einfache Methode der unmittelbaren Abſteckung im Felde iſt Abſetzen rechter Winkel mit Winkelſpiegel, -prisma oder -trommel und ſcharfes Abmeſſen des Abſtandes an

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

mehreren Punkten (f. Abſtecken). Andre Verfahren gründen ſich auf den Sätzen über die Aehnlichkeit der Dreiecke. Nach Fig. 1 und 2 iſt z. B. $b_1 = a_1 b : a$ und $q_1 = p_1 (q + q_1) : (p + p_1)$.

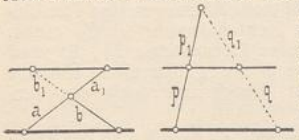


Fig. 1.

Fig. 2.

Parallele Wege und Gräben können nach Andeutung von Fig. 3 in folgender Weiſe abgeſteckt werden: a) mit Hilfe eines kleinen Winkelmeßinſtruments: im Wege- oder Grabenknick Meſſen von 2α und Abſetzen von α, bei abgehendem Wege oder Graben Meſſen von α; Abſtecken von $b_1 = b : \sin\alpha$; b) ohne Winkelmeßinſtrument: Abſetzen von je 5 m vom Knickpunkt aus und Meſſen von $2s$, Abſetzen der Winkelhalbierenden, bei abgehendem Wege oder Graben Abſetzen von 5 m und Meſſen von s; Abſtecken von $b_1 = 5b : s$. In jedem Falle ſind entſprechende Proben zur Sicherung der Abſteckung erforderlich. — Eine beſondere Art der Parallelabſteckung findet bei den Kataſtervermeſſungen in Württemberg ſtatt [2]; ſ. a. Stückvermeſſung.

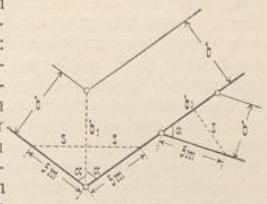


Fig. 3.

Literatur: [1] Die bei Geodäſie unter [4]—[12] genannten Werke. — [2] Weitbrecht, Zeitſchr. f. Verm. 1890, S. 69 und 129. *(† Reinhertz) Hillmer.*

Parallelbewegung. Ein ſtarres Gebilde, welches ſich ſo bewegt, daß jede Gerade in demſelben in allen Lagen parallel zu ſich ſelbſt bleibt, vollzieht eine Parallelbewegung. Die Punkte eines ſo bewegten Gebildes bewegen ſich auf kongruenten Bahnen, und je zwei dieſer kongruenten Bahnen liegen ſo, daß die Verbindungsſtrecken ihrer homologen Punkte parallel und gleich lang ſind. Je nachdem dieſe Bahnen Kurven oder Gerade ſind, iſt die Parallelbewegung eine krummlinige oder geradlinige. *Burmeſter.*

Parallelepiped der Geſchwindigkeiten, der Winkelgeſchwindigkeiten und der Kräfte.

Aus den Sätzen über das Parallelogramm der Geſchwindigkeiten, der Winkelgeſchwindigkeiten und der Kräfte folgen durch Erweiterung analoge Sätze über das Parallelepiped derſelben Größen. Nach dem Satz über das Parallelogramm der Geſchwindigkeiten v, v' zweier Bewegungen iſt die Geſchwindigkeit der aus beiden reſultierenden Bewegung der Diagonale des Parallelogramms über v und v'. Eine dritte Bewegung von der Geſchwindigkeit v'' tritt zu jenen beiden hinzu und es verbindet ſich die Reſultante von v, v' mit Hilfe eines neuen Parallelogramms mit v'' zu den Reſultanten V von v, v', v'' mit Hilfe eines Parallelepipeds, deſſen Diagonale V iſt. Ganz Aehnliches gilt für die Reſultante von drei Winkelgeſchwindigkeiten und drei Kräften. *(† Schell) Finſterwalder.*

Parallelfeilkloben, ſ. Feilkloben, Schraubſtock.

Parallelflächen einer gegebenen Fläche entſtehen, indem man auf jeder Normale derſelben nach beiden Seiten eine konſtante Strecke abträgt. Iſt n die Ordnung der Grundfläche, ſo iſt die Ordnung der Parallelfläche $2n\,(n^2 - n + 1)$, d. h. das Doppelte der Zahl der Normalen, die von einem Punkte an die Grundfläche gehen. Die Klaſſe der Parallelfläche iſt $2n$.

Literatur: [1] Salmon, G., Analyt. Geometrie des Raumes, deutſch von Fiedler, 2. Teil, 3. Aufl., Leipzig 1880, S. 359—362. — [2] Ahrendt, Unterſuchungen über die Parallelflächen der Flächen zweiten Grads, Roſtock 1888. *Wölffing.*

Parallelführung. Der dem Worte entſprechende Begriff iſt ein ſehr umfaſſender. Rein geometriſch genommen kann ſich Parallelismus nur auf geradlinige Gebilde beziehen; nur ein ſolches kann daher parallel geführt werden, d. h. ſo, daß ein vorhandener Parallelismus beſtehen bleibt. In der Anwendung auf die Bewegung wirklicher Körper iſt es jedoch unweſentlich, ob ſie geradlinige Formen beſitzen oder ob dieſelben ihnen hinzugedacht werden. Wenn nur zwei materielle Punkte eines Körpers ſich ſo bewegen, daß die durch ſie beſtimmte Gerade in einem feſten oder ſelbſt wieder beweglichen Raume parallel geführt iſt, ſo beſitzt der Körper ſchon die Eigenſchaft der Parallelführung dem betreffenden Raume gegenüber.

Eine Gerade kann einer Ebene oder einer Geraden parallel ſein. Der zweite Fall iſt gewiſſermaßen eine Verdoppelung des erſten; er entſteht, wenn eine Gerade zu zwei Ebenen parallel iſt, zwiſchen ihr und der geraden Schnittlinie der Ebenen. Sonach iſt der erſte Fall der allgemeinere. Iſt er für eine Gerade G und eine Ebene E erwieſen, ſo gilt er zugleich für ſämtliche mit G parallele denkbare Geraden des einen gegenüber ſämtlichen mit E parallelen Ebenen des andern Körpers. Bedienen wir uns des Zeichens $G_1 \| E_1$ als Ausdruck für eine Parallelführung dieſer Art, ſo bedeutet G_1 die Richtung einer Geraden, E_1 die Richtung einer Ebene, zu welcher G_1 ſtets parallel zu bleiben gezwungen iſt. Bei einem ſchwimmenden Stamm, einem rohen Sinnbild für dieſe Parallelführung, würde G_1 die Richtung der Achſe, E_1 die Spiegelebene des Waſſers bedeuten. Beſteht für dieſelben Körper noch eine zweite Parallelführung $G_2 \| E_1$ zwiſchen der Geraden von der Richtung G_2 und der Ebene von der

Richtung E_1, so ist hierdurch zugleich bedingt, daß die Ebenenrichtung $G_1 G_2$ parallel mit E_1 bleibt, und daß die Normale von $G_1 G_2$ parallel bleibt zur Normale von E_1. Wie zu erwarten war, führt also die Bindung zweier Körper durch zwei einfache Parallelführungen zur Parallelführung zwischen zwei Geraden. Kommt nun noch eine dritte Parallelführung $G_1 \| E_2$ hinzu, d. h. eine solche zwischen der ersten Richtung G_1 und einer neuen Ebenenschar E_2, so muß der Schnitt $E_1 E_2$ auch parallel bleiben mit G_1. Damit wird die Drehung des einen Körpers dem andern gegenüber vollständig ausgeschlossen. Es bleiben sonach nur noch die Verschiebungen nach drei Achsen möglich.

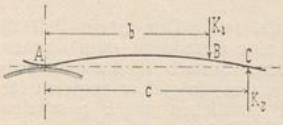
Aus der vorstehenden Darstellung ergibt sich die Berechtigung, zwischen einfachen, zweifachen und dreifachen Parallelführungen zu unterscheiden. Schreibt man dem vollkommen freien Körper nach Thomson 6 Freiheitsgrade der Bewegung (s. d. und [1]) zu, so verbleiben bei der einfachen Parallelführung deren fünf, bei der zweifachen vier, bei der dreifachen drei. Durch die Berührung zweier Körper in einem Punkte wird bekanntlich die gegenseitige Freiheit um je einen Grad vermindert. Bei der Parallelführung ist dies ein unendlich ferner Punkt. Um also zwei Körper durch die Gestalt ihrer Berührungsflächen gegenseitig parallel zu führen, müßten ein, zwei oder drei unendlich entfernte Berührungspunkte wirklich vorhanden sein. Da dies bei endlichen Körpern unmöglich ist, so ist auch eine Parallelführung, welche die Freiheit der Verschiebung nicht aufhebt, zwischen zwei Körpern durch diese selbst, d. h. durch kinematische Elementenpaare, unmöglich.

Sieht man von der Parallelführung durch innere Kräfte ab, z. B. der zweifachen Parallelführung des Lotes durch die Schwere, der dreifachen Parallelführung der Magnetnadel durch den Erdmagnetismus, so sind also zur mechanischen Parallelführung zwischen zwei Körpern immer noch Zwischenkörper notwendig, welche mit jenen eine offene kinematische Kette bilden. Die Elementenpaare derselben können sowohl einfach wie mehrfach beweglich sein. An einfach beweglichen sind zu einer dreifachen Parallelführung drei, zu einer zweifachen vier, zu einer einfachen fünf erforderlich. Drei Prismenpaare, deren Bewegungsrichtungen etwa rechtwinklig zueinander sein können, ergeben die dreifache Parallelführung. Fügt man ein Drehkörperpaar hinzu, so erhält man die zweifache Parallelführung und aus dieser durch Hinzufügung eines zweiten, zu dem ersten rechtwinkligen Drehkörperpaares eine einfache Parallelführung. In diesen Verbindungen kann z. B. ein Zylinderpaar zum Ersatz für ein Prismen- und ein Drehkörperpaar dienen, so daß eine einfache Parallelführung auch aus einem Prismenpaar und zwei Zylinderpaaren bestehen könnte.

Für die zweifache Parallelführung erhält man die einfachste Kette aus einem Plattenpaar und einem Prismenpaar. Dieselbe ist etwa als Notenpult, Zielbrett, Maßstabhalter und andres mehr verwendbar. Eine der beiden Platten im Paar kann durch einen Dreifuß ersetzt werden, die andre bildet ein ebener Fußboden. Das Prismenpaar ist senkrecht und dient zur Höheneinstellung. Auch der Schraubsessel gehört hierher; er zeigt das Prismenpaar durch ein Schraubenpaar ersetzt. In den hier angedeuteten Ketten können ohne wesentliche Aenderung die Prismenpaare durch höhere, einfach bewegliche Parallelpaare ersetzt werden, die Drehkörperpaare aber durch höhere Paare, deren Achsflächen allgemeine Zylinderflächen sind, doch können diese Möglichkeiten hier nicht weiter verfolgt werden. Wichtiger ist der Ersatz des Prismenpaares durch ein Gelenkparallelogramm. Um die dreifache Parallelführung herzustellen, würden drei Parallelogramme so aneinander zu reihen sein, daß wenigstens eines in andrer Ebene liegt als die beiden andern.

Ist schon für die von jedem Nebenzwang freien Parallelführungen die Zahl der mechanischen Lösungen eine unbegrenzte, so steigt diese noch viel mehr, wenn auch diejenigen Mechanismen mit in Betracht gezogen werden, bei denen außer dem Parallelzwang noch andrer Zwang geübt wird. Obgleich diese Lösungen teilweise praktisch wichtig sind, ja wichtiger als die allgemeine Lösung, so führt die Verfolgung doch zu sehr ins einzelne, um an dieser Stelle weiter behandelt werden zu können. Zahlreiche Beispiele bieten die Werkzeugmaschinen, die Brückenwagen, Graviermaschinen, Stickmaschinen, Krane, Schiebebühnen, Wandarme für Gasbeleuchtung, Kupplungen für nicht konaxiale Wellen. Welchen Umfang das ganze Gebiet hat, erhellt vielleicht am besten aus dem Umstand, daß sämtliche Mechanismen, welche in die ebene Kinematik gehören, zugleich zweifache Parallelführungen sind.

Bei den praktischen Anwendungen der Parallelführungen sind es einige allgemeine kinematische und statische Eigenschaften, welche man auszunutzen sucht. Wird ein Punkt eines dreifach parallel geführten Körpers auf einer beliebigen Kurve bewegt, so beschreibt jeder andre Punkt des Körpers eine kongruente Kurve. Bei zweifacher Parallelführung gilt dies nur noch hinsichtlich solcher Punktpaare, welche auf derselben Normalen zu E_1 liegen, bei der einfachen überhaupt nicht mehr. Für Zwecke der Kurvenverlegung oder -vervielfältigung können daher nur die zwei- oder dreifachen Parallelführungen benutzt werden.



Die Richtungseigenschaften der Geraden und Ebenen kommen zur Geltung bei Mechanismen zur langsamen Bewegung offener Gefäße, z. B. bei Schiffshebewerken, bei Beleuchtungskörpern oder andern an die Lotrichtung gebundenen Gegenständen. Für beide Zwecke genügt die zweifache Parallelführung, doch ist die dreifache oft vorzuziehen, wenn deren Freiheitsgrad ausreicht.

Die statischen Eigenschaften erkennt man am leichtesten im Hinblick auf die unendlich fernen Punkte. In obenstehender Figur stelle die Kurve $A\,B\,C$ den beweglichen Körper vor. A sei ein zunächst endlich entfernter Berührungspunkt, K_1 und K_2 seien Kräfte in einer durch die Berührungsnormale gehenden Ebene, b und c ihre Hebelarme, bezogen auf A. Dann gilt die Momentengleichung $K_1 b = K_2 c$, nach welcher allgemein $K_2 = (b : c) K_1$ ist. Für $b = \infty$

und $c = \infty$ wird $b : c = 1$, auch wenn $c - b$ einen endlichen Wert beſitzt. Hieraus folgt der Satz: Bei einer einfachen Parallelführung können Kräfte, welche normal zur Ebene E gerichtet ſind, ohne Störung des Gleichgewichts längs der Geraden G verſchoben werden. Die Erweiterungen dieſes Satzes lauten: Bei einer zweifachen Parallelführung können Kräfte, welche normal zu E gerichtet ſind, bei einer dreifachen Parallelführung beliebig gerichtete Kräfte beliebig parallel verſchoben werden, ohne das Gleichgewicht zu ſtören.

Die bei der Verſchiebung trotzdem auftretenden Kräftepaare werden durch Reaktionen der Beſtandteile des Mechanismus dynamiſch unwirkſam gemacht. Die ſo entſtehenden Beanſpruchungen und Reibungswiderſtände können oft ſehr ſtörend ſein und, wie ſchon das einſeitige Aufziehen einer Schublade zeigt, das ſoeben gefundene Reſultat weſentlich abändern. Das iſt der Grund für die Anordnung von zuſätzlichen Beſtandteilen zu kinematiſch ausreichenden Parallelführungen, welche gemeinſam als Entlaſtungen bezeichnet werden können. Hierher gehört z. B. die Anwendung von zwei Zahnſtangen, zwei Schrauben oder zwei Ketten zum Aufwinden eines Schützenbrettes. Auch die Seilparallelführung beim Selfaktor dient nur dieſem Zweck, da rein kinematiſch die Schienenführung ſchon genügen würde. In beiden Beiſpielen liegt eine dreifache Parallelführung vor, welcher neben dem Parallelzwang noch zwei Freiheitsgrade entzogen ſind, ſo daß ſie einfach beweglich iſt.

Zum Schluß ſei bemerkt, daß in der Technik die hier durchgeführten Unterſcheidungen noch nicht eingebürgert ſind, ja daß ſogar die Worte Parallelführung und Geradführung häufig in gleichem Sinne gebraucht werden, was jedenfalls dann nicht gerechtfertigt iſt, wenn die Geradführung nur dazu dient, einen einzigen Punkt eines Körpers auf einer Geraden zu bewegen.

Literatur: [1] Grashof, Theoretiſche Maſchinenlehre, Bd. 2, Leipzig 1883. *Brauer.*

Parallelkanal, ſ. Entwäſſerung, Bd. 3, S. 466.

Parallelkräfte, die an einem ſtarren Körper wirken, haben im allgemeinen eine Reſultante, die wieder zu ihnen parallel und gleich ihrer algebraiſchen Summe iſt. Die Reſultante zweier Parallelkräfte teilt die Verbindungslinie der Angriffspunkte im umgekehrten Verhältnis der Größe der Kräfte, und zwar von innen, wenn die Kräfte gleich, von außen, wenn ſie entgegengeſetzt gerichtet ſind. Sind die Kräfte gleich groß, aber entgegengeſetzt gerichtet, ſo bilden ſie ein Kräftepaar und es exiſtiert dann keine Reſultante.

Unter Anwendung der im Art. Aequivalenz der Kräfte (Bd. 1, S. 86) enthaltenen Reduktionen auf das Parallelkräfteſyſtem von der Richtung $(\alpha\beta\gamma)$ erhält man

$$X = P\cos\alpha,\quad Y = P\cos\beta,\quad Z = P\cos\gamma,\quad A = \cos\alpha\,\Sigma P,\quad B = \cos\beta\,\Sigma P,\quad C = \cos\gamma\,\Sigma P,$$
$$R = \Sigma P,\quad \cos a = \cos\alpha,\quad \cos b = \cos\beta,\quad \cos c = \cos\gamma;\quad L = \cos\gamma\,\Sigma P_y - \cos\beta\,\Sigma P_z,$$
$$M = \cos\alpha\cdot\Sigma P_z - \cos\gamma\cdot\Sigma P_n,\quad N = \cos\beta\,\Sigma P_x - \cos\alpha\,\Sigma P_y;\quad AL + BM + CN = 0.$$

Iſt alſo ΣP nicht Null, ſo reduziert ſich das Syſtem auf eine Einzelſtrecke $R = \Sigma P$, gleich der algebraiſchen Summe aller Kräfte längs der Zentralachſe derſelben. Die Gleichungen der Zentralachſe nehmen die Form an:

$$(y\cdot\Sigma P - \Sigma P_y)\cos\gamma - (z\cdot\Sigma P - \Sigma P_z)\cos\beta = 0,\quad (z\cdot\Sigma P - \Sigma P_z)\cos\alpha - (x\cdot\Sigma P - \Sigma P_x)\cos\gamma = 0,\quad (x\cdot\Sigma P - \Sigma P_x)\cos\beta - (y\cdot\Sigma P - \Sigma P_y)\cos\alpha = 0.$$

Dieſelben werden unabhängig von der Richtung $(\alpha\beta\gamma)$ der Parallelkräfte befriedigt durch die Koordinaten des Punktes $x_1 = \Sigma Px : \Sigma P$, $y_1 = \Sigma P_y : \Sigma P$, $z_1 = \Sigma P_z : \Sigma P$. Dieſer Punkt des Syſtems, durch den die Reſultante der Parallelkräfte ſtets hindurchgeht, wie auch immer dieſe Kräfte um ihre Angriffspunkte gedreht werden mögen, heißt der Mittelpunkt der Parallelkräfte. Er exiſtiert immer im Endlichen, ſolange ΣP nicht Null iſt. Iſt dies aber der Fall, ſo rückt er ins Unendliche, und es iſt das Kräfteſyſtem einem Paare äquivalent. Sind die Parallelkräfte den Maſſen der Angriffspunkte proportional, ſo iſt der Mittelpunkt derſelben der Maſſenmittelpunkt (ſ. d.). Iſt der Proportionalitätsfaktor in dieſer Form der Beſchleunigung g der Schwere, ſind alſo die Parallelkräfte die Gewichte der Maſſenpunkte des Syſtems, ſo iſt er der Schwerpunkt (ſ. d.).

Literatur: Schell, Theorie der Bewegung und der Kräfte, 2. Aufl., Leipzig 1879, Bd. 1, S. 54.
(† Schell) Finſterwalder.

Parallelkräfte, Beſtimmung von deren Mittelkräften und ſtatiſchen Momenten auf graphiſchem Wege.

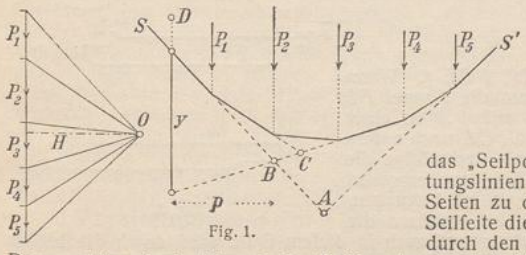


Fig. 1.

Sollen die Kräfte P_1 bis P_5 zu einer Mittelkraft zuſammengeſetzt werden (vgl. Fig. 1), ſo bildet man aus ihnen ein Kräftepolygon (ſ. d.), indem man ſie der Reihe nach aneinander fügt, wählt einen beliebigen Punkt O als „Pol“, zieht aus ihm „Strahlen“ nach den Endpunkten der Kräfte und zeichnet hierauf das „Seilpolygon“ SS', deſſen Ecken auf den Richtungslinien der gegebenen Kräfte liegen und deſſen Seiten zu den Strahlen parallel laufen, wobei jede Seilſeite die beiden Kräfte verbindet, die im Krafteck durch den dazu parallelen Strahl getrennt werden. Dann geht nach der Theorie des Seilpolygons (ſ. d.) die Mittelkraft einer Reihe aufeinander folgender Kräfte durch den Schnittpunkt der einſchließenden Seilſeiten. Demnach geht die Mittelkraft aller fünf Kräfte durch A, die Mittelkraft von P_1 bis P_3 durch B, die Mittelkraft von

P_2 und P_3 durch C u. f. w. Die Größen dieſer Mittelkräfte ergeben ſich einfach durch Abgreifen im Kräftepolygon.

Das ſtatiſche Moment von parallelen Kräften in bezug auf einen Punkt D iſt gleich dem zwiſchen die einſchließenden Seilpolygonſeiten fallenden Stück der durch den Momentenpunkt parallel zu den Kräften gezogenen Geraden, multipliziert mit der „Polweite“ H. Beiſpielsweiſe iſt das ſtatiſche Moment der Kräfte P_1 bis P_3 in bezug auf den Punkt $D = H \cdot y$. Denn das von P_1 bis P_3 und O gebildete Dreieck iſt dem von y und B gebildeten Dreiecke ähnlich; folglich verhält ſich $(P_1 + P_2 + P_3) : H = y : p$, woraus folgt: $(P_1 + P_2 + P_3) \cdot p = H \cdot y$. Das Produkt links iſt aber, da die Mittelkraft von $P_1 + P_2 + P_3$ durch B geht, nichts andres als das geſuchte ſtatiſche Moment.

Das beſchriebene Verfahren bleibt unverändert, wenn einzelne der gegebenen Kräfte entgegengeſetzt (aufwärts) gerichtet ſind; nur müſſen die betreffenden Kräfte im Krafteck in entgegengeſetztem Sinne aufgetragen werden (Fig. 2). Die Mittelkraft ſämtlicher Kräfte geht auch hier durch den Schnittpunkt A der äußerſten Seilſeiten. Auch die Momente werden in gleicher Weiſe beſtimmt.

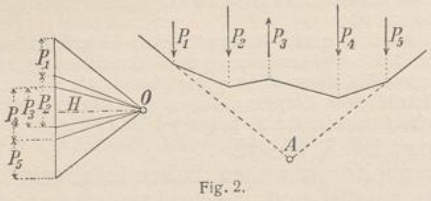


Fig. 2.

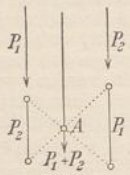


Fig. 3.

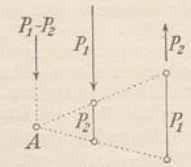


Fig. 4.

Sind bloß zwei parallele Kräfte zuſammenzuſetzen, ſo läßt ſich das Verfahren vereinfachen: Man vertauſcht in dieſem Falle die beiden Kräfte in ihrer Lage und verbindet ihre Endpunkte kreuzweiſe (Fig. 3), ſo geht die Mittelkraft durch den Schnittpunkt A der Verbindungslinien. Denn die Entfernungen der beiden Kräfte vom Punkte A verhalten ſich umgekehrt wie die Kräfte; folglich heben ſich ihre ſtatiſchen Momente in bezug auf A auf.

Sind die beiden Kräfte entgegengeſetzt gerichtet, ſo vertauſcht man ſie wieder in ihrer Lage, verbindet jedoch ihre Endpunkte derart, daß ſich die Verbindungslinien außerhalb ſchneiden (Fig. 4).

Literatur: Culmann, Graphiſche Statik, 2. Aufl., Zürich 1875; Bauſchinger, Elemente der graphiſchen Statik, München 1871; zahlreiche andre Werke über graphiſche Statik. *Mörſch.*

Parallelkurbelgetriebe beſteht in Fig. 1 aus zwei gleichen parallelen Kurbeln ΦF, ΛL, welche ſich um die feſten zur Zeichnungsebene ſenkrechten Achſen Φ, Λ drehen und durch die Koppel $FL = \Phi\Lambda$ gelenkig verbunden ſind; demnach iſt das Parallelkurbelgetriebe ein ſpezielles Doppelkurbelgetriebe (ſ. d.).

Durch das Gelenkparallelogramm $\Phi F L \Lambda$ wird bewirkt, daß die beiden Kurbeln ΦF, ΛL parallel bleiben, alſo gleiche Drehungen vollziehen; und die Kurbelzapfen F, L durchlaufen die Kreiſe φ, λ in gleicher Weiſe. Wenn aber die Koppel FL in die Durchſchlagslage $F^0 L^0$ oder $F^\tau L^\tau$ gelangt, dann kann das Parallelogramm in ein Antiparallelogramm und die gleiche Drehung der Kurbeln in entgegengeſetzte Drehung übergehen. Dieſe Unſtetigkeit wird in Fig. 2 durch Einfügung einer dritten gleichen und parallelen Kurbel ΓC vermieden; denn da die Koppel FL ſich parallel zu ſich ſelbſt bewegt, ſo beſchreibt jeder mit der Koppel verbundene Punkt C einen Kreis γ, der jenen beiden Kreiſen φ, λ gleich iſt; und der Mittelpunkt Γ dieſes Kreiſes liegt ſo, daß das Dreieck $\Phi\Lambda\Gamma \cong FLC$ iſt. Der Kreisradius ΓC kann demnach durch eine Kurbel erſetzt werden. Hierdurch entſteht ein übergeſchloſſener Mechanismus mit den drei

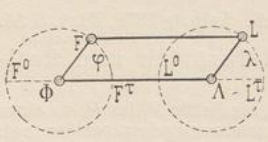


Fig. 1.

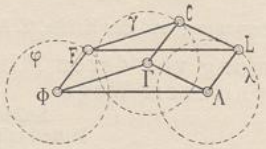


Fig. 2.

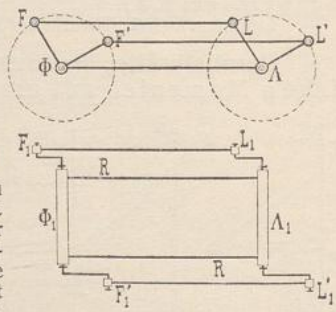


Fig. 3.

Gelenkparallelogrammen $\Phi F L \Lambda$, $\Phi F C \Gamma$, $\Gamma C L \Lambda$. Wenn nun bei dem erſten Gelenkparallelogramm die Koppel FL in eine Durchſchlagslage gelangt, alſo mit $\Phi\Lambda$ in einer Geraden liegt, dann ſind die Koppeln FC, CL noch außerhalb ihrer Durchſchlagslage, und es kann demzufolge die Bewegung des Koppelgliedes FLC ſtetig weitergeführt werden. — Wird in Fig. 2 das Glied ΦF als feſt betrachtet, dann entſteht ein Parallelkurbelgetriebe, bei welchem die Glieder $\Phi\Lambda\Gamma$, FLC die Kurbeln vertreten; und auch in dieſem Falle wird durch die beiden als Koppeln wirkenden Glieder ΛL, ΓC ein ſtetiger Uebergang über die Durchſchlagslagen bewirkt. In Fig. 3 iſt ein Parallelkurbelgetriebe dieſer Art, wie es bei den Triebrädern der Lokomotive angewendet iſt, in Aufriß und Grundriß ſchematiſch dargeſtellt. Die beiden gleichen

Kurbeln ΦF, $\Phi F'$ befinden ſich auf der gemeinſamen Achſe Φ und ſind rechtwinklig zueinander geſtellt, die beiden gleichen Kurbeln ΛL, $\Lambda L'$ befinden ſich auf der gemeinſamen Achſe Λ und ſind ebenfalls rechtwinklig zueinander geſtellt. Die Kurbelachſen Φ_1, Λ_1 ſind in dem Lokomotivrahmen RR gelagert; ferner ſind die Kurbeln zu beiden Seiten der Lokomotive angebracht und bezw. durch die zu beiden Seiten gelegenen Koppeln $F_1 L_1$, $F_1' L_1'$, wie der Grundriß zeigt, verbunden. *Burmeſter.*

Parallelkurven einer gegebenen Kurve entſtehen, wenn man auf jeder Normale derſelben nach beiden Seiten eine konſtante Strecke abträgt. Die beiden hierdurch entſtehenden Kurvenzüge ſind im allgemeinen Teile einer Kurve.

Die Parallelkurve iſt auch Enveloppe einer Geraden, die zu den Tangenten der gegebenen Kurve in konſtantem Abſtand parallel iſt, oder eines Kreiſes von konſtantem Radius, deſſen Mittelpunkt auf der Kurve ſich bewegt; ſie iſt endlich Ort des Mittelpunkts eines auf der Kurve rollenden Kreiſes. Die Ordnung der Parallelkurve iſt $2(m+n)$, die Klaſſe $2n$, wenn m Ordnung und n Klaſſe der Grundkurve ſind. Iſt $f(u, v, w) = 0$ die Kurvengleichung in homogenen Linienkoordinaten, ſo iſt $f(u, v, w + k\sqrt{u^2+v^2}) = 0$ die Gleichung der Parallelkurve im Abſtand k. Die Parallelkurve der Parabel $pv^2 = 4uw$ iſt z. B.: $(pv^2 - 4uw)^2 - 4k^2u^2(u^2+v^2)$. Die Evolventen einer Kurve ſind unter ſich Parallelkurven. Quaſi-Parallelkurven entſtehen, wenn nicht die Normale, ſondern eine mit ihr den Winkel α bildende Gerade durch den Kurvenpunkt um eine konſtante Strecke verlängert wird. S. a. Kurven, äquidiſtante.

Literatur: [1] Salmon, Analyt. Geometrie der höheren ebenen Kurven, deutſch von Fiedler, 2. Aufl., Leipzig 1882, S. 128—132. — [2] Wolkenhauer, Zur Theorie der Parallelkurven, Jena 1874. — [3] Schwering, Die Parallelkurve der Ellipſe, Brilon 1878. — [4] Schwarz, Theorie der parallelen Kurven und der Evolventen im Zuſammenhang mit der allgemeinen Kreisgleichung, Halle 1856. *Wölffing.*

Parallellineal, zwei in paralleler Lage bleibende, beweglich verbundene Lineale.

In Fig. 1 bleiben die beiden Lineale λ, l dadurch ſtets zueinander parallel, daß ſie durch die parallelen gleichlangen Glieder ΦF, ΛL, die an ihren Enden Zapfen beſitzen, verbunden ſind; denn dieſe Glieder ΦF, ΛL bilden mit den Linealen λ, l ein Gelenkparallelogramm $\Phi F L \Lambda$.

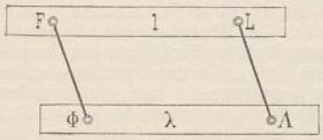


Fig. 1.

Wird das eine Lineal, z. B. λ, feſtgehalten, ſo kann man zu dieſem Lineal mittels des andern in verſchiedenen Lagen parallele Gerade ziehen — In Fig. 2 bleiben die beiden Lineale λ, l dadurch ſtets zueinander parallel, daß ſie durch die gleichlangen Glieder ΦF, ΛL, die in ihrer Mitte M eine Achſe beſitzen, verbunden ſind; und dieſe Glieder ſind an den Enden mit Zapfen Φ, F, L, Λ verſehen, von denen Φ, L als Achſen dienen und $F\Lambda$ in den Linealen längs den Nuten gleiten. *Burmeſter.*

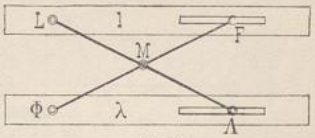


Fig. 2.

Parallelmaße, f. Meßwerkzeuge, Bd. 6, S. 403.

Parallelogramm, ebenes Viereck, in dem je zwei gegenüberſtehende Seiten einander parallel ſind.

Parallelogramm der Geſchwindigkeiten, der Beſchleunigungen und der Kräfte. Alle gerichteten Größen, zu denen die drei genannten gehören, laſſen ſich mittels der Parallelogrammkonſtruktion in Komponenten zerlegen und aus ſolchen zuſammenſetzen. Der Grund liegt darin, daß ſich die genannten Größen aus dem Begriff der unendlich kleinen Verſchiebung der Reihe nach ableiten laſſen und für ſolche Verſchiebungen die Konſtruktion ohne weiteres einleuchtend iſt.

Die Parallelogrammkonſtruktion ergibt auch die abſolute Geſchwindigkeit v eines Punktes aus ſeiner Relativgeſchwindigkeit v_r und der Führungsgeſchwindigkeit v_f, die der im bewegten Syſtem feſtliegend gedachte Punkt infolge der Bewegung dieſes Syſtems haben würde. Dagegen läßt ſich nicht in gleicher Weiſe die abſolute Beſchleunigung aus der Relativ- und der Führungsbeſchleunigung ableiten; hier tritt nämlich noch die Coriolisbeſchleunigung hinzu, die ſenkrecht auf der Relativgeſchwindigkeit und der Momentanachſe des bewegten Syſtems ſteht. Die Coriolisbeſchleunigung verſchwindet nur, wenn entweder die Drehung des Bezugsſyſtems Null iſt oder der bewegte Punkt in relativer Ruhe zum Bezugsſyſtem iſt oder ſich in der Richtung der Momentanachſe des letzteren bewegt. Aehnliches gilt vom Zuſammenhang der auf einen Punkt wirkenden abſoluten Kraft mit der Relativkraft der Zentripetalkraft des bewegten Syſtems und der Coriolisſchen Kraft. Dabei iſt unter Relativkraft jene verſtanden, die für ſich wirkend bei der Relativgeſchwindigkeit als Anfangsgeſchwindigkeit die Relativbewegung erzeugen würde. Vgl. Geſchwindigkeitskomponenten, Beſchleunigung, Bewegung (relative). *Finſterwalder.*

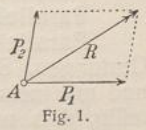


Fig. 1.

Parallelogramm der Kräfte. Das Parallelogramm der Kräfte bildet die Grundlage für das Zuſammenſetzen von Kräften auf graphiſchem Wege.

Um zwei auf den Punkt A einwirkende Kräfte P_1 und P_2 zuſammenzuſetzen, bildet man aus ihnen ein Parallelogramm (Fig. 1); dann iſt deſſen Diagonale R die Mittelkraft der Kräfte P_1 und P_2.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

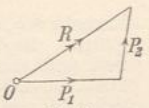
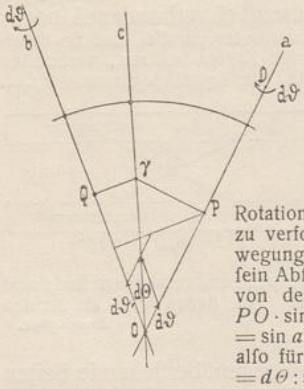


Fig. 2.

In der Graphiſchen Statik (ſ. d.) wird in der Regel nicht das ganze Parallelogramm, ſondern bloß die eine Hälfte davon gezeichnet (Fig. 2). Man trägt nämlich von O aus zuerſt die Kraft P_1 auf und fügt an deren Endpunkt die Kraft P_2 an, ſo daß die Pfeilrichtungen aufeinander folgen; dann ſtellt die Linie von O nach dem Endpunkte von P_2 die Mittelkraft R dar. Sind mehr als zwei Kräfte zuſammenzuſetzen, ſo fährt man in derſelben Weiſe mit dem Auftragen fort und gelangt dabei zu der Figur, die Kräftepolygon (ſ. d.) oder Krafteck genannt wird. *Mörſch.*

Parallelogramm der Rotationen und Winkelgeſchwindigkeiten. Zwei Rotationen eines Punktſyſtems um zwei ſich ſchneidende Achſen ab (ſ. die Figur) von den unendlich kleinen Amplituden $d\vartheta$, $d\vartheta'$ ſind zuſammen einer Rotation um eine Achſe c äquivalent, die durch den Schnittpunkt von a und b hindurchgeht und in deren Ebene hineinfällt. Die Achſe c der reſultierenden Rotation iſt die Diagonale eines Parallelogramms, das von den auf a und b dem Sinne der Rotationen entſprechend aufzutragenden Amplituden $d\vartheta$ und $d\vartheta'$ oder von ihnen proportionalen Längen gebildet wird, und die Amplitude $d\Theta$ derſelben iſt dieſer Diagonalen im Verhältnis der Seiten proportional.

Die Achſe a zerlegt nämlich die Ebene (ab) in zwei Felder, deren Punkte durch die Rotation $d\vartheta$ nach entgegengeſetzten Seiten derſelben geſchleudert werden. Dasſelbe gilt von der Achſe b. Die Ebene zerfällt daher in zwei Paar Scheitelräume, von denen nur das eine Paar Punkte enthält, die entgegengeſetzte Schleuderungen erleiden, vor und hinter die Ebene (ab) der Achſen. Bloß in dieſem Paare können ſich Punkte von entgegengeſetzten Schleuderungen finden und mithin auch Punkte, die in Ruhe bleiben, weil ihre Schleuderungen entgegengeſetzt gleich ſind. Iſt γ ein ſolcher Punkt, ſo ruhen alle Punkte der Geraden c, die ihn mit dem Schnittpunkt von a und b verbindet. Fällt man von γ auf a und b die Perpendikel γP und γQ, ſo ſind die entgegengeſetzten Schleuderungen von γ um die beiden Achſen $\gamma P \cdot d\vartheta = \gamma Q \cdot d\vartheta'$ oder $\gamma O \cdot \sin ac \cdot d\vartheta = \gamma O \cdot \sin cb\, d\vartheta'$, d. h. es iſt $d\vartheta : \sin cb = d\vartheta' : \sin ac$. Der Winkel ab wird ſo geteilt, daß die Sinus der Teile im umgekehrten Verhältnis der Amplituden ſtehen. Daher iſt c die Diagonale des Parallelogramms über $d\vartheta$ und $d\vartheta'$. Um die Amplitude $d\Theta$ der reſultierenden Rotation um c zu finden, genügt es, die Bewegung eines der Punkte PQ zu verfolgen, z. B. die von P. Dieſer Punkt verdankt ſeine ganze Bewegung der Rotation um b, nämlich $PO \cdot \sin ab \cdot d\vartheta'$, da $PO \sin ab$ ſein Abſtand von b iſt. Dieſe Schleuderung, als von der Rotation um c von der reſultierenden Amplitude $d\Theta$ herrührend aufgefaßt, würde $PO \cdot \sin ac \cdot d\Theta$ ſein. Die Gleichſetzung beider liefert $\sin ab \cdot d\vartheta' = \sin ac \cdot d\vartheta$ oder $d\vartheta' : \sin ac = d\Theta : \sin ab$. Hiermit erhält man alſo für das Verhältnis der drei Amplituden $d\vartheta : \sin cb = d\vartheta' : \sin ac = d\Theta : \sin ab$, d. h. $d\Theta$ iſt die Diagonale des genannten Parallelogramms. Daher iſt auch $d\Theta^2 = d\vartheta^2 + d\vartheta'^2 + 2\, d\vartheta\, d\vartheta' \cdot \cos ab$. Die Winkelgeſchwindigkeiten um die drei Achſen a, b, c würden ſein $\omega = d\vartheta : dt$, $\omega' = d\vartheta' : dt$, $\Omega = d\Theta : dt$, daher kann der Satz auch als Satz von dieſen Winkelgeſchwindigkeiten ausgeſprochen werden, und es ſind die beiden auf ſie bezüglichen Gleichungen: $\omega : \sin cb = \omega' : \sin ac = \Omega : \sin ab$, $\Omega^2 = \omega^2 + \omega'^2 + 2\omega\omega' \cos ab$.



Literatur: Poinſot, Théorie nouvelle de la rotation des corps, Paris 1851, S. 5; Schell, Theorie der Bewegung und der Kräfte, 2. Aufl., Leipzig 1879, Bd. 1, S. 176—179. *(† Schell) Finſterwalder.*

Parallelogramm, Newtonſches (analytiſches, Cramerſches Dreieck), ein graphiſches Hilfsmittel, das hauptſächlich zur Unterſuchung des Verhaltens einer Kurve in der Nähe eines ſingulären Punkts dient.

Literatur: [1] Reuſchle, C., Praxis der Kurvendiskuſſion, I, Stuttgart 1886. — [2] Fiſcher, V., Puiſeux' Unterſuchungen über die algebraiſchen Funktionen, Halle 1861. — [3] Wölffing, E., Die ſingulären Punkte der Flächen, Dresden 1896, § 1. *Wölffing.*

Parallelräder, ſ. Schildräder.

Parallelreißer, ſ. Meßwerkzeuge, Bd. 6, S. 403.

Parallelſchleuſen, zwei nebeneinander gebaute, nur durch eine Mittelmauer voneinander getrennte Kammerſchleuſen (ſ. d.); dieſe beiden können auch verſchieden groß ſein.

Parallelſchraube, ſ. Schraubſtock.

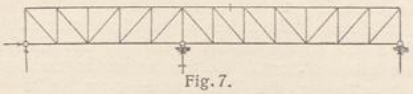
Parallelſtrecke (im Bergbau), ſ. Vorrichtung.

Paralleträger heißen Fachwerke (ſ. d., Bd. 3, S. 533) mit parallelen Gurtungen. Sie kommen als Balkenfachwerke (ſ. d.) mit einer Oeffnung (Fig. 1—6) und mit mehreren Oeffnungen vor (Fig. 7—9) und können einteilig oder mehrteilig, d. h. auch einfachen oder mehrfachen Syſtems, ſein (Fig. 1—10, vgl. Bd. 3, S. 534, 543). Die Gurtungsachſen ſind faſt immer horizontal oder doch ſo wenig von Horizontalen abweichend, daß ſie für die Berechnung als horizontal gelten

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

können, ohne daß jedoch geneigte Gurten ausgeſchloſſen wären (Bergbahnen u. ſ. w., Fig. 10).

Die häufige Anwendung von Paralleltträgern bei Brücken iſt beſonders durch die Einfachheit der Konſtruktion bedingt. Mitunter kommt auch in Betracht, daß nebeneinander liegende Paralleltträger bei genügender Höhe obere und untere Querverbindungen bis zu den


Fig. 7.

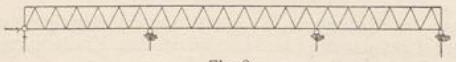
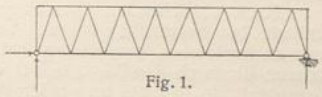
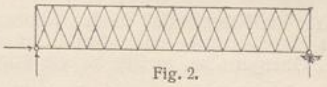
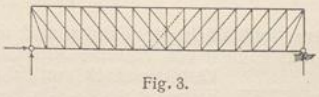

Fig. 8.


Fig. 9.


Fig. 1.


Fig. 2.


Fig. 3.

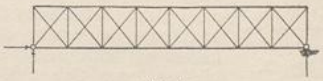
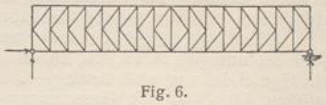
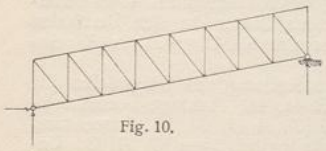

Fig. 4.


Fig. 5.


Fig. 6.

Enden zulaſſen (vgl. Halbparabelträger, Ellipſenträger), daß ſie ſich bequem an Portale u. ſ. w. anſchließen, und daß ſie als Ständerfachwerke (Bd. 3, S. 534, 544) mit Zugdiagonalen nur in einzelnen Feldern um die Gurtungsmitten Gegendiagonalen (ſ. d.) erfordern. Im Paralleltträger hat man die urſprüngliche Form des Balkenträgers, wie ſie auch dem vollen Balken und gewöhnlichen Blechträger entſpricht (ſ. d. und Gitterträger).


Fig. 10.

Der gewöhnlichſte einteilige Paralleltträger iſt in Fig. 11 und 12 angedeutet. Spannweite $l = n\lambda$ bei gerader oder ungerader Felderzahl n. Länge der Vertikalen h, der Diagonalen d. Im folgenden genügt der Symmetrie halber die Berechnung der erſten Trägerhälfte. Wirkt auf die ganze Spannweite eine gleichmäßig verteilte Laſt von g pro Längeneinheit (z. B. das Eigengewicht), ſo ſind die Werte der Stabbeanſpruchungen X_m, Z_m, D_m, V_m:

$$\mathfrak{X}_m = -m(n-m)\frac{g\lambda^2}{2h}, \qquad \mathfrak{Z}_m = (m-1)(n-m+1)\frac{g\lambda^2}{2h} = -\mathfrak{X}_{m-1} \qquad 1.$$

$$\mathfrak{D}_m = (n-2m+1)\frac{g\lambda d}{2h}, \qquad \mathfrak{V}_m = -\left(n-2m+\frac{g_x-g_z}{g}\right)\frac{g\lambda}{2}, \qquad 2.$$

jedoch gilt ausnahmsweiſe für die Vertikale 0.

$$\mathfrak{V}_0 = -\frac{gl}{2} + \frac{g_z\lambda}{2}. \qquad 3.$$

In den Ausdrücken für $\mathfrak{V}_m$, $\mathfrak{V}_0$ bedeuten g_x, g_z diejenigen Teile von g, welche auf die Knotenpunkte des Obergurts und Untergurts zu rechnen ſind. Greift die Fahrbahnlaſt zwiſchen beiden Gurten in den Vertikalen an, ſo iſt dieſelbe einzuſchließen bei Berechnung des Vertikalenſtücks von Fahrbahn bis Untergurt in g_x, bei Berechnung des Vertikalenſtücks von Fahrbahn bis Obergurt in g_z. —

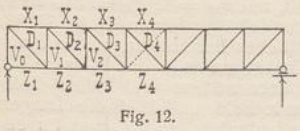


Fig. 12.

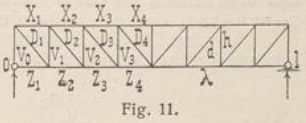


Fig. 11.

Kann außer der auf die ganze Spannweite gleichmäßig verteilten Laſt von g pro Längeneinheit (Eigengewicht) auf beliebige Strecken eine gleichmäßig verteilte Laſt von p pro Längeneinheit wirken (Verkehrslaſt), ſo drücken vorſtehende $\mathfrak{X}_m$, $\mathfrak{Z}_m$ die unteren Grenzbeanſpruchungen der Gurtungsſtäbe aus, während man mit $q = g + p$ deren obere Grenzbeanſpruchungen hat:

$$X_m = \frac{q}{g}\mathfrak{X}_m, \qquad Z_m = \frac{q}{g}\mathfrak{Z}_m. \qquad 4.$$

Die Grenzbeanſpruchungen der Diagonalen ſind:

$$D_m = \mathfrak{D}_m + (n-m)^2\frac{p\lambda d}{2h(n-1)}, \qquad D_m = \mathfrak{D}_m - (m-1)^2\frac{p\lambda d}{2h(n-1)}, \qquad 5.$$

und diejenigen der Vertikalen:

a) wenn die Fahrbahnlaſt in den Knotenpunkten des Obergurts angreift:

$$V_m = \mathfrak{V}_m - (n-m)^2\frac{p\lambda}{2(n-1)}, \qquad V_m = \mathfrak{V}_m + (m-1)^2\frac{p\lambda}{2(n-1)}, \qquad 6.$$

jedoch ausnahmsweiſe für die Vertikale 0

$$V_0 = \mathfrak{V}_0 - \frac{pl}{2}, \qquad V_0 = \mathfrak{V}_0; \qquad 7.$$

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

b) wenn die Fahrbahnlaft in den Knotenpunkten des Untergurts angreift:

$$V_m = \mathfrak{V}_m - (n-m-1)^2 \frac{p\lambda}{2(n-1)}, \qquad V_m = \mathfrak{V}_m + m^2 \frac{p\lambda}{2(n-1)}. \tag{8.}$$

Vertikale 0 macht hier keine Ausnahme. Greift die Fahrbahnlaft zwifchen beiden Gurten in den Vertikalen an, fo gelten für die Vertikalenftücke von Fahrbahn bis Untergurt die Formeln 6., 7., für die Vertikalenftücke von Fahrbahn bis Obergurt die Formeln 8.

Nach vorftehenden Gleichungen ift die erfte Trägerhälfte, einfchließlich der mittleren Vertikale bei gerader Felderzahl bezw. des mittleren Feldes bei ungerader Felderzahl auch dann zu berechnen, wenn Gegendiagonalen (f. d.) angewendet werden. Der Einfluß der letzteren ift durch den Bd. 4, S. 341 angeführten Satz beftimmt. Werden keine Gegendiagonalen angeordnet, fo tritt bei ungerader Felderzahl $n = 2\sigma$ für die Mittelvertikale an Stelle von 2.:

$$\mathfrak{V}_\sigma = -g_z\lambda. \tag{9.}$$

Wirkt die Fahrbahnlaft in den Knotenpunkten des Untergurts, fo gilt 9. für die Beanfpruchung der Mittelvertikale bei jeder Belaftung. Greift jedoch die Fahrbahnlaft in den Knotenpunkten des Obergurts an, fo tritt für die Mittelvertikale an Stelle von 6. mit $\mathfrak{V}_\sigma$ nach 9.:

$$V_\sigma = \mathfrak{V}_\sigma - \frac{p\lambda}{2}, \qquad V_\sigma = \mathfrak{V}_\sigma. \tag{10.}$$

Wenn fchließlich die Fahrbahnlaft zwifchen beiden Gurten angreift, dann hat man für das Vertikalenftück von Fahrbahn bis Obergurt bei jeder Belaftung die Beanfpruchung 9., für das Vertikalenftück von Fahrbahn bis Untergurt die Grenzwerte 10. Ueber g_z in diefem Falle f. oben. — Da bei ftatifch beftimmtem Träger jedes Feld nur eine auf Zug und Druck widerftandsfähige Diagonale enthalten darf (Bd. 3, S. 536), fo muß bei ungerader Felderzahl ohne Gegendiagonalen von den in Fig. 12 der Symmetrie halber im mittleren Felde angedeuteten zwei Diagonalen die eine wirkungslos bleiben, was fich z. B. durch Verbindung mit Schrauben in länglichen Löchern erreichen läßt. — Werden die Trägerenden nach Fig. 13 abgeändert, fo hat man für jede Belaftung und alfo bei bewegter Laft auch für die Grenzwerte:

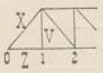


Fig. 13.

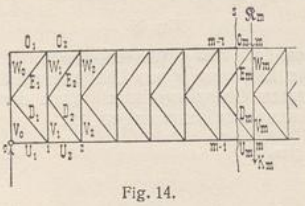
$$X = -D_1, \qquad Z = Z_2, \qquad V_1 = K_z, \tag{11.}$$

worin fich D_1, Z_2 auf Fig. 11, 12 beziehen und K_z die Belaftung des Knotenpunkts 1 im Untergurt bedeutet [3], S. 103. Greift die Fahrbahnlaft zwifchen beiden Gurten in den Vertikalen an, fo ift diefelbe bei Berechnung des Vertikalenftücks von Fahrbahn bis Obergurt in K_z einzufchließen, bei Berechnung des übrigen Stücks jedoch nicht.

Ableitung obiger Formeln und entfprechender für andre Stellung der Diagonalen [2], §§ 34, 35, und [3], *A* 19, 24, 28, Beifpiele der Anwendung [3], *B* 41, 44. Analoge Formeln für beliebige Belaftung und bewegte Radlaftzüge [2], §§ 34, 36, und [3], *A* 19, 24, 28, Anwendung derfelben [3], *B* 42, 45, Berechnung mit Laftäquivalenten p anftatt Radlaftzügen [3], *B* 43. Ungleichlange Felder bei einfachem Syftem des rechtwinkligen Dreiecks [2], § 37, Beifpiele hierzu [3], *B* 46—48; durchlaufende Träger [2], § 21; durchlaufende Gelenkträger [2], §§ 63—65, Beifpiele hierzu [3], *B* 76, 80, 81. Parallelträger, Syftem des gleichfchenkligen Dreiecks (Fig. 1) [2] §§ 27—30, Beifpiele hierzu [3], *B* 31—33; Parallelträger beliebigen einfachen Syftems [3] *A* 30. Parallelträger doppelten Syftems mit gekreuzten Diagonalen (Fig. 3) und gleich oder verfchieden langen Feldern [2], §§ 93, 94, und [3], *A* 46, 47; durchlaufende Träger diefes Syftems [2], § 89. Beifpiele der Berechnung von Parallelträgern mehrfachen Syftems auf Grund der Zerlegung in einfache Syfteme [3], *B* 107, 108, 112—118. Ueber diefe Berechnung f. Bd. 3, S. 543, und [1], S. 249, 262, 264, 322. Beifpiele entfprechender Nebenfpannungen (f. d.) [4], [9].

Neben den hier erwähnten Formeln gelten für ftatifch beftimmte und ftatifch unbeftimmte Parallelträger felbftverftändlich die unter Fachwerke, ftatifch beftimmte (Bd. 3, S. 548), und Fachwerke, ftatifch unbeftimmte (Bd. 3, S. 551), angeführten Beziehungen und Methoden. Die Formeln für Balkenfachwerke, Bd. 1, S. 526, würden mit $h_m = h$, $d_m = d$, $x_m = z_m = \lambda$, $\varepsilon = \nu = \infty$ und die Formeln für Fachwerke mehrfachen Syftems, Bd. 3, S. 546, mit $h_m = h$, $d_m = d'_m = d$, $o_m = u_m = \lambda$, $\varepsilon = \infty$, $\varrho = 0$ auf entfprechende Gleichungen für Parallelträger führen [2], §§ 34, 93.

Werden für den Parallelträger Fig. 6 die in Fig. 14 erfichtlichen Bezeichnungen der Stabkräfte eingeführt, während Q_m die Summe, M_m bezüglich der Knotenpunkte m das Moment der äußeren Kräfte des Trägers (Stützenreaktion und Laften) links eines Schnittes s durch das $m$te Feld und h, d die Längen der Vertikalen und Schrägftäbe bedeuten, fo hat man für beliebige Belaftung:


Fig. 14.

$$U_m = \frac{M_{m-1}}{h} = -O_m, \qquad D_m = Q_m \frac{d}{h} = -E_m, \tag{12.}$$

$$V_m = K_m - \frac{Q_m}{2}, \qquad W_m = \frac{Q_m}{2} - \mathfrak{K}_m. \tag{13.}$$

In den zwei letzten Gleichungen bezeichnen K_m, $\mathfrak{K}_m$ die Belaftungen der Knotenpunkte m des Untergurts und Obergurts. Näheres über das Trägerfyftem Fig. 6, 14, welches mehrfach als Windverband und bei der neuen Havelbrücke bei Brandenburg erftmals für Hauptträger verwendet wurde, f. [6], [7] und die Literatur über Fachwerke, Bd. 3, S. 539, [26], [27], [41]. Bezüglich der Grenzwerte der Stabkräfte 12), 13) vgl. Grenzwerte, Bd. 4, S. 626.

Literatur: [1] Winkler, Theorie der Brücken, II. Theorie der gegliederten Balkenträger, Wien 1881, S. 11—97, 202. — [2] Weyrauch, Theorie der ftatifch beftimmten Träger für Brücken und Dächer, Leipzig 1887, S. 60, 79, 92—103, 114—127, 159, 219—227, 316, 325—332. — [3] Weyrauch, Beifpiele und Aufgaben zur Berechnung der ftatifch beftimmten Träger für Brücken und Dächer, Leipzig 1888, S. 84, 103, 157—169, 201—227, 331—342, 348—354, 474—480,

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

491—502. — [4] Kriemler, Zur Theorie des Ständerfachwerks mit gekreuzten ſteifen Diagonalen, Zeitſchr. d. Oeſterr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1896, S. 56. — [5] Landsberg, Die Statik der Hochbaukonſtruktionen (Handbuch der Architektur, 1. Teil, Bd. 1, Heft 2), Stuttgart 1899, S. 175. — [6] Häſeler, Der Brückenbau, 1. Teil, 4. Lieferung, Braunſchweig 1900—1903, S. 424, 439, 441, 443, 445, 448, 450, 455, 465, 604. — [7] Müller-Breslau, Die graphiſche Statik der Baukonſtruktionen, I, Leipzig 1901, S. 300, 507; II, Leipzig 1903, S. 447, 469. — [8] Oſtenfeld, Techniſche Statik, Leipzig 1904, S. 179, 423, 441. — [9] Hartmann, Genauere Behandlung ſtatiſch unbeſtimmter Paralleträger und Vergleich mit der Näherungsrechnung, Zeitſchr. d. Oeſterr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1905, S. 261. — [10] Gebauer, Beitrag zur Theorie der günſtigſten Trägerhöhe des Paralleträgers, Zeitſchr. d Oeſterr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1906, S. 381, 386, 409. *Weyrauch.*

Paralleträger, Balkenfachwerkträger mit parallelen, geraden Gurtungen. Dieſelben können als Einzelträger, die bloß auf zwei Stützpunkten aufliegen, oder als kontinuierliche, über mehr als zwei Stützen hinwegreichende Träger ausgeführt werden. Beim Paralleträger ſind die Gurtkräfte den Momenten der äußeren Kräfte und die Kräfte in den Ausfachungsſtäben den Querkräften direkt proportional; ſ. a. Brücken, eiſerne. *Melan.*

Paralleträger, graphiſche Berechnung.

Die Gurtungskräfte eines Paralleträgers beſtimmt man in der graphiſchen Statik nach dem Momentenverfahren (ſ. d.): Man teilt das dem Drehpunkte (ſ. d.) entſprechende Biegungsmoment durch die Entfernung des Stabes vom Drehpunkte. Da dieſe Entfernungen für die Gurtungen eines Paralleträgers konſtant gleich der Trägerhöhe ſind, ſo folgt, daß die Gurtungskräfte den Biegungsmomenten proportional werden. Die kleinſten Gurtungskräfte entſtehen, wenn der Träger unbelaſtet iſt, die größten bei vollſtändiger Belaſtung. (Vgl. Balken, einfache, und Fachwerk.) Die Kräfte in den Streben beſtimmt man aus dem Gleichgewicht der vertikalen Komponenten der am Fachwerkteil links vom Schnitt wirkenden Kräfte. Es muß dann die vertikale Komponente der Strebenkraft der Querkraft gleich ſein und entgegengeſetzt wirken. Die Strebenkräfte ſind infolgedeſſen den Querkräften proportional und ergeben ſich durch Zerlegung der Querkraft in zwei Seitenkräfte, die parallel der Gurtung und der Strebe ſind. Die Grenzwerte der Strebenkräfte treten bei einſeitiger Belaſtung des Trägers ein. Bei lotrechten Streben (Pfoſten, Ständer) iſt die Strebenkraft einfach gleich der Querkraft für das durchſchnittene Feld. Sämtliche Stabkräfte infolge ſtändiger Laſt können auch durch einen Cremonaſchen Kräfteplan gefunden werden. Der Gang der Berechnung wird am beſten an einigen Beiſpielen erläutert.

a) Paralleträger mit einfachem Strebenzug.

1. Beiſpiel einer Eiſenbahnbrücke: Die Spannweite betrage 32 m, die theoretiſche Höhe (Entfernung der Gurtungsſchwerpunkte) 4 m, die Fachlänge 4 m (Fig. 1). Die Eigengewichtsbelaſtung ſei für jede Tragwand $g = 1{,}1$ t : m. Dann iſt das Biegungsmoment für Eigengewicht $M = {}^1/_8\, g\, l^2 = {}^1/_8 \cdot 1{,}1 \cdot 32^2 = 140{,}8$ mt und die dieſem Momente entſprechende Gurtungskraft gleich $M : h = 140{,}8 : 4 = 35{,}2$ t. Man zeichnet oberhalb des Fachwerks eine Parabel mit der Scheitelhöhe 35,2 t und daran anſchließend eine die Parabel umhüllende Staffellinie, ſo ſtellen die Ordinaten dieſer Linie die kleinſten Kräfte der oberen Gurtung dar. Eine gleiche Parabel mit eingeſchriebener Staffellinie wird unterhalb gezeichnet; ſie liefert die kleinſten Kräfte der unteren Gurtung.

Die zufällige Belaſtung beſtehe aus drei fünfachſigen Lokomotiven mit 52 t Gewicht bei 11 m Länge (ſ. Fig. 1 rechts oben). Will man den Einfluß dieſer Belaſtung genau beſtimmen, ſo ſetzt man die Radgewichte der drei Lokomotiven zu einem Seileck (ſ. Seilpolygon) zuſammen, beſtimmt durch Verſchieben der Schlußlinie

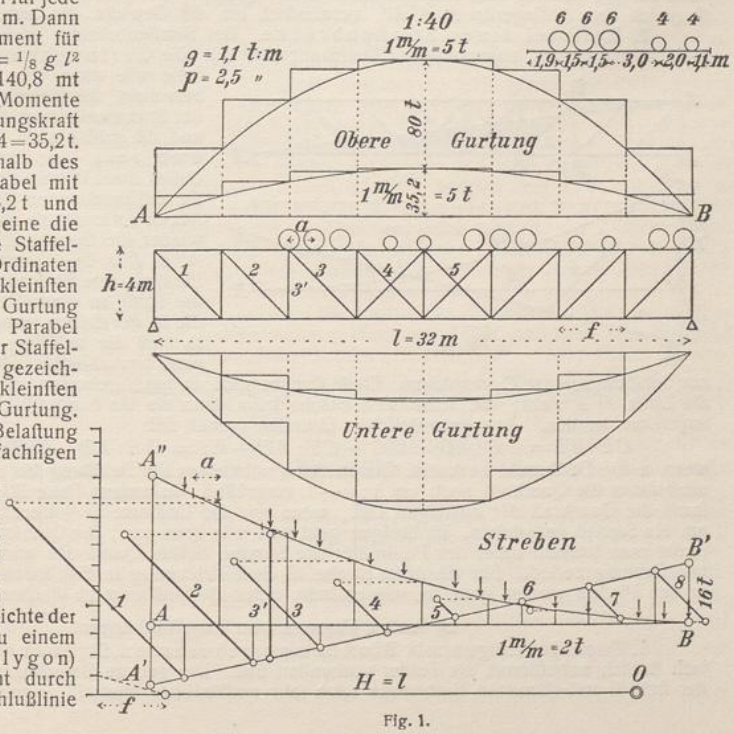


Fig. 1.

für die vier Poſten einer Trägerhälfte die größten Momentenordinaten und fügt ſie an die Eigengewichtsordinaten an. Meiſtens begnügt man ſich indeſſen damit, auch die zufällige Laſt als eine gleichförmig verteilte anzuſehen und dieſe dann ſo zu wählen, daß ſie in der Balkenmitte das nämliche Biegungsmoment wie die gegebenen Einzellaſten hervorruft. In unſerm Falle iſt dieſer Belaſtungsgleichwert (Aequivalenzwert) $p = 2{,}5$ t : m. Die Gurtungskraft ergibt ſich hiernach in der Mitte gleich $\frac{1}{8} \cdot 2{,}5 \cdot 32^2 : 4 = 80$ t. Man fügt dieſe Kraft an die Eigengewichtskraft an, zeichnet wieder zwei Parabeln und die entſprechenden Staffellinien, ſo ſind auch die größten Gurtungskräfte gefunden.

Um die größten und kleinſten Strebenkräfte zu finden, zeichnet man zunächſt (Fig. 1, unten) eine ſchiefe Linie $A'B'$, deren Endordinaten $\frac{1}{2} g\,l = 17{,}6$ t ſind; ſie ſtellt die Querkräfte infolge Eigengewichts dar. Sodann trägt man die Radgewichte der drei Lokomotiven in umgekehrter Stellung als Kräfte auf, zeichnet für die 15 Kräfte ein Krafteck mit der Polweite l und darauf geſtützt das Seileck $A''B$; dann ſtellt dieſes die größten Querkräfte der zufälligen Laſt dar.

Die größte Kraft in einer ſchiefen Strebe tritt ein, wenn der Bahnzug vorgeſchoben wird, bis das erſte Rad am benachbarten Pfoſten ſteht. (Für die zweite Strebe iſt dieſe Stellung eingezeichnet.) Die entſprechende Querkraft für Eigengewicht findet man jetzt lotrecht unter der Strebenmitte, diejenige für zufällige Laſt lotrecht unter dem erſten Rad. Die Summe beider Kräfte wird parallel zu Gurtung und Strebe zerlegt. Führt man dieſe Arbeit für ſämtliche Felder durch, ſo bekommt man acht Kräfte; davon ſtellen 1—4 die größten und 8—5 die kleinſten Kräfte der vier erſten Streben dar. Die beiden Grenzwerte haben in den drei erſten Streben gleiches, in der vierten dagegen entgegengeſetztes Zeichen; will man den in der vierten Strebe auftretenden Wechſel von Zug und Druck vermeiden, ſo muß man in den beiden Mittelfeldern Gegenſtreben anbringen. Die Kraft 5 ſtellt dann die größte Kraft in der Gegenſtrebe dar; die kleinſten Kräfte in den ſich kreuzenden Streben ſind wie gewöhnlich Null. In der Nähe des Auflagers kann der Fall eintreten, daß die Strebenkraft etwas größer wird, wenn man den Bahnzug ſo weit vorſchiebt, bis das zweite Rad am Pfoſten ſteht. Um dieſe Frage zu prüfen, bildet man im Krafteck aus der erſten Kraft und der Feldlänge f ein rechtwinkliges Dreieck und zieht durch den Punkt des Seilecks $A''B$, der um den Abſtand a der beiden erſten Räder links vom Pfoſten liegt, eine Parallele zur Hypotenuſe. Dieſe Parallele zeigt, um wieviel die Querkraft durch das Vorſchieben zunimmt. In unſerm Beiſpiele iſt dieſe Ergänzung für die beiden erſten Streben vorzunehmen. Die Kräfte in den Pfoſten findet man bei obenliegender Fahrbahn dadurch, daß man die Kräfte der benachbarten Streben wagerecht und ſenkrecht zerlegt und von der ſenkrechten Seitenkraft das Eigengewicht eines unteren Knotenpunktes abzieht. Iſt letzteres beiſpielsweiſe gleich $\frac{1}{4} g f$, ſo kann man die geſuchte Kraft um $\frac{1}{4} f$ links vom Pfoſten unmittelbar abgreifen. Für den dritten Pfoſten iſt die Kraft in der Figur eingezeichnet und mit 3′ bezeichnet. Bei untenliegender Fahrbahn denkt man ſich die Kräfte der ſchiefen Streben in den oberen Knotenpunkten zerlegt und fügt zu den lotrechten Komponenten je das Gewicht eines oberen Knotenpunktes hinzu; in dieſem Falle kann man die geſuchte Kraft um $\frac{1}{4} f$ rechts vom betreffenden Pfoſten abgreifen. Die größte Kraft im Auflagerpfoſten iſt gleich dem Auflagerdruck $A'A''$, vermindert um das Gewicht des unteren Knotenpunktes.

2. Beiſpiel einer Straßenbrücke. Bei Straßenbrücken wird die zufällige Laſt gleichförmig verteilt angenommen (Menſchengedränge). Die Gurtungskräfte werden in dieſem Falle wie oben (Fig. 1) beſtimmt. Man berechnet die kleinſte Kraft in der Mitte der Spannweite nach der Formel $\frac{1}{8} g\,l^2 : h$ und die größte nach der Formel $\frac{1}{8} q\,l^2 : h$, worin $q = g + p$; dann zeichnet man mit dieſen zwei Werten die vier Parabeln und die entſprechenden Staffellinien. Um die Strebenkräfte zu finden, zeichnet man wieder die Gerade $A'B'$ und die Kurve $A''B$ (Fig. 2). Letztere wird hier zur Parabel; ihre Endordinate iſt $\frac{1}{2} p\,l$. Soll die Kraft in einer Strebe, beiſpielsweiſe die in der dritten, möglichſt groß werden, ſo muß die zufällige Laſt nicht nur bis zum benachbarten Pfoſten, ſondern bis zur Belaſtungsgrenze C vorrücken. Dieſe Grenze wird dadurch gefunden, daß man im Fachwerk die Linie $A_1 B$ zieht; die ſchraffierte Fläche kann dann als die Einflußfläche der Strebe $D_1 E$ angeſehen werden. Aus geometriſchen Gründen verhält ſich

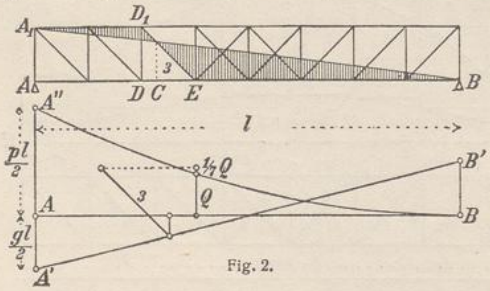


Fig. 2.

$$CE : EB = DC : AD = DC + CE : AD + EB = DE : AB - DE = 1 : n - 1,$$

wenn n die Felderzahl bedeutet. Durch das Vorſchieben der Belaſtung bis zum Grenzpunkte C wird daher die Querkraft noch um $1 : n - 1$ vergrößert. In unſerm Falle iſt $n = 8$; wir erhalten ſomit die Querkraft der zufälligen Laſt, wenn wir die Ordinate Q lotrecht unter dem Pfoſten um ein Siebtel vergrößern. Im übrigen geht man wie oben vor; die Querkraft für Eigengewicht findet man lotrecht unter der Feldmitte; die Summe beider Querkräfte wird parallel zu Strebe und Gurtung zerlegt. Für die dritte Strebe iſt dieſe Zeichnung in Fig. 2 ausgeführt. Die Kräfte in den Pfoſten werden ganz ſo, wie es beim erſten Beiſpiel gezeigt worden, beſtimmt.

b) Andre Formen von Parallelträgern.

1. Parallelträger mit Pfoſten und gekreuzten Streben (Fig. 3) ſind ſo vielfach ſtatiſch unbeſtimmt, als Felder vorhanden ſind. Die genaue Berechnung nach der Theorie der ſtatiſch unbeſtimmten Fachwerke wäre ſehr umſtändlich, deshalb begnügt man ſich für die

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Praxis mit der folgenden Näherungsmethode: Man zerlegt das Syſtem in zwei einfache ſtatiſch beſtimmte Syſteme und ſetzt voraus, daß die beiden Einzelſyſteme ſich bei jedem Belaſtungsfall gleich in die Laſtaufnahme teilen. Dadurch folgt zunächſt, daß in jedem Feld die Diagonalen gleich, aber entgegengeſetzt beanſprucht ſind, und zwar ſind die Stabkräfte und ihre Grenzwerte in den Streben jeweils die Hälfte der beim einfachen Parallelträger vorhandenen Kräfte. Führt man ſodann durch ein Feld einen Schnitt, ſo folgt weiterhin aus der Horizontalkomponentengleichung für die am linken abgeſchnittenen Trägerteil wirkenden Kräfte, daß die Obergurtkraft gleich, aber entgegengeſetzt der Untergurtkraft iſt, weil die horizontalen Komponenten der beiden Strebenkräfte ſich aufheben. Hieraus ergibt ſich dann weiter, daß die Gurtungskräfte aus dem Schnittmoment in bezug auf den Diagonalenkreuzungspunkt zu berechnen ſind. Aus dieſer Bedingung laſſen ſich die Einflußlinien der Gurtungskräfte zeichnen, die bei Laſtenzügen angezeigt ſind. Für gleichförmige Belaſtung ſind die Gurtungskräfte durch die in Fig. 3 gezeichnete Staffellinie dargeſtellt, wobei die horizontalen Strecken jeweils durch die Mitten der einzelnen Seiten des Momentenpolygons gezogen ſind. Die Pfoſten ſind bei obenliegender Fahrbahn mit der halben oberen Knotenlaſt gedrückt, bei untenliegender Fahrbahn mit der halben unteren Knotenlaſt gezogen. Die Endpfoſten ſind gedrückt mit dem halben Auflagerwiderſtand, abzüglich der Knotenlaſt am Auflager.

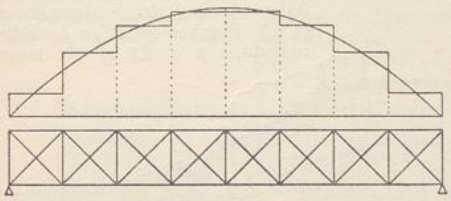


Fig. 3.



Fig. 5.

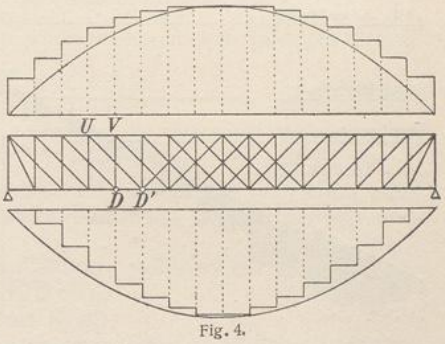


Fig. 4.

2. Auch bei den zweiteiligen Ständerfachwerken (Fig. 4) kann man ſich das doppelte Fachwerk in zwei einfache zerlegt denken und jedem von ihnen die Hälfte der Belaſtung zuteilen. Dem Gurtungsſtabe UV z. B. entſpricht für den einen Strebenzug der Drehpunkt D, für den andern der Punkt D'. Das Mittel aus den Momentenordinaten dieſer beiden Punkte ergibt die Kraft in UV. Auf Grund dieſer Betrachtungsweiſe gelangt man leicht zu den beiden Staffellinien für obere und untere Gurtung. Was die Streben betrifft, ſo werden ihre Kräfte wie in den Fig. 1 und 2 beſtimmt und halbiert. Bei Eiſenbahnbrücken ſind jedenfalls Einflußlinien angezeigt, die bei den Parallelträgern doppelten Syſtems, nach dem beim Art. Einflußlinien (ſ. d.) angegebenen Verfahren konſtruiert, ſehr genaue Reſultate geben.

3. Parallelträger mit Zwiſchenſtreben (Fig. 5) ſind als Fachwerke mit einfachem Strebenzug anzuſehen, zu denen noch kleine Hängewerke hinzutreten. Die unteren Gurtungen ſowie die Pfoſten und die unteren Strebenhälften werden durch dieſe Aenderung nicht beeinflußt. Die Kräfte in den oberen Gurtungen werden größer als früher, und zwar findet man die Vergrößerung, indem man den Zwiſchenpfoſten möglichſt ſtark belaſtet (mit Lokomotiv- bezw. Wagenrädern) und für das Hängewerk einen kleinen Cremonaſchen Kräfteplan (ſ. d.) zeichnet. Zugleich bekommt man hierbei die im Zwiſchenpfoſten und in der Zwiſchenſtrebe auftretenden Kräfte; ſie ſind auf der ganzen Spannweite dieſelben. Die Kräfte in den oberen Strebenhälften endlich berechnet man nach dem gewöhnlichen Verfahren, nur mit dem Unterſchied, daß die halbe Pfoſtenentfernung als Fachlänge angenommen wird.

Literatur: Culmann, Graph. Statik, Zürich 1866; Ritter, A., Elementare Theorie und Berechnung eiſerner Dach- und Brückenkonſtruktionen, Hannover 1873; Tetmajer, Aeußere und innere Kräfte, Zürich 1875, Winkler, Theorie der Brücken, 2. Heft, Wien 1881; Müller-Breslau, Die graphiſche Statik der Baukonſtruktionen, Bd. 1, Stuttgart 1905; Schäffer und Sonne, Handbuch des Brückenbaus, Bd. 2, Leipzig 1888/90; Ritter, W., Anwendungen der graphiſchen Statik, 2. Teil, Zürich 1890. *Mörſch.*

Parallelwege oder Längswege, Wege entlang einer Bahn oder eines Kanals, meiſtens angelegt als Zufahrt zu Grundſtücken, die durch die Neuanlage ihrer Zufahrt beraubt wurden. *Kübler.*

Parallelwerk (Leitwerk, Leitdamm, Richtwerk, Streichwerk), ein im Flußbette, in der herzuſtellenden, zukünftigen Uferlinie (Streichlinie) ausgeführter, im allgemeinen freiſtehender Damm mit Queranſchlüſſen zum natürlichen Ufer (vgl. Bd. 4, S. 120, Fig. 1). Es gehört wie die Buhne (ſ. d.) zu den Flußeinſchränkungsbauten behufs Einengung übermäßig breiter Flußſtrecken auf die Normalbreite (ſ. d.) oder Bewirkung von Verlandungen ausgeſchalteter Teile des Flußbettes.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Ueber die Anwendung der Parallelwerke f. Flußregulierung, Bd. 4, S. 119, und Gebirgsflußregulierung, Bd. 4, S. 321. Hinſichtlich der Bauart iſt das Parallelwerk (ſowie auch die Buhne) entweder maſſiv, dicht oder ſchwebend, durchläſſig.

1. Ununterbrochene **maſſive Parallelwerke,** deren Krone höher als der Hochwaſſerſpiegel des Fluſſes liegt (inſubmerſible Leitwerke), bilden das fertige Ufer des korrigierten Fluſſes; vgl. Uferdeckwerke. Liegt die Krone der Parallelwerke tiefer, ſo können — je nach dieſer Lage — überſtrömende trübe oder auch geſchiebeführende Wäſſer zur Auflandung benutzt werden (ſubmerſible Leitwerke); dieſe Bauten ſind unfertig und werden erſt nach genügender Verlandung der Altwaſſer zum endgültigen Uferdeckwerk ausgeſtaltet. Die Verlandung ſchreitet bei ununterbrochenen Leitwerken mit Kronenlage auf Mittelwaſſer, die wenig Geſchiebe übertreten laſſen, ſehr langſam voran, beſteht aber dann in der Ablagerung feinen, landwirtſchaftlich gut brauchbaren Schlicks. Liegt die Krone auf Niederwaſſer oder wenig darüber, ſo ergibt ſich der Uebelſtand zu häufiger Ueberflutung des abgebauten Flußteiles mit ungetrübtem Waſſer; dagegen liefern die Hochwaſſer mächtigere Ablagerungen von Kies und Schlamm in die Altwaſſerbecken. Will man das letztere nur an beſtimmten Orten erreichen, ſo läßt man wohl in einem längeren Parallelwerk ſtellenweiſe Lücken oder Breſchen im Damm (Verlandungsöffnungen) frei. Der ganze Vorgang iſt derſelbe wie bei der Kolmation (ſ. d.). Hierher gehörige Ausführungsformen ſind: a) die reine

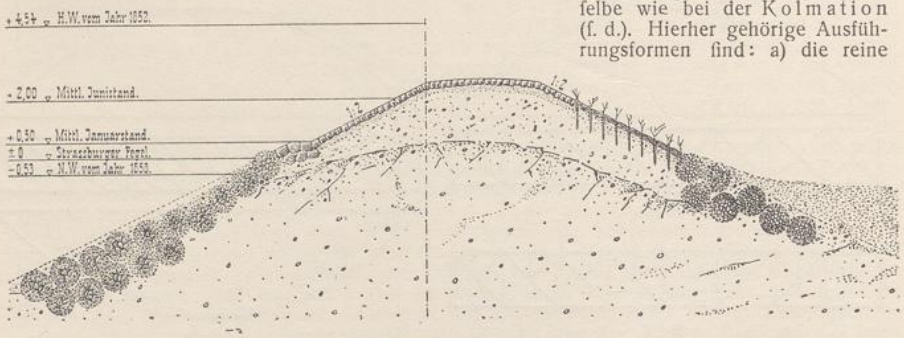


Fig. 1. Parallelwerk am Oberrhein (Elſaß).

Steinſchüttung; b) Steinſchüttung mit einem Kern aus kleinerem, billigerem Material, wie Kies (vgl. [2] und Bd. 4, S. 121, Fig. 5); c) Körper aus Senkfaſchinen mit Steinumſchüttung an den Außenſeiten (vgl. [2] und Bd. 4, S. 121, Fig. 4); d) Packwerk; e) Steinkaſten; f) Sinkwalze oder Senkwurſt. Die umfaſſendſten Parallelwerksbauten ſind am deutſchen Oberrhein von Baſel bis zur heſſiſchen Grenze ausgeführt. In Fig. 1 geben wir die Anordnung am elſäſſiſchen Ufer wieder. Die Dammkrone liegt hier etwas höher als der Vollwaſſerſtand vom Juni; auf der Rückſeite ſind in Höhe des mittleren Juniwaſſerſtandes Weidenſtecklinge angebracht, hinter welchen die höheren Waſſerſtände den fruchtbaren Rheinſchlick in großen Maſſen zur Ablagerung bringen, wodurch große Flächen landwirtſchaftlich nutzbaren Geländes gewonnen worden ſind.

2. Bei der **ſchwebenden** und **durchläſſigen Bauweiſe** iſt einerſeits die Sohle unter dem Einbau freigelaſſen, anderſeits ſind in letzterer zahlreiche Oeffnungen angebracht, ſo daß durch Einſchwemmen des Geſchiebmaterials und der ſchwereren Sinkſtoffe in den abgebauten Flußteil eine raſchere Verlandung erzielt wird. Dieſe Anlagen bewirken zu demſelben Behufe nur eine Ermäßigung der ſtarken Strömung hinter dem Werke, indem ſie von dem Flußſpiegel weg mehr oder weniger tief abwärts zur Sohle untertauchen. Diesbezügliche Ausführungen ſind: a) das Gehänge von Wolf (Bd. 4, S. 345); b) ähnliche Gehänge aus bloßem Strauchwerk oder aus Strauchgeflecht [3], Blatt 4; c) Pfahlwerk mit teilweiſer Bohlenwand (Fig. 2); d) ſchwimmendes Leitwerk aus mehreren zuſammenhängenden Baumſtämmen oder Bäumen, die entſprechend beſchwert und am Anfang und Ende gehörig verankert ſind, ſo z. B. an Steinkäſten befeſtigt; e) eiſerne Drahtgitterwände von Döll [4]. Parallelwerke geſtatten in kürzeſter Zeit die Herſtellung eines regelmäßigen Flußbetts beſtimmter Abmeſſungen; letztere ſind aber damit unveränderlich feſtgelegt, müſſen alſo vor Anlage des Werkes genau erwogen werden. Sie erfordern gut geſicherte Böſchungen gegen die Angriffe des Waſſers (hauptſächlich am Ueberſturz) und beſondere Vorſichtsmaßregeln gegen die gefährlichen Hinterſtrömungen, werden deshalb relativ teuer in Anlage und Unterhaltung, haben ſich aber ſowohl bei Gebirgsflüſſen als auch bei Niederungsſtrömen gut bewährt und werden vielfach ſo verwendet, daß man ſie am konkaven Ufer anbringt, am gegenüberliegenden konvexen Ufer dagegen Buhnen anordnet (Verbundſyſtem); vgl. [1], [5], [6].

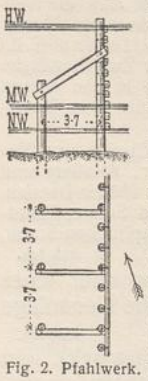


Fig. 2. Pfahlwerk.

Literatur: [1] Handb. d. Ing.-Wiſſenſch., 3. Teil, Bd. 6, Flußbau, Leipzig 1907. — [2] Deutſche Bauztg. 1888, S. 336. — [3] Roloff, Nordamerik. Waſſerbauweſen, Berlin 1895. — [4] Döll, Regulierung geſchiebeführender Waſſerläufe, Leipzig 1896. — [5] Zeitſchr. d. Oeſterr. Ing.- und Arch.-Ver. 1894, S. 343, 353, 360. — [6] v. Hohenburger, Die Murregulierung in Steiermark, Wien 1894.

Parallelzüge, in Geſchützrohren und Gewehrläufen die Züge, welche überall gleiche Breite haben; Gegenteil: Keilzüge.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Paramagnete, f. Magnetismus, Bd. 6, S. 279.

Paramatta, Köpergewebe, f. Weberei.

Paramente, die Meßgewänder, Altar- und Kanzelbekleidungen fowie der übrige ftoffliche Kirchenfchmuck; f. Altar und Kunftgewerbe.

Parameter, im allgemeinen jede Größe, die in einer Funktion neben den Veränderlichen enthalten ift.

Bei einem Kegelfchnitt (f. d.) ift der Parameter die Länge der im Brennpunkt auf der Hauptachfe fenkrechten Sehne. Der Halbparameter ift der Abftand des Brennpunkts von der nächftgelegenen Directrix, zugleich die Ordinate des Brennpunkts. Parameter heißt auch in der Mathematik eine Größe, die für ein fpezielles geometrifches Gebilde konftant, für eine Schar jedoch verfchieden ift und zur Unterfcheidung der einzelnen Individuen derfelben dient. So ift in der Schar der Kreife mit konftantem Radius, deren Mittelpunkte auf der x-Achfe liegen: $(x-a)^2+y^2=r^2$ der Parameter $=a$. Parameter heißen ferner die Größen, die zur Unterfcheidung der zu einer Gruppe gehörigen Transformationen dienen (f. Gruppentheorie). Werden die Koordinaten einer Kurve (Fläche) durch Funktionen einer (zweier) Größen dargeftellt, fo heißt die letztere ebenfalls Parameter. Die Werte des Parameters find bei diefer Parameterdarftellung den einzelnen Punkten der Kurve zugeordnet. Differentialparameter heißen nach Lamé die zur Gleichung $f(x, y)=0$ in rechtwinkligen Koordinaten gehörigen Größen

$$\left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)^2+\left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)^2 \text{ und } \frac{\partial^2 f}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 f}{\partial y^2}.$$

Wölffing.

Paramorphofen, f. Pfeudomorphofe.

Parapett, f. v. w. Brüftung (f. d.).

Parchend (Barchend), f. Weberei.

Pardune, ein zum ftehenden Gut eines Schiffes gehöriges Tau (Hanf oder Draht), mittels welchem eine Stenge feitwärts und nach achtern verftagt und geftützt wird. *T. Schwarz.*

Parfümerie, Induftriezweig zur Darftellung wohlriechender Präparate, f. Oele, ätherifche, Riechftoffe, künftliche.

Parian, f. v. w. Elfenbeinporzellan (f. d.).

Pariferblau (Antwerpener-, Berliner-, Diesbacher-, Eifen-, Englifch-, Erlanger-, Luifen-, Neu-, Oel-, Preußifch-, Reymonds-, Stahlblau [Bleu d'acier], Turnbulls-, Waffer-, Zwickauerblau), blaue Cyaneifenfarben (Ferrocyaneifen), die in ihrem äußeren Anfehen fowohl als auch in der Reinheit der Farbe fehr wefentliche Unterfchiede zeigen.

Häufig find fie vollkommen rein und dann tiefdunkelblau, beinahe fchwarzblau, und nehmen durch Reiben mit dem Fingernagel Kupferglanz an; vielfach aber erhalten fie indifferente Zufätze, wie Stärke, Schwerfpat, Gips, gebrannte und feingemahlene Tone, Kaolin, felten andre Stoffe, wodurch (namentlich bei Ton und Gips) die Farbe wefentlich heller wird, immer aber den eigentümlichen Farbenton des reinen Pariferblau beibehält. Die Güte eines Pariferblau läßt fich durch bloßes Anfehen nicht beurteilen, denn der Gehalt an reinem Pariferblau kann bei ganz gleichem und namentlich gleich dunkelm Anfehen doch ein ganz verfchiedener fein, was davon kommt, daß die vorgenannten üblichen Zufätze durch ihre verfchiedene Deckkraft, ein und derfelben Menge Pariferblau beigemifcht, deffen Farbenton ungleich herabdrücken. Stärke kann in fehr großer Menge beigefügt werden, und das Blau behält doch eine fehr dunkle Farbe, die ins Kupferfarbige zieht; fie erteilt der Farbe aber eine gewiffe Leichtigkeit, fo daß die Stärke keinen erdigen (oder überhaupt keinen) Zufatz vermuten läßt. Schwerfpat drückt die Farbe wegen feiner größeren Deckkraft bei gleichen Zufatzmengen viel bedeutender herab und macht das Gemifch verhältnismäßig viel fchwerer; dem Schwerfpat zunächft fteht Gips und ferner gebrannter Ton, welche beide die Farbe nicht fo fchwer machen aber in noch viel größerem Maße herabbringen.

Das Prinzip der Darftellung des Pariferblaus ift die Erzielung eines weißen Niederfchlages aus Löfungen von gelbem Blutlaugenfalz mit Eifenoxydulfalz, der dann durch Oxydationsmittel gebläut wird. Das Bläuen diefes Niederfchlages erfolgt auf die Weife, daß man denfelben in einem Keffel bis nahe zum Kochen erhitzt, ihn in Holzgefäße bringt und in denfelben zuerft mit beftimmten Mengen Salpeterfäure, dann mit englifcher Schwefelfäure, wobei fich falpetrigfaure Dämpfe bilden, behandelt. Die Maffe wird dann wiederholt ausgewafchen, abfiltriert oder abgepreßt, in länglich viereckige Stücke gefchnitten und zuerft an der Luft, dann in Trockenräumen bei 31—40° C. getrocknet. Auch Chlor, Salz- und Salpeterfäure, doppeltchromfaures Kali und Schwefelfäure werden zum Oxydieren des weißen Niederfchlages benutzt. Die durch Fällen von Eifenoxydfalzlöfungen mit gelbem Blutlaugenfalz erhaltenen Niederfchläge liefern fofort Pariferblau, doch find die Produkte nach dem Trocknen nicht fo fchön und feurig als die aus Eifenoxydulfalzen erzielten Farben, und das Verfahren hat in Deutfchland keinen Eingang gefunden. In jüngfter Zeit dient auch gebrauchte Gasreinigungsmaffe als Ausgangsmaterial für Pariferblau. Turnbullsblau ift der Niederfchlag der Löfungen von Eifenoxydulfalz mit rotem Blutlaugenfalz. Durch Erhitzen von Pariferblau wird folches in eine braune Farbe (Preußifchbraun, Berlinerbraun) übergeführt. *Andés.*

Parifergelb (Chromgelb), f. Chromfarben.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Pariſerrot, lebhaft gefärbte, ſehr feine Mennige, durch vorſichtiges Glühen von Bleiweiß erhalten, wobei die Kohlenſäure bis auf einen kleinen Teil entweicht. *Andés.*

Pariſerſchwarz, ſehr fein gemahlenes, gut deckendes Beinſchwarz; auch Ruß wird mitunter als ſolches abgegeben.

Pariſienne, gemuſtertes Seidengewebe, ſ. Weberei.

Park, großer Garten (ſ. d.) im ſogenannten natürlichen Stil; militäriſch die Vereinigung von Kriegsmaterial (Fuhr-, Geſchütz-, Luftſchiffer-, Munitionspark u. ſ. w.).

Parkett, -fußboden, ſ. Fußboden, Bd. 4, S. 219.

Parlamentshaus, Reichstags- oder Landtagsgebäude, ein öffentliches Gebäude, in welchem die von dem Volke gewählten Vertreter oder Abgeordneten tagen, in Sitzungen beraten und die Mitregierung ausüben; dasſelbe muß einen der Größe des Staats entſprechenden und würdigen Ausdruck geben. Je nach der Landesverfaſſung beſteht die Vertretung aus einer oder aus zwei Kammern oder Häuſern, und demgemäß ſind ein oder zwei Sitzungsſäle mit den nötigen Nebenräumen anzuordnen.

Für die räumliche Ausdehnung des Sitzungsſaals iſt die Anzahl der Vertreter, für welche der Flächenraum von ca. 1,50 qm nicht überſchritten werden ſollte, beſtimmend. Bei großen Sälen ſollte, um das Hören des geſprochenen Wortes nicht zu erſchweren, die Höhe in beſcheidenen Maßen gehalten werden. Zur Tagesbeleuchtung iſt hohes Seitenlicht oder auch Oberlicht zu beſchaffen. Die Sitzungsſäle ſind im unteren Geſchoſſe von Vorplätzen mit Kleiderablagen u. ſ. w. zu umgeben, darüber liegen die Galerien für das Publikum, für den Hof, Diplomatie, für die Preſſe u. ſ. w., welche auf getrennten Wegen ihren Zugang haben müſſen. In nächſter Nähe des Saales ſind die Arbeitszimmer des Vorſtands, der Schriftführer, der Stenographen ſowie Kanzleien u. ſ. w. anzulegen; ebenſo die Erholungs- und Leſeräume, Sprechzimmer u. ſ. w. der Abgeordneten. In beſonderen Abteilungen ſollen die Geſchäftszimmer der

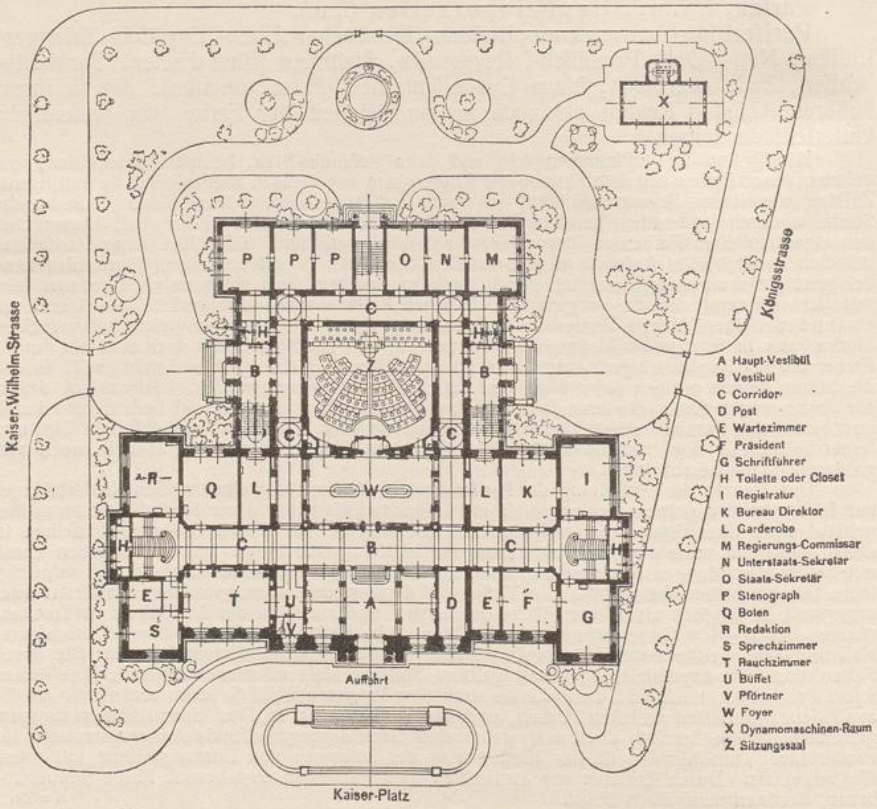


Fig. 1. Grundriß vom Erdgeſchoß des Landesausſchußgebäudes zu Straßburg i. E.

Regierungsvertreter, die Sitzungsfäle der Kommiffionen, Bibliothekräume, Empfangszimmer für den Hof liegen, jedoch alle in bequemer Verbindung mit den Haupträumen. Haupt- und Nebeneingänge mit Zufahrten, große Vorhalle mit Pförtnerzimmer, zugfreie Vorplätze und reiche Treppenanlagen vermitteln den inneren Verkehr. Wohnungen find zu befchaffen für den Hauswart und etwa folche für die Vorftände. — Ueber die Gefamtanordnung und die inneren Einrichtungen find in den Fachzeitfchriften zahlreiche Veröffentlichungen erfchienen, worauf hiermit verwiefen wird.

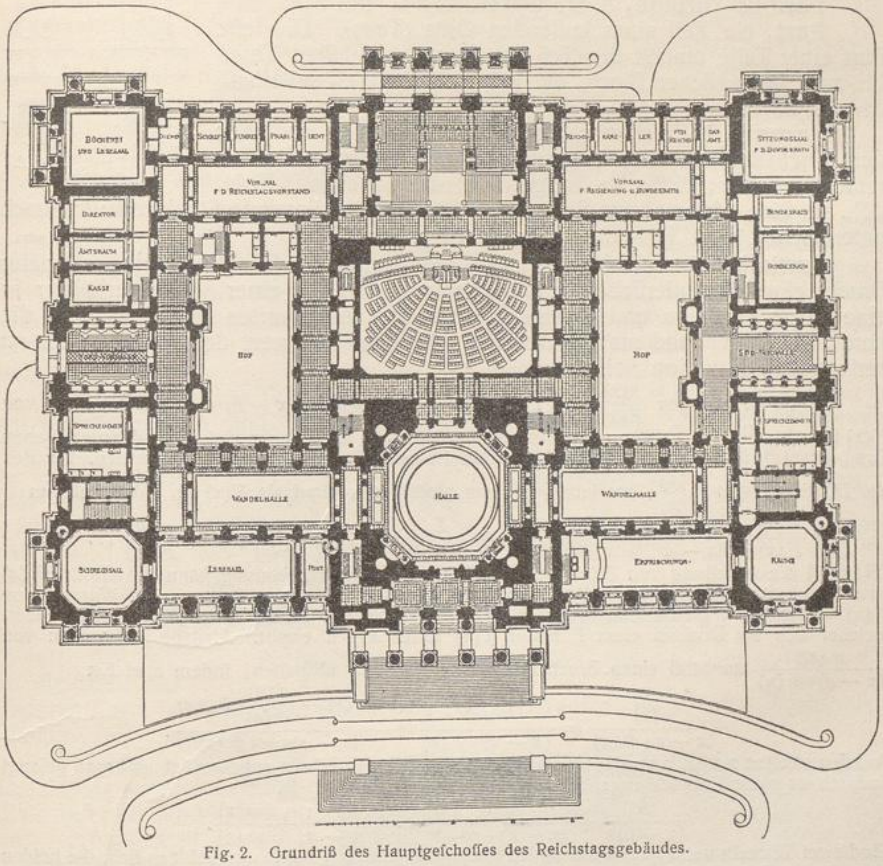


Fig. 2. Grundriß des Hauptgefchoffes des Reichstagsgebäudes.

Literatur: [1] Handbuch der Architektur, 4. Teil, 7. Halbbd., Darmftadt 1887, S. 404, Parlamentshäufer von H. Wagner und Paul Wallot. — [2] Encyclopédie d'arch. 1882, S. 25, Terrier, L'installation des parlements. — [3] Allgem. Bauztg., Wien 1883, S. 71, v. Ferftel, Reichstagsgebäude, Berlin 1869/70, S. 214; Ybl, Parlamentsgebäude Budapeft. — [4] Zeitfchr. für Bauwefen, Berlin 1887, S. 201, Ende & Böckmann, Landtagshaus in Danzig. — [5] Deutfche Bauztg., Berlin 1875, S. 263 ff., Hanfen, Entwurf zu dem öfterreichifchen Parlamentshaus Wien; 1885, S. 329, Das eidgenöffifche Parlamentsgebäude in Bern; 1893, S. 589 ff., Neckelmann, Landesausfchußgebäude in Straßburg; 1894, S. 541, Wallot, Reichshaus in Berlin. — [6] Zentralbl. der Bauverwalt., Berlin 1882, S. 229 ff., Reichstagsgebäude in Berlin; 1890, S. 145, Schulze, Parlamentsgebäude für Rom; 1894, S. 441, Streiter, Zur Baugefchichte des Reichstagshaufes in Berlin. — [7] The Builder, London 1869, S. 644, Lynn, Houses of parliament, Sydney; 1870, S. 425, Fuller & Lawer, Capitol for the state of New York; 1885, S. 135, Barry, Design for houses of parliament. — [8] Straßburg und feine Bauten, Straßburg 1894, S. 411 ff. — [9] Berlin und feine Bauten, Berlin 1896 (W. Ernft & Sohn), Bd. 2, S. 53 ff.

Weinbrenner.

Parfonsbolzen heißen Schraubenbolzen, deren Schaft auf den Querfchnitt des Schraubenkerns verfchwächt ift.

Indem hierbei der Schaft gleiche Spannung mit dem Kern erhält, entlaftet er bei plötzlich auftretenden Zugkräften durch feine Elaftizität den Kern und bietet daher größere Sicherheit gegen Bruch als ein Bolzen mit vollem Schaftquerfchnitt. Die Querfchnittsverminderung bildet man fo, daß der Schaft im Loch noch gut anliegt, und zwar durch vier Längsrillen (Fig. 1), oder für Schrauben in Stangenköpfen und Kreuzköpfen durch Ausbohren des Schaftes vom Kopf aus, meift aber durch Abdrehen des Schaftes bis auf kurze Stellen am Kopf und an

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

der Lagerfuge (Fig. 2). Wenn man das Gewinde über die ganze Länge bis zum Kopf hin schneidet, schwächt man zwar den ganzen Bolzen, ohne indes den Vorteil elastischer Streckbarkeit zu erreichen. — Fundamentanker, Dachzugstangen und andre lange Schrauben erhalten, zum Zweck der Materialersparnis, das Gewinde auf den durch Stauchung verdickten Enden und ähneln deswegen den Parsonsbolzen in ihrer Beanspruchungsweise. *Lindner.*

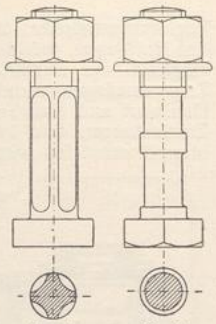


Fig. 1. Fig. 2. Parsonsbolzen.

Parsons-Turbine, s. Dampfturbine, Bd. 2, S. 633.

Part, ein Teil eines laufenden Guts (Taus). Die feste Part einer Talje umfaßt den Teil des Taues vom festen Tamp bis zum beweglichen Block, die lose Part den Teil außerhalb der Talje. *T. Schwarz.*

Parterre, 1. Zuschauerplatz im Theater (s. d.), zwischen dem Orchester und den Logenreihen gelegen und mit Sitzreihen versehen; 2. s. v. w. Erdgeschoß, das zu ebener Erde, d. h. um eine oder mehrere Stufen über Straßenhöhe liegende Stockwerk; hiernach unterscheidet man Tief- oder Hochparterre. *Weinbrenner.*

Partialbrüche (Teilbrüche). Eine rationale Funktion (ein rationaler Bruch) einer Veränderlichen x läßt sich immer nur in einer Weise zerfällen: in eine ganze Funktion und in eine Summe von sogenannten Partialbrüchen, die konstante Zähler und als Nenner die einzelnen Faktoren des Nenners der zu zerlegenden Funktion haben.

Es sei zu zerlegen $\frac{f(x)}{F(x)}$, wo $F(x)=(x-a)(x-b)\dots(x-l)$, d. h. die Faktoren von $F(x)$ seien zunächst alle reell und voneinander verschieden. Ist $F(x)$ von gleichem oder niedrigerem Grad als $f(x)$, so muß zunächst durch Division die ganze Funktion abgespalten werden. Der Rest der Division ergibt $\frac{\varphi(x)}{F(x)}$, wo jetzt $\varphi(x)$ von niedrigerem Grad als $F(x)$ ist. Man hat nun

$$\frac{\varphi(x)}{F(x)}=\frac{A}{x-a}+\frac{B}{x-b}+\dots+\frac{L}{x-l},\ \text{wo}\ A=\frac{\varphi(a)}{F'(a)},\ B=\frac{\varphi(b)}{F'(b)}\dots$$

[$F'(x)$ ist die Ableitung von $F(x)$]. Anstatt durch Differentialrechnung kann die Größe $F'(a)$ auch durch rein algebraische Prozesse ermittelt werden. Es mögen ferner α der Wurzeln von $F(x)=0$ einander gleich sein, so daß $F(x)=(x-a)^\alpha\Phi(x)$. Es sei ferner $f_\alpha(x)$ der Quotient, welcher sich bei Division einer Funktion $f(x)$ durch $x-a$ ergibt. Alsdann kann man von $\frac{\varphi(x)}{(x-a)^\alpha\Phi(x)}$ zunächst einen Bruch mit Nenner $(x-a)^\alpha$ abspalten, indem man hat

$$\frac{\varphi(x)}{(x-a_\alpha\Phi(x)}=\frac{\varphi(a)}{(x-a)^\alpha\Phi(a)}+\frac{\varphi_\alpha(x)-\frac{f(a)}{\Phi(a)}\Phi_\alpha(x)}{(x-a)^{\alpha-1}\Phi(x)}.$$

Auf den zweiten rechts stehenden Ausdruck wird dasselbe Verfahren angewendet und man gelangt dadurch zu einer Entwicklung:

$$\frac{A}{(x-a)^\alpha}+\frac{A_1}{(x-a)^{\alpha-1}}+\dots+\frac{A_{\alpha-1}}{x-a}+\frac{\psi(x)}{\Phi(x)}.$$

Sind zwei Wurzeln von $F(x)=0$ komplex konjugiert, z. B. $a\pm bi$, so empfiehlt es sich, die beiden betreffenden Partialbrüche auf gemeinsamen Nenner zu bringen, wodurch ein Bruch mit linearem Zähler und quadratischem Nenner entsteht von der Form $\frac{\lambda x+\mu}{(x-a)^2+b^2}$. Bei der praktischen Ausrechnung von Beispielen empfiehlt es sich vielfach, die Partialbruchzerlegung zunächst mit unbestimmten Koeffizienten anzuschreiben und, indem man die Partialbrüche wieder auf gemeinsamen Nenner bringt, die Koeffizienten durch Koeffizientenvergleichung zu bestimmen. Beispiel

$$\frac{f(x)}{F(x)}=\frac{x^6-x^5-8x^3+3x^2+10x+5}{x^5+x^4-x^3-3x^2+2},$$

wo der Nenner gleich $(x-1)^2(x+1)(x^2+2x+2)$, gibt durch Abspalten der ganzen Funktion und Anschreiben der Partialbruchentwicklung:

$$\frac{f(x)}{F(x)}=x-2+\frac{A}{(x-1)^2}+\frac{A_1}{x-1}+\frac{B}{x-1}+\frac{Cx+C_1}{x^2+2x+2}.$$

Die Vereinigung der Brüche ergibt für die unbekannten Koeffizienten die Relationen

$A_1+B+C=3$; $A+2A_1+C_1-C=-7$; $3A+A_1-B-C-C_1=-3$;
$4A-2A_1-2B+C-C_1=8$; $2A-2A_1+2B+C_1=9$, hieraus $A=1$; $A_1=-2$; $B=2$, $C=3$; $C_1=-1$, also

$$\frac{f(x)}{F(x)}=\frac{1}{(x-1)^2}-\frac{2}{x-1}+\frac{2}{x+1}+\frac{3x-1}{x^2+2x+2}.$$

Die Partialbruchzerlegung ist für die Integration der rationalen Funktionen von Wichtigkeit.

Literatur: [1] Serret, Lehrbuch der Differential- und Integralrechnung, deutsch von Harnack, I, Leipzig 1884, Kap. 12. — [2] Reuschle, Abgekürzte algebraische Division bei quadratischem und höherem Divisor, Zeitschr. für Mathematik und Physik 41, 93—102 (1896). *Wölffing.*

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Parzelle, ein Grundſtück, welches ſachlich ungeteilt nur einem Eigentümer oder einer Eigentümergruppe gehört, im Grundbuch nur ein Rechtsobjekt bildet, ganz in der nämlichen Feldlage liegt und demſelben Gemeindebezirke angehört ſowie von gleicher Kulturart iſt. Weiteres ſ. Kataſter, Bd. 5, S. 404, ſowie die dort angegebene Literatur. *(† Reinkertz) Hillmer.*

Parzelle. Durch das Zerlegen eines größeren, im Beſitz eines einzelnen oder im gemeinſamen Beſitz mehrerer befindlichen Grundſtücks in getrennte Teile mit verſchiedenen Eigentümern entſtehen ſelbſtändige kleinere Grundſtücke, Parzellen. Zuweilen verſteht man darunter auch einzelne, durch willkürliche oder natürliche Grenzen getrennte Teile eines größeren Gutes. Ueber die Entſtehung, die Vorteile und Nachteile der Parzellierung ſ. Feldbereinigung. *Lubberger.*

Pascalſches Theorem. Die drei Durchſchnittspunkte der Gegenſeitenpaare eines in einen Kegelſchnitt eingeſchriebenen Sechsecks liegen in einer geraden Linie.

Literatur: [1] Dziobek, Neue Beiträge zur Theorie des Pascalſchen Sechsecks, Berlin 1882. — [2] Graefe, Der Pascalſche Satz, Bern 1879. — [3] Klug, Die Konfiguration des Pascalſchen Sechsecks im allgemeinen und in vier ſpeziellen Fällen, Klauſenburg 1898. *Wölffing.*

Paß, allgemein im Bergbau ſ. v. w. Strecke (ſ. d.) von kleinem Querſchnitt, z. B. Schleppaß, Wetterpaß. Beim alpinen Salzbergbau ſ. v. w. Schicht; Präpaß ſind die zur Frühſchicht, Zaglpaß die zur Mittagsſchicht anfahrenden Bergleute. *Treptow.*

Paß, weſentlicher Teil eines gotiſchen Maßwerks (ſ. d.), beſteht aus einem mit Kreisſegmenten und Naſen (ſ. d.) ausgefüllten Kreis, Quadrat oder einer ſonſtigen Form. Je nach der Anzahl der Naſen entſteht der Dreipaß (Fig. 1 u. 2), Vierpaß (Fig. 3), Fünf- oder Sechspaß u. ſ. w. In ſpäterer Zeit tritt an die Stelle der ſtrengen Form des Paſſes die geſtreckte Fiſchblaſe (ſ. d., Bd. 4, S. 43), (franzöſiſch Flamboyant). *Weinbrenner.*

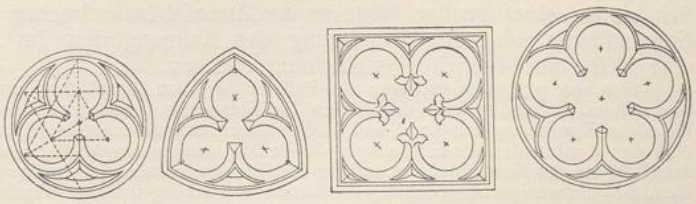


Fig. 1 und 2. Dreipaß. Fig. 3. Vierpaß. Fig. 4. Fünfpaß.

Paſſage, 1. öffentlicher Durchgang durch ein Grundſtück oder Gebäude; beſonders verſteht man darunter 2. einen zwiſchen Gebäuden angelegten breiten Gang, welcher in belebten Stadtteilen volkreicher Städte eine Verbindung zwiſchen zwei Hauptſtraßen herſtellt, bei welcher der Wagenverkehr ausgeſchloſſen iſt; zu beiden Seiten befinden ſich Verkaufs- oder Erfriſchungslokale, und ein Glasdach ſchützt gegen Regen u. ſ. w.



Schon in früher Zeit im Orient gebräuchlich, kamen die Paſſagen im Mittelalter in Italien, Spanien und Deutſchland auf; in der Neuzeit in Paris wieder zuerſt aufgebracht, finden ſolche Anlagen in allen großen Handelsſtädten Anwendung; die ſchönſte Paſſage iſt die Galeria Vittorio Emanuele in Mailand (ſ. die Figur).

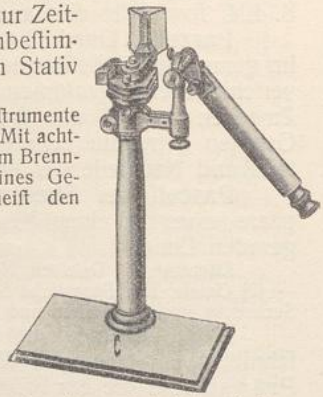
UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Literatur: [1] Baukunde des Architekten, Bd. 2, Berlin 1884, S. 1085 ff. — [2] Klaſen, L., Grundrißvorbilder von Gebäuden aller Art, Leipzig 1884. — [3] Handb. der Architektur, 4. Teil, 2. Halbbd., Heft 2, Geſchäfts- und Kaufhäuſer u. ſ. w., Stuttgart 1902, S. 128 ff. *Weinbrenner.*

Paſſagen, ſ. Baumwollſpinnerei, Kammgarnſpinnerei.

Paſſageninſtrumente, ſ. Durchgangsinſtrumente.

Paſſagenprisma, einfaches, kleines Inſtrument zur Zeitbeſtimmung, in andrer Anordnung auch zur Polhöhenbeſtimmung brauchbar, am Fenſterrahmen oder auf kleinem Stativ zu befeſtigen.



Dem Dipleidoſkop vergleichbar (Bd. 2, S. 777); ſolche Inſtrumente ſind von Dent, Steinheil, Plößl u. a. konſtruiert worden. Mit achtmal vergrößerndem Fernröhrchen von 7 mm Oeffnung und 54 mm Brennweite Preis etwa 20—30 ℳ. — Der Moment des Durchgangs eines Geſtirns (der Sonne) durch einen beſtimmten Stundenkreis (meiſt den Meridian) wird durch die als Folge mehrfacher Reflexion an den Seiten des Prismas eintretende Koinzidenz zweier Bilder desſelben Objekts, die ſich in entgegengeſetzter Richtung bewegen, bezeichnet. — Die Figur ſtellt ein ſolches Inſtrument von Plößl in Wien dar; vgl. [1]—[3].

Literatur; [1] Aſtron. Nachr., Nr. 569. — Ausführlicher in [2] Kunſt- und Gewerbeblatt für Bayern, München 1845, S. 4—13. — [3] Ambronn, L., Handbuch der aſtronomiſchen Inſtrumentenkunde, Berlin 1899, S. 964 ff.

Paſſatwinde (engliſch tradewinds, franzöſiſch alizés), die auf beiden Seiten der Kalmenzone wehenden, auf ihrer Nordſeite nordöſtlichen, auf ihrer Südſeite ſüdöſtlichen Winde, die, im ganzen Jahre aus den gleichen Richtungen wehend, ſich bis zu einer großen Höhe in der Atmoſphäre erſtrecken und mit der dem Sonnenſtande folgenden Wanderung des Kalmengürtels im Laufe des Jahres eine kleine nord-ſüdliche Verſchiebung erfahren.

Am regelmäßigſten gelangen die Paſſate über dem Atlantiſchen und dem Stillen Ozean in größerer Entfernung von den Küſten zur Entwicklung, während in deren Nähe die verſchiedene Erwärmung von Land und Meer vielfach eine ablenkende Wirkung ausübt und auch über den Kontinenten die Erſcheinung der Paſſate weniger regelmäßig und kräftig auftritt. Auf der Nordſeite des Nordoſtpaſſates und der Südſeite des Südoſtpaſſats treffen wir über den Ozeanen die mehr oder weniger ausgedehnten konſtanten Hochdruckgebiete der Wendekreiſe, die in Wechſelwirkung mit dem niedrigen Luftdrucke über dem Kalmengebiet, wo die warme feuchte Luft aufſteigt, unter gleichzeitiger Einwirkung der Erdrotation die Paſſatwinde hervorrufen. *Großmann.*

Paſſepartouts (engliſche Kartons), die aus Pappe, Holz oder Karton hergeſtellten Bildeinfaſſungen, welche den Uebergang zur eigentlichen Umrahmung bilden, oder, in Ermanglung einer ſolchen, dieſelbe erſetzen müſſen.

Genaueres über die Anfertigung derſelben in Leo, Allgemeiner Anzeiger für Buchbindereien, Stuttgart 1896. *H. Saalfeld.*

Paſſigdrehen, Paſſigdrehbank. Paſſigdrehen bezeichnet die Bearbeitung von Arbeitsſtücken durch Drehen (ſ. d.), wobei während einer Umdrehung des Arbeitsſtücks dieſes ſelbſt oder das Werkzeug in der Regel mehrfach ſich wiederholende Verſchiebungen ausführt, ſo daß die Bearbeitung nach Kurven (z. B. Wellenlinien) erfolgt.

Iſt die Kurve eine Ellipſe, ſo ſpricht man von Ovaldrehen (ſ. d.). Das in Bd. 5, S. 62 erwähnte Hinterdrehen fällt ebenfalls unter den Begriff des Paſſigdrehens.

Die Paſſig- oder Unrunddrehbänke kommen in folgenden Ausführungen vor:

A. Die zum Paſſigdrehen notwendige Verſchiebung (ſ. oben) führt das Werkzeug aus, ſo daß alſo dieſes während einer Umdrehung des Arbeitsſtücks hin und her bewegt wird. Man verwendet hierfür rotierende Schablonen (Patronen), mit deren Hilfe der Werkzeugſupport die hin und her gehende Bewegung ausführt. Die Form dieſer Schablonen läßt ſich vereinfachen, wenn die Verſchiebung ſich verſchiedenemal gleichmäßig während einer Umdrehung des Arbeitsſtücks wiederholt, indem man die einer Verſchiebung entſprechende und während einer ſolchen ſich einmal drehende Schablone der Anzahl der Wiederholungen entſprechend oft ſich drehen läßt.

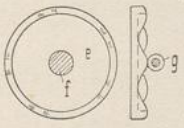


Fig. 1.

B. Die zum Paſſigdrehen notwendige Verſchiebung wird vom Arbeitsſtück ausgeführt, das ſich außerdem um ſeine Achſe dreht: a) Muß die Verſchiebung der Form des Arbeitsſtücks entſprechend in der Richtung der Achſe der Drehbankſpindel erfolgen, ſo iſt dieſe ſo zu lagern, daß ſie ſich in der Richtung ihrer Achſe verſchieben kann. Ihre Verſchiebung erfolgt (Fig. 1) mit Hilfe einer Schablone (Patrone) *e*, die, auf der verſchiebbaren Achſe *f* befeſtigt, ſich mit dieſer dreht und gegen einen feſtſtehenden Stift oder Rolle *g* mit Hilfe eines Gewichts oder einer Feder angedrückt wird. —

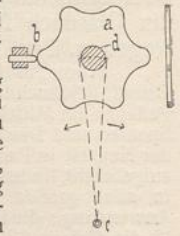


Fig. 2.

b) Muß die Verſchiebung ſenkrecht zur Drehachſe erfolgen, ſo wird bei der Verwendung von Schablonen der Spindelſtock um eine Achſe ſchwingend oder auch parallel verſchiebbar angeordnet. Die Schablone *a* (Fig. 2) ſitzt auf der Spindel *d* und wird durch Gewicht oder Feder gegen einen feſtſtehenden Stift *b* angedrückt. — Ohne Verwendung von Schablonen arbeitet die Paſſigdrehbank (Univerſaldrehbank) von Koch & Müller. Bei dieſer durchläuft die Achſe während eines Arbeitsſtücks *n*-mal einen Kreis [1].

Literatur: [1] Kick, Fr., Vorleſungen über mechan. Technologie, 2. Aufl., Leipzig und Wien 1908, S. 446—449. — [2] Karmarſch und Heerens Techn. Wörterbuch, 1877, 3. Aufl., Bd. 2, S. 699. — [3] Weisbach-Herrmann, Lehrbuch der Ingenieur- und Maſchinenmechanik, Braunſchweig 1906, 2. Aufl., 3. Teil, 3. Abt., 1. Hälfte, S. 982—987. — [4] Ebend., S. 972—982. — [5] Verhandl. des Ver. zur Beförderung des Gewerbefleißes in Preußen 1876, S. 310. *A. Widmaier.*

Paſſometer, ſ. Schrittzähler.

Paßſchienen, Schienen von beſtimmten kürzeren Längen als die normale Schienenlänge, z. B. 9,0 m und 7,5 m bei 12 m Normallänge.

Sie werden benutzt auf freier Strecke, um zu vermeiden, daß ein Schienenſtoß an eine nicht gewünſchte Stelle, z. B. in einen ſchienengleichen Wegübergang, auf einen offenen Durchlaß u. ſ. w., zu liegen kommt, auf Stationen vor und in Weichen, damit nicht zu kurze Schienenſtücke zur Verwendung kommen, und hinter Herzſtücken, um den winkelrechten Schienenſtoß und damit den Beginn des regelmäßigen Gleiſes zu erreichen, ohne Schienen kürzen zu müſſen. S. a. Oberbau, Bd. 6, S. 704. *Kübler.*

Paſſung (im Maſchinenbau u. ſ. w.). Zwei zuſammengehörige Teile müſſen in der Regel durch Bearbeiten zueinander paſſend gemacht werden. Der Grad der Genauigkeit der Paſſung hängt von verſchiedenen Umſtänden ab; bei Maſchinen z. B. von der Art der Maſchinen, ferner davon, ob die zuſammengehörigen Teile eine Verſchiebung gegeneinander geſtatten müſſen oder nicht, ob zwiſchen beiden ein Spielraum für Schmiermaterial vorhanden ſein muß.

Man unterſcheidet in dieſer Hinſicht beim Zuſammenſetzen von Maſchinen u. ſ. w. folgende Hauptklaſſen von Paſſungen [1]:

1. den Lauffitz (laufend und leichtlaufend) für Teile, welche unter Verwendung von Schmiermaterial ſich leicht aufeinander ſchieben oder drehen;

2. den feſten Sitz: a) den Schiebeſitz für Teile, welche ſich gerade mit der Hand oder höchſtens mit Hilfe eines Stücks Hartholz zuſammenſtecken laſſen; b) den Keilſitz für Teile, die ſich durch gewöhnliche Werkſtattmittel (Zinn- oder Handhammer, Stauchklotz und Handdornpreſſe) vereinigen und trennen laſſen;

3. den Gewaltſitz: a) Den Preßſitz für Teile, die zur endgültigen Vereinigung unter Aufwendung großer Gewalt (z. B. durch Schrauben- oder hydrauliſche Preſſe) zuſammengepreßt werden und nicht wieder getrennt werden ſollen; b) den Schrumpfſitz für Teile, die, zu ähnlichem Zweck wie beim Preßſitz, lediglich durch den Einfluß der Wärmewirkungen feſt miteinander verbunden werden.

Um ſich beim Zuſammenſetzen von Maſchinen u. ſ. w. von dem Urteil und dem Gefühl der Arbeiter ſowie von ſonſtigen Faktoren unabhängig zu machen, hat man in vielen Maſchinenfabriken u. ſ. w. aus der Erfahrung heraus beſtimmte Beträge für die Lockerheit oder Straffheit feſtgeſetzt. Unerläßlich iſt die Feſtſetzung ſolcher Beträge bei der Herſtellung von austauſchbaren Teilen, wobei infolge der Forderung, daß jedes beliebige Stück an die Stelle des andern paſſen muß, und der Unmöglichkeit, zwei Arbeitsſtücke in ihren Abmeſſungen genau gleich zu machen, dieſe Beträge innerhalb gewiſſer Grenzen gehalten werden müſſen, was zur Ausbildung und Benutzung von Grenzlehren (ſ. Meßwerkzeuge) für die Anfertigung austauſchbarer Arbeitsſtücke Anlaß gegeben hat.

Literatur: [1] Schleſinger, G., Die Paſſungen im Maſchinenbau (Diſſertation), Berlin 1904. — [2] Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1903, 19. Sept. und 3. Okt. — [3] Moderne Meßwerkzeuge, Broſchüre der A.-G. Ludwig Löwe & Co., Berlin, 2. Aufl. *A. Widmaier.*

Paßverfahren (im Maſchinenbau u. ſ. w.), ſ. Paſſung.

Paſtellfarben, Paſtellſtifte zur Ausführung der als Paſtellmalerei bekannten Trockenmalerei, farbige Bleiſtifte von beſonders weicher, leicht Farbe abgebender Beſchaffenheit, aus einem weichen, auf das feinſte gemahlenen Mineral von geringer Härte (Gips, Speckſtein, Ton) mit den erforderlichen Farbkörpern und einer gewiſſen Menge Bindemittel gemengt. gerade ausreichend, um die pulverigen Körper zuſammenzuhalten. *Andés.*

Paſtellſtiftdruck, ſynchrones Farbendruckverfahren (vgl. Farbendruck) nach der Art des Blockdrucks (ſ. d.); von Senefelder Oelgemäldedruck genannt. *A. W. Unger.*

Paſten, plaſtiſche Maſſen (ſ. d.), auch Gipsabdrücke, Edelſteinnachahmungen aus Glas, Glasſtiften zur Moſaikmalerei; ſ. Moſaik.

Paſtenmalerei iſt die Ausführung meiſt reliefartiger Verzierungen auf beſſeren Tonwaren aus Steingut, Steinzeug, Porzellan.

Dieſe Kunſt kann ſowohl auf dem lufttrockenen als auch auf dem geſchühten Scherben zur Anwendung kommen. Zur Ausführung bedient man ſich der ſogenannten Tonpaſte, die

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

aus der Glaſur- und Scherbenmaſſe zuſammengemiſcht wird. Dieſe kann ſowohl weiß als auch farbig ſein. Zum Auftragen benutzt man entweder einen Pinſel oder ein zu einer Spitze ausgezogenes Glasröhrchen. *Dümmler.*

Paſtofirnis, kautſchukartige Subſtanz aus dem Hochlande von Makao (aus der Nähe von Quito), dem öſtlichen Abhange der Anden.

Sie iſt angeblich vegetabiliſchen Urſprungs; durch Digerieren mit Alkohol wird ſie von ein wenig grünem Harz befreit; ſie iſt dann farblos und beſitzt viele Eigenſchaften des Kautſchuks, iſt zäh, läßt ſich in dünne Häute ausdehnen, welche als Firnis für hölzerne Gefäße angewendet werden. Getrocknet und auf 130° C. erhitzt, ſchmilzt die Subſtanz, iſt nach dem Erkalten zäh, braun, in allen Verhältniſſen in Alkohol, Aether, Terpentinöl löslich. *Andés.*

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

Patente (Erfindungspatente) ſind vom Staat auf Antrag gewährte Sonderrechte auf zeitweiligen Schutz gewerblicher Erfindungen, mit der Maßgabe, daß die Erfindungen der Allgemeinheit preisgegeben werden, damit der Fortſchritt der Induſtrie und der Technik gefördert wird.

Patente werden jetzt faſt von allen Kulturſtaaten erteilt; ausgenommen iſt von größeren Staaten Europas nur noch Holland, das den vor geraumer Zeit in Ausſicht geſtellten Patentſchutz immer noch nicht gewährt hat.

Die Anforderungen hinſichtlich der Patentfähigkeit einer Erfindung oder Neuerung, die Vorgänge bei Erteilung eines Patents, ſeine Schutzdauer und die dem Patentinhaber für die Aufrechterhaltung des Schutzes bis zur Höchſtdauer obliegenden Pflichten ſind in den einzelnen Ländern verſchieden. Nach dem Vorbild von Deutſchland beruht die Erteilung der Patente auf einer Vorprüfung des Patentamts und auf einem Aufgebotsverfahren, das den beteiligten Kreiſen Gelegenheit gibt, ihre Einſprüche gegen die Erteilung des Patents geltend zu machen. Dieſes Syſtem beſitzen außer Deutſchland z. B. Oeſterreich, Dänemark, Norwegen, Schweden, Japan, und auch England hat ſich unlängſt angeſchloſſen, wenn auch mit gewiſſen Einſchränkungen, während dort bisher nur das Aufgebotsverfahren beſtand. Ungarn hat ein reines Aufgebotsverfahren, keine Vorprüfung, die Vereinigten Staaten von Nordamerika und Rußland hingegen kennen nur die Vorprüfung, kein Aufgebot. Die Mehrzahl der Länder, darunter Frankreich, Belgien, Italien, die Schweiz, Spanien, befolgen das reine Anmeldeſyſtem, d. h. die Patente werden ohne weiteres erteilt, ſobald die formellen Anforderungen der betreffenden Geſetze erfüllt ſind. In den meiſten Ländern bedarf der Ausländer zur Nachſuchung und zur Vertretung des Patents eines im Inlande anſäſſigen Vertreters. Dem Aufgebot der Patentanmeldungen dienen amtliche Bekanntmachungen, die ſeitens der Beteiligten oder ihrer Vertreter zu verfolgen ſind, damit gegebenenfalls Einſprüche erhoben werden können, wofür regelmäßig eine Friſt, etwa von 2 Monaten, geſetzt iſt. Solche Bekanntmachungen erläßt das deutſche Patentamt im Reichsanzeiger zweimal wöchentlich und in dem einmal wöchentlich erſcheinenden Patentblatt, das öſterreichiſche Patentamt zweimal monatlich im öſterreichiſchen Patentblatt, das engliſche Patentamt wöchentlich im „Illustrated Official Journal (Patents)". Aehnlich iſt es in Ungarn, wo die Vereinigung der ungariſchen vereideten Patentanwälte zweimal monatlich die Auslegungen in deutſcher Sprache erſcheinen läßt. Die Bekanntmachung beſchränkt ſich auf das Aktenzeichen, Gegenſtand der Erfindung und Namen des Anmelders; in Oeſterreich iſt eine Kennzeichnung des beanſpruchten Weſens der Erfindung zugefügt.

Durch das Patent, über das eine Patenturkunde ausgeſtellt wird, erhält der Inhaber während der Geltungsdauer des Schutzes das ausſchließliche Recht zur gewerbsmäßigen Benutzung der geſchützten Erfindung, nämlich zum Herſtellen und Inverkehrbringen des patentierten Erzeugniſſes, zum Bau und Betrieb der patentierten Maſchine oder Einrichtung, zur Anwendung des patentierten Verfahrens chemiſcher oder mechaniſcher Art. Es wird ſo durch die zeitweilige Beſchränkung des Wettbewerbs dem Patentinhaber die Gelegenheit gegeben, aus der Verwertung ſeiner Erfindung einen größeren Nutzen zu ziehen, um ihn für die durch ſeine Erfindung erzielte Förderung der Induſtrie zu belohnen. Das Patentrecht iſt ein veräußerliches und vererbliches Vermögensrecht; die Uebertragung kann durch Verkauf oder durch Einräumung ausſchließlicher Nutzungsrechte (Lizenz) ganz oder teilweiſe erfolgen. Vgl. a. Patentgeſetz. *Hans Heimann.*

Patentgeſetz. Der Patentſchutz gründet ſich in Deutſchland auf das Patentgeſetz vom 7. April 1891, das am 1. Oktober 1891 in Kraft getreten iſt; er bildet zuſammen mit dem Schutz von Gebrauchsmuſtern (1. Juni 1891), dem Urheberrecht an Muſtern und Modellen (11. Januar 1876) und dem Schutze der Warenbezeichnungen (12. Mai 1894) die Geſamtheit der eigentlichen gewerblichen Urheberrechte.

Die Grenze zwiſchen den einander am nächſten ſtehenden Patenten und Gebrauchsmuſtern iſt nicht ſtreng gezogen. Sie wird dadurch gebildet, daß der für ſogenannte kleine Erfindungen beſtimmte Gebrauchsmuſterſchutz bei gewiſſen Neuerungen ausgeſchloſſen iſt, ſo für Errungenſchaften der chemiſchen Technik und für Erfindungen, die als Verfahren zu kennzeichnen ſind.

Gemäß § 1 Abſ. 1 des Patentgeſetzes werden Patente erteilt für **neue Erfindungen, welche eine gewerbliche Verwertung geſtatten.** Ausgenommen von dem Patentſchutz ſind 1. Erfindungen, deren Verwertung den Geſetzen oder guten Sitten zuwiderlaufen würde; 2. Erfindungen von Nahrungs-, Genuß- und Arzneimitteln ſowie von chemiſchen Stoffen; jedoch laſſen ſich beſtimmte Verfahren zur Herſtellung dieſer Gegenſtände oder Stoffe durch Patente ſchützen. Die Bedingung der gewerblichen Verwertbarkeit faßt das Patentamt dahin auf, daß die

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Erfindung innerhalb einer auf die Gewinnung, Verarbeitung oder Bearbeitung von Rohſtoffen gerichteten Tätigkeit benutzbar ſein, daß ſie ſich durch die Verwertung techniſcher, den Kräften der Natur entnommener Mittel darſtellen laſſen muß. Daher ſind neue Schriftſyſteme, Verſicherungsarten u. dergl. nicht patentfähig. Die Anforderungen hinſichtlich der Neuheit einer Erfindung ſind dann nicht erfüllt, wenn eine Vorwegnahme in öffentlichen Druckſchriften der letzten 100 Jahre oder durch offenkundige Benutzung im Inlande nachweisbar iſt, derart, daß danach die Benutzung durch andre Sachverſtändige möglich erſcheint.

Für die **Priorität** iſt im allgemeinen der Tag der Anmeldung beim Patentamte maßgebend. Es kommen jedoch hierbei auch Staatsverträge mit andern Ländern in Betracht. In den zuſammen mit Deutſchland der Internationalen Union zum Schutze des gewerblichen Eigentums angehörigen Staaten: Belgien, Braſilien, Cuba, Curaçao, Dänemark, Dominikaniſche Republik, Frankreich, Großbritannien, Italien, Japan, Neuſeeland, Niederlande, Niederländiſch-Indien, Norwegen, Portugal, Queensland, Schweden, Schweiz, Serbien, Spanien, Surinam, Tunis, Vereinigte Staaten von Nordamerika, läßt ſich von Angehörigen dieſer Staaten die Priorität der erſten Anmeldung in einem der zugehörigen Staaten in Anſpruch nehmen, wenn innerhalb 12 Monaten die Anmeldung in Deutſchland bewirkt wird. Bei Patenten, die zuerſt in Oeſterreich oder in Ungarn angemeldet wurden, genießen nach einem Uebereinkommen zwiſchen Deutſchland und dieſen Ländern Angehörige der Vertragsſtaaten ein Prioritätsrecht, vorausgeſetzt, daß binnen 3 Monaten nach Zuſtellung des öſterreichiſchen oder ungariſchen Erteilungsbeſchluſſes die Anmeldung in Deutſchland bewirkt wird. Bei widerrechtlicher Entnahme einer Erfindung kann der im Einſpruch obſiegende Verletzte ſeinerſeits anmelden und als Prioritätsdatum den Tag vor Bekanntmachung der widerrechtlichen Anmeldung beanſpruchen.

Anſpruch auf ein Patent hat derjenige Anmelder (Perſon, Firma oder Geſellſchaft), dem die früheſte Priorität zukommt. Ein Zuſatzpatent (ſ. unten) wird nur dem Inhaber des Hauptpatents erteilt.

Die **Wirkung des Patents** beſteht in der ausſchließlichen Befugnis des Patentinhabers, den Gegenſtand der Erfindung gewerbsmäßig herzuſtellen, in Verkehr zu bringen, feilzuhalten oder zu gebrauchen. Die Wirkung des Patentes tritt gegenüber demjenigen nicht ein, welcher zur Zeit der Anmeldung die Erfindung im Inlande bereits in Benutzung genommen oder die zur Benutzung erforderlichen Veranſtaltungen getroffen hatte. Dieſes ſogenannte Vorbenutzungsrecht erſtreckt ſich aber nur auf die Bedürfniſſe des eignen Betriebes, wenn auch die Benutzung in fremden Werkſtätten geſchehen kann. Das Vorbenutzungsrecht iſt nur mit dem Betriebe übertragbar.

Der Wirkung des Patents begibt ſich der Patentinhaber freiwillig gegenüber dem **Lizenznehmer.** Unter der Abgabe einer Lizenz verſteht man die Einräumung von Nutzungsrechten nach Art des Pachtverhältniſſes dergeſtalt, daß der Patentinhaber gegen Zahlung einer einmaligen Entſchädigung oder gegen wiederholte Leiſtungen, etwa nach dem Umſatz der patentierten Gegenſtände oder dergl., für ein beſtimmtes Gebiet und für beſtimmte Zeit oder ohne dieſe Beſchränkungen auf ſein Ausſchließungsrecht gegenüber dem Lizenznehmer verzichtet. Der Lizenzgeber bleibt aber Patentberechtigter; er allein hat im allgemeinen das Klagerecht. Eine ausſchließliche Lizenz beſteht dann, wenn der Patentinhaber das Ausübungsrecht einem einzigen Dritten ausſchließlich erteilt. Auch hier bleibt der Lizenzgeber Inhaber des Patents. Die ausſchließliche Lizenz kann wie die gewöhnliche Lizenz zeitlich oder örtlich beſchränkt ſein. Der Inhaber einer ausſchließlichen Lizenz mag ſeinerſeits weiter Lizenzen vergeben, gegen Patentverletzung klagen, Strafantrag ſtellen u. ſ. w. Ein Recht zum Rückfordern der gezahlten Entſchädigungen hat der Lizenznehmer im allgemeinen auch dann nicht, wenn das Patent während der Lizenzdauer für nichtig erklärt wird, da der Schutz für die Zeit vor der Nichtigkeitserklärung wirkſam geweſen iſt. In dem Falle, wo ein Betrag für die ganze Lizenzdauer erlegt worden iſt, ſteht bei Nichtigkeitserklärung dem Lizenznehmer ein Anſpruch auf Rückerſtattung desjenigen Betrages zu, welcher als Entſchädigung für die nach der Nichtigkeitserklärung liegende Zeit in Betracht kommt.

Als **Zwangslizenz** iſt der Fall anzuſehen, daß der Patentinhaber zur Vermeidung der Zurücknahme (ſ. unten) des Patents gehalten iſt, gegen angemeſſene Vergütung die Erlaubnis zur Benutzung der Erfindung zu erteilen, wenn dies im öffentlichen Intereſſe geboten erſcheint. Aehnlich liegt hier der Fall bei Erfindungen, die auf Beſtimmung des Reichskanzlers für das Heer, die Flotte oder ſonſt im öffentlichen Intereſſe benutzt werden ſollen.

Die bloße Anmeldung des Patents gewährt die Priorität, aber kein eigentliches Recht. Der Patentſchutz tritt einſtweilen erſt mit dem Tage der Bekanntmachung der Anmeldung im Reichsanzeiger ein.

Die **Dauer des Patents** iſt 15 Jahre, beginnend mit dem auf die Anmeldung folgenden Tage. Das Patent erliſcht durch Verzicht, durch nichtrechtzeitige Zahlung der Jahresgebühren (ſ. unten), durch Nichtigkeit oder Zurücknahme (ſ. unten).

Zuſatzpatente werden den Inhabern des Hauptpatents für Verbeſſerungen daran oder weitere Ausbildung der Erfindung erteilt. Ablauf der Gültigkeit erfolgt gleichzeitig mit dem des Hauptpatents, es ſei denn, daß das Hauptpatent vernichtet wird.

Die **Anmeldung** einer Erfindung behufs Erteilung des Patents erfolgt ſchriftlich beim Kaiſerl. Patentamt zu Berlin. Vertreterzwang beſteht nur für ſolche Patentſucher, die im Inlande keinen Wohnſitz haben. Für jede Erfindung iſt eine beſondere Anmeldung nötig. Die Anmeldung muß den Antrag auf Erteilung eines Patents enthalten und in dieſem Antrage den Gegenſtand genau bezeichnen, der unter Patentſchutz geſtellt werden ſoll. In einer Anlage iſt die Erfindung ſo genau zu beſchreiben, daß danach deren Benutzung durch Sachverſtändige möglich erſcheint. Am Schluſſe der Beſchreibung iſt das anzugeben, was als patentfähig unter Schutz geſtellt werden ſoll (Patentanſpruch). Erforderlichenfalls ſind Zeichnungen, Modelle u. ſ. w. beizufügen. Gleichzeitig mit der Anmeldung ſind 20 *M.* zu zahlen.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Die Anmeldung unterliegt der **Vorprüfung** durch ein Mitglied der Anmeldeabteilung. Stellen ſich hierbei Mängel heraus, ſo wird der Anmelder zu ihrer Abſtellung aufgefordert. Nach abgeſchloſſener Vorprüfung geht bei rechtzeitiger Erledigung etwaiger Vorbeſcheide die Anmeldung zur Prüfung an die Anmeldeabteilung, die auf Grund der Akten weitere Ermittlungen anſtellt, die Anmeldung zurückweiſt oder ſie zur Bekanntmachung annimmt. Die Bekanntmachung erfolgt im Reichsanzeiger, und gleichzeitig damit werden die Unterlagen im Patentamt auf die Dauer von 2 Monaten zur Einſicht für jedermann ausgelegt. Die Bekanntmachung und Auslegung kann auf Antrag des Anmelders auf längſtens 6 Monate ausgeſetzt werden. Während der Dauer der Auslegung kann wegen mangelnder Patentfähigkeit von jedermann, wegen widerrechtlicher Entnahme von dem Verletzten Einſpruch eingelegt werden. Der Einſpruch muß ſchriftlich beim Patentamt eingebracht und innerhalb der Einſpruchsfriſt begründet werden. Der Einſpruch unterliegt der Prüfung der Anmeldeabteilung, die darüber Beſchluß faßt. Gegen dieſen Beſchluß ſteht beiden Teilen, Patentſucher und Einſprechenden, Beſchwerde an die Beſchwerdeabteilung des Patentamts zu; dasſelbe gilt von dem Beſchluß der Anmeldeabteilung auf Zurückweiſung der Anmeldung vor der Bekanntmachung für den Patentſucher. Die Beſchwerde iſt koſtenpflichtig (20 ℳ) und muß innerhalb eines Monats nach Zuſtellung des Beſchluſſes der Anmeldeabteilung ſchriftlich beim Patentamt eingebracht werden. Die Beſchwerdeabteilung kann bei der Prüfung der Beſchwerde alle ihr notwendig erſcheinenden Schritte zur Aufklärung des Sachverhalts unternehmen und fällt dann die Entſcheidung, die endgültig iſt. Auf Antrag muß eine mündliche Verhandlung anberaumt werden, falls die Ladung des Antragſtellers nicht bereits in der erſten Inſtanz erfolgt war.

Die endgültige **Erteilung des Patents** wird im Reichsanzeiger bekanntgemacht; dann folgt die Drucklegung der Patentſchrift und die Ausfertigung der mit der Patentſchrift verſehenen Urkunde an den Patentinhaber. Die Patentrolle weiſt die erteilten Patente, deren Inhaber, Ablauf, Erlöſchen u. dergl. aus.

Mit der Bekanntmachung der Patentanmeldung tritt die Fälligkeit der erſten **Jahresgebühr** ein, die der weiteren am Jahrestage des auf den Tag der Anmeldung folgenden Tages, aber erſt nach rechtskräftiger Erteilung des Patents. Die Gebühr für das zweite Jahr beträgt 50 ℳ, die für jedes folgende 50 ℳ mehr als im Vorjahre. Für Zuſatzpatente iſt während des Beſtehens des Hauptpatents nur die erſte Jahresgebühr von 30 ℳ zu zahlen. Beſteht das Zuſatzpatent bei Vernichtung des Hauptpatents weiter, ſo gelten die für das letztere bezeichneten Jahresgebühren für das Zuſatzpatent. Die erſte Jahres- oder Erteilungsgebühr iſt bis zum letzten Tage der 2 Monate während der Bekanntmachungszeit zu entrichten; ſonſt gilt die Anmeldung als zurückgenommen. Alle weiteren Gebühren können binnen 6 Wochen nach der Fälligkeit entrichtet werden, und dann gilt eine weitere Friſt von 6 Wochen für Zahlung der Gebühr mit Zuſchlag von 10 ℳ. Der Kaſſe des Patentamts ſind die Poſtanſtalten im Gebiet des Deutſchen Reichs gleichgeſtellt. Werden die Gebühren nicht rechtzeitig oder nicht in voller Höhe (zuzüglich Beſtellgebühr bei Poſtanweiſungen) gezahlt, ſo erliſcht das Patent zuſammen mit etwa vorhandenen Zuſatzpatenten.

Für den Patentinhaber beſteht eine Pflicht zur **Ausübung der Erfindung** inſoweit, als er ſie im Inlande im angemeſſenen Umfange auszuführen oder doch alles zu tun hat, um dieſe Ausführung zu ſichern. Unterläßt er dies, ſo kann das Patent nach Ablauf dreier Jahre, von dem Tage der über die Erteilung erfolgten Bekanntmachung an gerechnet, zurückgenommen werden. Die Ausführung der Erfindung beſteht bei Verfahrenpatenten in dem Benutzen des Verfahrens, bei Maſchinen-, Einrichtungs- oder Gerätpatenten ebenſo wie bei Erzeugnispatenten in der Herſtellung, nicht etwa in der Benutzung der Maſchine, Einrichtung, des Geräts und Erzeugniſſes.

Die Zurücknahme kann auch erfolgen, wenn ſich der Patentinhaber weigert, die Erlaubnis (Lizenz) zur Benutzung der Erfindung an Dritte gegen angemeſſene Vergütung zu erteilen, obgleich dies im öffentlichen Intereſſe liegt. Auch die Zurücknahmen werden im Reichsanzeiger veröffentlicht.

Während die Erteilung von Lizenzen vom Patentamt nicht vermerkt wird, werden in beweiſender Form zur Kenntnis des Patentamts gebrachte Aenderungen in der Perſon des Patentinhabers, und zwar ſowohl völlige als auch teilweiſe Uebertragungen, in der Patentrolle aufgeführt und im Reichsanzeiger veröffentlicht. Dasſelbe gilt von Aenderungen der Vertreter ausländiſcher Patentinhaber. Für die beweiſende Form verlangt das Patentamt die notarielle oder gerichtliche Beglaubigung der Unterſchrift des berechtigten Antragſtellers, unter Beſtätigung des deutſchen Konſulats bei Ausländern.

Von allen erteilten Patenten werden gedruckte **Patentſchriften** ausgegeben, nur nicht von den im Namen der Reichsverwaltung für Zwecke des Heeres oder der Flotte nachgeſuchten ſogenannten Geheimpatenten. Die übliche Abkürzung für Deutſches Reichs-Patent iſt D.R.P. Der unbefugte Gebrauch dieſer oder einer ähnlichen Bezeichnung, auch „D R.P. a.“ oder „D.R.P.A.“ bei angemeldeten oder noch nicht erteilten Patenten, iſt als Patentanmaßung ſtrafbar. Es kann auf Geldſtrafe bis zu 1000 ℳ erkannt werden.

Bei wiſſentlicher **Patentverletzung** kann der Patentinhaber bezw. der Lizenzträger innerhalb dreier Monate vom Tage der erlangten Kenntnis an Strafantrag ſtellen. Verjährung tritt in 5 Jahren ein. Zuſtändig ſind die ordentlichen Gerichte. Es kann auf Geldſtrafe bis zu 5000 ℳ oder auf Gefängnisſtrafe bis zu einem Jahr erkannt werden. Ferner kann auf Antrag des Verletzten eine an dieſen zu zahlende Buße bis zu 10000 ℳ feſtgeſetzt werden. Unabhängig von dem Strafverfahren läßt ſich, falls nicht auf eine an den Verletzten zu zahlende Buße erkannt worden war, was nur auf Antrag geſchieht, bei wiſſentlicher oder grobfahrläſſiger Patentverletzung ein zivilrechtliches Verfahren bei den ordentlichen Gerichten auf Erſatz des nachweislichen Schadens einleiten. Solche Verletzungsklagen verjähren

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

hinſichtlich jeder ſie begründenden Handlung in 3 Jahren. Außerdem ſind Anerkennungs- und Feſtſtellungsklagen aus dem Patentrecht gegeben.

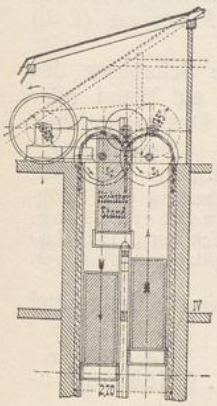
Ein beſtehendes Patent kann erlöſchen durch Patentablauf (15 Jahre nach der Anmeldung), durch Nichtzahlung der fälligen Jahrestaxen, durch Zurücknahme (ſ. oben) oder durch Erklärung der **Nichtigkeit.** Auf gänzliche oder teilweiſe Nichtigkeit eines Patents kann jedermann wegen mangelnder Patentfähigkeit binnen 5 Jahren nach der Bekanntmachung über die Erteilung des Patents klagen; bei einer Nichtigkeitsklage wegen widerrechtlicher Entnahme iſt nur der Verletzte zur Klageerhebung berechtigt. Für die Nichtigkeitsklage iſt das Patentamt in erſter, das Reichsgericht in zweiter Inſtanz zuſtändig. Die vom Kläger zu entrichtende Gebühr beträgt für beide Inſtanzen 50 ℳ. Von der Klageerhebung wird dem Beklagten Mitteilung gemacht, worauf er ſich innerhalb eines Monats zu erklären hat. Widerſpricht er dem Klageantrag, ſo trifft die Nichtigkeitsabteilung des Patentamts die zur Aufklärung des Sachverhalts erforderlichen Maßnahmen, gegebenenfalls durch Vernehmung von Zeugen und Sachverſtändigen. Die Entſcheidung erfolgt nach Ladung und Anhörung der Parteien. Gegen dieſe Entſcheidung ſteht beiden Parteien innerhalb 6 Wochen nach Zuſtellung des Urteils die beim Patentamt einzulegende Berufung an das Reichsgericht zu. Das Reichsgericht fällt die endgültige Entſcheidung nach Ladung und Anhörung der Parteien. Die Verhandlungen im Nichtigkeitsverfahren ſind nicht öffentlich.

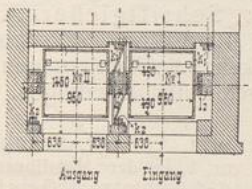
Die berufsmäßige Vertretung vor dem Patentamt üben die Patentanwälte, Geſetz vom 21. Mai 1900, aus.

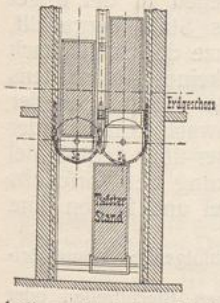
Literatur: Damme, Das deutſche Patentrecht, Berlin 1906; Kohler, Handbuch des Patentrechts, Mannheim 1900; Kommentare von Seligſohn, 2. Aufl., Berlin 1906; Robolski, 2. Aufl., Berlin 1901; Allfeld, 1904; Iſay, 1903; Ephraim, 1907. *Hans Heimann.*

Patentholz, ſ. Plaſtiſche Maſſen.

Paternoſteraufzüge, Perſonenaufzüge mit ununterbrochenem Betriebe, die ſtatt eines abwechſelnd auf und nieder gehenden Fahrkorbes eine größere Zahl von Fahrkörben beſitzen, die in ununterbrochener Reihenfolge in der einen Hälfte des Fahrſchachtes aufſteigen und in der andern abwärts gehen.







Die allgemeine Anordnung eines derartigen Aufzuges iſt aus nebenſtehender Figur zu erſehen. Der von maſſiven Wänden umſchloſſene Fahrſchacht hat in jedem Stockwerk eine unverſchloſſene Austrittsöffnung, die ſtets auf einen beſonderen Vorplatz mündet, der vom Treppen- und Korridorverkehr vollſtändig getrennt iſt. Der Fahrſchacht iſt durch die mittleren Führungen in zwei gleiche Teile geteilt, von denen Abteilung I für die aufſteigenden, Abteilung II für die abſteigenden Fahrkörbe beſtimmt iſt. Jeder Fahrkorb, deren im ganzen zwölf vorhanden ſind, beſteht aus einem in ein eiſernes Geſtell eingebauten Holzkaſten mit einer offenen Zugangsſeite von 0,96 × 0,98 m lichter Weite bei 2,50 m Höhe und führt ſich mittels eines unterhalb angebrachten eiſernen Bügels an den hölzernen Leitſchienen $l\,l_1\,l_2$. — An der Hinterwand der Schachtabteilung I ſowie an der Vorderſeite der Abteilung II iſt je eine endloſe Gliederkette $k_1\,k_1$ bezw. $k_2\,k_2$ durch den ganzen Schacht geführt, in dem ſie über die oberen und unteren Kettenſcheiben $s_1\,s_1$ bezw. $s_2\,s_2$ gelegt ſind; die oberen Scheiben werden mittels Räderüberſetzung und Riemenübertragung von einem Gasmotor (oder in ſonſt geeigneter Weiſe) angetrieben, und zwar haben alle Kettenſcheiben gleiche Umdrehungsrichtung und Geſchwindigkeit. — Jeder Fahrkorb hängt mit zwei an ſeinem oberen diagonalen Querhaupt angebrachten Zapfen in den in gleichem Sinne bewegten Trümen der Ketten k_1 und k_2, d. h. beim Aufgang in den beiden rechtsſeitigen, beim Niedergang in den beiden linksſeitigen Trümen. Beim Uebergang von der aufſteigenden in die abſteigende Bewegung bleibt der Fahrkorb in genau ſenkrechter Lage.

In dem hier vorgeführten Beiſpiel dient ein 8pferdiger Gasmotor mit 160 Umdrehungen in der Minute zum Betriebe des Aufzuges; bei einer Geſamtüberſetzung der Riemen- und Räderübertragung von 42,6 : 1 machen die Kettenſcheiben 3,75 Umdrehungen in der Minute, da jede ein Zwölfeck von 4,052 m Umfang bildet, iſt ihre Umfangsgeſchwindigkeit 15,12 m in der Minute. — Bei 17,06 m Förderhöhe hat jede Kette 144 Glieder von je 336 mm Länge; bei der angegebenen Geſchwindigkeit macht jeder Fahrkorb 18,6 ganze Rundfahrten in der Stunde. Die Fahrkörbe hängen in Abſtänden von etwa 4,0 m an den Ketten. Dieſe, aus abwechſelnd doppelt und einfachen Flacheiſen hergeſtellt, bewegen ſich in geſchloſſenen Führungen, die nur einen nach dem Innern des Schachtes gerichteten Schlitz für die Korbzapfen beſitzen.

Für den Fall, daß die niedergehenden Fahrkörbe weſentlich ſtärker belaſtet werden ſollten als die aufgehenden und demnach eine zu große Geſchwindigkeit annehmen würden, iſt ein Regulator angebracht, der gegebenenfalls auf eine Bremſe einwirkt. Dieſe tritt auch dann in

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Tätigkeit, wenn der Betriebsriemen reißen oder infolge zu großer Belaftung der aufftеigenden Fahrkörbe von ſeiner Scheibe abfallen ſollte.

Literatur: Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1907, S. 410, 445, 458, 624 und 1487. *K. Specht.*

Paternoftergebläfe (Paternoſterwerk), ſ. Gebläſe, Bd. 4, S. 327.

Paternofterwerk, ſ. Becherwerk, Elevator.

Patina, die Oxydſchicht auf Bronzedenkmälern im Freien, aus Karbonaten und Hydrooxyden des in der Bronze enthaltenen Kupfers, unter Einfluß der atmoſphäriſchen Luft gebildet, beſtehend, von ſchön grüner Färbung; hauptſächlich auf Denkmälern der älteren Zeit, während unſre neuen Bronzen in der rauchgeſchwängerten Atmoſphäre unſrer Städte ſich meiſt mit einer grau- oder braunſchwarzen Haut überziehen.

Den Anforderungen einer guten Patina entſprechen durchaus nicht alle Bronzen, und die Mehrzahl der Statuen iſt mit einer dunkeln, rauhen und ſtumpfen Oxydhaut bedeckt, von ſo dunkelm Anſehen, daß man Eiſen, aber nicht Bronze vor ſich zu haben glaubt. Von weſentlichem Einfluß auf die Patinabildung iſt die Zuſammenſetzung der Legierung. Reine Zinnbronzen und ſolche, die Zink in verhältnismäßig geringer Menge enthalten, alſo alle weſentlich aus Kupfer und Zinn beſtehenden Bronzen, bieten die meiſte Ausſicht auf Bildung einer ſchönen, glatten und transparenten Patina. Bei zinkreichen Bronzen dagegen entſtehen die dunkeln, ſtumpfen Oxydſchichten, die das Grundmetall decken und einen baldigen Vergang der Konturen zur Folge haben. Selten und nur unter ganz beſonders günſtigen lokalen Verhältniſſen bildet ſich auf zinkreichen Bronzen eine ſchöne Patina. Im allgemeinen wird für die in großen Städten aufzuſtellenden Denkmäler ſtets eine Kupfer-Zinn-Legierung, eventuell mit geringem Zinkzuſatz, am zweckmäßigſten ſein. Arſenhaltiges Kupfer hat die Eigenſchaft, ſich beim Liegen an der Luft nach einiger Zeit zu ſchwärzen, und dieſes unreine Kupfer überträgt dieſe Eigenſchaft auch auf die damit hergeſtellten Legierungen, weshalb für Statuen nur Kupfer- und Zinnſorten anzuwenden ſind, welche auf die Abweſenheit von Arſen ſorgfältig geprüft wurden. *Andés.*

Patrize, Bezeichnung für a) Lochſtempel (ſ. Lochen, Bd. 6, S. 178); b) Prägſtempel mit erhabener Arbeitsfläche (ſ. Münze, Münzenherſtellung, Bd. 6, S. 534, und Prägen); c) das zur Herſtellung einer Matrize (ſ. d.) dienende Original (ſ. Galvanotechnik, Schriftgießerei).

Patrone, die aus ſtarkem Papier oder Blech gefertigte Schablone des Flachmalers, welche dazu dient, wiederkehrende Verzierungen auf Wand oder Decke durch Ueberfahren mit dem farbigen Pinſel aufzutragen. Das Aufſtreichen nennt man Patronieren. *Weinbrenner.*

Patrone, Bezeichnung für a) Muſterform, Vorlage, Schablone.

In dieſer Bedeutung kommen Patronen vor 1. in der Metallbearbeitung bei Paſſigdrehbänken (ſ. Paſſigdrehen), Gewindedreh- und -drückbänken (ſ. Gewindeherſtellung, Bd. 4, S. 488, und Gewindeleitpatrone, Bd. 4, S. 491), Guillochiermaſchinen (ſ. Guillochieren, Bd. 4, S. 672); 2. in der Muſterweberei (ſ. Weberei); in der Spitzentechnik ſ. v. w. Muſterbrief (ſ. Spitzen).

b) Munition (ſ. d. und Gewehr, Jagdgewehre) und Sprengmittel (ſ. Bohr- und Sprengarbeit, Bd. 2, S. 220).

c) Aufſpannvorrichtung (Futter) an Drehbänken. *A. Widmaier.*

Patronendrehbank, -ſpindel, -ſpindelkaſten, -ſupport, ſ. Schraubenherſtellung.

Patronenhülſenherſtellung. Die Patronenhülſen beſtehen in der Regel aus Meſſing; für Geſchütze werden ſie bisweilen auch aus Stahl hergeſtellt, was den Vorteil hat, daß ſie infolge der hohen Elaſtizitätsgrenze des Stahls nach dem Schuß ihre urſprüngliche Form wieder annehmen und keines Aufarbeitens bedürfen. — Die einzelnen Teile einer Patronenhülſe ſind der Mantel und der Boden. Der Mantel iſt entweder auf ſeiner ganzen Länge ſchwach koniſch oder am vorderen Ende ſtark eingezogen. Der Boden tritt entweder über den Mantel hervor, ſo daß ein Rand für den Auszieher und zur Begrenzung des Vorſchubs der Patrone beim Laden entſteht, oder es iſt zwiſchen Mantel und Boden eine (Auszieher-)Nut vorhanden.

Bei der Herſtellung der Patronenhülſen [1]—[3] kann man die nachfolgenden Hauptfabrikationsſtadien unterſcheiden:

a) Herſtellen eines Napfes. Als Ausgangsmaterial dienen Blechſtreifen oder Blöcke. — Bei Verwendung von Blech wird eine Scheibe (Rondelle) (Fig. 1) ausgeſchnitten, wofür Kurbelpreſſen oder für größere Hülſen hydrauliſche Preſſen [1] dienen. Die Umwandlung der Scheibe in Napfform (Fig. 2) geſchieht in einer Preſſe mit Hilfe von Stempel und Matrize. Für kleinere Hülſen wird das Ausſchneiden der Rondellen und die Napfbildung auch als eine Operation in einer Doppelſtempelpreſſe ausgeführt, deren weſentliche Teile aus Fig. 14 erſichtlich ſind. Von der Kurbelwelle *e* wird zuerſt durch Exzenter *g* und Lenkſtange *f* der Schlitten *d* mit Stempel *b* niederbewegt, der aus dem Blechſtreifen die Rondelle ausſchneidet, worauf durch

Exzenter *i* und Lenkſtange *h* der Schlitten *k* mit dem koniſchen Stempel *c* abwärts bewegt wird, ſo daß durch Ziehen in der Matrize *a* die Rondelle in den Napf (Fig. 2) verwandelt wird, der nach unten fällt. — Bei Verwendung von Blöcken wird in den auf etwa 300—400° angewärmten Block ſchmiedbaren Meſſings, der ſich in einer Matrize befindet, ein Stempel eingepreßt und dadurch die Napfbildung und das Anpreſſen des Lagers (ſ. unten) vorgenommen. Mit dieſem Verfahren, welches auch für Gewehrpatronenhülſen brauchbar iſt, erſpart man einige der ſonſt notwendigen Operationen. Die Rheiniſche Metallwaren- und Maſchinenfabrik Düſſeldorf benutzt zur Napfbildung das Ehrhardtſche Preßverfahren (ſ. Rohrherſtellung) (Fig. 15 Block, Fig. 16 Napf).

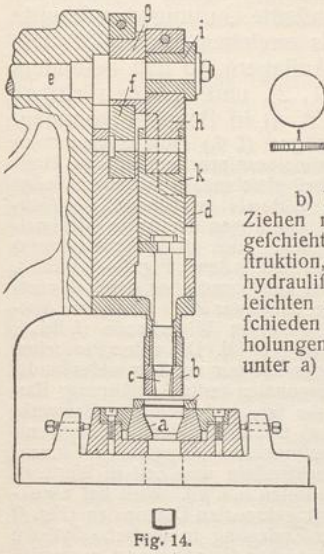


Fig. 14.

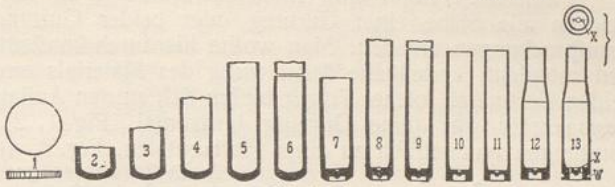


Fig. 1—13.

b) Das nun folgende Ausſtrecken des Napfmantels durch Ziehen mit Hilfe von Ziehſtempel *l* und Matrize *m* (Fig. 22 und 23) geſchieht in Ziehpreſſen (ſ. Ziehen) liegender und ſtehender Konſtruktion, wobei für kleinere Hülſen Kurbel-, für größere Spindel- und hydrauliſche Preſſen in Anwendung kommen. Der Stempel *l* iſt zwecks leichten Abſtreifens der Hülſe koniſch. Das Verfahren muß mit verſchieden dicken Stempeln wiederholt werden; die Anzahl der Wiederholungen hängt von der Größe der Hülſen und von der durch die unter a) erwähnten Verfahren erhaltenen Napfform ab. In Fig. 1—13 ſtellen Fig. 3—5 die durch dieſe Operationen erhaltenen Hülſenformen dar. Sind durch das Ziehen die Ränder riſſig geworden, ſo muß der Rand abgedreht (abgeſtochen) werden (vgl. Fig. 6).

c) Das ſich anſchließende Anpreſſen des Lagers (ſ. unter a) erfolgt zwiſchen den in Fig. 24 dargeſtellten Stempeln *o* und *n* in Kurbel- oder hydrauliſchen Preſſen, wodurch die Hülſe die Form Fig. 7 erhält.


Fig. 15—21. Hauptfabrikationsſtadien einer nach dem Ehrhardtſchen Preßverfahren hergeſtellten Patronenhülſe.

d) Das nun folgende weitere Ausſtrecken des Hülſenmantels, entſprechend dem unter b) angegebenen Verfahren, ergibt die Form Fig. 8. Das Verfahren muß je nach der Größe der Hülſe mehrmals wiederholt werden. In Fig. 9 iſt das Abdrehen des beim Ziehen ſchlecht gewordenen Randes angedeutet.

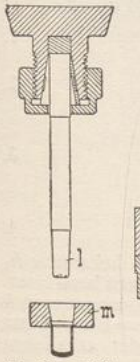


Fig. 22 und 23.

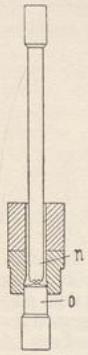


Fig. 24.

e) Die Ausbildung des Bodens und des Lagers durch Preſſen zwiſchen zwei Stempeln und einer Matrize, entſprechend Fig 24, ergibt die Formen Fig. 10 und 11. Das Verfahren muß je nach der Größe der Hülſe mehrmals wiederholt werden, vgl. [1].

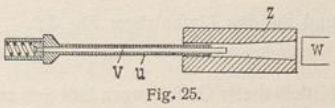


Fig. 25.

f) Die koniſche Geſtaltung der Hülſe oder das Einziehen des vorderen Randes nach Fig. 12 erfolgt durch Einpreſſen der Hülſe in eine ſchwach koniſche bezw. mit einer Verengung verſehene Matrize *z* nach Fig. 25. Zum Einpreſſen der Hülſe dient der Stempel *w*, zum Ausſtoßen die Röhre *u* bezw. der Auswerfer *v*. Vgl. a. [1].

g) Die letzte Operation iſt das Einbohren der Zündlöcher (Fig. 13) auf einer zweiſpindeligen Bohrmaſchine, dem bei Hülſen mit eingedrehter Auszieherhnut die Herſtellung der Nut vorangeht. — Durch das Ziehen und Preſſen wird das Material hart, und es müſſen deshalb die Hülſen zwiſchen den einzelnen Operationen ausgeglüht werden [1], [2].

Literatur: [1] Engineering 1905, S. 548 und 569 (The manufacture of cartridge-cases for quick-firing guns); Der praktiſche Maſchinenkonſtrukteur 1905, S. 12, 21, 28. — [2] American Machinist 1905, S. 868; 1906, S. 76 (Operations in cartridge-case manufacture). — [3] Woodworth, J. V., Punches, Dies and Tools for Manufacturing in Preſſes, London 1907. — [4] Diegel, Röhrenfabrikation, Berlin 1901, S. 26 und 27. — [5] D.R.-Patentſchriften Klaſſe 7 c, Unterabteilung 28.

A. Widmaier.

Patſche, 1. Brandmauer einer Salzpfanne; 2. hölzerner Schlägel oder Pritſche zum Stampfen und Schlagen des Lehmeſtrichs; 3. Werkzeug, um an

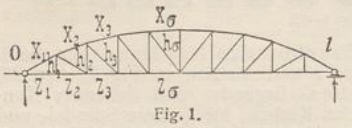
fehlerhaften Stellen des Strohdaches einzelne Dachschauben ergänzend einzuschieben. — Feuerpatsche, s. Feuerschutz, Bd. 3, S. 787. *Weinbrenner.*

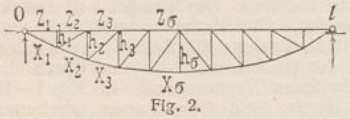
Patschhammer, s. v. w. Brusthammer, s. Hammer.

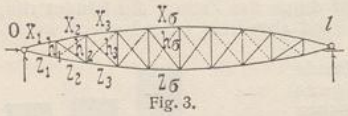
Patschokieren, in Oesterreich das Ueberstreichen rauchgeschwärzten Putzes mit einem dünnen Mörtel aus fettem Lehm, feinem Sand und Holzasche.

Patschuli, ätherisches Oel aus den Blättern von Pogostemon Patchouly *Pell.*

Paulische Träger sind Balkenfachwerke (s. d.) mit einer Oeffnung, bei welchen alle Stäbe einer Gurtung oder beider Gurtungen gleiche Maximalbeanspruchungen erleiden. Man wollte hierdurch konstante Gurtungsquerschnitte und möglichst vorteilhafte Ausnutzung des Materials erreichen [6], S. 83. Die beiden Gurtungen solcher Träger treffen sich an den Auflagern, so daß besonders Segmentträger (eine Gurtung horizontal, Fig. 1, 2) und Linsenträger (Gurtungen symmetrisch zu einer Horizontalen, Fig. 3, 4) in Betracht kommen.


Fig. 1.


Fig. 2.


Fig. 3.

Auch Parabelträger (s. d.) von Segmentform können konstante Maximalbeanspruchungen des Horizontalgurts erlangen (bei gleichmäßig verteilten festen und bewegten Lasten). v. Pauli in München beabsichtigte jedoch, beiden Gurtungen konstante Maximalbeanspruchungen zu geben. Dies ist bei einteiligem Fachwerk (Fachwerk einfachen Systems, Fig. 1—3, s. Bd. 3, S. 534, 543) nicht genau, annähernd aber durch Linsenträger zu erreichen, wie schon vor Pauli nach dem Vorbild der Körper von gleichem Widerstande (s. Bd. 5, S. 540) erkannt worden war [1]—[3]. Die ersten Paulischen Träger waren Linsenträger mit nur auf Zug widerstandsfähig vorausgesetzten Diagonalen (erste Ausführung: Isarbrücke bei Großhesselohe [6], bedeutendstes Bauwerk: alte Mainzer Rheinbrücke), während später auch Segmentträger mit konstant beanspruchtem Polygonalgurt hinzukamen (Brücken bei Rechtenstein und Zell in Württemberg, Warthebrücke bei Posen u. s. w.). Wird bei zweiteiligem Linsenträger mit gekreuzten Diagonalen (Fig. 4) die Berechnung für gleichmäßig verteilte Lasten auf Grund der Zerlegung in einfache Systeme durchgeführt (vgl. Bd. 3, S. 543), so ergeben sich für alle Stäbe beider Gurtungen numerisch gleiche Maximalbeanspruchungen.

Es handle sich um die Formberechnung eines Paulischen Trägers einfachen Systems von der Spannweite l, Felderzahl n, Feldlänge λ und in der Mitte gewünschten Trägerhöhe h. Werden hierbei das Eigengewicht und die Verkehrslast als gleichmäßig verteilt auf die ergriffenen Strecken angenommen, so setze man bei gerader Felderzahl $n = 2\sigma$ und ungerader Felderzahl $n = 2\sigma + 1$:

$$c = \frac{n^2}{4h}\lambda \text{ bezw. } c = \frac{n^2 - 1}{4h} \qquad 1.$$

sowie allgemein:

$$\alpha_m = \frac{c}{m(n-m)}, \qquad 2.$$

dann hat man für den Segmentträger Fig. 1, 2:

$$h_m = \frac{-h_{m-1} + \sqrt{\alpha^2_m(\lambda^2 + h^2_{m-1}) - \lambda^2}}{\alpha^2_m - 1} \qquad 3.$$

und für den Linsenträger Fig. 3:

$$h_m = \frac{-h_{m-1} + 2\sqrt{\alpha^2_m(4\lambda^2 + h^2_{m-1}) - \lambda^2}}{4\alpha^2_m - 1}. \qquad 4.$$

Mittels dieser Gleichungen läßt sich zunächst h_1 aus $h_0 = 0$, sodann h_2 aus dem nun bekannten h_1 und überhaupt vom Auflager 0 nach der Mitte hin eine Vertikalenlänge aus der andern berechnen. Die Vertikalenlänge h_σ, die sich für die Mitte ergibt, weicht nur wenig von dem angenommenen h ab (in den Beispielen [12], B. 62 und 65 $h_\sigma = 6{,}005$ m und $h_\sigma = 6{,}002$ m gegen $h = 6$ m). Wenn jedoch ohnehin zweimal gerechnet wird, so kann man unter Verwendung der erhaltenen Gurtungsstablänge x_σ in der Mitte für die zweite Berechnung anstatt 1. setzen:

$$c = \frac{n^2}{4h}x_\sigma \text{ bezw. } c = \frac{n^2 - 1}{4h}x_\sigma \qquad 5.$$

und damit noch genauere Resultate erhalten. Es ist selbstverständlich der stets gewünschten Symmetrie wegen nur die erste Trägerhälfte zu berechnen. Bei ungerader Felderzahl würden jedoch durch Umklappen dieser Hälfte im mittleren Felde gebrochene Stäbe entstehen können, welche dann ohne in Betracht kommende Folgen durch horizontale zu ersetzen sind. Ueber graphische Formbestimmung s. [9], [11], S. 148, 152. Die Form des Paulischen Trägers weicht nur wenig von derjenigen des Parabelträgers ab, derart, daß die Vertikalenlängen bei ersteren für gleiche h, n besonders gegen die Enden hin etwas größer sind. Für einen Segmentträger von $h = 6$ m, $n = 10$ ergaben sich ([12], S. 270):

bei der Paulischen Form	$h_m = 2{,}46$	4,08	5,19	5,82	6,00 m
bei der Parabelform	$h_m = 2{,}16$	3,84	5,04	5,76	6,00 m

für einen Linsenträger von $h = 6$ m, $n = 10$ ([12], S. 281):

bei der Pauliſchen Form $h_m = 2{,}22$ 3,91 5,08 5,78 6,00 m
bei der Parabelform $h_m = 2{,}16$ 3,84 5,04 5,76 6,00 m.

Bezeichnen g das Eigengewicht, p die Verkehrslaſt und $q = g + p$ die Geſamtlaſt pro Längeneinheit Träger, ſo hat man für die nach 3., 4. berechneten Träger (Fig. 1 und 3) die Maximalbeanſpruchungen der Gurtungsſtäbe im $m$ten Felde, deren Längen durch x_m, z_m bezeichnet ſind:

$$X_m = -c\frac{q\lambda}{2}, \qquad Z_m = c\frac{q\lambda}{2}\frac{z_m}{x_{m-1}}. \tag{6.}$$

Für Fig. 2 ſind nur die Vorzeichen zu vertauſchen. Die Minimalbeanſpruchungen ſind g/q mal ſo groß als die Maximalbeanſpruchungen 6. Für Segmentträger (Fig. 1, 2) iſt konſtant $z_m = \lambda$, für Linſenträger weicht z_m ſo wenig von x_{m-1} ab, daß auch die Z_m für die Dimenſionierung als konſtant gelten können. Eine Ausnahme von 6. bilden die Untergurtſtäbe des erſten Feldes, für die man beim Segment- und Linſenträger für jede Belaſtung hat:

$$Z_1 = Z_2 \text{ bezw. } Z_1 = -X_1. \tag{7.}$$

Für die Diagonalen und Vertikalen beſtehen die unter Balkenfachwerke angeführten Formeln, bezüglich der Gegendiagonalen, die bei nur auf Zug widerſtandsfähigen Diagonalen in allen Feldern nötig ſind, ſ. Bd. 4, S. 341.

Ableitung obiger Formeln und entſprechender für andre Stellung der Hauptdiagonalen [11], § 46, Beiſpiele der Anwendung [12], B. 62, 65, 73, 74. Analoge Beziehungen für die Berechnung mit bewegten Radlaſtzügen [11], § 47, Anwendung derſelben [12], B. 63, 66, 73, 74, Berechnung mit Laſtäquivalenten anſtatt Radlaſtzügen [12], B. 64, 67, 73, 74. Formeln für Pauliſche Segment- und Linſenträger doppelten Syſtems mit gekreuzten Diagonalen (z. B. Fig. 4) [11], §§ 99, 100, Beiſpiele hierzu für gleichmäßig verteilte bewegte Laſt, bewegte Radlaſtzüge und Laſtäquivalente [12], B. 125—130. Da für die Maximalbeanſpruchungen aller Gurtungsſtäbe die Vollbelaſtung des ganzen Trägers maßgebend iſt, ſo genügt es auch bei Eiſenbahnbrücken, die Formberechnung auf Grund einer gleichmäßig verteilten Laſt durchzuführen, von deren Größe die Trägerform nach obigen Gleichungen unabhängig iſt.

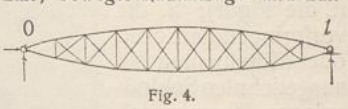


Fig. 4.

Für die erſte Brücke mit Pauliſchen Trägern rechnete man eine Materialerſparnis von 25—30 % gegen die damals ausgeführten Fachwerkbrücken heraus [6], S. 91, doch waren ſpäteren Konſtruktionen von ähnlichen Formen gegenüber (Parabelträger, Schwedlerträger u. ſ. w.) keine erheblichen Differenzen vorhanden, nach Winkler z. B. gegen Parabelträger 2—3 % Erſparnis (Gitterträger, Wien 1875, S. 16, vgl. [10], S. 159). Da aber Nachteile der Pauliſchen Träger gegenüber den Parabelträgern nicht beſtehen und konſtante Gurtungsquerſchnitte ſowie etwas größere mittlere Höhe erwünſcht ſind, ſo kann ſich die Anwendung Pauliſcher Träger je nach Umſtänden auch heute noch empfehlen.

Literatur: [1] Navier, Résumé des leçons sur l'application de la mécanique etc., Paris 1826, S. 280. — [2] Débia, Bemerkungen über das Syſtem der unterſpannten Brücken, Dinglers Polyt. Journ. 1829, XXXIV, S. 23. — [3] Laves, Mémoire explicatif d'un nouveau système en construction, Havre 1839; ſ. a. Rombergs Zeitſchr. für praktiſche Baukunſt 1841, S. 297. — [4] Köpcke, Ueber Träger von gleichem Widerſtande, insbeſondere die Anwendung derſelben zu Brücken durch Laves und Pauli, Zeitſchr. des Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1858, S. 292. — [5] Gerber, Das Pauliſche Trägerſyſtem und ſeine Anwendung auf Brückenbauten, Nürnberg 1859 (als Manuſkript gedruckt bei Campe). — [6] Derſ., Die Iſarbrücke bei Großheſſelohe, Allg. Bauztg. 1859, S. 82. — [7] Derſ., Ueber die Berechnung der Brückenträger nach dem Syſtem Pauli, Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1865, S. 463 (Berechnung der Mainzer Brücke, S. 474). — [8] Ritter, Elementare Theorie und Berechnung eiſerner Dach- und Brückenkonſtruktionen, Hannover 1873, S. 257. — [9] Melan, Fachwerke mit konſtanter Gurtungsſpannung, Wochenſchr. des Oeſterr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1878, S. 197 (Segmentträger nach Haberkalt, ſ. indeſſen Schäffer, Zeitſchr. f. Bauweſen 1865, S. 150). — [10] Winkler, Theorie der Brücken, II, Theorie der gegliederten Balkenträger, Wien 1881, S. 155—159, 214—216. — [11] Weyrauch, Theorie der ſtatiſch beſtimmten Träger für Brücken und Dächer, Leipzig 1887, S. 146, 151, 153, 338, 341, 344. — [12] Derſ., Beiſpiele und Aufgaben zur Berechnung der ſtatiſch beſtimmten Träger für Brücken und Dächer, Leipzig 1888, S. 269—289, 310—320, 511—531.

Weyrauch.

Konſtruktive Durchbildung der Pauliſchen Träger. Die von dem bayriſchen Baudirektor Pauli [2] zuerſt 1857 bei der Iſarbrücke bei Großheſſelohe [1] zur Ausführung gebrachte und nach ihm benannte Trägerform iſt auf Grund der Bedingung abgeleitet, daß die Spannung beider Gurte bei Vollbelaſtung durchaus konſtant wird. Der Träger unterſcheidet ſich nur wenig von einem linſenförmigen Parabelträger, dem gegenüber die Trägerhöhen gegen die Auflager hin etwas vergrößert ſind. In den von Pauli erbauten Brücken (größte derſelben die 1862 vollendete Mainzer Rheinbrücke, altes Gleis [1]) beſteht der Untergurt aus wagerecht übereinander liegenden Blechen (Bandgurt), an welchen die Knotenbleche für die aus Flachſtäben gebildeten, gekreuzten Ausfachungsſtäbe unter Vermittlung von Winkeleiſen mittels Schraubenbolzen angeſchloſſen ſind. Dieſe Verbindung kann nur mit Rückſicht auf die ſchwachen Kräfte in der Ausfachung als ausreichend angeſehen werden. Bei den älteren Pauliſchen Trägern iſt auch die Konſtruktion der Druckgurte eine mangelhafte. Die Fahrbahn iſt entweder an die verlängerten Vertikalpfoſten angehängt (Mainzer Brücke) oder oben auf die Träger geſtützt (Iſarbrücke).

Literatur: [1] Klein, L. v., Sammlung eiſerner Brückenkonſtruktionen, Stuttgart 1864. — [2] Zeitſchr. f. Baukunde 1884, S. 379.

Melan.

Graphiſche Berechnung. Die Form des Pauliſchen Trägers fußt auf der Bedingung, daß die Kraft in den Gurtſtäben bei voller Belaſtung konſtant ſei. Um dieſer Forderung zu genügen,

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

zeichnet man von jedem Pfoſtenmittelpunkt aus einen Kreis, deſſen Halbmeſſer dem größten Biegungsmomente am betreffenden Pfoſten proportional iſt, und zieht, am Auflager beginnend, fortlaufend Tangenten an dieſe Kreiſe (ſ. die Figur). Bezeichnet l die Spannweite, h die Höhe des Trägers in der Mitte und q die volle Belaſtung pro Längeneinheit, ſo iſt jetzt die Gurtungskraft durchgehends gleich $^1/_8\, q\, l^2 : h$. Zur Berechnung der Strebenkräfte iſt das für den Halbparabelträger angegebene allgemeine Verfahren einzuſchlagen. Angenähert wird die Forderung einer konſtanten Gurtungskraft auch dann erfüllt, wenn man die Gurtungen einfach nach einer Parabel krümmt.



Literatur: Culmann, Graph. Statik, Zürich 1866; Ritter, W., Anwendungen der graph. Statik, 2. Teil, Zürich 1890. *Mörſch.*

Paupeline, der Tuchgattung, und zwar den ſogenannten Buckſkins, zugehöriges, meiſt zu Beinkleidern verarbeitetes Gewebe; ſ. Tuchſorten.

Pauſcht (Bauſcht), ſ. Papierfabrikation, Bd. 6, S. 812.

Pauſe, Pauſen, Pausleinwand, -papier, ſ. Papierſorten, Zeichnen, techniſches.

Pavillon, 1. ein mit einem Zeltdache verſehenes Luſthaus (ſ. die Figur); 2. die vorſpringenden Ecken oder Mittelbauten bei ausgedehnten Schloßanlagen (namentlich ſolchen im franzöſiſchen Geſchmacke); 3. bei Irrenanſtalten und Krankenhäuſern (ſ. d., Bd. 5, S. 675) die von dem Hauptbau gänzlich getrennten kleinen Bauten für beſtimmte Krankheitsfälle oder für bevorzugtere Perſonen. *Weinbrenner.*



Der weſtliche Pavillon des Dresdener Zwingers (erbaut von Daniel Pöppelmann).

Payenſches Bergblau (Bleu en pâte, Cendres bleues en pâte), blaue Kupferfarbe, Gemenge von Kupferoxydhydrat mit wechſelnden Mengen Calciumkarbonat.

Sie kommt faſt nur in Teigform in den Handel, läßt ſich aber auch in trockenem Zuſtande herſtellen, wenn das Verdampfen des Waſſers bei ſehr niederer Temperatur geſchieht. Zur Herſtellung ſetzt man einer Löſung von Kupfervitriol Chlorcalcium zu und rührt in die Flüſſigkeit verdünnte Kalkmilch ein, wodurch Abſcheidung von grünem baſiſchem Kupferchlorid bewirkt wird. Hat ſich der Niederſchlag gebildet, fügt man zur Flüſſigkeit mit Kalkmilch verſetzte Pottaſchelöſung, ſo daß Kupferoxydhydrat und Calciumkarbonat gleichzeitig ausgeſchieden werden. *Andés.*

Pb, chemiſches Zeichen für Blei.

Pd, chemiſches Zeichen für Palladium.

Pech, pix nigra, ein Produkt des Holzteers.

Dieſer, auch flüſſiges Pech, pix liquida, genannt, wird gewonnen, indem man die alten harzreichen Wurzeln und Stammſtrünke der Nadelhölzer (Fichte, Kiefer) trocken erhitzt (ſchwelt, daher Teerſchwelerei), wobei man eine anfänglich dünne, flüſſige, gelbliche oder leicht bräunliche, auf Waſſer ſchwimmende Subſtanz, den weißen Teer, erhält, der wieder zur Deſtillation des Kienöles dient. Die bei der Schwelerei ſpäterhin abgehende dunklere und dickere Maſſe iſt der Wagen- oder Radteer, die letzterhaltene, ſchwarzbraune und übelriechende Maſſe gibt den Schiffsteer. (Ueber die Zuſammenſetzung ſ. Holzkonſervierung, Bd. 5, S. 118.)

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Werden die beiden letzteren in offenen Keffeln fo lange eingekocht, bis alle leichter flüffigen Beftandteile ausgetrieben find und eine herausgenommene Probe beim Erkalten eine fefte Form annimmt, fo erhält man das fchwarze Schufter- oder Schiffspech. Die Maffe wird in Fäffer oder Kübel gegoffen und darin verfandt. Sie ift dunkelfchwarzbraun bis tiefffchwarz, auf der feinen, mufcheligen Bruchfläche fettglänzend, fpröde, hart, erweicht fchon in der warmen Hand, fchmilzt bei höherer Temperatur, brennt mit ftark rußender Flamme und dient zum Kalfatern der Schiffe, zum Waffердichtmachen von Segel- und Tauwerk, zu Kitten, Pflaftern, Pechfackeln, zum Steifen des Schuhmachergarnes (-drahtes), zum Auspichen von Fäffern u. s. w. — Ein ganz andres Produkt dagegen ift das Faß- oder Brauerpech (Faßglafur, Moogfcher Brauerfirnis), welches urfprünglich gefchmolzenes Fichtenharz darftellt, wie z. B. das fogenannte Burgunderpech (Bd. 4, S. 24). Das befte Brauerpech kommt von den Staatsforften des fächfifchen Voigtlandes, geringere Sorten von Böhmen, Tirol; auch Nordamerika liefert viele Ware. S. Brauerpech, Bd. 2, S. 250, und Brauerlacke, Bd. 2, S. 250. *T. F. Hanaufek.*

Pechkohle, f. Brennftoffe, Bd. 2, S. 286.

Pechmakadam kann als ein Beton angefehen werden, bei dem das Bindemittel eine erhärtende, teer- oder pechartige Maffe ift, ähnlich (aber billiger) wie beim Afphaltbeton.

Der in Deutfchland kaum gebräuchliche Pechmakadam wird namentlich in England mehrfach, auch in der verwandten Form als Afphaltbeton, benutzt, und zwar fowohl als Unterlage für Steinpflafter, deffen Fugen dann oft mit einem ähnlichen Bindemittel ausgegoffen werden [1], als auch zur eigentlichen unmittelbaren Straßendecke für leichten Verkehr. Empfohlen wird der Pechmakadam auch als Unterlage für Afphaltftraßendecken, namentlich bei feuchtem Untergrund [2]. Pechmakadam ift gut elaftifch und waffердicht, wenn Pech und Teer die Zwifchenräume zwifchen den Steinen vollkommen ausfüllen. Das Mifchen und Einbauen muß deshalb in warmem Zuftande mit fo dünnflüffigem Bindemittel vorgenommen werden [3], daß es in alle Zwifchenräume gut eindringt. Das Einfchmelzen des feften Peches erfolgt daher meiftens unter Verwendung eines dünnflüffigen Löfungsmittels, Kreofotöl u. dergl. Alleinige Verwendung eines flüffigen Bindemittels, z. B. Teers, ift nicht zu empfehlen, da der Pechmakadam dann bei warmem Wetter zu weich wird. Das richtige Mifchungsverhältnis von Pech und Oel, bei dem ein gutes Einhüllen der Steine ftattfindet und nach dem Erhärten doch noch genügende Feftigkeit und Härte vorhanden ift, muß ausprobiert werden. Der nicht fehr großen Härte des Bindemittels gegenüber darf diejenige des Steinmaterials nicht zu groß fein, da fonft infolge ungleicher Abnutzung die Steine einzeln frei werden und ausbrechen, was Unebenheiten und rafche Zerftörung zur Folge hat. Kalkftein hat fich in diefer Beziehung als geeignetes Material erwiefen.

Literatur: [1] Laißle, Straßenbau in Handbuch der Ingenieurwiffenfchaften, Bd. 1, VI. Kap., 2. Aufl., Leipzig 1884, S. 214. — [2] Dietrich, Die Afphaltftraßen, Berlin 1882, S. 105 ff. — [3] Kaven, A. v., Der Wegebau, 2. Aufl., Hannover 1870, S. 563 ff. *Bräuler.*

Pechftein, f. Quarzporphyr.

Peck, englifches Hohlmaß, für Getreide = 2 Gallons (f. d.), für Mehl und Salz dem Gewicht nach = 1 Stone.

Pedograph von Ferguſon, ein Inftrument zum felbftätigen Aufzeichnen von Landwegen, die zu Fuß zurückgelegt werden. Er wird bei Routenaufnahmen (f. d.) benutzt.

Ein Schrittzähler (f. d.), der Rekorder, ift zwifchen einer ebenen Glasplatte und einer parallel dazu liegenden Zeichenebene, einem Papierblatt, angebracht. Der Rekorder wird durch die Schrittbewegung des Aufnehmenden allmählich fenkrecht abwärts bewegt und zeichnet dabei durch ein Spitzenzahnrad die Länge des zurückgelegten Weges in verjüngtem Maßftabe auf die Zeichenfläche. Die beiden Ebenen können durch den Aufnehmenden um eine Achfe gedreht werden. Die Drehung wird auf eine Anzeigevorrichtung übertragen, die mit einer frei fchwebenden Magnetnadel in Verbindung fteht. Die Anzeigevorrichtung muß beim Gebrauch des Inftruments ftets auf die Magnetnadel einfpielen. Dadurch wird die Richtung des Weges auf der Zeichenfläche angegeben. Bei einer Aenderung der Wegerichtung find die beiden Ebenen entfprechend zu drehen. Das Inftrument ift in einer Ledertafche untergebracht. Diefe wird von dem Aufnehmenden an einem Riemen über der Schulter getragen und beim Gebrauch des Inftruments gegen die Hüfte gedrückt. Die Tafche trägt noch eine grobe Libelle, welche ebenfalls einfpielend erhalten werden muß, damit das Inftrument immer die gleiche Lage zum Körper des Aufnehmenden einnimmt. Die Genauigkeit und die Gefchwindigkeit in der Aufzeichnung des Weges durch den Apparat find etwa die, welche man beim Abfchreiten langer Linien erzielen kann. Die aufgezeichnete Länge der Wegelinie ift von der Schrittlänge des Aufnehmenden abhängig. Das Inftrument ift im allgemeinen nur für horizontale Wege geeignet, kann aber auch noch bei mäßigen Neigungen benutzt werden, wenn der Aufnehmende feine Schrittlänge den Neigungen anpaßt.

Literatur: [1] Ferguſon, Th., Automatic Surveying Instruments an their practical uses on land and water, London 1904. — [2] Hammer, Zeitfchr. f. Inftrumentenk. 1903, S. 277. *Hillmer.*

Pedometer, f. Schrittzähler.

Peelen (Pählen), f. Leder, Bd. 6, S. 91.

Peerd (Pferd), ein unterhalb der Raa eines Schiffes in mehreren Buchten befeftigtes Tau, welches den Matrofen beim Segelmanöver als Auftritt dient.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Pegamoid, ein nach besonderem Verfahren imprägnierter Stoff, welcher abwaschbar ist und als Wandbekleidung der Kammerschotte im Schiffbau Verwendung findet. *T. Schwarz.*

Pegel (Marque, Marqueur, Hydrometer, Wasserstandszeiger), eine Vorrichtung zum Messen (Ablesen) des jeweiligen Wasserstandes; vgl. a. Mareograph.

I. Gewöhnlich wird der **einfache Pegel** mit gut sichtbarer Maßeinteilung versehen (Fig. 1) (Skalenpegel) und als lotrechter Stab an einer geschützten Stelle des Flusses, z. B. an einem Brückenjoche oder Brückenpfeiler, aufgestellt. Als Nullpunkt wird möglichst der kleinste Niederwasserstand angenommen, um negative Ablesungen zu vermeiden.

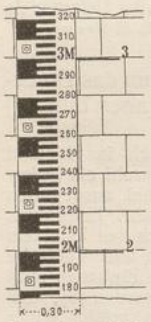


Fig. 1. Französischer Pegel.

Zuweilen, an gesicherten, gepflasterten Uferböschungen, wird der Pegel auch in der Böschungslinie angeordnet; die Teilung wird dann aber als Projektion eines Vertikalmaßstabes ausgeführt, damit die schrägen Ablesungen unmittelbar die richtige (lotrechte) Höhe des Wasserspiegels angeben. Die Skalenpegel werden in neuester Zeit meistens aus Eisen hergestellt; bei den sogenannten Präzisionsskalenpegeln bildet man die Teilung auch durch einzementierte auswechselbare Porzellanplättchen [1]. Der einmal angenommene Nullpunkt eines Pegels wird vermittelst Nivellements auf zuverlässigen Fixpunkt bezw. auf Meereshöhe (in Deutschland N.N.) bezogen. — Die Pegelablesungen bezw. Aufschreibungen sind einesteils ordentliche, welche in der Regel täglich einmal (z. B. um 12 Uhr mittags) vorgenommen werden, anderenteils außerordentliche, welche bei Hochwasser öfters (z. B. jede zweite Stunde) stattfinden [2]. Wird am Pegel ein Schwimmer so angebracht, daß er wohl mit dem Hochwasser in die Höhe steigen kann, aber am Abwärtssinken durch eine entsprechende Klinke gehindert ist, dann zeigt er selbsttätig den höchsten Stand des Hochwassers an. Ist ein analoger Schwimmer nur für das Heruntersinken eingerichtet, so wird hierdurch auch der jeweilig tiefste Wasserstand selbsttätig angegeben: Maximum- und Minimumpegel [3], [4].

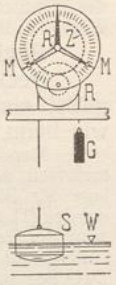


Fig. 2. Pegeluhr. *A* Zeiger. *M M* Maxima- und Minimazeiger. *Z* Zahnrad. *R* Rolle. *G* Gegengewicht. *S* Schwimmer. *W* Wasserspiegel.

Abarten des einfachen Pegels, welche vielfach auch selbstanzeigende Pegel heißen, sind:

1. Am Ufer wird ein mit dem Flußwasser kommunizierender Brunnen hergestellt; ein Schwimmer im Brunnen trägt einen lotrechten Stab mit einem Zeiger, welcher auf daneben angebrachtem festem Maßstabe die Wasserspiegelhöhe angibt.

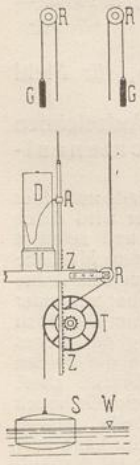


Fig. 5. Schematische Darstellung eines Registrierpegels. *W* Wasserspiegel. *S* Schwimmer. *Z* Zahnstange. *T* Trommel. *R* Rollen. *A* Schreibstift. *U* Uhrwerk. *D* Registriertrommel.

2. Von einem Schwimmer wie unter 1. geht eine Kette oder ein feiner Metalldraht nach aufwärts, der in der Höhe über eine Rolle geführt und am andern herabhängenden Ende oder in ähnlicher Weise mittels eines Gegengewichtes gespannt ist. Die so beim Steigen und Fallen des Wassers verursachte Drehung derselben Rolle wird gewöhnlich durch eine Räderübersetzung auf einen Zeiger übertragen, der auf einem entsprechend geteilten, runden Zifferblatt den Wasserstand angibt (Pegeluhr, s. Fig. 2). Hierbei läßt sich auch der maximale sowie der minimale Wasserstand durch je einen besonderen Zeiger, der vom Hauptzeiger nur in der betreffenden Richtung mitgenommen werden kann, selbsttätig angeben [4]. Will man, was manchmal für die Flußschiffahrt wichtig ist, aus größerer Ferne die Uhr ablesen, so müssen die Zifferblätter sehr groß gemacht werden; besser ist in solchen Fällen der Rollbandpegel System Seibt-Fueß (Fig. 3). Der Schwimmer *S* bewegt mittels Drahtes die Walze *W* und folgt den Spiegelbewegungen des zu beobachtenden Wasserlaufs. Mit der Walze *W* steht ein Getriebe *T* in Verbindung, welches ein über die Rollen R_1 und *R* geführtes Band auf und ab bewegt. Entsprechend der durch das Getriebe *T* vergrößert übertragenen Spiegelbewegungen ist auf dem Bande eine vergrößerte Teilung angebracht, die sehr große Zahlen ermöglicht, deren Ablesung zwischen den festen Zeigerspitzen *J* von weither erfolgen kann [5].

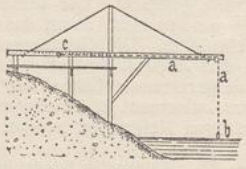


Fig. 4. Seilpegel.

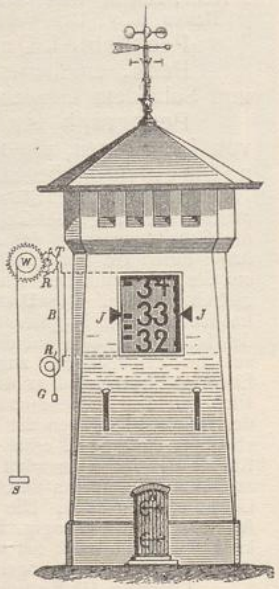


Fig. 3. Rollbandpegel, System Seibt-Fueß.

3. Am Missouri in Nordamerika sind vielfach sogenannte Seilpegel [4] im Gebrauch. Das Drahtseil *a* (Fig. 4) ist über eine Rolle, die sich am freien Ende eines auskragenden Horizontal-

balkens befindet, weiter ans Ufer zurückgeführt. Daſelbſt wird mittels eines Handgriffes am Seile das Pegelgewicht *b* bis zur Berührung mit dem Waſſerſpiegel eingeſtellt und oben bei *c* an einer horizontalen Skala der Waſſerſtand abgeleſen. Dieſe Vorrichtung paßt dorthin, wo das Uferwaſſer ſchwer zugänglich iſt.

II. Eine zweite Gruppe ſind die **ſelbſttätigen, regiſtrierenden Pegel**, auch Waſſerſtandszeichner, Limnigraphen oder Fluviographen bezw. Mareographen (ſ. d.) genannt. Der unmittelbaren Beobachtung am nächſten kommt der ſelbſttätige Lichtbildpegel, welcher die Feſthaltung der jeweiligen Waſſerſtände auf photographiſchem Wege ermöglicht, vgl. [6]. Bei den regiſtrierenden Pegeln wird der Wechſel des Waſſerſtandes entweder mittels eines Schwimmers in Verbindung mit der Schwimmerrolle, wie vorher unter 2., zum Regiſtrierapparate übertragen oder durch hydroſtatiſche bezw. pneumatiſche Druckwirkung oder auf elektriſchem Wege. Das Weſen der Aufzeichnung der Waſſerſtände in Form der Waſſerſtandskurve oder Pegelkurve ergibt ſich aus Fig. 5; einen ſelbſttätigen Druckluftpegel Syſtem Seibt-Fueß [7] zeigen die Fig. 6 und 7. Den Nullpunkt in der feſten Luftglocke *A* bilden die Oberkanten der Schlitze *e* (Fig. 6); letztere haben den Zweck, die Schwankungen der von der Druckluft berührten Waſſerdruckfläche auf ein praktiſch bedeutungsloſes Maß zu verringern (etwa 1 cm), alſo den Nullpunkt für die Rechnung unveränderlich zu machen. Entſprechend dem Waſſerſtand *w* ſtellt ſich die Preſſung in der Leitung *l* (2 mm weites Bleirohr), die zu einem Queckſilbergefäß *U* (Fig. 7) führt; von dort aus wird die Waſſerſäulenhöhe *w* im offenen Schenkel U_1 in Queckſilberſäulenhöhe bei folgender Einrichtung umgewandelt. Von dem auf einem Gußblocke *Q* verſchraubten, die Luftleitung *l* aufnehmenden Dreiweghahn *D* aus geht ein feines Platinröhrchen l_1 nach dem mit Queckſilber verſehenen Schenkel *U*, in den ein beſonders hergerichteter Eiſenſtab *t* eingeführt iſt, mittels deſſen eine genaue Regulierung des in dem kommunizierenden Schenkel U_1 enthaltenen Queckſilbers entſprechend der zum vornherein angenommenen Verjüngungsſkala *M* ſich ermöglichen läßt. Auf dem Queckſilber in U_1 ruht ein Schwimmer *s* (ein Eiſenplättchen mit einem die genaue Führung der Stange *d* ſichernden Glaskörper), mittels deſſen der Spiegelgang des Waſſers durch die an der Stange *d* angebrachte Zeichenfeder *c* in beſtimmtem Maßſtabe auf die mit Papier überzogene Regiſtrierwalze *W* als Kurve aufgezeichnet wird, deren Abſziſſe die Zeit und deren Ordinate den entſprechenden Waſſerſtand angibt. Das ſo entſtehende Diagramm wird oben und unten durch zwei an der Stange *n* angebrachte, von den Gewichten *g* und g_1 in ihrer Lage feſtgehaltene Zeichenfedern *b* und *b'* mittels horizontaler Linien begrenzt, ſo daß alle Auswertungen der Aufzeichnungen leicht vorzunehmen ſind [8]. Zeitmarken werden durch den von der Uhr betätigten Hammer *H* gegeben; ein Kontakt *f*, der an der vorderen Säule für beliebigen Waſſerſtand eingeſtellt werden kann, ſetzt nach Berührung mit der Zeichenfeder *c* ein elektriſches Läutwerk in Gang. Mittels des Hahns *h* kann ein Entleeren des Queckſilbers erfolgen; die Luftpumpe *V* dient zur Beſeitigung von Betriebsſtörungen an der Luftleitung *l*. Die Verjüngungsſkala *M* iſt durch das an deren oberem Ende angebrachte Handrad ſtellbar und geſtattet eine Kontrolle der Aufzeichnungen von Feder *c*. Eine weitere Kontrolle — auch für die obengedachte Skala und die ganze Einrichtung überhaupt — iſt am ſogenannten Lotpegel (Fig. 6) ermöglicht. Der an dem Rohr *E* geführte Schwimmer *S* und der an dem Meßband *L* angebrachte Senkel *P* ſtehen dann, wenn letzterer die horizontale Platte des Schwimmers gerade berührt, was ſich durch Handkurbel *k* und Bremsfeder *B* genau bewirken läßt, ſtets um das gleiche Maß m_1 über dem Waſſerſpiegel. Die Teilung des Meßbandes *L* geht von oben nach unten; am letzteren werden die Ableſungen beim Index *i* vorgenommen, die aus der Beziehung $w = h - (m + m_1)$ abgeleitet ſind (ſ. Fig. 6) und mit jenen auf der Verjüngungsſkala *M* (Fig. 7) übereinſtimmen müſſen [9].

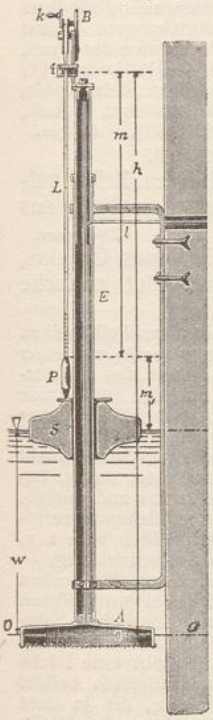


Fig. 6 (und 7). Druckluftpegel von Seibt-Fueß.

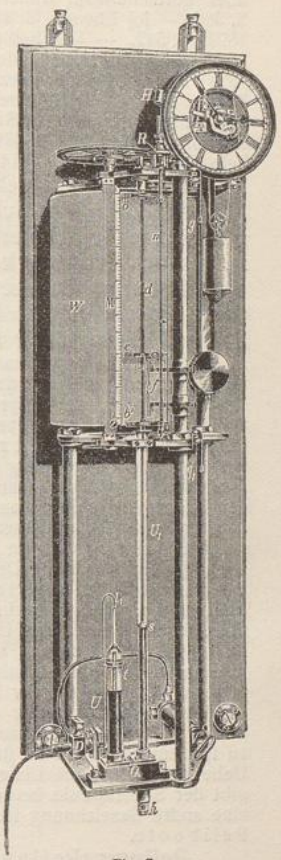


Fig. 7.

Weitere hierhergehörige Einrichtungen und Auseinanderſetzungen ſ. in [10]; Bezugsquelle für alle Arten Pegel: R. Fueß, Steglitz-Berlin, Düntherſtraße 8.

III. Während die Luftleitung *l* (Fig. 6 und 7) ohne Nachteil für die Pegelanzeigen nur auf ca. 350 m Länge bemeſſen werden kann, geſtatten die **elektriſchen Fernpegel** die Meſſung der Waſſerſtände an beliebig entfernten Orten, und es laſſen ſich insbeſondere die Beobachtungen für viele Stellen in einer einzigen Zentralſtation vornehmen. Solche Einrichtungen werden

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

heutzutage von den Elektrizitätswerken mit großer Zuverläſſigkeit und ganz den mannigfaltigen Wünſchen der Beſteller entſprechend hergeſtellt, nicht nur für Beobachtungen am Meere, an Flüſſen, Seen u. ſ. w., ſondern beſonders auch für Aufzeichnungen von Brunnen- und Reſervoirwaſſerſtänden bei Waſſerverſorgungen; hinſichtlich letzterer Einrichtungen verweiſen wir auf die ausführlichen Erörterungen in [11] und die Beſchreibung diesbezüglicher Anlagen von Siemens-Halske (Wernerwerk), Berlin-Nonnendamm, in [12] und [13]. Der Fernpegel Seibt-Fueß [14] beruht im weſentlichen auf dem Grundgedanken, auf dem ſich die dem ſelbſttätigen Univerſalpegel Seibt-Fueß eigentümliche Einrichtung zur Ableſung von Waſſerſtänden aus der Ferne aufbaut [15]; die Waſſerſtandshöhen werden auf mechaniſchem Wege in zeitliche Zwiſchenräume umgeſetzt, letztere nach elektriſcher Uebertragung auf die Fernbeobachtungsſtelle an einem Uhrwerke abgeleſen und dort wieder in Waſſerſtandshöhen umgewandelt.

Literatur: [1] Zentralbl. d. Bauverw. 1892, S. 499. — [2] Oeſterr. Monatsſchr. für den öffentl. Baudienſt 1895, S. 298, 341. — [3] Zentralbl. d. Bauverw. 1890, S. 469. — [4] Roloff, Mitteil. über nordamerikan. Waſſerbauweſen, Berlin 1895, S. 13. — [5] Zentralbl. d. Bauverw. 1897, S. 368. — [6] Ebend., S. 331. — [7] Ebend., 1902. — [8] Ebend., 1896, S. 572. — [9] Ebend., 1893, S. 542. — [10] Seibt, W., Ueber ſelbſttätige Pegel und die Zuſammengehörigkeit ihrer Aufzeichnungen mit Nivellements erſter Ordnung, VII. Internationaler Schiffahrtskongreß, Brüſſel 1898; Miniſterium der öffentl. Arbeiten in Preußen, Das Nivellements- und Pegelweſen der preuß. Waſſerbauverw., betr. Führer f. d. Weltausſtellung St. Louis 1904, Berlin 1904. — [11] Lueger, O., Die Waſſerverſorgung der Städte, Abteil. II, Leipzig 1908. — [12] Schmidt, G., Elektr. Telegraphie, 3. Aufl., Leipzig 1906, S. 431 ff. — [13] Wietz und Erfurth, Hilfsbuch für Elektropraktiker, 6. Aufl., Leipzig 1907, S. 90 ff. — [14] Zentralbl. d. Bauverw. 1900. — [15] Ebend., 1891, S. 405. *Lueger.*

Peilkompaß, Schiffskompaß mit Peilvorrichtung; ſ. Kompaß.

Peilrohr, im Schiffbau, iſt auf der Decke einer waſſerdichten Zelle aufgeſetzt, um den Waſſerſtand in der Zelle von einem höher gelegenen Deck aus mittels des Peilſtocks meſſen zu können. *T. Schwarz.*

Peilung, im Seeweſen, die Feſtſtellung der Richtungslinie eines Objekts, eine der wichtigſten Maßnahmen der Schiffahrt. Man unterſcheidet einfache Peilung, Deckpeilung und Kreuzpeilung.

Die Peilung wird entweder nur mit Hilfe von horizontalen, halbkreisförmigen Peilſcheiben vorgenommen, die, an den Enden der Kommandobrücke des Schiffes angebracht, mit einer den Kompaßſtrichen entſprechenden Einteilung verſehen ſind, oder aber mittels des Diopteraufſatzes auf der Kompaßpeilſcheibe. Im erſteren Falle handelt es ſich nur um eine annähernde Richtungsbeſtimmung, die z. B. beim Fahren im Geſchwader häufig erforderlich wird, im letzteren um die genaue Feſtlegung der Kompaßrichtung eines Objekts, Geſtirns, Leuchtturms u. ſ. w. — Dieſer Richtung bedarf man z. B., um bei bekannter Fahrtrichtungslinie durch den Schnittpunkt der Peilungslinie eines Landobjekts den Ort des Schiffes zu beſtimmen, oder aber, um bei bekannter Fahrgeſchwindigkeit durch Peilung des Objekts 45° vor- bezw. achteraus und querab, unter Berechnung der im Zeitintervall zurückgelegten Strecke durch das entſtehende rechtwinklig-gleichſchenklige Dreieck, die Entfernung vom Objekt zu erhalten, ſchließlich auch u. a. zur aſtronomiſchen Deviationsbeſtimmung (ſ. d.) durch Peilung der Sonnenrichtung. — Peilt man zwei Objekte in einer und derſelben Richtung, ſo daß das eine vor dem andern ſteht, ſo erhält man eine Deckpeilung. Solche ſind von großem Wert, z. B. bei terreſtriſchen Deviationsbeſtimmungen, bei der Anfegelung und den Richtungslinien in gefährlichen Fahrwaſſern ſowie beim Ablaufen der gemeſſenen Meile. Da die Verbindungslinie der in Deckung gepeilten Objekte auf der Seekarte als genaue Kompaßrichtung abzuleſen iſt, gibt eine ſolche Deckpeilung immer ganz einwandfreie Reſultate. — Die Kreuzpeilung ſchließlich beſteht darin, daß man die Richtungslinien zweier oder mehrerer verſchiedener Objekte, die in nicht zu ſpitzem und nicht zu ſtumpfem Winkel zueinander ſtehen dürfen, auf dem Kompaß feſtſtellt. Ueberträgt man dieſe Linien umgekehrt von den auf der Karte verzeichneten Objekten aus, ſo gibt der Schnittpunkt beider Richtungslinien den genauen Ort des Schiffes. — Peilen iſt auch eine andre Bezeichnung für das Loten. Die die Tiefenmeſſung vornehmenden Fahrzeuge heißen Peilboote. *von Nießen.*

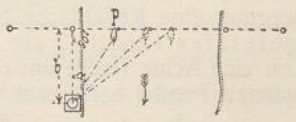
Peilung (Peilen), das Meſſen der Waſſertiefen und auch das Aufnehmen eines Waſſerbettes [1].

Bei mäßigen Tiefen (etwa bis zu 7 m) dient dazu die Peilſtange, das iſt ein hölzerner oder eiſerner Stab mit von unten nach oben gehender Teilung; am Fuße derſelben, am Nullpunkte, iſt eine breitere Scheibe zweckmäßig, um das Einſinken der Stange in die etwa lockere Sohle zu verhüten. Für größere Tiefen muß das Peillot (ſ. Loten, Lotmaſchine) benutzt werden, wobei die Leine oder der Draht, an dem das Senkgewicht hängt, die Tiefenteilung beſitzt. An Stelle desſelben tritt neuerdings auch der Waſſertiefenmeſſer von Julius Pintſch-Berlin, der die Tiefe in der Form von Luftpreſſung in einem auf den Grund reichenden Schlauche, aus dem das Waſſer durch eine Luftpumpe fortgedrückt wird, am Manometer erkennen läßt; vgl. D.R.P. Nr. 114699.

Manchmal bedient man ſich für die Peilung ſelbſttätiger (regiſtrierender) Peilapparate, welche bei einer kontinuierlichen Fortbewegung in einer gewiſſen Linie des Fluſſes (im Quer- oder im Längsprofile) entweder bloß die zugehörige Sohlentiefe oben, auf dem Peilkahne, anzeigen oder auch in irgend einer Weiſe ſelbſt aufzeichnen; dieſelben ſind mehr oder minder unvollkommen, da ſie die zugleich nötigen Längenentfernungen nur angenähert durch eine Abwicklung nach der Zeit darſtellen. Relativ am beſten erſcheint der in [2] beſchriebene Stecherſche Peilapparat, worauf wir verweiſen.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Zur vollſtändigen Aufnahme einer Flußſohle dient das Peilſchiff, Sondierſchiff oder Peilgerüſt [3]—[5]. Dasſelbe, aus zwei gekuppelten (eiſernen) Kähnen beſtehend, trägt eine bei 10 m breite und 20 m lange Plattform, von welcher aus gewöhnlich in je 1 m Entfernung Tiefenmeſſungen vorgenommen werden. In ſolchen Fällen benutzt man zur Kontrolle, ob etwa noch einzelne Felſenſpitzen über die gewünſchte Normalſohle hervorragen, auch Peilrahmen [3]; dabei wird eine längere horizontale Stange entſprechend tief unter Waſſer geſenkt und durch Fortbewegung derſelben ſowie durch das Verſtellen des zugehörigen Schiffes die ganze zu prüfende Sohle beſtrichen.



Querprofilpeilung.

Um Flußquerprofile aufzunehmen, iſt es am einfachſten, über die ganze Flußbreite oder vorerſt über einen Teil derſelben eine mit Längenteilung verſehene ſogenannte Peilleine oder ein Peilſeil (wenn es ein Drahtſeil iſt) zu ſpannen und in den ſo der Entfernung nach beſtimmten Punkten die Waſſertiefen zu peilen; bei großen Seillängen (bis zu 600 m) ſind zur Zwiſchenunterſtützung des Seiles, um es über Waſſer zu halten, noch verankerte Hilfskähne nötig [6]. — Manchmal, wenn das obige Verfahren nicht leicht möglich, werden die Peilpunkte vorher durch Anbaaken feſtgelegt, d. h. es werden dieſelben durch verankerte Schwimmer, Baaken oder Bojen, markiert. Schließlich kann man die zu peilenden Punkte auch frei wählen, indem das Peilboot womöglich in das Querprofil einviſiert wird und durch die Meſſung der Baſis b und der verſchiedenen Winkel α (ſ. die Figur) die Punkte P beſtimmt werden. Ein ſolch freier Punkt P kann auch vom Schiffe aus durch Winkelmeſſung nach zwei Signalpunkten am Ufer mittels eines paſſenden Spiegelſextanten feſtgelegt werden [7].

Literatur: [1] Handbuch der Ingenieurwiſſenſchaften, Leipzig 1892, Bd. 3, Abt. 1, S. 126 ff. — [2] Zentralbl. d. Bauverw. 1885, S. 349; 1891, S. 228. — [3] Zeitſchr. f. Bauweſen 1896, S. 97; Ebend., 1897, S. 86. — [4] Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing., 1895, S. 222. — [5] Gonda, v., Die Regulierung des Eiſernen Tores, Budapeſt 1896. — [6] Zeitſchr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1885, S. 301. — [7] Ebend., 1886, S. 147.

Pekariſieren nennt man die ſeit 1894 [1] geübte Beſtimmung der Farbe des Mehls, wobei etwa zwei Teelöffel desſelben auf einer Glasplatte zu einem etwa 5 cm langen, 3 cm breiten und 2 mm hohen Streifen geſchichtet und mit einer zweiten Glasplatte glatt gedrückt werden.

Literatur: [1] Vereinbarungen für einheitliche Unterſuchungen der Nahrungs- und Genußmittel, Berlin 1899. *Mezger.*

Pekrungetriebe, Schneckengetriebe mit Rollzähnen.

Pektinſtoffe (Pektinkörper), eine Reihe wenig charakteriſierter, ſtickſtofffreier, im Pflanzenreich weitverbreiteter Subſtanzen, die ſich in den Fruchtſäften, z. B. der Aepfel, Kirſchen, Johannisbeeren, Pflaumen, Reineclauden u. ſ. w., gelöſt finden und das Gelatinieren derſelben veranlaſſen.

Sie ſtehen in naher Beziehung zu den Kohlehydraten und hiervon ſpeziell zu den Gummiarten und Pflanzenſchleimen. Als Grundſubſtanz der Pektinſtoffe nimmt man die in Waſſer völlig unlösliche Pektoſe an, die dann durch Fermente mannigfache Umſetzungen erleidet. Solche Umwandlungsprodukte ſind das Pektin, „Para“ und Metapektin, Pektinſäure und Pektoſinſäure. Die als Endprodukt dieſer Umwandlungen auftretende Metapektinſäure ſcheint mit dem Arabin oder Metarabin identiſch zu ſein. *Bujard.*

Pelo, ſ. v. w. Pelſeide; ſ. Seidenſpinnerei.

Pelouzeapparat, ſ. Teerwäſcher.

Pelſeide, ſ. Seidenſpinnerei.

Peltonrad, ſ. Waſſermotoren.

Pelzapparate, ſ. Streichgarnſpinnerei.

Pelzerſcher Ventilator, ſ. Schleudergebläſe.

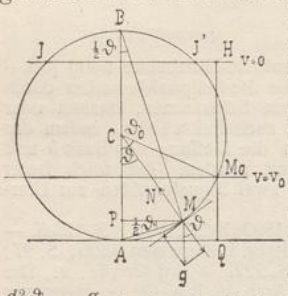
Pelzgerberei, ſ. Leder, Bd. 6, S. 105.

Pelzkrempel, Pelzreißer, ſ. Streichgarnſpinnerei.

Pendel. Man unterſcheidet einfaches und zuſammengeſetztes Pendel. Ein einfaches Pendel iſt, im rein mathematiſchen Sinne genommen, ein ſchwerer Punkt, der gezwungen iſt, auf einer gegebenen Kurve ſich zu bewegen. So iſt ein ſchwerer Punkt, der durch einen Faden oder eine maſſeloſe ſtarre Stange von konſtanter Länge mit einem feſten Punkte verbunden, in einer Vertikalebene dieſes feſten Punktes beweglich iſt, auf einen Kreis gezwungen; er ſtellt ein Kreispendel dar. Ebenſo beſchreibt ein ſchwerer Punkt, durch einen Faden mit einem feſten Punkte verknüpft, eine Cykloide, wenn der Faden ſich über zwei in dem feſten Punkte als Spitze zuſammenſtoßende Aeſte der Evolute der Cykloide, die ſelbſt eine dieſer kongruente Cykloide iſt, hinbiegt. Das Pendel iſt dann ein Cykloidenpendel. Mit Hilfe der Fadenkonſtruktion von Huyghens-Monge (ſ. d.) kann man jeden ſchweren Punkt auf jeder gegebenen Kurve ſich als Pendel zu bewegen nötigen. Ein ſchwerer Punkt,

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

der durch einen Faden konſtanter Länge mit einem feſten Punkte verbunden, im übrigen aber keiner weiteren Bedingung unterworfen iſt, kann ſich auf einer Kugelfläche bewegen, deren Mittelpunkt der feſte Punkt und deren Radius die konſtante Fadenlänge iſt. Auch er heißt in etwas erweitertem Sinne ein einfaches Pendel, und zwar ein ſphäriſches oder auch, weil der Faden während der Bewegung eine Kegelfläche beſchreibt, ein koniſches Pendel. Ein zuſammengeſetztes Pendel iſt ein unveränderliches Syſtem ſchwerer Maſſenpunkte, das um eine Achſe (meiſt um eine horizontale Achſe) beweglich iſt. Das zuſammengeſetzte Pendel heißt auch phyſiſches Pendel, während das einfache Pendel auch als mathematiſches Pendel bezeichnet wird. Seine Bewegung kann auf die Bewegung eines einfachen Pendels zurückgeführt werden.



Das Kreispendel. Iſt M (ſ. die Figur) die Lage des Pendelpunktes zur Zeit t auf dem Kreiſe, ſo iſt der Winkel ϑ, den der Pendelfaden $CM = a$ mit der Vertikalen CA bildet, ſowie die Spannung N des letzteren als Funktionen von t beſtimmt durch $\frac{dv}{dt} = g \sin\vartheta$, $\frac{v^2}{a} = N - g\cos\vartheta$.

Iſt ϑ der der Zeit $t=0$ entſprechende Wert von ϑ, dann iſt der in der Zeit t von M beſchriebene Bogen $s = a(\vartheta_0 - \vartheta)$ und mithin $v = \frac{ds}{dt} = -a\frac{d\vartheta}{dt}$. Daher wird die erſte der Gleichungen $\frac{d^2\vartheta}{dt^2} + \frac{g}{a}\sin\vartheta = 0$. Dieſer Gleichung genügt eine elliptiſche Funktion. Jedoch ſind drei Fälle zu unterſcheiden, je nachdem die Niveaudifferenz QH der größten Geſchwindigkeit und der Geſchwindigkeit Null kleiner, gleich oder größer als $2a$ iſt. Im erſten Falle macht das Pendel gewöhnliche Schwingungen, im dritten Falle volle Umläufe; im zweiten Falle dagegen nähert ſich der Pendelpunkt aſymptotiſch dem höchſten Punkte des Kreiſes (ſ. hierüber [1], Bd. 1, S. 400 ff.). Die ganze Schwingungsdauer T, d. h. die Zeit eines Hin- und Herganges iſt

$$T = 4\sqrt{\frac{a}{g}}\cdot K, \text{ wo } K = \int_0^{\frac{1}{2}\pi} d\varphi\,(1 - \varkappa^2\sin\varphi^2)^{-\frac{1}{2}} = \tfrac{1}{2}\pi\left[1 + (\tfrac{1}{2})^2\varkappa^2 + (\tfrac{1}{2}\cdot\tfrac{3}{4})^2\varkappa^4 + (\tfrac{1}{2}\cdot\tfrac{3}{4}\cdot\tfrac{5}{6})^2\varkappa^6 + \ldots\right]$$

und wenn die Anfangsgeſchwindigkeit $v_0 = 0$, $\varkappa = \sin\frac{1}{2}\vartheta_0$ iſt. Für ſehr kleine Werte des Ausſchlagswinkels genügt $T = 2\pi\sqrt{\frac{a}{g}}$. Für das Sekundenpendel iſt die halbe ſo definierte Schwingungsdauer eine Sekunde. Dieſe Näherungsformel iſt unabhängig von ϑ_0 und zeigt, daß bei ſehr kleinem ϑ_0 die Größe von ϑ_0 auf die Schwingungsdauer einen ſehr unbedeutenden Einfluß ausübt (Iſochronismus der kleinen Pendelſchwingungen). Zu derſelben Formel gelangt man auch, indem man in der Differentialgleichung der Pendelbewegung ϑ für $\sin\vartheta$ näherungsweiſe ſetzt und die Gleichung $\frac{d^2\vartheta}{dt^2} + \frac{g}{a}\vartheta = 0$ integriert.

Von beſonderer Wichtigkeit für die Technik iſt das Kreispendel mit Reibungswiderſtand. Unter Beibehaltung der obigen Bezeichnung hat man, wenn R die Beſchleunigung des Widerſtandes iſt, indem man für kleine Ausſchläge ϑ für $\sin\vartheta$ ſetzt, die Gleichungen

$$\frac{dv}{dt} - g\vartheta + R = 0,\quad a\frac{d\vartheta}{dt} + v = 0.$$

Für kleine Ausſchläge iſt N die Fadenſpannung nahe konſtant gleich g, und wenn man gewöhnliche Achsreibung als weſentlichen Widerſtand vorausſetzt, wird $R = g\cdot\varepsilon$, wo ε den Winkel bedeutet, um den man die ruhende Pendelſtange nach beiden Seiten aus der lotrechten Lage entfernen kann, ohne daß das Gleichgewicht aufgehoben wird. Die Bewegungsgleichung läßt ſich dann auch ſchreiben:

$$\frac{d^2\vartheta}{dt^2} - g(\vartheta - \varepsilon) = 0 \text{ oder } \frac{d^2(\vartheta-\varepsilon)}{dt^2} - g(\vartheta - \varepsilon) = 0,$$

d. h. das Pendel ſchwingt nicht mehr um die lotrechte, ſondern um die gegen die Bewegung um den Winkel ε abgelenkte Gleichgewichtslage. Dadurch wird die Schwingungsweite um $2a\varepsilon$ vermindert. Bei der Rückſchwingung tritt die nach der andern Seite um ε abgelenkte Gleichgewichtslage ein, wodurch wieder eine Verminderung der Schwingungsweite um $2a\varepsilon$ entſteht. Die Schwingungsweiten nehmen alſo hierbei in arithmetiſcher Reihe ab, und das Pendel bleibt nach einer endlichen Zahl von Schwingungen in einer zwiſchen den äußerſten Gleichgewichtslagen befindlichen Stellung ſtehen. Wirkt der Widerſtand proportional der Geſchwindigkeit, wie im Falle eines widerſtehenden Mittels, ſo entſtehen gedämpfte Schwingungen, deren Ausſchläge in geometriſcher Reihe abnehmen. — Ueber das ſphäriſche oder koniſche Pendel ſ. [1], Bd. 1, S. 429 ff.

Das zuſammengeſetzte Pendel (phyſiſches Pendel). Es iſt ein ſchweres, unveränderliches Punktſyſtem (z. B. ein ſchwerer ſtarrer Körper), das um eine horizontale Achſe beweglich iſt. Die Bewegungsgleichung wird am einfachſten aus dem Satz von der lebendigen Kraft abgeleitet. Iſt K das Trägheitsmoment des Pendelkörpers in bezug auf die Drehachſe und ϑ der Ausſchlagwinkel der Senkrechten vom Schwerpunkt auf die Drehachſe gegen die

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

lotrechte Gleichgewichtslage, fo ift die lebendige Kraft: $\frac{1}{2}K\left(\frac{d\vartheta}{dt}\right)^2$. Die Arbeit, welche bei Hebung des Schwerpunktes geleiftet wird, ift $Dg(1-\cos\vartheta)$, wo D das Drehmoment des Körpers in bezug auf die Drehachfe bedeutet. Es ift $\frac{1}{2}K\left(\frac{d\vartheta}{dt}\right)^2+Dg(1-\cos\vartheta)=\text{const}$, woraus durch Differentiation nach t: $K\frac{d\vartheta}{dt}\frac{d^2\vartheta}{dt^2}-Dg\sin\vartheta\frac{d\vartheta}{dt}=0$ oder $\frac{d^2\vartheta}{dt^2}-g\frac{D}{K}\sin\vartheta=0$ folgt. Es bewegt fich demnach das phyfifche Pendel wie ein mathematifches von der Länge $l=\frac{K}{D}$. Führt man den Trägheitsradius $\varkappa$ aus $K=M\varkappa^2$ und den Schwerpunktsbeftand a von der Drehachfe aus $D=Ma$ ein, fo wird $l=\frac{\varkappa^2}{a}$. Ift $\varkappa_0$ der Trägheitsradius für eine der Drehachfe parallele Achfe des Maffenmittelpunktes, fo ift $\varkappa^2=a^2+\varkappa_0^2$ und es wird durch Einführung dieles Wertes die Pendellänge $a+\frac{\varkappa_0^2}{a}=l$. Legt man in der durch die Drehachfe und den Schwerpunkt gehenden Ebene eine Parallele zur Drehachfe auf der Seite des Schwerpunktes im Abftande l und macht diefe zur Drehachfe, fo wird der Schwerpunktsabftand $a'=l-a=\frac{\varkappa^2}{a}$ und die neue Pendellänge $l'=a'+\frac{\varkappa^2}{a'}=\frac{\varkappa^2}{a}+a=l$. Sie ift alfo gleich der urfprünglichen Pendellänge und das Pendel fchwingt um beide Achfen gleich fchnell. Ein Pendel, das um zwei folche parallele reziproke Achfen fchwingen kann, die fich fo verfchieben laffen, daß die Schwingungen um beide gleich find, heißt ein Reverfionspendel. — Ueber das fogenannte Horizontalpendel f. Bd. 5, S. 137; vgl. a. [2] und [3].

Literatur: [1] Schell, Theorie der Bewegung und der Kräfte, 2. Aufl., Leipzig 1879, Bd. 1, S. 393—413, 421—430, und Bd. 2, S. 463—467. — [2] Appell, Traité de mécanique rationnelle, Paris 1893, Bd. 1, S. 417—422, 485—496, und Bd. 2, S. 134—137. — [3] Budde, Allgemeine Mechanik der Punkte und ftarren Syfteme, Berlin 1890, Bd. 1, S. 194—219, und Bd. 2, S. 665 bis 671.

(† Schell) Finfterwalder.

Pendel (Stützen), f. Auflager (Bd. 1, S. 354, 360) und Pendellager.

Pendelapparat dient zu den für die Zwecke der Erdmeffung (f. Erde) erforderlichen Schwerememungen. Es werden abfolute und relative Beftimmungen der Erdfchwere unterfchieden.

1. Zur **abfoluten** Beftimmung dient entweder das Fadenpendel, deffen endgültige Form von Beffel angegeben wurde [1], oder feit Bohnenberger (1811), Kater (1818) und Beffel das Reverfionspendel in verfchiedener Anordnung, z. B. das von Repfold nach Beffels Angaben angefertigte Pendel ([2] und [3]) oder deffen in [4] und [5] befchriebene Modifikation. Das Prinzip der Beobachtungsmethode und Apparate ift kurz das folgende. Aus der reduzierten, für das einfache oder mathematifche Pendel (f. d.) gültigen Gleichung $S=\pi\sqrt{l:g}$, worin S Schwingungszeit in Sekunden, l Pendellänge, g Erdfchwere am Beobachtungsort, ergibt fich $g=l\pi^2:S^2$. Zur abfoluten Beftimmung von g find demnach die Schwingungsdauer fowie die reduzierte oder mathematifche Pendellänge zu meffen, d. h. der Quotient aus Trägheitsmoment und ftatifchem Moment des phyfifchen oder zufammengefetzten Pendels in bezug auf die Drehungsachfe. Da die reduzierte Pendellänge für ein zufammengefetztes Pendel direkt nicht genügend genau beftimmt werden kann, hat man das obengenannte Reverfionspendel konftruiert. Diefes befitzt zwei parallele, vom Schwerpunkt ungleich weit entfernte Achfen, um die es mit der gleichen Schwingungsdauer fchwingt. Nach Huyghens ift die reduzierte Pendellänge dann gleich dem Abftande der beiden Achfen. Wegen der Theorie des Reverfionspendels vgl. [6]. Eine Ueberficht über die bei der internationalen Erdmeffung verwendeten Apparate geben die Berichte in [7]. — Für die Ausführung der abfoluten Beftimmungen ift der wichtigfte Grundfatz, alle konftanten Fehler zu vermeiden oder ihre Einflüffe möglichft genau zu ermitteln. Die letzten ausführlichften Meffungen, bei denen fünf verfchiedene Reverfionspendel zur Elimination der Fehlerquellen benutzt wurden, find von Kühnen und Furtwängler im Geodätifchen Inftitut in Potsdam ausgeführt worden [8]. Zur Durchführung abfoluter Meffungen find feite, entfprechend eingerichtete Obfervatorien erforderlich, fo daß fie auf einige Hauptpunkte befchränkt bleiben müffen. Weiteres f. [1]—[8].

2. Zu den **relativen** Beftimmungen benutzt man unveränderliche Halbfekundenpendel, die befonders durch v. Sterneck in eine äußerft kompendiöfe Form gebracht find. Dadurch ift die Ausführung der Pendelbeobachtungen auf Feldftationen ermöglicht worden. Für relative Meffungen nimmt man an, daß die Pendellänge nach entfprechender Reduktion unveränderlich ift. Dann folgt aus der unter 1. angegebenen Pendelgleichung die Beziehung $gS^2=K=$ Konftante. Werden demnach an verfchiedenen Orten der Erdoberfläche die Schwingungszeiten S_n eines unveränderlichen Pendels gemeffen, fo erhält man relative Werte für die Schwereintenfitäten g_n, bezogen auf einen beftimmten Vergleichsort (die Referenzftation) nach $g_n=K:S_n^2$. Ift g für die Referenzftation abfolut beftimmt, fo laffen fich aus den relativen Meffungen abfolute Werte ableiten. Bei diefen Meffungen handelt es fich alfo darum, die Beobachtungen auf einen Normalzuftand zu reduzieren. Dies ift in neuerer Zeit durch Anwendung von Pendelapparaten mit ftabil konftruierten, unveränderlichen Halbfekundenpendeln von rd. 0,25 m Länge fo einfach geworden, daß fchon in einer Beobachtungsperiode von 24 Stunden ein allen Anfprüchen genügender relativer Wert für g beftimmt werden kann. — Zu den in der Neuzeit in großem Umfange unternommenen Beobachtungen hat vielfach der v. Sterneckfche Apparat [9] gedient, deffen Einrichtung in folgendem kurz erläutert werden foll. Die wefentlichften Teile find die Pendel

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

nebſt Pendelſtativ und die Vorrichtung zur Beſtimmung der Schwingungsdauer, der Koinzidenzapparat und die Koinzidenzuhr. Die maſſiven Pendel mit 1 kg ſchweren Linſen aus vergoldetem Meſſing ſind 0,25 m lang. Sie ſchwingen auf Achatſchneiden. Dieſe ruhen auf einer Achatplatte, welche von einem ſtarken, aus einem Stück gegoſſenen Stativ in Form eines abgeſtutzten Kegels gehalten wird. Ueber der Aufhängevorrichtung tragen die Pendel den Pendelſpiegel; ſeine Fläche ſteht in der Ruhelage lotrecht. Zur Temperaturbeſtimmung dienen beſonders konſtruierte Pendelthermometer, mit denen das Stativ verſehen iſt. Das Stativ ſteht auf einem zerlegbaren Steinpfeiler. Die Teile des Pfeilers werden auf der Feldſtation durch Gips verbunden. Die Koinzidenzmethode zur Beſtimmung der Schwingungsdauer iſt eine Uebertragung des Noniusprinzips auf die Zeitmeſſung. Zur Anwendung der Methode iſt erforderlich, daß Uhr und Pendel annähernd gleiche Schwingungsdauer haben oder daß ſich wenigſtens das Verhältnis ihrer Schwingungsdauern annähernd durch kleine ganze Zahlen ausdrücken läßt, wie z. B. durch 1 : 2 für Halbſekundenpendel und Sekundenuhr. Nehmen wir den letzten Fall an, ſo entfallen auf n Uhrſchwingungen $2n \pm 1$ Pendelſchwingungen, wenn n eine große ganze Zahl iſt. Das Zeichen + oder — tritt ein, je nachdem die doppelte Pendelſchwingung etwas kürzer oder länger als eine Uhrſchwingung iſt. Die während der n Uhrſchwingungen verfließende Zeit heißt das Koinzidenzintervall c. Wenn Uhr und Pendel in einem beſtimmten Augenblick gleichzeitig durch die Ruhelage gehen, ſo wiederholt ſich dies jedesmal nach der Zeit c. Durch den Koinzidenzapparat können nun dieſe Zeitmomente, in denen Uhr und Pendel den gleichen Phasenunterſchied haben, beſtimmt werden, wodurch c geliefert wird. Aus c ergibt ſich die Schwingungszeit $s = (1 \pm 1 : [2c \mp 1]) : 2$, wobei die beiden Vorzeichen den obenangeführten beiden Möglichkeiten entſprechen. An der ſo berechneten Schwingungszeit ſind noch verſchiedene Verbeſſerungen anzubringen, zunächſt diejenige von Uhrzeit in Sternzeit, wozu telegraphiſche Vergleichung mit einer nach Sternzeit regulierten Normaluhr oder unmittelbare Zeitbeſtimmungen (ſ. d.) auf den Feldſtationen dienen können. Weitere Reduktionen ſind erforderlich wegen der thermiſchen Aenderungen des Pendels, des Einfluſſes der Luftdichte und der Amplitude, welche etwa 12—15′ beträgt. Die dieſen Einflüſſen entſprechenden Konſtanten werden durch beſondere Verſuche bei verſchiedenen Temperaturen und Luftdichten für jedes Pendel ſorgfältig ermittelt. Eine beſondere Beſtimmung erfordert ferner der Einfluß des Mitſchwingens von Stativ und Pfeiler, wodurch die Schwingungszeit vergrößert wird. Zur Ermittlung dienen verſchiedene Verfahren, z. B. ein am Stativ befeſtigtes zweites Pendel (Fadenpendel oder ſtarres Pendel); ſeine bei den Stativſchwingungen anwachſenden Amplituden geben ein Maß für die Reduktion ab. Ferner wird ein neuerdings ausgebildetes Wippverfahren angewendet. Der Pfeiler wird durch ein Dynamometer künſtlich in Schwingungen verſetzt, deren Uebertragung auf das Meſſungspendel ebenfalls zur Beſtimmung der Reduktion benutzt wird. Weiteres hierüber ſowie über die Theorie der Reduktionen, die Konſtantenbeſtimmung, die Form der Schneiden u. ſ. w. ſ. [10]. Der v. Sterneckſche Apparat iſt in ſeinen verſchiedenen Teilen mehrfach abgeändert und verbeſſert worden (ſ. [11]—[13], mehrere Pendel auf einem Stativ). In Frankreich iſt von Defforges ein Reverſionspendelapparat ganz beſonderer Anordnung zu relativen Meſſungen konſtruiert worden; vgl. hierzu [4], [5] und [14]. — Die Verſuche, den Schweremeſſungen eine noch größere Ausbreitung zu geben durch Einführung einfacher Schweredifferenzmeſſer (Barymeter, Bathometer) zur Interpolation von Zwiſchenpunkten auf die Pendelſtationen, haben bisher zu keinem Ergebnis geführt. Dagegen ſind in der Neuzeit Schweremeſſungen mit Siedethermometer und Queckſilberbarometer erfolgreich ausgeführt worden. S. Siedethermometer.

Literatur: [1] Beſſel, Unterſuchungen über die Länge des einfachen Sekundenpendels, Berlin 1826 (bequem zugänglich in Oſtwalds Klaſſikern der exakten Wiſſenſchaften, Nr. 7). — [2] Derſ., Konſtruktion eines ſymmetriſch geformten Pendels mit reziproken Achſen, Aſtronom. Nachrichten, 30, 1849. — [3] Veröffentlichungen des Geodät. Inſtituts, Bruhns, Aſtronom.-geodät. Arbeiten im Jahre 1870, Berlin 1871, S. 109. — [4] Internationale Erdmeſſung, Verhandl. in Nizza 1887, Beil. Vc, Berlin 1888. — [5] Defforges, Observation du pendule, Mémorial du dépôt général de la guerre 15, 1894. — [6] Veröffentl. d. Geodät. Inſtituts, Helmert, Beiträge zur Theorie des Reverſionspendels, Potsdam 1898. — [7] Verhandl. d. permanenten Kommiſſion und allgem. Konferenz der internat. Erdmeſſung (bis 1885 europ. Gradmeſſung) 1883, 1884, 1887, 1888, 1895, 1896, 1900, 1903, Berichte von v. Oppolzer, Helmert und Borraß. — [8] Veröffentl. d. Geodät. Inſtituts, Kühnen und Furtwängler, Beſtimmung der abſoluten Größe der Schwerkraft zu Potsdam mit Reverſionspendeln, Berlin 1906. — [9] Zeitſchr. f. Inſtr. 1888, S. 157, v. Sterneck, Der neue Pendelapparat des k. k. militär-geogr. Inſtituts. — [10] Furtwängler, Die Mechanik der einfachſten phyſikaliſchen Apparate und Verſuchsanordnungen, Encykl. d. mathem. Wiſſenſch., Bd. 4, Leipzig 1904, mit reichhaltiger Literaturangabe. — [11] Veröffentl. d. Geod. Inſtituts, Beſtimmung der Polhöhe und Intenſität der Schwerkraft von der Oſtſee bis zur Schneekoppe, Berlin 1896. — [12] Schumann, Aſtronom. Nachr., Bd. 140, S. 257, und Zeitſchr. f. Inſtr. 1897, S. 7. — [13] Haid, Zeitſchr. f. Inſtr. 1896, S. 193. — [14] Internat. Erdmeſſung, Verhandl. 1888, Beil. II c. *(† Reinhertz) Hillmer.*

Pendelbeobachtungen, ſ. Pendelapparat.

Pendelinſtrumente, Bezeichnung für diejenigen einfachen Gefäll-, Neigungs- oder Höhenmeſſer, bei denen die Abſehlinie oder die Nullinie eines Gradbogens oder Kreiſes ſich durch entſprechende Gewichtsverteilung pendelartig in ihrer Ruhelage horizontal einſtellt; vgl. a. Freihandinſtrumente zum Nivellieren und Höhenmeſſen, Gefällmeſſer, Höhenmeſſer, Neigungsmeſſer. — Die Pendelwage iſt ein auf dieſem Prinzip beruhendes Nivellierinſtrument (ſ. Nivellieren), vor Erfindung der Libelle (ſ. d.) neben der Kanalwage (ſ. d.),

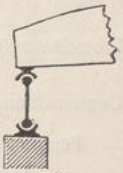
UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

zurzeit als Freihandinſtrument (ſ. d.) gebraucht. Einige ältere Formen derſelben ſ. [1]; wegen Pendelſpiegel ſ. d.

Literatur: [1] Vogler, Prakt. Geometrie, Bd. 2, S. 13, Braunſchweig 1894. *(† Reinhertz) Hillmer.*

Pendellager, von manchen [1] auch als Stelzenlager bezeichnet, eine Art der beweglichen Auflager eiſerner Träger, bei welchen dieſe auf einer um ihren Fußpunkt drehbaren Stütze ruhen. Letztere hat an beiden Enden Zapfen- oder Kugelgelenke, ſo daß der Stützpunkt des Trägers eine Kreisbogenbewegung ausführt, wenn ſich die Trägerlänge ändert. Da hiermit auch eine Aenderung in der Höhenlage des Stützpunktes verbunden iſt, ſo wird ſich eine entſprechende Länge der Pendelſtütze als notwendig herausſtellen, um nicht zu große Höhenänderungen zu erhalten.

Bei Brücken mit mehreren Oeffnungen (Viadukten) hat man vielfach die Mittelpfeiler in ihrer ganzen Höhe als Pendelſtützen ausgebildet (ſ. Pfeiler, eiſerne, Pendelpfeiler). Auch bei Hängebrücken für die Auflagerung der Tragketten auf den Mittelpfeilern ſind Pendellager häufig zur Anwendung gekommen [3]. Bei der Brücke über den Firth-of-Forth ſind die frei ſchwebenden, 106,7 m weit geſpannten Mittelträger, die als Halbparabelträger ausgeführt ſind, auf die Enden der Kragträger mittels Pendelſäulen, die oben und unten Kugelgelenklager haben, geſtützt [2]. Eine gleiche Anordnung war auch für die Gelenkträger der Donaubrücke bei Czernavoda projektiert, iſt jedoch bei der Ausführung durch Walzenlager erſetzt worden. Die Pendellager haben den Vorteil, daß der Widerſtand gegen Verſchiebung ein ſehr geringer iſt; dieſer iſt um ſo kleiner, je größer die Länge des Pendels und je kleiner der Halbmeſſer der Drehzapfen gewählt wird. Man hat aber zu berückſichtigen, daß bei großen Temperaturunterſchieden eine Schiefſtellung des Pendels eintreten wird und daß dann der Widerſtand gegen eine Zurückführung in die normale Stellung weſentlich vergrößert iſt, da hierbei eine wenn auch kleine Hebung der Stützpunkte des Trägers erfolgen muß. Je größer die Spannweite, deſto größer iſt ſonach auch die Länge der Pendelſtütze zu nehmen.



Literatur: [1] Häfeler, Die eiſernen Brücken, 1. Lieferung, Braunſchweig 1888. — [2] Barkhauſen, G., Die Forthbrücke, Berlin 1889. — [3] Melan, Konſtruktion der Hängebrücken, im Handbuch der Ing.-Wiſſ., Bd. 2, 4. Abt., 2. Aufl., Leipzig 1888. *Melan.*

Pendelſpiegel, ein Pendelinſtrument (ſ. d.) zum Nivellieren für Querprofilaufnahmen u. ſ. w. Die horizontale Zielung wird gewonnen durch das Bild der Pupille in einem pendelartig in einem Gehäuſe aufgehängten, für die Durchſicht durchbrochenen Spiegel, welcher ſich lotrecht einſtellt. Der Gebrauch iſt derſelbe wie bei den andern Freihandinſtrumenten zum Nivellieren (ſ. d.); vgl. [1]. Wegen des ſogenannten Pendelſpiegels für die Koinzidenzmethode am Pendelapparat ſ. d.

Literatur: [1] Meydenbauer, Aufnahme von Querprofilen bei Eiſenbahnvorarbeiten mit dem Pendelſpiegel, Deutſche Bauztg. 1873, Nr. 92, S. 357. *(† Reinhertz) Hillmer.*

Pendentif, ſ. v. w. Gewölbezwickel (ſ. Bd. 4, S. 521) bei dem Uebergang aus quadratiſchem oder polygonalem Grundriſſe in die Kuppel (ſ. Gewölbe, Bd. 4, S. 503); vgl. a. Trompe.

Die Literatur hierüber ſ. unter Kuppel, Bd. 5, S. 791, ſowie Viollet-le-Duc, Dictionnaire raisonné de l'architecture française etc., Paris 1868, Bd. 9, S. 311 ff. *Weinbrenner.*

Pennſche Sicherung, ſ. Schraubenſicherungen.

Penny, Mehrzahl Pence (d), engliſche Scheidemünze = $^1/_{12}$ Schilling oder 8 Pfennige.

Pennyweight (Dwt), engliſches Gewicht = $^1/_{240}$ Troypfund = 1,56 g.

Pentaeder (von Sylveſter und Steiner).

Nach Sylveſter läßt ſich die Gleichung jeder Fläche dritter Ordnung mittels fünf Kuben in folgender Weiſe darſtellen: $a z_1^3 + b z_2^3 + c z_3^3 + d z_4^3 + e z_5^3 = 0$, wo $z_1 = 0$; $z_2 = 0$; $z_3 = 0$; $z_4 = 0$; $z_5 = 0$ die Gleichungen von fünf Ebenen derart, daß $z_1 + z_2 + z_3 + z_4 + z_5 = 0$. Dieſe fünf Ebenen bilden das genannte Pentaeder, deſſen zehn Ecken Knotenpunkte der Heſſeſchen Fläche ſind und deſſen zehn Kanten der letzteren angehören. *Wölffing.*

Pentagonal-Dodekaeder, ſ. v. w. Ikoſitetraeder, ſ. Polyeder.

Pentagonalzahlen, Zahlen von der Form $n : 2(3n - 1)$.

Pentoſen, ſ. Zuckerarten.

Peperan, ſ. Putzmittel.

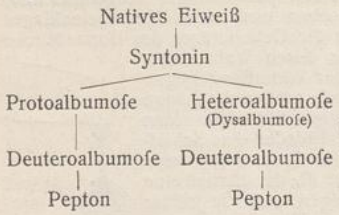
Peptaſe, ſ. Malz, Maltonweine.

Peptone, die Endprodukte der Spaltung nativer Eiweißſtoffe durch Fermente, durch Einwirkung verdünnter Säuren oder geſpannter Waſſerdämpfe, inſofern ſich dieſe Produkte durch ihr Verhalten (Biuretreaktion, Zuſammenſetzung und phyſiologiſches Verhalten) als noch zur Gruppe der Eiweißkörper gehörig erweiſen, alſo nicht weitergehend in einfachere Körper (Aminoſäuren u. ſ. w.) zerſetzt ſind.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Albumoſen, Proteoſen oder Propeptone ſind die bei der Peptoniſierung des Eiweißes entſtehenden Zwiſchenprodukte. Für die Zwiſchen- und Uebergangsprodukte ſind ſchwer Grenzen zu ziehen; man rechnet daher zu den Peptonen die Eiweißkörper, die nicht ausgeſalzen werden können, zu den Albumoſen dagegen alle diejenigen Spaltungsprodukte der Eiweißkörper, welche ſich nicht mehr koagulieren laſſen und die mit Ammonſulfat (Kühne) oder Zinkſulfat (Bauer) bei ſaurer Reaktion ausgeſalzen werden können. Die Peptone und Albumoſen beſitzen noch die Struktur ihrer Stammſubſtanzen, der Eiweißkörper, ſie enthalten noch die beim Kochen mit Säure Tyroſin und Leucin gebenden Atomkomplexe und geben deshalb auch die durch die Gegenwart dieſer Körper bedingten Farbreaktionen der Eiweißkörper. Wie die Eiweißſtoffe vereinigen ſie ſich mit Baſen und Säuren zu ſalzähnlichen Verbindungen, welche mit Metallſalzen und Alkaloidreagenzien ſich ausfällen laſſen. Die Albumoſen teilt man ein in primäre und ſekundäre.

Die Peptone entſtehen durch Einwirkung des Magenſaftes bezw. von darin wirkſamem Pepſin und verdünnter Salzſäure bei 30—40° auf Eiweißſtoffe. Dieſe gehen in Löſung, ſie werden „verdaut“ und hierbei zunächſt in Syntonine oder Acidalbumine, dann in Albumoſen oder Propeptone und ſchließlich in Peptone umgewandelt. Dieſe werden daher aus den Eiweißſtoffen durch hydrolitiſche Spaltung gebildet, welche in ähnlicher Weiſe auch durch das Enzym des Pankreas, das Trypſin, ſowie durch Fäulnisfermente und durch Erhitzen von Eiweiß mit angeſäuertem Waſſer auf 100° bewirkt werden kann. Es ſcheint ſicher, daß die Peptone ſich im lebenden tieriſchen Organismus wieder zurück in gerinnbares Eiweiß verwandeln.



Da die Peptone für die Ernährung von Kranken ſehr gute Dienſte leiſten, ſo werden künſtliche Peptonpräparate oder Fleiſchpeptone in großem Maßſtabe dargeſtellt, indem Fleiſch- oder Eiweißſtoffe zunächſt mit ſehr verdünnter Salzſäure zur Quellung, danach durch längere Behandlung mit Pepſin im Waſſerbade bei 50—60° in Löſung gebracht werden. Die Löſung wird dann eingedickt und in zweckentſprechende Form gebracht.

Nach König unterſcheidet man:

a) Pepſinpeptone, durch Einwirkung von friſchem ſauerm Magenſaft von Schweinsmägen oder von trockenem Pepſinpulver unter Zuſatz von Salz- oder Weinſäure auf Eiweiß erhalten. Hierher gehören die Präparate von Witte, Finzelberg, Denayer, Jenſen, Cornelius.

b) Pankreaspeptone, durch Einwirkung von Pankreatin oder Trypſin auf Eiweißſtoffe in alkaliſcher Löſung erhalten — E. Merks Peptone.

c) Pflanzenpepſinpeptone, durch Einwirkung eines im Melonenbaum (Carica Papaya) enthaltenen Fermentes, des Papayotin oder Papayin, erhalten — Cibils Papaya-Fleiſchpeptone.

d) Fleiſchlöſungen, erhalten durch Einwirkung von überhitztem Waſſerdampf mit oder ohne Zuſatz von chemiſchen Löſungsmitteln — Leube-Roſenthalſche Fleiſchſolution, Puro von H. Scholl, die Fleiſchpeptone von Kemmerich & Koch, Fluidbeef von Savory & Moore, Toril, Somatoſe u. a.

Die Zuſammenſetzung dieſer künſtlich löslich gemachten Eiweißſtoffe iſt nach Art der Enzyme ſowie nach der Dauer und Art der Einwirkung eine ſchwankende. Analyſen ſ. in [1]. Vgl. a. Eiweißſtoffe.

Literatur: [1] König, Die menſchlichen Nahrungs- und Genußmittel, II, S. 544—550. — [2] Röttger, Lehrbuch der Nahrungsmittelchemie, Leipzig 1907. — [3] Hammarſten, Lehrbuch der phyſiologiſchen Chemie, Wiesbaden 1907. *Bujard.*

Perambulator, ſ. v. w. Meßrad (ſ. d.).

Perchlorate, Salze der Ueberchlorſäure $HClO_4$, der beſtändigſten Oxydationsſtufe des Chlors.

Alkaliperchlorate finden ſich in der Natur im chileniſchen Caliche, dem Rohmaterial für die Chiliſalpetergewinnung. Die Perchlorate zeichnen ſich durch große Beſtändigkeit aus, ſie werden durch konzentrierte Salzſäure ſelbſt beim Kochen und Abdampfen zur Trockene weder reduziert noch ſonſtwie verändert. Die Perchlorate, insbeſondere die Rubidium- und Cäſiumſalze, ſind ſehr ſchwer löslich. Techniſch wichtig iſt das Kaliumperchlorat, als weniger gefahrvoll zu handhabendes Erſatzmittel für chlorſaures Kalium in der Feuerwerkerei. *Bujard.*

Perebom, in blaues Papier gepacktes, mit Garn umſchnürtes Bleiweiß.

Perforieren, Perforiermaſchine, ſ. Lochen, Lochmaſchine, Bd. 6, S. 178, und Schnitt.

Pergament, aus tieriſcher Haut (ſ. Leder, Bd. 6, S. 108), aus dünnen vulkaniſierten Kautſchukplättchen (Kautſchukpergament) oder aus mit konzentrierter Schwefelſäure behandeltem Papier (Membranoid, Papyrin, vegetabiliſches Pergament, ſ. Papierſorten, S. 14) hergeſtellter Schreibſtoff, der früher ſehr viel zur Herſtellung wichtiger Aktenſtücke, heute mehr zu Büchereinbänden, Membranen u. ſ. w. benutzt wird. *Kraft.*

Perganſept, ſ. Papierſorten, S. 13.

Pergola, ein auf ſteinernen oder hölzernen Stützen ruhender Laubengang, deſſen Decke aus Latten beſteht, die mit wildem Wein oder andern Schlingpflanzen bewachſen iſt. Oft wird ſie mit dem Wohnhauſe in Verbindung gebracht, beſonders an Orten, von welchen man ſchöne Fernſicht genießt. *Weinbrenner.*

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

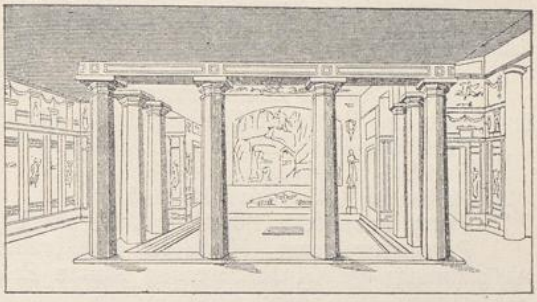
Peridot, f. Olivin.

Peridotit, an Olivin fehr reiches Geſtein, das außer diesem Mineral noch ein andres (Enſtatit, Hornblende, Biotit) enthält.

Olivinfels wird ein weſentlich nur aus Olivin (neben etwas Chromit) beſtehender Peridotit genannt. Lherzolith ſetzt ſich aus Olivin, Enſtatit und Diopſid zuſammen. Durch Zurücktreten des Olivins gehen manche Peridotite in Augitfels über. Die Peridotite ſind arm an Kieſelſäure (meiſt nicht über 40 %), Tonerde und Alkalien, reich an Magneſia und Eiſenoxyd, und ſpezifiſch ſchwer (meiſt über 3). Bei ihrer Zerſetzung liefern ſie vielfach Serpentin. Ihre Verbreitung iſt eine untergeordnete und deshalb ihre techniſche Verwendung beſchränkt (Kleinſchlag und Pflaſtermaterial für nicht ſchwere Belaſtungen). *Leppla.*

Periſkop, Sehapparat für Unterfeeboote (ſ. d.).

Periſtyl, ein von Säulengängen umgebener Hof der antiken Wohngebäude bezw. dieſer Säulengang ſelbſt, von dem aus die Haupträume wie Speiſeſäle u. ſ. w. zugänglich waren (ſ. die Figur). *Weinbrenner.*



Hof im Hauſe des Aktäon zu Pompeji.

Perkal, leinwandartiges Baumwollgewebe, ſ. Weberei.

Perkinskeſſel, ſ. Schiffskeſſel.

Perkuſſionszünder, Aufſchlagzünder für Granaten; ſ. Munition.

Perlaſche, ſ. Pottaſche.

Perlé, ſ. Tuchforten.

Perlen, echte, runde, kugelige, birnen- oder warzenförmige Ausſcheidungen von Perlmutterſubſtanz durch den Mantel gewiſſer Weichtiere (Seeperlmuſchel, Meleagrina margaritifera, Flußperlmuſchel, Unio margaritifer) im Innern ihrer Schale.

Die Perlmutterſubſtanz, die von dem Tier ausgeſchieden wird, bedeckt die äußere Schicht der Schale, die aus quer zur Schalenoberfläche ſtehenden feinen Stäbchen von Kalkſpat zuſammengeſetzt iſt, und wird ſelbſt wieder von äußerſt feinen, ſchuppenförmig übereinander liegenden, dünnen Blättchen von kohlenſauerm Kalk in der Aragonitform gebildet. Dieſe Blättchen ſind ziemlich eben und der Innenfläche der Schale annähernd parallel gelagert, teilweiſe auch gebogen, und die von ihr gebildete Schaleninnenfläche zeigt infolge der geringen Größe und ſchuppigen Aufeinanderlagerung der Blättchen eine feine Streifung, die erſt unter ſtarker Vergrößerung ſichtbar wird, das gewöhnliche Tageslicht verſchieden widerſpiegelt und in ſeine einzelnen Farben zerlegt. In Verbindung mit dem durch die dünnen Blättchen erzeugten eigentümlichen Glanz wird ſo das Farbenſpiel der Perlmutterſubſtanz erzeugt. — Wenn in die Schale eines lebenden Tieres zwiſchen Mantel und Perlmutterſchicht ein Fremdkörper (Sandkorn) oder ein andres Tier (Paraſiten, Eingeweidewürmer, Waſſermilben, Algen) gerät oder wenn die Schale von außen durch Würmer oder Schwämme durchbohrt wird, ſo entſteht ein abnormer Reiz, der das Tier zu vermehrtem Abſatz von Perlmutterſubſtanz um dieſen Eindringling veranlaßt. Damit iſt die Bildung der Perle eingeleitet. Eine echte, freie Perle entſteht dann, wenn der Eindringling loſe iſt und ganz vom Mantel des Tieres umhüllt wird. Eine Perlenwarze entſteht, wenn der Fremdkörper feſt an der Schale klebt und die Abſcheidung um ihn herum feſt mit der Schale verwächſt. Verwendung, Wert, Faſſung und Gewinnung der echten Perlen ſ. die Literatur. Nachahmungen ſ. Fiſchperlen (Wachsperlen), Glasperlen.

Literatur: Bauer, Edelſteinkunde, Leipzig 1896; Möbius, Die echten Perlen, Hamburg 1858; Blum, Taſchenbuch der Edelſteinkunde, Leipzig 1887; Heßling, Perlmutter und Perlen, Leipzig 1859; Martens, Purpur und Perlen, Berlin 1874. *Leppla.*

Perleneſſenz, ſ. Fiſchperlen.

Perlfangware, ſ. Wirkerei.

Perlgewebe, auf Webſtühlen hergeſtellte Nachahmungen von Perlenhandſtickerei; ſ. Weberei.

Perlit, ſ. Eiſen, Bd. 3, S. 267.

Perlkopf, ſ. Weberei.

Perlmutter, die ſilberglänzenden, prächtig iriſierenden Schalen der orientaliſchen Seeperlmuſchel, auch von Seeſchnecken, beſonders von der Irismuſchel, in neueſter Zeit aber auch von im Miſſiſſippi in Maſſen vorkommender Muſcheln.

Für die Verarbeitung werden die Schalen womöglich unter Waſſer mit Uhrfederſägen in Platten zerſchnitten, auf der Drehbank abgedreht, geſchliffen und poliert. Perlmutter wird in großen Mengen zu Knöpfen, Doſen, Meſſerheften u. ſ. w. verarbeitet. Hauptſitz der Induſtrie war lange Zeit Wien, deſſen Export durch die in Nordamerika ſehr entwickelte Verarbeitung ein-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

heimiſcher Muſcheln ſtark gelitten hat. Nach Größe, Glanz und Farbe der Schalen unterſcheidet man: Kapital, groß, dick, gelblich, mit hohem Glanz; Makaſſar, rein, weiß, ſtark glänzend, bis 2,5 kg ſchwer und 27 cm lang; Manilla, gelblich, mit ſtarkem Glanz, flach, dick, bis 2 kg ſchwer; Aegyptiſche Perlmutter, bläulich, ſtark gekrümmt, 12 Stück ca. 0,5—1 kg; Oſtindiſche Perlmutter, gelbbraun, gekrümmt; Tahiti-Perlmutter, rotgrünlich, flach; Auckland-Perlmutter, grau; Panama-Perlmutter, bräunlich; Skarks Bay-Perlmutter, gelblich, ſehr dünn.

Künſtliche Perlmutter wird in der Weiſe hergeſtellt, daß man Gelatinefolie mit Perleneſſenz (ſ. Fiſchperlen) beſtreicht, dann mit Gelatinelöſung übergießt, trocknen läßt, hierauf das ſo behandelte Blatt in wäſſerige Alaunlöſung (1 Teil Alaun auf 18 Teile Waſſer) legt, mit verdünnter Pottaſchenlöſung abwäſcht und endlich trocknen läßt.

Literatur: Andés, Verarbeitung des Horns, der Perlmutter u. ſ. w., Wien 1885; Viktorin, Meeresprodukte, Wien 1906; v. Wobeſer, Anleitung zur Brillantperlmuttermalerei und Perlmutterimitation, Leipzig 1887. *Andés.*

Perlrädchen, ſ. Räderieren.

Perlrot, in der Zimmermalerei und im Buntdruck verwendete rote Lackfarbe oder mit Teerfarbſtoffen aufgefärbte Mennige (Zinnoberimitation)

Perlſinter (Kieſelſinter), ſ. Opal.

Perlſtab, ſ. Aſtragal.

Perlweiß, ſ. Wismutchlorid.

Perm, Permiſche Formation, ſ. Rotliegendes.

Permanentbraun, Name für eine braune Farbe von nicht beſtimmter Abſtammung; gewöhnlich werden braune Erdfarben (Umbraun) unter dieſer Bezeichnung abgegeben.

Permanentgelb, ſ. Zinkgelb; **Permanentgrün,** ſ. Chromfarben.

Permanentrot, ſ. Zinnobererſatz.

Permanentweiß (Barytweiß, Barytzinkweiß, Lithopone, Schwefelzinkweiß, Neuweiß), weiße, gut deckende, in ſchwefelwaſſerſtoffhaltiger Luft nicht ſchwarz werdende Körperfarbe von nicht gleicher Zuſammenſetzung, gefällter ſchwefelſaurer Baryt mit Schwefelzink, mit mehr oder weniger natürlichem ſchwefelſauerm Baryt (Schwerſpat) vermengt; hie und da wird auch noch Zinkweiß beigemiſcht, um die Deckkraft zu verbeſſern.

Im allgemeinen wird das Produkt dargeſtellt, indem man rohes Baryumſulfat (bereitet durch Glühen von Schwerſpatpulver mit Kohle) mit Waſſer auslaugt und die Löſung in zwei Teile teilt; die eine Hälfte verſetzt man mit Zinkchlorid, ſodann mit Zinkvitriollöſung und fügt zum Schluß die zweite Hälfte des gelöſten Baryumſulfids hinzu. Der erhaltene Niederſchlag, aus 1 Teil Baryumſulfat und 2 Teilen Zinkſulfid beſtehend, wird geſammelt, raſch getrocknet, in Retorten zum Glühen erhitzt und in noch heißem Zuſtande in kaltes Waſſer geworfen, wodurch die Dichte desſelben eine größere wird und damit die Deckkraft zunimmt, hierauf gewaſchen und gemahlen. Die Farbe ſoll hauptſächlich als Erſatz für Blei- und Zinkweiß dienen, beſitzt aber weder deren Weiße noch Deckkraft, und der Umſtand, daß das Weiß ſich im Sonnenlicht grau, ja ſelbſt braun färbt, iſt ein Hindernis in ſeiner Verwendung; die Beſtrebungen einiger Fabrikanten, dieſen letzteren Uebelſtand zu beſeitigen, ſind teilweiſe von Erfolg begleitet. In maßgebenden Kreiſen [1] iſt man zu der Erkenntnis gekommen, daß Lithopone das Bleiweiß nicht zu erſetzen vermag. Als Material für Innenanſtrich wird es ſeines verhältnismäßig billigen Preiſes halber vielfach verwendet und je nach Weiße und Deckkraft in verſchiedenen Sorten in den Handel gebracht. Die Fäſſer werden mit verſchiedenfarbigem Siegellack an über den Boden geſpannten Schnüren geſiegelt, und man unterſcheidet: Grün-, Rot-, Blau-, Gelb- und Schwarzſiegel mit ſteigendem Gehalt an ſchwefelſauerm Baryum.

Literatur: [1] Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1907, S. 1721. *Andés.*

Permanganate, ſ. Manganſäuren.

Permeabilität des Bodens, ſ. Bodenphyſik, Bd. 2, S. 116; magnetiſche, ſ. Elektromagnetismus, Bd. 3, S. 420.

Permutation, die Bildung aller Anordnungen, in die eine Anzahl n von Elementen gebracht werden kann.

Beiſpiel: a, b, c liefert ſechs Permutationen: abc, acb, bac, bca, cab, cba. Eine Permutation heißt wohlgeordnet, wenn ſie die natürliche Reihenfolge der Elemente darſtellt. Als Inverſion bezeichnet man in einer Permutation die Stellung, in der ein höheres Element vor einem niedrigeren ſteht. In cab ſind z. B. ca und cb Inverſionen. Eine Permutation gehört zur erſten oder zweiten Hauptklaſſe, je nachdem ſie eine gerade oder ungerade Anzahl von Inverſionen enthält. Die Anzahl der Permutationen von n Elementen iſt $1 \cdot 2 \cdot 3 \ldots (n-1)\, n = n!$ Befinden ſich unter denſelben jedoch Gruppen von je $\alpha, \beta \ldots$ gleichen Elementen, ſo iſt die Anzahl der Permutationen: $\frac{n!}{\alpha!\,\beta! \ldots}$. Die Permutationen finden hauptſächlich in der Theorie der Subſtitutionsgruppen und Gleichungen, in der Lehre von den Binomialkoeffizienten, in der Determinantentheorie und in der Wahrſcheinlichkeitsrechnung Verwendung. Literatur: ſ. Kombinationslehre. *Wölffing.*

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Pernambukholz, ſ. Farbſtoffe, pflanzliche, Bd. 3, S. 636.

Perpendikel eines Schiffes heißen die Vertikalen, welche durch den Schnittpunkt der Konſtruktionswaſſerlinie (CWL) mit der Hinterkante Hinterſteven bezw. Ruderachſe — hinteres Perpendikel — oder der Außenkante Sponnung am Vorſteven — vorderes Perpendikel — gezogen ſind. Die Länge des Schiffes zwiſchen dieſen Perpendikeln dient als Grundlage für die Schiffsberechnung (ſ. d.).

Perpetuum mobile, eine Vorrichtung, welche, nachdem ſie einmal in Bewegung geſetzt wäre, dieſe Bewegung ohne neue Einwirkung von außen immerfort behalten würde. Von der Abnutzung des Materials iſt dabei abgeſehen.

Jahrhundertelang bemühten ſich berufene und unberufene Köpfe, eine ſolche Vorrichtung zu erſinnen, worüber eine ausgedehnte Literatur entſtand, aus der unten einige Beiſpiele angeführt ſind [1], [2], [4]. Nach und nach brach ſich die Erkenntnis Bahn, daß jede Bewegung durch Reibung und ſonſtige Widerſtände mit der Zeit erſchöpft werden müſſe, und 1775 erklärte die Pariſer Akademie, vermeintliche Löſungen des Perpetuum mobile nicht mehr anzunehmen [3]. Auch dann galt noch keineswegs allgemein ein Perpetuum mobile für bedingungslos ausgeſchloſſen [4], [8]; mitunter kam man indirekt wieder auf ein ſolches. So ging Carnot bei der Begründung des zweiten Hauptſatzes der Wärmetheorie von der Unmöglichkeit eines Perpetuum mobile aus [6], S. 21, kam aber infolge Behandlung der Wärme wie eines Stoffes zu Reſultaten, welche ein Perpetuum mobile möglich machen würden, indem die Wärme beim Uebergang von höherer zu niedrigerer Temperatur, ohne ſelbſt abzunehmen, Arbeit leiſten ſollte [6], S. 10, 37. Die richtige Faſſung des zweiten Hauptſatzes wurde dann von Clauſius gegeben [9] (vgl. Clauſiusſcher Grundſatz, Bd. 2, S. 471). Hirn vertrat noch 1858 die Anſicht, daß eine expanſionslos betriebene Dampfmaſchine ohne Aufwand von Wärme Arbeit leiſten könne [10]. Erſt mit der vollſtändigen Klarlegung und Beſtätigung des anfangs der vierziger Jahre des 19. Jahrhunderts durch Robert Mayer entdeckten Prinzips von der Erhaltung der Energie (ſ. Bd. 3, S. 449) wurde die Unmöglichkeit der Herſtellung eines Perpetuum mobile allſeitig anerkannt. Bezüglich der Frage, ob das Weltall ein Perpetuum mobile darſtelle, worauf man ſich mitunter berufen hatte [8], ſ. Entropie.

Literatur: [1] Gründlicher Bericht von dem durch Herrn Orffyreum glücklich inventirten Perpetuo-mobili, Leipzig 1715; Acta eruditorum, Leipzig 1715, S. 46. — [2] Neumann, Plan zur Erfindung derjenigen Maſchine, welche in der Mechanik das Perpetuum mobile genannt wird, Lübeck 1767. — [3] Mémoires de l'Académie 1775, S. 65. — [4] Hantſche, Nachricht von einer Maſchine, die in einem Perpetuum mobile beſteht, Dresden 1790. — [5] Montucla, Histoire des mathématiques, Paris 1799—1802 (III, S. 813). — [6] Carnot, Reflexions sur la puissance motrice du feu, Paris 1824. — [7] Poppe, Wunder der Mechanik, III, Tübingen 1832, S. 29. — [8] Gehler, Phyſikaliſches Wörterbuch, VII, Leipzig 1833 (Artikel Perpetuum mobile von Muncke). — [9] Clauſius, Ueber die bewegende Kraft der Wärme und die Geſetze, welche ſich daraus für die Wärmelehre ſelbſt ergeben, Poggendorffs Annalen 1850, LXXIX, S. 368, 500. — [10] Hirn, Recherches sur l'équivalent mécanique de la chaleur, Colmar 1858, S. 160, 196 u. ſ. w. — [11] Dirks, Perpetuum mobile, London 1861, Fortſetzung 1870. — [12] Daul, Das Perpetuum mobile, Wien 1899.

Weyrauch.

Perron, ſ. Bahnſteig; **Perrondächer,** ſ. Bahnſteigdächer.

Perrotinen, ſ. v. w. Plattendruckmaſchinen der Kattundruckerei; vgl. a. Zeugdruck.

Perſenning (Preſenning), ein waſſerdicht imprägniertes Segeltuch, das über Luken, Boote, Geſchütze u. ſ. w. gedeckt, bezw. gezurrt wird, um dieſe Teile vor Näſſe zu ſchützen.

T. Schwarz.

Perſienne, ſ. Fenſterladen.

Perſio, ſ. Farbſtoffe, pflanzliche, Bd. 3, S. 641.

Perſiſchgelb (Rauſchgelb), ſ. Arſenſulfide, Auripigment.

Perſiſchgrün, eine Miſchung von Schweinfurtergrün und Chromgelb.

Perſiſchrot, als Malerfarbe dienendes, fehr feines rotes Eiſenoxyd aus in Bengalen vorkommendem Eiſenerz oder aus Korallin dargeſtellte Lackfarbe in Pulverform.

Andés.

Perſonalfehler (perſönliche Gleichung). Die damit bezeichneten Erſcheinungen ſind für alle Beobachtungswiſſenſchaften im Intereſſe der Kritik unſrer Sinneswahrnehmungen von größter Wichtigkeit; allerdings ſind die durch die beobachtenden Perſönlichkeiten veranlaßten Fehler meiſt ſo gering, daß ſie nur bei der Vergleichung ſehr genauer Beobachtungen merkbar werden.

Die perſönlichen Fehler werden durch die Unvollkommenheit unſrer Sinne in die Reſultate der Beobachtungen hineingebracht. Sie ſetzen ſich im allgemeinen zuſammen aus dem nicht momentan In-Funktion-Treten unſrer Geſichts-, Gehör- und Taſtſinne. Bei verſchiedenen Perſonen ſind die Zeiten, die verſtreichen zwiſchen dem durch das Auge empfangenen Eindruck eines Phänomens und dem durch das Gehör auf die Uhr oder den Chronographen übertragenen Momente ſehr verſchieden. Dieſe Unterſchiede können bis zu 1 Sekunde und darüber gehen. Ebenſo iſt es mit Auge und Taſtſinn (vgl. Chronograph und Zeitbeſtimmung). Nicht nur mit Bezug

auf den Zeitunterſchied treten ſolche „perſönliche Fehler“ auf, ſondern auch bei der Schätzung von Helligkeiten der Geſtirne und, durch die verſchiedene Helligkeit wiederum beeinflußt, gewiſſe Zeitauffaſſungen. Auch bei der Ableſung von Teilungen ſpielt individuelle Auffaſſung eine Rolle, indem z. B. gewiſſe Unterabteilungen (d. h. Zehntelſchätzungen) von verſchiedenen Perſonen in ungleicher Weiſe gemacht werden. Auch hat ſich bei der Meſſung der Poſitionswinkel zwiſchen Doppelſternen, d. h. des Winkels, den die Verbindungslinie beider Sterne eines ſolchen Syſtems mit dem Stundenkreiſe machen, eine merkwürdig große Verſchiedenheit zwiſchen ſonſt ſehr geübten Beobachtern herausgeſtellt. Alle dieſe Fehler ſind aber nicht nur zwiſchen verſchiedenen Perſonen verſchieden, ſondern ſie erleiden auch merkbare Schwankungen, je nach der Tageszeit oder im Laufe der Jahre oder auch je nach der gerade vorhandenen Dispoſition des betreffenden Individuums. Man ſpricht von relativer oder ſchlechthin perſönlicher Gleichung und meint den Unterſchied zwiſchen zwei oder mehreren Perſonen; man kann aber auch von abſoluter perſönlicher Gleichung ſprechen, wenn man damit die Verſchiedenheit der Auffaſſung einer Perſon gegen den wirklichen Vorgang des Ereigniſſes meint. Sowohl die erſtere als auch die letztere zu meſſen gibt es eine größere Anzahl von Methoden; im letzteren Falle werden die Bedingungen nur dadurch erheblich erſchwert, als es eben nicht leicht iſt, in objektiver Weiſe den Eintritt eines Phänomens feſtzulegen. In der Aſtronomie, Phyſik und Phyſiologie ſpielen dieſe Vorgänge eine große Rolle, wenn es ſich darum handelt, Beobachtungsreſultate, die von verſchiedenen Perſonen und zu verſchiedenen Zeiten erlangt wurden, ſcharf miteinander vergleichbar zu machen. Ohne hier weiter auf die zum Teil ſehr ſchwierigen Fragen einzugehen, mag noch auf die äußerſt umfangreiche Literatur, von der nachſtehend einige beſondere Werke herausgegriffen ſind, hingewieſen werden. — Man hat auch mehrfach beſondere Apparate gebaut, die zur Beſtimmung der perſönlichen Gleichung dienen ſollen, und andre, die geeignet erſcheinen, deren Einfluß auf die Beobachtungen zu eliminieren.

Literatur: Zeitſchr. f. Verm. 1896, S. 103 ff. — Sitzungsber. d. Preuß. Akad. d. Wiſſ., Berlin 1886, S. 1055. — Seeliger, Ueber den Einfluß dioptriſcher Fehler des Auges auf das Reſultat optiſcher Meſſungen, München 1886. — Hirſch, L'équation personelle, Neuchatel 1864. — Mém. Bd. 8 der Ann. Observ., Paris 1866. — The personal equation machine of the Royal Observ. Greenwich, Monthly Notices 1887. — Beſchreibung eines Apparats zur Beſtimmung des perſönlichen Fehlers bei Durchgangsbeobachtung, Haag 1889. — Abhandl. Königsberger Beobachtungen, 8. Abt., S. III, mit zwei Nachträgen in der 11. Abt., S. IV, 18. Abt., S. IV; aufgenommen in die Abhandlungen, herausgegeben von Engelmann, Bd. 3. Leipzig 1876, S. 300. — Dreyer, Personal Errors in Astronom. Transit Observ., Dublin 1876. — Wislicenus, Unterſuchungen über die abſoluten perſönlichen Fehler bei Durchgangsbeobachtungen, Leipzig 1888. — Stroobant (ſehr ſchöne Verſuche) in Carls Repert., Bd. 113 (1891), Nr. 15, und Bd. 115 (1892), Nr. 26. — André und Gonneſſiat, ebend. Bd. 114 (1892), S. 157 und 893. — Lagarde, Bull. Astron. (Tifferand), Bd. 12, 1895, S. 241. — Braun, Das Paſſagenmikrometer, Leipzig 1865. — Neuer Vorſchlag zur Vermeidung des perſönlichen Zeitfehlers bei Durchgangsbeobachtungen, Aſtron. Nachr. Nr. 2940, Bd. 123 (1890), S. 177. — Becker, ebend. Bd. 127 (1891), S. 185. — (Albrecht), Aſtronom.-geodät. Arbeiten erſter Ordnung, Längenbeſtimmungen, 1890, 1891, 1893, Berlin 1895 (Preuß. Geod. Inſtitut), S. 67. — Verhandlungen der Perm. Kommiſſion der internationalen Erdmeſſung zu Innsbruck 1894, Berlin 1895, S. 59/60, 229/30. — Repſold ſelbſt in Aſtron. Nachr., Bd. 141, Nr. 17 (Nr. 3377) 1896, mit Tafel; Richtigſtellung der Angaben von Albrecht. — Ambronn, L., Handbuch der aſtronom. Inſtrumentenkunde, Bd. 2, S. 1027 ff. — Struve, H., Ueber die Verbindung eines Uhrwerkes mit dem unperſönlichen Mikrometer von Repſold, Aſtron. Nachr. 1901, Bd. 155, Nr. 3719, und Vierteljahrsſchr. der Aſtron. Geſ., Bd. 33, S. 135. *Ambronn.*

Perſonatenſandſteine (Eiſenſandſteine), gelbe bis braune, feinkörnige glimmerreiche Sandſteine der unteren Stufe des braunen Jura (Dogger), in Schwaben (zwiſchen Aalen und Bopfingen). Sie werden von Toneiſenſandſteinen überlagert und als Hochbaumaterial benutzt. *Leppla.*

Perſonentunnel, ſchienenfreie, unter Eiſenbahngleiſen hindurchführende Fußwege zur Verbindung beiderſeitiger Straßen und Plätze oder zur Verbindung und als Zugang von Bahnſteigen, zu denen von der Tunnelſohle aus Treppen- oder Rampenaufgänge hergeſtellt werden. *Kübler.*

Perſonenwagen, ſ. Eiſenbahnwagen.

Perſonenzüge, ſ. Eiſenbahnbetrieb V, VI, Eiſenbahnverkehr II.

Perſpektiv, ein kleines Fernrohr.

Perſpektive, die Lehre der Darſtellung von Körpern nach dem Verfahren der Zentralprojektion (ſ. Projektionslehre, auch Literatur).

Je nachdem die Gegenſtände nach ihrer Geſtalt und der Beſchattung darzuſtellen ſind, dient die Linearperſpektive, für die Abſchwächung des Lichts und der Schatten bei zunehmender Entfernung vom Auge die Luftperſpektive. Liegt der Augenpunkt in gewöhnlicher Höhe, ſo nennt man die Darſtellung Feldperſpektive; liegt er etwas höher, ſo entſteht die Kavalierperſpektive, bei hoher Lage die Vogelperſpektive, bei ganz niederer Lage die Froſchperſpektive. *Weinbrenner.*

Perſpektiviſche Abbildungen, ſ. Abbildung, azimutale.

Perſpektiviſche Entwürfe, ſ. Kartenprojektion.

Perſpektivlineal, ſ. v. w. Kippregel beim Meßtiſch (ſ. d.).

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Perſpektograph, ein Apparat, welcher den Zweck hat, aus dem gegebenen Grundriß und Aufriß eines räumlichen Objektes deſſen perſpektiviſches Bild auf mechaniſchem Wege vermittelſt eines Zeichenſtiftes zu zeichnen, wenn man den Grundriß und Aufriß mit zwei Fahrſtiften durchfährt, die durch einen entſprechenden Mechanismus den Zeichenſtift bewegen.

Der erſte Perſpektograph dieſer Art wurde von G. Hauck [1] erfunden und nach E. Brauers Konſtruktion von Mechaniker Traiſer in Darmſtadt angefertigt [2]. Ein zweiter Perſpektograph, der aber nicht die gleiche Vollkommenheit wie der Hauckſche beſitzt, wurde von E. Ritter [3] erfunden und von der Firma Hartmann & Braun in Bockenheim-Frankfurt ausgeführt. Ein dritter Perſpektograph, der kompendiöſer als der Hauckſche iſt und ſich in gleichem Maße zweckmäßig erweiſt, wurde von P. Fiorini [4] erfunden. Die Mechanismen dieſer drei bis jetzt ausgeführten Perſpektographen ſind weſentlich verſchieden.

Literatur: [1] Verhandlungen der Phyſik. Geſellſchaft in Berlin, 16. Mai 1883, Nr. 8; eine Beſchreibung ſeines Perſpektographen hat G. Hauck mitgeteilt in der Feſtſchrift der Techniſchen Hochſchule zu Berlin, 2. Nov. 1884, S. 213. — [2] Die Konſtruktion dieſes Perſpektographen hat E. Brauer beſchrieben in der Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1891, Bd. 35, S. 782. — [3] Ritter, E., Der Perſpektograph, 2. Aufl., Frankfurt 1884. — [4] L'Ingegneria civile e le arti industriali, Vol. 16, Ottobre 1890, Torino. *Burmeſter.*

Pertinenzien, Zubehör, nennt man alles, was zu einer Sache gehört, d. h. zur Benutzbarkeit derſelben notwendig iſt. Bei einem Hauſe ſind es nicht nur die niet- und nagelfeſten Teile, wie Parkettböden u. ſ. w., ſondern auch die Heizungseinrichtungen, Gas- und Waſſerleitungen u. dergl. *Weinbrenner.*

Peruſilber, ſ. Neuſilber.

Petinetmaſchine (Stechmaſchine), eine Vorrichtung am Wirkſtuhle zur Herſtellung durchbrochener Waren (Petinetmuſter).

Pétong, ſ. Weißkupfer.

Petroleum (auch Erdöl, Berg- oder Steinöl genannt). Ueber Vorkommen und Gewinnung des Petroleums ſowie Verwendung des bei der fraktionierten Deſtillation hinterbleibenden Rückſtands zu Heizzwecken ſ. Brennſtoffe.

Zu den im Art. Brennſtoffe bereits erwähnten Bildungsweiſen iſt nachzutragen, daß in der jüngſten Zeit die Syntheſe der Erdöle aus Acetylen und Waſſerſtoffgas nach der Methode von Sabatier und Senderenz gelungen iſt. Bringt man die durch Ueberleiten von Acetylen über feinverteiltes, ſchwacherhitztes Nickel ſich bildenden Dämpfe nach dem Zumiſchen von Waſſerſtoffgas abermals mit heißem Nickel in Berührung, ſo reſultiert ein Gemenge von Kohlenwaſſerſtoffen, das die Eigenſchaften des kaukaſiſchen Rohöls zeigt, während durch direkte Hydrogeniſation des Acetylens vermittelſt Nickels ein dem pennſylvaniſchen Rohöl ähnliches Produkt erhalten wird (Chem.-Ztg. 1907, S. 244).

Die zu Beleuchtungszwecken beſtimmte Fraktion des Rohpetroleums wird behufs Entfernung ſchwefelhaltender Beſtandteile mit konzentrierter Schwefelſäure, welche die Petroleumkohlenwaſſerſtoffe nicht angreift, durchgemiſcht und dann nach dem Abziehen des Bodenſatzes durch Waſchen mit Waſſer bezw. mit Natronlauge vollkommen entſäuert. Die an Schwefelverbindungen reicheren Limaöle laſſen ſich auf dieſem Wege nur unvollkommen entſchwefeln; ſie werden nach dem Vorgang von Frafch zunächſt mit Kupferoxyd bei höherer Temperatur behandelt und darauf mit Schwefelſäure gereinigt. Das „raffinierte Petroleum" ſiedet zwiſchen 150—300°, während das ſpezifiſche Gewicht zwiſchen 0,80 bis 0,87 ſchwankt. Das ruſſiſche Petroleum iſt ſpezifiſch ſchwerer als das amerikaniſche; es iſt jedoch weniger zähflüſſig als dieſes und bedarf auch einer reichlicheren Luftzufuhr beim Verbrennen in der Lampe. Petroleum, welches im Abelſchen Probeapparat unter 21° entflammbare Dämpfe entwickelt, darf im Deutſchen Reich nicht in den allgemeinen Verkehr gebracht werden. Produkte, aus welchen die niedrig ſiedenden, die Feuergefährlichkeit des Oels bedingenden Anteile vollkommener als aus der gewöhnlichen Handelsware (Standard oil bezw. Keroſin für ruſſiſche Oele) entfernt ſind, werden als Sicherheitsöl, Kaiſeröl, Aſtralöl u. ſ. w. bezeichnet.

Die niedrig (unter 150°) ſiedenden Anteile des Rohpetroleums kommen unter der Bezeichnung Petrolnaphtha oder Rohbenzin in den Handel. Dieſes Produkt ſtellt eine ſehr leicht entzündliche, farbloſe, mit Waſſer nicht miſchbare Flüſſigkeit vom ſpez. Gew. 0,65—0,75 dar, die aus einem Gemenge von Kohlenwaſſerſtoffen der Paraffin- bezw. der Naphthenreihe von verſchiedenen Siedepunkten beſteht. Wegen ihres großen Löſungsvermögens und ihrer Leichtflüchtigkeit wird die Naphtha vielfach als Fleckenwaſſer und zum Extrahieren von Oel, z. B. aus Palmkernen, Knochen u. ſ. w., benutzt; neuerdings ſpielt ſie auch eine ſtets wichtiger werdende Rolle als Material zur Gewinnung gereinigten Petrolbenzins, das auch kurzweg Benzin genannt wird. Die Reinigung des Rohbenzins erfolgt in beſonderen, wegen ihrer Feuergefährlichkeit iſoliert liegenden Benzinraffinerien in der Weiſe, daß die Flüſſigkeit nach einer Vorbehandlung mit Schwefelſäure und Natronlauge durch Deſtillation mit indirektem Dampf in drei Fraktionen und einen im Deſtilliergefäß hinterbleibenden Rückſtand zerlegt wird. Die erſte, von ca. 40 bis 70° ſiedende Fraktion, der ſogenannte Petroläther, — auch Gasäther, Gaſolin, Canadol, Cymogen, Neolin, Rhizolin genannt — dient hauptſächlich zur Erzeugung von autokarburierter Luft (Aerogen- oder Luftgas) und zum Karburieren von Waſſer- oder auch von Steinkohlengas; die zweite, von 70 bis 120° übergehende Fraktion, das (gereinigte) Benzin findet hauptſächlich zum Motorenbetrieb (ſogenanntes Autol) Verwendung. Außerdem

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

wird es auch in den chemiſchen Waſchanſtalten zum Reinigen von getragenen Wollkleidern benutzt, wobei man der Flüſſigkeit meiſtens eine geringe Menge ölſaurer Magneſia (fogenanntes Antibenzinpyrin) zuſetzt, um Selbſtentzündungen vorzubeugen, die infolge der Entwicklung von Reibungselektrizität bei der Reinigungsoperation nicht ſelten vorkommen. Die dritte, von 120 bis 140° ſiedende, geringfügigere Fraktion, das Ligroin, eignet ſich zu Beleuchtungszwecken, wenn es in beſonderen Lampen verbrannt wird, während der über 140° ſiedende Deſtillationsrückſtand unter dem Namen Putzöl als billiger Erſatz für Terpentinöl zum Reinigen von eingefetteten Maſchinenteilen ſowie in der Lack- und Firnisfabrikation verwertet wird. Zum gefahrloſen Lagern aller dieſer und ähnlicher leichtentzündlicher Flüſſigkeiten, wie Benzol, Äther u. ſ. w., hat ſich das einen hohen Grad von Sicherheit gewährleiſtende Verfahren von der Maſchinenfabrik Martini & Hüneke, A.-G., in Hannover vorzüglich bewährt, und es wird bei Benutzung dieſes Verfahrens, bei welchem der Leerraum der Behälter anſtatt durch Luft jederzeit durch Kohlenſäure ausgefüllt iſt, von ſeiten der Polizeibehörden die Erlaubnis zum Aufbewahren größerer Mengen von Benzin u. ſ. w. ſelbſt in bewohnten Orten erteilt. Für kleinere Flüſſigkeitsmengen haben ſich auch die Salzkottener Gefäße, in welchen die Sicherung nach dem Prinzip der Davyſchen Sicherheitslampe erfolgt, und ähnliche Konſtruktionen als zweckentſprechend erwieſen und deshalb große Verbreitung gefunden.

Unter den aus Petrolrückſtänden beſtimmter Provenienz auf dem Wege der Deſtillation erhältlichen Produkten ſind die als Globöl, Oleonaphtha, Valvolin, Vulkanöl u. ſ. w. bezeichneten Schmieröle von beſonderer Wichtigkeit. Dieſe Mineralöle beſtehen ebenſo wie das in einzelnen Rohölen enthaltene Paraffin und Vaſeline aus mehr oder weniger zähflüſſigen chemiſch indifferenten Kohlenwaſſerſtoffen, welche keine Neigung zur Bildung von Harzen oder Säuren beſitzen und daher den pflanzlichen und mineraliſchen Schmierölen vielfach vorgezogen werden. Außer zu den bereits genannten Zwecken findet der Petrolrückſtand ſowohl für ſich als auch im Gemenge mit Rohöl gelegentlich als Mittel zum Desinfizieren von Abort- und Senkgruben ſowie zur Verhütung der Bildung von Straßenſtaub Verwendung. S. a. Straßenölung.

In bezug auf die Produktion von Petroleum iſt zu bemerken, daß dieſelbe im Jahr 1904 insgeſamt 30 000 000 t betrug. Davon entfallen auf:

Vereinigte Staaten von Nordamerika	15 800 000 t	Rumänien	497 000 t
Rußland	11 000 000 t	Japan	203 000 t
Indien	1 000 000 t	Deutſches Reich	90 000 t
Galizien	827 000 t	Kanada	68 000 t

Die Einfuhr von Petroleum einſchließlich Naphtha und Schmieröle in das Deutſche Reich erreichte im Jahr 1902 einen Wert von 93 000 000 ℳ, wovon 65 500 000 ℳ auf Leuchtpetroleum entfallen.

Literatur: [1] Höfer, Das Erdöl, Braunſchweig 1906. — [2] Krojatowsky-Rakuſin, Naphtha und ihre Produkte. — [3] Holde, Unterſuchung der Mineralöle und Fette, Berlin 1905. — [4] Kißling, R., Das Erdöl, ſeine Verarbeitung und ſeine Verwendung, Halle a. S. *Häußermann.*

Die für Beleuchtungszwecke verwendeten Petroleumſorten ſind teils reine Erdöle, teils Miſchöle. Nachdem lange Zeit das amerikaniſche Erdöl den Markt beherrſchte, finden neuerdings die europäiſchen Petroleumſorten, die den amerikaniſchen keineswegs nachſtehen, immer weitere Verbreitung. Die Eigenſchaften der in Deutſchland im Handel befindlichen Erdölarten ſind nach Unterſuchungen des Oelchemikers Proeßdorf in nachſtehender Tabelle zuſammengeſtellt:

Fabrikant oder Händler	Petroleumart	Spez. Gewicht bei 15° C.	Viskoſität bei 20° C.	Entflammungspunkt nach Abel in Celſiusgraden
Pure Oil Co., Hamburg	Rein Pennſylvania-Petroleum	0,799	1,199	27
D.A.P. und M.B.P.*)	Amerikaniſches Family Oil, Miſchöl	0,8028	1,197	23
Petroleum-Produkte, A.-G., Hamburg	Amerikaniſches Petroleum, Miſchöl (1/2 Pennſylvania- und 1/2 Texas-Petroleum)	0,810	1,117	27,5
Deutſche Großhändler	Miſchöl (1/2 Pennſylvania- und 1/2 galiziſches Petroleum)	0,806	1,135	27
„ „	Miſchöl (1/2 Pennſylvania- und 1/2 ruſſiſches Petroleum)	0,8118	1,158	28
Deutſch-Ruſſiſche Naphtha-Import-Geſellſchaft, Berlin	Meteor 0,81	0,81	1,062	28,5
	Meteor 0,799	0,7987	1,079	30
	Nobel 0,824	0,824	1,216	30,5
A.G.M.**), Wien	Galiziſches Petroleum	0,811	1,105	31
Petroleum-Produkte, A.-G., Hamburg	Rumäniſches Petroleum (leicht)	0,805	1,082	25
„ „ „ „	„ „ (ſchwer)	0,81	1,038	27,5
	Texas-Miſchöl mit Pennſylvania-Petr.	0,82	1,098	28,5

*) D.A.P. = Deutſch-Amerikaniſche Petroleum-Geſellſchaft. M.B.P. = Mannheim-Bremer Petroleumgeſellſchaft.
**) A.G.M. = Aktiengeſellſchaft für öſterreichiſche und ungariſche Mineralölprodukte, Wien.

Literatur: Proeßdorf, C., Phyſikaliſch-photometriſche Unterſuchungen der gewöhnlichen Leuchtpetroleumarten, Altenburg 1905; Zeitſchr. „Petroleum“, Berlin. *H. Weber.*

Petroleumfarben enthalten als weſentlichen Beſtandteil des dabei verwendeten Bindemittels Petroleum.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Da letzteres bei gewöhnlicher Temperatur schwer flüchtig ist, so benötigen die Farben lange Zeit zum Trocknen und werden kaum irgend welche Bedeutung für die Praxis erlangen; auch für Kunstzwecke haben sie keine Anwendung gefunden. *Andés.*

Petroleumglühlicht, Vorrichtung zur Beleuchtung (eventuell zum Heizen) mittels Petroleumdampf-Luftgemisches, das nach Entzündung über einem Bunsenbrenner einen Auerglühkörper zum Leuchten bringt.

Das Petroleum (oder dessen Destillate: Benzin, Ligroin, Gasolin u. s. w.) wird mittels Dochts, durch künstlich erhöhten Luftdruck, durch Flüssigkeitsüberdruck oder durch den reduzierten Druck flüssiger Kohlensäure heißen (vorerwärmten) Metallflächen — dem Verdampfer, fälschlich auch Vergaser genannt — zugeleitet, an denen es verdampft. Der oft auch noch überhitzte Petroleumdampf vermengt sich sodann im Mischraum des Brenners mit Luft und tritt durch den Brennerkopf unter den Glühkörper. Die weitere Verdampfung wird entweder durch die Bunsenflamme, durch besondere Hilfsflammen oder durch die Wärmeausstrahlung des Glühkörpers und die abziehenden heißen Verbrennungsgase aufrechterhalten.

Petroleumglühlicht findet als kleine Dochtlampe (Schwachlichter mit 25—150 Kerzen) im Hausgebrauch als Tisch-, Wand- und Hängelampe beschränkte Verwendung; dochtlose Glühlichtbrenner werden als Starklichtlampen mit 200—1500 Kerzen zur Hallen- und Straßenbeleuchtung, insbesondere auch als Hochmastlaternen in ausgedehntem Maße zur Bahnhofbeleuchtung angewendet. — Das zur Speisung von Glühlichtbrennern geeignete Petroleum muß in erster Linie rein sein und soll bei der Verdampfung nur wenig Rückstände hinterlassen; es darf auch bei — 20° C. noch nicht erstarren. Russisches Erdöl ist daher bei den meisten Petroleumstarklichtlampen (ohne Docht) dem amerikanischen Petroleum vorzuziehen. Hinsichtlich der sonstigen Erfordernisse für Petroleum vgl. Oellampen, Bd. 6, S. 767.

Kleine Petroleumglühlichtbrenner mit Saugdocht zeigen im wesentlichen dieselbe Bauart wie die verbesserten Luftzuglampen (s. Oellampen). Die Zufuhr der Verbrennungsluft wird jedoch so reichlich bemessen, daß sämtliche Kohlenstoffteilchen der Flamme verbrennen und dadurch eine größtmögliche Heizkraft der entleuchteten Flamme erreicht wird (Blaubrenner). Die Verdampfung des zur Erzeugung der Blauflamme erforderlichen Erdöls wird durch die mit der Flamme in Berührung stehenden Metallteile des Brenners eingeleitet, die einen Teil der bei der Verbrennung entstehenden Wärme auf den mit Erdöl getränkten Saugdocht überträgt. Die zugeleitete Verbrennungsluft kühlt anderseits die Brennerteile wieder derart, daß eine zu große Wärmeübertragung auf den Docht und damit eine allzu reichliche Verdampfung des Kohlenwasserstoffes vermieden wird, die sonst ein Verrußen des Glühkörpers zur Folge hätte. Diese Abkühlung der Brennerteile mittels der durchgeleiteten Verbrennungsluft bewirkt auch gleichzeitig eine sehr erwünschte Vorwärmung der letzteren.

Die Bauart eines guten Petroleumglühlichtbrenners muß also die Verdampfung des Brennstoffs und die Zufuhr vorerwärmter Verbrennungsluft in ein ganz bestimmtes Verhältnis bringen, das auch durch Temperaturunterschiede der Außenluft und durch Zugluft nicht wesentlich geändert werden darf. Zu den zurzeit bekanntesten Glühlichtbrennern mit Docht zählen: „ABC-Brenner“ (Hurwitz), „Fellboelin“ (Boellert), „Kronos“ (Schneider), „Popesku“, „Praktikus“ (Eckel & Glinike), „Sarto“ (Butzke), „Vita“ (Kindermann).

Bei dem für Dochtlampen typischen „Kronos“-Brenner (Fig. 1) sind zwecks genügender Zufuhr von Verbrennungsluft der Brennerkorb *a* sowie die siebkorbartige Brandscheibe *b* stark durchbrochen; der Zugzylinder *c* ist zur Erreichung desselben Ziels nach oben leicht verjüngt und genügend hoch bemessen. Zur leichteren Verdampfung des Erdöls wird über die freie, über das Brennerrohr herausragende Dochtoberfläche eine mehrfach durchlochte metallene Hülse *d* — der sogenannte Vergaser — gestülpt. Die bei der Verdampfung entstehenden Erdölrückstände setzen sich als Kruste auf der freien Dochtoberfläche ab und müssen jeweils beim Herrichten der Lampe durch Abwischen (nicht durch Beschneiden) des Dochts entfernt werden. Der Glühkörper *e* wird mit seitlichem Träger *f* an der Zylindergalerie *g* befestigt. Letztere wird zur Bedienung der Lampe abgenommen oder mittels Hebelschlüssels *h* hochgehoben. Der Dochtschlüssel *i* wird oft auch mit Feststellvorrichtung versehen, durch die eine unbeabsichtigte Lageänderung des Dochtes während der Brennzeit der Lampe vermieden werden soll. Alle Glühlichtbrenner mit Docht erfordern für ein rußfreies Brennen ein peinliches Reinhalten der Dochtoberfläche und der Luftzuführungsöffnungen. Nach dem Anzünden muß die Flamme stets kurze Zeit bis zur Erwärmung der Brennerteile klein brennen, damit ein Nachziehen (Blaken) des später auf volle Lichtstärke einzustellenden Flammenmantels vermieden wird. Der Glühkörper darf nur aus einem leichten, nicht zu stark imprägnierten Gewebe bestehen, das sich der äußeren Flammenzone des Brenners genau anpassen muß.

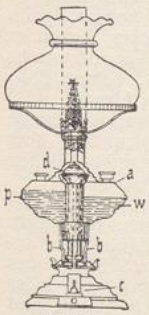


Fig. 2.



Fig. 1.

Zu den kleinen dochtlosen Petroleumglühlichtbrennern gehört der Altmann-Brenner (Fig. 2), der ein Gemisch von Petroleum- und Wasserdampf verbrennt. Aus dem geteilten Lampenbehälter *a* fließt dem U-förmigen Verdampferrohre *b* Petroleum *p* und Wasser *w* zu, das durch eine im Lampenfuß untergebrachte kleine, ständig brennende Erdöllampe *c* zur Verdampfung gebracht wird. Wasser- und Petroleumdampf mischen sich in dem Sammler *d* und strömen durch eine gemeinschaftliche Düse in das Mischrohr eines Bunsenbrenners, über dem das Gemisch, zur Entzündung gebracht, den Glühstrumpf zum Leuchten bringt. Die Regelung des Dampf-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

gemiſches geſchieht durch Verſchieben des Hilfsbrenners *c*, womit entweder die Verdampfung des Waſſers oder die des Petroleums geſteigert bezw. verringert werden kann.

Petroleumſtarklichtlampen werden durchweg als dochtloſe Lampen gebaut; das Erdöl wird hier einem über oder neben dem Glühkörper angeordneten, mittels beſonderer Hilfsflamme vorgewärmten Verdampferrohr zugeleitet, das, mit oder ohne Filtereinſatz, die Verdampfungsrückſtände feſthält, während der Petroleumdampf aus einer feſten oder reglungsfähigen Düſe durch eine Miſchkammer unter den Brennerkopf tritt, über dem das noch an der Vorwärmeflamme entzündete Dampfluftgemiſch den Glühkörper zum Leuchten bringt.

Meenen hat eine feiner Spirituslampe (vgl. Spiritusglühlicht) ähnliche Petroleumſtarklichtlampe „Säkular P. 400“ gebaut, bei der das Erdöl aus einem am Lampenkamin angebrachten Behälter dem Verdampfer zufließt. Die mit feſter Düſe verſehene Verdampferhülſe umſchließt eine mit Sandkörnern gefüllte auswechſelbare Siebröhre als Filter. Durch das anſchließende weite, U-förmig geſtaltete Miſchrohr gelangt die Petroleumdampf-Luftmiſchung zum Brenner. Die Vorwärmung geſchieht entweder durch eine mit Spiritus getränkte und entflammte Lunte, die unter den Verdampfer gebracht wird, oder durch Entzünden von Spiritus, der aus einem beſonderen Behälter durch Meßhahn einer ringförmigen, unter dem Verdampfer angeordneten Schale zugeführt wurde.

Aehnlich dieſer „Säkular“-Lampe arbeitet die „Stobwaſſer“-Petroleumſtarklichtlampe. Auch hier fließt das Erdöl aus dem über der Laterne angeordneten Behälter einem ∩-förmigen, eng um den Glühkörper angeordneten Verdampfer zu; das dünnwandige Verdampferrohr geringen Querſchnitts ſchließt den auswechſelbaren Filtereinſatz mit Hanfſeele ein.

Während die bisher genannten Starklichtlampen ohne Nebenanlage arbeiten, bedürfen die folgenden, irrtümlich auch als „Petroleumpreßgaslampen“ bezeichneten Starklichter beſonderer Einrichtung, um den Brennern das Erdöl unter hohem Druck zuzuführen. Dieſe Druckanlage kann entweder mit der Lampe (Laterne) unmittelbar verbunden oder auch für eine oder mehrere Lampen örtlich getrennt aufgeſtellt ſein und mit den Starklichtbrennern durch dünne, biegſame Rohrleitung in Verbindung ſtehen. Als Druckmittel werden gepreßte Luft und flüſſige Kohlenſäure verwendet.

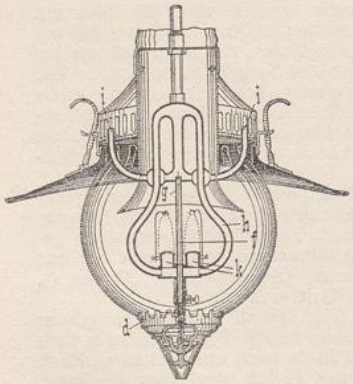


Fig. 4.

Bei der „Waſhington“-Lampe (Fig. 3 und 4) kann Erdöl jeder Art mittels einer Handpumpe *a* aus einem Siebeimer *e* in einen geſchweißten eiſernen Behälter *b* gepumpt und gleichzeitig unter einen Luftüberdruck von 4 Atmoſphären gebracht werden. Unter dieſem Drucke ſtrömt das Erdöl nach Oeffnen des Ventils *c* durch ein Tombakrohr *d* dem Verdampfer *f* — Vaporiſator — zu. Dieſer beſteht aus einem ſtarkwandigen zylindriſchen Rohr mit ſtählernem Düſenkopf, deſſen Ausſtrömungsöffnung durch die Spitze einer durch das Verdampferrohr geführten Stahlnadel *g* regulierbar iſt. Der Verdampfer, der zwecks Reinigung zerlegbar iſt, iſt zwiſchen den Glühkörpern angeordnet und in ein lyraförmiges Miſchrohr *h* derart eingeführt, daß der austretende Dampfſtrahl die ſeitlich (bei *i*) eintretende Luft injektorartig anreißt und ſich mit dieſer auf dem Wege zu den Brennerköpfen *k* innig miſcht. Dieſe Brenneranordnung wird in der Regel in eine Kugellaterne mit Reflektor und hohem Kamin eingebaut. Zur Vorwärmung des Verdampfers werden zwei mit Aſbeſt gepackte Anzünder (Fig. 5) in Spiritus getränkt, entzündet und zwiſchen die Glühkörper und das Vaporiſatorrohr eingehängt. Die Waſhington-Lichtgeſellſchaft, Elberfeld, bringt Ein-, Zwei- und Dreibrennerlampen in verſchiedenſter Ausführung in den Handel.

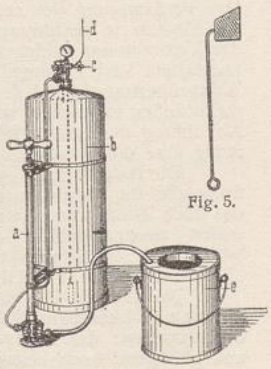


Fig. 5.

Fig. 3.

Das „Spiellicht“ arbeitet ebenfalls mit Luftüberdruck; die Bauart der Lampe gleicht der der Säkularlampe, nur iſt deren Verdampfer durch einen über dem Glühkörper liegend angeordneten Vaporiſator mit verſtellbarer Düſe erſetzt, deſſen Ausführung ſich an die des Verdampfers der „Waſhington“-Lampe anlehnt.

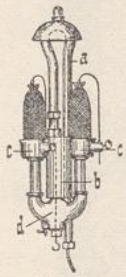


Fig. 6.

Die Bauart der „Kinley“-Lampe gleicht ebenfalls der der „Waſhington“-Lampe; nur die Verdampferkonſtruktion (Fig. 6) iſt von dieſer weſentlich verſchieden. Das Verdampferrohr *a* iſt ∩-förmig gebogen zwiſchen den beiden Glühkörpern angeordnet. Der Anſchluß der Erdölzuleitung erfolgt an dem längeren Schenkel des Verdampfers; der kürzere endet in einer eingeſchraubten Stahldüſe mit feſter Oeffnung, durch die der Petroleumdampf in ein kurzes Miſchrohr *b* eintritt und ſich, mit Luft vermiſcht, nach den beiden Brennern *c* verteilt. In dem Verdampfer iſt unmittelbar über der Düſe ein Röhrenfilter eingebaut, der ein Verſtopfen der Düſenöffnung durch mitgeriſſene Verdampfungsrückſtände (Koketeilchen) verhindern ſoll. Die Düſenöffnung kann außerdem mittels einer beſonders geführten Nadel *d* gereinigt werden. Zum Vorwärmen wird ein Spiritusanzünder, ähnlich dem der „Waſhington“-Lampe, um das Vergaferrohr gelegt. Neuere Brenner ähnlicher Bauart, die jedoch mit geringerem

Druck (1 Atmosphäre) arbeiten, bringen jetzt die Standard-Licht-Gesellschaft und die Continental-Licht-Gesellschaft, beide in Frankfurt a. M. auf den Markt.

Bei der „Kraume"-Lampe der Washington-Lichtgesellschaft (Fig. 7) wird wieder in der bekannten Anordnung (Fig. 3) Luft als Druckmittel, jedoch nur unter einem Ueberdruck von 0,75—1,5 Atmosphären, benutzt. Der schräg ansteigend über dem von einem Glaszylinder umgebenen Glühkörper angeordnete, sehr kräftig und einfach gebaute Verdampfer *a* enthält ein auswechselbares Drahtnetzfilter. Das durch dieses gepreßte Erdöl tritt durch eine Stahldüse in ein gegen den Brennerkopf erweitertes Mischrohr *b*. Zum Vorwärmen dient ein Fig. 5 ähnlicher Spiritusanzünder, der auf eine unmittelbar unter dem Verdampfer angeordnete Rast *c* aufgelegt wird. — Die Reflektorlaterne erhält eine helle oder matte, halbkugelförmige Glasglocke.

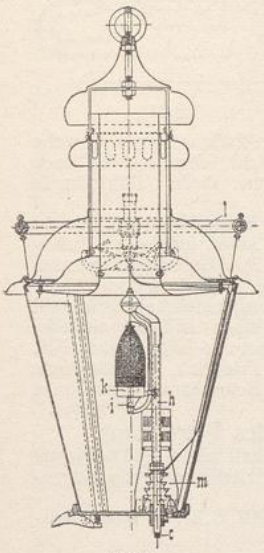


Fig. 9.

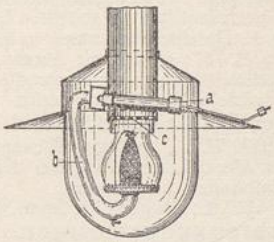


Fig. 7.

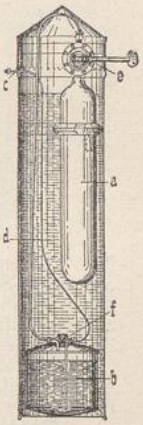


Fig. 8.

Die von der Aktiengesellschaft zur Verwertung der Patente Mavrogordato in Basel hergestellte Starklichtlampe vereinigt mit der Laterne Erdöl- und Benzinbehälter. — Der Luftkessel für einen Ueberdruck bis 10 Atmosphären und einen reduzierten Betriebsdruck von 2—3 Atmosphären (je nach Brennergröße) ist getrennt von der Laterne angebracht. Dem Lampenbehälter wird die Druckluft durch einen starkwandigen Gummischlauch zugeführt. Durch ein unter der Lampe eingebautes Wechselventil wird die Luft bei der Inbetriebnahme der Lampe zunächst über den Benzinbehälter geführt, in diesem mit Benzindämpfen angereichert und das derart erzeugte Luftgas nach Entzündung über dem Stichflammenbrenner zur Vorwärmung des Verdampfers benutzt. Dieser arbeitet mit einem Stabfilter und einem durch den Brennerkopf geführten Ueberhitzerrohr. Batterien dieser Verdampfer größter Bauart werden auch mit gutem Erfolg zur Heizung von Dampfkesseln, insbesondere von Schiffskesseln, verwendet.

Bei der „Keroslampe" von H. Schneider, A.-G. (Fig. 8 und 9), wird mittels des auf 2 Atmosphären verminderten Drucks einer mit flüssiger Kohlensäure gefüllten Stahlflasche *a* von 2—5 kg Inhalt das russische Erdöl aus einem besonderen Druckgefäß *b* durch ein Tombakrohr *c* mit 2 mm lichter Weite der Lampe (Fig. 9) zugeführt. Kohlensäureflasche und Druckgefäß sind in dem etwa 30 (bezw. 60) l fassenden Erdölbehälter *d* eingebaut, das Reduzierventil *e* der Kohlensäureflasche bildet gleichzeitig eine Art Dreiweghahn; der Druckbehälter ist mit einem Rückschlagventil *f* versehen. Das im Erdölbehälter über dem Druckgefäß lagernde Petroleum tritt in letzteres durch das zunächst offene Rückschlagventil infolge des Druckes der Flüssigkeitssäule ein. Nach dem Oeffnen des Ventils *e* der Kohlensäureflasche entsteht im Druckgefäß ein Ueberdruck, durch den sich das Rückschlagventil schließt und der nun das im Druckgefäß eingeschlossene Erdöl durch die Rohrleitung *c* zum Verdampfer der Lampe preßt. Soll die Lampe abgestellt werden, so wird das Kohlensäureventil *e* geschlossen; die im Druckgefäß enthaltene Kohlensäure entweicht durch die Dreiwegeinrichtung des Ventils *e*, das Erdöl in der Lampenleitung *c* tritt in das Druckgefäß zurück, das sich nach der Entlastung des Ventils *f* vom Kohlensäuredruck wieder in der obengeschilderten Weise nachfüllt. Bei der Inbetriebnahme der Lampe (Fig. 9) wird das Petroleum einem Verdampfer *h* zugeleitet. Das verschraubbare Rohr nimmt eine mit Sand gefüllte Filterhülse auf und endet in eine hartverlötete Kugel, die mit der Düse *i* durch ein dünnes Ueberhitzerrohr in Verbindung steht. In geringer Entfernung über der unveränderlichen Düsenöffnung ist der Brennerkopf mit Mischkammer *k* angeordnet. Die Vorwärmeeinrichtung umgibt das aufsteigende Verdampferrohr; sie besteht aus einem über der Laterne angeordneten ringförmigen Vorratsbehälter *l*, aus dem der Spiritus nach Oeffnen des Hahns *ZA* mehreren übereinander angeordneten Schalen *m* zufließt und mittels eines durch die Bodenklappe geführten Anzünders zur Entzündung gebracht werden kann.

Die Firma H. Schneider, A.-G., Leipzig, stellt die Keroslampen in zwei Größen mit 200 und 700 Kerzen in verschiedenen Laternenformen, auch für Luftdruckbetrieb und mit Vorwärmung durch Gas her.

Eine Petroleumstarklichtlampe mit einem der Keroslampe ähnlichen Verdampfer, jedoch nur mit Luftdruck unter Einschaltung ihres bekannten Reduzierventils (vgl. Eisenbahnwagen, Bd. 3, S. 340) wird von J. Pintsch, Berlin, gebaut. Vor die Ausströmungsöffnung der Düse wird ein auswechselbares Drahtsiebfilter gebracht, das ein Verstopfen der Düse verhindern soll. Die Vorwärmung erfolgt durch zwei in die Laterne einzustellende Spiritusdampflampen mit eigenartig verlängertem Brennerkopf. Die Petroleumstarklichtlampen haben sich in letzter Zeit auch die Erfolge der Invertglühlichtbrenner zunutze gemacht (Fig. 10). Der Verdampfer *a* wird hierbei möglichst nahe an das mit großer Mischkammer versehene Brennerrohr *b* gebracht. Petroleuminvertbrenner arbeiten fast ausschließlich mit Ueberhitzung. Die Erfolge dieser zurzeit noch neuen Brenner müssen abgewartet werden.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Der Blaubrenner des Petroleumglühlichts, insbesondere der der Starklichtlampen, kann mit Vorteil auch zu Heizzwecken verwendet werden. Einen derartigen Kocher einfacher Bauart mit zehn Blaubrennern bringt die Washington-Lichtgesellschaft auf den Markt (Fig. 11). Der bekannte Verdampfer (Fig. 4) ist mit einem kurzen ⊃förmigen Mischrohr in Verbindung mit der Dampfkammer *k* gebracht, auf die sich die Brennerköpfe *b* unmittelbar aufsetzen. Der Kocher, der an die in Fig. 3 abgebildete Druckanlage angeschlossen werden kann, bringt 5 l Wasser mit einem Erdölverbrauch von 100 g in 8 Minuten zum Sieden.

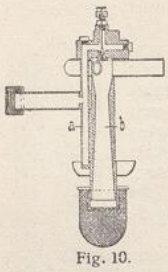


Fig. 10.

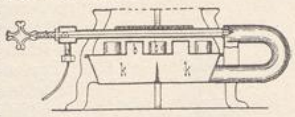


Fig. 11.

Glühkörper für Starklichtlampen erfordern ein starkmaschiges Gewebe aus Baumwolle, das reichlich getränkt sein muß; nicht selten werden auch Doppelgewebe verwendet. — Das Formen und Härten dieser Glühstrümpfe geschieht ausschließlich von Hand.

Für **Glühkörperträger**, die zentral auf dem Brennerkopf angebracht werden, finden (hohle) Magnesiastifte, oft auch mit Asbest umkleidete Eisenstifte Verwendung. Seitlich angeordnete haken- oder bügelförmige Glühkörperträger werden aus Eisen, Stahl oder einer Legierung dieser Metalle mit Nickel (bis zu 20%) hergestellt.

Die **Fabrikation** von Starklichtlampen (und Petroleumdampfkochern) beschränkt sich meist auf den Zusammenbau der einzelnen in Spezialfabriken hergestellten Lampen- und Laternenteile.

Bezugsquellen enthält Goldberg, J., Die deutsche Lampe in Wort und Bild, Berlin 1906.

Literatur: Vgl. Oellampen, Bd. 6, S. 767; außerdem: Ahrens, Friedrich, Das hängende Gasglühlicht, Berlin 1906; Journal für Gasbeleuchtung und verwandte Beleuchtungsarten sowie für Wasserversorgung, München; Metallindustrielle Rundschau, Berlin. *H. Weber.*

Petroleumkoks, fester, poriger Destillationsrückstand des Petroleums.

Er besitzt hohen Heizwert (8000—8500 W.E.), geringen Aschegehalt (etwa 0,35%) sowie gute Reduktionswirkung und findet in der Aluminiumindustrie, bei der Herstellung von Bogenlampenkohlen und in metallurgischen Laboratorien Anwendung.

Literatur: Chemikerztg. 1906, S. 585, 1115 ff.; Dingl. Polyt. Journ. 1907, S. 31. *A. Widmaier.*

Petroleummaschinen, s. Verbrennungsmotoren.

Petroleummotorspritzen, s. Feuerschutz, Bd. 3, S. 777.

Petroleumsprit (Putzöl, künstliches Terpentinöl), Destillationsprodukt des Erdöls vom spez. Gew. 0,73—0,75, dient zum Verdünnen von Leinölfirnis, zum Putzen von Maschinenteilen, Buchdrucklettern u. s. w. *Andés.*

Pfadeisen, im Bergbau, einfache Zapfenlager, z. B. am Handhaspel.

Pfähle, zugespitzte Hölzer verschiedenen Querschnitts und von mehr oder weniger großer Länge, welche als Haltepunkte (Baumpfähle, Zaunpfähle, Buhnenpfähle, Dalben u. s. w.) oder Stützpunkte (Bollwerkspfähle, Jochpfähle bei Brücken, Rostpfähle u. s. w.) oder zu Messungen als Merkzeichen (Merkpfähle, Fixpfähle u. s. w.) verwendet werden. Im weiteren Sinne fallen auch alle aus Eisen (Nadeln, Hohlzylinder u. s. w.), Beton, Eisenbeton u. s. w. hergestellten, zur Druckübertragung dienenden säulenartigen Unterstützungen, welche durch Bohren, Rammen, Schrauben, Spülen u. s. w. in den Boden eingelassen werden, unter den Begriff. Die bergmännische Bedeutung des Stichwortes s. unter Grubenzimmerung, Schachtabteufen, Stollen, Tunnel.

Im folgenden sollen vorzugsweise Stützpfähle für Baufundamente in Betracht gezogen werden; man unterscheidet:

1. Holzpfähle. Diese haben — je nach Bestimmung — quadratischen, rechteckigen, polygonalen oder kreisförmigen Querschnitt (Rundpfähle); letztere Form ist bei Fundamentpfählen, erstere Formen sind mehr bei Pfählen für Spuntwände (s. d.), Fangdämme (s. d.) und ähnliche Bauten vorherrschend. Die zugespitzten Rundpfähle (Spitzpfähle) heißen, wenn sie ihrer ganzen Länge nach im Boden stecken, Grundpfähle (Piloten), wenn sie in ihrem oberen Teile frei stehen, Langpfähle (vgl. Pfahlrost). Pfähle aus Eichenholz und Zedernholz sind die besten, werden aber des hohen Preises wegen selten verwendet; in der Regel nimmt man (besonders für die Rundpfähle) Lärchen- und Kiefernholz, Fichten- und Tannenholz, Erlenholz, selten weichere Holzarten wie Pappeln u. dergl. Im übrigen muß man sich nach dem an der Baustelle Erreichbaren richten. Die Hölzer müssen gerade gewachsen und rißfrei sein; man benutzt das Holz gern kurz nach dem Fällen oder eingeweicht, weil es dann nicht — wie trockenes Holz — im Wasser quillt. Als Fundamentträger müssen die Pfähle mit ihren Köpfen mindestens 50—60 cm unter dem tiefsten Wasserstande liegen; nur dann bleiben sie dauernd vor Fäulnis geschützt. Bei Rundpfählen von der Länge l und dem Durchmesser d pflegt man für Grundpfähle $d = 0{,}12 + 0{,}03\ l$, für Langpfähle $d = 0{,}15 + 0{,}275 \cdot l$ (Maße in Metern) zu wählen; die gegenseitige Entfernung der Achsen von Fundamentpfählen schwankt in der Regel zwischen 0,75 und 1,25 m. Abweichungen von diesen Regeln sind aber da und dort durch besondere Verhältnisse geboten und statthaft. Nimmt man den Widerstand W, welchen der Boden dem Eindringen des Pfahles entgegensetzt, als konstante Kraft und den Rammstoß als unelastisch an, ist ferner Q das Gewicht des Rammbärs, h dessen Fallhöhe, q das Gewicht des Pfahles, so erlangt der letztere durch den Rammstoß die Energie $L = Q^2 h : (Q + q)$; dringt er dabei um die

Länge s in den Boden, so ist die Arbeit des Widerstandes $= W \cdot s$, und man hat die Beziehung $Ws = L + (Q + q)\,s$, woraus

$$W = Q + q + \frac{Q^2 h}{s\,(Q + q)}$$

als Gleichgewichtsbedingung folgt*) (W, Q, q in Kilogramm, h und s in Metern). Bei Ueberschreitung des Wertes W durch die Pfahlbelastung P würde der Pfahl nachgeben bezw. tiefer eindringen. Nachdem aber vorstehende Rechnung den Stoß als unelastisch annimmt, was ja nach dem Baumaterial mehr oder weniger unzutreffend ist; nachdem ferner der Pfahl im Wasser einen Auftrieb erfährt und — was hauptsächlich in Betracht kommt — sich nicht dauernd unter gleichen Reibungsverhältnissen wie beim Einrammen dem Boden gegenüber befindet, muß der Sicherheit wegen die zulässige Pfahlbelastung $P < W$ gewählt werden. Man setzt deshalb $P = W : n$, unter n einen Sicherheitskoeffizienten verstanden, der bei Sandboden etwa zu 3, bei Lehmboden zu 5, unter ungünstigen Verhältnissen und dort, wo größte Vorsicht geboten erscheint, bis zu 10 angenommen wird. Bei Langpfählen ist durch Benutzung der Knickformel (vgl. Bd. 5, S. 519 ff.) die zulässige Belastung des Pfahles zu prüfen. Für Projektierungen darf man dann, wenn Probepfähle nicht eingetrieben, also P auf Grund vorstehender Anleitung nicht ermittelt werden kann, auch bei größter Vorsicht für die Grundpfähle als gut zulässige Belastung P für 1 qcm Pfahlkopffläche annehmen: bei Moorboden 1—1,5 kg, bei lehmiger steiniger Erde u. s. w. 3—5 kg, bei festem Ton- und Sandboden 7—8 kg. Unter günstigen Verhältnissen geht man mit der Belastung weit höher, oft auf das Zwei- bis Fünffache der hier angegebenen Werte. Hiernach ergeben sich etwa folgende Minimalwerte von P für Grundpfähle:

Durchmesser . .	$d =$	15	20	25	30	35	40	cm
Pfahlkopffläche	$F =$	177	314	491	707	962	1257	qcm
Moorboden . .	$P =$	177—366	314—471	491—737	707—1061	962—1443	1257—1886	kg
Lehm, Erde u. s. w.	$P =$	531—885	942—1570	1473—2455	2121—3535	2886—4810	3771—6285	„
Fester Ton und Kies	$P =$	1239—1416	2198—2512	2121—3535	4949—5656	6734—7696	8799—10056	„

Damit die Pfähle leichter in den Boden eindringen, werden sie unten mit einer Spitze versehen; letztere wird meist als vierseitige Pyramide oder kegelförmig hergestellt (Fig. 1). Für festen und steinigen Boden erhalten die Pfähle Pfahlschuhe aus Schmiedeeisen (Fig. 2), Gußeisen (Fig. 3 u. 4) und solche mit gußeiserner Spitze und schmiedeeisernen Federn. In neuester Zeit werden kegelförmige Stahlschuhe für die Pfahlspitzen verwendet. Da und dort bringt man an den Pfahlschuhen noch besondere Ringe an zum Festhalten der Federn; die Konstruktionen sind überhaupt sehr mannigfaltig. Wenn mit schweren Rammbären (großem Q) und großer Fallhöhe gearbeitet wird (s. Rammen), müssen die Pfahlköpfe zum Schutze gegen Splittern mit schweren eisernen Ringen (von 25 bis 50 mm Stärke und 60—100 mm Höhe) versehen werden, die sich nach oben im Verhältnis 1:10 verjüngen. Das Eintreiben der Holzpfähle erfolgt fast allgemein mit Rammen (s. d.); nur kleinere Pfähle von 10—12 cm Durchmesser und bis 1,5 m Länge im Boden werden mit dem Schlegel eingetrieben. Besteht der Boden aus leicht abflößbarem Material (Sand und Kies, lehmigem Geschiebe u. s. w.), so kann das Eintreiben auch mit Hilfe von Wasserspülung erfolgen. Dabei wird ein schmiedeeisernes Rohr von 40 bis 50 mm Lichtweite in eine Nut des Pfahles gelegt und an der Pfahlspitze mit einer Krampe (s. d.) befestigt; dann schließt man dasselbe an eine Wasserleitung mit ca. 3—4 Atmosphären Betriebsdruck (je nach der Boden beschaffenheit auch nur $^1/_2$ Atmosphäre) an. Das an der Pfahlspitze austretende Wasser lockert den Boden um diese und den Pfahlumfang, so daß der Pfahl teils durch seine Eigenschwere, teils durch aufgesetzte Last oder leichte Schläge abwärts dringen kann. Selbstverständlich legt sich nach erfolgter Versenkung der Boden wieder an; jedoch kann die Tragfähigkeit nicht mit der Sicherheit wie bei gerammten Pfählen festgestellt werden. Im Torfboden und Lehmboden hat das Spülverfahren keine oder nur eine sehr geringe Wirkung. Ausnahmsweise werden Holzpfähle auch eingeschraubt (vgl. Fig. 5); der Pfahl wird in den Kern der Schraube eingelassen und vermittelst Durchsteckstifts befestigt, kann aber in schwerem Boden nur selten unbeschädigt auf größere Tiefen herabgebracht werden.



Fig. 1.

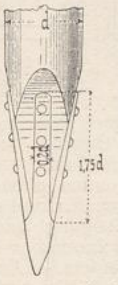


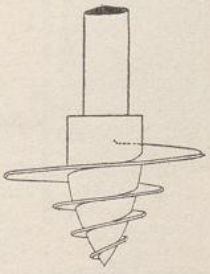
Fig. 2.




Fig. 4.




Fig. 3.


Fig. 5.

*) Vor der vielfach verwendeten sogenannten Brixschen Formel: $W = Q^2 q\,h : s\,(Q + q)^2$ wird gewarnt; sie führt insbesondere für relativ große Werte von Q zu ganz falschen Resultaten. Sind die Pfähle im Verhältnis zum Bärgewicht Q leicht, so kann man $Ws = Qh$ setzen; übrigens ist die oben angeschriebene Gleichgewichtsbedingung so einfach, daß man sie besser in allen Fällen beibehält. Weitere Formeln hat Brennecke [1] aufgestellt; vgl. a. [2].

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

2. Eisenpfähle. Häufig, insbesondere bei Stauanlagen, ist man gezwungen, Bauteile im Boden gegen Auftrieb oder Abschwemmen zu befestigen, sie sozusagen anzunageln. Ist der Untergrund fest, z. B. Fels, Konglomerat u. s. w., so werden massive eiserne Pfähle (sogenannte Nadeln) in der Regel so in denselben eingelassen, daß ein Loch vorgebohrt, die Nadel eingestellt und mit Beton vergossen wird. Im Kies und Sandboden u. s. w. werden eiserne Nadeln vielfach als Stützen von Stauwänden eingerammt (s. Stauanlagen), wobei es aber nicht erforderlich ist, die Eisen (z. B. Doppel-T-Eisen, U-Eisen u. dergl.) mit besonderer Schneide zu versehen, da sie beim Einrammen ohne weitere Vorkehrung auch auf größere Tiefen leicht ziehen. Manchmal

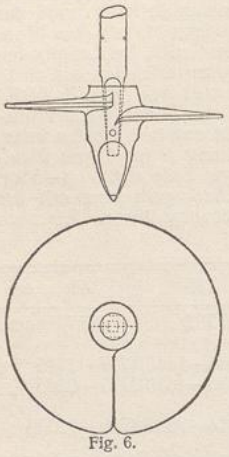


Fig. 6.

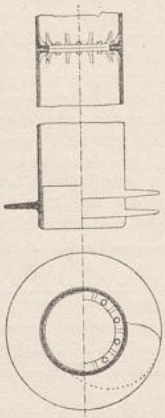


Fig. 7.

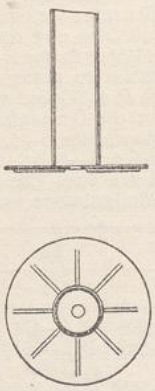


Fig. 8.

werden massive eiserne Nadeln auch eingeschraubt (vgl. Fig. 6), wenn es die Bodenbeschaffenheit zuläßt.

Fundamentpfähle aus Eisen werden größtenteils hohl mit 0,1—1,0 m Durchmesser bei 20—50 mm Wandstärke hergestellt; man treibt sie nicht durch Rammen ab, sondern schraubt sie entweder in den Boden ein (möglich in allen Bodenarten, die keine großen Steine enthalten oder mit Konglomeraten durchsetzt sind) oder versenkt die Hohlkörper durch Wasserspülung (nur möglich in Sand und feinem Kies). Die Schraubenpfähle sind entweder unten offen (Fig. 7) oder geschlossen und mit Spitzenschraube versehen (ähnlich Fig. 5 bezw 6); im ersten Falle wird der in den hohlen Pfahl eindringende Boden entweder ausgelöffelt oder ausgespült; auch ordnet man zuweilen im Holzpfahl selbst ein zweites Gewinde von der doppelten Steigung des äußeren an. Die äußeren Schrauben haben bei den unten offenen Pfählen in der Regel 1—1,5 m Durchmesser und erhalten im weichen Boden 20—30° Steigung und eine bis anderthalb Windungen. Das Eindrehen erfolgt von Gerüsten aus mit starken Hafpeln. — An Stelle der hohlen eisernen Spitzpfähle treten heutzutage überall die Betoneisenpfähle. — Scheibenpfähle (Fig. 8) werden durch Wasserspülung versenkt und erhalten unten eine Scheibe von etwa dem doppelten Durchmesser des hohlen Pfahles. — Man hat früher [1] die hohlen eisernen Fundamentpfähle vielfach dort benutzt, wo Holzpfähle wegen des Bohrwurms und des Faulens über Wasser oder wegen der Unmöglichkeit, sie einzurammen, nicht angewendet werden konnten; heute setzt man an ihre Stelle Betoneisenpfähle, und es kann nur noch der letztgenannte Grund Anlaß zu ihrer Verwendung geben.

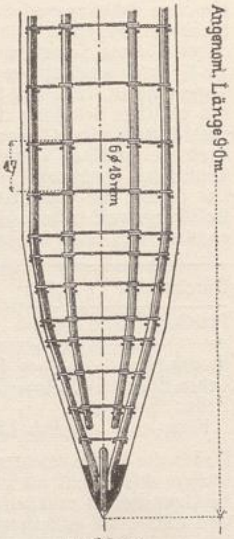
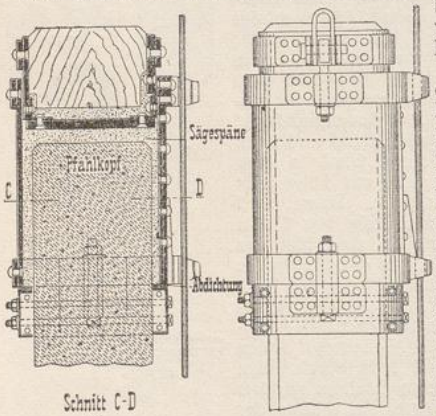


Fig. 9.



Schnitt C-D

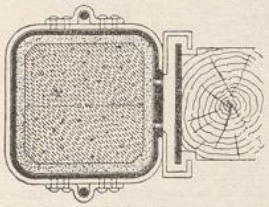


Fig. 10.

3. Betoneisenpfähle und Betonpfähle. Wenn bei einer Pfahlgründung Holzpfähle aus den ebenerwähnten Ursachen unzweckmäßig sind, so tritt in den meisten Fällen an Stelle des Holzes der Beton, entweder armiert oder als Füllung einer vorgeschlagenen Bodenaushöhlung. Pfähle aus armiertem Beton (Betoneisenpfähle) sind teurer als Holzpfähle; man kann sie aber auch auf Holzpfähle aufpfropfen [3], um in dem Teile

des Untergrundes, der nicht ständig 0,6 m unter Waſſer ſteht, ein haltbares Fundament zu erzielen. Wir unterſcheiden:

Armierte Betonpfähle nach Hennebique. Die Pfähle haben dreieckigen [4], quadratiſchen [5] oder polygonalen Querſchnitt. Nach Art der Säulen liegt in jeder Ecke ein Längsſtab, die Stäbe ſind unter ſich durch Bügel verbunden. Fig. 9 zeigt Querſchnitt und Aufriß eines ſechsſeitigen Pfahles [6]. Entſprechend dem großen Pfahlgewicht ſind ſchwere Rammen mit Bärgewichten bis zu 4000 kg in Verwendung. Aus dieſem Grunde und wegen der Sprödigkeit des Betons bedarf der Pfahlkopf eines beſonderen Schutzes, der „Schlaghaube". Fig. 10 zeigt die von Züblin in Straßburg verwendete Schlaghaube [5], [7]. Der Raum zwiſchen Pfahlkopf und Haube wird mit einem ſchlagverteilenden Mittel (Sägeſpäne, Sand) ausgefüllt. Die Pfahlſpitze wird durch einen Schuh aus Eiſenblech oder Gußſtahl gebildet. Fig. 11 zeigt einen dem Ingenieur Züblin patentierten gußſtählernen Schuh, welcher mit dem Armierungseiſen durch Eintreiben eines eiſernen Dornes in feſte Verbindung gebracht werden kann. Die Herſtellung der Pfähle geſchieht mittels Holzſchalungen, in welche der Beton eingeſtampft oder eingegoſſen wird. Während man bei den erſten Ausführungen die Pfähle ſtehend herſtellen zu müſſen glaubte, führt man dieſelben ohne Nachteil heute faſt allgemein liegend aus, weil dadurch die bedeutenden Gerüſtkoſten und die erſchwerten Arbeitsbedingungen in Wegfall kommen. Das Miſchungsverhältnis des Betons wird etwa zu 1 Zement : $1\frac{1}{2}$ Sand : 3 Kies oder Steinſchlag genommen. Je kürzer die zur Verfügung ſtehende Erhärtungszeit iſt, um ſo fetter muß die Miſchung ſein.

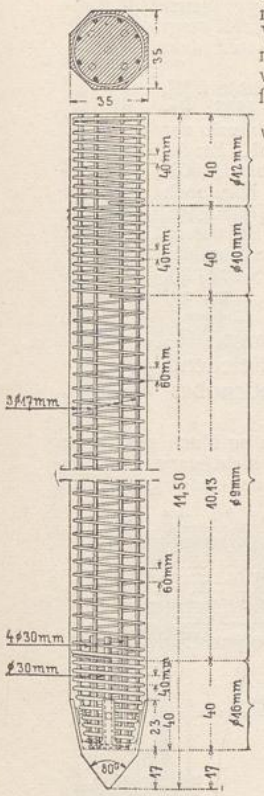


Fig. 12.

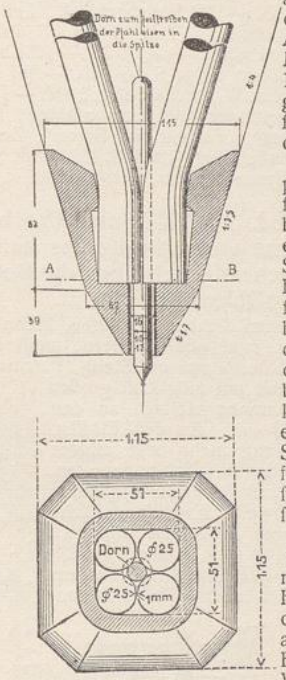


Fig. 11.

Armierte Betonpfähle nach Confidère. Bei denſelben beſtehen die Eiſeneinlagen aus einer Spiralarmierung [6]. Der achtſeitige Querſchnitt iſt der gebräuchlichſte, weil ſich dabei die Spiralen dem Umfang am beſten anſchmiegen können. Fig. 12 zeigt einen derartigen Pfahl. Sie geſtatten eine einfachere Haubenkonſtruktion, da der umſchnürte Beton widerſtandsfähiger iſt.

Neuerdings wendet man überhaupt keine Haube mehr an, ſondern läßt den Bär direkt auf den Pfahl wirken. Eine Verſtärkung der Verſchnürung am Kopf und Fuß iſt vorteilhaft.

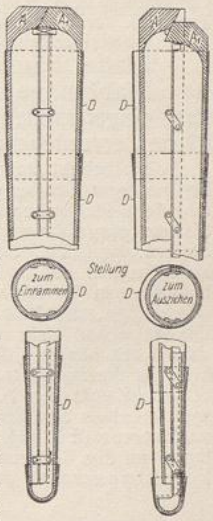


Fig. 13.

Betonpfähle mit Vorſchlagvorrichtung. Ein Nachteil der armierten Betonpfähle iſt der, daß zu ihrer Erhärtung eine Friſt von 4—6 Wochen nötig iſt. Bei dringlichen Bauten bedeutet ihre Anwendung eine Verzögerung der Bauausführung um ebengenannte Zeit. Ein weiterer Nachteil beſteht darin, daß es nicht immer möglich iſt, die benötigte Pfahllänge mit Sicherheit vorauszubeſtimmen, ſo daß häufig zeitraubende und koſtſpielige Anſtückungen und Abnahmen der Pfähle nötig werden. Dieſen Uebelſtänden helfen die nachgenannten Pfähle mit Vorſchlagvorrichtung ab. Hierbei wird der Pfahl erſt im Boden hergeſtellt.

Raymondpfähle. Zu ihrer Herſtellung wird ein nach unten ſtark verjüngter Gußſtahlkern in den Boden gerammt [7]. Wie aus Fig. 13 erſichtlich iſt, beſteht der „Rammkern" aus zwei durch Gelenklappen miteinander verbundenen Längshälften A und A_1. Dieſe werden durch einen Querkeil in der für das Einrammen erforderlichen gegenſeitigen Stellung gehalten. Nach dem Einrammen wird der Keil herausgenommen und durch einen Schlag auf die eine Hälfte A_1 dieſe der andern Hälfte A genähert, ſo daß eine Querſchnittsverminderung entſteht und der Rammkern mühelos herausgezogen werden kann. In ſtandfeſtem Boden werden die beiden offenen Längsfugen zwiſchen den Kernhälften durch dünne Blechſtreifen abgedeckt, um den Eintritt von Erde in den Hohlraum des Rammkerns zu verhindern. Bei nicht ſtandfeſtem Boden wird der Rammkern vorher mit einer Hülſe D aus Blech umgeben, welche in dem Boden verbleibt und als Ausſteifung und Abdichtung dient. Nach dem Herausziehen des Rammkerns wird das entſtandene Loch mit Beton ausgefüllt. Außer der in Fig. 13 dargeſtellten Form des Rammkerns ſind noch verſchiedene andre Formen im Gebrauch [8].

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Simplexpfähle. Zu ihrer Herſtellung wird eine dem Durchmeſſer des Pfahles entſprechende ſchmiedeeiſerne Röhre, die mit einem eingeſteckten Pfahlſchuh aus Gußſtahl oder Beton verſehen iſt (Fig. 14), in den Boden gerammt, bis die genügende Tragfähigkeit vorhanden iſt. Hierauf wird die Röhre ungefähr 1 m hoch mit Beton gefüllt, 60 cm herausgezogen, wieder mit Beton gefüllt, abermals etwas herausgezogen und dieſer Vorgang bis zur vollſtändigen Entfernung der Röhre fortgeſetzt. Vgl. a. D.R.P. Nr. 187 815.

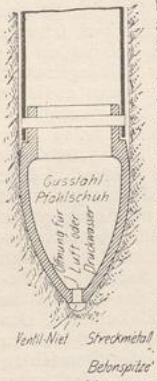


Fig. 14.

Der im Boden verbleibende Pfahlſchuh bildet immerhin einen Verluſt; deshalb wird neuerdings eine einem Alligatorrachen ähnliche Spitze verwendet. Die beiden Hälften derſelben ſind mit Scharnieren an dem Treibrohr befeſtigt und greifen mit Zähnen ineinander. Beim Einſchlagen iſt der Rachen feſt verſchloſſen. Er öffnet ſich beim Einrammen des Betons, ſo daß das Rohr ſamt dem geöffneten Pfahlſchuh ſukzeſſive zurückgezogen werden kann. Fig. 15 zeigt das zurückgezogene Treibrohr mit geöffnetem Alligator ſamt dem Fallſtößel zum Einrammen des Betons.



Fig. 15.
a Alligator.
b Fallſtößel.
c Treibrohr.

Weitere Angaben über Betoneiſenpfähle und Betonpfähle ſ. [8].

Literatur: [1] Brennecke, L., Der Grundbau, Berlin 1887; Ergänzungen dazu, Berlin 1895. — [2] Weisbach, J., Lehrbuch der Ingenieur- und Maſchinentechnik, 1. Teil, § 318, S. 591, Braunſchweig 1855. — [3] Deutſche Bauztg. 1904, S. 32. — [4] Ebend. 1902, S. 647. — [5] „Beton und Eiſen“ 1904, S. 65—70. — [6] Handbuch für Eiſenbetonbau, Bd. 3, Berlin, W. Ernſt & Sohn, 1907. — [7] Hilgard, Ueber neuere Fundierungsmethoden mit Betonpfählen, Schweizer. Bauztg. 1907. — [8] Zeitſchr. „Beton und Eiſen“, „Zement und Beton“, Zeitſchr. des Oeſterr. Ing.- u. Arch.-Ver., Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. (1905, S. 452, 1907, S. 1919 ff.), Zentralbl. der Bauverwalt. 1907, Deutſcher Betonkalender, Berlin 1908, u. a. m., auf deren Inhaltsverzeichniſſe wir verweiſen.

Lueger.

Pfaffe (Fauſt, Fauſteiſen), ſ. Bd. 3, S. 653, und Treiben.

Pfahlbuhne, eine Buhne, welche vorzugsweiſe aus hinreichend ſtark eingerammten und noch entſprechend hoch über die Bodenoberfläche hervorſtehenden Pfählen (Langpfählen) gebildet iſt.

Sie beſteht manchmal aus einer einfachen dichten Pfahlreihe, Mann an Mann geſchlagen. Bei heftigem Strömungsangriffe ordnet man zwei oder mehrere, meiſt nicht ganz dicht geſchloſſene Pfahlreihen an (Fig. 1), deren Zwiſchenräume mit Stein-, Faſchinen- oder gemiſchtem Material ausgefüllt werden; die Krone iſt dann mit möglichſt großen Steinen abgedeckt. Solche Ausführungen kommen vielfach an den Strandbuhnen der flachen Seeküſten vor [1]—[3]. An den Flüſſen, beſonders in Nordamerika, wendet man häufig mehr oder minder durchläſſige, die Hinterlandung raſch befördernde Pfahlbuhnen an. Die Pfähle ſind mehr oder minder weit voneinander entfernt geſtellt; dazwiſchen hängen, der Strömung eine teilweiſe Widerſtandsfläche bietend, an horizontalen Verbindungsſtangen Faſchinen oder ein Strauchgeflecht (Fig. 2). Bei der ſtärkeren Bauart (Fig. 3) iſt ein Flechtwerk *a* behufs Stauwandbildung gezeichnet. Die zugehörige Sohlenverſicherung iſt in Fig. 2 durch eine mit Steinen beſchwerte Faſchinenlage, in Fig. 3 durch eine ſogenannte Faſchinenmatte oder Faſchinenmatratze *b* bewirkt; dies iſt ein Strauchgeflecht oder eine Faſchinenlage zwiſchen Drahtſeilen, das auf die Sohle verſenkt und beſchwert wird. Manchmal hat man nur einzelne horizontale Bohlen zur Erzielung einer Staufläche an die Pfähle genagelt (ſ. Parallelwerk) [4].


Fig. 1. Querſchnitt einer maſſiven Pfahlbuhne.

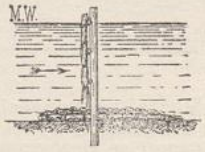


Fig. 2.

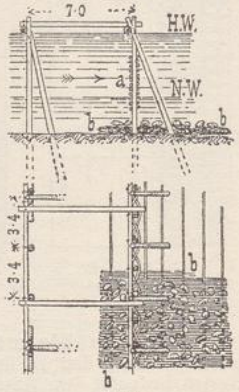


Fig. 3.

Literatur: [1] Franzius, Der Waſſerbau, Leipzig 1884, 3. Abt., S. 150. — [2] Zeitſchr. f. Bauweſen 1882, Taf. 61. — [3] Deutſche Bauztg. 1886, S. 493. — [4] Roloff, Nordamerikaniſches Waſſerbauweſen, Berlin 1895.

Pfahlroſte (Bürſtenroſte, Bürſtenwerke) finden für die Gründung von Bauwerken dann Anwendung, wenn die lockere Bodenſchicht, welche auf der tragfähigen aufruht, eine ſo bedeutende Mächtigkeit hat, daß die Herſtellung gemauerter oder betonierter Fundamente nur mit großen Schwierigkeiten geſchehen kann oder in ökonomiſcher Beziehung unzweckmäßig erſcheint.

Den weſentlichſten Konſtruktionsteil eines Pfahlroſtfundaments bilden die hölzernen Pfähle, welche ähnlich wie Säulen oder andre Freiſtützen den betreffenden Baukörper zu tragen haben. Ragen die Roſtpfähle nur wenig aus dem Boden hervor, ſind ſie alſo Grundpfähle (ſ. Pfähle),

ſo entſteht ein tiefliegender Pfahlroſt; tritt hingegen ein bedeutender Teil der Pfahllänge aus dem Boden hervor, kommen alſo Langpfähle (ſ. Pfähle) zur Verwendung, ſo wird der Pfahlroſt hochliegend genannt.

1. Tiefliegende Pfahlroſte. Die Roſtpfähle können den darauf zu ſetzenden Baukörper in zweifacher Weiſe tragen: entweder ſtehen ſie mit ihrer Spitze auf einer tragfähigen Bodenſchicht auf oder (bei ſehr großer Mächtigkeit der lockeren Bodenſchicht) ſie erhalten ihre Standfeſtigkeit im weſentlichen nur durch die Reibung zwiſchen der Pfahloberfläche und dem Bodenmaterial. Das erſtgedachte Verfahren iſt vorzuziehen. Da die Pfähle auf Knickfeſtigkeit beanſprucht werden, ſo iſt es am vorteilhafteſten, wenn ihre Achſe in der Richtung des auf ſie wirkenden Druckes gelegen iſt; wenn ſonach die wirkſamen Kräfte im weſentlichen lotrecht gerichtet ſind, ſo treibt man die Pfähle gleichfalls lotrecht in den Boden ein; bei Stütz- und Ufermauern indes, bei Gewölbewiderlagern u. ſ. w., kurz, bei Baukörpern, die ſtarken Seitenſchub erfahren, ſtelle man die Pfähle beſſer in die Richtung des herrſchenden Druckes (Fig. 1); bisweilen genügt es, nur eine oder einige Pfahlreihen ſchräg zu ſtellen, die übrigen aber lotrecht anzuordnen (Fig. 2). Bei manchen Konſtruktionsteilen, wie Freiſtützen, welche größere Hallendächer tragen, bei Mittelpfeilern von Bogenbrücken u. ſ. w. kann der Seitenſchub bald von der einen, bald von der andern Seite wirkſam ſein; alsdann werden einzelne Pfähle bezw. Pfahlreihen gleichfalls ſchräg geſtellt, jedoch nach entgegengeſetzten Richtungen (Fig. 3). Die Zahl der zu verwendenden Pfähle hängt von der Größe des herrſchenden Druckes und von der Tragfähigkeit der Pfähle ab. Die Pfähle werden reihenweiſe geſchlagen; Abſtand der Pfahlreihen voneinander 0,80—1,20 m; Abſtand der Pfähle in einer Reihe 1,0—1,50 m. Kommen auf die Pfahlköpfe Lang- und Querſchwellen zu liegen, ſo empfiehlt ſich die netzförmige Anordnung der Pfähle (Fig. 4); wenn indes auf die Pfahlköpfe eine Betonplatte aufgebracht wird (Betonpfahlroſt, Fig. 6), ſo verſetze man in den einzelnen Pfahlreihen die Pfähle gegeneinander. Die Pfahlköpfe müſſen ſo tief gelegen ſein, daß die Oberkante der etwa darauf zu ſetzenden Holzkonſtruktion mindeſtens 30 cm, beſſer 50 cm unter den niedrigſten Waſſerſtand zu ſtehen kommt. Bei den gewöhnlichen Pfahlroſten werden auf jede Pfahlreihe Langſchwellen (auch Roſt- oder Grundſchwellen genannt) verlegt und quer über dieſen die Querſchwellen (auch Zangen geheißen) angeordnet (Fig. 5); beide erhalten meiſt quadratiſchen Querſchnitt von 25—33 cm Seitenlänge bei den Langſchwellen und 22—30 cm bei den Querſchwellen. Die durch beide Schwellenlagen gebildeten Fache werden mit der ſogenannten Bettung, beſtehend aus Kies, feſtgeſtampftem Bauſchutt, Lehm, Ton, Lehm und Sand, Bruchſteinmauerwerk, Sand, Beton u. ſ. w., ausgefüllt; ſchließlich wird ein 7—10 cm dicker Bohlenbelag angebracht, der indes ſtets auf die Langſchwellen gelegt wird. Auf den Bohlenbelag kommt das Mauerwerk zu ſtehen (Fig. 5). Verhältnismäßig ſelten hat man die Roſtpfähle bloß in gleicher Höhe abgeſchnitten und dann das Mauerwerk unmittelbar darauf geſetzt; dies iſt indes nur bei geringen Belaſtungen zuläſſig. Sind Unterwaſchungen zu befürchten, ſo umſchließe man den Pfahlroſt mit einer Spundwand. Bei den Betonpfahlroſten (Fig. 6) ragen die Pfahlköpfe nicht unter 15 cm in die Betonplatte hinein, und letztere erhält nicht unter 50, beſſer 75 cm Dicke; Spundwände, welche den Beton umſchließen und ihn gegen Unterwaſchung ſchützen, ſollten hier niemals fehlen. Derartige Betonpfahlroſte werden ſowohl im Hochbau wie im Brückenbau immer häufiger angewendet und bewähren ſich vortrefflich.

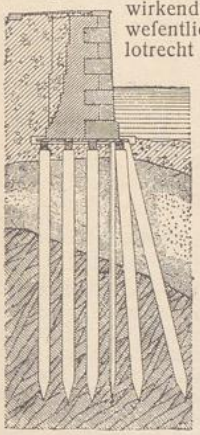


Fig. 2.

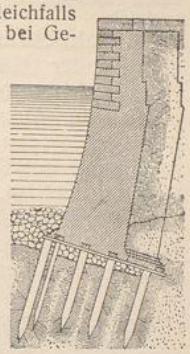
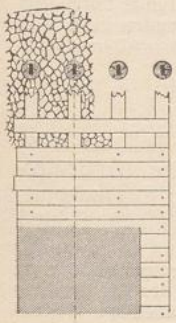
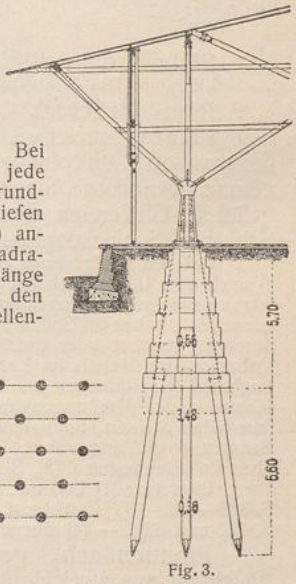


Fig. 1.





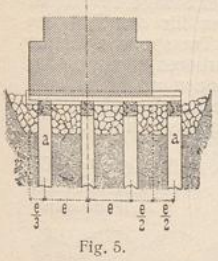


Fig. 5.

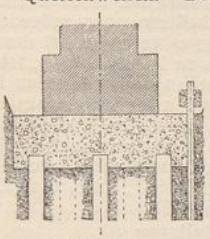


Fig. 6.

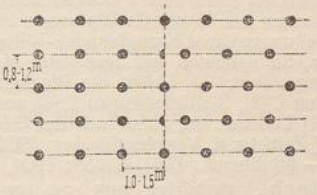


Fig. 4.

Fig. 3.

2. Eiſenbetonpfahlroſt entſteht, wenn bei der Gründung eines Bauwerkes ſtatt hölzerner Pfähle Eiſenbetonpfähle (ſ. Pfähle) verwendet werden.

3. Hochliegende Pfahlroſte, auch Stelzenfundamente genannt, werden bei ſehr hohem Waſſerſtand, namentlich am Meere, wo die Herſtellung einer Baugrube viele Schwierigkeiten bereiten würde, angewendet. Man ſchneidet die Roſtpfähle in der Höhe des Niederwaſſers ab, verlegt die beiden Schwellenlagen mit dem Bohlenbelag und ſetzt auf letzteren das Mauerwerk. Die Roſtpfähle läßt man entweder frei ſtehen (Fig. 7) oder man ſchützt ſie gegen Ausknicken durch Diagonalſtreben oder durch dazwiſchen gebrachte Steinſchüttungen, bisweilen durch beides zugleich. *Schmitt-Darmſtadt.*

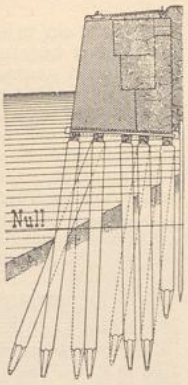


Fig. 7.

Pfahlſchrauben (Grundſchrauben), vgl. Schraubenpfähle unter Pfähle.

Pfahlſchuhe kommen bei hölzernen Rund- und Spundpfählen zur Anwendung, wenn letztere in feſteren, namentlich ſteinigen Boden eingerammt werden ſollen; ſie bilden eine Armierung der Pfahlſpitze bezw. Pfahlſchneide (ſ. Pfähle und Spundpfähle). *Schmitt-Darmſtadt.*

Pfahlwände werden ſtatt der Spundwände (ſ. d.) angewendet, wenn letztere infolge großen Waſſerdrucks ſich als zu ſchwach erweiſen würden. Sie beſtehen aus ſtumpf nebeneinander geſchlagenen Pfählen von 25—30 cm Dicke.


Fig. 1.


Fig. 2.


Fig. 3.


Fig. 4.

Letztere werden, wenn es der Zweck der Pfahlwand geſtattet, nur an denjenigen beiden Langſeiten behauen (Fig. 1), in denen ſie einander berühren; muß die eine Außenſeite der Wand glatt ſein, ſo erfolgt dreiſeitiges Behauen ihrer Pfähle (Fig. 2); unter Umſtänden erhalten die Pfähle ſogar quadratiſchen Querſchnitt (Fig. 3). Um einen feſten Anſchluß der Pfähle an die bereits eingerammten, um alſo möglichſte Waſſerdichtheit zu erzielen, gibt man den Pfählen wohl auch einen trapezförmigen Querſchnitt (Fig. 4). Am Zopfende können die Pfähle ihre runde Form zum Teil beibehalten. Die Pfähle erhalten im vorliegenden Falle bald eine Schneide, bald eine Spitze. *Schmitt-Darmſtadt.*

Pfalz, ſ. die Artikel Burg, Palas.

Literatur: Die Königspfalzen der Merowinger und Karolinger, Berlin 1892.

Pfandwirtſchaft, ſ. Deichgenoſſenſchaft.

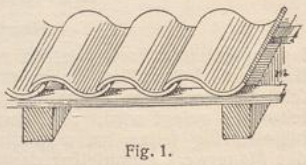
Pfanne bezeichnet 1. Auflager, ſ. Spurlager, Wage; 2. Teil an alten Feuerwaffen (Zündpfanne); 3. Gefäß zum Erhitzen von Materialien (Abdampfpfanne, Braupfanne, Siedpfanne, Röſtpfanne, Schmelzpfanne u. ſ. w.); 4. Transportgefäß in Gießereien und Hüttenwerken für flüſſiges Metall (Gießpfannen) und Schlacke (Schlackenpfannen).

Bei den Gießpfannen der Eiſen- und Stahlgießereien und Eiſenhütten unterſcheidet man a) nach dem Inhalt zwiſchen Roheiſen- und Stahl(Flußeiſen-)pfannen; b) nach der Art der Entleerung zwiſchen kippbaren und Stopfenpfannen. Letztere (vorzugsweiſe für Flußeiſen und Stahl verwendet) haben im Boden der Pfanne ein Loch, das mit Hilfe eines an einer Stange befeſtigten Stopfens geöffnet oder geſchloſſen werden kann, beſitzen aber außerdem für den Fall des Erſtarrens des Metalls im Loch eine Kippeinrichtung; c) nach der Art des Transports zwiſchen tragbaren (Handpfannen bis 15 kg, Gabelpfannen bis zu 100 kg Inhalt), fahrbaren Pfannen oder Pfannenwagen (Gießwagen) und Kranpfannen. — Roheiſenpfannen werden innen mit Lehm oder feuerfeſten Steinen, Stahlpfannen mit feuerfeſter Maſſe oder Steinen ausgekleidet und vor der Benutzung gut angewärmt. — Ueber die Pfannen der Eiſen- und Stahlgießereien vgl. a. [1], über Roheiſenwagen ſ. [2], Stahlgießwagen ſ. [3] und Schlackenwagen ſ. [4].

Literatur: [1] Ledebur, A., Handbuch der Eiſen- und Stahlgießerei, 3. Aufl., Leipzig 1901, S. 333—342. — [2] Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1902, S. 1541; 1903, S. 522. — [3] Ebend., 1903, S. 422 und 520. — [4] Ebend., 1903, S. 658; 1904, S. 1170. *A. Widmaier.*

Pfannendach, gebildet aus ∽ geſtalteten, gleichſam aus zwei Hohlziegeln zuſammengeſetzten Ziegeln (ſ. Fig. 1).


Fig. 2.


Fig. 1.

Dieſe haben eine Länge von 40 bis 45 cm, eine Breite von 30 cm; die Ueberdeckung beträgt ca. 6, die Lattweite ca. 32 cm. Die Eindeckung erfolgt mit oder ohne Schindeln, die Fugen ſind mit Mörtel auszuſtreichen. Bei einer Dachneigung von einem Drittel bis zur Hälfte hat es den Vorzug raſcher Sammlung und Ableitung des Waſſers. Es iſt in Holland und Niederdeutſchland üblich. Der Querſchnitt holländiſcher Pfannen iſt in Fig. 2 gezeigt. *Weinbrenner.*

Pfannenſtein, der feſte, kriſtalliniſche oder amorphe Niederſchlag, welcher ſich beim Verdampfen einer mineraliſche Subſtanzen in Löſung enthaltenden

Flüſſigkeit in der Verdampfſchale, Pfanne, abſetzt. Zuweilen wird die Bezeichnung auch für Keſſelſtein gebraucht; ſ. a. Salz. *v. Ihering.*

Pfeffer, ſchwarzer und weißer, ſind beide die Früchte von Piper nigrum, einem Kletterſtrauche Hinterindiens, der außerdem auch auf Borneo, Sumatra, Siam, Ceylon und in Amerika kultiviert wird.

Die Früchte ſind einſamig, ſteinfruchtartig und ſitzen an einer ca. 10 cm langen Aehre. Das ſchwarze Pfefferkorn iſt die noch unreife, grüne, an der Sonne oder über Feuer getrocknete, durch Schrumpfung gerunzelte Frucht; der weiße Pfeffer wird meiſt durch Schälen der reifen Früchte, ſeltener aus dem ſchwarzen Pfeffer gewonnen. An einem Schnitt durch das Korn des ſchwarzen Pfeffers unterſcheidet man folgende Schichten: Endoſperm, Periſperm und Frucht- und Samenſchale. Der Pfeffer enthält Stärke, ätheriſches Oel und Piperin. Das Pfefferpulver iſt von allen gemahlenen Gewürzen den meiſten und mannigfaltigſten Fälſchungen ausgeſetzt. An vorkommenden Fälſchungsmitteln ſeien erwähnt: mineraliſche Stoffe, Schalen aller Art, Holzmehl u. ſ. w. Das Schwergewicht der Pfefferunterſuchung liegt auf dem mikroſkopiſchen Gebiet. Nach den Vereinbarungen deutſcher Nahrungsmittelchemiker darf der Aſchengehalt bei ſchwarzem Pfeffer 8 %, bei weißem Pfeffer 4 % nicht überſteigen. *Mezger.*

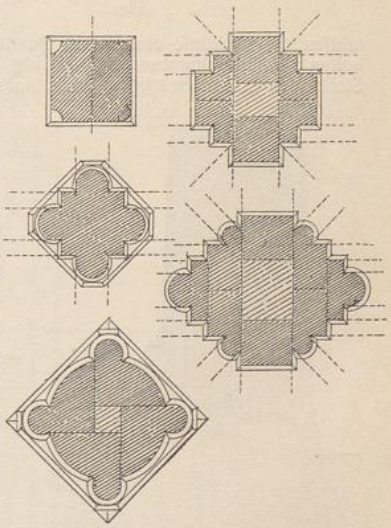
Pfefferminzterpentin, Terpentinölerſatz, hochſiedendes Petroleumdeſtillat, mit Pfefferminzöl parfümiert.

Pfeifenton (Pfeifenerde, weiße Erde), kieſelſaure Tonerde, der Kaolinerde ſehr nahe ſtehend, dient als weiße Leim- oder Waſſerfarbe und zum Miſchen mit andern Farben von geringem ſpezifiſchem Gewicht.

In Deutſchland und Oeſterreich dient Pfeifenton, mit Waſſer angerührt, zum Anſtreichen ſteinerner Treppenſtufen, um deren Reiben mit Sand und Waſſer zu umgehen. *Andés.*

Pfeil, Pfeilhöhe, die auf der Mitte der Sehne eines Bogens (ſ. d.) errichtete und bis zum Bogen verlängerte Vertikale bezw. ihr Maß.

Pfeiler, die freiſtehenden Stützen aus Stein, wenn ſie von bedeutender Stämmigkeit ſind, auch bei rundem Querſchnitt; ſodann bei ſchlanken Verhältniſſen und viereckiger Grundform, mit oder ohne ein Kapitäl.



In techniſcher Hinſicht beſtehen ſie entweder aus einem Stück (Monolith) oder aus mehreren Stücken, auch aus einer aufſteigenden Reihe von Quadern. Sie dienen meiſt als Bogen- oder Gewölbeträger. Als ſolche haben ſie in der mittelalterlichen Baukunſt eine vielfache Entwicklung erfahren: vom einfachen quadratiſchen (vgl. die Figur links oben) oder runden Pfeiler (vgl. die Figur links unten) durch Vorlegen von Halbſäulen (vgl. die Figur links, Mitte) und ſogenannten Dienſten (vgl. die Figur rechts unten) bis zu den reichſten Bündelpfeilern (ſ. Bd. 2, S. 385). Haben die Pfeiler außer der ſenkrechten Belaſtung noch einem Seitenſchub zu widerſtehen, ſo werden ſie zum Strebepfeiler (ſ. d.). In Verbindung mit Mauern werden ſie zum Wandpfeiler (ſ. d.), Pilaſter (ſ. d.), Liſene und Stirnpfeiler oder Ante (ſ. d.). *Weinbrenner.*

Pfeiler der Brücken, die den Unterbau und die Stützen für den Ueberbau bildenden Teile einer Brücke. Man unterſcheidet End- oder Uferpfeiler und Mittel- oder Zwiſchenpfeiler. Erſtere heißen auch Widerlager oder Widerlagspfeiler, wenn ſie ſeitlichen, von dem Druck des angrenzenden Erdreiches oder dem Schub eines bogen-, ſpreng- oder hängewerkartigen Ueberbaues herrührenden Kräften zu widerſtehen haben. Das zu Pfeilerbauten vorwiegend angewendete Baumaterial iſt Stein; doch gibt es auch hölzerne und eiſerne Brückenpfeiler. Auch die Bauweiſe in Stampfbeton und armiertem Beton hat in neuerer Zeit auf den Pfeiler- und Widerlagerbau namentlich der mit gleichartigem Tragwerk konſtruierten Brücken Anwendung gefunden. Die Fundierung der Brückenpfeiler findet im Artikel Gründungen Beſprechung.

Beiſpiele beſonders tief und ſchwierig fundierter Brückenpfeiler ſind: die auf Senkbrunnen gegründeten Pfeiler mehrerer oſtindiſcher Brücken, ſo der Jumnabrücke der Kalkutta—Delhi-Bahn, Fundierungstiefe 25 m unter Nullwaſſer [1], der Brücke über den Goraicfluß, 20,7 m unter Hochwaſſer [2]; ferner die unter Anwendung von Luftdruckgründung errichteten Hauptpfeiler der Forthbrücke, größte Fundierungstiefe 27,4 m unter Niedrigwaſſer [3], die Pfeiler der Brooklyn-(East-River-)Brücke, Fundierungstiefe 24 m unter Flutwaſſer [4], der Miſſiſſippibrücke bei St. Louis, Fundierungstiefe 31,1 m unter Hochwaſſer [5], Brücke bei Feteſchti und Czernavoda über die Donau (König-Carol-Brücke, Fig. 2 und 2a), Fundierungstiefe 30,97 m unter Bauwaſſerſtand [6].

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

a) **Gemauerte Pfeiler.** Die Terrain- und namentlich die Waſſerverhältniſſe ſowie auch die ſtatiſche Wirkungsweiſe des Ueberbaues bedingen verſchiedene Arten von Pfeilern. Man nennt diejenigen, die ſtets dem Waſſerangriffe ausgeſetzt ſind, Strompfeiler, diejenigen aber, die ganz im Trockenen ſtehen oder nur bei Hochwaſſer beſpült werden, Landpfeiler. Viaduktpfeiler heißen die Pfeiler der Talbrücken (ſ. Viadukte), die ſich meiſt durch große Höhe auszeichnen. Die Pfeiler werden von dem Tragwerke des Ueberbaues entweder nur lotrecht belaſtet (bei Balkenbrücken) oder ſie haben auch wagerechte Kräfte aufzunehmen (bei Bogenbrücken). Danach richten ſich ihre Abmeſſungen. Bei den Pfeilern gewölbter Brücken und insbeſondere von Viadukten unterſcheidet man Tragpfeiler, die nur bei beiderſeitig einwirkendem Gewölbſchube ſtabil ſind, und Standpfeiler, die auch einſeitigem Gewölbſchube zu widerſtehen vermögen. Bei einem längeren Viadukt teilen die ſtärker zu dimenſionierenden Standpfeiler die Oeffnungen in Gruppen zu je drei bis fünf. Die im Trockenen ſtehenden Pfeiler erhalten rechteckige Grundrißform, wogegen alle Pfeiler, die einer Waſſerſtrömung ausgeſetzt ſind, mit ſogenannten Vorköpfen verſehen werden, die bis über Hochwaſſerhöhe zu reichen haben. Die Vorköpfe bewirken eine Verminderung des Aufſtaues und der Wirbelbildung und ſind insbeſondere wegen Sicherung der Pfeiler gegen Unterſpülung und Auskolkung von Wichtigkeit. Sie werden ſowohl ſtromauf- als ſtromabwärts angebracht und erhalten die aus Fig. 1 erſichtlichen Grundrißformen, von denen namentlich die in *b*, *c*, *d* bei uns am häufigſten Anwendung finden. Die Vorköpfe nehmen keine Belaſtung durch den Ueberbau der Brücke auf, ſondern der eigentlich tragende Pfeilerkörper iſt zwiſchen den Vorköpfen enthalten. Wegen des Waſſeranpralles, namentlich bei Flüſſen mit Eisgang, müſſen die Vorköpfe eine ſolide Quaderarmierung, bei größeren Brücken aus mindeſtens 50 cm hohen Hauſteinſchichten erhalten (Fig. 3). Bei Strömen mit ſehr ſtarkem Eisgang werden an Stelle des ſtromaufwärtigen Vorkopfes Eisbrecher mit gewöhnlich unter 45° geneigter Vorderkante angeordnet (Fig. 2). Die Vorköpfe brauchen, wie bemerkt, nicht bis zur Pfeilerkrone emporgeführt zu werden, ſondern können in Hochwaſſerhöhe endigen und werden hier mit einer kegel- oder kalottenförmigen Kappe abgedeckt. Der Pfeilerſchaft, d. i. der über dem Fundamentabſatze (bei Landpfeilern ungefähr Terrainhöhe, bei Strompfeilern Nullwaſſerhöhe) gelegene Pfeilerteil erhält meiſt nach oben zu eine kleine Verjüngung und es wird der Anlauf (Anzug) der Seitenflächen mit einem Zwanzigſtel bis zu einem Vierzigſtel angenommen. Eigentlich wäre — mit Rückſicht auf eine gleiche Beanſpruchung ſämtlicher Lagerflächen des Pfeilermauerwerks — der Aufriß des Pfeilerſchaftes in konkaver Krümmung (nach einer logarithmiſchen Linie) zu begrenzen. Es iſt dieſe Ausführung aber nur ſehr vereinzelt bei hohen Viaduktpfeilern zur Anwendung gelangt, und man zieht es der Einfachheit wegen vor, den Pfeilern ebene Seitenflächen zu geben und allenfalls die Stärke am Pfeilerfuße durch Abſätze zu vergrößern. Pfeilern, die wagerechte Kräfte aufzunehmen haben, d. h. Pfeiler von Sprengwerks- und Bogenbrücken, wird auch ein ſtärkerer Anzug der Seitenflächen, zuweilen bei ungleicher Größe der angrenzenden Oeffnungen auch unſymmetriſche Form gegeben. Der oberſte, in der Höhe der Auflager des Brückenüberbaues befindliche Teil des Pfeilers heißt Pfeilerkopf. Er erhält eine Abdeckung mit einer gewöhnlich geſimsartig vortretenden Hauſteinſchicht. Iſt der Ueberbau aus Eiſen oder Holz, ſo kommen unter die Hauptträger die entſprechend großen Auflagsquader (bei Bogenbrücken Kämpferſteine). Das Pfeilermauerwerk wird im Innern gewöhnlich nur aus lagerhaftem Bruchſteinmauerwerk hergeſtellt und, bei Strompfeilern wenigſtens, an den Seitenflächen mit Quadern oder Hackelſteinen verkleidet (Fig. 3). Auch Beton wird für das Pfeilerinnere verwendet (Ausführungen in England, Württemberg). Wegen der beſſeren Druckverteilung und Bindung des

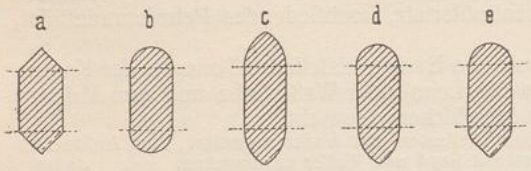


Fig. 1.

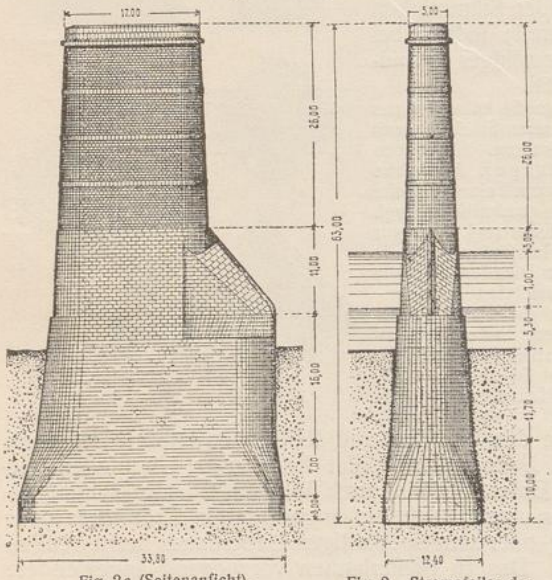
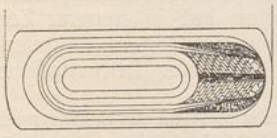


Fig. 2a (Seitenanſicht).

Fig. 2. Strompfeiler der Brücke über die Donau bei Czernavoda (Vorderanſicht).


Fig. 2b (Draufſicht).

Mauerwerks gibt man in der Regel in Höhenabſtänden von 3—4 m ganz durchbindende Quaderſchichten und unter den Auflagsſteinen je nach der Größe der Belaſtung eine bis drei Druckverteilungsſchichten.

Die Pfeilerſtärke wird bei Balkenbrücken nach empiriſchen Regeln bemeſſen; bei Bogen- und Sprengwerksbrücken iſt eine ſtatiſche Unterſuchung durchzuführen, derart, daß man bei einem Mittelpfeiler die eine angrenzende Oeffnung belaſtet, die andre unbelaſtet annimmt und die größten Fugenpreſſungen beſtimmt, die von den ſchräg gerichteten Reſultierenden aus dem Pfeilergewicht und den beiderſeitigen Kämpferdrücken hervorgerufen werden (Fig. 4). Formeln für die obere Stärke der Pfeiler von Strombrücken mit Balkenträgern wurden aufgeſtellt von

Winkler: $b = 0{,}2 + 0{,}04\,l + 0{,}06\,h$ G. Meyer: $b = 1{,}5 + 0{,}0005\,l^2$

Becker: $b = 0{,}76 + 0{,}147\,h\sqrt[3]{\frac{l}{h}}$ Fränkel: $b = 0{,}26 + 0{,}061\,l - 0{,}00058\,l^2 + 0{,}00069\,v\,h_1\,l$, ferner $b = 1{,}0 + 0{,}3\,l$.

Hierin bezeichnet b Stärke, h Höhe des Pfeilers, l Spannweite, h_1 Höhe des Hochwaſſers über Flußſohle, v größte Hochwaſſergeſchwindigkeit, alle Maße in Metern.

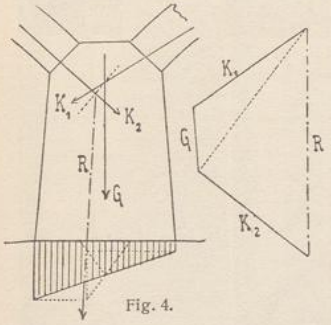


Fig. 4.

Bei Brücken mit bloß zwei Haupttragwänden werden die Pfeiler nur in äußeren Teilen unmittelbar belaſtet; man hat deshalb über Waſſer ſtehende Pfeiler zuweilen auch an der Längsſeite mit einer Oeffnung durchbrochen (Fig. 5) oder aus zwei iſolierten ſäulenartigen Teilen aufgeführt, in letzterem Falle dann aber jedenfalls in Hauſtein und mit genügender Querſchnittsabmeſſung, um die Stabilität zu ſichern. Eine Erſparnis iſt mit dieſer Anordnung wegen der Vergrößerung der ſichtbaren Flächen in der Regel nicht verbunden. Nur bei ſehr großen Brücken, die eine breite Pfeilerbaſis erfordern und allenfalls einen eiſernen Pfeileraufſatz erhalten, wird es zweckmäßig ſein, die Pfeiler auch ſchon im Fundament aus getrennten Mauerwerkszylindern zu bilden (Forthbrücke, ſ. [3]). Zuweilen erhält der Pfeiler über dem Auflager der Brückenkonſtruktion noch eine Fortſetzung (Pfeileraufſatz), namentlich bei Bogenbrücken (Fig. 6), dieſer Teil kann, weil ohne Belaſtung, bloß in Hohlmauerwerk ausgeführt werden oder er iſt bei durchgehender Eiſenkonſtruktion überhaupt nur auf die Pfeilerſtirnen beſchränkt. Bei Betonbrücken ſind vielfach auch die Pfeiler ganz aus Stampfbeton oder aus armiertem Beton ausgeführt worden. Im erſteren Falle (Beiſpiele: Topekabrücke, Kanſas [Nordamerika], Brücke über den Great-Miami-River bei Dayton u. a., Polceverabrücke bei Genua) entſprechen die Formen und Abmeſſungen jenen von Steinpfeilern, und Zugſpannungen im Pfeilerkörper ſind auszuſchließen; im letzteren Falle können die Stärken geringer gewählt werden, da der Pfeiler durch

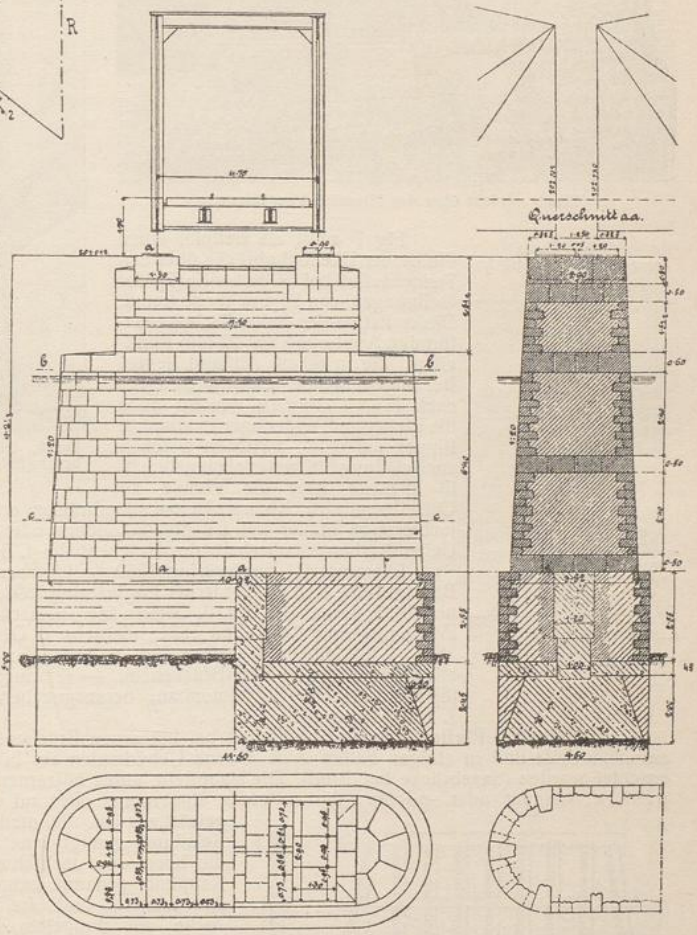


Fig. 3. Donaubrücke bei Krems (eingleiſige Bahnbrücke).

die Eisenarmierung imstande ist, Biegungsspannungen aufzunehmen, die durch wagerechte Stützenkräfte oder durch Einspannungsmomente bei fester Verbindung des Tragwerks mit den Pfeilern hervorgerufen werden.

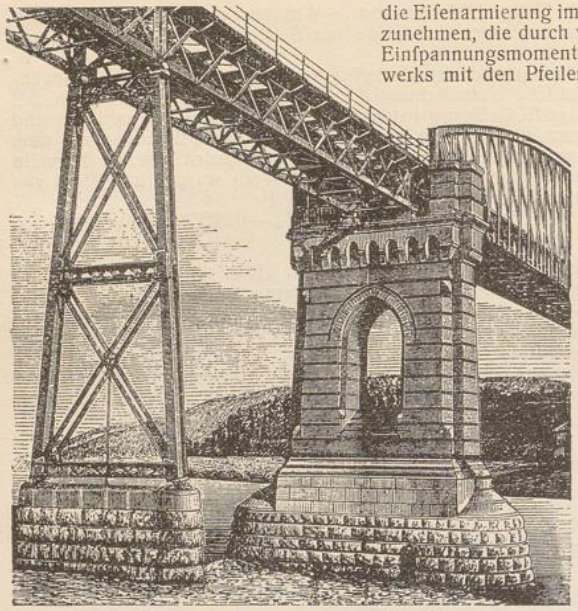


Fig. 5. Brücke über den Minnesund bei Minne.

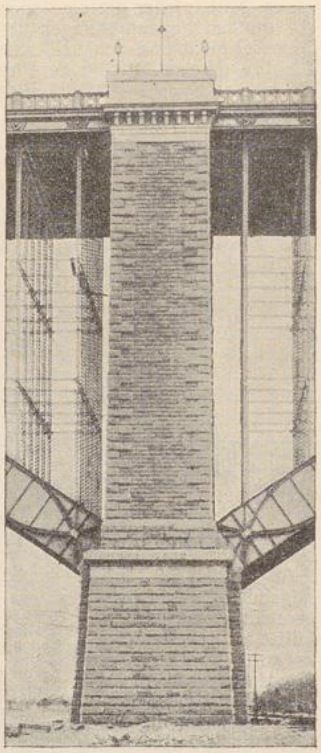


Fig. 6. Mittelpfeiler der Washingtonbrücke in New York. Spannweite 157 m, Höhe 46 m.

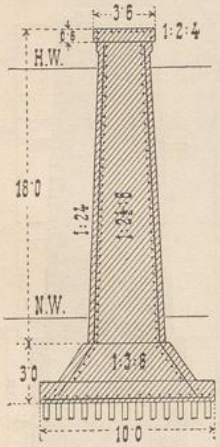


Fig. 7.

Fig. 7 zeigt als Beispiel einen Pfeiler der Eisenbahnbrücke über den Tennesseefluß bei Gilbertsville [7], der Oeffnungen von 91,4 m Weite trennt. Dieser hat an den Seitenflächen netzförmige Armierung aus 22 mm Rundeisen, die in 60 cm Abstand liegen. Bei Bogenbrücken mit Rippenträgern nach Hennebique wurden auch die Pfeiler und Widerlager in armierte Rippen aufgelöst, zwischen welchen zur Belastung Füllmaterial eingebracht ist (Brücke über die Vienne zu Châtellerault) [8]. Kleinere Betonbalkenbrücken erhielten in einigen Fällen jochförmige Pfeiler aus Eisenbetonständern oder bockförmige Joche [8]. Ueber Aufbauten oberhalb der Brückenbahn s. Brückenportale.

Literatur: [1] Engineering 1869. — [2] Ebend. 1872. — [3] Allgem. Bauztg. 1890, Heft 9—11; ferner Engineering 1890. — [4] Engineering 1872, und 1873; ferner Zeitschr. d. Oesterr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1874 und 1877. — [5] Engineerung 1870 und 1871; Zeitschr. d. Oesterr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1874. — [6] Zeitschr. d. Oesterr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1890, 1. Heft; ferner die allgemeinen Werke über Brückenbau. — [7] Engineering Record 1905. — [8] Handbuch für Eisenbetonbau, herausgegeben von Emperger, Bd. 3, 1. Teil, Berlin 1907.

b) **Hölzerne Pfeiler** oder Joche finden bei hölzernen Brückenüberbauten Anwendung, ausnahmsweise sind in einigen Fällen auch eiserne Ueberbauten auf hölzernen Zwischenjochen errichtet worden (Savebrücke bei Brod). Die Hauptteile eines hölzernen Joches sind die Jochpfähle, -ständer oder -piloten, die entweder eingerammt oder auf eine Grundschwelle aufgesetzt werden. Bei niedriger Höhe und geringer Belastung genügt eine Pfahlreihe, auf welche die Kron- oder Jochschwelle *a*, auch Holm oder Kappholz genannt, aufgezapft wird (vgl. Fig. 8). Auf letzterer sind die Brückenträger gelagert. Joche mit doppelten Pfahlreihen, sogenannte Doppeljoche, werden bei größerer Belastung oder dort angewendet, wo eine größere Stabilität gegen Kräfte, die in der Längsrichtung der Brücke wirken, erfordert wird. Die Pfähle dieser Doppeljoche werden entweder (bei Straßenbrücken zumeist) lotrecht gestellt oder (bei Eisenbahnbrücken) zur Erhöhung der Stabilität des Joches

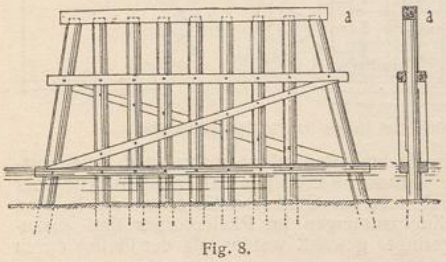


Fig. 8.

gegen Längskräfte fchräg unter einer Neigung von $^1/_{15}$—$^1/_{10}$ angeordnet (Fig. 9). Gewöhnlich werden dann auch zwei Jochholme angebracht, die mit den Pfählen direkt verzapft oder auf Kapphölzer gelegt werden, die jedes Paar Pfähle miteinander verbinden. Stark belaftete Joche, welche die Mittelpfeiler größerer Spannweiten bilden oder bei Sprengwerksbrücken größere Horizontalkräfte aufzunehmen haben, wird man aus drei oder vier Pfahlreihen bilden, von denen die äußeren wieder fchief angeordnet werden (Fig 10). Um dem Joche auch quer zur Brückenachfe einen größeren Widerftand gegen Horizontalkräfte (Wind, Stoß des Waffers und Eifes fowie Seitenfchwankungen der Fahrzeuge) zu geben, werden die vorderften Pfähle fchief gefetzt und zuweilen auch noch in der Mitte folche Strebepfähle angeordnet. Bei ftarken Eisgängen ift es nötig, ftromaufwärts mehrere Strebepfähle hintereinander zu fchlagen oder den Jochen befondere Eisbrecher vorzubauen. Ueber dem Waffer fpiegel werden die in einer Reihe ftehenden Jochpfähle durch feitlich angefchraubte horizontale Hölzer, fogenannte Gurten oder Zangen, verbunden. Zuweilen werden zur weiteren Verfteifung des Joches zwifchen den Gurten noch fchräge Streben angebracht. Stromjoche erhalten gewöhnlich innerhalb der Spiegel des Nieder- und Hochwaffers eine Verfchalung aus Bohlen oder Halbhölzern, die an die Pfähle genagelt oder gefchraubt werden. Wegen des leichteren Austrocknens des Holzwerks ift den Schalhölzern ein größerer Zwifchenraum zu geben. Bei Jochen, die im Waffer ftehen, werden die Pfähle immer gerammt; Pfeilern im Trockenen gibt man, falls fie mehr den Charakter von definitiven Konftruktionen tragen, am beften einen gemauerten Sockel, da eingerammte Pfähle leicht abfaulen. Die Jochftänder werden dann in eine auf den Sockel aufgelegte Grundfchwelle eingezapft. Bei mehr proviforifchen Bauten und feftem Untergrund kann die Grundfchwelle auch unmittelbar auf den geebneten und abgeräumten Boden gelegt werden. Häufig werden eingerammte Joche aus zwei Teilen, dem Grundjoch und dem Oberjoch oder aufgefetzten Joch, gebildet. Bei Jochhöhen über 7 m wird diefe Konftruktion wegen der für ein einteiliges Joch nicht ausreichenden Pfahllänge gewählt; fonft kann aber auch der Umftand dafür maßgebend fein, daß der beftändig unter Waffer befindliche Jochteil länger in gutem Zuftande bleibt als das abwechfelnder Näffe und Trockenheit ausgefetzte und daher eher einer Erneuerung bedürftige Holzwerk der Jochftänder. Man hat daher eine Trennung in Niederwafferhöhe vorgenommen und das Grundjoch aus fenkrecht gerammten Pfählen gebildet, die mit den Ständern des aufgefetzten Joches durch Gurthölzer und Zangen gut zu verbinden find, fo daß weder eine Längs- noch eine Querverfchiebung der beiden Jochteile eintreten kann. Gegen ftarke Eisgänge find folche aufgefetzte Joche allerdings weniger widerftandsfähig als einteilige Joche. Die Stärke und die Anzahl der Pfähle eines bloß lotrecht belafteten Joches ift zunächft mit Rückficht auf die Tragfähigkeit des Untergrundes zu bemeffen. Das Schlagen von Probepiloten gibt Auffchluß darüber, welche Belaftung einem Pfahle entfprechend feinem Eindringen bei den letzten Rammfchlägen auferlegt werden kann (f. die betreffenden Formeln unter Pfähle). Dann find aber auch die über dem Boden freiftehenden Jochpfähle auf Knickung zu berechnen, wobei eingerammte Pfähle mit dem unteren Ende als eingefpannt angefehen werden können, fo daß für die Knicklänge 0,7 der Jochhöhe einzufetzen ift. Für die Pfeiler der Sprengwerksbrücken ift die eine angrenzende Oeffnung belaftet, die andre unbelaftet anzunehmen. Die Refultierende der fchiefen Strebenkräfte gibt die auf das Joch einwirkende äußere Kraft, aus deren Richtung und Größe wieder die Beanfpruchung der Jochpfähle abzuleiten ift.

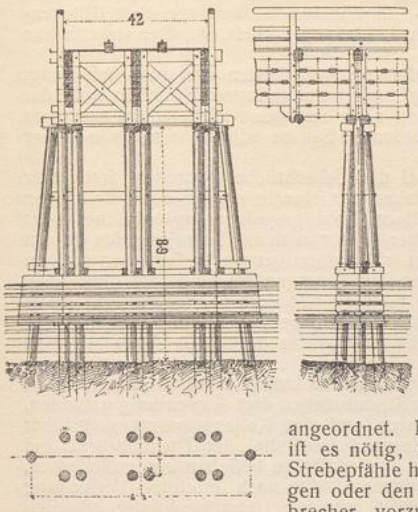


Fig. 9.

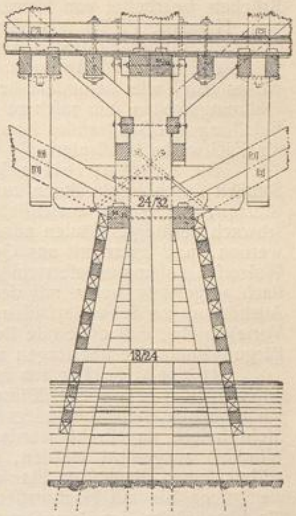


Fig. 10.

Hohe Pfeiler, für deren Jochftänder die einfache Länge der vorhandenen Hölzer nicht ausreicht, können auf zweierlei Art konftruiert werden. Entweder ordnet man gewöhnliche einfache Joche an, die untereinander, an den Stoßftellen der Jochftänder, verbunden und dadurch gegen Ausknicken gefichert werden, oder man führt freiftehende Gitterpfeiler aus, die nach Art der eifernen Gitterpfeiler die nötige Steifigkeit durch Anordnung von Gitterwerk zwifchen den Jochftändern erhalten. Die erfte Anordnung entfpricht den fogenannten Gerüftbrücken (f. d.); die Joche ftehen ziemlich nahe (6—8 m), um eine Verbindung möglich zu machen, die durch horizontale Gurthölzer und in einzelnen Feldern auch durch diagonale Verftrebungen zwifchen den Jochen bewirkt wird. Hölzerne Gitterpfeiler, welche die Anordnung größerer Spannweiten vorausfetzen, find nur in einigen wenigen Fällen zur Anwendung gekommen (alte Brücke über

den Mſta auf der Moskau—Petersburger Bahn). Heute wird man kaum daran denken, größere Viadukte im Charakter definitiver Bauten ganz aus Holz zu konſtruieren; es wird ſich ſonach nur um hölzerne Proviſorien handeln, für welche die Form der Gerüſtbrücken die zweckmäßigſte iſt.

Literatur: [1] Handbuch der Ing.-Wiſſenſch., Bd. 2, Brückenbau, 1. Abt., 4. Kap., Hölzerne Brücken, bearbeitet von Heinzerling, Leipzig 1886. — [2] Winkler, E., Vorträge über Brückenbau; Hölzerne Pfeiler (als Manuſkript gedruckt), Wien 1872. — [3] Ritter, W., Der Brückenbau in den Vereinigten Staaten Amerikas, Bern 1894.

c) **Eiſerne Pfeiler** gelangen bei Brücken an Stelle von Steinpfeilern dort zur Ausführung, wo es ſich, wie beſonders bei Stadtbahnbrücken, entweder um geringere Einſchränkung der Oeffnungsweiten, um raſchere und billigere Ausführung oder bei hohen Pfeilern um geringere Belaſtung des Baugrundes handelt. Niedere Pfeiler werden als Säulen oder Röhren, hohe Pfeiler als Fachwerke konſtruiert.

Die Säulenpfeiler kommen vornehmlich bei der Ueberbrückung breiter, frequenter Straßen durch Hochbahnen zur Anwendung. Sie beſtehen aus einzelnen oder einer Reihe von Stützen, die früher ausſchließlich aus Gußeiſen in Form hohl gegoſſener zylindriſcher oder ſchwach verjüngter Säulen ausgeführt wurden, jetzt aber häufig auch aus Schmiedeeiſen gebaut werden, und zwar mit aus Quadranteiſen gebildetem röhrenförmigem oder ſonſt aus anderm Walzeiſen zuſammengeſetztem Querſchnitt. Die älteren Ausführungen zeigen ferner durchwegs flach aufgeſetzte bezw. mit dem Unterbau verankerte Säulen, während in neuerer Zeit deren Ausbildung zu Scharnierſäulen, unter Anwendung ſphäriſcher Lager, die übliche iſt und den Vorteil bietet, daß die Säule ſtets zentriſch belaſtet wird und auf ſie durch den Ueberbau keine Biegungsmomente übertragen werden.

Röhrenpfeiler aus zwei, höchſtens drei zumeiſt mittels Luftdruckgründung verſenkter, untereinander gekuppelter Röhren beſtehend, haben für Strombrücken dort Anwendung gefunden, wo Eisgänge nicht beſonders gefährlich werden konnten und eine Koſtenerſparnis gegenüber Steinpfeilern angeſtrebt wurde. Sie ſind zuerſt in England (1849 bei der Themſebrücke bei Windſor) ausgeführt worden, und die zumeiſt 2—3 m weiten Rohre beſtehen aus gußeiſernen, mittels innen liegender Flanſchen verſchraubten Trommeln, die nach erfolgter Verſenkung wenigſtens bis auf Hochwaſſerhöhe mit Beton ausgefüllt wurden. Derartige Pfeiler erhielten die Ebrobrücke der Pampelona—Saragoſſa-Bahn, die Seinebrücke bei Argenteuil, die Allièrebrücken bei St. Germain und bei Moulins, die Theißbrücke bei Szegedin, die Garonnebrücke bei Bordeaux, die Niemenbrücke bei Kowno u. a. Später hat man in einigen Fällen (Brücke über den Guadalquivir der Cordoba—Sevilla-Bahn) die Röhren auch aus Schmiedeeiſen hergeſtellt und dadurch jedenfalls widerſtandsfähigere Bauwerke geſchaffen. Im allgemeinen wird jetzt dieſe Pfeilerkonſtruktion nur noch ſelten angewendet; ein neueres Beiſpiel iſt die neue Taybrücke, deren Pfeiler über Hochwaſſer aus achteckigen aus Blechen und Formeiſen zuſammengeſetzten, oben bogenförmig verbundenen Röhren beſtehen.

Eine weitere Gruppe der eiſernen Pfeiler kann man als Piloten- oder Jochpfeiler bezeichnen. Sie beſtehen aus in den Boden eingeſchraubten gußeiſernen oder eingerammten ſchmiedeeiſernen Pfählen, die ganz nach Art der Pfähle eines Holzjoches reihenförmig angeordnet und untereinander durch Kreuzverſtrebung verbunden ſind [8]. Für leichte Brücken kleinerer Spannweite, geringe Waſſertiefen und leichten Boden erweiſt ſich die Anordnung eingeſchraubter oder gerammter ſchmiedeeiſerner Joche aus ⊢⊣-Pfählen nicht unzweckmäßig, jedenfalls hat ſie den Vorteil der Billigkeit.

Höhere Pfeiler, wie ſie bei Talbrücken vorkommen, werden bei Ausführung in Eiſen als auf einem gemauerten Unterbau aufgeſetzte Fachwerke konſtruiert. Je nach ihrer Anordnung laſſen ſich Turm- oder Gitter-, Pendel- und Gerüſtpfeiler unterſcheiden.

Die eiſernen Turmpfeiler haben ihre Vorläufer an den ganz aus Gußeiſen aufgeführten Pfeilern (Pylonen) mehrerer Kettenbrücken, ſo der Maasbrücke bei Seraing u. a. Die erſten turmartigen, aus verſtrebten Ständern gebildeten Pfeiler wurden von Liddle und Gordon beim Crumlinviadukte 1853 zur Ausführung gebracht. In den folgenden Jahren kamen durch Nördling im Zuge der Orleansbahn eine Anzahl großer Viadukte, ſämtlich mit eiſernen Gitterpfeilern, zur Erbauung. Die Pfeiler dieſer franzöſiſchen Viadukte haben Pyramiden- oder Obeliskform und beſtehen aus gußeiſernen röhrenförmigen Ständern, die durch horizontale Riegel und Diagonalkreuze aus Schmiedeeiſen miteinander verbunden ſind. Bei den zuerſt erbauten Viadukten (über die Cère und Creuſe) enthalten die Pfeiler ſechs und acht ſolche Ständer, bei den ſpäter erbauten Viadukten (Bouble, Sioule, Bellon, Neuvial) ſind die Pfeiler nur aus vier Ständern zuſammengeſetzt. Nach dieſen franzöſiſchen Muſtern wurden Ende der ſechziger und Anfang der ſiebziger Jahre auch anderwärts eiſerne Gitterpfeiler zur Ausführung gebracht, ſo in Spanien, Italien, in Oeſterreich beim Iglawa- und Weißenbachviadukt. Auch in Amerika war der eiſerne Pfeilerbau aufgegriffen und übereinſtimmend mit der amerikaniſchen Konſtruktionsweiſe ausgebildet worden. Schon die erſten Ausführungen zeigen jedoch gegenüber den europäiſchen Beiſpielen eine weſentliche und wichtige Neuerung, nämlich den gänzlichen Ausſchluß des Gußeiſens, indem auch für die Ständer nur Schmiedeeiſen zur Verwendung gelangte. Anfänglich wurde hierfür die Röhrenform beibehalten und dieſelbe aus Quadrant- oder Sextanteiſen gebildet. Später, ſo bei dem 1877 erbauten Kentucky-River-Viadukt und bei zahlreichen andern Viadukten mit Eiſenpfeilern, wählte man für die Ständer eine aus Winkeleiſen und Blechen gebildete Kaſtenform. Seit dem Ende der ſiebziger Jahre ſind auch die in Europa erbauten eiſernen Viaduktpfeiler ganz aus Schmiedeeiſen errichtet worden, und hierfür ſprachen in erſter Linie dieſelben Gründe, welche auch bei den Brückenüberbauten zum gänzlichen Ausſchluß des Gußeiſens geführt hatten. Beiſpiele dieſer neueren Ausführungen ſind in Deutſchland der Viadukt bei Angelrode auf der Linie Arnſtadt—Ilmenau und der Niddaviadukt zu

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Aſſenheim, in Frankreich der Viadukt über die Siagne, in der Schweiz die 1875/77 erbauten Viadukte der Schweizeriſchen Nordoſtbahn, und zwar der Thurviadukt bei Oſſingen, die Rheinbrücke bei Stein, der Reußviadukt bei Mellingen und die Guggilochbrücke der Toggenburger Bahn. In Oeſterreich wurden 1892 an dem Iglawaviadukt der Oeſterreichiſch-ungariſchen Staatsbahn die urſprünglich mit Gußeiſenſtändern ausgeführten Gitterpfeiler durch ganz aus Schmiedeeiſen hergeſtellte Pfeiler erſetzt (Fig. 11). Eines der höchſten Bauwerke dieſer Art iſt der ſchon obenerwähnte Kentuckyviadukt der Cincinnatiſüdbahn mit eiſernen Turmpfeilern von 52,9 m Höhe auf 20 m hohen Steinſockeln; er wird aber an Höhe noch übertroffen von dem Mallecoviadukt in Chile mit eiſernen Turmpfeilern von 43,7—75,7 m Höhe. In Verbindung mit Bogenträgern ſind eiſerne Gitterpfeiler bei der Dourobrücke bei Oporto, beim Garabitviadukt und beim Wupperviadukt zur Anwendung gekommen, in der Art, daß hier der Ueberbau einer großen Mittelöffnung mittels eiſerner Gitterpfeiler auf einen dieſe Oeffnung überſpannenden Fachwerksbogen geſtützt iſt. — Die vier Eckſtänder der Turmpfeiler werden nach außen geneigt, ſo daß die Form einer abgeſtutzten Pyramide oder eines Obelisken entſteht. Gewöhnlich iſt die Neigung ſenkrecht zur Brückenachſe größer als nach der Längsachſe und wird die Baſisbreite nach Möglichkeit ſo groß gewählt, daß auf den Pfeilerſockel keine oder nur geringe Zugkräfte durch die Verankerung der Ständer übertragen werden.

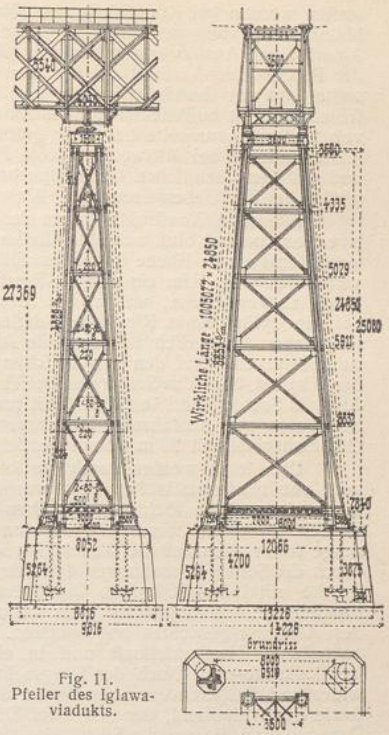


Fig. 11.
Pfeiler des Iglawaviadukts.

Die Gerüſtpfeiler ſind eine beſondere Ausbildung der Turmpfeiler, welche insbeſondere in Amerika, in neuerer Zeit aber auch bei uns Anwendung gefunden hat. Die vier einen Pfeiler zuſammenſetzenden Ständer ſtehen in zwei parallelen lotrechten und zur Brückenlängsachſe ſenkrechten Ebenen und ſind untereinander wieder durch Horizontalriegel und Diagonalkreuze verbunden. Quer zur Brückenachſe ſind die Ständer geneigt, dagegen unterſcheiden ſich die Gerüſtpfeiler von den obeliskartigen Turmpfeilern dadurch, daß ſie in der Richtung der Brückenlängsachſe breiter ſind, nach oben keine Verjüngung haben, daher den Ueberbau nicht bloß in einem Punkte ſtützen, ſondern einer überſpannenden Tragkonſtruktion bedürfen. Die Ständer des Pfeilers ſind ferner nicht wie dort auf einen zuſammenhängenden Sockel geſtellt, ſondern auf getrennte Mauerkörper, wobei ſie bei abfallendem Terrain auch verſchieden hoch ſein können. Die Spann-

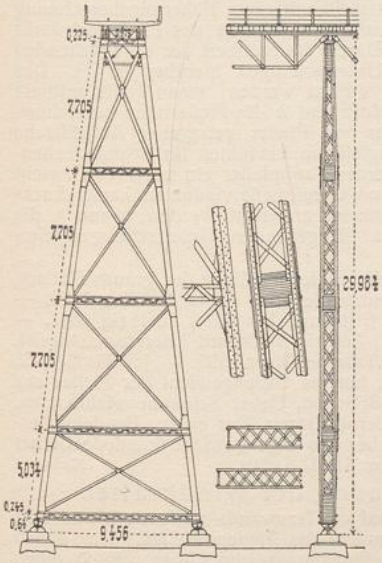


Fig. 13. Viadukt über das Solbergtal.

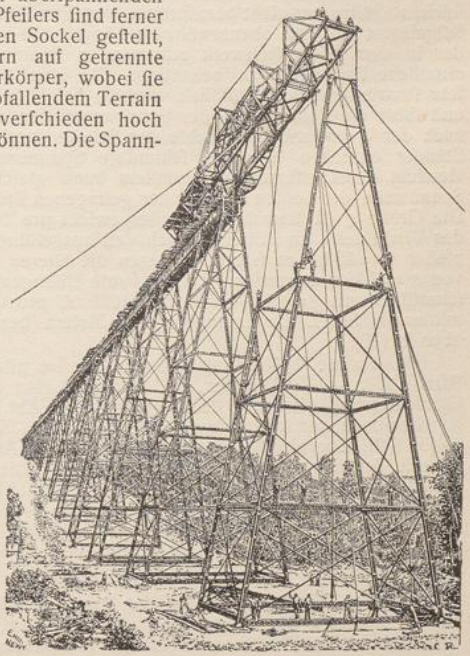


Fig. 12. Panther-Creek-Viadukt, Pennſylvanien.

weiten werden bei Anordnung von Gerüſtpfeilern, dem leichteren Pfeilerbau entſprechend, verhältnismäßig klein gewählt. In großer Zahl ſind ſolche eiſerne Gerüſtbrücken (trestleworks) in Amerika zur Ausführung gekommen (Fig. 12); eines der bedeutendſten Bauwerke dieſer Art iſt der Peccos-River-Viadukt auf der Southern Pacificeiſenbahn mit Feldern von 11—20 m Spannweite und mit Gerüſtpfeilern bis zu 100 m Höhe; ferner der Viadukt über den Loafluß in der ſchmalſpurigen boliviſchen Andenbahn mit Gerüſtpfeilern von 9,75 m Breite und Zwiſchenfeldern von 24,4 m Spannweite bei einer größten Höhe von 102 m. In Deutſchland beſtehen Gerüſtpfeilerviadukte bei Mittweida (größte Pfeilerhöhe 30,6 m, Spannweite der Zwiſchenfelder 25 m) und auf der ſächſiſchen Schmalſpurbahn Saupersdorf—Wölzſchhaus; auch gelangten Gerüſtpfeiler bei der Ueberſetzung des Wuppertales bei Müngſten zur Ausführung.

Die dritte Konſtruktionsform der eiſernen Fachwerkspfeiler, die Wand- oder Pendelpfeiler, beſteht bloß aus einer Reihe, meiſt nur zwei, in einer lotrechten und zur Brückenachſe ſenkrechten Ebene ſtehenden Stützen, die untereinander wieder durch eine Ausfachung verbunden ſind. Um eine ungünſtige Beanſpruchung durch in der Brückenlängsachſe wirkende Kräfte zu verhindern, müſſen die Ständer gelenkförmig gelagert werden, und zwar entweder auf ein zylindriſches Kipplager, deſſen Achſe ſenkrecht zur Brückenachſe ſteht, oder auf ein Kugellager. Natürlich iſt auch die Auflagerung der Träger auf den Pfeilern mit Kipplagern durchzuführen. Auf den norwegiſchen Staatsbahnen beſtehen mehrere derartige Bauwerke, ſo der Viadukt über das Solbergtal bei Thomter (Fig. 13), der Lyſedal-, Barug- und Haabölviadukt. Auch in Sachſen ſind in letzter Zeit mehrere Viadukte mit Pendelpfeilern auf den neuen Staatsbahnlinien zur Ausführung gekommen; der bedeutendſte darunter iſt der Viadukt über das Oſchützbachtal mit 20 m hohen Pendelpfeilern.

Die Pfeiler werden durch die lotrechten Drücke des aufgelagerten Ueberbaues, dann aber auch von Horizontalkräften beanſprucht, welche im allgemeinen ſowohl ſenkrecht zur Brückenachſe als auch in Richtung derſelben wirken. Die quer zur Brückenachſe gerichteten Kräfte werden durch den Winddruck auf den Ueberbau und die auf der Brücke befindlichen Fahrzeuge ſowie auch auf die Anſichtsfläche des Pfeilers, weiters aber auch bei Eiſenbahnbrücken durch die Seitenſchwankungen der Fahrzeuge hervorgerufen. Der Winddruck wird bei belaſteter Brücke mit 150—170 kg pro Quadratmeter Anprallfläche eingeführt und zur Berückſichtigung der Seitenſchwankungen an jeder Lokomotivachſe eine Horizontalkraft von etwa einem Siebtel des Adhäſionsgewichtes angenommen. Dieſe Kräfte ſetzen ſich in eine an der Pfeilerkrone angreifende Horizontalkraft und in ein Paar in den Auflagern des Ueberbaues wirkender Vertikalkräfte um. Nach der Längsachſe der Brücke übertragen ſich auf den Pfeiler der Zugswiderſtand, insbeſondere aber Kräfte, die bei einem etwaigen Bremſen der Fahrzeuge auftreten, ſowie der Widerſtand, der ſich einer Dilatation des Ueberbaues in den Auflagern entgegenſtellt. Dagegen ſind die auf die Stirnfläche des Zuges und der Tragkonſtruktion ſowie die Seitenfläche der Pfeiler geäußerten Winddrücke meiſt geringfügig. Aber auch die von der Zugsbewegung und der Temperaturwirkung herrührenden Längskräfte ſind in ihrer Größe durch den Bewegungswiderſtand der Auflager des Ueberbaues begrenzt. Bei Anwendung von beweglichen Lagern ſind ſonach von den Pfeilern nur kleine Längskräfte aufzunehmen, Pendelpfeiler werden von ſolchen Kräften gar nicht beanſprucht, dagegen ſind bei jenen Pfeilern, auf welche der Ueberbau feſtgelagert iſt, die obenerwähnten Längskräfte wohl zu berückſichtigen. Für die Ermittlung der in dem Pfeilerfachwerk auftretenden Spannungen ſind die Turm- und Gerüſtpfeiler als räumliche Fachwerke zu behandeln. Da aber bei ſtatiſcher Unbeſtimmtheit die Unterſuchung ſehr ſchwierig und umſtändlich wird, ſo behilft man ſich meiſt mit einer Näherungsberechnung und führt die Beſtimmung der Spannungen für die ebenen Projektionen des Pfeilerfachwerks nach der Quer- und Längsachſe der Brücke durch [6]. Durch die Steifheit der durchgehenden Ständer entſtehen überdies ſekundäre Spannungen. Unterſuchungen hierüber in [7]. Das Gewicht eines eiſernen Turmpfeilers kann gleich $g\,l\,h$ geſetzt werden, wenn l die mittlere Spannweite der beiden vom Pfeiler getragenen Brückenfelder und h die Pfeilerhöhe bezeichnet. Die Größe g iſt ſonach das Pfeilergewicht pro 1 qm der vom Pfeiler getragenen Aufrißfläche des Viaduktes. Im Mittel iſt nach den ausgeführten eingleiſigen Viadukten für Schmiedeeiſenpfeiler $g = 45$ kg zu ſetzen, wogegen die älteren gußeiſernen Turmpfeiler ein mittleres Gewicht von $g = 70$ kg aufweiſen. Das geſamte Eiſengewicht von Gerüſtpfeilerviadukten kann durchſchnittlich mit $g = 30 + 1000 : h - 1000 : L$ pro Quadratmeter angeſetzt werden, wenn h die mittlere Höhe, L die Geſamtlänge in Metern bezeichnet. Eingehendere Unterſuchungen hierüber in [10].

Literatur: [1] Nördling, Mémoire sur les piles en charpente métallique des grands viaducs, Paris 1864. — [2] Winkler, E., Vorträge über Brückenbau (eiſerne Pfeiler), Wien 1872. — [3] Heinzerling, Brücken der Gegenwart, 1. Abt., Heft 6 (eiſerne Viadukte), Leipzig 1887. — [4] Handbuch der Ingenieurwiſſ., Bd. 2, 5. Abt., Kap. 15, Leipzig 1889 (mit Literaturnachweis). — [5] Röll, Encyklopädie des Eiſenbahnweſens, Artikel Viadukte, Wien 1895. — [6] Winkler, E., Theorie der Gitterpfeiler, Wien 1872. — [7] Allievi, L., Inneres Gleichgewicht der Pfeiler aus Metallkonſtruktion, deutſch von R. Totz, Wien 1888. — [8] Schön, Ueber Schraubenpfahlbauten, Zeitſchr. d. Oeſterr. Ingen. u. Arch.-Ver., 1888. — [9] Preßler u. Krüger, Der eiſerne Pendelpfeilerviadukt bei Weida, Civil-Ing. 1887. — [10] Engeſſer, Ueber das Eigengewicht ſchmiedeeiſerner Brückenpfeiler, Zeitſchr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1894, S. 319. *Melan.*

Pfeiler, eiſerne (graphiſche Berechnung der Windkräfte).

Es ſei (Fig. 1) W_1 der auf den Bahnzug, W_2 der auf die Tragwände treffende Winddruck; W_3 bis W_7 ſeien die Winddrücke, die auf die Knotenpunkte des Pfeilers treffen. Um die in den Stäben des Pfeilers auftretenden Windkräfte zu beſtimmen, zeichnet man (Fig. 2) einen Cremonaſchen Kräfteplan (ſ. d.). Dabei betrachtet man die nach rechts fallenden Dia-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

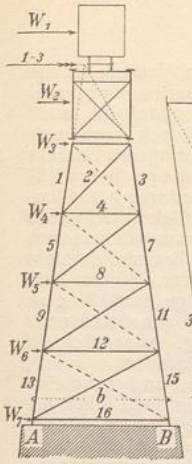


Fig. 1.

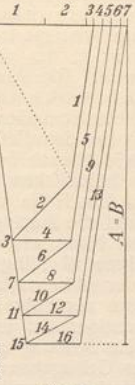


Fig. 2.

gonalen als Gegenſtreben, d. h. als nicht vorhanden. Man ſetzt zuerſt die Kräfte W_1 bis W_3 zu einer Mittelkraft zuſammen und zerlegt dieſe nach dem Culmannſchen Verfahren (ſ. d.) in die drei Stabkräfte 1, 2 und 3. Dann ſtellt man für den unteren Endpunkt des Stabes 1 Gleichgewicht her, indem man für die daſelbſt zuſammentreffenden Kräfte 1, 2, 4, 5 und W_4 ein geſchloſſenes Krafteck zeichnet; dadurch bekommt man die Größe von 4 und 5. Hierauf bringt man die am unteren Ende des Stabes 3 zuſammentreffenden Kräfte zum Gleichgewicht und findet dabei die Kräfte 6 und 7. So fährt man fort, bis man bei der Kraft 16 anlangt. Die Geſamthöhe der Figur ſtellt dann den lotrechten Druck dar, den der Wind in B auf das Mauerwerk ausübt; er iſt gleich groß wie die Zugkraft, die im Punkte A auf das Mauerwerk ausgeübt wird. Erſterer wird zu dem Druck, den die Vertikalbelaſtung des Pfeilers erzeugt, hinzugefügt, letztere davon abgezogen. Iſt A größer als die Wirkung der vertikalen Laſten, ſo muß der Pfeiler unbedingt verankert werden. Als Probe für die Richtigkeit des Kräfteplans kann gelten, wenn das ſtatiſche Moment ſämtlicher Winddrücke, bezogen auf den Pfeilerfuß, gleich iſt der Kraft A, multipliziert mit der Breite b des Pfeilerfußes.

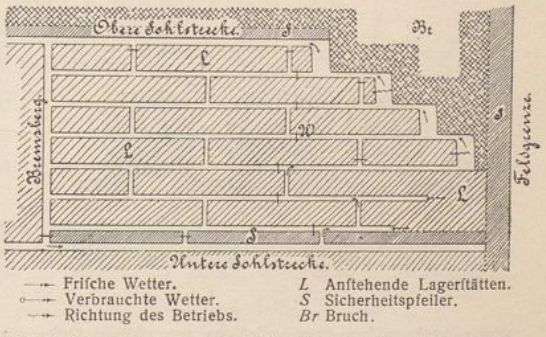
Literatur: Handbuch der Ingenieurwiſſenſchaften, Bd. 6, 3. Aufl., 15. Kap.: Die eiſernen Brückenpfeiler von G. Mantel.

Mörſch.

Pfeilerbau, Abbaumethode (ſ. Abbau) für reine Kohlenflöze, bei welcher das Flöz durch Auffahrung von Strecken in für den Abbau geeignete kleinere Abſchnitte, Pfeiler genannt, geteilt wird.

Das Hangende wird eine Zeitlang zum Schutze der Arbeiter durch Zimmerung unterſtützt; an dem benachbarten Bruche werden beſondere Bruchſtempel geſtellt. Mit dem Vorrücken des Abbaues wird die Zimmerung allmählich herausgenommen (geraubt), und das Hangende bricht nieder. Im Bruche, dem abgebauten Teile des Grubenfeldes, zeigt ſich meiſtens, da das Gebirge in Bewegung gekommen iſt, ſtarker Druck, ſo daß es ſchwer ſein würde, Strecken in demſelben offen zu erhalten. Die Beſchaffenheit des Bruches hängt von der Natur der hangenden Geſteine ab; tonige Geſteine ſetzen ſich gewöhnlich bald feſt zuſammen, dagegen bilden Sandſteine, Konglomerate u. ſ. w. in der Regel einen grobſtückigen Bruch, in dem ſich oft jahrelang ein Syſtem von Hohlräumen offen erhält. Derartiger Bruch kann namentlich dann, wenn unreine Kohlenſchichten mit niedergebrochen ſind, dadurch gefährlich werden, daß ſich ſchädliche Gaſe, Kohlenſäure oder Schlagwetter (Methan) bilden, ja er kann auch zu Grubenbrand Veranlaſſung geben. Deshalb führt man den Pfeilerbau immer derart aus, daß man von den Schächten aus Strecken bis an die Feldgrenzen auffährt und von dort aus rückwärts zum Schachte abbaut (Pfeilerrückbau). Wollte man vom Schachte nach den Feldgrenzen zu abbauen, ſo würde ſich zwiſchen den Abbaufeldern und dem Schachte der Bruch befinden und zu vielerlei Störung des Betriebes Veranlaſſung geben.

Die Vorrichtung für die am häufigſten angewendete Methode, den ſtreichenden Pfeilerbau (ſ. die Figur), findet in der Weiſe ſtatt, daß durch zwei Streichſtrecken (obere und untere Sohlſtrecke) und durch eine als Bremsberg (ſ. Bremsbergförderung) einzurichtende Fallſtrecke ein größeres Abbaufeld von etwa 100—300 m ſtreichender Länge und 60—100 m flacher Höhe abgeteilt wird. Vom Bremsberge aus werden in Abſtänden von etwa 10 m ſtreichende Abbauſtrecken aufgefahren, und zwar beginnt man mit denjenigen, die der oberen Sohlſtrecke am nächſten liegen. Iſt die andre Grenze des Abbaufeldes, die in dieſem Falle durch den Grenzſicherheitspfeiler S gebildet wird, erreicht, ſo beginnt rückwärts, d. h. nach dem Bremsberge zu, der Abbau der zwiſchen den Abbauſtrecken belaſſenen Kohlenſtreifen (Pfeiler). Der Sicherheitspfeiler S an der oberen Sohlſtrecke wird mitgewonnen und dieſe ſelbſt zu Bruche gebaut, während an der unteren Sohlſtrecke zu deren Erhaltung ein Sicherheitspfeiler belaſſen wird. Schwebende Durchhiebe und eingebaute Wettertüren W regeln die Wetterführung; die friſchen Wetter ſtrömen auf der unteren Sohlſtrecke zu, werden ſteigend an den Betriebspunkten entlang geführt und verlaſſen auf der oberen Sohlſtrecke das Abbaufeld. Die Förderung findet auf den Abbauſtrecken ſöhlig bis zum Bremsberge ſtatt, auf dieſem abwärts bis zur unteren Grundſtrecke und auf dieſer wiederum ſöhlig bis zum Schachte. — Je nach der Lage der Abbauſtrecken in der Ebene der Lagerſtätte unterſcheidet man den eben beſchriebenen ſtreichenden Pfeilerbau und, nur bei ſehr flacher Lagerung und Abweſenheit von Schlagwettern angewendet, den ſchwebenden und diagonalen Pfeilerbau. Außerdem richtet ſich die Ausführung des Pfeilerbaues im einzelnen beſonders nach der Mächtigkeit der



Lagerstätte und nach der Beschaffenheit des Hangenden. — Die beschriebene Methode ist die beim Abbau der Steinkohlenflöze übliche. Beim Abbau der Braunkohle wird, weil deren Wert ein erheblich geringerer ist und das hangende Gebirge weniger tragfähig ist, auch wohl Wasser führt, meistens ein etwas andres Verfahren angewendet, das jedoch auch zum Pfeilerbruchbau gehört, weil das Hangende zu Bruch gebaut wird. Die Ausführung besteht darin, daß in der Braunkohle von den Strecken aus einzelne Abbaukammern hergestellt werden, zwischen denen zum Tragen des Hangenden bis zur beendeten Gewinnung Kohlenpfeiler verbleiben. Die Abmessungen richten sich besonders nach der Standfestigkeit der Kohle und des Daches. In erdiger Braunkohle nimmt man die Kammern, dort auch Tummel genannt, etwa 4—6 m im Durchmesser und ebenso hoch, in der festeren böhmischen Braunkohle zieht man rechteckige Kammern von etwa 12 × 12 m Grundfläche und 6 m Höhe vor. Kurze Zeit, nachdem die Kohle aus einer solchen Kammer ausgefördert ist und die Zugänge durch Mauern abgesperrt werden, soll das Hangende zu Bruche gehen. In der Nähe wird dann eine neue Kammer angelegt (Kammer- oder Tummelbau). Das Verfahren ist billig, namentlich da wenig Holz zum Abbau nötig ist, aber es entsteht ein bedeutender Abbauverlust.

Der Pfeilerbau hat gewöhnlich eine Senkung der Oberfläche zur Folge, und zwar eine um so bedeutendere, je mächtiger die Lagerstätte ist und je weniger tief sie liegt. Für die Gegenstände an der Erdoberfläche ist es auch wesentlich, ob die Senkung gleichmäßig über größere Flächen erfolgt; dies hängt von der Regelmäßigkeit des Gebirgsbaues und davon ab, ob der Abbau selbst gleichmäßig fortschreitet. Namentlich verursachen zuweilen Verwerfungen in Verbindung mit der Senkung seitliche Verschiebungen der Oberfläche, welche auf Gebäude sehr schädigend einwirken. Sollen Senkungen der Oberfläche zum Schutze von Gebäuden, Flußläufen, Eisenbahnen, Straßen u. s. w. völlig vermieden werden, so müssen entsprechende Teile der Lagerstätte als Sicherheitspfeiler unabgebaut bleiben. Oder man durchfährt die Lagerstätte mit Strecken, die sich rechtwinklig kreuzen und die angenähert quadratische Pfeiler der Lagerstätte zwischen sich stehen lassen (Oerterbau, auch Schachbrettbau). Die Pfeiler sollen dann das Hangende auf die Dauer tragen. Durch Versetzen der abgebauten Räume mit Bergen wird die Senkung der Oberfläche erheblich vermindert. In neuerer Zeit füllt man auch die abgebauten Räume durch Spülversatz so dicht aus, daß die Senkung der Oberfläche nur etwa 5% der Mächtigkeit der Lagerstätte beträgt und außerdem sehr gleichmäßig stattfindet.

Literatur: Die in Bd. 1, S. 696, genannten Werke über allgem. Bergbaukunde. *Treptow.*

Pfeilergründung wird statt voll gemauerter Fundamente angewendet, wenn man an Grundgrabung und an Grundmauerwerk ersparen will.

Statt einer durchgehenden Fundamentmauerung werden auf der tragfähigen Bodenschicht nur einzelne gemauerte Pfeiler, die sogenannten Fundament- oder Grundpfeiler, aufgeführt und diese oben durch Gurtbogen, sogenannte Grundbogen, miteinander verbunden; nach Abgleichung der Bogenzwickel wird das Tagmauerwerk aufgesetzt (Fig. 1). Die Fundamentpfeiler sind sorgfältig aus harten, lagerhaften Bruchsteinen in hydraulischem Mörtel, bei großem Druck ganz aus Quadern oder mit einzelnen Binderscharen zu mauern; hart gebrannte Backsteine sollten nur ausnahmsweise verwendet und dann nur mit Zementmörtel gebunden werden. Der Scheitel der Grundbogen soll stets unter der Erdoberfläche liegen; als Bogenform werden, wo es an Höhe nicht fehlt, am besten Halbkreisbogen gewählt (Fig. 2), sonst nicht zu flache Stichbogen (Fig. 1); die Grundbogen werden am besten aus scharf gebrannten Backsteinen oder aus lagerhaften Bruchsteinen ausgeführt; Quader sind zwar nicht ausgeschlossen, in der Regel aber zu teuer. Bisweilen ist man genötigt, auf einer Bodenschicht zu fundieren, die zwar gleichmäßig tragfähig, aber doch nicht fest genug ist, die von

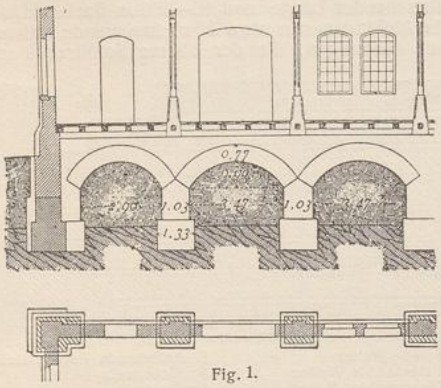


Fig. 1.

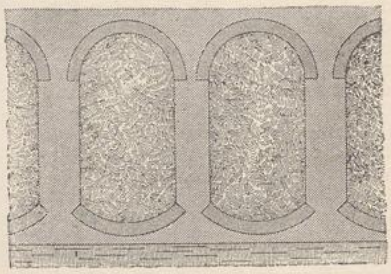


Fig. 2.

den einzelnen Fundamentpfeilern ausgeübten Drücke aufzunehmen. Will man in solchen Fällen die Drücke auch auf die zwischen den Pfeilern gelegenen Baugrundflächen verteilen, so spanne man zwischen den Pfeilern umgekehrte Gurtbogen, sogenannte Erd-, Gegen- oder Konterbogen, ein. Bei großer Gründungstiefe und starkem Wasserandrang werden die Fundamentpfeiler am besten als Brunnenpfeiler ausgeführt. *Schmitt-Darmstadt.*

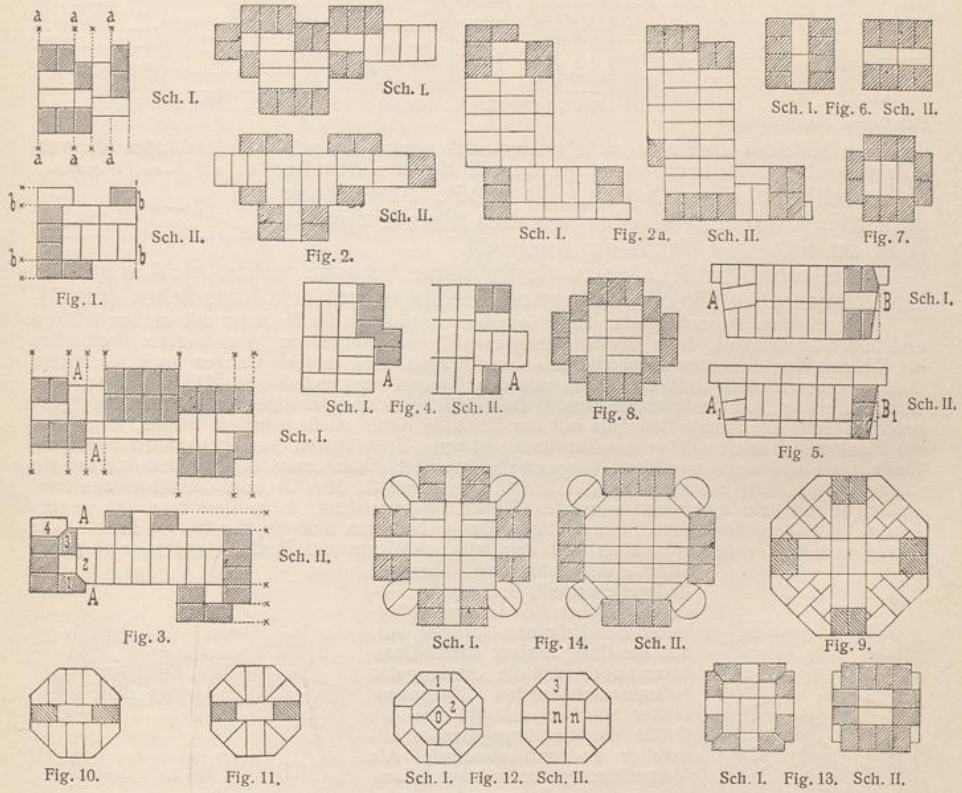
Pfeilermaß, s. Meßwerkzeuge, Bd. 6, S. 399.

Pfeilermomente, auch Stützenmomente, heißen die Biegungsmomente,

die bei einem kontinuierlichen Balken oder Fachwerk über den Zwischenauflagern (Pfeilern) auftreten. (Vgl. Bd. 1, S. 507 ff.) *Mörsch.*

Pfeilerverband bezeichnet den bei solchen Mauerkörpern, welche nach allen Seiten begrenzt sind, erforderlichen Verband, wie dies bei Tür- und Fensterpfeilern und bei Freistützen mit und ohne Vorlagen vorkommt.

Im allgemeinen gelten für solche Mauerkörper, insbesondere für solche aus Quadern, die bei den End- und Eckverbänden (s. d.) besprochenen Regeln. Hat man es mit vielgestaltigen Backsteinmauerkörpern mit rechtwinkligen Ecken zu tun, welche nach den beiden Hauptrichtungen durch halbe Steinlängen teilbar sind, so wird man als zulässige Fugen zunächst in der einen Schicht I (s. Fig. 1) solche *a—a* in den einspringenden Ecken in der einen Richtung, in der darauffolgenden Schicht II die senkrecht dazu stehenden Fugen *b—b* annehmen und die Mauerendigungen jedesmal mit $^3/_4$-Steinen (in der Figur schraffiert angegeben) bewerkstelligen. Fig. 2 und 2a zeigen ähnliche Beispiele. Ist der Mauerkörper in der einen oder andern Richtung nicht durch halbe Steinlängen teilbar, wie z. B. bei *A* in Fig. 3 und 4, so kann man nach Einzeichnen der erforderlichen sich überbindenden Fugen beider Schichten in der einen Schicht (s. Schicht II, Fig. 3) durch Abschrägen der Ecken an den Steinen 1, 2, 3 und 4 einen guten Verband herbeiführen oder wie in Schicht II der Fig. 4 ein Längsquartier einschalten.



Bei stumpf- oder spitzwinkliger Begrenzung kann, wie in Fig. 5 bei *B*, die rechtwinklige Begrenzung ergänzt gedacht werden, worauf nach erfolgter Steineinteilung der ergänzte Teil entfernt wird, oder man kann wie in Fig. 5 bei *A* die Regeln der stumpfwinkligen Ecke befolgen.

Bei Freistützen, welche zu den Symmetrieachsen gleichmäßig ausgebildet sind, wird es in der Regel genügen, den Verband der einen Schicht festzustellen, da die zweite Schicht sich einfach durch Drehung um 90° oder um 45° ergibt. Solche Beispiele zeigen die Fig. 6—8, bezw. 9—11. In Fig. 11 kommen an den Ecken Formsteine zur Verwendung, während Fig. 10 denselben Grundriß mit gewöhnlichen Steinen behandelt. Fig. 12 zeigt die Lösung für denselben Grundriß durch Anwendung dreier Sorten von Formsteinen. Die Steine *o* und *n* sind halbe bezw. ganze Steine gewöhnlichen Formats. Die beiden Schichten in Fig. 13 sind nach der bei Fig. 3 und 4 besprochenen Lösung gebildet, während Fig. 14 die Schichtenbildungen einer Freistütze mit eckigen und runden Vorlagen mit Hilfe runder Formsteine ermöglicht.

Literatur: s. Backsteinverband. *L. v. Willmann.*

Pfeilervorlagen sind Mauerverstärkungen, die entweder in gewissen Abständen, mit verschiedenartig ausgebildetem Querschnitt einer Mauerflucht „vor-

gelegt“ (ſ. Fig. 1 und 2), oder an den Mauerecken zur Erhöhung der Standſicherheit, nach außen oder innen vorſpringend (ſ. Fig. 3 und 4), angebracht werden. Als Regeln für den Verband gelten dieſelben, welche bei den lotrechten Mauerabſchlüſſen (ſ. Endverband), den Maueranſchlüſſen und Durchkreuzungen (ſ. Mauerkreuzung) und den Mauerecken (ſ. Eckverband) beſprochen worden ſind.

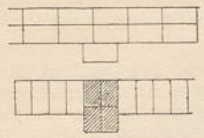
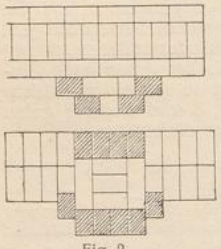
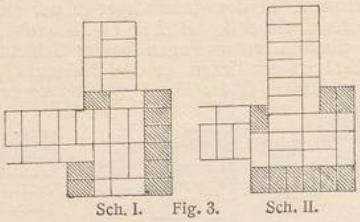
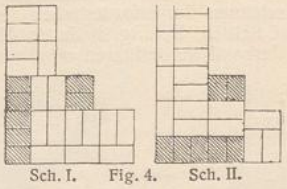


Fig. 1.

Die Fig. 1—4 zeigen die Verbandarten für Backſteinmauerwerk, wobei die erforderlich werdenden $^3/_4$-Steine ſchraffiert angegeben ſind. Für Hauſtein- und Bruchſteinmauerwerk ſind die allgemeinen Verbandregeln einzuhalten, ſo daß in zwei übereinander

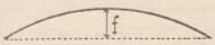

Fig. 2.
(Sch. I oben, Sch. II unten.)





liegenden Schichten die Fugen nicht zuſammenfallen und ein gehöriges Einbinden der vorſpringenden Mauerteile in die eigentliche Mauer ſtattfindet (ſ. Strebepfeiler). *L. v. Willmann.*

Pfeilhöhe eines Bogens, die größte Abweichung des letzteren von der Verbindungsgeraden ſeiner Endpunkte (f in der Figur). — Vgl. Biegungspfeil.



Pfeilzähne hat Reuleaux die Radzähne benannt, welche nicht in gerader Linie, ſondern im Winkel, wie ſtumpfe Pfeilſpitze, auf dem Rade ſtehen (Fig. 1).

Wegen ihrer hervorragenden Bruchſicherheit werden ſie für Betriebe mit großen Kräften und ſtoßender Gangart, trotz der Schwierigkeiten in der Herſtellung, viel benutzt, beſonders bei Walzwerken, ſchweren Blechſcheren — und wegen ihres ruhigen Ganges auch für leichte Uebertragungen. Man läßt die Zähne mit den Spitzen vorangehen (Fig. 2). Es iſt wichtig, darauf zu achten, daß die Schneide ſtumpf, die Kehle ſchärfer ausgebildet wird, weil im entgegengeſetzten Falle die ſcharfe Schneide mit der ſtumpfen Kehle allein arbeiten würde, ohne daß die Flankenflächen der Zähne zur Berührung kämen. Beim Fräſen von Pfeilzähnen bleibt die Kehle rund und muß von Hand ausgearbeitet werden. Wenn man in Rückſicht hierauf die Zähne in der Mitte ausſpart (ſ. Bd. 2, S. 628, Fig. 7 und 8, MNO) oder die Räder aus zwei Hälften je mit links und rechts geneigten Zähnen zuſammenſetzt, ſo verliert man die gegenſeitige Verſteifung der Zähne. Bei richtigem Gange berühren ſich die Flanken in Linien, die ſchräg vom Fuß zum Kopf gehen. Es ſteht alſo nicht nur ein Punkt, ſondern eine ganze Strecke der Zahnkurve, über die Radbreite verteilt, in Eingriff. Dadurch gleichen ſich Unregelmäßigkeiten der Zahnform ſo weit aus, daß der Gang ruhiger wird. Dazu kommt noch, daß die Ablöſung der zuſammenarbeitenden Zahnpaare ſanfter als ſonſt erfolgt, weil die Größe der Berührungsſtrecke allmählich zu- und abnimmt. Als Vorausſetzung für ruhigen Gang gilt, daß die Zähne jedes Rades und die Räder ſelbſt mit einheitlicher Mittelebene gebaut und gelagert ſind. Der Winkel 2α (Fig. 1), welchen die beiden Schenkel eines Zahnes bilden, wird zu 110—130° angenommen, die Radbreite $b = 4\,t$, für mäßige Kräfte kleiner, für die ſtark beanſpruchten Krauſeln der Walzwerke aber größer. Der Sprung oder das Maß, um welches die Spitze des Zahnes den Enden vorausgeht, ergibt ſich aus dem Winkel α und der Radbreite b zu $^1/_2\, b \cot g\, \alpha$ und kann größer, gleich oder kleiner als die Teilung t ſein. Die Zahnhöhe h nimmt man zu $0{,}6\,t$ mit $0{,}35\,t$ für die Fußhöhe und $0{,}25\,t$ für die Kopfhöhe. Als Zahnkurven eignen ſich Evolventen, deren Eingriffslinie die Neigung von etwa 3 : 1 zur Zentralen hat (Fig. 2). Die Berührungsdruckkraft $P : \sin\alpha$ iſt für den winkelförmigen Zahn in demſelben Maße größer wie die Flanke $b : \sin\alpha$ länger als b iſt. Die Abnutzung der Zahnflanke kann daher gleich der eines geraden Zahnes angenommen werden; in der Richtung des Umfanges fällt die Abnutzung größer aus. Durch die Winkelform iſt der Zahn gegen Abbrechen gut geſichert. Die Zahnenden

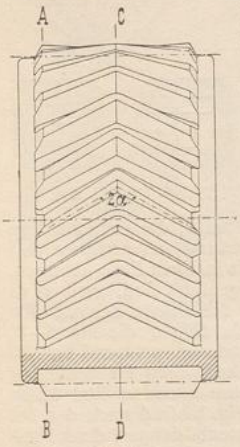


Fig. 1.

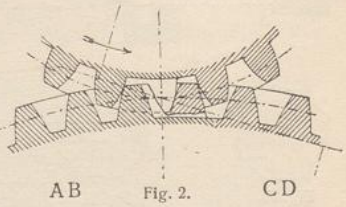


Fig. 2.

ſichert man für Betriebe mit ſtarken Beanſpruchungen und Stößen durch angegoſſene Randleiſten, die faſt bis zum Teilkreiſe reichen, und durch ſeitliche Abſchrägung der Zahnköpfe (Fig. 1). Die Berechnung führt man, ohne Rückſicht auf die wirklichen, ſchwerlich feſtzuſtellenden Kräfte und Widerſtandsmomente, in der für Zahnräder gebräuchlichen Weiſe durch und berechnet für die Umfangskraft von P kg die (im Umfang gemeſſene) Zahnſtärke $a \leq 0{,}5\,t$ aus der Biegungsformel $^1/_6\, a^2 b \cdot s = P \cdot h$, wobei die Biegungsſpannung s um ſo geringer anzuſetzen iſt, je ſtärkere Stöße zu erwarten ſind, z. B. 400 kg/qcm für Gußſtahl.

Das Rabitzgetriebe (von Joh. Renk in Augsburg) eignet ſich für ſtarke Ueberſetzung von Elektromotoren, z. B. mit 3 und 30 Zähnen mit $2\alpha = 40^0$ oder mit 5 und 50 Zähnen mit $2\alpha = 60^0$.

Literatur: Reuleaux, Der Konſtrukteur, 4. Aufl., Braunſchweig 1889; Bach, C., Maſchinenelemente, 10. Aufl., Stuttgart 1908, S. 324 ff.; Oeſterr. Zeitſchr. für Berg- und Hüttenweſen 1890, S. 391; Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1908, S. 661 ff. *Lindner.*

Pfeilzahnräder, Stirn- und Kegelräder mit Pfeilzähnen (ſ. d.).

Pferdebahnen, ſ. Straßeneiſenbahnen.

Pferdekippkarren, den Handkippkarren (ſ. d.) in ihrer Ausbildungsweiſe vollkommen gleich; ſie werden in ihren Abmeſſungen größer gehalten, ſo daß ihr Laderaum etwa 1 cbm loſen Boden faßt. In der Regel werden mehrere Karren für die Bodenbeförderung zuſammengekuppelt; ſ. Bodenbeförderung. *L. v. Willmann.*

Pferdekopf, bei Drehbänken (ſ. d., Bd. 3, S. 83), ſ. v. w. Schere, Stelleiſen.

Pferdekraft (Pferdeſtärke), ſ. Arbeit, Bd. 1, S. 268.

Pferderechen, ſ. Heurechen.

Pferdeſchoner, ein federndes Glied zwiſchen dem Zugtier und dem fortzubewegenden Gegenſtand, das entweder dem erſteren das Anziehen erleichtern oder wechſelnde Widerſtände, auf die der letztere ſtößt, ausgleichen ſoll. Die üblichen Pferdeſchoner beſtehen entweder in Gummipuffern, die in 15—20 cm lange eiſerne Büchſen eingelegt ſind, oder es beſteht das federnde Element aus zwei Stahldrahtſpiralen, die in entgegengeſetzter Richtung gerollt ſind und in Sperrgelenken ruhen, oder aus einem Gelenkrahmen, der im Ruhezuſtand ein Rechteck darſtellt, deſſen Verſchiebung durch die Stärke einer Feder bedingt iſt.

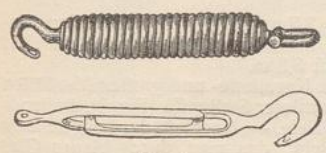


Fig. 1.

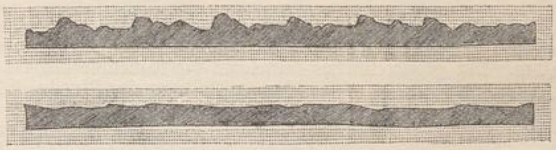


Fig. 2.

Zu den erſteren Formen gehört der ſchwediſche Pferdeſchoner (Fig. 1); dieſer wird mit dem Schlußdruck bis zu 2000 kg hergeſtellt und ſind die Preiſe für

80	100	120	140 kg	Schlußdruck
12	14	15	16,5 *M.*	pro Paar.

Es iſt nicht durchaus notwendig, an jedem Strang einen Pferdeſchoner anzubringen, ſondern es genügt, wenn ein ſolcher zwiſchen das Wagſcheit und den fortzubewegenden Gegenſtand gehängt wird. Die Wirkung der Pferdeſchoner auf die Zugtiere ſelbſt iſt eine ſehr wohltätige. Die Maſchinenprüfungsanſtalt Halle a. S. hat nachgewieſen, daß die Schwankungen der Zugkraft um ca. 33 % vermindert werden und daß ſie ſelbſt um ca. 18 % abnahm für Fortbewegung derſelben Laſt. Die Abſchwächung der Einzelſtöße ergibt ſich aus obenſtehenden Diagrammen eines Dynamographen einerſeits mit (Fig. 2, oben), anderſeits ohne (Fig. 2, unten) Verwendung eines Pferdeſchoners. — Eine andre Art von Pferdeſchonern iſt der „Stoßfänger" von R. Sack in Leipzig-Plagwitz (Fig. 3). Der die Feder umgebende Gelenkrahmen kann die Druckhöhe derſelben verdoppeln und die Stoßwirkung auf die Feder auf die Hälfte vermindern. Zugleich iſt dieſer Stoßfänger als Zugkraftmeſſer zu benutzen, da bei Streckung des Rahmens eine graduierte Schiene erſcheint, auf der in Kilogrammen die momentan wirkende Zugkraft abzuleſen iſt. R. Sack liefert auch ſelbſtregiſtrierende Stoßfänger. Näheres hierüber in einer Reihe von Aufſätzen von A. Nachtweh in Fühlings Landwirtſchaftlicher Zeitung, Stuttgart 1905.



Fig. 3.

Preis für 1—2 Pferde (bis 600 kg Zugkraft) 10 *M.*,
„ „ 3—4 „ „ 1200 „ „ 12 „ *Wrobel.*

Pferdeſtälle ſollen Luxuspferde für Reiten und Fahren und Arbeitspferde bergen. Soweit ſie der Pferdezucht dienen, ſ. Geſtütsanlagen.

Luxuspferde werden zwiſchen Standabgrenzungen geſtellt, Arbeitspferde ſtehen in Gruppen von zwei bis vier Pferden (je ein Geſpann zuſammen).

Die **Abmeſſungen der Stände** einſchließlich Krippe ſind folgende: Edle Raſſepferde, Beſchäler u. ſ. w. in Kaſtenſtänden 3,3—3,5 m lang, 1,8—2,3 m breit; Kutſch- und Reitpferde zwiſchen Flankenbäumen 3,0—3,3 m lang, 1,6—2,0 m breit; Arbeitspferde ohne Standabgrenzungen 2,5—3,0 m lang, 1,3—1,5 m breit; Laufſtälle (Box) für tragende Stuten und Mutterſtuten 10—15 qm, alſo etwa 3,3—4,1 m lang, 3,0—3,7 m breit. Füllen, frei im Stall umhergehend, erhalten einzeln je 10 qm, in Mehrzahl für das Stück 4—5 qm. Die Stallgaſſe hinter den Pferden wird in Kutſch- und Reitpferdeſtällen reicher Ausſtattung bei einreihiger Aufſtellung 2,2 m, zweireihig

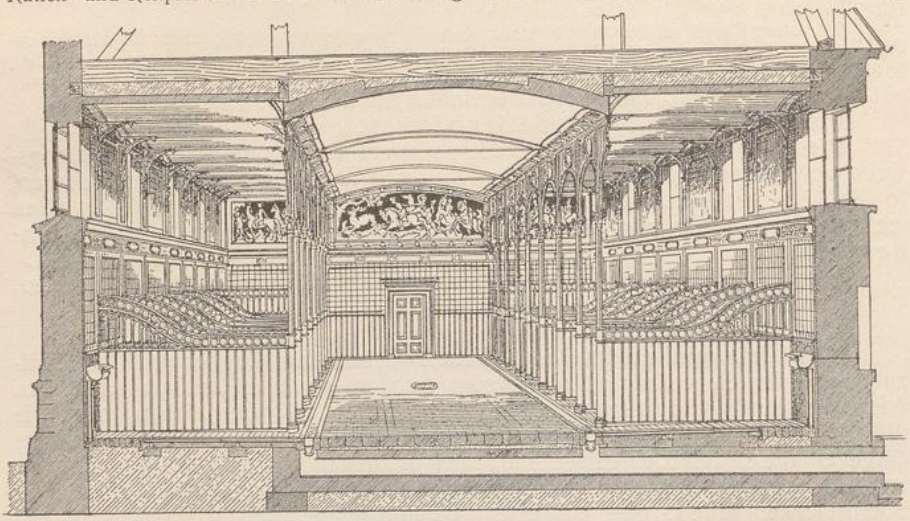


Fig. 1. Querſchnitt des Fürſtl. Fürſtenbergiſchen Reitſtalles zu Donaueſchingen (Architekt Weinbrenner).

3,8 m, bei gewöhnlicher Ausſtattung einreihig 2,0, zweireihig 3,3 m, in Arbeitspferdeſtällen einreihig 1,8, zweireihig 2,8 m breit. Die Stallhöhe mache man nicht unter 3,0 m und nicht über 5,0 m. Ein gebräuchliches Mittelmaß für Kutſchpferdeſtälle iſt 3,8 m.

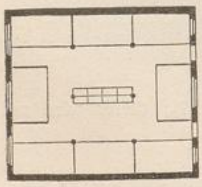


Fig. 2.

Die **Aufſtellung der Pferde** iſt in Kavallerie- und großen Marſtällen meiſt nach der Länge zweireihig mit mittlerer Stallgaſſe (Fig. 1), in landwirtſchaftlichen Pferdeſtällen nach der Tiefe. — Nachteil der Langſtellung iſt das den Augen entgegenfallende Licht, das man durch blaues Glas oder hohe Lage der Fenſter unſchädlich zu machen ſucht. Die Stellung nach der Tiefe ergibt wegen der Schwierigkeit der Beleuchtung eine Beſchränkung in der Zahl der Pferdeſtände. Bei 15 m Tiefe kann man acht Kutſchpferde oder zehn Arbeitspferde in eine Reihe ſtellen. Eine Vereinigung von Lang- und Tiefſtellung wird durch Fig. 2 [1] erläutert. Es finden darin acht Geſpann Arbeitspferde zu vier Pferden Aufſtellung. Der mittlere Raum wird zur Aufſtellung der Futterkäſten benutzt.

Die **Wände** der Pferdeſtälle macht man maſſiv, die **Decken** in beſſerer Ausführung gewölbt oder als gehobelte und geölte Holzdecke, in einfacher Ausführung als Staußſche Decke (Zementputz auf Rohrgewebe). Der Fußboden wird am beſten aus gerieften Tonplatten, Stein- oder Holzpflaſter hergeſtellt. Für die vordere Standhälfte iſt auch Holzdielung zuläſſig; Zementfußboden iſt zu glatt. Hohlgelegte wagerechte Holzfußböden, unter denen die Jauche auf geneigtem Steinfußboden abfließt, werden Brückenſtände genannt; ſie ſind wegen der Unreinlichkeit an unzugänglicher Stelle ſowie wegen der hohen Koſten zu verwerfen. Das Gefälle der Fußböden ſoll nur in einer geneigten Ebene nach hinten, nicht trichterförmig nach der Mitte gehen, auch nicht muldenförmig ſein. Es beginnt erſt in der Standmitte und beträgt bis zum Rande der Jauchrinne 4—5 cm. Offene Jaucheabflüſſe zwiſchen den Pferdeſtänden und der Stallgaſſe ſind bedeckten Rinnen und unterirdiſchen Abzugsrohren vorzuziehen. — In Kavallerieſtällen iſt die Dauerſtreu oder Matratzenſtreu eingeführt. Man läßt die Pferde längere Zeit auf derſelben Streu ſtehen, die nur durch Zugabe geringer Strohmengen ergänzt und erhöht, übrigens von Verunreinigungen möglichſt frei gehalten wird. Sie iſt gegen die Stallgaſſe durch ein geflochtenes Strohſeil oder eine ſtrohumwickelte Stange abgegrenzt. Der Strohverbrauch der Dauerſtreu ſchwankt zwiſchen 6 und 9 Pfund für den Tag und das Pferd.

Standabgrenzungen. Für edle Raſſepferde dienen feſte Standwände, 1,3—1,5 m hoch, von 4—4,5 cm ſtarken Bohlen hergeſtellt, an dem Kopfende durch ein eiſernes Gitter, den ſogenannten Schwanenhals, erhöht, gegen die Stallgaſſe durch eine runde, gußeiſerne Säule, den Pilarſtiel, Flankenpfoſten oder Lattirpfoſten, begrenzt, an dem ſich ein Ring zum Anbinden des Pferdes beim Putzen befindet (Fig. 3 und 4 [1]). — Lattir- oder Flankenbäume ſind wagerechte, 90—95 cm über Fußboden aufgehängte, 12—13 cm ſtarke Stangen, die einem

ſeitlichen Druck in mäßigen Grenzen nachgeben. Die Aufhängung erfolgt vorn mittels Kette am Krippenpfoſten oder an der Wand, hinten an dem Pilarſtiel. Die Aufhängung am letzteren muß ſo erfolgen, daß der Baum leicht ausgehängt werden kann, wenn ein Pferd beim Ausſchlagen einmal übertritt oder beim Aufſtehen unter den Baum gerät (Fig. 4) [1]. Der Baum hängt in einem Bügel, der nach Löſung eines Ringes am oberen Ende niedergeklappt werden kann, worauf der Baum niederfällt. — Schwebewände oder Schlagbretter und Flankenſchläger ſind vervollkommnete Lattirbäume. Es werden drei bis vier wagerechte Bretter oder runde Stangen in geringen Zwiſchenräumen mittels Lederriemen untereinander und mit dem Lattirbaum verbunden, ſo daß ſie den Zwiſchenraum zwiſchen Lattirbaum und Fußboden nahezu ausfüllen. Sie ſollen das gegenſeitige Schlagen der Pferde verhindern, aber die Beweglichkeit der Flankenbäume beibehalten. — In Laufſtällen (Boxen) werden wertvolle Raſſepferde, tragende Stuten und Mutterſtuten untergebracht (Maße ſ. oben); ſie ſind mit 1,8 m hohen Wänden umſchloſſen, die in Höhe von 1,3 m aus feſten Bohlen, wie die Standwände, darüber aus eiſernem Gitterwerk beſtehen.



Fig. 4.

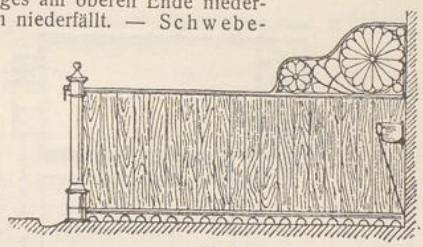


Fig. 3.

Zu den **Fütterungseinrichtungen** gehören Krippen, Raufen und zuweilen auch Tränkgefäße, letztere nur in beſſer eingerichteten Ställen. Krippen zur Verabreichung des Körnerfutters, häufig auch des Tränkwaſſers, werden von Holz, in Zementmauerwerk, aus Steingut, Sandſtein oder Gußeiſen mit Schmelzüberzug hergeſtellt. Die Maße einzelner Krippenſchüſſeln ſind: 35 cm breit, 20—25 cm tief, 55—65 cm lang. Oberkante 1,10—1,25 m über Fußboden. Sie werden entweder in konſolartig an der Wand befeſtigte Tiſchplatten eingefügt oder beſſer feſt vermauert, und zwar entweder auf einer allmählichen Vorkragung oder auf einer Bogenſtellung. Im letzteren Falle verſchließt man die Wandniſchen unter den Krippen mit einer Holzklappe und benutzt ſie zur Aufbewahrung der Streu während des Tages. Raufen dienen zur Verabreichung des Rauchfutters. Sie wurden früher meiſt über den Krippen angebracht. Man unterſcheidet: durchlaufende hölzerne Leiterraufen, deren Unterkante 65—80 cm über Krippenoberkante liegt; ſie werden in ſchräger Stellung an der Wand befeſtigt. Zwiſchenraum der Raufenſtäbe 9 cm. Die eiſernen Korbraufen, für jedes Pferd beſonders, beſtehen aus zwei unter rechtem oder ſpitzem Winkel gegeneinander ſtehenden halbkreisförmigen Bügeln, welche untereinander durch eine Reihe viertelkreisförmiger Sproſſen verbunden werden. Zuträglich iſt den Pferden die Anbringung der Raufe in gleicher Höhe mit der Krippe (ſogenannter Heukorb, vgl. Fig. 5). Die Wand über den Krippen wird der Reinlichkeit wegen zweckmäßig mit geglättetem Zementputz oder noch beſſer mit Kachelbekleidung verſehen. Fig. 5 und 6 [1] veranſchaulichen die beiden gebräuchlichen Anordnungen von Krippe und Raufe, und zwar Fig. 6 eine hoch angebrachte Korbraufe; die eiſerne, emaillierte Krippenſchüſſel iſt in eine Tiſchplatte eingefügt. Zwiſchen Krippe und Raufe iſt die Wand mit einer emaillierten Eiſenplatte bekleidet. Fig. 5 [1] gibt ein Geſamtbild von der zweckmäßigen Anordnung eines gut eingerichteten Pferdeſtandes. Die Standwände ſind im Durchſchnitt, die daraufſtehenden Schwanenhälſe in Anſichten gezeichnet. Die Steingutkrippe ſteht auf einer Auskragung der Mauer. Die Raufe paßt ſich der Krippenauskragung an. Zwiſchen beiden wird der Tränkeimer in eine Oeffnung der Tiſchplatte eingeſetzt. In Höhe der Schwanenhälſe iſt die Krippenwand mit Kacheln bekleidet. An der Kante der Krippenauskragung iſt eine Leitſtange für die Halfterkette des Pferdes befeſtigt.



Fig. 6.

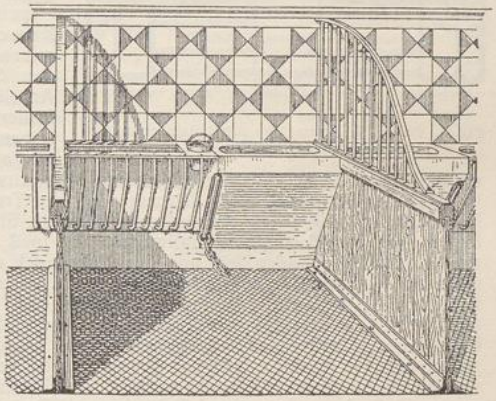


Fig. 5.

Die **Anbindevorrichtungen** der Pferde ſollen das gegenſeitige Beißen, das unzeitige Liegen ſowie das Freſſen der Streu verhindern. Doppelketten, die rechts und links befeſtigt werden, begünſtigen das Uebertreten mit den Vorderbeinen. Wo ſie vorkommen, werden die Anbinderiemen oder Ketten mit leichten Gewichten, die in Fallröhren auf und ab gehen, geſpannt erhalten, damit ſie nicht tief herabreichen. Wo nur eine Kette in der Standmitte angebracht wird, iſt die obenerwähnte Leitſtange zu empfehlen, bei deren Verwendung auch kurze Halfterriemen beim Stehen ſowie Liegen der Pferde ausreichen. Auch kann ein Fallrohr unter der Krippe angebracht und die Kette ſo, wie ſchon erwähnt, angeſpannt erhalten werden (ſ. Fig. 1 und 7).

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Zu den **Nebenräumen** des Pferdeſtalles gehören die Häckſelkammer, für das Pferd 0,6 qm groß, der Heuboden, 2—2,5 m hoch bei gleicher Grundfläche mit dem Pferdeſtall, die Geſchirr- und Sattelkammer zur Aufbewahrung wertvoller Geſchirre und Sättel. Sie ſoll verſchließbar, trocken, gut gelüftet, hell und heizbar ſein, um Schimmelbildung am Leder und

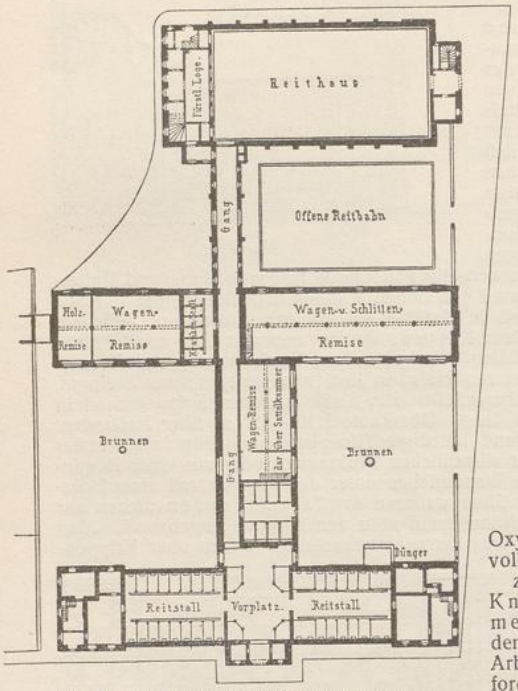
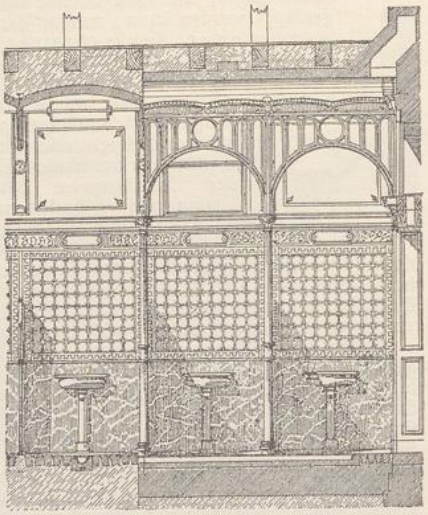


Fig. 8. Fürſtl. Fürſtenbergſche Marſtallanlage zu Donaueſchingen (Architekt Weinbrenner).



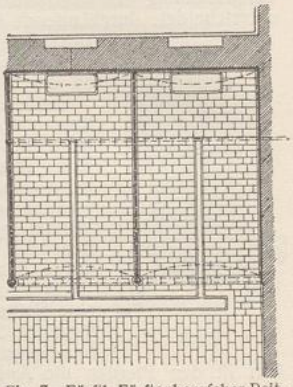


Fig. 7. Fürſtl. Fürſtenbergſcher Reitſtall zu Donaueſchingen (Architekt Weinbrenner).

Oxydation wertvoller Beſchläge zu hindern. Knechtekammern ſind neben den Ställen für Arbeitspferde erforderlich; dieſelben enthalten für jeden Knecht ein Bett, einen verſchließbaren Haferkaſten (dieſe zuweilen auch im Stall untergebracht), einen Schrank oder eine Truhe für die Habſeligkeiten und einen gemeinſamen Tiſch mit Stühlen. Die Knechtekammer iſt zugleich Stallwache. Sie muß demgemäß mit dem Stall verbunden ſein und den Ueberblick über dieſen geſtatten. An ihre Stelle tritt in Ställen für Luxuspferde die Kutſcherſtube und ein beſonderer Futterraum für Haferkäſten und Häckſel. — Fremdenſtälle müſſen zur Verhütung der Einſchleppung anſteckender Krankheiten ſtets abgeſondert angelegt werden; dasſelbe gilt von Krankenſtällen. Häufig werden ſie in andre Gebäude verlegt. In Verbindung mit großen Stallanlagen treten noch Reitbahnen (ſ. Reithaus) und Wagenremiſen (Fig. 8). Fohlenſtälle, Hengſtſtall, Laufräume im Freien ſ. Geſtütsanlagen.

Literatur: [1] Tiedemann, v., Das landwirtſchaftliche Bauweſen, Handbuch, 2. Aufl., Halle a. S. 1891. — [2] Engel, Fr., Handbuch des landwirtſchaftlichen Bauweſens, 7. Aufl., Berlin 1885. — [3] Wagner, Pferdeſtall und Scheune in Herzberg, Deutſche Bauztg. 1896, S. 77. — [4] Rueff, A. v., Bau und Einrichtungen der Stallungen und Aufenthaltsorte unſrer nutzbaren Haustiere, Stuttgart 1875. — [5] Gehrlicher, Jähn und Klaſen, Die Stallgebäude, Leipzig 1880. — [6] Wanderley, Die ländlichen Wirtſchaftsgebäude, Karlsruhe 1887. — [7] Engel, Fr., Entwürfe ausgeführter landwirtſchaftlicher Gebäude, Halle a. S. 1891/92. — [8] Handbuch der Architektur, 4. Teil, 3. Halbbd., Darmſtadt 1884, S. 10 ff.

(† v. Tiedemann) Weinbrenner.

Pferdeſtärke (Pferdekraft), 75 kg/m, ſ. Arbeit, Bd. 1, S. 268.

Pfette (Rähm, Rahmholz), ein 18/18 bis 21/24 cm ſtarkes Wand- oder Dachholz, welches, horizontal liegend, von Pfoſten (Stielen) und Streben geſtützt wird und zumeiſt als oberer Abſchluß einer Fachwand (ſ. Bd. 3, S. 533) dient.

Die Verbindung zwiſchen Pfette und Stützen wird durch einfache Verzapfung hergeſtellt. Wenn möglich, trachtet man, daß die Pfette in einem Stück über die ganze Länge der Wand reicht. Geht dies nicht, ſo ſtößt man ſie über einen Pfoſten, und zwar mittels des ſchrägen Hakenblattes. Vgl. a. Dachſtuhl, Bd. 2, S. 514 und S. 525. *Weinbrenner.*

Pflanzenalbumin, ſ. Albumine unter Eiweißſtoffe.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Pflanzenbaſen, ſ. Alkaloide.

Pflanzendunen, ſ. Polſtermaterialien.

Pflanzengummi, ſ. Klebemittel.

Pflanzenkaſein, ſ. Kaſeine unter Eiweißſtoffe.

Pflanzenſchleime, Gummiarten, welche in Waſſer nicht oder nur teilweiſe löslich ſind und darin mehr oder weniger ſtark aufquellen.

Bei der Oxydation mit Salpeterſäure liefern die Pflanzenſchleime Schleimſäure und Oxalſäure neben Zuckerſäure. Von Pflanzenſchleimen ſeien erwähnt der Leinſamenſchleim, Salepſchleim und Eibiſchwurzelſchleim. *Bujard.*

Pflanzenſeide, ſ. Spinnfaſern und Polſtermaterialien.

Pflanzlochmaſchine, ſ. Kartoffelpflanzlochmaſchinen.

Pflanzungen an Straßen, ſ. Baumpflanzungen.

Pflanzungen bei Regulierungswerken und an Kanälen werden faſt ausſchließlich mit Weidenſtecklingen von etwa 0,6 m Länge hergeſtellt, welche mehrere ausſchlagfähige Knoſpen (Augen) beſitzen und am beſten im Frühjahr oder Spätherbſt, friſch geſchnitten, gepflanzt werden.

Sie haben an Flüſſen den Zweck, Auflandungen ſowie niedrige Uferteile einerſeits gegen Abſchwemmung durch Hochwaſſer zu ſchützen und anderſeits noch weitere Erhöhung derſelben infolge Sinkſtoffablagerung hervorzurufen. Häufig ſind die Reihenpflanzungen und Neſter- oder Keſſelpflanzungen. Für die Reihenpflanzung werden in ca. 0,7 m voneinander entfernt ausgehobene Gräbchen von inklinanter Richtung die Stecklinge mit den dicken Enden, 0,75 m weit voneinander eingeſetzt und die Gräbchen darauf wieder dicht zugeſchüttet. Bei der Neſterpflanzung hat man ſtatt der vorerwähnten durchlaufenden Gräbchen in der Richtung derſelben nur einzelne ca. 0,3 m weite Gruben in etwa 1 m Entfernung; am Rande jeder der Gruben werden etwa ſieben Stecklinge herumgeſtellt und dann die Löcher unter Feſttreten oder Stampfen zugefüllt; in den benachbarten Reihen verſetzt man die Gruben derart, daß ſich keine geradlinige Strömung ausbilden kann. Der Reihenpflanzung ähnlich erſcheinen die am Niederrhein üblichen Rauſchen; dabei werden nur die Stecklinge bündelweiſe geſetzt. Auf ſehr naſſem und lockerem Boden ſowie zuweilen auf den Kronen von Flußeinbauten ſind Einzelpflanzungen angezeigt; hierzu ſtößt man mittels eines Setzeiſens die Löcher, in welche die Weidenreiſer kommen. Ausführliches über geeignete Pflanzhölzer, deren Zubereitung, Einbringen und Erhaltung ſ. [1]. Eine beſondere Art von Pflanzungen zur Uferverſicherung ſind die Rauwehren und Spreutlagen. An Schiffahrtskanälen (ſ. d.) wird die Schilf- oder Weidenpflanzung auf den etwa 1 m breiten und 0,15 m unter dem normalen Waſſerſpiegel liegenden Bermen oder Banketten ausgeführt zum Schutze der Kanalufer gegen den Wellenſchlag.

Literatur: [1] Handbuch der Ingenieurwiſſenſchaften, Leipzig 1907, 3. Teil, Bd. 6, S. 250 ff.

Pflaſter, Pflaſterſteine, Pflaſterung, ſ. Straßenbau.

Pflaſterklinker, Ziegelſteine, aus Tonen hergeſtellt, die bei reichem Flußmittelgehalt, in nicht zu hohen Temperaturen, dicht werden.

Die Poroſität eines Pflaſterklinkers ſoll nicht mehr als 2% dem Gewichte nach, die Druckfeſtigkeit desſelben nicht unter 600 kg pro Quadratzentimeter betragen; dabei muß er eine Bruchbelaſtung von mindeſtens 150 kg pro Quadratzentimeter aushalten und darf die Abnutzung desſelben bei Prüfung mittels der Rüttelprobe 8% dem Gewichte nach nicht überſteigen [1]. Zur Herſtellung von Pflaſterklinkern werden teils (Ungarn) ſtark kalkhaltige Tone verwendet, die, zu Pulverform gemahlen, auf trockenem Wege zu Ziegelſteinen umgeformt und dann in Kapſeln gebrannt werden, teils benutzt man ſtark eiſenhaltige, ſich rotbrennende Tone [2]—[5]. Damit die Steine den Stößen der darüber fahrenden Wagen und den Tritten der Pferde tunlichſt widerſtehen, müſſen ſie ſehr zähe ſein; dies wird dadurch erreicht, daß die fertiggebrannten Steine möglichſt langſam kühlen (ſ. Klinker, Klinkerſtraßen, Tonwaren, Ziegelfabrikation).

Literatur: [1] Dümmler, K., Handbuch der Ziegelfabrikation, Halle a. S. 1900, S. 71 ff. — [2] Baker, Ira O., Brick Pavements, Indianapolis, Ind., 1891. — [3] Chafe, C. P., Brick Pavements, ebend., 1891. — [4] Brick-Chicago, 3. Jahrg., 1895, Bd. 2, S. 382 ff.; Bd. 3, S. 1 ff., S. 65 ff. — [5] Notizbl. d. Deutſch. Vereins für Fabrikation von Ziegeln u. ſ. w., Jahrg. 1872, S. 99. *Dümmler.*

Pflaſterung bei Regulierungswerken aus möglichſt großen, wetterfeſten Steinen auf einer Kies- oder auch tonigen Unterlage bezw. Bettung dient zum Schutze der Ufer ſowie der Krone und der über Niederwaſſer befindlichen Böſchungen von Flußregulierungswerken.

Bei ſehr ſtarker Strömung und heftigem Wellenſchlage iſt nur Pflaſterung dauerhaft. Ueber die zur Verwendung geeigneten natürlichen Steine ſ. [1]; in neueſter Zeit kommen vielfach auch Betonſteine in Betracht und haben ſich z. B. bei der Illerkorrektion an der bayriſch-württembergiſchen Grenze bewährt.

Literatur: [1] Handbuch der Ingenieurwiſſenſchaften, Leipzig 1907, 3. Teil, Bd. 6, S. 149 ff.

Pflaſterziegel, hartgebrannter Backſtein oder Klinker (ſ. d.), dient zu dem einfachſten Fußbodenbelag in Küchen, Waſchküchen, Stallungen u. ſ. w.; er wird auf die hohe Kante in ein Sand- oder Mörtelbett geſetzt und die Fugen ausgegoſſen. Das Verſetzen erfolgt entweder in Reihen und im Verband oder im Fiſchgrätenmuſter. *Weinbrenner.*

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Pflatſchen, ſ. Klotzen.

Pflug, ein Spanngerät für die Bodenbearbeitung. Anfangs aus nur einem gebogenen Stück harten Holzes beſtehend und in einfachſter Weiſe beſpannt, konnte das Gerät nur zum Durchwühlen und Lockern des Bodens benutzt werden; heute verſteht man darunter ein Gerät, das einen Erdſtreifen abſchneidet und umwendet.

Der Zweck des Pfluges iſt, die tieferen Schichten des Bodens mit möglichſt großer Oberfläche an die Atmoſphäre zu bringen, um durch die Einwirkungen der Luft und des Waſſers auch in dieſen Schichten die notwendige Zerſetzung anzuregen und den Mikroorganismen für ihre Tätigkeit (Nitrifikation des Erdbodens, ſ. Bd. 1, S. 499) die günſtigſten Bedingungen zu ſchaffen.

Die Wirkungsweiſe des Pfluges zur Ausführung dieſer Arbeit beſteht in der Hauptſache im wagerechten und ſenkrechten Lostrennen des Erdſtreifens durch das Schar (*a*, Fig. 4) und Sech oder Kolter *i* und im Lockern und Umſtürzen desſelben in die vorher gezogene Furche durch das Streichblech *b*.



Fig. 3.



Fig. 2.

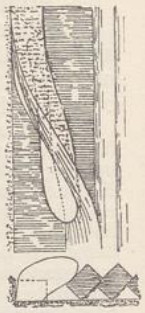


Fig. 1.

Nach ihrer Verwendbarkeit unterſcheidet man die (ſogenannten engliſchen) Flachwender für bündigen und die Schüttpflüge oder Steilwender für leichteren Boden. Die Wirkung dieſer Pflugarten iſt aus den Fig. 1 und 2 ohne weiteres zu erkennen, und zwar zeigt Fig. 1 diejenige eines Flachwenders oder Schraubenſtreichbleches und Fig. 2 die eines Steilwenders. Beide können in verſchiedener Weiſe ausgeführt werden, nämlich als einſeitig wendende oder Beetpflüge (Fig. 3), als wechſelſeitig wendende Pflüge (Kehrpflüge, Gebirgspflüge, Fig. 9) als doppelſeitig wendende oder Häufelpflüge (Fig. 10) und als Pflüge für beſondere Zwecke (Weinbergs- oder Gartenpflüge, Grabenpflüge u. ſ. w.). Dabei iſt es gleichgültig, ob die Pflüge als Ein- oder Mehrſcharpflüge ausgebildet ſind. Nach der Führung des Pfluges unterſcheidet man Schwing-, Stelz-, Karrenpflüge und die Geſtell- oder Räderpflüge.

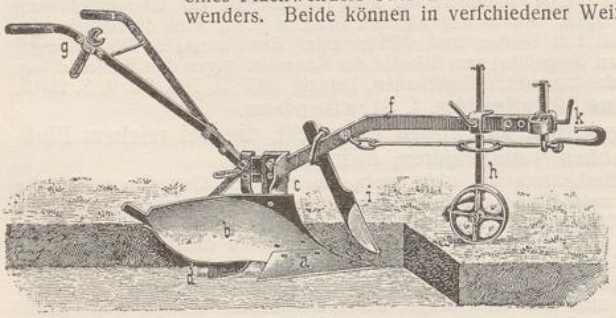


Fig. 4.

Damit der Schwingpflug (Fig. 3) ſeine Arbeitsrichtung beibehält, müſſen Widerſtands- und Zuglinie in einer Geraden liegen. Dieſer Bedingung wird für verſchiedene Furchentiefe und -breite durch entſprechendes Höher-, Tiefer- oder Seitwärtsverſtellen des Zughakens Rechnung getragen. Kleinere Abweichungen des Pfluges aus ſeiner Richtung müſſen durch Druck auf die Sterzen (*g* in Fig. 4) beſeitigt werden. Bei den Stelzpflügen (Fig. 4) iſt

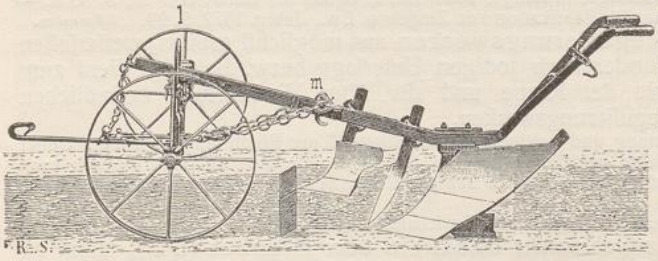


Fig. 5.

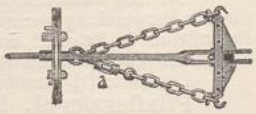


Fig. 6.

das vordere Ende des Grindels *f* durch ein Rad oder einen Gleitſchuh unterſtützt. Die Stelzen *h* übernehmen alſo hierbei die Führung des Pfluges in gleichmäßiger Tiefe. Sie müſſen ſo eingeſtellt werden, daß der Druck auf dieſelben nicht zu groß wird und daß ſie ſich nicht abheben.

Bei den Karrenpflügen (Fig. 5 und 6) greift der Zug mittels der Zughakenschiene an der Vorderkarre an und wird gewöhnlich durch einstellbare Ketten nach dem Grindel *m* übertragen. Die Furchentiefe und -breite wird durch Verlegung des Unterstützungspunktes für das Grindelende geregelt. Greifen in der aus Fig. 6 ersichtlichen Weise die obengenannten Ketten an einem Querriegel des Grindels an, so ist der Pflug selbstführend. Ist die Scharspitze aus ihrer Richtung herausgekommen, so wird die eine der Ketten schlaff, und der Zug am Zughaken bewirkt, daß die richtige Lage von selbst wiederhergestellt wird. Die Ketten können durch das Schloß *a* eingestellt werden.

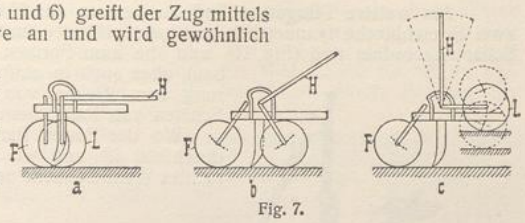


Fig. 7.

Leichter zu handhaben sind die modernen Gestell- oder Räderpflüge. Bei diesen wird die Führung des oder der an einem festen Rahmen (Gestell) sitzenden Pflugkörper durch Räder von größerem Umfange bewirkt, die in besonderer Weise einstellbar mit dem Rahmen verbunden sind. Bei den meisten Ausführungen sind diese Räder, nämlich das Landrad *L* und das Furchenrad *F* (vgl. Fig. 7), durch eine Differentialstellvorrichtung so mit dem Handhebel *H* verbunden, daß aus der Fahrstellung, in der die Räder gleichhoch stehen (vgl. Fig. 7 a), zunächst das Furchenrad *F* nach vorn und gleichzeitig das Landrad *L* nach hinten geschwungen werden, bis die Räder mit den Scharen in gleicher Höhe liegen (vgl. Fig. 7 b). Beim Weiterbewegen des Hebels *H* bleibt nun das Furchenrad stehen, während sich das Landrad allein weiterbewegt, bis es sich über die Furchensohle um den gewünschten Betrag der Furchentiefe erhoben hat. Die obengenannte Differentialstellvorrichtung ist in der Ausführung von A. Ventzki-Graudenz aus Fig. 8 ersichtlich. Der mit dem Schenkel des Landrades fest verbundene Stellhebel greift mit seinem über den Drehpunkt nach unten verlängerten Ende in einen auf der Furchenradwelle sitzenden Schlitzhebel ein. Der Schlitz dieses Hebels ist in dem äußeren Teil konzentrisch zum Drehpunkt des Stellhebels, in dem andern Teil dagegen gerade ausgebildet. Eine Uebertragung der Bewegung wird demnach nur in dem letzteren Schlitzende erfolgen. Sobald aber der Zapfen des Stellhebels in den konzentrischen Teil übergeht, bleibt das Furchenrad stehen, während das Landrad zur Veränderung der Furchentiefe allein weiterbewegt werden kann. Bei Räderpflügen mit mehreren Pflugkörpern bringt man auf dem Gestell manchmal auch einen Sitz für den Pflugführer an. — Aehnlich in ihrer Wirkung sind die Stellvorrichtungen von H. F. Eckert in Berlin, Ed. Schwartz & Sohn in Berlinchen, Rud. Sack in Leipzig-Plagwitz u. a.

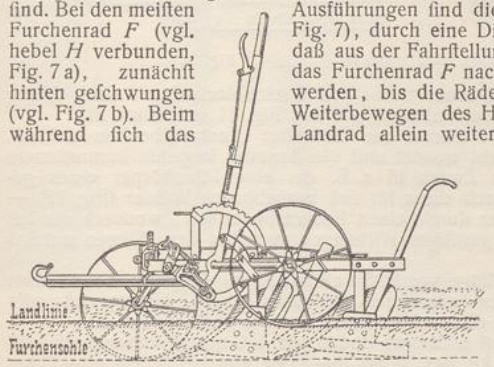


Fig. 8.

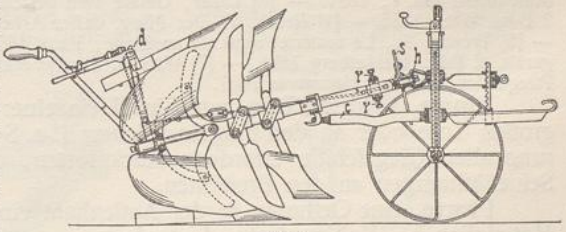


Fig. 9.

Hauptsächlich in gebirgigen Gegenden und wo offen bleibende Furchen vermieden werden sollen, verwendet man den wechselseitig wendenden (Wende-, Kehr-) Pflug. Bei ihnen sind zwei oder mehrere in entgegengesetzter Richtung wendende Pflugkörper in einem Pfluge so vereinigt, daß man beim Pflügen in der einen Richtung den z. B. rechtswendenden und beim Pflügen in der andern Richtung den linkswendenden Pflugkörper gebrauchen kann. Man vereinigt zu diesem Zwecke die beiden Pflugkörper zu einem, den man dann entweder um eine senkrechte oder wagerechte Achse drehbar am Gestell lagert. Fig. 9 zeigt eine unter der Bezeichnung „Brabanter Pflug" bekannte Einrichtung der letzteren Art in der Ausführung von Wigard in Oelde i. W. — Bei dieser sitzen die beiden Pflugkörper samt den Vorschneidern und Vorschälern fest auf dem Grindel, dessen vorderes Ende als Zapfen *h* ausgebildet ist. Dieser Zapfen ist in einer Hülse gelagert, die eine Scheibe *s* trägt. In der gewünschten Stellung werden die Pflugkörper dadurch gehalten, daß ein am Grindel sitzender Riegel, der von der Handhabe *d* durch einen Schnurzug und eine Feder bedient werden kann, in entsprechende Stellöcher der Scheibe *s* eingreift. Die Sterzen und der Haken, an den die Zugschiene *c* angreift, sind drehbar auf dem Grindel angeordnet. Die Schrauben *r* dienen zur Feinregelung des Griffs der Pflugkörper.


Fig. 10.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Als weitere Pflugarten ſind zu nennen die Häufel- und Hackpflüge, bei denen zwei Streichbleche ſymmetriſch zu einem mittleren, mit einer vorſpringenden Spitze verſehenen Schar angeordnet ſind (Fig. 10) und die zum Formen und Behacken von Kämmen (Kartoffelbau), aber auch in entſprechender Abänderung zum Ziehen von Waſſergräben und Schälen von Raſen benutzt werden.

Wo der Boden ſtark mit Wurzelfaſern durchſetzt iſt und wo es auf ein regelrechtes Wenden nicht ankommt, verwendet

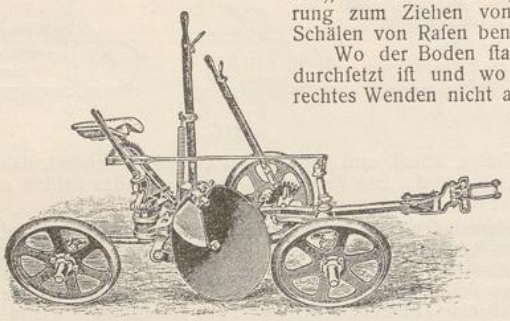


Fig. 11.

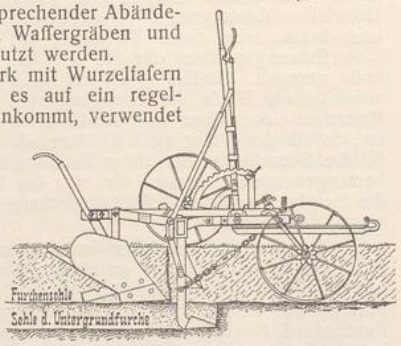


Fig. 12.

man (Amerika) die Scheibenpflüge, bei denen Schar und Streichblech durch eine, ſchräg zur Zugrichtung geſtellte rotierende Scheibe erſetzt ſind, wie aus Fig. 11 erſichtlich iſt.

Die Untergrund- (Rajol-)Pflüge dienen zur Tiefkultur (Zuckerrübenbau u. ſ. w.), wo man die obere, humusreiche Bodenſchicht wendet und die darunter liegende humusärmere oder tote Schicht nur lockert. Zu dieſem Zweck iſt z. B. der eine Pflugkörper eines gewöhnlichen Zweiſcharräderpfluges erſetzt durch einen für ſich aushebbaren Wühler (Fig. 12). — In neueſter Zeit hat Ventzki dieſen Wühler durch einen Federzahn erſetzt, wodurch die bei den Federzahnkultivatoren (ſ. Kultivator) günſtigen Wirkungen auch bei den Pflügen nutzbar gemacht werden.

Ferner ſind zu nennen die Univerſalpflüge von R. Sack in Leipzig-Plagwitz, bei welchen der abgenommene Pflugkörper erſetzt werden kann durch den eines Häufel-, Untergrund- oder Hackpflugs, ſo daß dasſelbe Pfluggeſtell für die verſchiedenen Zwecke zu benutzen iſt.

An Zugkraft bedarf ein guter Pflug auf mittlerem Boden pro 100 qcm Furchenquerſchnitt bei einer Furchentiefe von 20 cm ca. 15—20 kg, bei 25 cm 20—35 kg und bei 30 cm 40—55 kg. Im erſteren Fall können pro Tag mit zwei Pferden 30—40 a, im zweiten 24—30 a und im letzteren mit vier Pferden 26—32 a gepflügt werden. Bezüglich der Bezugsquellen und Preiſe verweiſen wir auf die Kataloge der jährlichen Wanderausſtellungen der Deutſchen Landwirtſchaftsgeſellſchaft, Berlin.

Literatur: [1] Wüſt, Landw. Maſchinenkunde, 2. Aufl., Berlin 1889. — [2] Perels, Landw. Maſchinen, Bd. 1, 1881. — [3] Lázar, Geräte und Maſchinen für Boden- und Pflanzenkultur, 2 Bde., Wien 1885. — [4] Rezek, J., Der Pflug, deſſen Arbeitsweiſe und Kräfteſpiel, Wien 1896. — [5] Tresca, A., Le matériel agricole moderne, Paris 1893. — [6] Braungart, Die Ackerbaugeräte, 2 Bde., Heidelberg 1881. — [7] Wrobel, Landw. Maſch. zur Bodenbearbeitung, Saat und Pflege der Pflanzen, Hannover 1907. *Wrobel.*

Pforte, 1. kleine Türe zum Einlaß einzelner Perſonen u. ſ. w. neben einem großen Tore oder an den Flügeln ſolcher; ſ. a. Schlupfpforte. 2. Die Armierung alter Kriegsſchiffe erforderte Stückpforten, d. i. mit Laden verſchließbare Schießöffnungen an den Breitſeiten. *Weinbrenner.*

Pforte, eine Oeffnung in der Außenhaut eines Schiffes zum Transport von Materialien — Kohlenpforte, Ladepforte —, für die Geſchütze — Geſchützpforte — oder zur Beleuchtung — Seitenpforte. *T. Schwarz.*

Pfoſte, im Bergbau ein Brett von mehr als 5 cm Stärke.

Pfoſten. 1. in Stein, ſenkrechte Stützen oder Pfeiler von ſchwachem Querprofil, auch Gewände an Fenſtern (ſ. Bd. 3, S. 692 ff.) oder Stabwerk an den gotiſchen Maßwerkfenſtern (ſ. d.); hiebei heißen die ſtärkeren Pfoſten der Hauptteilung alte Pfoſten, die ſchwächeren der Unterteilung junge Pfoſten, beide, wenn ſie die Verglaſung im Falz aufnehmen, Glaspfoſten. 2. in Holz (norddeutſch Ständer oder Stiel genannt). a) als Wandpfoſten, Eck- und Bundpfoſten einer Fachwand (Bd. 3, S. 533) oder aber als Klebepfoſten. b) als Freiſtütze von verſchiedener Ausbildung und Stärke, dient meiſt als Zwiſchenunterſtützung unter Fachwerkwänden oder Gebälken. Bei der großen rückwirkenden Feſtigkeit des Holzes — Eichenholz ſteht hierin mit Granit und Marmor auf gleicher Stufe — ſowie der ſtarken Biegungsfeſtigkeit können die Verhältniſſe der Länge der Hölzer zur Stärke das 20—30fache betragen, daher das $2^1/_2$fache von Stein. Hierdurch tritt aber ein Mangel an Stabilität ein, dem durch Bildung feſter Dreiecke bezw. von Verſteifungen durch Büge, Bänder oder Knaggen, Zangen u. ſ. w. zu begegnen iſt. Es werden daher die Pfoſten bei geringen Abſtänden die auflagernden Balken direkt aufnehmen; bei größerer Weite dient ein Sattelholz (Fig. 1) zur Verſtärkung des Balkens und Verringerung der Spannweite, während Büge oder Knaggen (Fig. 2 und 3) eine Abſteifung der Pfoſten erzielen. Reichere Motive ergeben ſich durch Doppelſtellung der Pfoſten (Fig. 4) mit Bügen, Zangen und Spannriegeln. Sind dagegen ſolche Verſteifungen nicht vorhanden, ſo

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

müffen die Holzpfoften ebenfo ftark als die fonftigen Stützen gemacht werden, um den Gefetzen der Stabilität zu entfprechen (Fig. 5 und 6). Der Querfchnitt ift meift im Quadrat gebildet. Da aber fcharfe Kanten zu vermeiden find, fo ift der Pfoften durch Brechen der Ecken, Abfafen oder Auskehlen zum Achteck, in felteneren Fällen und bei reicher Ausfchmückung kreisrund auszubilden. Die Flächen

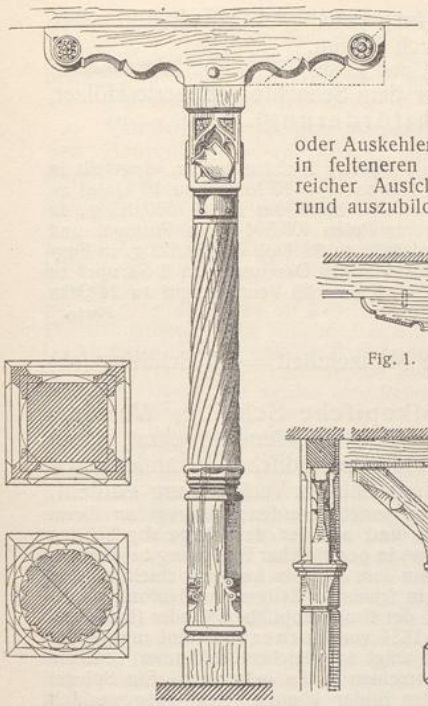


Fig. 6.

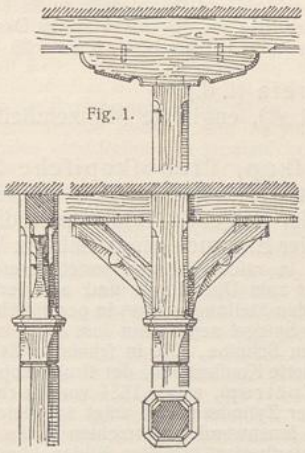


Fig. 1.

Fig 2.

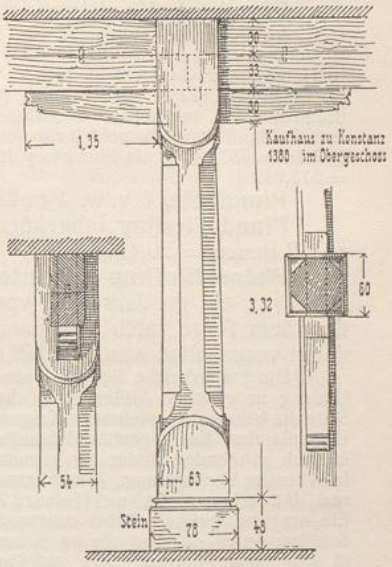


Fig. 5

find entweder glatt oder flach gekehlt oder mit auffteigendem Muffer zu fchmücken. Die runden Pfoften kommen im fpäteren Mittelalter glatt oder kanneliert, oft zopf- oder feilartig gefchnitzt vor (Fig. 6). Es wäre fehlerhaft, diefe Pfoften zu verkleiden oder mit Brettern zu verfchalen oder auch mit Anftrich zu verfehen. Sie wirken in ihrer natürlichen Farbe, nur durch Beize, Wichfe oder Firniffe gehoben, beffer. Bei ftarkem Stamm kann als Mißftand ein Werfen oder Reißen des Holzes eintreten. 3. in Eifen die fenkrechten Stützen bei Ständerfachwerken (Bd. 3, S. 534, 544). ***Weinbrenner.***

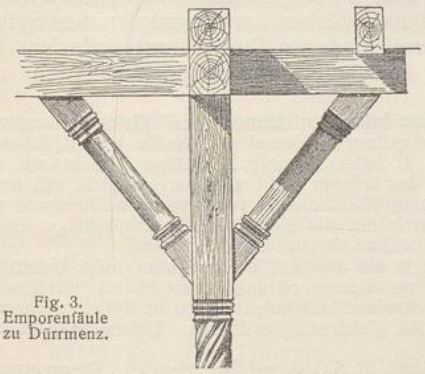


Fig. 3.
Emporenfäule
zu Dürrmenz.

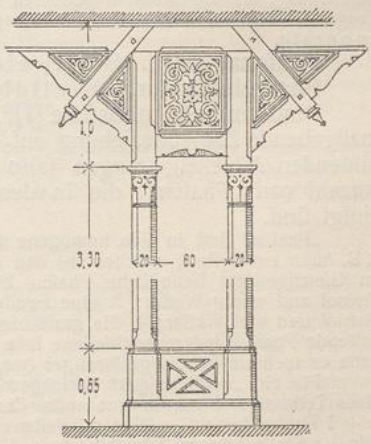


Fig. 4.

Pfoftenroft, f. v. w. Bohlenroft, f. Roft, liegender.

Pfriem, f. Feftpunkte und Anhaltepunkte.

Pfropfen, f. Aufpfropfen.

Pfropfenzieher (Korkzieher) kommen mit feftftehendem Griff, zufammenlegbar, ohne oder mit Ueberfetzung (durch Hebel, Schraube und Mutter, Zahnftange und Zahnrad), ferner in Verbindung mit Tafchenmeffern und anfchraubbar vor [1]. — Die Herftellung des fchraubenförmigen Teils (Kötzer) erfolgt durch

Aufwinden von Draht oder durch Schmieden im zweiteiligen Gefenk und nachfolgendem Wegfeilen des Grats oder auch durch Fräfen.

Literatur: [1] D.R.Patentfchriften Kl. 64b, 25—27, und Kl. 69, 15. *A. Widmaier.*

Pfühlbäume, im Bergbau, wagerecht über dem Schachte verlagerte Hölzer, auf denen die Hafpelftützen ruhen (f. Schachtförderung).

Pfund (℔), Handelsgewicht.

Im Deutfchen Zollverein feit 1858 = 500 g. In Preußen, Sachfen u. f. w. eingeteilt in 30 Lot zu 10 Quentchen zu 10 Cent zu 10 Korn. In Hannover = 10 Neulot zu 10 Quint zu 10 Halbgramm. In Süddeutfchland = 32 Lot. In Oefterreich hatte das Pfund 560,012 g, in Norwegen 498,112 g, in Schweden (Schalpfund) 425 g, in Polen 405,504 g, in Portugal und Brafilien 459 g, in Spanien 460,093 g, in Rußland 96 Solotnik zu 96 Doli = 409,512 g, in England 1 Pfund avoir du pois (avdp. oder lbs.) zu 16 Unzen zu 16 Drachmen zu 3 Skrupel zu 3 Grän = 453,493 g, ein Pfund troy für Gold u. f. w. 12 Unzen zu 20 Pennyweight zu 24 Grän = 373,242 g. *Plato.*

Pfundhefe, f. v. w. Preßhefe (f. d.).

Pfund Sterling (abgekürzt £), engliſche Münzeinheit = 20 Schilling (sh) zu 12 Pence = 20,4295 ℳ.

Phänakiftofkop (Phantofkop, ftrobofkopifche Scheibe, Wunderfcheibe), ein im Jahr 1832 von Stampfer in Wien erfundener Apparat, durch den dem Auge rafch aufeinander folgende Bilder periodifcher Veränderungen derart vorgehalten werden, daß der Eindruck einer ftetigen Veränderung entfteht.

Die Stampferfche Scheibe kann in rafche Rotation verfetzt werden; fie trägt an ihrem Umfang in gleichen Abftänden Löcher zum Durchfehen und auf der dem Auge abgekehrten Seite die Bilder der aufeinander folgenden Stellungen eines in periodifcher Bewegung begriffenen Gegenftandes. Ein gegenüberftehender Spiegel zeigt dann dem Auge in kurzen Lichteindrücken die fich ablöfenden Bilder der bemalten Scheibe, alle in fcheinbar ftetiger, wellenförmig fortfchreitender Veränderung. Eine veränderte Konftruktion, der ftrobofkopifche Zylinder (Lebensrad, Dädaleum, Schnellfeher, Zoëtrop), wurde 1834 von Horner in Briftol angegeben: Ein um eine vertikale Achfe rotierender Zylindermantel trägt in gleichen Abftänden vertikale Schlitze, durch die man die an feiner Innenwand angebrachten Bilder betrachtet. Ein Spiegel ift alfo nicht nötig und die auf Papierftreifen gemalten Bilder können leicht ausgewechfelt werden, auch können mehrere Perfonen am Umfang des Zylinders zu gleicher Zeit beobachten. Anfangs ein Spielzeug, ift der Apparat neuerdings durch Anwendung momentphotographifcher Bilder tierifcher und menfchlicher Bewegungen zu einem Hilfsmittel phyfiologifcher und gymnaftifcher Studien geworden. Eine weitere Ausbildung hat das Prinzip der Augenblicksbilder im Kinematographen (f. d.) erfahren, einem Projektionsapparat (Zauberlaterne) mit mechanifcher Vorrichtung, um die Bilder in derfelben rafchen Aufeinanderfolge zu projizieren, in welcher der Vorgang, den fie darftellen, photographifch in Bildern fixiert wurde. S. Projektionsapparate. *A. Schmidt.*

Phafenanker, f. Motor, elektrifcher.

Phafenindikator, f. Kraftübertragung, elektrifche.

Phafenregel, Gibbsfche [1], ftellt eine für das Gleichgewicht eines Syftems maßgebende Zahlenbeziehung auf einerfeits zwifchen der Anzahl der dies Syftem bildenden Molekelgattungen (alfo der verfchiedenen Stoffe) und anderfeits der Anzahl von „Phafen", die in dem im Gleichgewicht befindlichen Syftem vereinigt find.

„Phafen" find in fich homogene (in ihrer Zufammenfetzung überall gleiche) Komplexe; z. B. kann ein Syftem, welches aus den Molekelgattungen Phenol und Waffer befteht, folgende im Gleichgewicht befindliche Phafen bilden: 1. feftes Phenol; 2. flüffige Schicht mit viel Phenol und wenig Waffer; 3. eine zweite (mit der erfteren nicht mifchbare) Schicht mit wenig Phenol und viel Waffer; 4. die gasförmige, wenig Phenoldampf, vorwiegend Waffer dampf enthaltende Phafe. Jeder verfchiedene feite Körper bildet alfo eine Phafe für fich, flüffiger Phafen kann es mehrere geben, gasförmiger (wegen Mifchbarkeit aller Gafe) nur eine.

Für ein „vollftändiges" Gleichgewicht (d. h. ein folches, bei welchem beim Uebergang eines Teils einer Phafe in eine andre der Gleichgewichtsdruck ungeändert bleibt), welches aus $n + 1$ Phafen befteht, müffen mindeftens n verfchiedene Molekelgattungen im Syftem vorhanden fein. n Stoffe können höchftens in $n + 2$ Phafen gleichzeitig exiftieren. Ueber die Ableitung diefes Gefetzes f. [1] und [2].

Literatur: [1] Gibbs, Trans. Connecticut Acad. III, S. 108 und 343; deutfch: Thermodynam. Studien, Gibbs-Oftwald, Leipzig 1892. — [2] Nernft, Theor. Chemie, Stuttgart 1893; Riecke, Zeitfchr. f. phyfik. Chemie, Bd. 6, S. 272 (1890). *Abegg.*

Phafenverfchiebungswinkel, f. Wechfelftrom.

Phenacetin, f. Antipyretika.

Phenakit, Mineral, kiefelfaure Beryllerde, Be_2SiO_4 (54,22 % SiO_2, 45,78 % BeO).

Kriftallifiert rhomboedrifch. Stark glasglänzend, farblos bis gelblich, durchfichtig. Bruch mufchelig. Spaltbar, aber nicht deutlich. Schwach lichtbrechend. Härte $7\frac{1}{2}$—8. Spez. Gew.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

2,96—3,0. Vor dem Lötrohr unſchmelzbar und von Säuren nicht angreifbar. Er nimmt einen ſehr ſchönen Glanz nach dem Schleifen und Polieren an und wird in neuerer Zeit wie Diamant als Brillant geſchliffen und getragen. Vorkommen in Kolorado (Nordamerika), dann an der Tokowoia bei Katharinenburg (Ural), von wo er nach Niſhnij Nowgorod in Handel gelangt. *Leppla.*

Phenanthren, ſ. Teer.

Phenole, diejenigen aromatiſchen Verbindungen (ſ. d.), welche ſich von den Benzolkohlenwaſſerſtoffen durch Erſatz von Waſſerſtoff des Benzolkerns durch die Hydroxylgruppe ableiten und welche je nach der Anzahl der vorhandenen Hydroxylgruppen als ein- bezw. mehrwertige Phenole bezeichnet werden.

Das niedrigſte Phenol, das Benzophenol oder Phenol ſchlechthin, beſitzt demnach die Formel $C_6H_5 \cdot OH$. Die Phenole beſitzen ſchwach ſauern Charakter, indem der Waſſerſtoff der Hydroxylgruppe durch Metalle, beſonders Alkalimetalle, durch Alkohol- und Säureradikale erſetzt werden kann. Techniſch von hervorragender Wichtigkeit iſt die Fähigkeit der Phenole, ſich mit Diazoverbindungen zu Azo- und Disazofarbſtoffen zu vereinigen, ſowie die Bildung der Phthaleinfarbſtoffe beim Verſchmelzen der Phenole mit Phthalſäureanhydrid (ſ. Farbſtoffe, künſtliche organiſche) und die Entſtehung der Salizylſäure aus Phenolnatrium und Kohlendioxyd (ſ. Salizylſäure). — Verſchiedene Phenole ſind im Pflanzenreich aufgefunden worden. Im tieriſchen Organismus werden eine Reihe von aromatiſchen Verbindungen, wie Benzol, Brombenzol, Anilin u. ſ. w., zu Phenol bezw. ſubſtituierten Phenolen oxydiert, welche dann durch den Harn als Phenolſchwefelſäuren ausgeſchieden werden. Ferner entſtehen Phenole bei der trockenen Deſtillation von Holz, beſonders Buchenholz, Torf, Braunkohlen und Steinkohlen; ſie finden ſich daher in den Teerölen und beſonders in den als Karbolöl (ſ. d.) bezeichneten Fraktionen. Die Phenole werden denſelben durch Schütteln mit Alkalilauge entzogen, dann aus der erhaltenen alkaliſchen Löſung mit Säuren wieder abgeſchieden und durch Deſtillation gereinigt. Von den zahlreichen Darſtellungsmethoden der Phenole intereſſiert hier nur die techniſch wichtige der Verſchmelzung der aromatiſchen Sulfoſäuren mit Aetzkali, welche von Kekulé und von Würtz und Dufart unabhängig voneinander im Jahre 1867 aufgefunden worden iſt: $C_6H_5 \cdot SO_3K + KOH = C_6H_5 \cdot OH + K_2SO_3$. Die Operation wird in eiſernen Keſſeln ausgeführt, das Phenol aus der in Waſſer gelöſten Schmelze in Freiheit geſetzt und durch Deſtillation gereinigt. — Das Benzophenol, Phenol, Karbolſäure $C_6H_5 \cdot OH$, ſchmilzt bei 43°, ſiedet bei 183° und hat das ſpez. Gew. 1,084. Das reine Phenol kriſtalliſiert in farbloſen, langen Prismen, welche einen charakteriſtiſchen Geruch und einen brennenden Geſchmack beſitzen, antiſeptiſch und in größeren Mengen ſtark giftig wirken. Das käufliche Phenol bildet eine farbloſe, kriſtalliniſche Maſſe, welche ſich an der Luft allmählich rötlich färbt. In Waſſer löſt ſich das Phenol nicht leicht, leicht dagegen in Alkohol, Aether und Eiſeſſig. Mit Waſſerdämpfen iſt es flüchtig. Mit Brom entſteht ſymmetriſches Tribromphenol als gelblicher, pulveriger Niederſchlag ſogar aus verdünnten Löſungen; Eiſenoxydſalze färben neutrale Phenollöſungen violett. Das Phenol wird techniſch in großem Maßſtabe gewonnen zur Verwendung in der Farbinduſtrie ſowie wegen ſeiner antiſeptiſchen Eigenſchaften als Desinfektionsmittel und wird in der Pharmazie als Karbolſäure bezeichnet. Von höheren Phenolen ſeien die Oxytoluole, die Krefole $CH_3 \cdot C_6H_4 \cdot OH$ erwähnt, welche in drei Iſomeren vorkommen und namentlich im Buchenholzteer enthalten ſind. Ueber die Methyl-p-Iſopropylphenole $C_{10}H_{14}O$, das Carvacrol und das Thymol, ſ. Carvacrol. Da in den Phenolen die Waſſerſtoffatome des Benzolkerns durch Subſtituenten vertretbar ſind, ſo exiſtieren eine große Anzahl von Derivaten derſelben, wie die Halogen- und Nitrophenole, die Amidophenole, Phenolſulfoſäuren u. ſ. w.

Literatur: Beilſtein, Handbuch der organ. Chemie, 3. Aufl., Hamburg und Leipzig 1896, Bd. 2, S. 644 ff.; Schmidt, Organ. Chemie, II, Braunſchweig 1902. *(Kerp) Bujard.*

Phenylenblau, Phenylendiamin, ſ. Farbſtoffe, künſtliche organiſche, Bd. 3, S. 629.

Phenylpurpurſäure, ſ. Iſopurpurſäure.

Phiale, ſ. Fiale.

Phloxin (Floxin), ſ. Farbſtoffe, künſtliche organiſche, Bd. 3, S. 632.

Phonautograph, ein zum Aufzeichnen von Schallwellen dienender Apparat.

Ein paraboliſcher Schalltrichter aus Metallblech, vor deſſen weiter Oeffnung die Töne erzeugt werden, konzentriert die Wellen gegen eine über die engere Bodenöffnung geſpannte Membran. Letztere trägt an ihrer Außenſeite einen Stift, der die Schwingungen der Membran auf eine berußte Trommel zeichnet, die durch Drehung einer Kurbel am Stifte vorbeigeführt wird. Der Apparat iſt ein Vorläufer des Phonographen. *A. Schmidt.*

Phonograph. Der von Ediſon 1878 erfundene Phonograph iſt aus dem Phonautograph (ſ. d.) hervorgegangen. Er unterſcheidet ſich dadurch von dieſem, daß er nicht zur Uebertragung der Schallwellen in eine ſichtbare, die Wellenformen charakteriſierende Schrift dient, ſondern zu einer mechaniſchen Fixierung dieſer Wellen, die deren Wiedererzeugung ermöglicht.

Die Membran des Schalltrichters drückt mittels zwiſchengeſchalteter Dämpfer aus Kautſchuk gegen einen federnden Hebel, der den kurzen, ſtumpfen Schreibſtift trägt. Die Trommel trägt eine ſchraubenförmig ſie umziehende Rinne von derſelben Ganghöhe wie die ſchraubenförmige Achſe, ſo daß bei jeder Umdrehung ſich die Trommel der Länge nach um einen Schraubengang verſchiebt. Ein über die Trommel gelegtes Stanniolblatt wird von dem Schreibſtift beim Drehen der Trommel in die Rinne eingedrückt, ſo, daß die Tiefe des Eindrucks mit den Schwingungen

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

der Membran veränderlich ist. Bei Reproduktion des Phonogramms wird der Stift wieder durch Drehen der Trommel über die Vertiefungen des Stanniolblattes weggeführt und dadurch die Membran des Schalltrichters in Schwingungen versetzt, die sich auf die Luft übertragen. Statt des Stanniols wendet Edison jetzt eine aus Wachs und Harzen bestehende Trommel an, in welche die Schrift durch einen kleinen hohlmeißelförmigen Stift eingedrückt wird, während zur Reproduktion ein kugelig abgerundeter Stift verwendet wird. Weiteres s. [1].

Bei dem Grammophon, z. B. dem von Berliner (Grammophonfabrik von Kämmer, Reinhardt & Co. in Waltershausen), findet die Aufnahme des Phonogramms auf einer mit Aetzgrund überzogenen Zinkplatte statt, die nachher durch Aetzung eine sehr dauerhafte Schrift erhält. Nur die zur Reproduktion, nicht die zur Aufnahme dienenden Apparate kommen zum Verkauf.

Als Megaphon bezeichnet man ein mit starker Lautverstärkung tönendes Grammophon. Das Megaphon von G. Laudet, verfertigt von Goumont & Co. [2], beruht auf der Entdeckung des Engländers Porter, daß eine in eine Bunsenflamme, besonders in deren heißesten Teil, gehaltene tönende Stimmgabel infolge der so bewirkten stoßweisen Verbrennung des Gases eine starke Tonverstärkung hören läßt. Bei Laudets Apparat wird das Gas vor dem Brenner durch eine Kapsel geleitet, in der durch den die Photophonscheibe berührenden Stift eine Zunge derart in schwingende Bewegung versetzt wird, daß das Gas unter abwechselnden Verstärkungen und Schwächungen des Drucks dem Brenner zuströmt. Der Ausschlag der schwingenden Zunge und damit die Tonstärke sind regulierbar.

Literatur: [1] Frick-Lehmann, Physikal. Technik, Braunschweig 1895, Bd. 2, S. 95. — [2] La Nature 1906, 34, S. 412. *A. Schmidt.*

Phonolith (Klingstein), vorwiegend aus Sanidin, Nephelin und Augit zusammengesetztes, meist etwas porphyrisches, grünlich- oder hellgraues Gestein.

Nebensächliche, aber charakteristische Gemengteile sind noch Leucit, Hauyn, Nosean, Hornblende, Titanit, Magnetit, Apatit u. s. w. Die Gesteine werden verhältnismäßig leicht von Säuren angegriffen und zersetzt. Verwendung eine geringe, fast nur für Kleinschlag. Für Pflasterung eignet er sich wegen der schieferigen und platten Absonderung und starken Klüftung sowie der geringen Härte und des kleinen Korns wegen wenig. Sehr dünn spaltende Phonolithe werden in Frankreich (Mt. Dore) zur Dachdeckung benutzt. — Phonolithtuffe sind zumeist aus Trümmermaterial von Phonolith und andern Auswurfsmassen bestehende geschichtete und meist auch schichtig wechselnde, hellgraue Gesteine. — Durch einen wesentlichen Gehalt an kleinen Leuciten zeichnen sich einige Phonolithe (Leucitphonolithe) der Eifel aus. Sie dienen, weil verhältnismäßig leicht schmelzbar, reich an Alkalien, als Zuschlag bei der Erzeugung von farbigem Flaschenglas. Mit der Eruption des Leucitphonolithes in Verbindung steht hier die Bildung von weißen bimssteinreichen Tuffen (Leucitphonolithtuffen), die bei Weibern den in der Hochbautechnik so viel verwendeten Weiberstein oder Weiberner Tuffstein liefern. *Leppla.*

Phonolithlack, Gemisch aus 40 Teilen Harz, 20 Teilen Paraffinöl und 40 Teilen Bolus, zum Anstreichen von Pappedächern.

Phoronomie, s. Geometrie.

Phosgenit, s. v. w. Bleihornerz (s. d.).

Phosphate. Die Salze der drei verschiedenen Phosphorsäuren bezeichnet man als Phosphate, und zwar je nach der Phosphorsäure, von der sie sich ableiten, als Ortho-, als Pyro- oder als Metaphosphate.

Da die Orthophosphorsäure eine dreibasische Säure ist, so hat man drei Reihen von Orthophosphaten, primäre (auch zweifachsaure genannte, RH_2PO_4), sekundäre (einfachsaure, R_2HPO_4) und tertiäre (neutrale, R_3PO_4) zu unterscheiden. Von den Pyrophosphaten sind nur sekundäre ($R_2H_2P_2O_7$) und quartäre ($R_4P_2O_7$) Salze bekannt, während die Metaphosphorsäure als einbasische Säure nur eine Reihe von Salzen (RPO_3) liefert. Von der Pyro- und Metaphosphorsäure sind auch noch eine Reihe polymerer Salze bekannt.

Die natürlich vorkommenden Phosphate sind mit wenigen Ausnahmen Salze der Orthophosphorsäure, so Apatit, Phosphorit, Vivianit, Wawellit, Pyromorphit, Kallait (Türkis) u. a. m. Durch die Verwitterung von phosphathaltigen Gesteinen gelangen die phosphorsauern Salze in den Erdboden, welcher sie wieder in Form löslicher saurer Phosphate an Pflanzen abgibt. Durch Genuß dieser Pflanzen werden die Phosphate von dem tierischen Körper aufgenommen, in welchem sie sich zum Teile in den Knochen ablagern. Ein andrer Teil verläßt den Tierkörper mit den Exkrementen, welche ihres Phosphorsäuregehaltes wegen als Düngemittel sehr geschätzt werden (s. a. Guano, Guanophosphate und Phosphorsäuredünger). Die Phosphate finden verschiedene Verwendung. Die Knochen, die zur Hauptsache aus $Ca_3(PO_4)_2$ bestehen, werden auf Phosphor verarbeitet. Der Phosphorit und der Guano sind ausgezeichnete Düngemittel, ebenso die phosphatreiche Schlacke, welche beim Verhütten von Eisenerzen, die basische Phosphate enthalten, nach dem Thomas-Gilchrist-Verfahren abfällt. *(Kauffmann) Rathgen.*

Phosphin, s. Farbstoffe, künstliche organische, Bd. 3, S. 633.

Phosphor *P*, Metalloid, Atomgew. 31,0, kommt in der Natur vornehmlich in Form von Phosphaten (Apatit, Phosphorit u. a. und Guano) vor, ferner als Nebenbestandteil vieler Eisenerze und in anorganischen und organischen Substanzen der Pflanzen und Tiere (Knochen, Muskeln, Gehirn u. s. w.).

Der Phosphor wird aus den zur Entfernung der organischen Verbindungen weißgebrannten Knochen oder aus den mineralisch vorkommenden Phosphaten hergestellt, indem das durch

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Behandlung mit Schwefelfäure gewonnene Monocalciumphosphat (1.) durch Erhitzen in Calciummetaphosphat (2.) übergeführt und dieſes nach dem Miſchen mit Kohle der Rotglut ausgeſetzt wird (3.).

1. $Ca_3(PO_4)_2 + 2\,H_2SO_4 = CaH_4(PO_4)_2 + 2\,CaSO_4$
2. $CaH_4(PO_4)_2 = Ca(PO_3)_2 + 2\,H_2O$
3. $3\,Ca(PO_3)_2 + 10\,C = 4\,P + Ca_3(PO_4)_2 + 10\,CO.$

Während hierbei nur zwei Drittel des Phosphors gewonnen werden, läßt ſich eine größere Ausbeute erzielen, wenn die Reduktion bei höherer Temperatur und bei Zugabe von Quarz geſchieht.

$$2\,Ca(PO_3)_2 + 10\,C + 2\,SiO_2 = 4\,P + 2\,CaSiO_3 + 10\,CO.$$

Das bei dem Aufſchließen (1.) mit Schwefelſäure entſtehende Gemenge von Monocalciumphosphat und Gips wird auch als Düngemittel (ſogenanntes Superphosphat) benutzt. Die Reduktion durch Erhitzen mit gekörnter Holzkohle geſchieht entweder in feuerfeſten Retorten oder neuerdings häufiger im elektriſchen Ofen, in dem auch durch die hohe Temperatur nicht aufgeſchloſſenes Calciumphosphat direkt auf Phosphor verarbeitet werden kann.

$$2\,Ca_3(PO_4)_2 + 10\,C + 6\,SiO_2 = 4\,P + 6\,CaSiO_3 + 10\,CO.$$

Der überdeſtillierende Phosphor wird unter Waſſer in gekühlten Vorlagen aufgefangen und meiſtens durch Deſtillation gereinigt. Er kommt in den Handel in Form von Stangen oder von mehrere Kilogramm ſchweren Kegeln, und zwar unter Waſſer oder beſſer unter Glyzerin, da Waſſer durch Gefrieren das Aufbewahrungsgefäß ſprengen kann. Vom Phosphor ſind drei allotrope Modifikationen bekannt.

1. **Gewöhnlicher weißer oder gelber Phosphor.** Er iſt in friſchem Zuſtand faſt farblos, durchſcheinend, von wachsartigem Ausſehen und wachsartiger Konſiſtenz; in der Kälte iſt er ſpröde. Spez. Gew. 1,83. Schmelzpunkt 44°. Siedepunkt 290°. In Waſſer und Alkohol faſt unlöslich, ſchwierig löslich in Aether, fetten und ätheriſchen Oelen, leicht löslich in Schwefelkohlenſtoff, Chloroform, Benzol, Chlorſchwefel. An der Luft leuchtet der friſche Phosphor im Dunkeln unter Bildung von Ozon und Ammoniumnitrit. Durch Reiben und Stoßen oder durch Erwärmen auf 60° entzündet er ſich an der Luft und verbrennt mit intenſiv gelbweißer Flamme zu Phosphorpentoxyd (P_2O_5). Läßt man die Löſung des Phosphors in Schwefelkohlenſtoff auf Filtrierpapier tropfen und freiwillig verdunſten, ſo hinterbleibt der Phosphor in ſo feinverteiltem Zuſtande, daß er in der innigen Berührung mit dem Sauerſtoff der Luft plötzlich entflammt. Salpeterſäure oxydiert den Phosphor zu Phosphorſäure; mit Chlor und Brom verbindet er ſich ſchon bei gewöhnlicher Temperatur unter Feuererſcheinung; mit Alkalihydroxyd gekocht, entſteht Phosphorwaſſerſtoff und unterphosphorigſaures Salz (RH_2PO_2). Er iſt ein ſtarkes Gift, das ſchon in Mengen von 0,1—0,2 g tödlich iſt; häufiges Einatmen feiner Dämpfe bewirkt die ſogenannte Phosphornekroſe, die beſonders Kiefer und Zähne der Arbeiter in den Zündholzfabriken ergreift.

2. **Roter Phosphor** entſteht bei längerem Erhitzen des weißen Phosphors auf 240—250°; bei höherer Temperatur verwandelt ſich der rote wieder in den gewöhnlichen, ebenſo beim Deſtillieren in indifferenten Gaſen wie Kohlenſtoffdioxyd. Der rote Phosphor iſt ein dunkelrotes amorphes Pulver von 2,1 ſpez. Gew. Er leuchtet nicht im Dunkeln, oxydiert ſich nicht an der Luft, entzündet ſich erſt bei 200°, iſt in den Löſungsmitteln des weißen Phosphors unlöslich und iſt nicht giftig. Beim Reiben entzündet er ſich nicht, dagegen explodiert er, wenn er mit Kaliumchlorat oder Superoxyden zuſammen gerieben wird.

3. **Der orangefarbene, hellrote Phosphor** wird durch Erhitzen von gewöhnlichem Phosphor in Phosphortribromid als voluminöſe, in Schwefelkohlenſtoff unlösliche und nicht giftige Maſſe erhalten.

Außer zur Herſtellung verſchiedener chemiſcher Produkte wird der weiße Phosphor als Rattengift (Phosphorlatwerge), werden alle drei Modifikationen des Phosphors in der Zündwarenfabrikation benutzt. In Deutſchland iſt jetzt die Verwendung des weißen Phosphors zu Zündhölzern verboten. Die jährliche Geſamtproduktion an Phosphor beträgt gegen 3000 t. Der Preis des weißen Phosphors beträgt etwa 3 ℳ, der des roten etwa 4 ℳ pro Kilogramm. Der weiße Phosphor wurde 1669 von Brandt in Hamburg, der rote 1845 von Schrötter in Wien entdeckt.

Literatur: Muspratts Chemie, 4. Aufl., Braunſchweig 1900, Bd. 7, S. 1; Wichelhaus, Vorleſungen über chemiſche Technologie, 2. Aufl., Berlin 1906, S. 262; Erdmann, Lehrbuch der anorganiſchen Chemie, 4. Aufl., Braunſchweig 1907, S. 339. *Rathgen.*

Phosphorcalcium, ſ. Calciumphosphid.

Phosphore (Leuchtſteine, Lichtmagnete), Körper, welche nach vorausgegangener Beſtrahlung mit Sonnenlicht oder anderm intenſivem Licht phosphoreſzieren. Dahin gehören vor allem der Diamant, ferner Schwefelcalcium (Balmainſche Leuchtfarbe), Schwefelbaryum, der Bologneſer Leuchtſtein (ſ. Baryumſulfuret).

Phosphoreſzenz, ſ. Lumineſzenz.

Phosphorete, Verbindungen des Phosphors mit Metallen.

Phosphorfeuerzeug, von Cogniard de la Tour erfundenes chemiſches Feuerzeug, bei welchem durch ein in einem Fläſchchen befindliches Phosphorpräparat ein eingetauchtes Schwefelhölzchen entzündet wird. *Häußermann.*

Phosphorglas, aus geſchmolzenem phosphorſauerm Kalk hergeſtelltes Glas, das ſich beſonders für Gefäße zur Aufbewahrung von Fluorwaſſerſtoff eignet.

Phosphorite, phosphatiſche Geſteine, die als Düngemittel bezw. zur Bereitung von Superphosphaten dienen (ſ. Phosphorſäuredünger). Die wich-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

tigsten derselben sind der echte Phosphorit oder Apatit (s. d.) und der Lahnphosphorit. *Weitz.*

Phosphorkupfer, s. Kupferphosphide.

Phosphoroskop, Apparat, den E. Becquerel herstellte, Ph. Lenard durch Verbindung mit dem Induktorium vereinfachte [1], um verschiedene Substanzen auf ihre durch Belichtung erregte, wenn auch nur sehr kurz dauernde Phosphoreszenz (Photolumineszenz) zu prüfen; s. Lumineszenz.

Literatur: [1] Wiedemanns Annalen 1892, 46, S. 637. *A. Schmidt.*

Phosphorsäureanhydrid (Phosphorpentoxyd, wasserfreie Phosphorsäure) P_2O_5, weiße, flockige Substanz, die aus der Luft begierig Wasser anzieht und zu einer sauern Masse zerfließt, die hauptsächlich aus Metaphosphorsäure, HPO_3, besteht. Auf Wasser geworfen, verbindet es sich mit ihm unter starker Erwärmung und Zischen. Es ist das beste Trockenmittel für Gase.

Phosphorsäuredünger sind von außerordentlicher Bedeutung als Düngemittel, wie schon aus dem Umstande genügend hervorgeht, daß einerseits Phosphorsäure in jeder Pflanze und in jedem Teile derselben enthalten, anderseits aber der Boden mehr oder weniger arm an Phosphorsäure ist. Sämtliche als Düngemittel in den Handel kommende Phosphate werden in bezug auf ihren Düngewert in basische und Superphosphate eingeteilt.

Die in der Natur vorkommenden Phosphate sind alle basische Phosphate, d. h. die in ihnen enthaltene Phosphorsäure hat mit Calcium, Eisen, Magnesium oder andern Basen gesättigte Salze gebildet. Diese phosphorsauern Salze sind aber in Wasser unlöslich und haben somit nur geringen Düngewert, weil die Pflanze nur lösliche Stoffe aufnehmen kann. Liebig schlug vor, die von der Natur gebotenen rohen unlöslichen Phosphate durch Behandeln mit Schwefelsäure in lösliche zu verwandeln. Dieses Verfahren nennt man Aufschließen und die so aufgeschlossenen rohen Phosphate Superphosphate. Trotzdem die Superphosphate drei- bis viermal teurer sind als die Rohphosphate, so ist doch ihre Verwendung in der Landwirtschaft bei weitem rationeller, und nur sie allein geben eine Garantie in bezug auf Schnelligkeit und Sicherheit der Wirkung. Bei längerem Lagern aber kann bei Gegenwart von Eisenoxyd oder Tonerde u. s. w. ein Teil dieser künstlich löslich gemachten Phosphorsäure wieder unlöslich werden, und man nennt deshalb diese Phosphorsäure zurückgegangene. Aus diesem Grunde eignen sich auch alle Rohphosphate, die genannte Substanzen enthalten, wie z. B. der Lahnphosphorit, nur sehr schlecht zur Darstellung von Superphosphaten. Noch ist die sogenannte präzipitierte Phosphorsäure, d. i. auf chemischem Wege gefällte Phosphorsäure, zu erwähnen; s. Kalk, phosphorsaurer.

Auch die rohen Phosphate werden schließlich von der kohlensäurehaltigen Bodenflüssigkeit aufgelöst; indes gehören dazu sehr große Wassermengen und eine sehr lange Zeit, so daß gerade die junge Pflanze, bei der es am wichtigsten ist, sie reichlich mit Nahrung zu versorgen, die Phosphorsäure noch nicht gelöst vorfindet. Außer der löslichen und unlöslichen Phosphorsäure ist noch die bodenlösliche zu nennen, d. h. eine Phosphorsäure, die in Wasser nicht wie die lösliche der Superphosphate aufgelöst wird, wohl aber (wenn auch in etwas längerer Zeit) von der Bodenflüssigkeit, worauf es doch schließlich im wesentlichen ankommt. Hierher ist die bereits erwähnte zurückgegangene Phosphorsäure zu zählen und diejenige, die in der Thomasschlacke (s. d.) enthalten ist. Von letzterer kommt daher im ersten Jahre nach Paul Wagner nur so viel zur Geltung, als ihrer Zitratlöslichkeit entspricht, und es muß daher zur Düngung das Quantum danach berechnet werden.

Deutschland konsumierte 1901 ca. 22000000 dz Phosphate, und zwar ca. 9000000 dz Superphosphat, ca. 10000000 dz Thomasmehl und ca. 3000000 dz sonstiger Phosphate.

Literatur: Wagner, P., Düngungsfragen, Heft I, Darmstadt 1894, Heft V, Berlin 1904; Weitz, Der landwirtschaftliche Raubbau, 3. Aufl., Berlin 1894; Wolff, Praktische Düngerlehre, 11. Aufl., Berlin 1889; Bersch, W., Moderne Landwirtschaft, Wien 1903. *Weitz.*

Phosphorsäuren (Knochensäuren), drei nahe miteinander verwandte chemische Verbindungen, von denen jede leicht in die andre übergeht.

Die gewöhnliche Phosphorsäure (Phosphorsäure schlechthin, Orthophosphorsäure, Dreibasische Phosphorsäure), H_3PO_4, bildet sich, wenn Phosphor mit Salpetersäure oxydiert und die überschüssige Salpetersäure abdestilliert wird. Sirupdicke, farblose, nicht giftige Flüssigkeit von stark sauerm Geschmack, die sich aus sehr konzentrierten Lösungen auch in Form prismatischer Kristalle abscheidet. Sie ist in Wasser in jedem Verhältnis löslich, fällt Eiweißlösung nicht, gibt mit Silbersalzen einen gelben Niederschlag und geht beim Erhitzen auf 220° unter Wasserabgabe in die Paraphosphorsäure (Pyrophosphorsäure, zweibasische Phosphorsäure), $H_4P_2O_7$, über. Diese unterscheidet sich von der vorigen Säure dadurch, daß sie mit Silbersalzen einen weißen Niederschlag liefert. Durch Erhitzen beider Phosphorsäuren auf 400° entsteht Metaphosphorsäure (einbasische Phosphorsäure), HPO_3, eine glasartige, in der Rotglut schmelzende und sich verflüchtigende Masse. Sie fällt Eiweiß und gibt mit Silbersalzen einen weißen Niederschlag. In wässeriger Lösung geht sie leicht in Pyro- und schließlich in Orthophosphorsäure über.

Phosphorsäuresalze, s. v. w. Phosphate (s. d.).

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Photochemie, die Lehre von den chemiſchen Wirkungen des Lichts, entwickelte ſich Hand in Hand mit der phyſikaliſchen Chemie, nahm aber erſt einen erheblichen Aufſchwung, als eine neue Technik, die Photographie und zahlreiche andre mit derſelben in Verbindung ſtehende Verfahren, aus derſelben erwuchſen.

Licht iſt eine Wellenbewegung des Aethers, eine beſondere Form von ſtrahlender Energie, zu welcher auch Strahlen elektriſcher Energie, Wärmeſtrahlen u. ſ. w. gerechnet werden. — Da Licht eine Art von Energie iſt, ſo gilt für dasſelbe auch der Satz von der Erhaltung der Energie, „daß die Energie ſich zwar der Form nach, nicht aber der Menge nach verändern kann“. Die Lichtenergie kann alſo in andre Formen von Energie übergeführt werden, z. B. beim Beſtrahlen von Ruß in Wärme, wobei Licht abſorbiert wird. — Mitunter kann aber Licht auch chemiſche Prozeſſe beeinfluſſen, wobei gleichfalls Licht abſorbiert und zur Auslöſung, Beſchleunigung oder Durchführung eines chemiſchen Prozeſſes verbraucht wird.

Die thermiſche und photochemiſche Wirkung des Lichts läuft nebeneinander und kann auseinander gehalten werden, z. B. wird Fehlingſche Löſung (Alkalikupfertartratlöſung) vom Spektrum ſo beeinflußt, daß chemiſche Reduktion zu Kupferoxydul im ultravioletten Teile herbeigeführt wird, im roten aber Wärmewirkung. Dagegen wird Cyanin, ein lichtunechter blauer Chinolinfarbſtoff, im roten und gelben Teil des Spektrums, wo er Licht abſorbiert, energiſch gebleicht, und es fällt thermiſche Abſorption und photochemiſche Wirkung auf denſelben Spektralbezirk.

Die Abſorption des Lichtes und Umwandlung in andre Energieformen hängt alſo von der Wellenlänge des Lichtes ab. — Das Licht kann nur dann auf einen Körper wirken, wenn es von demſelben abſorbiert wird. Das gab zuerſt Th. v. Grotthus an und bewies Draper für Silberſalze 1841, J. Herſchel für im Licht bleichende Blumenblätter. Dieſe ſind daher empfindlich für farbige Strahlen, welche ihrer Eigenfarbe komplementär ſind, denn ſie werden eben von den farbigen Blüten abſorbiert. — H. W. Vogel wies nach, daß nicht nur die Abſorption der lichtempfindlichen Stoffe ſelbſt, ſondern auch die Abſorption beigemengter Stoffe, namentlich Farbſtoffe, eine wichtige Rolle ſpielt. Bromſilber, ſonſt nur empfindlich für Blau und Violett ſowie Ultraviolett, wenig für Grün, Gelb und Rot, wird für dieſe Strahlen durch Färbung mit Rot, Gelb und Grün abſorbierenden Farbſtoffen empfindlich. So gelingt es jetzt, Bromſilber (auch Chlorſilber) für jede beliebige, ſonſt auf Bromſilber unwirkſame Farbe empfindlich zu machen. Darauf beruht die orthochromatiſche Photographie (Orthochromaſie, ſ. d.). Auch bei andern lichtempfindlichen Körpern ſpielt das Vogelſche Prinzip eine Rolle.

Bei den meiſten photographiſchen Prozeſſen wirkt das Licht beſchleunigend auf ſolche chemiſche Reaktionen, welche auch ohne Lichtwirkung von ſelbſt allerdings in viel längerer Zeit eintreten (z. B. bei Chromatgelatine, Ferrioxalat). Oſtwald vergleicht dieſe Art der Lichtwirkung mit der Katalyſe, bei welcher die Geſchwindigkeit einer Reaktion durch Gegenwart eines Stoffes, welcher ſich ſelbſt an der Reaktion nicht beteiligt, beeinflußt (erhöht) wird.

Das für die ſichtbaren optiſch hellen Strahlen erwieſene Geſetz der Abnahme der Lichtintenſität mit dem Quadrate der Entfernung der Lichtquelle gilt auch für die chemiſch wirkſamen Strahlen. Dieſer Satz iſt von Bunſen und Roscoe für das Chlorknallgasphotometer und neuerdings von Eder auch für Bromſilbergelatine experimentell nachgewieſen worden; auch für die Zerſetzung der Kohlenſäure durch grüne Pflanzen unter dem Einfluſſe des Lichtes iſt das „Entfernungsgeſetz“ annähernd gültig befunden worden (Wolkow und v. Tieghem). — Wenn alſo beiſpielsweiſe eine beſtimmte Fläche bei ſenkrechtem Lichteinfalle von einer Lichtquelle um den fünffachen Abſtand entfernt iſt, ſo wirkt das Licht nur mehr mit dem 25. Teil ſeiner urſprünglichen Intenſität darauf ein. Bei photographiſchen Prozeſſen wird man in letzterem Falle 25 mal länger belichten müſſen, um annähernd denſelben photographiſchen Effekt zu erzielen; jedoch finden Abweichungen von dieſer einfachen Regel (Reziprozitätsregel) ſtatt; wenn auch die chemiſch wirkſamen Lichtſtrahlen dem Entfernungsgeſetze gehorchen und ihre Intenſität mit dem Quadrat der Entfernung abnimmt, ſo bleibt der chemiſche Effekt der relativ wenig hellen Strahlen häufig merklich hinter jenem Effekt zurück, welchen man proportional der abnehmenden Lichtintenſität erwarten würde.

Faſt alle Stoffe ſcheinen mehr oder weniger lichtempfindlich zu ſein, teils für ſich, teils in Berührung mit andern (ſ. a. Senſibiliſatoren). Selbſt das Glas iſt in hohem Grade lichtempfindlich, am ſtärkſten manganhaltige Gläſer, welche im Licht (ebenſo unter dem Einfluß der Radiumſtrahlen) violett werden. — In zahlreichen Fällen bringt das Licht eine dem Auge unmittelbar wahrnehmbare chemiſche Veränderung hervor (Schwärzung von Silberſalzen, Bräunung von Bichromaten auf Papier im Lichte u. ſ. w.), was man dann direkte Lichtwirkung nennt; die auf dieſe Weiſe entſtehenden photographiſchen Bilder nennt man direkte Lichtbilder (direktes photographiſches Kopierverfahren). Die hierbei auftretende ſichtbare Veränderung der lichtempfindlichen Subſtanz iſt durch die chemiſche Analyſe quantitativ zu beſtimmen (Uebergang von weißem Chlorſilber in dunkles Silberſubchlorid, Reduktion der Chromate zu braunem Chromdioxyd u. ſ. w.). — Gewiſſe Silberverbindungen (*AgJ, AgBr, AgCl*) und Queckſilberverbindungen verändern ſich bei ſehr kurzer Belichtung in keinerlei direkt ſichtbarer Weiſe, trotzdem ſie minimal chemiſch oder phyſikaliſch verändert wurden. Dieſe Lichtwirkungen ſind ſo gering, daß ſie durch die quantitative chemiſche Analyſe nicht nachgewieſen werden können; es iſt aber ein verborgenes Lichtbild (latentes Lichtbild) vorhanden, welches ſich insbeſondere durch erhöhte Reduzierbarkeit der belichteten Silberverbindung gegen Reduktionsmittel äußert. Dieſe Reduktionsmittel (Eiſenſalz, Pyrogallol, Hydrochinon u. ſ. w.) müſſen ſo gewählt werden, daß ſie das unbelichtete Silberſalz nicht, dagegen das belichtete ſtark zu metalliſchem Silber reduzieren; dann wird das latente Lichtbild

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

deutlich ſichtbar werden („hervorgerufen“ oder „entwickelt“). Die „Entwicklung“ der latenten Lichtbilder kann auch durch Einwirkung von Dämpfen erfolgen, welche ſich auf die belichteten Stellen ſtärker kondenſieren als auf die nicht belichteten, worauf das Prinzip der Daguerreotypie (Entwicklung mit Queckſilberdampf) beruht. Die Entwicklungsvorgänge ſind für die angewandte Photographie von höchſter Wichtigkeit.

Das Licht kann verſchiedene Arten von chemiſchen Reaktionen beeinfluſſen. — Es kann allotropiſche Aenderungen verurſachen, z. B. bleibende Modifikationsänderung von gelbem in roten Phosphor, von Schwefel, Selen, Sauerſtoff u. a. — Die elektriſche Leitfähigkeit des Selens wird beim Belichten erhöht. Dies ſpielt eine große Rolle in der Lichttelegraphie. Nur gewiſſe Modifikationen des Selens ſind lichtempfindlich. Hört die Belichtung auf, ſo wird der alte große Leitwiderſtand von ſelbſt wiederhergeſtellt. Es tritt wahrſcheinlich temporäre Diſſoziation oder Ioniſierung der Selenmolekel auf. — Während beim Belichten des Selens ſehr verwickelte, zum Teil noch nicht ganz ſichergeſtellte Vorgänge auftreten, liegt dies beim Sauerſtoff einfacher. — Ozon entſteht aus Sauerſtoff nicht nur durch elektriſche Entladung, ſondern auch durch ultraviolettes Licht, wobei ein gewiſſer Gleichgewichtszuſtand zwiſchen O_2 und O_3 eintritt. — Wird feuchte atmoſphäriſche Luft von ultravioletttem Sonnenlicht durchſtrahlt, ſo bilden ſich Ozon und ſogenannte Nebelkerne, indem wahrſcheinlich freie Gasionen entſtehen, welche zur Erklärung der meteorologiſchen Nebelbildung wichtig geworden ſind. Hierbei wird der Energieinhalt des Sauerſtoffes vergrößert und dabei die Anzahl der Atome im Moleküle von zwei auf drei vermehrt, es findet alſo gewiſſermaßen eine Polymeriſation ſtatt. Die Photopolymeriſation iſt namentlich für die organiſche Chemie wichtig geworden, ſo z. B. werden Zimtſäure, Styrol, viele Kohlenwaſſerſtoffe im Licht polymeriſiert, eine Löſung von Anthracen in Aniſol (Siedepunkt 152° C.), trübt ſich am Lichte unter Ausſcheidung von unlöslichem Dianthracen:

$$\underset{\text{Anthracen}}{2\,C_{14}H_{10}} \underset{\text{Dunkel}}{\overset{\text{Licht}}{\rightleftarrows}} \underset{\text{Dianthracen.}}{C_{28}H_{20}}$$

Es tritt allmählich ein Gleichgewichtszuſtand ein, den Luther genau unterſuchte. Nach dem Aufhören der Belichtung bildet ſich allmählich wieder Anthracen zurück. Das hierbei ſich einſtellende photochemiſche Gleichgewicht iſt verſchieden von den Dunkelgleichgewichten. — Damit Dunkelgleichgewicht unverändert beſtehen bleibt, iſt kein dauernder Aufwand an Energie erforderlich, vorausgeſetzt, daß alle Energieverluſte nach außen vermieden ſind. Anders iſt es bei den photochemiſchen Gleichgewichten. Hier muß dauernd Licht zuſtrahlen, damit der Zuſtand keine Aenderung erleidet. Sobald wir den Lichtzutritt hemmen, kehrt unſer Gemenge allmählich unaufhaltbar wieder in ſeinen urſprünglichen Zuſtand zurück. Die Aufrechthaltung eines derartigen Dauerzuſtandes iſt alſo kauſal mit einem dauernden Verbrauch der einſtrahlenden Lichtenergie verknüpft.

Als Photoiſomeriſation gibt Ciamician die Umwandlung des Nitrobenzaldehydes in Nitroſobenzoeſäure an:

$$\underset{\text{Nitrobenzaldehyd}}{\begin{matrix} C_6H_4NO_2 \\ | \\ CHO \end{matrix}} \longrightarrow \underset{\text{Nitroſobenzoeſäure.}}{\begin{matrix} C_6H_4NO \\ | \\ COOH \end{matrix}}$$

Solche Photoiſomeriſationen ſind in größerer Zahl durch die Unterſuchungen von Ciamician und Silber u. a. bekanntgemacht worden.

Das Licht bewirkt häufig Reduktion und Oxydation. Kaliumbichromat auf Papier oder gemiſcht mit Leim gibt beim Belichten Chromdioxyd, indem die Tendenz herrſcht, daß Chromſäure zu Chromdioxyd oder Chromichromat reduziert wird ($K_2Cr_2O_7 = K_2CrO_4 + CrO_2 + O$), welches braun iſt und Gelatine gerbt, jedoch beim Waſchen mit Waſſer allmählich Chromſäure abgibt und baſiſche Chromichromate bildet. Dieſer Prozeß geht auch im Finſtern vor ſich, braucht aber monate- oder wochenlang. — Das Licht beſchleunigt den Prozeß gleichſam als Katalyſator.

Viele photochemiſche Reaktionen ſind Ionenreaktionen; z. B. die Zerſetzung von wäſſeriger Jodwaſſerſtoffſäure, Chlorwaſſer u. ſ. w. am Lichte. Chlorwaſſer gibt im Lichte Salzſäure und Sauerſtoff als Hauptzerſetzungsprodukte:

$$\underset{\text{Chlorwaſſer}}{2\,Cl_2 + 2\,H_2O} = 4\,HCl + O_2$$

oder, als Ionengleichung geſchrieben,

$$2\overset{+}{H} + 2\overset{-}{OH} + 2\,Cl_2 = 4\overset{+}{H} + 4\overset{-}{Cl} + O_2.$$

Es findet alſo unter dem Einfluſſe des Lichtes eine Uebertragung der elektriſchen Ladungen in elektrolytiſch diſſoziierten Körpern ſtatt. — Auch die große Lichtempfindlichkeit der Gemiſche von Ferri- oder Merkuriſalzen mit Oxalſäure gehört hierher. Gemiſche konzentrierter Löſungen von Queckſilberchlorid und Oxalſäure geben belichtet Ausſcheidungen von Queckſilberchlorür, während die Oxalſäure zu Kohlenſäure oxydiert wird. Die Lichtempfindlichkeit der Ferrioxalate, welche in der Lichtpauſerei (ſ. Lichtpauſen) und im Platindruck (ſ. d.) eine ſo große Rolle ſpielt, zählt gleichfalls zu dieſer Art. — Das Licht beſchleunigt ferner in vielen Fällen die Oxydation von Fetten, Harzen, ätheriſchen Oelen, unedeln Metallen u. ſ. w.

Der Sauerſtoff wird bei Gegenwart gewiſſer fremder Subſtanzen „aktiv“, d. h. reaktionsfähiger und erhält ſtärker oxydierende Eigenſchaften. — Die geſteigerte oxydierende Wirkung des Sauerſtoffs unter dem Einfluß des Lichtes iſt in vielen Fällen nachweislich an die Gegenwart von Waſſer gebunden; z. B. geben Aether und Waſſer bei Gegenwart von Sauerſtoff reichlich Waſſerſtoffſuperoxyd, ja ſogar reines Waſſer, das mit etwas Schwefelſäure angeſäuert iſt, bildet bei Gegenwart von Luft im Sonnenlichte etwas Waſſerſtoffſuperoxyd (Richardſon). Es ſcheint alſo die Bildung von Waſſerſtoffſuperoxyd bei photochemiſchen

Oxydationsprozeſſen als primäre oder ſekundäre Sauerſtoffübertragung eine Rolle zu ſpielen, wie z. B. die Photooxydationen bei der Desinfektion offener Gewäſſer durch das im Lichte gebildete Waſſerſtofffuperoxyd.

Bemerkenswert iſt auch die Oxydation der Leukobaſen von Farbſtoffen (Groß, König) durch Belichtung: wird wäſſerige Rhodaminlöſung mit Eſſigſäure und Zinkſtaub zur farbloſen Leukobaſe reduziert, mit Aether ausgeſchüttelt, die ätheriſche Löſung mit Kollodium gemiſcht und auf Papier aufgetragen und dieſes nun elektriſchem Bogenlicht ausgeſetzt, ſo wird die farbloſe Leukobaſe raſch gerötet. Es wirkt komplementäres Licht. Es iſt bemerkenswert, daß bei der älteſten photochemiſchen Reaktion, die man in der Geſchichte kennt, nämlich bei der Entſtehung des Purpurfarbſtoffes aus dem gelblichen Safte der Purpurſchnecke, das Licht eine ähnliche Rolle ſpielt, indem die Bildung des Purpurfarbſtoffes durch Licht begünſtigt wird.

Der Aſphalt wird in dünnen Schichten durch Oxydation im Lichte ſo verändert, daß er ſeine Löslichkeit in Terpentinöl verliert (Verwendung in der Photozinkotypie und der Photolithographie, ſ. Aſphaltphotographie).

Holzſchliff bräunt ſich im Lichte; man kann ſo Photographien auf Holzſchliffdeckel oder ordinärem Schreibpapier herſtellen (braun auf hellem Grund); hierbei wirkt violettes und ultraviolettes Licht beſonders ſtark.

Eine 2prozentige Jodoform-Chloroformlöſung (Hardy & Willcockſche Löſung) ſcheidet bei Sauerſtoffzutritt Jod im Lichte aus; dieſelbe reagiert ganz analog gegen Licht-, Wärme-, Röntgen- und Becquerelſtrahlen. Dieſe Reaktion wird von Leopold Freund in Wien als chemiſches Maß für die Intenſität der Röntgenbeſtrahlung in der Röntgentherapie benutzt. Bei dieſem Prozeſſe bewirkt die Photooxydation Dunkelfärbung; viel häufiger aber als dieſe und die Reſtituierung von Farben (ſ. oben, Leukobaſen) ſind Ausbleichphänomene (bei lichtunechten Farbſtoffen, die zu ſogenannten Ausbleichbildern [Neuhauß, Szczepanik, Worel] photographiſch verwendet werden können). Photochromien auf Silberchlorid (Papierbilder) entſtehen nach dem Prinzip des Ausbleichverfahrens (Wiener), während Lippmanns Photochromie durch Interferenzerſcheinungen (Scheinfarben) zuſtande kommt; ſ. Photographie.

Gehen wir nun zum bekannten photographiſchen Prozeß über, und zwar zum photochemiſchen Schwärzungsprozeß des Chlorſilbers, wobei ſich Silberſubchlorid und im weiteren Verlaufe ſogar metalliſches Silber bildet. Derſelbe iſt eine photochemiſche Spaltung, wobei das Licht in dieſem Falle den Molekularkräften entgegenwirkt:

$$2\,AgCl \rightleftharpoons Ag_2Cl + Cl \quad \text{oder} \quad AgCl \longrightarrow Ag + Cl.$$

Chlorſilber — Silberſubchlorid

Wärme allein kann dieſen Prozeß nicht herbeiführen. Die Abſpaltung von Chlor aus Chlorſilber wird experimentell mit elektriſchem Bogenlicht durchgeführt und mittels Jodkaliumſtärkepapier nachgewieſen. In ein größeres Pulverglas wird feuchtes Chlorſilber hineingebracht und zwiſchen Stöpſel und Hals des Pulverglaſes ein in das Innere des Gefäßes tauchendes Jodkaliumſtärkepapier befeſtigt. Belichtet man mit elektriſchem Licht, ſo färbt ſich das Jodkaliumſtärkepapier in kurzer Zeit durch das frei werdende Chlor blau. Feuchtes Chlorſilber ſchwärzt ſich raſcher als trockenes, weil Waſſer als Senſibiliſator wirkt. Setzt man das Chlorſilber in geſchloſſenen Röhren dem Lichte aus, ſo wird ſich Chlor im Rohr anhäufen. Sobald ein gewiſſer Druck erreicht iſt, ſchreitet der Schwärzungsprozeß nicht weiter fort (Gleichgewichtszuſtand, der vom Druck des Chlors und der Intenſität des Lichtes abhängt). Würde man das frei werdende Chlor entfernen, ſo würde die Schwärzung im Lichte befördert werden. Schließt man Chlorſilber mit Chlorgas in Röhren ein, ſo vermag ſchwaches Licht beim Atmoſphärendruck nicht zu ſchwärzen, wohl aber Sonnenlicht, wenn auch ſchwach; hört die kräftige Belichtung auf, ſo wird das Chlorſilber wieder weiß.

Bromſilber iſt in verſchiedenen Modifikationen verſchieden empfindlich. Aeußerſt lichtempfindlich ſind Verbindungen des an und für ſich hochempfindlichen körnigen Bromſilbers mit Gelatine bei nachfolgender Hervorrufung. In der Bromſilbergelatine haben wir ein empfindliches Reagens auf Lichtenergie (0·02 S. M. K.). Es ſchwärzt ſich nicht ſo intenſiv im Lichte als Chlorſilber, aber es ergibt bei kurzer Belichtung ein ſogenanntes latentes Lichtbild; man ſagt, das Bromſilber wird „aktiv“ gegen Entwickler. Die Natur des durch Licht „aktiv“ gewordenen Bromſilbers oder des latenten Bromſilberbildes iſt ſchwer zu erforſchen, weil Bromſilber auf mannigfache Reize ganz ebenſo wie gegen Licht reagiert (Analogie mit Jodoform), z. B. auf ſtille elektriſche Entladungen, auf mechaniſchen Druck, auf Berührung mit Hölzern, Metallen (Photechie). Die Schwärzung durch Holz ſoll mit der Oxydation von Harz oder ätheriſchen Oelen und Okkluſion des hierbei entſtehenden Waſſerſtofffuperoxyds (Ruffell) zuſammenhängen, welch letzteres ſelbſt in Verdünnung von weit unter einem milliontel Prozent das Bromſilber gegen Entwickler aktiv macht, bezw. von Ozon herrühren, das ſich unter gewiſſen Umſtänden im Lichte bildet (Blaas & Czermak). Jedoch iſt es nicht ausgeſchloſſen, daß, wie andre Forſcher annehmen, eine Art von Strahlung vorliegt. Es gibt alſo viele Reize, auf welche die Bromſilbergelatine durch geſteigerte Reduzierbarkeit in ſogenannten photographiſchen Entwicklern (ſtarken Reduktionsmitteln) reagiert. Im normalen photographiſchen latenten Lichtbild nimmt man mit großer Wahrſcheinlichkeit die Entſtehung eines Subbromids des Silbers an, d. h. die chemiſche Veränderung des Bromſilbers durch Abſpaltung kleiner Mengen Brom. Ein einfaches Fundamentalexperiment ermöglicht den Nachweis, daß Bromſilber im latenten Lichtbilde eine chemiſche Veränderung erlitten hat. Während unverändertes Bromſilber glattweg von Fixiernatron (Natriumthioſulfat) gelöſt (fixiert) wird und kein entwicklungsfähiger Reſt zurückbleibt, widerſteht das latente Lichtbild dem Fixieren. Man kann bekanntlich eine Bromſilberplatte belichten, dann fixieren, wonach eine glasblanke Schicht ohne ſichtbare Bildſpur zurückbleibt, und dann mit Metol-Silbernitrat-Zitronenſäurelöſung entwickeln. Es iſt alſo die Bildſubſtanz, das latente Lichtbild, ein chemiſch verändertes Bromſilber. Wahrſcheinlich iſt es Silberſubbromid,

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

weil es der Einwirkung von Salpeterſäure viel beſſer als Silbermetall widerſteht, vielleicht aber auch eine feſte Löſung von Silber in Bromſilber. Bromſilber iſt hauptſächlich für blaue, violette und ultraviolette Strahlen empfindlich. Gewiſſe Farbſtoffe ſenſibiliſieren das Bromſilber für Rot, Gelb und Grün. Man faßt die Wirkung der Farbenſenſibiliſierung als optiſche Reſonanzerſcheinung auf, die ſich vom Lichte auf den abſorbierenden Farbſtoff und von dieſem auf das Bromſilber überträgt. Farbſtoffe, welche das Bromſilber vermöge ihrer ausgedehnten Lichtabſorption annähernd für das ganze ſichtbare Spektrum ſenſibiliſieren, benutzt man zur Herſtellung panchromatiſcher Platten, z. B. Iſocyanine (Aethylrot von Miethe, Pinachrom und Pinacyanol von König). Solche Platten haben für die orthochromatiſche Photographie und den Dreifarbendruck enorme Bedeutung erlangt.

Wir wollen nunmehr einige Schlußfolgerungen aus den gegenwärtig erforſchten Gebieten der Photochemie ziehen: Bei den photochemiſchen Prozeſſen gibt es ebenſo wie bei andern chemiſchen Vorgängen vollſtändige und unvollſtändige und umkehrbare Reaktionen, Iſomeriſation und Polymeriſation. Die Reaktionen folgen in der Regel den Geſetzen der chemiſchen Maſſenwirkung. Es vermag Licht jeder Strahlenart chemiſche Reaktionen zu beeinfluſſen, je nach der Beſchaffenheit des belichteten Körpers. Photochemiſche Prozeſſe können ebenſo wie andre chemiſche Reaktionen endotherm, unter Bindung von Wärme, oder exotherm, unter Freiwerden von Wärme, erfolgen. Die wichtigſte endotherme Lichtreaktion iſt der Aſſimilationsprozeß der Kohlenſäure der Luft durch die Pflanzen, wobei dieſelbe in Kohlenſtoff und Sauerſtoff geſpalten wird. Die ſtrahlende Energie des Sonnenlichtes wird dadurch in den Pflanzen bei ihrem Wachstum aufgeſpeichert und beim Verbrennen, z. B. des Holzes, als Wärme wieder abgegeben. Auch die Schwärzung des Chlorſilbers im Lichte iſt endotherm, d. h. die Lichtenergie leiſtet chemiſche Arbeit und ſpeichert gebundene Energie im geſchwärzten Chlorſilber an. Dagegen verläuft die Vereinigung des Chlorgaſes mit Waſſerſtoff im Lichte exotherm, indem 22000 Kalorien hierbei frei werden, was zu exploſionsartigen Erſcheinungen führt. Trotzdem man Lichtenergie zugeführt hat und ein Teil davon zur Durchführung des Prozeſſes verbraucht wurde, iſt der Energieinhalt der gebildeten Salzſäure ſchließlich kleiner als jener der einzelnen Beſtandteile zu Beginn des Prozeſſes. Häufig wirkt Licht bei chemiſchen Prozeſſen ähnlich wie Wärme, jedoch iſt in den meiſten Fällen der detaillierte Verlauf der Lichtreaktionen (der Mechanismus der Reaktion) anders als im Dunkeln. Die Reaktionsgeſchwindigkeit, die chemiſchen Gleichgewichte werden in der Regel beim Belichten verſchoben. Das Licht erzwingt in zahlreichen Fällen mit Leichtigkeit diverſe chemiſche Prozeſſe, welche ſich bei Lichtausſchluß nicht oder nur ſchwierig durchführen laſſen.

Die Photochemie, die Lehre von den chemiſchen Wirkungen des Lichtes, iſt nicht nur durch die Photographie und die photomechaniſchen Reproduktionsverfahren von hoher volkswirtſchaftlicher und kultureller Bedeutung geworden, ſondern durch die chemiſchen Wirkungen des Lichtes werden uns auch in der organiſchen Natur unerſchöpfliche Quellen der Energiezufuhr erſchloſſen, welche vom Weltenraume zur Erde gelangen.

Literatur: [1] Eder, Photochemie, 3. Aufl., Halle 1906. — [2] Eder-Valenta, Beiträge zur Photochemie und Spektralanalyſe, Wien und Halle 1904. — [3] Vogel, H. W., Photographie farbiger Gegenſtände, Berlin 1885. — [4] Vogel-König, Handbuch der Photographie, Bd. 1, 5. Aufl, Berlin 1907. — [5] Eder, Die chemiſchen Wirkungen des farbigen Lichtes, Wien 1879. — [6] Namias, Theoretiſch-praktiſches Handbuch der photographiſchen Chemie, Bd. 1, Halle 1907. — [7] Schaum, Photochemie und Photographie, 1. Teil, Leipzig 1908. — [8] Lüppo-Cramer, Wiſſenſchaftliche Arbeiten auf dem Gebiete der Photographie, Halle 1902. — [9] Lüppo-Cramer, Photographiſche Probleme, Halle 1907. — [10] Luther, Die chemiſchen Vorgänge in der Photographie, Halle 1899. — [11] Valenta, Photographiſche Chemie, 1. und 2. Teil, Halle 1898/99. *J. M. Eder.*

Photochromie (Heliochromie, Photochromaſie, Photochromographie), die direkte Photographie in natürlichen Farben (ſ. d.), ferner ein photomechaniſches, von Orell Füßli & Co. in Zürich ausgearbeitetes Preſſendruckverfahren, das ſehr hübſche mehrfarbige Bilder, zumeiſt Landſchafts- und Städteanſichten, ergibt.

Dieſe auch Polychromie genannte Methode beſteht darin, daß eine den zur Verwendung kommenden Farben entſprechende Anzahl lithographiſcher Steine gekörnt, mit lichtempfindlichem Aſphalt (ſ. Aſphaltphotographie) überſchichtet und unter ein und demſelben photographiſchen Halbtonnegativ belichtet und mit Terpentinöl entwickelt werden. Durch Veränderung des Kopiergrades (indem kürzer oder länger exponiert wird), ferner durch zumeiſt ſehr ausgiebige Retuſche mit Kreide, Schaber u. ſ. w. ſchafft man die verſchiedenen Farbendruckteilplatten, die dann chromolithographiſch nacheinander auf das Papier gedruckt werden (ſ. Lithographie). Vgl. Unger, A. W., Die Herſtellung von Büchern, Illuſtrationen u. ſ. w., Halle a. S. 1906. *A. W. Unger.*

Photochronograph, Vorrichtungen zur Erſetzung des Auges des Beobachters durch die photographiſche Platte bei Durchgangsbeobachtungen (vgl. Durchgangsinſtrumente, Zeitbeſtimmung [mit dem Paſſageninſtrument], Meridiankreis) und bei Polhöhenbeſtimmungen.

Inſtrumente dieſer Art ſind am Georgetown College Observatory in Amerika entſtanden (Bigelow, Fargis, Hagen). Uebrigens hat Faye ſchon 1849 auf die Anwendung der Photographie bei Beobachtungen im Meridian hingewieſen. Die Beſchreibungen und Anwendungen dieſer Apparate ſowie die damit erzielten Reſultate ſind enthalten in einer Anzahl von Publikationen des Georgetown College aus den Jahren 1891, 1892 und 1894. Obgleich an andern

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Orten auch ähnliche Verfuche ausgeführt worden find, fcheint die Methode doch noch nicht genügend ausgebildet zu fein. Vielleicht läßt fich durch Einführung fehr empfindlicher Selenzellen noch mehr erreichen. — Es find auch die Referate von Knopf in der Zeitfchr. f. Inftrumentenkunde aus den Jahren 1893–1895 zu vergleichen.

Photoelektrifche Kette, ein durch Belichtung erzeugter elektrifcher Strom.

Die Erzeugung elektrifcher Ladungen durch Belichtung (vgl. Aktinoelektrizität) führt zur Erzeugung galvanifcher Ströme, wenn das Potentialgefäll in gefchloffenem Stromkreis unterhalten wird. Stoletow [1] bildet einen Kreis aus einer verfilberten Kupferplatte, der ein Netz aus Zink gegenüberfteht, und dem verbindenden Leitungsdraht. Zwifchen Netz und Kupferplatte bildet die dünne Luftfchicht einen durch Belichten fich bildenden Leiter. Das Licht fällt durch das pofitive Zinknetz auf die negative Kupferplatte. Die Stromftärke wächft mit der Temperatur und mit der Zahl folcher zu einer Kette verbundener Elemente. Ueber die Theorie vgl. a. [2].

Literatur: [1] Compt. rend. 1888, 106, S. 1593; 107, S. 91; Journ. de physique 1890, 9, S. 468. — [2] Luggin, H., Ueber photoelektr. Erfcheinungen, Zeitfchr. für phyfikal. Chemie 1897, 23, S. 577—635.

A. Schmidt.

Photogalvanographie (Photogalvanotypie, Naturgravierung, Heliographie, Dallastypie), 1854 von Pretfch in Wien angegebenes photomechanifches Verfahren zur Herftellung von Druckplatten.

Pretfch übte das Verfahren fo aus, daß er Glas- oder Kupferplatten mit einem Gemenge von Gelatine, Kaliumbichromat und Jodfilber überzog, trocknete und dann unter einem photographifchen Negativ (in diefem Falle war die Erzeugung einer Tiefdruckplatte für die Kupferdruckpreffe [f. d.] geplant, Photogalvanographie) oder einem Diapofitiv (man erhielt dann ein Klifchee für die Buchdruckpreffe, Photogalvanotypie) belichtete. In warmen Bädern, denen geringe Mengen von Borax zugefetzt wurden, erfolgte die Entwicklung eines mehr oder minder ausgebildeten Reliefs, das mit Alkohol gehärtet und, mit Kopallack überftrichen, heiß getrocknet wurde. Mit Graphit leitend gemacht, gelangte es fchließlich zur Herftellung der Druckform ins galvanifche Bad (f. Elektrotypie). Dallas in London verwendete dasfelbe Verfahren, nannte es aber Dallastypie. Die Methode, die durch lange Zeit hindurch an einigen Orten praktifch geübt wurde und fehr fchöne, durch ein eigenartiges feines Korn charakterifierte Reproduktionen lieferte, ift heute faft vollkommen durch die Heliogravüre verdrängt worden. Nur in der Kartographie (f. Kartendruck) hat fich ein ähnliches Verfahren bis heute als das befte bewährt; allerdings handelt es fich hier nicht um die Wiedergabe von Halbton-, fondern um die von Strichbildern (vgl. Klifchee).

Literatur: Husnik, J., Die Heliographie, 2. Aufl., Wien 1888; Volkmer, O., Die Photogalvanographie, Halle a. S. 1894; Unger, A. W., Die Herftellung von Büchern, Illuftrationen u. f. w., Halle a. S. 1906.

A. W. Unger.

Photogen, f. Mineralöle.

Photoglyphie, f. Heliogravüre.

Photogrammetrie, geodätifche, die Anwendung der Photographie (f. d.) zu topographifchen und tachymetrifchen Aufnahmen. Nach diefer Anwendung kann fie mit Phototopographie und Phototachymetrie bezeichnet werden; f. a. Topographie und Tachymetrie.

1. **Die Grundbegriffe des Verfahrens.** Das ältere Verfahren der Photogrammetrie gründet fich auf dem Vorwärtseinfchneiden (f. Triangulierung). Wenn auf mindeftens zwei Punkten, deren Lage bekannt ift, die durch Horizontal- und Höhenwinkel orientierten Richtungslinien nach einem Punktorte gemeffen find, fo kann diefer beftimmt werden. Dabei ift eine doppelte Ableitung der Höhe möglich. — Die Grundbegriffe des Verfahrens find folgende. Es foll vorausgefetzt werden, daß die Meßzwecken dienende Photographie ein perfpektivifches Bild des aufgenommenen Gegenftandes ift. In Fig. 1 find O_1 und O_2 die beiden auf der optifchen Achfe liegenden Hauptpunkte des photographifchen Objektivs. Ein in das Objektiv eintretender und auf den erften Hauptpunkt O_1 gerichteter Lichtftrahl fetzt feinen Weg nach außen in paralleler Richtung fort. Die Rückwärtsverlängerung des austretenden Strahls trifft den zweiten Hauptpunkt O_2. Die horizontal geftellte optifche Achfe des Objektivs fteht zu der entfprechend gerichteten Bildplatte im Bildhauptpunkte o normal; $h\,h$ ift die Bildhorizontale, und $v\,v$ ift die Hauptvertikale des Bildes. $P\,O_1\,O_2\,p$ fei ein Strahl mit den obengenannten Eigenfchaften, der von dem Meffungspunkte P kommt und die Bildplatte im Punkte p trifft. Der Strahl bildet mit der optifchen Achfe den Richtungswinkel r und den Höhenwinkel α. Werden mit Bezug auf $h\,h$ als Abfziffenachfe die Bildkoordinaten $q\,p$ und $o\,q$ mit y und x bezeichnet, fo ift $\operatorname{tg} r = x : d$; $\operatorname{tg} \alpha = y \cos r : d = y \sin r : x$, worin d die Bildweite bedeutet. Hiernach laffen fich die Winkel r und α berechnen, wenn die Bildweite d bekannt ift, und wenn die Bildkoordinaten y und x in einem Bilde gemeffen werden, das bei horizontaler Objektivachfe und richtig geftellter, vertikaler Bildplatte aufgenommen ift. Wird der Punkt P nun von zwei bekannten Punkten aus aufgenommen, fo kann feine Lage zu diefen Punkten berechnet werden, fobald die Richtungen, welche die optifche Achfe während der Aufnahmen einnimmt, geodätifch orientiert werden. Wegen der Bildumkehrung im Negativ B, Fig. 1, find die Quadrantenfolge

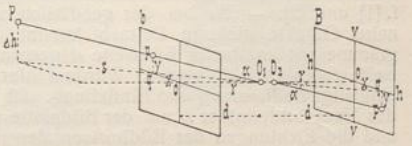


Fig. 1.

sowie die Vorzeichen der Bildkoordinaten umgekehrt der wirklichen Folge und den wirklichen Vorzeichen. Bei der Verwendung eines Positivs sind die Quadrantenfolge und die Vorzeichen der Bildkoordinaten dagegen der Anschauung der Wirklichkeit entsprechend. Dies zeigt Fig. 1, worin b ein Positiv bedeutet, das im Abstande d vom ersten Hauptpunkte O_1 aufgestellt ist. Ein Vorteil der photographischen Aufnahme auf der Bildplatte ist, daß nicht nur die Richtungs- und Höhenwinkel eines einzigen Strahles, sondern die sämtlicher Strahlen nach allen Bildpunkten bestimmt werden können. Nach geodätischer Orientierung der optischen Achse ist das gesamte auf den zweiten Hauptpunkt bezogene Strahlenbüschel nach allen Bildpunkten orientiert. Liegen zwei Abbildungen vor, die unter den oben angegebenen Bedingungen aufgenommen sind, so können daher alle auf den Bildern erkennbaren Punkte berechnet werden. An Stelle der Rechnung kann auch die Konstruktion treten. Sie führt im allgemeinen schneller zum Ziele und entspricht auch der Genauigkeit der photographischen Abbildung. In Fig. 2 sei b die Projektion des Positivs und B die des Negativs auf die Horizontalebene der optischen Achse. Beide Projektionen sind rechtwinklig zu dieser Achse gestellt und haben von den Objektivhauptpunkten O_1 bezw. O_2 den Abstand d. Durch Auftragen der x erhält man unmittelbar die auf die Objektivachse bezogenen Richtungswinkel r. Ist ferner die Richtung der Objektivachse gegen die Richtung nach einem bekannten Punkte durch den Winkel φ festgelegt, so sind dadurch auch alle andern Richtungen bestimmt. Die Konstruktion wird auf einem Plane in einem verjüngten Maßstabe ausgeführt. Erfolgt die Konstruktion auf mindestens zwei Punkten, z. B. 1 und 2, deren Lage im Plane (Fig 3) gegeben ist, so bestimmen die Schnitte der zueinander gehörenden Strahlen die Punkte 3, 4 . . . — Bei der trigonometrischen Rechnung würden in den Dreiecken 1. 3. 2, 1. 4. 2, ... mit der Seite a und den drei Winkeln der Dreiecke die Koordinaten der Punkte 3, 4, . . ., bezogen auf a als Abszissenachse oder in einem andern Koordinatensystem zu bestimmen sein. Die Winkel lassen sich aus φ und r leicht berechnen.

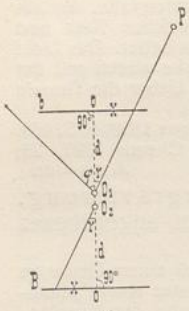


Fig. 2.

Die Höhenunterschiede Δh gegen die horizontal gerichtete optische Achse ergeben sich trigonometrisch nach $\Delta h = s \operatorname{tg} \alpha = s\, y \cos r : d = s\, y \sin r : x$. Die Bestimmung kann rechnerisch, dabei auch mit Benutzung des Rechenschiebers oder graphisch nach Fig. 4 ausgeführt werden. Sind die Höhen der optischen Achse aus den Standpunkthöhen H_1 und H_2 und den Instrumenthöhen i_1 und i_2 bekannt, so ist z. B. $H_3 = H_1 + i_1 + \Delta h_{1.3} = H_2 + i_2 + \Delta h_{2.3}$. Auf diese

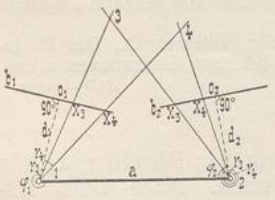


Fig. 3.

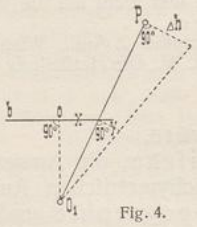


Fig. 4.

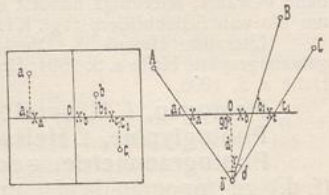


Fig. 5.

Weise können sämtliche Punktorte und deren Höhen berechnet oder konstruiert werden, wenn a) bei der Aufnahme die optische Achse horizontal und die Bildplatte normal zu ihr gerichtet werden, und wenn bekannt sind b) die Bildweite d, c) der Bildhauptpunkt o und die durch ihn bestimmte Bildhorizontale $h\,h$ und Hauptvertikale $v\,v$ und d) der orientierte Richtungswinkel von mindestens einem Punkte.

War bei der Aufnahme die Bildplatte geneigt, so ist ihr Neigungswinkel ν zu berücksichtigen, der gleich ist dem Neigungswinkel der optischen Achse. Dann ist $\operatorname{tg} r = x : (d \cos \nu - y \sin \nu)$ und $\operatorname{tg} \alpha = \cos r\,(d \sin \nu + y \cos \nu) : (d \cos \nu - y \sin \nu)$. Für logarithmische Rechnung bequemer kann bei Einführung von zwei Hilfsgrößen M und m gesetzt werden $\operatorname{tg} M = y : d$; $m = d : \cos M = y : \sin M$ und $\operatorname{tg} r = x : m \cos (\nu + M) = x \cos M : d \cos (\nu + M)$; $\operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} (\nu + M) \cos r$. Für den Höhenunterschied gegen den ersten Objektivhauptpunkt O_1 gilt wieder $\Delta h = s \operatorname{tg} \alpha$. Weiteres hierüber s. [1] und [2]. — Da bei der geodätischen Anwendung der Photographie die Abbildung sehr naher Objekte nicht in Betracht kommt, können bei entsprechender Abblendung alle Photogramme mit konstanter Bildweite d genommen werden, so daß d praktisch gleich der Brennweite f des Objektivs wird. Würde d hinreichend genau konstant bleiben, so genügten je eine einmalige Bestimmung und Einstellung. Ist dies aber nicht der Fall, und wird auch die Lage des Hauptbildpunktes o auf der Bildplatte geändert, so müssen die Bildweite, der Hauptbildpunkt und die Richtungen der Bildhorizontalen und der Hauptvertikalen aus den Bildern geodätisch bekannter Punkte bestimmt werden.

2. **Bestimmung von Bildweite und Bildhauptpunkt** aus Bildern, die bei senkrecht stehender Platte aufgenommen sind.

a) Zur Bestimmung der Bildweite und der Richtung der optischen Achse muß die Lage des Standpunktes und mehrerer im Gelände scharf bezeichneten Punkte, wie Kirchtürme, Schornsteine, trigonometrische Signale, $A\,B\,C$, Fig. 5, bekannt sein. Als Lage des Standpunktes gilt die des ersten Objektivhauptpunktes. Auf dem Standpunkte sind die Horizontalrichtungen und die Vertikalwinkel nach den Geländepunkten zu messen. Es kann von einem genähert richtigen Bildhauptpunkte o, Fig. 5, ausgegangen werden. Für die Berechnung des Orientierungswinkels r und der Bildweite d gelten dann die Beziehungen

$\operatorname{tg}(\gamma - r) = x_a : d$; $\operatorname{tg} r = x_b : d$; $\operatorname{tg}(\delta + r) = x_c : d$. Zwei Gleichungen genügen, wenn o hinreichend genau gegeben ist. Ohne eine Annahme über $v\,v$ kann verfahren werden wie beim Rückwärtseinschneiden [4], indem aus den Abständen $a_1\,b_1$ und $b_1\,c_1$ sowie den Winkeln γ und δ die gesuchten Stücke r und d berechnet werden. Endlich führt auch ein graphisches Verfahren zum Ziel. Die Punktreihe $a_1\,b_1\,c_1$ wird auf Pauspapier übertragen und in die Strahlen $A\,B\,C$ eingepaßt. Weiteres über die verschiedenen Verfahren und ihre Genauigkeit s. [1] und [2].

b) Bestimmung der Bildhorizontalen. Aus den unter 1. angegebenen Gleichungen für die Höhenwinkel und die Höhenunterschiede folgen die Gleichungen für die Bildordinate $y = d \operatorname{tg} \alpha : \cos r = d \mathrel{\Delta} h : s \cos r = x \operatorname{tg} \alpha : \sin r = \mathrel{\Delta} h\, x : s \sin r$. Werden die Bildordinaten für mindestens zwei bekannte Punkte berechnet und eingetragen, so kann die Bildhorizontale $h\,h$ konstruiert oder ihrer Lage nach geprüft werden. S. hierzu [1] und [2].

3. **Das Photogrammeter** Die geodätische Orientierung der optischen Achse kann ganz unabhängig von der Photographie durch trigonometrische Messungen ausgeführt werden Es ist

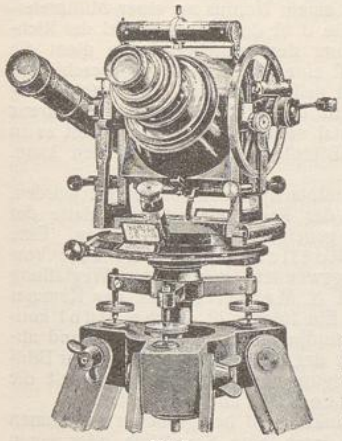


Fig. 7.

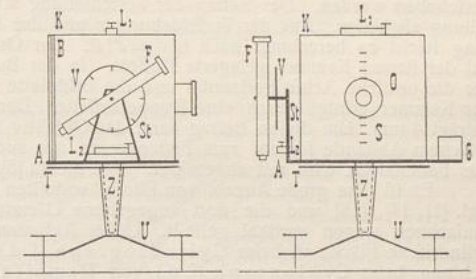


Fig. 6.

aber bequemer, die Orientierung und die Bildaufnahme mit demselben Instrumente vorzunehmen. Durch Verbindung der Kammer mit dem Meßinstrument entsteht das Photogrammmeter. Man findet es in der Anordnung als Phototheodolit, Phototachymeter und photogrammetrischer Meßtisch

Fig. 6 zeigt das Schema eines Phototheodolits mit wagerechter Objektivachse und lotrechter Bildebene. Der Theodolitunterbau U trägt den Horizontalkreis T und auf der Vertikalachse Z die Alhidade A mit den Stützen St des exzentrischen Fernrohrs F und dem Vertikalkreis V (s. Theodolit). G ist ein Gegengewicht. Die Kammer K ruht fest und zentrisch auf der Vertikalachse. Die Bildplatte B steht hinter einem Rahmen, dessen Ränder das Bild begrenzen. Die Fassung des Objektivs O läßt in der Regel eine Verschiebung in lotrechtem Sinne zu, deren Betrag an einer Skala S abgelesen werden kann. Die Vertikalebenen der Kammerobjektivachse und der Fernrohrabsehlinie sind parallel gerichtet. Zur Einstellung der Vertikalachse, der Objektivachse und der Bildplatte dienen die Libellen L_1 und L_2. — Die Einrichtung eines kleinen Theodolits genügt für das Instrument. Der wichtigste Teil ist das photographische Objektiv, an dessen Güte hohe Anforderungen gestellt werden müssen. Der Bezug von Firmen guten Rufs ist zu empfehlen. Für größere Apparate werden Objektive mit 150—200 mm und mehr Brennweite gewählt, die auf Bildplatten von 12 zu 16—18 zu 24 cm Größe winkeltreue Bilder liefern. Bei Reiseaufnahmen verwendet man Apparate mit Objektiven von 50—100 mm Brennweite und Bildplatten in der Größe von etwa 9 zu 12 cm. Solche Instrumente können wesentlich einfacher konstruiert sein und an Stelle des Horizontalkreises mit einer Bussole zur Orientierung der Aufnahme ausgerüstet werden (Fig. 8). Als Bildtafeln zu tachymetrischen und topographischen Aufnahmen dienen gute, ebene Glasplatten, während für flüchtige Reiseaufnahmen Films genügen. Zur Erzielung einer konstanten Bildweite wird das Plattenlager mit Kontaktpunkten versehen, gegen welche die Platte sanft angedrückt wird. Der Rahmen trägt in der Mitte seiner Ränder Marken, häufig an den Rändern auch eine Zentimeterteilung. Die Marken und die Teilung werden bei der Aufnahme mit abgebildet. Die Verbindungslinien der entsprechend liegenden Marken geben die Bildhorizontale $h\,h$ und die Hauptvertikale $v\,v$ an (Fig. 5). Näheres über die verschiedenen Einrichtungen s. [1], [2] und [5]—[7].

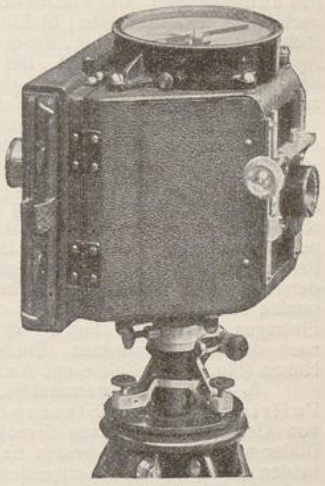


Fig. 8.

In Fig. 7 ist Koppes Phototheodolit, konstruiert von Günther und Tegetmayer in Braunschweig, dargestellt. Die Kammer lagert wie das Fernrohr eines gewöhnlichen Theodolits in einer Horizontalachse. Es ist daher möglich, Neigungen der Bildplatte am Höhenkreis zu ermitteln. Die Ableitung des Richtungswinkels r und des Höhenwinkels α aus den Platten-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

koordinaten y und x (f. 1.) kann durch unmittelbare Meſſung erſetzt werden. Dazu wird ein Kammermeßfernrohr benutzt, das mit dem Höhenkreis verbunden und in die Lager des Photo-theodolits gelegt werden kann, nachdem die Horizontalachſe entfernt worden iſt. Geeignete Vorrichtungen geſtatten, die Kammer vor dem Meßfernrohr in derſelben Neigung anzubringen, in der die Aufnahme ausgeführt wurde. Nach Einſtellung der Abſehlinie des Meßfernrohrs auf die einzelnen Bildpunkte können die Richtungen am Horizontalkreis und die Höhenwinkel am Höhenkreis abgeleſen werden. Die Photographie dient bei dieſer Anordnung alſo gewiſſermaßen zur Verlegung der Winkelmeſſung vom Felde in das Zimmer. Weiteres hierüber f. [6] und [7].

Fig. 8 iſt die Anſicht eines nach dem Prinzip von Finſterwalder von Sedlbauer in München konſtruierten Photogrammeters, das für Aufnahmen in ſchwer zugänglichen Geländen und auch auf Reiſen beſtimmt iſt. Das Fernrohr wird durch das photographiſche Objektiv, einen Zeißſchen Protar, und ein an der Rückſeite der Kammer angebrachtes weitwinkliges Okular gebildet. Das Fadenkreuz iſt durch Verbindung der Rahmenmittelmarken mit feinen Drahtfäden hergeſtellt. Das Objektiv kann auf einem Jalouſieſchieber um 45 mm parallel der Bildplatte verſchoben werden. Der Betrag der Verſchiebung wird mit einem Nonius an einer Millimeter-teilung abgeleſen. Aus der Verſchiebung c und der Bildweite d iſt der Höhenwinkel der Richtung leicht zu berechnen nach $\operatorname{tg} \alpha = c : d$. Zur Orientierung der optiſchen Achſe dient die auf der ſtarren Kammer gelagerte Buſſole. In der Buſſole iſt eine Doſenlibelle angebracht, mit der die optiſche Achſe horizontal und die Bildplatte vertikal geſtellt werden. Die Beſchickung der Kammer erfolgt durch eine Doppelkaſſette. Der Abſtand der Bildplatte vom Fadenkreuz beträgt 4 mm. Um dieſen Betrag kann das Objektiv horizontal verſchoben werden, damit es in gleichem Abſtande ſowohl zum Fadenkreuze als auch zur Bildplatte eingeſtellt werden kann. Das Fadenkreuz wird mit abgebildet. Vgl. hierzu [5].

Es iſt eine große Anzahl von Phototheodoliten und Phototachymetern konſtruiert worden. Vgl. [1], [4], [18] und die dort angegebene Literatur. In der Regel wird die Bildplatte der Einfachheit wegen vertikal geſtellt. Ueber Aufnahme mit geneigter Bildplatte ſ. oben. Eine zylindriſche Fläche iſt beim Cylindrograph (ſ. d.) von Moëffard [2], eine drehende Vorrichtung beim Cyklograph (ſ. d.) von Damoiſeau angewendet. Wird unter Weglaſſung der Theodoliteinrichtung eine Meßtiſchplatte mit Kippregel (ſ. Meßtiſch) auf der Kammer angebracht, ſo entſteht der photogrammetriſche Meßtiſch. Ein ſolcher iſt durch v. Hübl konſtruiert [2]. — Wegen Beſtimmung von Bildweite und Bildhauptpunkt nach gegebenen und abgebildeten Punkten ſ. 2. Ueber weitergehende Prüfung, z. B. der ſenkrechten Stellung der Bildplatten, ſ. [1] und [2]. Bezüglich der Prüfung und Berichtigung der Inſtrumente, ſoweit die photographiſche Einrichtung nicht in Betracht kommt, ſ. Theodolit und Meßtiſch.

4. **Die Feldaufnahme.** Das Syſtem der gegebenen Punkte wird bei größeren Aufnahmen durch Triangulierung (ſ. d.), bei kleinen Aufnahmen durch eine Standlinie oder einen Polygonzug (ſ. Polygoniſierung) erhalten, der am beſten tachymetriſch gemeſſen wird (ſ. Tachymetrie). Der Verlauf der Feldarbeit iſt: a) Meſſung der Horizontal- und Vertikalwinkel nach den Anſchlußpunkten; b) Einſtellen der Kammer in die geeignete Bildſtellung, Ableſen der Richtung; c) Photographie, dabei Beachtung der erforderlichen Proben für die Stellung des Apparats. Näheres ſ. [1], [2]. Bei der Auswahl der Standpunkte im Gelände iſt zu beachten, daß die Richtungsſchnitte eine günſtige Punktbeſtimmung abgeben und daß identiſche Punkte auf den Platten zuverläſſig aufgefunden werden können. Praktiſche Winke hierzu in [1], [2], [5].

5. **Die Ausarbeitung** nimmt folgenden Gang: a) Aufſuchen, Bezeichnen und Numerieren der gegebenen und der zur Geländedarſtellung erforderlichen, auf mindeſtens zwei Platten als identiſch erkannten Punktbilder. Ermittlung der Bildkoordinaten im Anſchluß an die mitabgebildete Randteilung. Hierzu dienen feingeteilte Maßſtäbe oder Glastafeln mit Millimeter-quadraten. Von der Verwendung beſonderer mikrometriſcher Vorrichtungen wird in der Regel abgeſehen. Am genaueſten erhält man die Bildkoordinaten aus dem Negativ oder einem Diapoſitiv; für viele Zwecke iſt die Benutzung einer Kopie bequemer und ausreichend, wobei die Papierverzerrung nach der mitabgebildeten Rahmenteilung berückſichtigt werden kann. Wegen der Ausmeſſung beim Koppeſchen Apparat ſ. [6] und [7]. b) Auftragen der gegebenen Standpunkte und Richtungen im Plan. c) Beſtimmung der Bildweiten und des Bildhauptpunktes (ſ. 2.), Eintragen in den Plan (Fig. 3). d) Eintragen der Bildabſziſſen x, Ausziehen der Richtungslinien nach den Geländepunkten, Einzeichnen der Punkte. e) Berechnung oder Konſtruktion der Höhen (Fig. 4). Beiſpiele mit Anleitung geben [1] und [2]; über Konſtruktionshilfsmittel ſ. [3].

6. **Stereophotogrammetrie, -komparator, -photogrammeter.** Die in jüngſter Zeit von Pulfrich begründete Stereophotogrammetrie iſt die Beſtimmung der Lage und Höhe von Geländepunkten nach ſtereoſkopiſchen Bildern. Zwei zuſammengehörige ſtereoſkopiſche Bilder werden von den beiden Endpunkten einer meßbaren Grundlinie aufgenommen. Da die beiden Bilder bei ihrer Verwendung zu Meſſungszwecken in eine Ebene gelegt werden, müſſen auch die Bildplatten während der Aufnahme in einer Ebene ſtehen. Am einfachſten iſt das Verfahren bei vertikaler Stellung der Bildplatten, von der hier ausgegangen werden ſoll. Wenn ein ſtereoſkopiſches Bildpaar in einer Ebene derart ausgebreitet wird, daß die Hauptvertikalen beider Bilder unter ſich parallel ſind und daß gleiche Bildpunkte in gleicher Höhe liegen, ſo zeigen ſich verſchiedene Abſtände unter je zwei zuſammengehörigen Punkten. Der Abſtand von unendlich fern liegenden Punkten iſt dem der beiden Hauptvertikalen gleich. Die Abſtände andrer Punkte nehmen mit der Entfernung von der Grundlinie ab. Der Unterſchied e eines Abſtandes von dem der Hauptvertikalen iſt ein Maßſtab für die ſtereoſkopiſche Parallaxe. Er kann ermittelt werden nach den Bildabſziſſen x und x' eines Punktes (Fig. 9), $e = x - x'$. Mißt man außer den Abſziſſen in einem Bilde, z. B. dem linken, noch die Ordinate y des Punktes, ſo iſt ſeine Lage im Raum beſtimmt. Wird ein Koordinatenſyſtem mit der optiſchen Achſe des Kammerobjektivs über dem linken Baſispunkte als Abſziſſenachſe angenommen, ſo iſt (Fig. 9)

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

$S = d\,a : e$; $X = x\,a : e$ und $\Delta h = S\,y : d = y\,a : e$. — Die Anwendung des beſchriebenen Verfahrens würde dem älteren gegenüber aber keine Vorteile bringen, wenn die Ausmeſſung der Bilder mit den gewöhnlichen Hilfsmitteln erfolgen müßte. Beſondere Vorteile ergeben ſich erſt durch die Benutzung des Zeißſchen Stereokomparators. Die Konſtruktion dieſes von Pulfrich durchgebildeten Inſtruments gründet ſich auf dem Prinzip des ſtereoſkopiſchen Entfernungsmeſſers (ſ. Diſtanzmeſſer). Die beiden ſtereoſkopiſchen Bilder b und b' (ſchematiſche Fig. 10) ruhen auf einem ſchräg oder wagerecht geſtellten Rahmen, der mit der Schraube H in der Längsrichtung und mit der Schraube V in der Querrichtung auf Schlitten bewegt werden kann. Die Größe der Verſchiebungen wird an den Maßſtäben h und v ermittelt. Es iſt ferner möglich, beide Bilder etwas zu drehen und das rechte Bild für ſich durch die Schrauben U, W in den angegebenen Richtungen zu verſtellen. Zur Ermittlung der Längsverſchiebung dient der Maßſtab u. Die Bilder werden durch ein binokulares, von einem Träger gehaltenes Stereomikroſkop betrachtet, wobei ſie als ein einziges, räumlich gegliedertes Bild erſcheinen. Hierin liegt ein weſentlicher Vorteil, weil die ſchwierige Identifizierung von Punkten auf zwei Bildern nicht erforderlich iſt. Der Abſtand der Objektive iſt bedeutend größer als der Abſtand der Okulare. Durch ein Prismenſyſtem werden die Abſehlinien gebrochen; auch wird die durch die Objektive hervorgerufene Bildumkehrung wieder aufgehoben. In den Bildebenen der beiden Mikroſkope befinden ſich Glasplatten mit kurzen vertikalen Strichmarken, die beim Gebrauch des Stereoſkops als ein einziger im Raum ſchwebender Strich erſcheinen. Die Schraube M geſtattet eine geringe, hier nicht in Betracht kommende, für feine Entfernungsmeſſungen beſtimmte ſeitliche Verſchiebung der rechts liegenden Markenplatte. Bei einer Verſchiebung ſcheint die Marke ihre Stellung der Tiefe nach zu verändern. Die Okulare können der günſtigſten Sehweite und dem Augenabſtande des Beobachters entſprechend geſtellt werden. Zur Gewinnung eines ſcharfen Bildes läßt ſich das ganze Mikroſkop normal zu der Plattenebene verſchieben. Spiegel oder elektriſche Lampen beleuchten die Bilder. Mit dem Komparator werden die Bildkoordinaten und die ſtereoſkopiſche Parallaxe gemeſſen. Zunächſt wird der Hauptpunkt o des linken Bildes b mit den Schrauben H und V und durch Drehung des Bildes auf die Marke des linken Mikroſkops derart eingeſtellt, daß die Bildhorizontale wagerecht liegt. Danach wird auch das rechte Bild mit den Schrauben U und W und durch Drehung ſo geſtellt, daß die rechte Marke auf o' ſteht und die Bildhorizontale wagerecht iſt. Dann entſpricht die Markenſtellung einer unendlichen Entfernung. Sind die beiden Aufnahmen nicht in der gleichen Höhe ausgeführt, ſo muß das rechte Bild mit der Schraube W noch in der Richtung der Hauptvertikalen verſchoben werden, bis die auszumeſſenden gleichen Punkte der beiden Bilder in gleichen Höhen liegen. Die Ableſungen an den Maßſtäben h, v und u geben nunmehr die Ausgangsſtellung des Komparators an. Ein zu meſſender Punkt des linken Bildes wird hiernach mit den Schrauben H und V unter die Marke des linken Mikroſkops gebracht, worauf die Abſziſſe x am Maßſtab h und die Ordinate y am Maßſtab v mit Hilfe von Nonien und unter Berückſichtigung der Ausgangsſtellung ermittelt werden. Nachdem der gleiche Punkt des rechten Bildes mit der Schraube U auf die rechte Marke eingeſtellt iſt, wird die ſtereoſkopiſche Parallaxe e am Maßſtab u ebenfalls mit einem Nonius beſtimmt. Bei den Ableſungen von x und y laſſen ſich 0,05 mm und bei der Ableſung von e 0,01 mm ſchätzen. — Zur Aufnahme von ſtereoſkopiſchen Bildern eignet ſich jede Kammer mit Anlegerahmen, wenn die Möglichkeit beſteht, die Bildplatten auf den beiden Baſispunkten in die gleiche Ebene zu ſtellen. Die Einſtellung in die Vertikalebene mit Hilfe von Libellen iſt leicht und genügend genau ausführbar. Schwieriger iſt es, eine Verſchwenkung der Platten gegeneinander zu vermeiden. Von Zeiß wurde ein Stereophotogrammeter konſtruiert, deſſen Platte unter Anwendung eines entſprechend gelagerten Fernrohrs eingeſtellt werden kann. Die Einſtellgenauigkeit wird zu 10″ angegeben. Mit einer diſtanzmeſſenden Schraube (ſ. Diſtanzmeſſer) am Photogrammeter erfolgt die Baſismeſſung nach einer horizontal gerichteten, mit Marken verſehenen Röhrenmeßlatte. Die Genauigkeit der Baſismeſſung ſoll für kartographiſche Zwecke 1 : 1000 betragen. Sind im Aufnahmegebiete trigonometriſche Punkte vorhanden, deren Lage zu einem Baſispunkt bekannt iſt, ſo kann feſtgeſtellt werden, ob die Platten bei der Aufnahme etwas gegeneinander verſchwenkt waren. Eine Verbeſſerung für e ergibt ſich dann nach $\Delta = -e^2 (S' - S) : d\,a$. Darin iſt S' der aus der Lage der trigonometriſchen Punkte berechnete und S der aus der Aufnahme ermittelte Abſtand (Fig. 9). — Weiteres über Apparate und Verfahren ſ. [8]—[12].

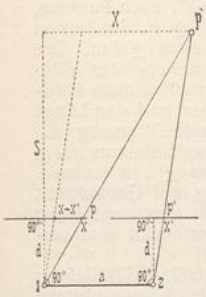


Fig. 9.

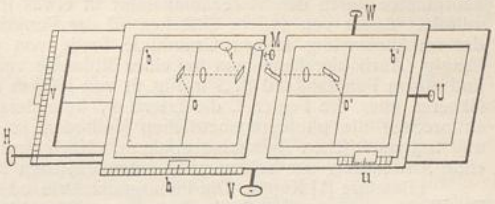


Fig. 10.

7. **Anwendung und Genauigkeit.** Die Photogrammetrie bildet eine bedeutſame Ergänzung der übrigen topographiſchen und tachymetriſchen Meßmethoden (ſ. Topographie, Tachymetrie und Meßtiſch). Sie iſt beſonders geeignet für die Aufnahme unzugänglicher Felspartien, Runſen und Gletſcher, bei den Vorarbeiten für Gebirgsbahnen, für generelle Aufnahmen auf Reiſen (ſ. Routenaufnahme) und für Küſtenvermeſſungen vom Fahrzeug aus. Auch Ballonaufnahmen kommen in Betracht [16]. Die Photogrammetrie wird, wie ſich beſonders bei den öſterreichiſchen, italieniſchen und franzöſiſchen Arbeiten gezeigt hat, einen weſentlichen Fortſchritt der Hochgebirgskartographie bedingen. Ueber die Anwendung der Stereophoto-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

grammetrie f. [8]—[17]. — Bei dem älteren photogrammetrischen Verfahren kann die Genauigkeit in der Bestimmung der Bildkoordinaten über die Genauigkeit der Entnahme aus einer exakten Zeichnung nicht hinausgehen, findet also in diesem Umstande ihre Grenze. Nach [1] und [5] ist bei Bildweiten von 150—200 mm und Messung im Negativ oder Diapositiv der mittlere Fehler der Horizontal- und Vertikalrichtungen nach scharf bezeichneten Punkten ± 1—2′, nach Punkten, die in den Bildern aufgesucht und mit dem Identifizierungsfehler behaftet sind, ± 3′. Im letzten Falle beträgt der Punktfehler nach Lage und Höhe bei 1000 m Entfernung etwa ± 1 m. Die Stereophotogrammetrie erfordert eine Punktidentifizierung nicht; die Bestimmung der Bildkoordinaten durch den Stereokomparator ist etwas schärfer als die mit den gewöhnlichen Hilfsmitteln. Außer von andern Ursachen ist der Punktfehler aber von dem Fehler und der Länge der verhältnismäßig kurzen Grundlinie sowie von dem Fehler der Parallaxenbestimmung abhängig. Auch hier kann man bei einer Bildweite von 150—200 mm, einer Grundlinie von 100 m und einem Punktabstand (s. *S* in Fig. 9) von 1000 m mit einem Fehler von etwa ± 1 m rechnen. Näheres über die Fehler s. die Literatur, besonders [11] und [17]. In bezug auf Genauigkeit entsprechen die photogrammetrischen Methoden im allgemeinen den übrigen topographischen und tachymetrischen Aufnahmeverfahren. Nach den bisherigen Erfahrungen erscheint eine vereinte Anwendung der beiden photogrammetrischen Methoden zweckmäßig [11].

Literatur: [1] Koppe, Die Photogrammetrie oder Bildmeßkunst, Weimar 1889. — [2] Steiner, Die Photographie im Dienste des Ingenieurs, Wien 1891—93. — [3] Schiffner, Die photographische Meßkunst oder Photogrammetrie u. s. w., Halle a. S. 1892. — [4] Jordan, Handbuch der Vermessungskunde, Bd. 2, 6. Aufl., bearbeitet von Reinhertz, Stuttgart 1904. — In [1]—[4] Literaturangaben, auch in Hinsicht auf Geschichte. — [5] Finsterwalder, Zur photogrammetrischen Praxis, Zeitschr. für Vermess. 1896, S. 225. — [6] Koppe, Photogrammetrie und internat. Wolkenmessung, Braunschweig 1896. — [7] Kahle, Die neuen Phototheodoliten von Koppe, Zeitschr. f. Instr. 1897, S. 33. — [8] Pulfrich, Ueber neuere Anwendungen der Stereoskopie und über einen hierfür bestimmten Stereokomparator, ebend. 1902, S. 65. — [9] v. Hübl, Die Stereophotogrammetrie, Mitteilungen des k. k. Milit. Geogr. Inst., Bd. 22, 1902, S. 139. — [10] Ders., Die stereophotogrammetrische Terrainaufnahme, ebend., Bd. 23, 1903, S. 181. — [11] Ders., Beiträge zur Stereophotogrammetrie, ebend., Bd. 24, 1904, S. 143. — [12] Hammer, Referat über Phototheodolit, Stereokomparator und Stahlmeßrohr von Pulfrich, Zeitschr. f. Instr. 1907, S. 312. — [13] Pulfrich, Ueber die Konstruktion von Höhenkurven und Plänen auf Grund stereophotogrammetrischer Messungen u. s. w., ebend. 1903, S. 43; Ueber einen Versuch zur praktischen Erprobung der Stereophotogrammetrie u. s. w., ebend. 1903, S. 317. — [14] Seliger, Topographische Triangulation durch Stereophotogrammetrie, Zeitschr. f. Verm. 1905, S. 382. — [15] Truck, Die stereophotogrammetrische Meßmethode und ihre Anwendung auf Eisenbahnvorarbeiten, ebend. 1906, S. 313. — [16] Schell, Die stereophotogrammetrischen Ballonaufnahmen für topographische Zwecke, Wien 1906. — [17] Doležal, Genauigkeit und Prüfung einer stereogrammetrischen Aufnahme, Oesterr. Zeitschr. f. Verm. 1907, S. 167. — [18] Fortlaufende Literaturnachweise in der Zeitschr. f. Vermess. — Berichte über die Fortschritte in Theorie und Praxis der Photogrammetrie und in den Instrumenten in [19] Internat. Archiv f. Photogrammetrie, Wien u. Leipzig. († *Reinhertz*) *Hillmer.*

Photographie, die Herstellung von Lichtbildern. Hierzu werden photochemische Prozesse benutzt, und zwar dienen zu direkten photographischen Kopierprozessen lichtempfindliche Präparate, die im Lichte direkt ihre Farbe deutlich verändern (z. B. Chlorsilber), oder welche sich beim Belichten nicht oder nur wenig ändern und erst beim Behandeln mit sogenannten Entwicklern sich schwärzen (Brom-, Jod- und Chlorsilber mit Entwicklung), oder welche photochemische Reaktionsprodukte liefern, die durch sekundäre Reaktionen intensive Färbungen annehmen (z. B. lichtempfindliche Ferrisalze, die im Lichte zu Ferrosalzen reduziert werden und dann mit Ferricyankalium intensives Turnbullsblau geben: Cyanotypie).

I. Photographie bei Tageslicht.

Beim Belichten von Chlor- oder Bromsilber wird Chlor bezw. Brom abgespalten, und es entsteht dunkelgefärbtes Silberphotochlorid oder -photobromid, das entweder als Subhaloidverbindung des Silbers oder als feste Lösung von kolloidalem Silber in Haloidsilber aufgefaßt wird und sich vom metallischen Silber durch geringere Löslichkeit in Salpetersäure und durch eine größere Widerstandsfähigkeit gegen Fixiernatron, aber gesteigerte Reduktionsfähigkeit in reduzierenden Substanzen vom normalen Bromsilber unterscheidet. Beim Behandeln mit Thiosulfat, Cyankalium u. s. w. wird es schließlich größtenteils in sich lösendes Silberhaloid und zurückbleibendes metallisches Silber gespalten.

In den einfachsten Fällen, nämlich bei der sogenannten Lichtpauserei, kopiert man Zeichnungen u. dergl. unmittelbar auf lichtempfindliches Papier (s. Lichtpausen); in den weitaus zahlreichsten Fällen aber ist der Ausgangspunkt die Herstellung eines Negativs in der Kamera (s. d.). Bei dieser Negativerzeugung, bei der häufig geringe oder momentane Belichtung der photographischen Platte erfolgen kann, ist möglichst große Empfindlichkeit der fensibeln Schicht erwünscht. Die lichtempfindlichste Substanz, die man derzeit kennt, ist Bromsilbergelatine in Form von Trockenplatten. Sie verändert sich im Lichte zwar direkt nicht so schnell und wird nicht so intensiv schwarz, wie z. B. Chlorsilber, aber empfängt schon bei ganz kurzen Belichtungen ein unsichtbares (latentes) Lichtbild, das durch geeignete Reduktionsmittel (photographische Entwickler) zu metallischem Silber reduziert und dadurch geschwärzt wird, während das nicht belichtete Bromsilber intakt bleibt.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Um bei den modernen höchſt empfindlichen Trockenplatten ein entwicklungsfähiges Lichtbild zu erhalten, genügt ſchon eine Belichtung von 0,03 Sekundenmeterkerzen, d. i. die Belichtung mit einer Heſnerſchen Amylacetatlampe im Abſtand von 1 m während 0,03 Sekunden. Je ſchwächer das Licht, deſto länger muß es einwirken, um denſelben photographiſchen Effekt zu erzielen. Dies drückt die photographiſche Reziprozitätsregel aus: der photographiſche Effekt $= i \cdot t$, worin i die Lichtintenſität, t die Belichtungszeit bedeutet. Dieſe Regel gilt zwar bei extrem ſchwachen ſowie bei beſonders ſtarken Lichtintenſitäten nicht genau, weil die Bromſilbergelatine die Eigenſchaft hat, von der einſtrahlenden Lichtenergie um ſo weniger für den photographiſchen Zweck zu verwenden, je langſamer die Energie zuſtrömt; dazu kommt, daß eine gewiſſe Anfangswirkung zur Auslöſung des photochemiſchen Prozeſſes notwendig iſt (photochemiſche Induktion).

Ueber die Herſtellung der Bromſilbergelatine ſ. Bromſilbergelatine. Dieſe wird in Gießmaſchinen auf Glas, Celluloid (Films) oder Papier aufgetragen. Films ſind biegſame Häute; man unterſcheidet hauptſächlich zwei Gruppen:

a) Rollfilms (auf dünnen Häuten von Celluloid oder von Kollodium und gegerbter Gelatine aufgetragen), die auf Walzen aufgewickelt und in eignen Rollkaſſetten beim Belichten in der Kamera (ſ. d.) abgerollt werden; hierher gehören auch die Streifen für Kinematographie;

b) Blatt- oder Flachfilms, die auf ſteife Celluloidblätter aufgetragen und in einzelnen Blättern, ähnlich wie Glasplatten, verarbeitet werden. Geringes Gewicht und Unzerbrechlichkeit gewähren Vorteile für Reiſephotographen.

Die Bromſilberemulſion dient zur Herſtellung ſogenannter photographiſcher Negative in der Kamera; das latente Lichtbild wird durch chemiſche Entwickler (ſ. d.) ſichtbar gemacht.

Die Empfindlichkeit der Platten wird mittels Senſitometer (ſ. d.) gemeſſen. Bromſilberplatten des Handels ſollen mindeſtens 10°, Rapidplatten 12—14°, Extrarapidplatten 15—16° Scheiner aufweiſen; letztere ſind ungefähr viermal empfindlicher als die erſtgenannten.

Normalbelichtete Platten geben bei korrekter Weiterbehandlung gute Negative. Bei zu kurzer Belichtung bleiben die Einzelheiten in den Schatten aus, während die Lichter im Entwickler zu ſtarke Deckung annehmen. Zu lange belichtete Platten geben monotone, flaue Negative; bei ſehr ſtarker Ueberbelichtung (z. B. 10000—30000fach) verliert das Bromſilber gradatim die Fähigkeit, im Entwickler geſchwärzt zu werden (Soliriſation), ſo daß beim Entwickeln mehr oder weniger eine Umkehrung in ein Diapoſitiv erfolgt.

Bei der Photographie ſehr heller Objekte treten im Negativ ſeitliche Ueberſtrahlungen auf (Lichthöfe, Irradiation), die hauptſächlich von der Reflexion des einfallenden Lichtes von der Glasplattenrückwand herrühren; Films, Bromſilberpapier geben weitaus geringere Lichthöfe als Glasplatten. Man wirkt der Lichthofbildung entgegen, indem man zwiſchen Bromſilberemulſion und Glasplatte rotgefärbte Gelatine anbringt, deren roter Farbſtoff beim nachträglichen Fixieren im ſauern Fixierbade entfärbt wird (lichthoffreie Platten, Iſolarplatten). Ein andres Mittel beſteht im Ueberziehen der Glasplattenrückſeite mit ſchwarzen, roten oder braunen Firniſſen, Dextrinſchichten u. dergl.

Durch den Entwickler wird das belichtete Bromſilber zu metalliſchem Silber reduziert. Als Fixage dient eine Löſung von Natriumthioſulfat — Fixiernatron — oder ſaures Fixierſalz. Rapidfixierſalz iſt ein Gemiſch von Fixiernatron und Chlorammonium, das beim Auflöſen Ammoniumthioſulfat bildet. Sind die fixierten Negative an Dichte nicht ganz richtig geraten, ſo werden ſie nach dem Waſchen und Trocknen, falls ſie zu dünn ſind, verſtärkt, andernfalls abgeſchwächt. Von den vielen Verſtärkern ſei die Behandlung mit zweiprozentiger Queckſilberchloridlöſung, Waſchen und Schwärzen mit verdünnter Ammoniaklöſung oder Natriumſulfitlöſung erwähnt. Queckſilberrhodaniddoppelſalz ſchwärzt Silbernegative in einer einzigen Operation (Agfaverſtärker). Gemiſche von Ferricyankalium und Uranylnitrat lagern auf dem Silberbilde durch chemiſche Wechſelwirkung einen rotbraunen Niederſchlag von Ferrocyanuranyl ab, der verſtärkend wirkt. Abſchwächer ſind Löſungsmittel für metalliſches Silber, die das Bindemittel (Gelatine) nicht angreifen dürfen, z. B. Gemiſche von Fixiernatron und Ferricyankalium, ſaure Löſungen von Kaliumpermanganat, Gemiſche von Cyankalium und Jodtinktur u. ſ. w.

Die trockenen Negative werden in der Regel gefirnißt (ſogenannter Negativlack, z. B. Löſungen von Schellack, Maſtix, Sandarak, Dammarharz in Alkohol, der warm aufzutragen iſt); Löſungen von Sandarak in Aceton, Benzol und Alkohol trocknen auch nach dem Auftragen bei Zimmertemperatur blank auf (Kaltlack), Mattlacke ſind z. B. Löſungen von Sandarak, Maſtix in Aether und Benzol. Außer Bromſilbergelatinetrockenplatten verwenden Reproduktionsanſtalten häufig das alte naſſe Kollodiumverfahren (ſ. Kollodium, photographiſches).

Die gewöhnliche Bromſilbergelatine beſitzt das Maximum der Empfindlichkeit gegen Hellblau, Blau, Violett und Ultraviolett des Spektrums; gegen Grün, Gelb und Rot fällt die Lichtempfindlichkeit enorm ab. Fügt man aber gewiſſe Farbſtoffe zur Emulſion, ſo wird die Farbenempfindlichkeit für die Komplementärfarben erhöht (Farbenſenſibiliſierung), indem die Lichtabſorption des Farbſtoffes mit dem Senſibiliſierungsmaximum im Zuſammenhange ſteht. Hierher gehören die orthochromatiſchen und panchromatiſchen Platten (ſ. Orthochromatie).

Zur Beſtimmung der Expoſitionszeit bedient man ſich vielfach der ſogenannten Expoſitionsmeſſer (ſ. d.).

Werden die Negative auf geeignete lichtempfindliche Papiere kopiert, ſo erhält man poſitive Bilder. Als lichtempfindliche Subſtanz der Kopierpapiere benutzt man gewöhnlich Chlorſilber; reines Chlorſilber ſchwärzt ſich allerdings im Lichte nicht kräftig genug; wird es aber durch Zuſatz von Silbernitrat, -zitrat u. ſ. w. oder andre Subſtanzen, die das beim photographiſchen Schwärzungsprozeß abgeſpaltene Chlor des Chlorſilbers binden, ſenſibiliſiert, ſo ſchwärzt es ſich beim Belichten durchgreifend. Derzeit werden Chlorſilberemulſionspapiere am

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

meiſten verwendet. Als Bindemittel für die Chlorſilberemulſion dient entweder Kollodium (ſ. Celloidinpapier) oder Gelatine (ſ. Ariſtopapier), Pflanzeneiweiß (ſ. Protalbinpapier) oder Kaſein (Kaſoidinpapier). Dieſe Auskopieremulſionen werden in der Regel auf ſogenanntes Barytpapier (ſ. d.) aufgetragen und als Glanz- oder Mattpapier hergeſtellt. Dieſe Papiere werden in Kopierrahmen mit den Negativen zuſammen gepreßt und behufs Erzeugung poſitiver Kopien dem Lichte ausgeſetzt. Werden ſolche Silberbilder fixirt, ſo iſt ihre Farbe häufig unanſehnlich; um die Farbe und zugleich auch die Haltbarkeit der Papierbilder auf derartigen Auskopierpapieren zu verbeſſern, bringt man ſie in Gold- oder Platinbäder, die auf das Silberbild etwas Gold oder Platin durch chemiſche Wechſelwirkung ablagern (Tonen der Silberbilder). Die Goldbäder verſetzt man bald mit alkaliſch reagierenden Subſtanzen (Borax), bald mit Thiocarbamid und Zitronenſäure oder mit Rhodanammonium u. ſ. w., um Variationen der Nuancen zu erzielen. Die Platinbäder werden meiſtens aus Kaliumplatinchlorür und Phosphorſäure gemiſcht, um ſattſchwarze Töne zu erzielen (ſ. Tonbäder). Miſcht man Goldſalze mit Fixierbädern, ſo erfolgt Tonen und Fixieren in einer einzigen Operation. Die einfachſten Tonfixierbäder beſtehen aus Natriumthioſulfat, Chlorgold und Bleiacetat oder -nitrat, das die Entſtehung dunkler Töne begünſtigt; häufig werden Rhodanide zugeſetzt oder auch Alaun, um die Bildſchicht, z. B. Ariſtobilder, zu härten (ſ. Tonfixierbäder).

Außer dieſem Auskopierpapier verwendet man auch Entwicklungspapiere, deren lichtempfindliche Schicht Bromſilber- oder Chlorſilbergelatine iſt; ſie geben bei relativ kurzer Belichtung latente Lichtbilder, die ſich durch Entwickler (ſ. oben) ſichtbar machen laſſen (ſ. Bromaryt). Chlorſilbergelatinepapiere (ſ. d.) ſind weniger lichtempfindlich als Bromſilberpapiere, geben aber wärmere Töne. Eine Mittelſorte geben die Chlorbromſilberpapiere, die man auch Tageslicht- oder Gaslichtpapier (ſ. d.) nennt (je nach der Lichtquelle, bei der man ſie kopiert). Solche Entwicklungspapiere werden mittels Maſchinen in Rollen ohne Ende kopiert und entwickelt (ſ. Kilometerphotographie) und dienen zur Anfertigung großer Bildauflagen (Anſichtskarten, Buch- und Kunſtilluſtrationen).

Auch für das photographiſche Vergrößerungsverfahren benutzt man mit Vorliebe derartige Bromſilber- oder Chlorbromſilberpapiere. Um die Farbennuance zu ändern, namentlich um den ſchwärzlichen Ton in einen bräunlichen zu verwandeln, benutzt man ſpezielle Tonbäder für Bromſilberbilder, z. B. ein Gemiſch von Ferricyankalium und Uranylnitrat, oder man führt das Silberbild in Schwefelſilber über durch Behandeln mit Ferricyankalium und Bromkalium (Bildung von Bromſilber) und darauffolgendes Baden in Schwefelnatrium u. ſ. w.

Außer den Silberſalzen eignen ſich noch andre lichtempfindliche Subſtanzen zur Herſtellung von Kopien (ſ. Lichtpaufen). Während die dort genannten Verfahren (z. B. Cyanotypie, Eiſengallusverfahren, Negrographie) mehr für techniſche Zwecke dienen, wird der Pigmentdruck (ſ. d.) ſowie der Gummidruck (ſ. d.) insbeſondere für künſtleriſche Photographie verwendet.

Der Platindruck (ſ. d.) beruht auf der Lichtempfindlichkeit des Ferrioxalates, das im Lichte zu Ferrooxalat reduziert wird und bei Gegenwart von Alkalioxalaten aus Kaliumplatinchlorür metalliſches Platin ausſcheidet. Der hohe Preis des Platins iſt der Verbreitung dieſes Verfahrens hinderlich. Ueber Argentotypie ſ. d.

Diapoſitive für Projektionszwecke (Laternbilder) erzeugt man mittels Brom- oder Chlorſilber, am meiſten jedoch mit Chlorbromſilberplatten (vgl. Projektionsapparate).

Die für Bromſilberpapier angegebenen Tonungsverfahren können auch für Diapoſitive verwendet werden; auch das Pigmentverfahren, das Kollodiumverfahren u. ſ. w. werden zur Herſtellung von Diapoſitiven vielfach verwendet; man benutzt ſolche Diapoſitive auch als Fenſterbilder für Stereoſkope und als Ausgangspunkt mancher photographiſcher Prozeſſe (z. B. Heliogravüre, zur Herſtellung photographiſch verkleinerter oder vergrößerter Negative u. ſ. w.).

Es iſt bemerkenswert, daß entwickelte, aber nicht fixierte photographiſche Bromſilbernegative durch Behandlung mit verdünnter angeſäuerter Löſung von Kaliumpermanganat direkt in Diapoſitive umgewandelt werden können, indem hierbei das metalliſche Silber des Negativs aufgelöſt wird und das Bromſilber zurückbleibt; wird dieſes durch Reduktionsmittel geſchwärzt, ſo reſultiert ein Diapoſitiv. Dieſer Prozeß findet bei der Lumièreſchen Autochromplatte Verwendung (ſ. Abſchnitt III: Photographie in natürlichen Farben).

Allgemeines über Photographie ſ. [1] und [2], über wiſſenſchaftliche Photographie ſ. [3]—[6], über gerichtliche Photographie ſ. [7] und [8].

II. Photographie bei künſtlichem Lichte.

Das gewöhnliche Lampenlicht (Petroleumlicht, Gaslicht, elektriſche Glühlampen) weiſt eine geringe photographiſche Wirkſamkeit auf, weil es relativ arm an blauen, violetten und ultravioletten Strahlen iſt. Weit wirkſamer iſt das an chemiſch wirkſamen Strahlen reiche Magneſiumlicht (ſ. d.), Aluminiumblitzlicht (ſ. d.), insbeſondere das elektriſche Bogenlicht und das Licht der Queckſilberdampflampe. Zwiſchen beiden ſteht das Gasglühlicht und die mit ſtarkem Strom zum Weißglühen gebrachte Glüh- oder Nernſtlampe und das Drummondſche Kalklicht. Gegenwärtig wird ſowohl mitunter in der Porträtphotographie, viel häufiger noch in der Reproduktionsphotographie das Licht gewaltiger Bogenlampen (zu je 3000—4000 Kerzen) verwendet. Sehr günſtig z. B. ſind die Flammbogenlampen. Der in der Lampe gezogene elektriſche Flammenbogen iſt reich an blauvioletten Strahlen und gibt ſtark chemiſch wirkſames Licht. Noch wirkſamer iſt das Licht der Effektkohlen, die Calciumſalze (gelbes Licht), Strontiumſalze (rotes Licht) oder Baryumſalze (weißes Licht) enthalten und einen ſehr hellen Flammenbogen geben, welcher zur Herſtellung von Photographien und zu Kopierprozeſſen erfolgreich verwendet wird. Namentlich die weißen Effektkohlen werden häufig zur Aufnahme farbiger Objekte verwendet. Das fahlblaue Licht der Queckſilberdampflampe iſt photographiſch

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

fehr wirkfam, namentlich in Form der Quarzlampe, weil Quarz für ultraviolettes Licht fehr durchläffig ift, während vom Glas nur die weniger brechbaren Regionen des ultravioletten Spektrums durchgelaffen werden. Jedoch laffen gewiffe Glasforten ziemlich viel Ultraviolett durch (Uviolglas). Da aber fowohl photographifche Objektive als Kopierrahmen Glaskörper enthalten, fo ftört die Lichtabforption des Glafes in der Queckfilberdampflampe in der photographifchen Praxis kaum. Vgl. [9]—[11].

III. Photographie in natürlichen Farben, Photochromie.

Es gibt verfchiedene photographifche Verfahren, die allerdings mehr oder weniger unvollkommen die Herftellung von Bildern in natürlichen Farben auf rein photographifchem Wege ermöglichen.

1. Mit Silberphotochlorid. Läßt man Chlorfilberpapier am Lichte violett anlaufen (Bildung von Silberphoto- oder -fubchlorid), fo ift diefes Produkt geeignet, Photochromien zu geben. Legt man bunte Gläfer oder Diaphanien (f. d.) auf folches Papier und fetzt es längere Zeit ($^1/_2$ bis mehrere Stunden) dem Sonnenlichte aus, fo entftehen die analogen Farben auf dem Papier, namentlich das Rot, Gelb, Blau und Violett kommen gut zum Vorfchein, am fchwierigften das Grün. Diefes Verfahren war im Prinzip fchon Seebeck (1810) bekannt; es wurde fpäter von Becquerel, Niepce (1850—1866), Zenker u. a. vervollkommnet. Keinem Forfcher gelang die Fixierung diefer Art der Photochromien, die fich wohl bei Lichtabfchluß lange Zeit aufbewahren laffen, im Lichte aber rafch nachdunkeln und in Fixierbädern zerftört werden.

2. Ausbleichverfahren. Unechte Pflanzen- oder Teerfarbftoffe bleichen im Lichte aus, und zwar in jenen Farben des Spektrums, die den unechten Pigmentfarben komplementär find. Ein lichtunechter roter Teerfarbftoff wird z. B. nur von grünem Licht gebleicht, das er abforbiert, nicht aber von rotem, das er reflektiert. Diefe fchon anfangs des vorigen Jahrhunderts gemachte Beobachtung (f. Eder, Gefchichte der Photographie, Halle a. S. 1905) nutzte zuerft Vallot (1895), Worel (1901), Neuhauß (1902) zur Herftellung von Photochromien aus. Sie beftrichen Papier mit einem Gemifch von unechten roten, gelben und blauen Farbftoffen, legten ein farbiges Glasbild u. f. w. auf, belichteten in der Sonne, bis hinter jedem Farbenglas die komplementäre Farbe zerftört war. Es refultiert dann eine Photochromie, die ungefähr die Farben des Originals aufweift. Gewiffe Zufätze (Anethol, Waffer ftofffuperoxyd) befördern den Ausbleichprozeß. Die fertigen Ausbleichbilder werden durch Baden in Kupferfulfatlöfung lichtechter gemacht.

3. Lippmanns Interferenzmethode ift eines der geiftreichften photographifchen Verfahren (erfunden 1891) und befteht darin, daß eine feinkörnige und deshalb leider fehr wenig empfindliche Emulfion mit der Schichtfeite mit Queckfilber in optifchen Kontakt gebracht wird; hierauf läßt man in der photographifchen Kamera das durch eine Linfe entworfene farbige Bild auf die äußere Glasrückwand fallen. Es dringt durch die Emulfionsfchicht zum Queckfilber und wird von diefem gefpiegelt; diefes gefpiegelte Licht interferiert mit dem einfallenden, wobei fich im Innern der lichtempfindlichen Schicht ftehende Lichtwellen (dunkle Minima, leuchtende Maxima) bilden. Die empfindliche Schicht wird durch diefe Vorgänge in eine Reihe von dünnften Lamellen zerlegt, die zur Dicke den Zwifchenraum haben, der zwei Maxima trennt. Diefe Abftände entfprechen der halben Wellenlänge und der Farbe des einwirkenden Lichts. Entwickelt und fixiert man diefe Bilder wie gewöhnliche photographifche Trockenplatten, fo erhält man nach dem Trocknen Photographien, die im reflektierten Lichte naturwahre, prächtig fchillernde Farben zeigen, die auch vollkommen haltbar find. Die Lippmannfchen Photochromien geben in der Kamera direkte, wahre und wirklich fixierbare naturfarbige Bilder, die allerdings nur im reflektierten Lichte fichtbar find. Es gelingt nicht nur die Wiedergabe des Farbenfpektrums, fondern auch Mifchfarben, ja fogar Porträte lebender Perfonen (zuerft von Lumière in Lyon 1893) find, allerdings bei fehr langer Belichtungszeit, zu erhalten. Eine technifche Verwertung ift bis jetzt unmöglich.

4. Indirekte Farbenphotographie, Dreifarbenphotographie. Die Schwierigkeiten der vorhin erwähnten Verfahren führten zur indirekten Farbenphotographie nach dem zuerft von Maxwell (1861) gefaßten Gedanken, daß man jedes farbige Bild durch Kombination der drei Grundfarben (Rot, Gelb, Blau oder Orange, Grün, Blauviolett) herftellen kann (f. Dreifarbendruck, Chromofkop, Pinachromie und Pinatypie).

Das neue Lumièrefche Autochromverfahren, das in finnreicher Weife in einem Arbeitsvorgange unmittelbar Photographien in natürlichen Farben ergibt, baut fich gleichfalls auf dem Syftem der Dreifarbenphotographie (f. Dreifarbendruck) auf; jedoch find die Lichtfilterchen in den drei Grundfarben (Orangerot, Grün, Blauviolett) in die photographifche Platte felbft verlegt und von fo außerordentlicher Feinheit, daß das refultierende farbige Bild ohne mechanifche Einfärbungsprozeffe auf rein photographifchem Wege zuftande kommt, wobei die Empfindlichkeit fo groß ift, daß Porträte, Landfchaftsaufnahmen fich ohne Schwierigkeit bei fonnigem Wetter herftellen laffen. Verfahren, die dem Autochromverfahren ähnlich find, aber Lineaturen oder andre Muffer (anftatt gefärbter Körnchen) in der Platte tragen, find auch von Ducos du Hauron und fpäter von Bercegol, Warner-Powrie, Krayn u. a. angegeben worden. Während Joly zur Aufnahme eine Platte benutzt, die rote, grüne und blaue Linien nebeneinander zeigt, verwenden die Gebrüder Lumière bei ihren Autochromplatten ftatt der Linien ein feines Korn aus Stärkekörnern (Durchmeffer etwa 0,015 mm). Sie werden mit forgfältigft ausgewählten Anilinfarben orange, grün und violett gefärbt, getrocknet und dann die drei verfchieden gefärbten Mengen innigft miteinander vermifcht. Diefes Gemenge wird auf eine Glasplatte aufgetragen und mit einem vorher über die Platte geftrichenen klebrigen Mittel fixiert; die dergeftalt adjuftierten Glasplatten haben eine Preßmafchine zu durchlaufen,

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

wodurch die Körner ganz nahe aneinander gedrückt werden und ſchließlich nur allerfeinſte Kohleteilchen zum vollſtändigen Ausſchluß des weißen Lichtes erforderlich ſind. Die ſo präparierten Platten zeigen für das freie Auge eine graue Färbung. Die Schichtung der gefärbten Körner wird ſodann mit einem waſſerdichten Lack überzogen und erſt auf dieſen Lack wird die panchromatiſche Bromſilbergelatineemulſion aufgetragen. Die Belichtung erfolgt unter Vorſchaltung eines Gelbfilters durch das Glas der Autochromplatte und iſt ca. vierzigmal länger zu nehmen als bei gewöhnlichen Trockenplatten. Es wird mit Pyrogallusſäure-Ammoniakentwickler hervorgerufen, das entſtandene unfixierte Negativ wird in ein Diapoſitiv umgewandelt, indem man mittels ſaurer Kaliumpermanganatlöſung das metalliſche Silber auflöſt. Das Bromſilber bleibt in der Platte, dieſe wird gewaſchen, ans Tageslicht gebracht, mit Amidol bei vollem Tageslicht das unreduzierte Bromſilber entwickelt, wobei das Negativ in ein Diapoſitiv umgewandelt wird. Nach kurzem Waſchen entfernt man die Spuren des Amidolentwicklers mit einem ſehr verdünnten Kaliumpermanganatbade, dann wird flüchtig abgeſpült und die Platte in einer Löſung von Silbernitrat, Pyrogallus- und Zitronenſäure in Waſſer verſtärkt. In dieſem Bade bleibt die Platte ſo lange, bis ſie in der Durchſicht genügende Kraft hat, wobei man die Farben ſchon prächtig ſieht. Nach flüchtigem Abſpülen wird die Platte in ein Kaliumpermanganatbad (1 : 2000) kurz eingetaucht, abgeſpült, in ſauerm Fixierbade fixiert und etwa 3—4 Minuten gewäſſert. Die noch naſſe Platte wird auf einer rotierenden Scheibe raſch getrocknet und mit einem alkoholfreien Lack überzogen. Das Verfahren liefert vorzügliche Reſultate und iſt nicht ſehr ſchwierig auszuführen. Vgl. [4], [12]—[15].

IV. Photographiſche Vergrößerungen

ſtellt man entweder direkt nach den kleinen Originalnegativen her, indem man ſie im durchfallenden Lichte beleuchtet und mit einem photographiſchen Objektiv und einer Kamera ein vergrößertes Bild auf Bromſilberpapier entwirft, das dann im Entwickler ein poſitives Bild gibt. Man kann auch einen indirekten Weg einſchlagen, indem man nach dem Originalnegativ ein Glasdiapoſitiv (am beſten mittels Pigmentverfahrens) herſtellt und nach dieſem in der Kamera ein vergrößertes Negativ, das zur Herſtellung von großen Kopien dient. Vgl. [16] und [17].

Außer den im Artikel zitierten Verweiſen ſ. ferner Momentverſchlüſſe, Objektive, photographiſche, Retuſche, Stereophotographie, Telephotographie (Fernphotographie), Vergrößerungsapparate; über Röntgenphotographie ſ. Röntgenſtrahlen.

Literatur: [1] Eder, Ausführl. Handbuch der Photographie, 3.—5. Aufl., Halle a. S. 1903/06. — [2] Pizzighelli, Handbuch der Photographie, 3. Aufl., Halle a. S. 1903. — [3] Neuhauß, Photographie auf Forſchungsreiſen, Halle a. S. 1894. — [4] Eder, Jahrbücher für Photographie, Halle a. S. 1887—1907. — [5] Konkoly, Anleit. z. Himmelsphotographie, Halle a. S. 1887. — [6] Krumbacher, Photographie im Dienſte der Geiſteswiſſenſchaften, Leipzig 1906. — [7] Bertillon, Die gerichtliche Photographie, Halle a. S. 1895. — [8] Reiß, La photographie judiciaire, Paris 1903. — [9] Schnauß, Blitzlichtphotographie, 3. Aufl., Düſſeldorf 1902. — [10] Holm, Photographie bei künſtlichem Licht, Berlin 1903. — [11] Mercator, Die Verwendung künſtlicher Lichtquellen bei Porträtaufnahmen, Halle a. S. 1898. — [12] Valenta, Photographien in natürlichen Farben mit beſonderer Berückſichtigung des Lippmannſchen Verfahrens, Halle a. S. 1894. — [13] Miethe, Dreifarbenphotographie, Halle a. S. 1904. — [14] Hübl, Dreifarbenphotographie, 2. Aufl., Halle a. S. 1902. — [15] Derſ., Theorie und Praxis der Farbenphotographie mit Autochromplatten, Halle a. S. 1908. — [16] Mercator, Der Entwicklungsdruck, Düſſeldorf 1891. — [17] Stolze, Kunſt des Vergrößerns, 2. Aufl., Halle a. S. 1902. — Encyklopädie der Photographie, Halle a. S., Heft 1—60; Photographiſche Bibliothek, Berlin, Heft 1—20; Keßler, Lehrbuch der praktiſchen Photographie, Leipzig 1906; Eder, Rezepte und Tabellen, 7. Aufl., Halle a. S. 1908; Schmidt, Kompendium der praktiſchen Photographie, Karlsruhe 1907; Kaiſerling, Praktikum der wiſſenſchaftlichen Photographie, Berlin 1898; Schmidt, Photographiſches Hilfsbuch, Bd. 1 u. 2, Berlin 1907/08; Vogel, Handbuch der Photographie, Bd. 1—3 (Bd. 1 bearb. von E. König), Berlin 1906; Miethe, Lehrbuch der prakt. Photographie, 2. Aufl., Halle a. S. 1902; Luther, Chemiſche Vorgänge in der Photographie, Halle a. S. 1899; Valenta, Photogr. Chemie, Halle a. S. 1898/99. *J. M. Eder.*

Photographieſchutzgeſetz, ſ. Urheberrecht.

Photographiſche Ortsbeſtimmung, im weſentlichen die Anwendung des Photochronographen (ſ. d.) auf Beſtimmung der geographiſchen Koordinaten eines Beobachtungsortes.

Photogravüre, Synonym für Heliogravüre (ſ. d.); in Frankreich Bezeichnung für Autotypie (ſ. d.).

Photokeramik, die Herſtellung keramiſcher, auf photomechaniſchem Wege mit Dekor verſehener Gegenſtände (vgl. Einſtaubverfahren, Emailphotographie, Keramik, photographiſche, Keramiſcher Druck). *A. W. Unger.*

Photolithographie, ſ. Lithographie und Preſſendruckverfahren.

Photometrie (Lichtmeſſung) wird in der Regel in zwei Gruppen eingeteilt: 1. die optiſche Photometrie; 2. die chemiſche Photometrie. Vgl. a. Beleuchtungsgrundſätze.

I. Optiſche Photometrie.

Photometer ſind Vorrichtungen zum Meſſen von Helligkeiten. Als Maßeinheit dienen die Normallichtquellen. Dieſe ſind willkürlich feſtgelegt, müſſen jedoch die Forderung erfüllen, leicht reproduzierbar zu ſein. Der internationale Elektrikerkongreß zu Genf 1896 nahm

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

als Einheit der Lichtstärke die „Bougie décimale" = $^1/_{20}$ Violle an. Die Definition der Violle-Einheit wurde in der folgenden Fassung angenommen: Als Einheit des weißen Lichtes gilt die Lichtstärke, welche 1 qcm der Oberfläche geschmolzenen Platins im Momente des Erstarrens in senkrechter Richtung besitzt. Da die Violle-Einheit nicht leicht reproduzierbar ist, wurde auf dem Kongreß für praktische Zwecke die von Hefner-Alteneck angegebene Amylacetatlampe (Hefnerkerze = HK) als Normallichtquelle gewählt. Diese ist definiert als die Lichtstärke in horizontaler Richtung einer ruhig stehenden, in reiner atmosphärischer Luft frei brennenden Flamme, welche aus dem Querschnitt eines massiven, mit Amylacetat gesättigten Dochtes aufsteigt, der ein kreisrundes Dochtröhrchen aus Neusilber von 8 mm innerem und 8,3 mm äußerem Durchmesser und 25 mm frei stehender Länge vollkommen ausfüllt, bei einer Flammenhöhe von 40 mm vom Rande des Dochtröhrchens aus und frühestens 10 Minuten nach dem Anzünden gemessen.

Die Stärke der Beleuchtung, welche eine punktförmige Lichtquelle von 1 HK im Abstande von 1 m hervorbringt, nennt man „Meterkerze" oder „ein Lux". Die Hefnerkerze ist nur in Deutschland und Oesterreich in Gebrauch, während in Frankreich die Carcellampe, in England die Englische Walratkerze und auch die 10-Kerzen-Pentanlampe von Vernon Harcourt als Einheiten benutzt werden.

Die Verhältnisse dieser gebräuchlichen Einheiten sind in folgender Tabelle enthalten (vgl. Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung 1907, Bd. 50, S. 752):

	HK	VK	EK	1 Pe	10 Pe	C	B. d.
Hefnerkerze	1	0,833	0,877	0,855	(0,0951)	0,0930	0,89
Vereinskerze	1,20	1	1,05	1,03	(0,105)	0,110	1,07
Englische Walratkerze	1,14	0,95	1	0,97	(0,1)	0,105	1,01
Pentandochtlampe	1,17	0,97	1,03	1	0,103	0,107	1,04
10-Kerzen-Pentanlampe	(10,95)	(9,50)	(10,0)	(9,7)	1	(1,020)	—
Carcellampe	10,75	9,05	9,53	9,29	(0,98)	1	9,62
Bougie décimale = $^1/_{20}$ Violle	1,13	0,94	0,99	0,96	—	0,104	1

In Anlehnung an die Beschlüsse des bereits erwähnten Genfer Kongresses haben die beteiligten deutschen Vereine die in folgender Tabelle angeführten photometrischen Größen und Einheiten festgelegt (vgl. Elektrotechn. Zeitschr. 1897, 18, S. 474; Journal für Gasbeleuchtung und Wasserverforgung 1897, 40, S. 548).

Größe		Einheit	
Name	Zeichen	Name	Zeichen
Lichtstärke	J	Kerze (Hefnerkerze)	HK
Lichtstrom	$\Phi = J\omega = [(J : r^2) S]$	Lumen	Lm
Beleuchtung	$E = \Phi : S = J : r^2$	Lux (Meterkerze)	Lx
Flächenhelle	$e = J : s.$	Kerze auf 1 qcm	—
Lichtabgabe	$Q = \Phi T.$	Lumenstunde	—

Dabei bedeuten ω einen räumlichen Winkel, S eine Fläche in Quadratmetern, s eine Fläche in Quadratzentimetern, beide senkrecht zur Strahlenrichtung, r eine Entfernung in Metern, T eine Zeit in Stunden.

Häufig benutzt man bei photometrischen Messungen sekundäre Normallichtquellen, und zwar kommen Benzin- oder Ligroinkerzen, vor allem aber Glühlampen (Kohlen- oder Metallfadenglühlampen) in Betracht. Diese müssen durch Akkumulatoren gespeist werden, damit die Spannung und Lichtstärke einen konstanten Wert behält.

Ausführung der photometrischen Messungen. Die Ausführung der photometrischen Messungen erfolgt in der Weise, daß von den zu vergleichenden Lichtquellen zwei eng aneinander stoßende Flächen (Photometerschirm) beleuchtet werden. Die Vergleichung erfolgt entweder durch Einstellung auf gleiche Helligkeit oder auf gleichen Kontrast, bei Vergleichung verschiedengefärbter Lichtquellen auch nach dem Prinzip gleicher Sehschärfe, oder auch nach dem Flimmerprinzip. In allen Fällen findet folgende Beziehung statt: Sind L_1 und L_2 die zu vergleichenden Lichtquellen, l_1, l_2 deren Entfernungen vom Photometerschirm im Gleichheitspunkte, so ist $L_1 : l_1^2 = L_2 : l_2^2$, da die Lichtwirkung mit dem Quadrate der Entfernung abnimmt. Aus dieser Gleichung läßt sich, da die Helligkeit der einen Lichtquelle bekannt sein muß, die der andern berechnen.

Beschreibung der Apparate. Der älteste Typ ist das Schattenphotometer von Lambert (1760), auch Rumford-Photometer genannt. Bei diesem werden von den zwei zu vergleichenden Lichtquellen die Schlagschatten eines Stabes auf eine weiße Wand geworfen, wobei der von der einen Lichtquelle geworfene Schlagschatten durch die andre erhellt wird; die Lichtquellen werden so lange verschoben, bis die Schatten gleich hell erscheinen.

Das Photometer von Bouguer und Faucoult (1729) besitzt eine vertikale weiße Wand, welche durch eine geschwärzte Scheidewand in zwei Abteilungen geteilt wird, in welchen je eine der beiden Lichtquellen so lange verschoben wird, bis die Flächen gleich hell beleuchtet sind. Eine Modifikation dieser Anordnung ist das Keilphotometer von Ritchie.

Das Bunsensche Fettfleckphotometer [1], [4] beruht auf der Tatsache, daß ungefettetes Papier mehr Licht reflektiert, aber weniger durchläßt als gefettetes. In seiner einfachsten Gestalt besteht es aus einem weißen Papierschirm P, der in der Mitte mit einem kreisförmigen Fettfleck F versehen ist. Dieser Schirm wird senkrecht in der Mitte einer optischen Bank angebracht, und zwar so, daß die Mitte des Fettflecks in der Lichtachse liegt. Werden die Lichtquellen $L\,L_1$ entsprechend verschoben, so wird in jener Stellung, für welche die früher erwähnte Gleichung erfüllt ist, der Fettfleck verschwinden, d. h. gleich hell mit dem übrigen Teile des Schirmes erscheinen. Um beide Seiten des Schirmes gleichzeitig überblicken zu können, ordnete Rüdorff

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

einen Winkelspiegel $S_1 S_2$ (Fig. 1) an, wodurch das Auge A in der Ebene des Papierschirmes beobachten kann. Krüß erreichte denselben Erfolg durch Verwendung zweier Reflexionsprismen. Siemens & Halske ersetzen bei ihrem neuesten tragbaren Glühlampenphotometer für technische Zwecke den Fettfleck durch einen Silberfleck zwischen zwei mattierten Glasplatten, der sich in zwei Spiegeln abbildet. Der Vorteil des Bunsen-Photometers liegt darin, daß die Felder im Falle gleicher Helligkeit scharf ineinander übergehen, während bis dahin die Vergleichsfelder immer durch einen dunkeln Zwischenraum getrennt waren. Einen Nachteil dieser Anordnung bedeutet jedoch der Umstand, daß jedes Vergleichsfeld gleichzeitig von beiden Lichtquellen beleuchtet wird, wodurch die Empfindlichkeit bis auf ein Viertel der möglichen herabgemindert wird. Dieser Fehler wurde im Photometer von Lummer und Brodhun [1], [4] vermieden. Der wesentliche Teil desselben ist eine Prismenkombination, der sogenannten Photometerwürfel, welcher an Stelle des Schirmes mit dem Fettfleck tritt. Die Hypotenusenfläche des Prismas A ist kugelförmig ausgebildet und bei $r s$ eben angeschliffen (Fig. 2), an diesen ebenen Teil ist die ebene Hypotenusenfläche des Prismas B so innig angepreßt, daß alle Luft an der Berührungsstelle entfernt wird. l und λ stellen zwei diffus reflektierende Flächen vor, welche ihr Licht durch die zu vergleichenden Lichtquellen erhalten. Die von l kommenden Lichtstrahlen gehen bei $r s$ ungebrochen und ungeschwächt hindurch und treten in der Fläche $a c$ parallel zur ursprünglichen Richtung aus. Die von λ kommenden Strahlen können ebenfalls

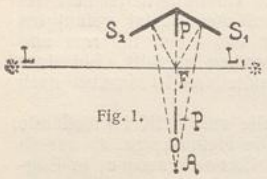


Fig. 1.

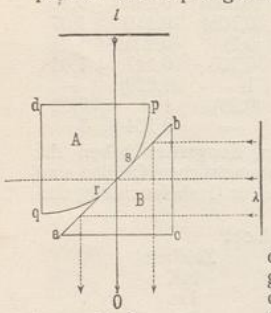


Fig. 2.

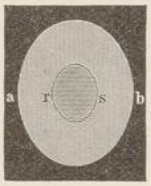


Fig. 3.



Fig. 4.

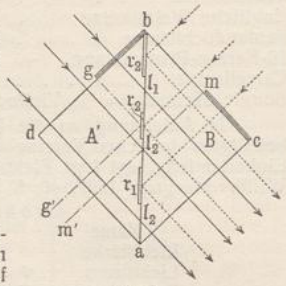


Fig. 5.

durch $r s$ ungehindert hindurchtreten, dagegen werden sie von allen andern Punkten der Fläche $a b$ total reflektiert. Das auf die Fläche $a b$ akkomodierte Auge des Beobachters in 0 erhält demnach direktes Licht von l, total reflektiertes von λ. Es erscheint also das eine Vergleichsfeld $r s$ als ein gleichförmig heller oder dunkler Fleck in einem ebenfalls gleichförmig hellen ringförmigen Felde (dem zweiten Vergleichsfelde). Dem äußeren Felde ist dadurch eine ringförmige Gestalt gegeben, daß man an den schwarz angelegten Stellen den Rand der Fläche $a b$ mit Asphaltlack bestreicht (Fig. 3). Bei gleicher Helligkeit der Vergleichsfelder verschwinden die Ränder des inneren elliptischen Fleckes vollständig. Noch größere Genauigkeit läßt sich bei Messungen mit dem Kontrastphotometer, welches auch von Lummer und Brodhun herrührt, erzielen (Fig. 4 und 5). Der Würfel besteht hier ebenfalls aus zwei Prismen, die mit ihren ebenen Hypotenusenflächen $a b$ aneinander gepreßt sind. Von dem Prisma A ist an den Stellen $r_1 r_2$ mittels Sandstrahlgebläse die Oberfläche weggeschliffen, so daß die vier Felder $r_1 r_2 l_1 l_2$ entstehen. Die Kathetenflächen $d b$ und $c b$ werden überdies nahezu bis zur Mitte mit den Glasplatten $m c$, $g b$ bedeckt, welche von dem auffallenden Lichte ca. 92% durchlassen. Der Strahlengang ist aus der Figur leicht erkennbar. Ein senkrecht auf $a c$ blickendes, auf $a b$ akkomodiertes Auge sieht die Felder l_1, l_2 im Lichte der linken, r_1 und r_2 im Lichte der rechten Lichtquelle. Als Kriterium der gleichen Helligkeit dient einerseits

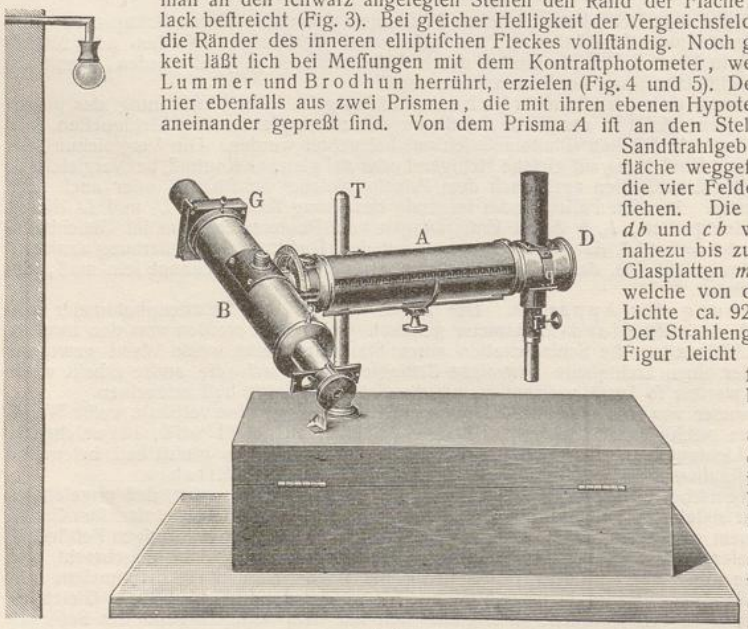


Fig. 6.

der gleiche Kontraſt von r_1 und I_1 gegenüber I_2 bezw. r_2, anderſeits auch das Verſchwinden der Trennungslinie von I_2 und r_2. Beide Bedingungen müſſen bei richtiger Einſtellung erfüllt ſein.

Ein Inſtrument, welches wegen ſeiner handlichen Form in techniſchen Kreiſen weite Verbreitung gefunden hat, iſt das Milchglasplattenphotometer von Leonhard Weber (Fig. 6 und 7) [3]. Auf dem als Fuß dienenden Aufbewahrungskaſten iſt die Säule *T* aufgeſchraubt. An dieſer iſt das horizontale Rohr *A* befeſtigt. *A* trägt links das um die Achſe von *A* drehbare und zu dieſer ſenkrechte Rohr *B*, rechts das Gehäuſe für die als Vergleichslichtquelle dienende Benzinlampe L_a, welche die mittels Triebes in *A* verſchiebbare Milchglasplatte G_a beleuchtet. Ein mit G_a feſt verbundener Index gleitet über eine an der Außenſeite von *A* angebrachte Millimeterteilung und geſtattet, den Abſtand r_a zwiſchen G_a und L_a unmittelbar abzuleſen. Durch ein Glimmerfenſter *q* im Gehäuſe *D* kann man die Flammenhöhe der Benzinlampe mittels einer dahinter geſtellten Teilung auf Spiegelglas bis auf 0,2 mm ableſen. Die Flamme wird von außen her in geeigneter Weiſe auf die vorgeſchriebene Flammenhöhe von 20 mm einreguliert. L_a iſt gegen *A* durch eine in der Figur nicht gezeichnete Glasplatte zur Vermeidung von Luftſtrömungen abgeſchloſſen. *B* trägt bei *G* ein Gehäuſe zur Aufnahme von Rauch- und Milchgläſern, bei *W* einen Lummer-Brodhunſchen Gleichheits- oder Kontraſtwürfel, bei *O* ein Okular zum Beobachten des Würfels. *B* läßt ſich durch Drehen um die Achſe von *T* und um die Achſe von *A* auf jeden Punkt des Raumes einſtellen. Zum Anblenden fremden Lichtes wird auf *B* bei *G* ein Rohr geſetzt. Die photometriſche Einſtellung erfolgt ſtets durch Verſchieben der Milchglasplatte G_a. Dieſes Photometer kann ſowohl zur Meſſung von Lichtſtärken als auch von Beleuchtungen verwendet werden. Sein Vorteil beſteht darin, daß man eines eignen geſchwärzten Photometerraumes entraten kann. Dagegen iſt der mittlere Fehler wegen der unvermeidlichen Schwankungen der Normallampe ca. 2%. Beſſere Reſultate laſſen ſich bei Verwendung kleiner Glühlämpchen an Stelle der Benzinlampe erzielen.

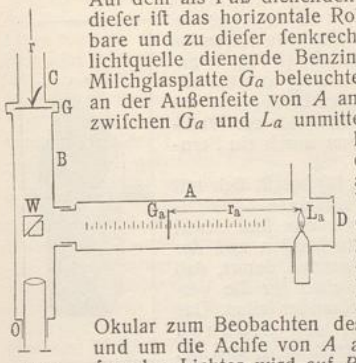


Fig. 7.

Es wären als techniſche Photometer noch die Beleuchtungsmeſſer von Krüß und von Martens [1], [4], der Helligkeitsprüfer nach Wingen und das Photometer nach Claffen zur Meſſung der Helligkeitsverteilung in beleuchteten Räumen zu nennen. Während bei den bisher beſprochenen Photometern die Entfernungsänderung als Schwächung der Lichtquelle dient, kann dies auch durch andre Mittel erfolgen.

A. Durch Mittel phyſikaliſcher Natur [1]: 1. Anwendung von Blenden (Cornu, Crova, Mascart, Univerſalphotometer von Blondel und Broca). 2. Anwendung von Zerſtreuungslinſen (Perry, Ayrton). 3. Anwendung abſorbierender Mittel (Weber, Sabine). 4. Anwendung der Polariſation (das Licht wird durch Reflexion und Brechung oder durch Doppelbrechung geradlinig polariſiert; durch Anordnung zweier Nicol-Prismen, von denen das eine feſt, das andre drehbar iſt, kann man die durchgelaſſene Lichtmenge nach Belieben verändern. Polariſationsphotometer von Zöllner, Wild, Martens).

B. Durch Mittel phyſiologiſcher Natur [1]. Rotierende Sektoren (Straßenphotometer von Brodhun).

Photometrie verſchiedenfarbiger Lichtquellen. Während die Vergleichung gleichgefärbter Lichtquellen, d. h. ſolcher von analoger ſpektraler Zuſammenſetzung, verhältnismäßig einfach durchzuführen iſt, ergeben ſich bei verſchiedenfarbigen Lichtquellen beträchtliche Schwierigkeiten (Purkinjes Phänomen). Es gibt verſchiedene Methoden, um trotz Farbenverſchiedenheiten zu richtigen Reſultaten zu gelangen. Dieſe ſind:

A. Einſtellung auf gleiche Helligkeit. 1. Durch Zwiſchenſchaltung geeigneter farbiger Mittel wird der Farbenunterſchied verringert oder ganz aufgehoben (gefärbte Gläſer, Lépinay und Nicaty). 2. Kompenſationsmethode, bei welcher das eine Vergleichsfeld des Photometers durch die zu meſſende Lichtquelle, das andre durch die Normallichtquelle mehr einem berechenbaren Bruchteil des Lichtſtromes der zu meſſenden Lichtquelle beleuchtet wird (Kompenſationsphotometer von Krüß, Miſchungsphotometer von Groſſe) [4].

B. Einſtellung auf gleiche Sehſchärfe. Man verſteht unter letzterer die Fähigkeit der Netzhaut, kleine Geſichtsobjekte zu erkennen. Die wichtigſte Anwendung ſtammt von L. Weber: Dieſer ſetzt vor das Okularrohr ſeines Photometers eine verſchiebbare Platte mit rotem und grünem Glas; es wird einmal mit vorgeſchlagenem rotem, einmal mit grünem Glaſe auf gleiche Helligkeit eingeſtellt. Aus dem Verhältnis der durch Photometrierung mit rotem und grünem Glas erhaltenen Lichtſtärken läßt ſich mit Hilfe einer experimentell feſtgelegten Tabelle die wahre Lichtſtärke berechnen. Die Tabelle wird mit Hilfe einer Sehſchärfenmeſſung ermittelt, wobei als Sehzeichen ringförmig ſchraffierte Felder von abnehmender Feinheit dienen, welche verkleinert auf einer Milchglasplatte photographiert ſind. Die auf dieſe Weiſe ermittelte Tabelle gilt jedoch nur für eine beſtimmte Lichtart (Glühlampen).

C. Flimmerphotometrie [1], [4]. Dieſe beruht auf der Erſcheinung, daß bei raſch wechſelnder, ungleich ſtarker Beleuchtung des Photometerſchirmes im Auge die Empfindung des Flimmerns entſteht. Das Flimmern kann zum Verſchwinden gebracht werden, indem man den wechſelnden Lichtwirkungen gleiche Intenſität gibt. Derartige Photometer eignen ſich auch zur Vergleichung verſchiedengefärbter Lichtquellen, da in dieſem Falle das Auge die Empfindung einer einheitlichen Miſchfarbe erhält, in der jedoch das Flimmern bei verſchiedener Intenſität der Beleuchtung fortdauert. Rood nimmt das Verſchwinden des Flimmerns als Kriterium der Gleichheit der Beleuchtung auch im letzteren Falle an. Die mit Hilfe des Flimmerphotometers gemeſſenen Helligkeiten der verſchiedenen Spektralgebiete einer Normallichtquelle im Vergleiche zum weißen

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Tageslicht heißen Flimmeräquivalenzen. Der Nachteil dieſes Photometers beſteht darin, daß einerſeits bei zu geringer Wechſelgeſchwindigkeit das Flimmern überhaupt nicht aufhört, ſondern nur ein Minimum erreicht, anderſeits bei zu großer Geſchwindigkeit das Flimmern innerhalb großer Beleuchtungsunterſchiede verſchwindet. Solche Photometer wurden von Whitman, Rood, Krüß, Bechſtein, Simance und Abady konſtruiert; das kompendiöſeſte und einfachſte iſt das von Krüß angegebene. Dasſelbe beſteht der Hauptſache nach aus einem diffus reflektierenden Körper, welcher aus gegeneinander geneigten Flächen (ſ. Fig. 8) zuſammengeſetzt iſt. Verſetzt man denſelben in Drehung, ſo wird abwechſelnd das Licht der rechts und links gelegenen Lichtquelle ins Auge reflektiert werden, welches in einer zur Drehachſe des Körpers ſenkrechten Ebene durch ein Fernrohr auf den Körper blickt.

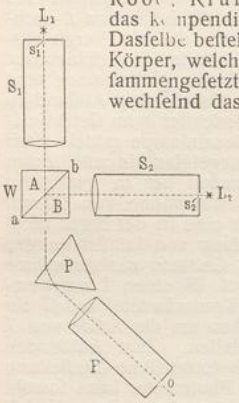
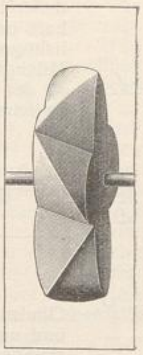


Fig. 9.


Fig. 8.

Die **Spektralphotometrie** [1], [4] befaßt ſich mit der Meſſung der Lichtſtärke der einzelnen Spektralgebiete einer Lichtquelle. Die Photometer ſind derart eingerichtet, daß von der zu unterſuchenden und der Normallichtquelle Spektra erzeugt werden, derart, daß die gleichfarbigen Beſtandteile in einer für die Vergleichung geeigneten Weiſe nebeneinander fallen. Das Spektralphotometer von Lummer und Brodhun (Fig. 9) beſteht aus den Kollimatorrohren S_1 und S_2, dem Photometerwürfel W, dem Prisma P und dem Fernrohr F. Die vom Spalt s_1 ausgehenden Lichtſtrahlen durchlaufen W, das Prisma P und erzeugen in der Brennebene von F das Spektrum von L_1, während die Strahlen vom Spalt s_2 an der Fläche $a\,b$ total reflektiert werden und ein mit dem Spektrum von L_1 zuſammenfallendes Spektrum von L_2 geben. Das Auge ſtellt auf die Fläche $a\,b$ ein und ſieht die Spektra übereinander, indem nach Art des Kontraſtwürfels an der Hypotenuſenfläche des Prismas A horizontale Streifen abgeſchliffen ſind, ſo daß abwechſelnd reflektierende und durchläſſige Stellen entſtehen. Spektralphotometer wurden konſtruiert von Vierordt, Glan, König, Hagen und Rubens.

Die **optiſche Pyrometrie** [1], [2] (ſ. Pyrometer) beruht auf der Tatſache, daß die Lichtſtrahlung eines glühenden Körpers mit ſteigender Temperatur ſtark anwächſt, und zwar im kurzwelligen Teil des Spektrums ſchneller als im langwelligen (Strahlungsgeſetz). Die Temperaturmeſſung erfolgt durch eine photometriſche Meſſung. 1. Pyrometer von Wanner. Dies iſt ein modifiziertes Spektralphotometer nach König. Als Vergleichslampe dient eine 6-Volt-Lampe; gemeſſen wird bei 0,656 μ der roten Waſſerſtofflinie. Lichtſchwächung erfolgt durch Nicol-, Rauchgläſer oder rotierende Sektoren (über 1800°); unter 1200° iſt der Lichtverluſt durch Polariſation zu groß. 2. Pyrometer von Holborn und Kurlbaum. Hier wird durch ein Fernrohr ein Bild der glühenden Fläche erzeugt, das mit dem Bügel einer 4-Volt-Lampe zuſammenfällt. Ein rotes Glas wird vorgeſchaltet. Der Lampenſtrom wird reguliert, bis die Spitze des Bügels in der Fläche verſchwindet. Am Ampèremeter läßt ſich direkt die Temperatur ableſen. Das Pyrometer iſt von 900° an aufwärts verwendbar.

Beſtimmung von mittleren Lichtſtärken. Handelt es ſich um Beſtimmung der Lichtintenſität von Lichtquellen, deren Lichtemiſſion nach verſchiedenen Richtungen verſchieden iſt, ſo gibt man gewöhnlich die mittlere räumliche, ſphäriſche Lichtſtärke J_s an, d. i. jene nach allen Richtungen konſtante Lichtintenſität, welche die Lichtquelle haben müßte, damit der in den räumlichen Winkel 4π ausgeſendete Lichtſtrom Φ_s gleich dem wirklich ausgeſendeten iſt. Es beſteht die Beziehung $J_s = \Phi_s : 4\pi$. Unter der oberen oder unteren hemiſphäriſchen Lichtſtärke ($J_{s,o}$, $J_{s,u}$) verſteht man den Mittelwert der Lichtſtärken in allen Richtungen oberhalb bezw. unterhalb der durch die Lampenmitte gehenden Horizontalebene. $J_{s,u} = \Phi_u : 2\pi$, $J_{s,o} = \Phi_o : 2\pi$. Die mittlere Lichtſtärke läßt ſich ſowohl rechneriſch als auch graphiſch aus einer größeren Zahl von Meſſungen in verſchiedenen Richtungen ermitteln. Hierzu verwendet man entweder die Neigung des Photometerſchirmes (Dibdin, Elſter), einen drehbaren Spiegel (Hefner-Alteneck, Perry, Ayrton, Krüß) oder auch Syſteme von mehreren drehbaren Spiegeln (Brodhun, Matthiews, Sharp, Krüß). Vereinfacht werden die Meſſungen durch die Lichtintegratoren, oder Integralphotometer, bei welchen eine einzige Meſſung genügt (Lumenmeter von Blondel, Kugelphotometer von Ulbricht, Integralphotometer von Matthiews). Als die zweckmäßigſte und einfachſte Vorrichtung möge das Kugelphotometer von Ulbricht [6] (Fig. 10) beſchrieben werden. Eine mattierte Milchglasglocke iſt bis auf eine kleine ſeitliche Fläche F innen mit einem weißen mattgeſchliffenen Ueberzug aus Kreide und Waſſerglas verſehen und außen mit einer Blechhülle, die ebenfalls F freiläßt, umgeben. Oben wird bei L die Lichtquelle eingeführt, B iſt eine Blende, welche die das Fenſter F direkt treffenden Strahlen von L abhält. D iſt eine Blende, P der Photometerkopf, L_n die Normallampe. Die Oeffnung F wird nur von indirektem Licht getroffen, und iſt die Helligkeit der Fläche ſenkrecht zu F proportional J, alſo $J_s = C\,J$. C iſt eine Konſtante, welche von der Lichtdurchläſſigkeit der Kugel und von den reflektierenden Eigenſchaften des Anſtriches und der Armatur abhängt. Die Ermittlung von C erfolgt empiriſch mit Hilfe einer Glühlampe von bekannter mittlerer ſphäriſcher Helligkeit. Soll mit Hilfe dieſer Kugel die

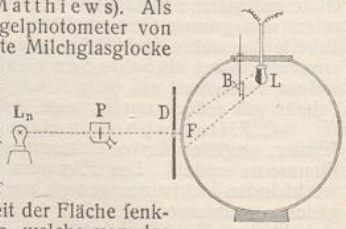


Fig. 10.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

mittlere hemiſphäriſche Helligkeit beſtimmt werden, ſo wird die obere oder untere Halbkugel geſchwärzt. Der ſtörende Einfluß der Armatur iſt um ſo geringer, je kleiner ihre Oberfläche im Verhältnis zur Oberfläche der Kugel iſt. Man ſtellt daher große Kugeln her (bis 2 m Durchmeſſer).

Vorſchriften für die Lichtmeſſung an Bogen- und Glühlampen [5]. Während bei Glühlampen wegen der nach allen Richtungen ziemlich gleichmäßigen Lichtemiſſion von der Angabe der ſphäriſchen Lichtſtärke im allgemeinen abgeſehen werden kann, iſt das bei den Bogenlampen nicht tunlich, da die Werte der horizontalen, maximalen, ſphäriſchen und hemiſphäriſchen Helligkeit ſehr ſtark voneinander verſchieden ſind. Der Verband deutſcher Elektrotechniker hat daher 1907 Vorſchriften für die Photometrie von Bogenlampen herausgegeben [5]. Die wichtigſten Beſtimmungen ſind folgende: Zum Zwecke der Photometrierung ſind in die Lampe Kohlen von vorgeſchriebenen Durchmeſſern und Marken mit einer Länge, welche der halben Brenndauer der Lampe entſpricht, einzuſetzen. Die Lampe muß vor der Meſſung 1 Stunde lang normal gebrannt haben. Die Beſtimmung der unteren hemiſphäriſchen Lichtſtärke (als Zeichen hierfür wurde $I_{\cup}$ feſtgelegt und als Maßeinheit $HK_{\cup}$) erfolgt durch Auswertung der mittleren Polarkurve oder mit Hilfe der Ulbrichtſchen Kugel, welche einen Durchmeſſer von mindeſtens 1,5 m haben muß. Bei Aufnahme der Polarkurve ſollen in der Meßebene auf beiden Seiten der Lampe je eine Meſſung unter gleichen Winkeln gleichzeitig gemacht werden und der Winkel immer um 10° fortſchreiten. Bei übereinander geſtellten Kohlen muß die Meßebene durch die Kohlenachſe gehen, bei gegeneinander geneigten Kohlen ſind zwei Meßebenen anzunehmen, deren eine durch die Achſe der Kohlen beſtimmt iſt und deren andre darauf ſenkrecht ſteht und durch die vertikale Achſe der Bogenlampe geht. Für die Lichtmeſſung von elektriſchen Glühlampen hat derſelbe Verein im Jahre 1891 folgende Normen erlaſſen, die im folgenden kurz wiedergegeben ſind. Unter Leuchtkraft wird die mittlere Leuchtkraft in der zur Lampenachſe ſenkrechten Ebene verſtanden. Sie wird beſtimmt mit Hilfe der nebenſtehend ſkizzierten Anordnung (Fig. 11). Es bedeutet *a b* eine gerade Photometerbank von 2,5 m Länge, *A* den Photometerkopf, *B* eine Hilfslichtquelle (Vergleichslichtquelle), *C* die zu meſſende Lampe bezw. die Normallampe, *D* einen Winkelſpiegel (120°). *A* und *B* laſſen ſich miteinander feſt verbinden, ſo daß ſie gemeinſchaftlich der Lampe *C* genähert oder von ihr entfernt werden können. Die Entfernung zwiſchen *A* und *B* beträgt 60 cm und muß um 6 cm nach jeder Seite verſtellbar ſein. Die Achſe der Lampe *C* ſoll vertikal ſtehen. Die Teilung der Bank geſtattet direkte Ableſung in Kerzen. Mittels ſchwarzer Samtſchirme iſt falſches Licht abzublenden. Als Normale dienen Glühlampen von 3,5—4,5 Watt/HK, welche ungefähr dieſelbe Spannung und genau dieſelbe Lichtſtärke beſitzen, welche die zu meſſenden Lampen haben ſollen. Als Vergleichslampe dienen nur fehlerloſe Glühlampen von 10 HK und ungefähr derſelben Spannung, welche für die zu meſſenden Lampen beſtimmt iſt. Dieſe Lampe ſoll vor Benutzung 20—30 Stunden brennen, um die bei neuen Lampen auftretenden Aenderungen in der Lichtſtärke zu vermeiden. Die Meſſung geſchieht in folgender Weiſe. Zunächſt erhält die Vergleichslampe *B* mit Hilfe von W_1 die richtige Spannung, welche am Voltmeter *H* abgeleſen werden kann. Dann wird bei *C* die Normallampe aufgeſetzt und mit Hilfe von W_2 und des Voltmeters *S* auf die richtige Spannung einreguliert. Hierauf wird *A* auf die der Lichtſtärke der Normale entſprechende Entfernung eingeſtellt und durch Veränderung der Entfernung *A B* eine photometriſche Einſtellung ausgeführt. Dann werden *A* und *B* feſt verbunden. Nun wird an Stelle der Normale die zu meſſende Lampe geſtellt und mit Hilfe von W_2 und *S* auf die entſprechende Spannung eingeſtellt, dann wird durch Verſchieben von *A B* eine Meſſung ausgeführt. Wichtig iſt, daß nur mit Akkumulatorenſtrom gearbeitet wird. Bei Metallfadenlampen iſt wegen der verſchiedenen Form der Glühfäden die Winkelſpiegelmethode zu ungenau. Hier müſſen rotierende Spiegel oder Integralphotometer verwendet werden.

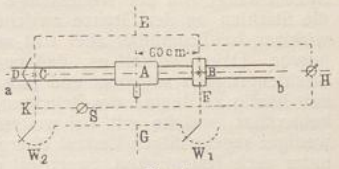


Fig. 11.

Photometerzimmer. Die photometriſchen Meſſungen finden gewöhnlich in eignen Räumen ſtatt, welche zur Vermeidung ſtörenden reflektierten Lichtes mattſchwarz geſtrichen ſind und vollkommen abdunkelbar ſein müſſen. Doch kann man ſich auch durch geeignete Anordnung von Abblendſchirmen aus ſchwarzem Samt, welche zwiſchen Lichtquelle und Photometerſchirm aufgeſtellt werden, von falſchem Lichte befreien. Die photometriſchen Apparate und die Haltevorrichtungen für die Lichtquellen ſind auf der mit Maßeinteilung verſehenen Photometerbank verſchiebbar angeordnet. Zur Photometrie der Bogenlampen ſind häufig Maſte zum Hochziehen der Lampen vorgeſehen, um unter verſchiedenen Raumwinkeln meſſen zu können. Von der deutſchen Lichtmeßkommiſſion wurde eine Vorſchrift für Photometerräume bekanntgegeben [1].

Literatur: [1] Liebenthal, Emil, Praktiſche Photometrie, Braunſchweig 1907; Brodhun, E., Photometrie, in Winkelmanns Handbuch der Phyſik, 2. Aufl., Bd. 6, 2. Hälfte, Leipzig 1906; Schaum, Karl, Handbuch der angewandten phyſikaliſchen Chemie, Bd. 9 (herausgegeben von G. Bredig), Photochemie und Photographie, 1. Teil, Leipzig 1908. — [2] Lummer, Otto, Die Ziele der Leuchttechnik, München und Berlin 1908; Stine, Wilburn M., Photometrical measurements and manual for the general practice of photometry with especial reference to the photometry of arc and incandescent lamps, New York 1900. — [3] Photometer nach Leonhard Weber, Berlin 1900. — [4] Krüß, Hugo, Das Kompenſationsphotometer, Journ. f. Gasbeleucht. 1885, S. 685; Die elektrotechniſche Photometrie, Wien 1886; Die Methoden der Photometrie, Journal f. Gasbeleuchtung 1886, Bd. 29, S. 100; Das Miſchungsphotometer nach W. Groſſe, Zeitſchr. f. Inſtrumentenkunde 1888, Bd. 7, S. 347; Photometrie in Muspratts Handbuch der techniſchen Chemie 1894, Bd. 5, S. 643; Das Lumenmeter von A. Blondel, Journal f. Gasbeleuchtung 1895,

Bd. 38, S. 516; Bericht über die Arbeiten der Lichtmeßkommiſſion des Deutſchen Vereines von Gas- und Waſſerfachmännern, München 1897; Spektrophotometer mit Lummer-Brodhunſchem Prismenpaar, Zeitſchr. f. Inſtrumentenkunde 1898, Bd. 18, S. 12; Vorſchriften für das Photometrieren des Leuchtgaſes, Journal f. Gasbeleuchtung 1898, Bd. 41, S. 828; Apparate zur Beſtimmung der Flächenhelligkeit, ebend. 1902, Bd. 45, S. 735; Das Flimmerphotometer und die Meſſung verſchiedenfarbigen Lichtes, ebend. 1904, Bd. 47, S. 129; Beleuchtungsmeſſer, ebend. 1904, Bd. 47, S. 917; Zur Flimmerphotometrie, ebend. 1906, Bd. 49, S. 512. — [5] Veröffentlichungen des Verbandes deutſcher Elektrotechniker, Nr. 12 u. 13, Berlin. — [6] Ulbricht, Elektrotechn. Ztg. 1900, Bd. 21, S. 595; 1905, Bd. 26, S. 512; 1906, Bd. 27, S. 50 u. 803; Bloch, ebend. 1905, Bd. 26, S. 1047 u. 1074; Corſepius 1906, Bd. 27, S. 468; Monaſch, ebend. 1906, Bd. 27, S. 669, 695 u. 803; Brodhun, Zeitſchr. f. Inſtrum. 1906, Bd. 26, S. 316. *P. v. Schrott.*

II. Chemiſche Photometer (chemiſche Aktinometer).

Unter chemiſcher Photometrie verſteht man die Meſſung der Lichtintenſität mittels der Größe des chemiſchen Umſatzes, welchen das Licht während einer gegebenen Zeit in lichtempfindlichen Subſtanzen bewirkt. Man bezeichnet zwei Lichtquellen als „photochemiſch gleich hell", wenn ſie auf denſelben lichtempfindlichen Stoffen und unter ſonſt gleichen Umſtänden denſelben Effekt (z. B. den gleichen Grad der Schwärzung des Chlorſilbers) herbeizuführen vermögen. Je intenſiver das Licht, um ſo größer iſt die in gleichen Zeiten herbeigeführte chemiſche Wirkung. Die Wirkung der Lichtſtrahlen auf ein beſtimmtes lichtempfindliches chemiſches Syſtem hängt von der Wellenlänge der Strahlen ab, z. B. ſind auf Chlorſilberpapier am ſtärkſten die Strahlen an der Grenze zwiſchen Violett und Ultraviolett und im brechbareren Ultraviolett wirkſam, bei Bromſilber aber tritt auch die Wirkung des blauen und violetten Lichtes ſehr ſtark hervor. Daher kommt es, daß verſchiedene chemiſche Photometer nur die Intenſität gewiſſer Strahlengruppen angeben und ihre Angaben unter ſich ſchwer vergleichbar ſind. Auch macht ſich häufig zu Beginn des Belichtungsprozeſſes eine gewiſſe Trägheit (photochemiſche Induktion) bemerkbar, welche erſt bei weiterer Belichtung überwunden wird und in einen mehr oder weniger regelmäßigen Verlauf übergeht. Temperatur, Konzentration, Zerſetzungsprodukte, mitunter auch Feuchtigkeit, Sauerſtoff u. ſ. w. beeinfluſſen den Verlauf der Lichtreaktion [1].

Die Angaben der chemiſchen Photometer können mit denen der optiſchen Photometrie nur dann verglichen werden, wenn erſtere genau in derſelben Art auf Licht reagieren würden wie die Netzhaut des menſchlichen Auges (Maximalwirkung in Orange, Gelb und Grün); ſolche Photometer, die dieſen Anforderungen ſtreng genügen, exiſtieren nicht. Die meiſten chemiſchen Photometer zeigen beſonders die Intenſität der kurzwelligen Lichtſtrahlen an. Als Normallichtquelle benutzt man die in der optiſchen Photometrie gebräuchliche Amylacetatlampe (ſ. Photometrie, optiſche, S. 123, und [11]).

Die Relation zwiſchen chemiſcher Helligkeit und optiſcher Helligkeit nennt man „relative Aktinität". Sie wurde von Eder für verſchiedene Normallichtquellen beſtimmt. (Sitzungsber. der k. k. Akademie der Wiſſenſch., Wien 1901, Bd. 110, Abt. IIa, S. 1103.)

1. Normalfarbenphotometer. Man beſtimmt die Zeit, innerhalb welcher ein Chlorſilberpapier einen beſtimmten Grad der Schwärzung (Graufärbung) angenommen hat. Als „Normalgrau" benutzen Bunſen und Roscoe ein Gemiſch von 1000 Teilen Zinkoxyd und 1 Teil Ruß. Man nimmt an, daß gleiche Produkte von Lichtintenſität und Belichtungsdauer gleichen Schwärzungen entſprechen; jedoch iſt dieſer Satz nur in engen Grenzen gültig. Als haltbares Normalpapier empfiehlt Eder Bromſilberpapier mit Kaliumnitrit. Um die Empfindlichkeit von Bromſilberpapier für Rot und Gelb zu erhöhen, tränkt Andreſen dasſelbe mit Rhodamin (Andreſen, Photogr. Korreſp. 1898, S. 502; Eder, Handb. d. Phot., Bd. 3, 5. Aufl., 1903, S. 764).

Die Vergleichung der grau gefärbten Silberpapiere mit dem Normalgrau wird durch Anwendung von monochromem Natriumlicht (Soda auf einem Platinring in einer Bunſenflamme) erleichtert. Normalfarbenphotometer wendeten Bunſen und Roscoe, Wiesner u. a. zu wiſſenſchaftlichen Unterſuchungen an; ſie finden auch in der praktiſchen Photographie Verwendung.

2. Skalenphotometer. Legt man Streifen von Seidenpapier oder andre durchſcheinende Schichten ſtufenförmig übereinander, ſo wird das durchfallende Licht in einer geometriſchen Progreſſion mit ſteigender Schichtenzahl geſchwächt. Druckt man auf eine ſolche Skala ſchwarze (undurchſichtige) Ziffern, ſo kann man erkennen, bis zu welcher Schichtendicke das Licht in einer gegebenen Zeit noch photographiſche Papiere u. ſ. w. ſchwärzen kann; da die Transparenz der Skala bekannt iſt, ſo kann man die Intenſität des wirkenden Lichtes ziffernmäßig beſtimmen. Man nimmt weiße Seidenpapierſkalen, opake Celluloidfolien oder dergl., deren Licht abſorption pro Schicht beſtimmt werden muß. Als lichtempfindliches Papier benutzt man Chlorſilber-, Chromat-, Eiſenſalz-(Cyanotyp-)papier oder Papier mit andern photographiſchen Schichten und kontrolliert damit den Verlauf des Kopierprozeſſes z. B. beim Pigmentdruck (ſ. d.); es empfiehlt ſich, das Skalenphotometer mit derſelben ſenſibeln Subſtanz zu beſchicken, die man in dem zu kontrollierenden Kopierprozeſſe benutzt. Derartige Skalenphotometer geſtatten die bequeme, aber nicht ſehr genaue Vergleichung der photographiſchen Wirkung verſchiedener photographiſcher Lichtquellen. Hierher gehören auch Röhrenphotometer. Man verſchließt Röhren an einem Ende mit verſchiedenen Diaphragmen, bringt am anderen Ende die photographiſche Schicht an und belichtet bei diffuſem Licht (beleuchtetem Zeichenpapier, Gipsflächen u. ſ. w. oder zerſtreut das Licht durch vorgeſchaltete Mattgläſer). Roscoe, H. W. Vogel, J. M. Eder u. a. führten dieſe Konſtruktionen weiter aus; letztere beſonders für Zwecke der Dreifarbenphotographie [11] und zur Senſitometrie (ſ. d.). — Eine andre Art der Skalenphotometer beſteht in der Verwendung rotierender, entſprechend ausgeſchnittener Scheiben,

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

welche das einfallende Licht dem Oeffnungswinkel der Scheibe entsprechend abstufen. Diese Form dient besonders zur Empfindlichkeitsmessung photographischer Platten (s. Sensitometrie).

3. Photometer mit lichtempfindlichen Gasen. Zu den rein chemischen Photometern gehört das Chlorknallgasphotometer von Bunsen und Roscoe. Es beruht auf der durch Licht herbeigeführten Vereinigung von Chlor und Wasserstoff zu Chlorwasserstoff ($Cl_2 + H_2 = 2\,HCl$), welches durch Wasser absorbiert wird; zunehmende Belichtung vermindert demzufolge bei entsprechender Versuchsanordnung das Volumen des belichteten Gases. Bei zu intensiver Lichtwirkung explodiert das Gasgemisch. Aehnlich verhält sich ein Gemisch von Kohlenoxyd und Chlorgas ($CO + Cl_2 = COCl_2$), was besonders Wilderman studierte. Derartige Gasphotometer sind genau, aber zur praktischen Verwendung zu schwierig zu behandeln.

4. Flüssigkeitsphotometer. Vielfach angewendet wird Eders Quecksilberoxalataktinometer. Konzentrierte Lösungen von Queckslberchlorid und Ammoniumoxalat bleiben im Dunkeln klar, lassen aber beim Belichten einen weißen Niederschlag von Queckslberchlorür fallen [$2\,HgCl_2 + C_2O_4(NH_4)_2 = Hg_2Cl_2 + 2\,CO_2 + 2\,NH_4Cl$]. Der Niederschlag wird gewogen oder volumetrisch bestimmt. Sauerstoffzutritt verlangsamt den Prozeß, Luftabschluß beschleunigt die Reaktion. Wirksam ist insbesondere ultraviolettes Licht. Auch mit Chlorwasser ([2], Witwer), dann mit einer Lösung von Ferrioxalat $Fe_2(C_2O_4)_3 = 2\,FeC_2O_4 + 2\,CO_2$ oder einem Gemisch von Ferrichlorid und Oxalsäure ($Fe_2Cl_6 + C_2O_4H_2 = 2\,FeCl_2 + 2\,HCl + 2\,CO_2$) (Marchand) lassen sich chemische Photometer herstellen, ebenso mit wässeriger Lösung von Oxalsäure, welche ziemlich träg im Lichte unter Sauerstoffaufnahme und Kohlensäureausscheidung ($C_2O_4H_2 + O = 2\,CO_2 + H_2O$) zersetzt wird (Ferrisalze wirken als Beschleuniger); oder wässerige Jodwasserstoffsäure oder angesäuerte Lösungen von Jodiden, welche im Licht Jod ausscheiden ($2\,JH + O = H_2O + J_2$), das chemisch-titrimetrisch bestimmt werden kann. Besonders wirkt blaues Licht (Leeds 1879, Plotkinow 1907).

5. Elektrochemische Photometer. Sie beruhen auf der Entstehung photoelektrischer Ströme. Werden z. B. metallische Silberplatten mit Chlorsilberschichten dünn überzogen, in verdünnte Schwefelsäure getaucht und eine der Silberplatten belichtet, so fließt ein elektrischer Strom von der belichteten zur unbelichteten Elektrode; die Stromstärke wird gemessen. Diese von Becquerel (1839) erfundene photoelektrische Aktinometrie, bei welcher auch die optisch hellen Strahlen wirken, wurde vielfach studiert und ihre Kenntnis erweitert; bei solchen photogalvanischen Elementen wird der belichtete Pol — je nach der Art der sensiblen Substanz, der Natur der Elektrolyten — bald zur Anode, bald zur Kathode. Nicht nur bei Silber, sondern auch bei Kupfer treten diese Erscheinungen auf. (Photogalvanische Ketten s. insbesondere Wilderman, Zeitschr. f. phys. Chem. 1905, Bd. 52, S. 208 ff.) Ein andres System von lichtelektrischen Aktinometern beruht auf der Eigenschaft elektrisch negativ geladener Metalle, sich beim Belichten (besonders mit kurzwelligem Licht) zu entladen. Zink, besonders Alkalimetalle, sind sehr lichtempfindlich.

6. Selenphotometer. Gewisse Modifikationen des Selens vermindern ihren elektrischen Leitwiderstand beim Beleuchten. Die Gesetze dieser Widerstandsänderung sind aber sehr komplizierte, daß sich derzeit exakte Methoden der Photometrie hiermit kaum erzielen lassen [14].

Die chemische Aktinometrie ist wichtig zum Studium der in der Photographie verwendeten Beleuchtungsmethoden, zur Bestimmung der chemischen Wirksamkeit verschiedener Strahlengattungen und der Lichtquellen, zur Untersuchung der Lichtabsorption und in allen Fällen, in welchen der Verlauf photochemischer Reaktionen quantitativ zu verfolgen ist.

Literatur: [1] Eder, Photochemie, Bd. 1, 3. Aufl. 1906, 2. Teil. — [2] Derf., Ausführl. Handbuch d. Photograph., Bd. 1, 1. Teil 1891, S. 352. — [3] Eders Jahrb. d. Photogr. — [4] Wilderman, Einwirkung von Kohlenoxyd und Chlor, Zeitschr. f. phys. Chemie 1902, Bd. 41, S. 87. — [5] Bunsen und Roscoe, Photochemische Untersuchungen (Neudruck Leipzig 1892). — [6] Wiesner, Beiträge zur Kenntnis des photochemischen Klimas (Sitzungsber. d. k. k. Akad. d. Wissensch., Wien, Math.-naturw. Klasse 1898—1906). — [7] Wingen, Zur Frage der Grenze für ausreichende Tagesbeleuchtung von Schülerplätzen, Berlin 1901. — [8] Andresen, Zur Aktinometrie des Sonnenlichtes, Photograph. Korresp. 1898, S. 502. — [9] Eders Handb. d. Photograph. 1903, Bd. 3, 5. Aufl., S. 764. — [10] Herstellung von Normalpapieren mit Chromat sowie Bromsilber und Nitrit nach Eder, s. Kißling, Beiträge zur Kenntnis des Einflusses der chem. Lichtintensität auf die Vegetation, Halle 1895. — [11] Eder, J. M., und Valenta, E., Beiträge zur Photochemie und Spektralanalyse, Wien 1904, 2. Abt., S. 27. — [12] Siemens, Selenphotometer, Annalen der Physik, Bd. 156, 159. — [13] Liesegang, Wirkung des Lichtes auf Selen, Düsseldorf 1899. — [14] Ruhmer, Das Selen, Berlin 1902. — [15] Schrott, Sitzungsber. der k. k. Akademie d. Wissenschaften, Wien, Bd. 115, Abt. IIa, Juli 1906. — [16] Plotnikow, Jodkaliumphotometer, Zeitschr. f. physikalische Chemie 1907, Bd. 58, S. 214. — [17] Ostwald, Lehrbuch der allgemeinen Chemie, Leipzig 1903. *J. M. Eder.*

Photonaphtil, Handelsname für ein gereinigtes Petroleum (s. d.).

Photophon, ein von Bell und Tainter im Jahr 1880 erfundener Apparat zur Fortpflanzung von Schall erzeugenden Lichtstrahlen.

Der Hauptteil ist die Selenzelle, eine zwei Leitungsdrähte verbindende dünne Schicht von kristallinischem Selen [1], [2], deren Widerstand für elektrische Ströme durch Belichtung sich vermindert. Die im Fokus eines Konkavspiegels angebrachte Selenzelle ist mit einer Batterie und einem Telephon zum Stromkreis geschlossen. Das Telephon bildet den Zeichenempfänger, während als Zeichengeber ein Mundstück dient, dessen beim Sprechen schwingende Membran einen Spiegel trägt, der die Strahlen eines darauf konzentrierten Lichtbündels reflektiert. Allen Oscillationen des reflektierten Strahlenbündels, das in der Ferne (bis zu 200 m) vom Konkavspiegel zur Selenzelle geleitet wird, entsprechen Schwankungen des Selenwiderstands und des das Telephon erregenden Stroms. Auch der elektrische Lichtbogen ist tonempfindlich und kann

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

ſowohl zur Umwandlung von Stromſchwankungen eines Telephons in Tonſchwingungen als umgekehrt verwendet werden. Simon entdeckte die erſtere Eigenſchaft, als er 1898 beobachtete, daß ein Lichtbogen, deſſen Stromleitung in der Nähe eines Induktoriums vorüberging, das Knattern des letzteren wiedergab [3].

Literatur: [1] Frick-Lehmann, Phyſikal. Technik, Braunſchweig 1895, Bd. 2, S. 623. — [2] Reis, Lehrbuch der Phyſik, 8. Aufl., Leipzig 1893, S. 755. — [3] Simon, H. Th., Tönende Flammen und Flammentelephonie, Elektrotechn. Zeitſchr. 1901, 22, S. 510. *A. Schmidt.*

Photoplaſtik (Photoſkulptur), Verfahren, Hochreliefs oder Skulpturen mit Hilfe der Photographie zu erzeugen.

Die Herſtellung eines Hochreliefs unmittelbar auf rein photographiſchem Wege kann mit Hilfe dicker Chromatleimſchichten erfolgen (ſ. Chromatphotographie). Für die durch Bildhauerei aus hartem Material zu erzeugenden Skulpturen oder aus ſpäter erhärtendem Material darzuſtellenden Plaſtiken kann aber gleichfalls die Photographie als Hilfsmittel herangezogen werden. Die Methode von Villème in Paris (1861) beſteht darin, daß vom Objekt eine ſehr große Anzahl von photographiſchen Aufnahmen, und zwar von verſchiedenen, paſſend gewählten Standpunkten aus, gemacht werden. Die ſich ergebenden Dimenſionen werden mittels Punktierens auf den Modellierblock übertragen. Das Verfahren wurde ſpäter durch Pötſchke (1891) und Selke (1897) in Berlin verbeſſert. — Die mittels Chromatleims erzeugten Hochreliefs werden zumeiſt durch Abformung mit Gips u. ſ. w. oder durch galvanoplaſtiſches Kopieren in metallene Photoplaſtiken umgewandelt. Vgl. a. Eders Jahrbuch für Photographie und Reproduktionstechnik, Halle a. S. 1893, 1897, 1900, 1901, 1902 und 1906 *A. W. Unger.*

Phototachymetrie, ſ. Photogrammetrie.

Phototypie, Synonym für Lichtdruck (ſ. d.), zumeiſt aber das Verfahren, auf photomechaniſchem Wege nach Strichbildern (vgl. Klifchee) Klifchees für die Buchdruckpreſſe herzuſtellen.

Nach dem „Original“ wird zunächſt ein photographiſches Negativ bei zweckmäßiger Verkleinerung hergeſtellt. Man benutzt hierbei faſt ausſchließlich das ſogenannte „naſſe“ Verfahren mit Jodſilberkollodium (ſ. Photographie), weil auf beſondere Schärfe und Klarheit des Negativs hier weſentlich geachtet werden muß. Auch kommt die Eigentümlichkeit des phyſikaliſch entwickelten Kollodiumnegativs, daß das Bild über dem Schichtniveau aufgebaut iſt, in dieſem Falle ſehr zuſtatten. Da in der Regel das Negativ unmittelbar auf die Metallplatte, welche die ſpätere Druckform ergeben ſoll, kopiert wird, muß durch Verwendung eines Umkehrprismas oder Spiegels ein „verkehrtes“ (links und rechts richtig zeigendes) Negativ hergeſtellt oder die Negativhaut vom Glaſe abgezogen werden (dies geſchieht z. B. durch Einritzen des trockenen Kollodiumnegativs an den Rändern, Aufgießen eines Gemenges von Gelatine 20, Waſſer 130, Glyzerin 3, Eiſeſſig 1, Trocknen und Abziehen). Zumeiſt benutzt man Zinkplatten; nur für ſehr hohe Auflagen oder für den Druck auf hartem Papier u. dergl. kommt Meſſing oder Kupfer zur Anwendung. Die ſorgfältig mit Waſſer und Kreide- (auch feinſtem Schmirgel-)pulver gereinigte, eventuell mit Alaunlöſung (kalt geſättigt, 20), Waſſer (100) und Salpeterſäure (1,2—2) angerauhte Zinkplatte wird mit einer Chromateiweißlöſung (im Handel erhältliches trockenes Albumin, 1 : 6 in lauwarmem Waſſer gelöſt oder zu Schnee geſchlagenes, über Nacht abſetzen gelaſſenes Hühnereiweiß wird zu gleichen Teilen mit folgender Chromatlöſung vermiſcht: Waſſer 60, Ammoniumbichromat 3, Alkohol 9, Ammoniak bis zur Gelbfärbung) überſchichtet, auf dem Schleuderapparat getrocknet und unter dem Negativ belichtet. Die Entwicklung des ätzfähigen Bildes kann in zweierlei Art vorgenommen werden. 1. Unter Anwendung einer Harzlöſung. Man übergießt die Eiweißkopie mit einer aus Chloroform (380 Teile), Benzol (70 Teile), Alkohol (33 Teile), Maſtix (3 Teile) und Methylviolett (4 Teile) hergeſtellten Löſung und trocknet. Sodann bringt man die Platte in kaltes Waſſer und überfährt die Schicht mit einem Baumwollbauſchen. Hierdurch entfernt man die löslich gebliebenen Eiweißteile und das intenſiv violett gefärbte Bild bleibt allein zurück. Hierauf wird mit verdünnter Salpeterſäure und Gummilöſung ſchwach angeätzt und getrocknet. 2. Unter Anwendung von fetter Farbe. Dieſe Methode, die beſſer und leichter ausführbar iſt, beſteht darin, daß die Eiweißkopie mit einer beſonderen Deckfarbe (10 Teile ſyriſchen Aſphalts werden bis zum Schmelzen erhitzt, unter ſtetem Umrühren 16 Teile gelben Wachſes, 2 Teile venezianiſchen Terpentins und 40 Teile ſtrenger Buchdruckilluſtrationsſchwärze eingetragen, erkalten gelaſſen und gründlich verrieben [Tſchörner]) gleichmäßig und dünn eingewalzt, dann ins Waſſer gebracht und mit Baumwolle ſanft gerieben wird. Hierbei ſchwimmen die löslich gebliebenen Schichtteile mitſamt der Farbdecke ab. Das Bild wird nach dem Trocknen der Platte mit Harzpulver (Aſphalt, Kolophonium, Drachenblut) eingeſtaubt. Durch Erhitzen verſchmilzt das Harzpulver mit der fetten Farbe zu einer abſolut ätzfeſten Kruſte. Das Aetzen (ſ. d.) muß bei Strichklifchees in Etappen vorgenommen werden, weil ſonſt die Druckelemente von der Säure unterfreſſen werden, da bei derartigen Klifchees die Zwiſchenräume ſehr tief geätzt werden müſſen. Zu dieſem Zwecke wird die Aetzung wiederholt unterbrochen, die Platte getrocknet, neuerdings mit fetter Farbe eingewalzt, mit Harzpulver beſtäubt und durch Erwärmen bewirkt, daß das zum Schmelzen kommende Harz über die Seitenkanten der Druckkörper herunterfließt und ſo die Seitenflächen ſchützt. Man unterſcheidet eine Anätzung, die (wiederholte) Tief- oder Stufenätzung, die Rundätzung und endlich die Reinätzung. Dichte Zeichnungspartien werden frühzeitig mit Aſphaltlöſung ganz „abgedeckt“. Die Aetzung von Strichklifchees gehört zu den ſchwierigſten Manipulationen der Formenerzeugung. Vgl. a. Zinkhochätzung.

Literatur: Husnik, J., Die Zinkätzung, 3. Aufl., Wien 1906; Eder, J. M., Rezepte und Tabellen, 7. Aufl., Halle a. S. 1908. *A. W. Unger.*

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Photozinkographie, ſ. Preſſendruckverfahren, photographiſche.

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

Phthalſäure $C_8H_6O_4$, organiſche Säure, farbloſe Blättchen oder nach dem Sublimieren lange glänzende Nadeln von Phthalſäureanhydrid $C_8H_4O_3$, welche bei 120° C. ſchmelzen.

Die Säure entſteht neben Oxalſäure bei Behandlung von Naphthalin mit Salpeterſäure. Bei der Darſtellung im großen führt man zunächſt Naphthalin durch Einleiten von Chlor in Tetrachlornaphthalin über und erhitzt hierauf 6—8 Stunden lang mit der mehrfachen Menge Salpeterſäure vom ſpez. Gew. 1,3. Werden Phenole mit Phthalſäureanhydrid erhitzt, ſo entſtehen Phthaleine (vgl. Farbſtoffe, künſtliche organiſche, Bd. 3, S. 632), welche ſich in Alkalien mit prachtvoller Farbe löſen und daraus mit Säuren unverändert fällen laſſen. *Bujard.*

Phthanit, ſ. v. w. Kieſelſchiefer (ſ. d.).

Phyllite, dünn- bis dickſchieferige, feinkriſtalline oder dichte Schichtgeſteine, die im äußeren Anſehen, im Korn und in der Zuſammenſetzung entweder dem Tonſchiefer oder einem feinkörnigen Glimmerſchiefer ähneln.

Ihrer Geſteinsnatur nach ſtehen ſie zwiſchen beiden Geſteinen, inſofern als ſie aus einem feinſpaltenden, ſchuppigen glimmerartigen Mineral beſtehen, zwiſchen deſſen Blättchen vereinzelt Körner von Quarz, Feldſpat, Chlorit u. ſ. w. liegen. Sie unterſcheiden ſich von Tonſchiefer im Aeußern meiſt durch ſtärkeren Glanz und Schimmer und dünnere Spaltbarkeit. Farben grau, grün, rot, ſchwarz, je nach Gehalt an grünem Glimmer, Chlorit, Eiſenoxyd, Kohleteilchen u. ſ. w. Verwitterung zu gelben oder grauen ſandigen Tonen oder Lehm. Ihre Verwendung erſtreckt ſich auf die Herſtellung von Platten und Tafeln, die zu Dachdeckung und Bodenbelag dienen. Feinkörnige und dichte, ſehr gleichmäßige, quarzreiche Phyllite dienen als Wetzſchiefer. Die dickbankigeren, rötlich- oder violettgrauen, magneteiſenreichen Phyllite von Recht und Vieil Salm im Hohen Venn, dann aus Thüringen, aus dem Erzgebirg u. ſ. w. werden gefägt, geſchliffen, kanneliert u. ſ. w. und zu Denkmalsplatten, Bodenbelag, Wandverkleidungen, Schleifſteinen (für feine Stahlwaren), auch wohl zu Zahltiſchen, Wandungen in Bedürfnisanſtalten u. ſ. w. gebraucht. *Leppla.*

Phyſik, urſprünglich Naturwiſſenſchaft im allgemeinen, ſodann Wiſſenſchaft von den Geſetzen der unbelebten Natur.

Im engeren Sinn unterſcheidet man von der Phyſik die Chemie (Wiſſenſchaft von den ſtofflichen Veränderungen der Körper), die Aſtronomie (ſ. d.), die Aſtrophyſik (Lehre von den chemiſch-phyſikaliſchen Zuſtänden der Himmelskörper), die Geophyſik (phyſikaliſche Erdkunde), die Meteorologie (ſ. d.) als beſondere Wiſſenſchaften, für welche die Phyſik als Hilfswiſſenſchaft dient. Auch die Mechanik (ſ. d.) wird neuerdings teilweiſe von der Phyſik im engſten Sinne geſchieden, welch letzterer ſchließlich ein Reſt naturwiſſenſchaftlicher Disziplinen verbleibt, für die ſich immer deutlicher ein gemeinſames Band einſtellt, der Aether, ſo daß ſich der Phyſik als Phyſik des Aethers (Lehre von Magnetismus und Elektrizität oder Elektrik, Lehre vom Licht oder Optik und von der Wärme, Kalorik) die Mechanik zur Seite ſtellt, die auch die Lehre vom Schall, die Akuſtik, als beſondere Anwendung der Mechanik der Wellenbewegung in ſich begreift. Nicht bloß inhaltlich zerfällt die Phyſik in die genannten Einzeldisziplinen, ſondern auch methodiſch ſpaltet ſie ſich in die Experimentalphyſik und in die theoretiſche oder mathematiſche Phyſik. Die erſtere ſammelt die Tatſachen der Erfahrung, durch welche die vermuteten Geſetze (Hypotheſen) beſtätigt, widerlegt oder berichtigt werden können. Die letztere geht von möglichſt wenigen mathematiſch formulierten Hypotheſen aus und leitet durch mathematiſche Analyſe die Konſequenzen der Hypotheſen ab, die ſich mit der Erfahrung und dem Experiment decken müſſen, ſoweit die Abſtraktionen von Nebenumſtänden und die Vernachläſſigungen bei den Näherungsrechnungen nicht eine Inkongruenz von Theorie und Tatſachen bedingen. Die Geſchichte der Phyſik iſt in [1]—[5] nachzuſehen. Unter [6]—[33] heben wir die wichtigſten, dem Fortſchritt der Phyſik dienenden periodiſchen Schriften, unter [34]—[50] die bedeutendſten Kompendien und Lehrbücher hervor; die Werke [51]—[56] dienen der phyſikaliſchen Praxis.

Literatur: [1] Whewell, Geſchichte der induktiven Wiſſenſchaften, 3 Bde., deutſch von Littrow, Stuttgart 1840. — [2] Poggendorff, Biographiſch-literariſches Handwörterbuch zur Geſchichte der exakten Wiſſenſchaften, 2 Bde., Leipzig 1863; Derſ., poſthum erſchienene Vorleſungen: Geſchichte der Phyſik, Leipzig 1879. — [3] Heller, Geſchichte der Phyſik, 2 Bde., Stuttgart 1882/84. — [4] Roſenberger, Geſchichte der Phyſik, 3 Bde., Braunſchweig 1882/90. — [5] Kiſtner, A., Geſchichte der Phyſik, Samml. Göſchen 293 und 294, Leipzig 1906. — Akademieſchriften und Zeitſchriften wiſſenſchaftlicher Inſtitute: In Deutſchland [6] Berlin, Kgl. Akademie der Wiſſenſch., fortlaufende Veröffentlichungen ſeit 1811, Abhandlungen und Monatsberichte (mathem.-phyſikal. Klaſſe). — [7] München, Kgl. Akademie der Wiſſenſch., mathem.-phyſikal. Klaſſe, Abhandlungen ſeit 1829, Sitzungsberichte ſeit 1871. — [8] Göttingen, Kgl. Geſellſchaft der Wiſſenſch., Abhandlungen ſeit 1838. — [9] Leipzig, Kgl. Geſellſchaft der Wiſſenſch., Berichte über die Verhandlungen ſeit 1846, Abhandlungen mathem.-phyſikal. Klaſſe ſeit 1852. — In Oeſterreich [10] Wien, Kaiſ. Akademie der Wiſſenſch., mathem.-naturwiſſ. Klaſſe, Denkſchriften ſeit 1850, Sitzungsberichte ſeit 1848. — In Großbritannien [11] London, Philosophical Transactions of the Royal Society ſeit 1865 und Proceedings ſeit 1832. — [12] Edinburgh, Royal Society, Transactions ſeit 1788, Proceedings ſeit 1845. — [13] Cambridge Philosophical Society, Transactions ſeit 1822, Proceedings ſeit 1866. — [14] Reports of the British Association for the Advancement of Science ſeit 1833. — In Frankreich [15] Paris, Mémoires de l'Académie des Sciences de l'Institut de France ſeit 1818. — [16] Paris, Comptes rendus hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences ſeit 1835. —

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

In Italien [17] Rom, Atti della Reale Accademia dei Lincei ſeit 1847. — [18] Bologna, Memorie della Accademia della Scienza dell'Istituto di Bologna ſeit 1850. — [19] Mailand, Reale Istituto Lombardo di Scienze e lettere, memorie e rendiconti ſeit 1819 bezw. 1864. — In Belgien [20] Bulletin de l'Académie Royale ſeit 1835. — In Rußland [21] Petersburg, Bulletin de l'Académie Impériale des Sciences ſeit 1860. — In Schweden [22] Stockholm, Kongliga Svenska Vetenskaps-Akademiens Handlingar ſeit 1845, Bihang ſeit 1872, Oefversigt der Akademieverhandlungen ſeit 1844. — In Nordamerika [23] Philadelphia, Proceedings of the American Philosophical Society ſeit 1840. — [24] Boſton, Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences ſeit 1846. — [25] Annual Report of the Board of Regents of the Smithsonian Institution ſeit 1848. — Von den vielen Privatunternehmen periodiſcher Zeitſchriften heben wir heraus: In Frankreich [26] Die Annales de chimie et de physique ſeit 1789 und [27] Das Journal de physique théorique et appliquée, fondé par d'Almeida, ſeit 1872. — In Deutſchland [28] Die Annalen der Phyſik, begründet von Gren als Journal der Phyſik, 1799 fortgeführt als Annalen der Phyſik und Chemie von Gilbert, 1824 von Poggendorf, 1877 von Wiedemann, ſeit 1900 als Annalen der Phyſik von Drude, ſeit 1906 von Wien und Planck. — [29] Die Beiblätter zu den Annalen, herausgegeben von G. und E. Wiedemann 1877, ſeit 1891 von W. König. — [30] Phyſikaliſche Zeitſchrift von E. Riecke und H. Th. Simon ſeit 1900. — [31] Die Fortſchritte der Phyſik, herausgegeben von der Phyſikaliſchen Geſellſchaft in Berlin ſeit 1847. — In England [32] The Philosophical Magazine and Journal of Science, in London ſeit 1798. — In Nordamerika [33] The American Journal of Science and Arts, herausgegeben von Silliman. — Enzyklopädien, Kompendien und Lehrbücher: [34] Gehler, Phyſikal. Wörterbuch, neu bearbeitet von Brandes u. ſ. w., 14 Bde., Leipzig 1825/45. — [35] Karſten, Allgemeine Enzyklopädie der Phyſik 1856/69, 10 Bde. — [36] Winkelmann, Handbuch der Phyſik, Breslau 1891/96, 2. Aufl., Leipzig 1906 ff. — [37] Müller-Pouillet, Lehrbuch der Phyſik und Meteorologie, 9. Aufl., von Pfaundler, 3 Bde., Braunſchweig 1886, 10. Aufl., Braunſchweig 1905. — [38] Wüllner, Lehrbuch der Experimentalphyſik, 5. Aufl., 4 Bde., Leipzig 1895 ff. — [39] Reis, Lehrbuch der Phyſik, 8. Aufl., Leipzig 1893. — [40] Riecke, E., Lehrbuch der Experimentalphyſik, 2 Bde., 3. Aufl., Leipzig 1905. — [41] Dreffel, L., Elementares Lehrbuch der Phyſik, 3. Aufl., Freiburg 1905. — [42] Lommel, Lehrbuch der Experimentalphyſik, 13. Aufl., Leipzig 1906. — [43] Chwolſon, O. D., Lehrbuch der Phyſik, deutſch von Pflaum, Braunſchweig 1904. — [44] Lorentz, H. A., Lehrbuch der Phyſik zum Gebrauch bei akademiſchen Vorleſungen, aus dem Holländiſchen überſetzt von Siebert, Leipzig 1906/07. — Zur Einführung in die mathematiſche Phyſik dienen: [45] v. Lang, V., Einleitung in die theoretiſche Phyſik, 2. Aufl., Braunſchweig 1891. — [46] Neumann, Einleitung in die theoretiſche Phyſik, Leipzig 1883. — [47] Kirchhoff, Vorleſungen über mathematiſche Phyſik, Leipzig 1883/94. — [48] v. Helmholtz, H., Vorleſungen über theoretiſche Phyſik, herausgegeben von König, Runge u. a., Hamburg und Leipzig 1897 bis 1907. — [49] Kunz, J., Theoretiſche Phyſik, Stuttgart 1907. — [50] Jäger, G., Theoretiſche Phyſik, 3. Aufl., Leipzig 1904. — Der phyſikaliſchen Technik und der Anleitung zu Verſuchen dienen: [51] Zeitſchr. für Inſtrumentenkunde, herausgegeben unter Mitwirkung der 2. Abteilung der Phyſik.-techn. Reichsanſtalt, Berlin 1881 ff. — [52] Weinhold, Phyſikal. Demonſtrationen, 4. Aufl., Leipzig 1905. — [53] Fricks Phyſikal. Technik, 7. Aufl., 2 Bde., herausgegeben von Lehmann, Braunſchweig 1905 ff. — [54] Kohlrauſch, Leitfaden der prakt. Phyſik, 7. Aufl., Leipzig 1892. — [55] Wiedemann und Ebert, Phyſikal. Praktikum, 5. Aufl., Braunſchweig 1904. — [56] Landolt und Börnſtein, Phyſikal.-chem. Tabellen, 3. Aufl., Berlin 1905. *A. Schmidt.*

Phyſik (Zinnſolution), ſ. Zinnchloride.

Phyſiotypie, ſ. Naturſelbſtdruck.

Piaſſave (Piaſſaba), ſ. Spinnfaſern.

Piaſter, Geldeinheit in der Türkei = 40 Para = etwa 0,175 *M.*; in Aegypten = 0,207 *M.*

Pichapparat (Pichmaſchine, Pichvorrichtung), auch als Faßrollmaſchine bezeichnet, dient in Bierbrauereien zur gleichmäßigen Verteilung des in das Faß eingebrachten (Brauer-)Pechs (ſ. Bd. 2, S. 250). Vgl. a. D.R.Patentſchriften, Kl. 6 f, 3. *A. Widmaier.*

Pickel (Pieke, Spitze), eine an einem Holzſtiel mittels Oeſe angebrachte eiſerne Spitze, die zum Aus- oder Abbrechen von Mauern, auch zum Löſen des Baugrundes, ganz in ähnlicher Weiſe wie die Zweiſpitze (ſ. d.), verwendet wird. *L. v. Willmann.*

Picker, ſ. v. w. Webervogel, ſ. Weberei.

Pickhammer, ſ. Beckhammer.

Picotieren (von „picot", der Spitzkeil), im Bergbau, das waſſerdichte Verſchließen von Fugen durch Eintreiben von Holzkeilen.

Piedeſtal, ſ. v. w. Poſtament (ſ. d.).

Piek eines Schiffes, der ſpitz zulaufende vorderſte oder hinterſte Teil des Schiffsraumes. — Vorpiek, Achterpiek einer Gaffel, eines Gaffelſegels, die äußere Nock der Gaffel oder des Gaffelſegels. — Piekfall, das Fall (Tau), mit welchem die Piek einer Gaffel oder eines Gaffelſegels ſteif geholt wird. *T. Schwarz.*

Pielers Alkohollampe, ſ. Geleucht, Bd. 4, S. 371, und Wetter.

Piezometer, ſ. Druckhöhe und Zuſammendrückbarkeit.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Piggen, Flüſſigkeitsmaß in Kamerun für Palmöl = 10 l.

Pigmentdruck, von A. L. Poitevin (1855) erfundenes, vom Liebhaber wie induſtriell viel benutztes photographiſches Kopierverfahren, das aus einem gefärbten Leimrelief beſtehende, ein- oder mehrfarbige Bilder ergibt.

Der Pigmentdruck iſt ein Zweig der Chromatphotographie (ſ. d.). Er beruht nämlich darauf, daß man Gelatineſchichten verwendet, denen Farbſtoffe (z. B. Ruß — daher auch der Name Kohledruck —, Ocker, Engelrot, Indigo, Berlinerblau, Umbra, Vandyckbraun u. ſ. w.) inkorporiert ſind und die z. B. mit Kaliumbichromat lichtempfindlich gemacht werden. Unter einem Negative belichtet, werden dieſe Gelatineſchichten je nach der durch die partiell verſchiedene Transparenz des Negativs verſchieden kräftig erfolgende Lichtwirkung genau den Tonwerten entſprechend in geringerer oder größerer Dicke gegerbt. Die Leimſchichte iſt alſo an den Bildpartien durch das infolge der Belichtung entſtandene Chromdioxyd ſtellenweiſe verſchieden, nämlich an den Orten heller Töne nur oberflächlich, an denen der Mitteltöne bis in größere Tiefe, endlich an jenen der Schatten (entſprechend der größten Transparenz des Negativs) am ſtärkſten unlöslich geworden. Wird nun mit warmem Waſſer, welches die unbelichtet gebliebenen Schichtteile löſt, entwickelt, bleibt ein Relief zurück, das aus der gegerbten, den eingeſchloſſenen Farbſtoff ſicher zurückhaltenden Gelatine beſteht. Dieſes Pigmentbild, bei dem die Tonwerte dadurch zuſtande kommen, daß je nach der Dicke des Reliefs auch der Farbſtoff in verſchiedener Menge vorhanden iſt und dieſer entſprechend mehr oder weniger die Unterlage deckt, zeichnet ſich durch außerordentlichen Tonreichtum und unbegrenzte Haltbarkeit aus.

Die Durchführung des Prozeſſes iſt einigermaßen umſtändlich. Das Pigmentpapier wird fabrikmäßig auf beſonderen Maſchinen bei Verwendung ſehr guten ſatinierten, ſchwach ſaugfähigen Rohpapiers in Rollen hergeſtellt, und zwar in nicht ſenſibiliſiertem Zuſtande, ſondern nur mit der gefärbten Gelatineſchicht verſehen, weil das empfindliche Papier nur kurze Zeit haltbar iſt. Von Wichtigkeit iſt die richtige Wahl der Gelatine. Solche für dieſen Spezialzweck wird von Nelſon in London, der Gelatinefabrik in Winterthur, Coignet in Paris erzeugt. Der Gelatinemaſſe werden Zucker, Glyzerin, Seife, als Antiſeptikum Karbolſäure u. ſ. w. zugeſetzt; der Farbſtoffgehalt ſchwankt je nach der Ausgiebigkeit des Pigments. Mit der Fabrikation von Pigmentpapier befaſſen ſich in großem Maßſtabe Hanfſtaengl in München, Braun in Dornach i. E., die Autotyp-Company in London, Lamy in Paris u. a. — Das Senſibiliſieren geſchieht in der Regel von Fall zu Fall mit einer Chromatlöſung (Waſſer 1000, Kaliumbichromat 20, Zitronenſäure 7 und Ammoniak 30; die beiden letzten bewirken, daß das empfindliche Papier 8—14 Tage hält [Namias], während ſonſt Selbſtzerſetzung in 3—5 Tagen eintritt), worauf das Papier mittels Kautſchukquetſchers auf eine talkumierte oder kollodionierte Glasplatte gequetſcht und möglichſt raſch, eventuell mittels Ventilator, getrocknet werden ſoll. Da Pigmentpapier wegen der Dunkelheit der Schicht das Fortſchreiten des Kopierens nicht wahrnehmen läßt, muß hierbei ein Photometer (z. B. das aus verſchieden dicken Papierlagen, unter welche ein Streifchen Celloidinpapier gelegt wird, beſtehende Vogelſche) benutzt werden. Beim unmittelbaren Entwickeln der Kopie würden die oberflächlich gegerbten Schichtpartien an den hellen und den Mitteltönen infolge Löſung der darunter unverändert (ungegerbt) gebliebenen Leimteile abſchwimmen. Deshalb muß vorher die Pigmentkopie auf gelatiniertes oder mit koaguliertem Eiweiß verſehenes Papier übertragen werden. Iſt dieſes der definitive Bildträger, ſo ſpricht man vom einfachen Uebertragungsprozeß, der ſeitenverkehrte Bilder ergibt. Sollen die Endprodukte ſeitenrichtig ſein, muß der doppelte Uebertragungsprozeß, bei dem nach dem Entwickeln nochmals (auf Papier, Glas, Milch-, Opalplatten, Metalltafeln, Porzellan u. ſ. w.) übertragen wird, gewählt werden. Man kann aber auch die Uebertragung ganz vermeiden, wenn von vornherein ein ſehr dünner, transparenter Bildträger (z. B. Celluloidfolien) verwendet werden und man von der Rückſeite durch die Unterlage hindurch belichtet. Die fertigen Bilder härtet man im Alaunbade. — Es gibt eine Reihe von Verfahren, die, obwohl auf dem Prinzipe des Pigmentdrucks fußend, ohne Uebertragungsprozeß (auch ohne eine Belichtung von rückwärts) durchführbar ſind und ſehr hübſche Reſultate ergeben. Hierher gehört z. B. der Charbon-Velours-Prozeß (das Samtkohleverfahren) von Artigue; hierbei werden ſehr dünne, aber außerordentlich pigmentreiche Gummiſchichten (vgl. Gummidruck) verwendet.

Der Pigmentdruck findet, ſeiner durch große Schönheit und andre Vorzüge (ſ. oben) ausgezeichneten Produkte wegen, ausgebreitete Anwendung zur Herſtellung von Bildern für den Wandſchmuck, von Latern- und Fenſterbildern, von großen „Galeriewerken“ u. ſ. w. Ueber die Benutzung des Pigmentdrucks zur Erzeugung von Photographien in natürlichen Farben ſ. Dreifarbendruck, über die bei der Photokeramik, der Heliogravüre ſ. d., bei der Heliographie ſ. Kartendruck, dem Woodburydruck ſ. d.; endlich vgl. Photographie und Preſſendruckverfahren, photographiſche.

Literatur: Eder, J. M., Das Pigmentverfahren, 2. Aufl., Halle a. S. 1899; Derſ., Rezepte und Tabellen für Photographie und Reproduktionstechnik, 7. Aufl., Halle a. S. 1908; Spörl, H., Der Pigmentdruck (13. Aufl. von Liesegang, Der Kohledruck), Leipzig 1906; Keßler, H., Lehrbuch der praktiſchen Photographie, 6. Aufl., Leipzig 1906.

A. W. Unger.

Pik, ſ. Dhra, Dra.

Piket, ſ. v. w. Abſteckſtab (ſ. d.).

Pikiernadel (Zählnadel), beim Meßband, ſ. Längenmeßinſtrumente.

Piknometer, ſ. Meßwerkzeuge, Bd. 6, S. 399.

Pikratſchießpulver, ſ. Geſchoßtreibmittel, Bd. 4, S. 417.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Pikrinfäure (Trinitrophenol, -karbolfäure) $C_6H_2(NO_2)_3OH$, kriftallifiert aus heißem Waffer oder Alkohol in gelben Blättchen oder Prismen, die fehr bitter fchmecken, in heißem Waffer leicht, in kaltem ziemlich fchwer löslich find und bei vorfichtigem Erhitzen unzerfetzt fublimieren.

Der Eintritt der Nitrogruppen in das Phenol erhöht den fauern Charakter diefer Subftanz ungemein; das Trinitrophenol verhält fich daher wie eine Säure und zerfetzt kohlenfaure Alkalien. Mit vielen Benzolkohlenwafferftoffen, wie Benzol, Naphthalin, Anthracen, bildet die Pikrinfäure fchön kriftallifierende Additionsprodukte, durch welche die Kohlenwafferftoffe charakterifiert und voneinander getrennt werden können. Die Pikrinfäure ift ein ausgefprochener Farbftoff. Seide und Wolle werden aus fauerm Bade fehr fchön grünftichig gelb gefärbt. Anderfeits ift die Pikrinfäure einer der kräftigften Explofivftoffe. Zündet man fie für fich an, fo brennt fie, ohne zu explodieren, unter Rußbildung ab. Entzündet man fie in feinen Kriftallen in einem gefchloffenen Gefäß (z. B. in einer kalorimetrifchen Bombe), fo ift ihre Wirkung nicht ftärker als die des Schießpulvers. Dem Dynamit aber überlegen ift fie, wenn man durch kräftige Zündhütchen oder durch Auflegen einer Schießwolladung die ftark gepreßte oder gefchmolzene Pikrinfäure zur Detonation bringt. Turpine erkannte zuerft (1886) die Explofionsfähigkeit der Pikrinfäure. Man glaubte früher aber noch, daß man wegen Mangel an Sauerftoff einen Sauerftoffträger beifügen müffe, was zur Herftellung der Pikrinpulver und des Melinits, einer in Patronenform gebrachten Mifchung von Pikrinfäure mit in Aether gelöfter Kollodiumwolle, führte. Erft die Beobachtung Turpines führte dazu, fie für fich zu verwenden und Granaten damit zu füllen. In England heißt man die gefchmolzene Pikrinfäure nach dem Orte Lydd Lyddit. Die Salze der Pikrinfäure find ebenfalls Explofivftoffe. Die Säure ift ein fich ungemein leicht bildender Körper und entfteht daher bei der Behandlung vieler organifchen Subftanzen mit Salpeterfäure, fo aus Indigo, Anilin, Harzen, Wolle, Seide, Leder u. f. w. Technifch wird fie durch Nitrieren von Phenol dargeftellt.

Literatur: Beilftein, Handbuch der organ. Chemie, Hamburg und Leipzig, 3. Aufl., 1896, Bd. 2, S. 686; Bujard, Leitfaden der Pyrotechnik, Stuttgart 1899. *Bujard.*

Pikul, Gewicht in Oftafien.

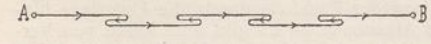
In China = 100 Katties = 60,5 kg (bei manchen Waren jedoch auch zu 90—140 Katties), in Japan = 100 Katties = 59,295, auch 60,217 und 57,9 kg, in Niederländifch-Indien = 61,689 kg, häufig auch 62,5 kg, auf den Philippinen = 63,263 kg, in Singapore = 64,713 kg, in Siam (Hap) = 58,51 kg, in Kochinchina (Ta) = 62,48 kg. *Plato.*

Pilar (Pilarftiel), f. Pferdeftälle, S. 96.

Pilafter, ein aus der Wandfläche vortretender rechtwinkliger Wandpfeiler (vgl. a. Ante, Bd. 1, S. 233). Pilafter haben in der Regel nur eine dekorative und keine ftruktive Aufgabe, dienen namentlich zur Gliederung der Wandfläche und erhalten in allen Stilarten einen Fuß und ein Kapitäl, das zumeift jenen der Säulen nachgebildet wird. Eine Ausnahme macht die griechifche Bauweife, welche neben dem Säulenkapitäl eine von diefem ganz abweichende Form des Pilafterkapitäls aufweift (Apollotempel zu Milet); f. a. Lifene, (Bd. 6, S. 172).

Pilgern, Pilgerfchritt, -walzen, f. Rohrherftellung.

Pilgerfchrittbewegung. Eine periodifch veränderliche Bewegung, die in beiderlei Sinn vor fich geht, aber nach und nach in dem einen Sinn fortfchreitet, wird in der Praxis eine Pilgerfchrittbewegung genannt.



In nebenftehender Figur ift z. B. für eine auf geradem Wege fortfchreitende Pilgerfchrittbewegung von *A* bis *B* eine Veranfchaulichung gegeben. Die Pilgerfchrittbewegung kommt bei den Flachsbrechmafchinen zur Anwendung.

Literatur: Burmefter, Lehrbuch der Kinematik, Leipzig 1888, Bd. 1, S. 547 (mit weiteren Literaturangaben). *Burmefter.*

Piloten, f. Pfähle.

Pilotenballon, kleine Verfuchsballons aus Papier, Gummi oder Stoff, zu wiffenfchaftlichen Zwecken mit regiftrierenden Inftrumenten ausgerüftet.

Der Ballon „L'Aérophile" z. B. ftellte in einer Höhe von 12000 m die Temperatur von —51° C. feft. Der Ballon „Cirrus" konftatierte in 16000 m Höhe eine Temperatur von —53° C., in 18000 m Höhe eine folche von —67° C.; vgl. a. Moedebeck, Tafchenbuch für Flugtechniker und Luftfchiffer, Berlin 1904; Zeitfchr. für Luftfchiffahrt und Phyfik der Atmofphäre 1894; L'Aérophile 1893/94. *Moedebeck.*

Pilzofen, f. Blei, Bd. 2, S. 63.

Pima, Längenmaß in Deutfch-Oftafrika = 4 Mikono = 1,80 m; 2 Pima = 1 Doli.

Pinachromie, von E. König in Höchft a. M. erfundenes photographifches Kopierverfahren zur Erzeugung farbiger Bilder.

Die Pinachromie beruht auf der Verwendung einiger Leukoverbindungen (z. B. vom Rodamin, welches, in wäfferiger Löfung mit Zinkftaub und Eifigfäure, eventuell unter Zufatz von Natriumacetat, behandelt, zu einer farblofen Leukobafe reduziert wird), die, wie O. Gros in Leipzig (1900) fand, im Lichte durch photochemifch angeregte Oxydation wieder in den früheren Farbftoffkörper zurückverwandelt werden. Als Bindemittel und zugleich als chemifcher

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Empfindlichkeitsſteigerer (durch Beſchleunigung der Oxydation der Leukoverbindungen im Lichte, vgl. a. Senſibiliſatoren) dient Kollodium, und zwar wird ein ſogenanntes „Blaukollodium", ein „Gelbkollodium" und ein „Rotkollodium" verwendet.

Das Verfahren wird derart ausgeübt, daß zunächſt vom bunten Originale auf photographiſchem Wege durch Farbenſelektion (ſ. Dreifarbenphotographie) drei Teilnegative hergeſtellt werden. Das hinter dem Rotorangefilter erhaltene „Blaudrucknegativ" wird nun auf die Blaukollodiumſchicht (als Bildträger dient ein mit gegerbter Gelatineſchicht verſehenes Papier) kopiert (hierbei tritt unter den transparenten Negativſtellen Blaufärbung in der verſchiedenen Belichtung entſprechender, verſchiedener Intenſität ein), die Kopie mit Monochloreſſigſäure fixiert, gewaſchen und getrocknet. Nach Aufbringen einer mit Chromalaun zur Härtung verſetzten Gelatineiſolierſchichte wird das Rotkollodium aufgegoſſen und nach dem Trocknen unter dem mittels des Grünfilters erzeugten „Rotdrucknegativ" im genauen Paſſer belichtet, worauf man ebenſo fixiert, wäſcht, trocknet und iſoliert. Schließlich wird in gleicher Weiſe beim Kopieren des hinter dem Blauvioletfilter gewonnenen „Gelbdrucknegativs" auf das Gelbkollodium verfahren. Das Verfahren liefert leider keine beſtändigen Bilder (die Pinachromien verbleichen im Lichte) und iſt auch bei der Durchführung mit mancherlei Mängeln und Schwierigkeiten behaftet (vgl. König, Photographiſche Korreſpondenz, Wien 1904, S. 521, und Unger, Der Dreifarbendruck, Archiv für Buchgewerbe, Leipzig 1906, Heft 8). *A. W. Unger.*

Pinakothek, ſ. v. w. Gebäude für Gemäldeſammlungen; ſ. Gemäldegalerien, Bd. 4, S. 372 ff.

Pinaſſe, ein größeres zum Rudern oder Dampfen (Dampfpinaſſe) eingerichtetes Schiffsboot; ſ. Bootsbau.

Pinatypie, von L. Didier in Xertigny (Frankreich) erfundenes, von E. König in Höchſt a. M. praktiſch vervollkommnetes photographiſches Verfahren zur Herſtellung monochromer und farbiger Kopien auf Glas oder Papier; und zwar wird hierbei nach einem Negativ wieder ein Negativ, nach einem Poſitiv wieder ein Poſitiv erhalten.

Die Pinatypie wird in verſchiedener Weiſe ausgeübt. Zur Erzeugung ſeitenverkehrter Duplikatnegative (z. B. für den Lichtdruck, ſ. d.) wird eine ſorgfältig gereinigte Glasplatte mit verdünnter Kaliwaſſerglaslöſung abgerieben, mit 4prozentiger Gelatinelöſung übergoſſen, getrocknet, durch Baden in 2prozentiger Ammoniumbichromatlöſung ſenſibiliſiert und nach dem Trocknen unter dem Originalnegativ mit Hilfe eines Photometers (z. B. des Vogelſchen, der den Fortſchritt der Lichtwirkung dadurch vergleichsweiſe erkennen läßt, daß ein Papierſtreifen mit lichtempfindlicher Schicht unter gradweiſe dickeren Papierlagen exponiert wird) kopiert. Hierauf wird die Platte zur Entfernung des unverändert gebliebenen reſtlichen Chromſalzes gut gewäſſert. Bringt man nun die Platte in ein wäſſeriges Farbſtoffbad (z. B. in eine Löſung von Platinſchwarz M der Höchſter Farbwerke), ſo wird infolge des verſchiedenen Verhaltens von belichteter und unbelichteter Chromatgelatine gegen wäſſerige Farbſtofflöſungen abermals ein Negativ erhalten. Die unter den undurchſichtigen Stellen des Originalnegativs vor der Einwirkung des Lichtes verſchont gebliebenen Schichtteile nehmen nämlich die Farbſtofflöſung auf, während entſprechend der geringeren oder ſtärkeren Lichtwirkung an den verſchieden transparenten Stellen des Originalnegativs die Leimſchicht mehr oder weniger gegerbt wurde (vgl. Chromatphotographie) und dementſprechend ſich geringer oder gar nicht anfärben läßt. Benutzt man daher ein Diapoſitiv zum Kopieren, ſo iſt das Reſultat wieder ein Poſitiv. Das Verfahren beſitzt den großen Vorzug, daß man ſehr leicht den Charakter der Duplikatnegative oder der Duplikatdiapoſitive (z. B. für Projektionszwecke, vgl. Projektionsapparate) durch ſtärkeres oder ſchwächeres Kopieren, längeres oder kürzeres Einwirkenlaſſen des Farbſtoffbades beliebig geſtalten kann; ferner, daß die ſo erzeugten Negative oder Diapoſitive kein bemerkbares Korn aufweiſen.

Die Pinatypie wird aber auch zur Herſtellung von Dreifarbenbildern benutzt. Hierbei werden nach den in üblicher Weiſe durch photographiſche Farbenauslöſung (ſ. Dreifarbenphotographie) hergeſtellten Teilnegativen Diapoſitive angefertigt und dieſe auf den beſonders präparierten, mit feſthaftender Gelatineſchicht verſehenen Glasplatten, die mit Bichromat ſenſibiliſiert werden, kopiert. Dieſe Kopien dienen, nachdem ſie ausgewaſchen worden ſind, gleichſam als Druckplatten. Es wird nämlich zunächſt die Blauplatte in der Farbſtofflöſung (man benutzt die beſonderen Pinatypiefarbſtoffe von Meiſter, Lucius & Brüning in Höchſt a. M.) angefärbt, durch Abſpülen vom Farbſtoffüberſchuſſe befreit und mit einem Stück geweichten Pinatypiepapiers unter leichter Preſſung einige Zeit hindurch in Kontakt gebracht. Hierbei diffundiert der Farbſtoff aus der Plattenſchicht in die des aufgepreßten Papiers. In der gleichen Weiſe wird dann das rote und ſchließlich das gelbe Teilbild in genauem Paſſen aufgebracht.

Literatur: König, E., Die Farbenphotographie, 2. Aufl., Berlin 1906; Hübl, Artur Freiherr v., Lechners Mitteilungen, Wien 1905, S. 311; Eder, J. M., Rezepte und Tabellen für Photographie und Reproduktionstechnik, 7. Aufl., Halle a. S., 1908. *A. W. Unger.*

Pinchbak, ſ. Meſſing.

Pineytalg, ſ. Talg, vegetabiliſcher.

Pingenbau, ſ. Bingenbau.

Pingos d'agoa, ſ. Topas.

Pinienzapfen, architektoniſches Ornament in Form eines Tannenzapfens.

Pink, eine Chrom-Zinnverbindung, welche im oxydierenden Feuer eine

lebhaft rote Farbe annimmt; ſie wird vielfach als Unterglaſurfarbe in der feineren Keramik verwendet.

Pinkcolour, hellrote Malerfarbe, auch als Porzellanmaler- und Druckfarbe gebraucht, iſt Chromoxyd-Zinnoxyd.

Sie wird hergeſtellt, indem man 1 kg granuliertes Zinn durch Salpeterſäure in Zinnoxyd verwandelt, 50 g chromſaures Kali, in 1 kg Waſſer gelöſt, hinzufügt, 2 kg Kreide und 1 kg gemahlenen Quarzſand beimiſcht, an warmem Orte trocknen läßt, die Maſſe zerreibt, in einen heſſiſchen Tiegel drückt und einige Stunden heftig glüht. Die zuſammengeſinterte roſenrote Maſſe wird gemahlen, neuerlich geglüht, naß gemahlen, ausgewaſchen und getrocknet. Ein geringer Zuſatz von calcinierter Soda beim zweiten Glühen erhöht die Nuance. *Andés.*

Pinkoffin, ſ. Krapppräparate.

Pinkſalz, ſ. Zinnchloride.

Pinne eines Schäkelbolzens, ein Stift zum Feſthalten des Bolzens für die Schäkel der Ankerketten; eines Ruders, Hebel zum Drehen des Ruders (ſ. d.); eines Kompaſſes (ſ. d.), Stift zum Tragen der Magnetnadel. *T. Schwarz.*

Pinne, Bezeichnung für 1. Reitnagel (Stoßnagel) der Reitſtöcke von Drehbänken u. ſ. w. (ſ. Drehbank, Bd. 3, S. 79); 2. Finne (ſ. Hammer, Bd. 4, S. 765).

Pinnen, dreieckige Tonſtifte, ſ. Koker.

Pinol, Anſtrichmittel für Mauerwerk und Holz, zum Trockenlegen feuchter Mauern, nicht ätzend.

Man ſtellt es her durch Kochen des Terpentins der Schwarzföhre mit Schwefel und Natriumhydroxyd, Ausfällen der erhaltenen Seife mit Salzſäure, Waſchen mit Natronlauge und Löſen in Terpentinöl oder Mineralöl; das Produkt iſt mit Waſſer miſchbar. *Andés.*

Pinole, ſ. v. w. Reitnagel (Reitſtockſpindel, Stoßnagel) der Reitſtöcke von Werkzeugmaſchinen, ſ. z. B. Drehbank, Bd. 3, S. 79, Fig. 81 und 82.

Pinolin, ſ. Harzöle.

Pinolith, ſ. Magneſit.

Pinſel, Malerwerkzeug, beſtehend aus in Holz, Metall, Federkielen u. ſ. w. gefaßten tieriſchen Haaren, in den verſchiedenſten Größen und Formen, beſtimmt, zubereitete flüſſige Farben (Oelfarben, Waſſerfarben, Tuſche u. ſ. w.) auf die damit zu behandelnden Objekte zu verteilen.

Man unterſcheidet Maler-, Maurer-, Anſtreicher- und Lackierpinſel von ſehr verſchiedenen Formen und Größen, aus ſteifen Haaren gefertigt (Schweinsborſten, Hundehaaren, Ziegenhaaren ſowie Surrogaten aus Kokosfaſern, Pflanzenfibern u. ſ. w.) und mit einem hölzernen Stiele verſehen, feine, aus weichen Haaren gefertigte Pinſel und Glaspinſel. Bei den erſteren werden die Haare einzeln oder in Bündeln um den hölzernen Stiel gelegt, auch wohl, wie bei den meiſten Anſtrich- und Lackierpinſeln, in eine Höhlung des Stiels eingeleimt und durch Bindfaden, Draht, Eiſenring oder Blechhülſen dauernd befeſtigt. Hierher gehören die Anſtrich-, Fauſt-, Maurer-, Weiß-, Streich-, Linierpinſel, Patronier-, Lackier- u. ſ. w. Pinſel von runder oder plattgedrückter Form, die Vertreiber-, Wellen-, Schläger- u. ſ. w. Pinſel von dünner, breiter, flacher Form u. ſ. w.; Leim- oder Plafondpinſel in runder oder länglicher Form ſind eigentlich Bürſten, da ſie aus einzelnen Bündeln von Borſten beſtehen, die in einen Holz- oder Blechkörper mit Draht eingezogen, eingeleimt oder mit Pech eingekittet ſind. — Die feineren Pinſel werden aus Dachshaaren (Vertreiber-, Vergolderpinſel), Eichhörnchen-, Marder-, Iltis- und andern feinen Haaren (Schreibpinſel, Fiſchpinſel, Schlepper, Malerpinſel u. ſ. w.), die zu kleinen Bündeln zuſammengebunden und in Federpoſen oder Holzſtielen, auch in Blechhülſen mittels Seiden- und andern Fäden befeſtigt ſind, gefertigt. Die der Oelmalerei dienenden Pinſel werden aus den feinſten Borſten, auch gröberen Haaren hergeſtellt, die in kurze, etwas koniſche Blechröhren eingekittet werden, welche in dem offenen Ende die in der Regel 25—30 cm langen dünnen Stiele aufnehmen. Die feinen (Haarpinſel) fordern zum Gebrauche eine ſchlank auslaufende Spitze; die Brauchbarkeit eines ſolchen erkennt man daran, daß, im Munde angefeuchtet, die Haare ſich zu einer regelmäßigen Spitze zuſammenlegen und einen Körper von gewölbter Kegelform bilden. Im trockenen Zuſtande ſollen die Haarenden in einer faſt halbkugelförmigen Fläche liegen. Wenn man einen Haarpinſel ins Waſſer taucht und dann heftig ausſchwenkt, ſo muß ebenfalls eine Spitze entſtehen, welche, gegen eine Fläche, z. B. den Fingernagel, gedrückt, ſich biegen, aber nicht ſpalten darf. — Pinſel dürfen nie Haare oder Borſten laſſen, was auf eine mangelhafte Herſtellung oder ſchlechte Aufbewahrung (Zerfreſſen durch Motten) hinweiſen würde; die Borſten müſſen elaſtiſch, gegen das Ende ſpitz zulaufend oder künſtlich zugeſchliffen ſein, dürfen ſich aber nicht ſpalten; je feiner die Borſten ſind, deſto glatter und ebener wird auch der Anſtrich. Deshalb ſind auch ſchon gebrauchte Pinſel zum Anſtrich immer beſſer als neue. Neue Borſtenpinſel müſſen zur Erzielung größerer Steife, die zur Verteilung der Anſtrichfarben notwendig iſt, immer gebunden werden; haben ſich die Borſten nach einiger Zeit abgenutzt, ſo ſchneidet man die Verſchnürung auf, und man hat wieder einen Pinſel mit genügend langen Borſten. Die Glaspinſel — durch Einkitten einer gewiſſen Anzahl Glasfäden in eine Blech- oder Holzhülſe hergeſtellt — dienen zum Auftragen ſolcher Subſtanzen, die, wie Aetzlaugen, Löſungen von übermanganſauerm Kali u. ſ. w., die Borſten in kürzeſter Zeit zerſtören würden. S. a. Luftpinſel. *Andés.*

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Pinfelblau, ſ. Blaudruck.

Pint, engliſches Flüſſigkeitsmaß = $^1/_8$ Quart = 0,568 l.

Pinzette (Pincette, Federzange, Kornzange, Kluppzange, Kluppchen), kleine federnde, im Ruhezuſtande offene (Fig. 1—6) oder geſchloſſene (Fig. 7, Klemmpinzette) Zange, die durch leichten Fingerdruck auf die Schenkel geſchloſſen bezw. geöffnet wird, um kleine zarte Gegenſtände anzufaſſen.

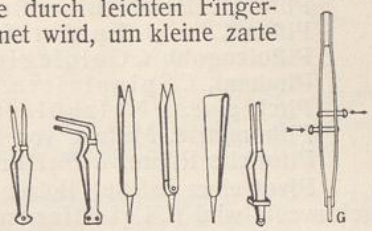


Fig. 1. 2. 3. 4. 5. 6. 7.

Fig. 2 ſtellt eine Pinzette mit ſchrägen Schenkeln dar. Die ſpitzen Angeln der Pinzetten Fig. 3—5 dienen zum Einſtecken in ein Stück Holz u. dergl. Fig. 5 zeigt eine Pinzette für Weber, Tuchmacher u. ſ. w zur Entfernung von Knötchen, Fäden u. dergl. in Geweben. Bei gewöhnlichen Pinzetten ſind die Enden bisweilen innen mit Riefen verſehen, um einen Gegenſtand beſſer faſſen zu können. Für ſehr zarte Gegenſtände beſtehen die Spitzen aus Elfenbein und Ebenholz. Bei der Pinzette Fig. 6 ermöglicht ein kleiner Schieber, die Zange geſchloſſen zu halten. — Doppelte Pinzetten beſtehen aus zwei Schenkeln, die in der Mitte miteinander verbunden ſind, ſo daß jedes Ende für ſich eine Zange darſtellt. *A. Widmaier.*

Piotin, ſ. Saponit.

Pipe, engliſches Weinmaß = 2 Hogſheads = 126 Gallons; 1 Imperialpipe = 572,48 l. Im Zollverkehr rechnet man je nach den Bezugsarten 1 Pipe zu 92—117 Imperialgallons. In den Vereinigten Staaten iſt 1 Pipe = 476,94 l, am Kap = 416,37 l. *Plato.*

Pipetten, Glasröhren zum Meſſen von Flüſſigkeiten.

Sie werden durch Eintauchen in die betreffende Löſung und durch Anſaugen derſelben mit dem Mund oder, wenn es ſich um ätzende Flüſſigkeiten handelt, eventuell mit einem Gummiballon mit angeſetztem Schlauche gefüllt. Zunächſt erfolgt die Füllung bis etwas über die Marke, alsdann wird die Saugwirkung durch Verſchließen der oberen Oeffnung mit dem Zeigefinger oder durch Zuſammenklemmen des Gummiſchlauches an dem Ballon unterbrochen. Hierauf läßt man durch vorſichtiges Lüften der oberen Oeffnung zunächſt die Flüſſigkeit genau bis zur Marke abfließen, verſchließt erſtere wieder und entleert nunmehr durch dauerndes, vollkommenes Lüften der oberen Oeffnung das ſo abgemeſſene Flüſſigkeitsquantum.

Man unterſcheidet Vollpipetten und Meßpipetten.

Die Vollpipetten haben eine einzige Marke und dienen zur genauen Abmeſſung eines beſtimmten Volumens von Löſungen. Die gebräuchlichſte Form iſt aus einer unten in eine Spitze ausgezogenen Glasröhre hergeſtellt und trägt in der Mitte eine zylindriſche Erweiterung (vgl. Fig. 1).

Die Meßpipetten (vgl. Fig. 2) ſind bürettenartig (ſ. unten) in Kubikzentimeter eingeteilte Röhren, die an ihrem unteren Ende wie die Vollpipetten in eine feine Spitze ausgezogen ſind. Mit ihnen können beliebige Mengen einer Flüſſigkeit abgemeſſen werden. Sie ſind ein Mittelding zwiſchen Pipetten und Büretten. Letzteres ſind in Kubikzentimeter eingeteilte Röhren, welche von oben zunächſt bis über die oberſte Marke gefüllt werden. Als Verſchluß tragen ſie unten entweder einen Glashahn (Fig. 3) oder einen Gummiſchlauch mit eingeſchobenem Glasſtab (Fig. 4). Durch den Verſchluß läßt man nun zunächſt etwas von der eingefüllten Flüſſigkeit austreten, bis die Luft verdrängt iſt, und ſtellt nunmehr die Löſung auf die gewünſchte Marke ein. Bei dem Glasſtabverſchluß (nach Bunſen) faßt man den Schlauch da, wo ſich der Glasſtab befindet, zwiſchen Daumen und Zeigefinger und erzeugt durch vorſichtiges Drücken einen ſeitlichen Kanal, durch welchen die Flüſſigkeit neben dem Glasſtab in das unten eingeſetzte, in eine feine Spitze ausgezogene Ausflußröhrchen fließen kann. Statt des Glasſtabverſchluſſes wendet man häufig einen gewöhnlichen Quetſchhahnen an. Außer den abgebildeten Büretten iſt noch eine Reihe abgeänderter Formen im Gebrauch. *Menger.*

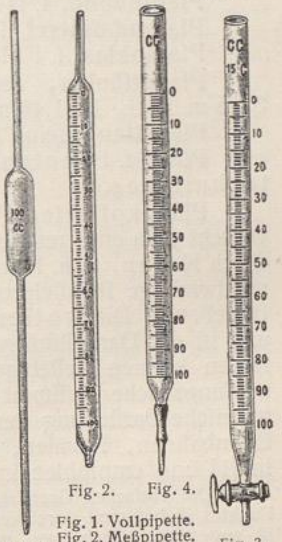


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 4. Fig. 3.

Fig. 1. Vollpipette.
Fig. 2. Meßpipette.
Fig. 3. Bürette mit Glashahn.
Fig. 4. Bürette mit Gummiſchlauch-Glasſtabverſchluß nach Bunſen.

Piperidin, Piperin, ſ. Pyridin.

Piqué (quilting, marseille), der bekannte Baumwollſtoff, bei dem ſich die Bindungsſtellen des Doppelgewebes wie feine Furchen vertieft darſtellen. Es erinnert dies an eine mit Baumwolle ausgeſtopfte und abgenähte (geſteppte) Bettdecke, wovon auch der Name (piquer = ſteppen) hergeleitet iſt.

Literatur: Müller, Handbuch der Weberei, Leipzig 1896, S. 650 ff. *E. Müller.*

Piſchi, Flüſſigkeitsmaß in Deutſch-Oſtafrika = 3,2 l; 15 Piſchi = 1 Farra, 60 Piſchi = 1 Dzisla.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Piscina, der Waſſerbehälter in dem Periſtyl des römiſchen Wohnhauſes oder der Thermen, in chriſtlicher Zeit das Taufbecken.

Piſébau, -mauerwerk, ſ. v. w. Stampfbau (ſ. d.).

Piſolith, Hirſen- oder Erbſenſtein, ſ. Aragonit

Piſſoir, ſ. Bedürfnisanſtalten.

Piſtazit, ſ. v. w. Epidot (ſ. d.).

Piſtolengold, ſ. Goldlegierungen.

Pitahanf, ſ. Spinnfaſern.

Pitch pine, ſ. Nutzhölzer, Bd. 6, S. 688.

Pithometrie, Meſſung von Faßinhalten, ſ. Faß, Bd. 3, S. 644.

Pitotſche Röhre, ſ. Waſſermeſſung.

Pivot einer Lafette, Bolzen oder Kugelringlager, um welche die Lafette geſchwenkt wird (ſ. Lafettierung).

Plache, unedle, geſchwefelte, ſchwer ſchmelzbare Metalle. Plachmal, aus Schwefelſilber oder aus Schwefelſilber und Schwefelantimon beſtehendes Hüttenprodukt. *Beckert.*

Pläner, ſ. Kreideformation.

Plättlack, farbiger Spirituslack zum Lackieren von Zinnfolien, welche dann in feine Fäden (Plätten) geſchnitten werden.

Plättmaſchine (Liſſeuſe), ſ. Kammgarnſpinnerei, Bd. 5, S. 322

Plafond, flache Decke (ſ. d.).

Plafondbild, ſ. Deckenſtück.

Plafondmalerei, ſ. Deckenmalerei.

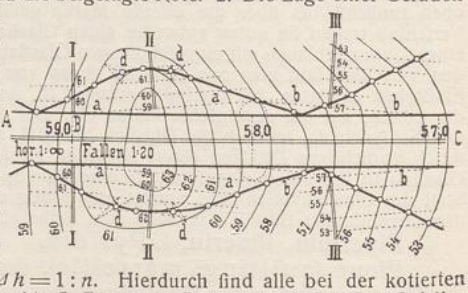
Plagioklas, ſ. Feldſpat.

Plakatſäulen, aufrechtſtehende Zylinder, in der Regel aus Eiſenblech, 3—5 m hoch, 1—1,40 m Durchmeſſer, zum Ankleben von Plakaten.

Plaketten, kleine Bronzetafeln, vielfach Erſatz für Medaillen.

Plan, ſ. Bauplan, Bauprojekt, Karte, Vorarbeiten, Zeichnen, techniſches.

Plan, kotierter (Projektion, kotierte). Unter einem kotierten Plan verſteht man eine geometriſche Karte, welche die Höhenverhältniſſe des Geländes durch Koten, d. h. Höhenzahlen und -kurven, zum Ausdruck bringt; er iſt eine rechtwinklige Parallelprojektion des Geländes auf den Vermeſſungshorizont als Bildebene. Die kotierte Projektion gründet ſich auf dem kotierten Plan und iſt ein Darſtellungsverfahren mit Hilfe von Maßzahlen. Nach dieſem Verfahren können beliebige Punkte, Linien und Flächen, deren Lage zur Vermeſſungsfläche beſtimmt iſt, konſtruiert werden; ſie geſtattet eine einfache geometriſche Darſtellung der Erdkörper und Böſchungsſchnitte bei der Anlage von Eiſenbahnen, Kanälen, Wegen u. ſ. w. Die Methode iſt ausführlich dargeſtellt in [1] und empfohlen in [2].



Die einfachen Grundregeln des Verfahrens ſind kurz die folgenden: 1. Die Lage eines Punktes iſt beſtimmt durch ſeine Projektion und die beigefügte Kote. 2. Die Lage einer Geraden iſt angegeben durch zwei nach 1. beſtimmte Punkte. 3. Die Lage einer beliebigen Ebene iſt beſtimmt durch eine Linie ſtärkſter Neigung, die nach 2. feſtgelegt iſt. 4. Zur bequemen Feſtſtellung der Höhe eines beliebigen Punkts einer Linie wird die Linie nach ganzzahligen Koten eingeteilt, d. h. graduiert. Der horizontale Abſtand von zwei benachbarten, der Höheneinheit entſprechenden Graduierungspunkten iſt das Intervall i. Zwiſchen dem Höhenunterſchied Δh von zwei Punkten, ihrem horizontalen Abſtand s, der Neigung n der geraden Verbindungslinie und dem Intervall i beſtehen die Beziehungen $n = \Delta h : s$; $i = s : \Delta h = 1 : n$. Hierdurch ſind alle bei der kotierten Projektion vorkommenden Rechnungen ausgedrückt. 5. Die in die Richtung des ſtärkſten Gefälles einer Ebene fallende graduierte Gerade, der Böſchungsmaßſtab, beſtimmt Lage und Gefälle der Ebene. Die Horizontalen ſtehen rechtwinklig zum Böſchungsmaßſtab. Weiteres ſ. [1] und [2]. Ein einfaches Beiſpiel für die Anwendung zeigt die Figur an dem Weg A, B, C. Der projektierte Weg iſt horizontal von A bis B; von B bis C iſt das Fallen 1:20, wie die eingetragene Graduierung angibt; die Böſchungsmaßſtäbe I dienen für die horizontale Strecke,

II für den Einſchnitt, III für den Auftrag. Wie erſichtlich, kann jeder beliebige Schnitt (Profil), z. B. für Erdmaſſenberechnung, nach dem Plan konſtruiert werden.

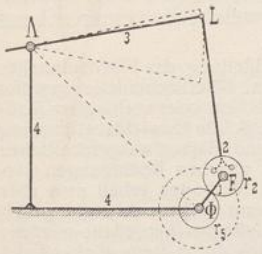
Literatur: [1] Peſchka, Kotierte Ebenen und deren Anwendung, Brünn 1877. — Eine empfehlenswerte knappe Darſtellung bietet [2] Gerke, Die Feſtlegung der Böſchungsſchnittkurve mittels kotierter Projektion, Hannover 1885. — Vgl. a. Zeitſchr. f. Vermeſſungsweſen 1881, S. 220. — [3] Knobloch, Transformationen in der kotierten Projektionsmethode, XV. Jahresbericht der k. k. Staatsoberrealſchule Marburg (Steiermark). *(† Reinhertz) Hillmer.*

Planbank, ſ. v. w. Plandrehbank, ſ. Drehbank, Bd. 3, S. 61 ff.

Plane, Planenherd, ſ. Herdarbeit, Bd. 5, S. 43.

Planetenradgetriebe, Wattſches, wurde von Watt bei ſeiner Dampfmaſchine wegen Vermeidung eines Patentſtreites anſtatt der gewöhnlichen Kurbel angewendet, welche die Bewegung von der Pleuelſtange auf die Triebwelle überträgt [1].

In der Figur iſt das Wattſche Planetenradgetriebe ſchematiſch gezeichnet. Es beſteht aus dem Gelenkviereck $\Phi F L \Lambda$ mit den Gliedern 1, 2, 3, 4, ferner aus dem Zahnrade $F r_2$, welches an dem Gliede 2 befeſtigt iſt, und dem Zahnrade Φr_5, welches auf der Triebwelle Φ befeſtigt iſt und in das Zahnrad $F r_2$ eingreift. Das feſte Glied oder Geſtell trägt die Achſe Λ, um welche der Balancier 3 ſchwingt. Das Glied 2, die Pleuelſtange mit dem an ihr feſten Rade $F r_2$, iſt in L mit dem Balancier, in F mit der Kurbel ΦF gelenkig verbunden, die ſich loſe auf der Triebwelle Φ dreht. Durch den ſchwingenden Balancier 3 wird die Pleuelſtange 2 bewegt, und das an derſelben befeſtigte Zahnrad $F r_2$ vollzieht eine Schwankung, aber keine Drehung in bezug auf das Geſtell 4. Durch den Eingriff des Rades $F r_2$ in das Rad Φr_5 wird dieſes Rad Φr_5 und die Triebwelle Φ, auf der es befeſtigt iſt, in Umdrehung verſetzt. Die loſe auf der Triebwelle ſitzende Kurbel ΦF bezw. das Glied 1 bewirkt nur, daß die beiden Zahnräder beſtändig im Eingriff bleiben. Das Rad $F r_2$, welches ſich in bezug auf ΦF um die Achſe F dreht und das Rad Φr_5 umkreiſt, wird das Planetenrad genannt. —



Um die Umdrehungszahl U_{54} des Rades Φr_5 in bezug auf das Geſtell 4 zu erhalten, die einer Umdrehung der auch mit 1 bezeichneten Kurbel ΦF entſpricht, nehmen wir an, es ſeien U_{21}, U_{51} die entſprechenden Umdrehungszahlen der Räder $F r_2$, Φr_5 in bezug auf die Kurbel 1, ferner ſeien Z_2, Z_5 die Zähnezahlen dieſer Räder, die beide Vollräder ſind und ſich alſo entgegengeſetzt in bezug auf die Kurbel 1 drehen. Demnach iſt das Verhältnis $\frac{U_{51}}{U_{21}} = -\frac{Z_2}{Z_5}$ negativ zu nehmen. Während einer Umdrehung des Armes 1 um die Achſe Φ macht auch das Rad $F r_2$ eine Umdrehung im entgegengeſetzten Sinne in bezug auf den rotierenden Arm 1; und hiernach iſt, wenn wir den Drehungsſinn des Armes 1 als poſitiv betrachten, $U_{21} = -1$, alſo $U_{51} = \frac{Z_2}{Z_5}$. Stellen wir uns vor, das Rad $F r_2$ ſei gegen den Arm 1 in Ruhe, bilde alſo mit dieſem Arm ein Stück, dann wird durch den Zahneingriff mit einer Umdrehung des Armes 1 auch eine Umdrehung des Rades Φr_5 in gleichem Sinne erfolgen. Hiernach erhalten wir die Umdrehungszahl des Rades Φr_5 in bezug auf das Geſtell 4 $U_{54} = 1 + U_{51} = 1 + \frac{Z_2}{Z_5}$. Sind, wie in der Figur, beiſpielsweiſe die beiden Vollräder $F r_2$, Φr_5 von gleicher Größe, iſt alſo $Z_2 = Z_5$, ſo vollzieht das Rad Φr_5 oder die Welle Φ während einer Umdrehung der Kurbel 1 zwei Umdrehungen in gleichem Sinne [2].

Literatur: [1] Watt, James, Spezifikation Nr. 1306 vom 25. Okt. 1781 und Nr. 1321 vom 12. März 1782; Muirhead, Mechanical Invention of James Watt, London 1865, Bd. 3, S. 50, 70. — [2] Burmeſter, L., Lehrbuch der Kinematik, Leipzig 1888, Bd. 1, S. 518. *Burmeſter.*

Planierarbeiten, Arbeiten zur Ausebnung von unebenen Flächen, ſei es, daß dieſe von Natur uneben ſind und zu irgend einem Zweck, zu Bauplätzen, Böſchungen, Aeckern oder Wieſen hergerichtet, oder ſei es, daß Auftragsmaſſen unregelmäßig angeſchüttet ſind und in regelmäßige, zweckentſprechende Form gebracht werden müſſen.

Wenn es ſich nicht lediglich um eine Ebenlegung handelt, bei welcher eine Ausgleichung der Vertiefungen und Erhöhungen vorzunehmen iſt, ſondern wenn die Fläche, ſei es, um ſie nutzbar zu machen oder wenigſtens gegen Abrutſchungen zu ſchützen, bepflanzt werden ſoll, ſo hat man folgendes zu beachten. Der etwa vorhandene Raſen und die obere fruchtbare Bodenſchicht der ganzen in Betracht kommenden Fläche ſind abzuheben und zur Seite zu ſchaffen; hierauf iſt der Untergrundboden in die verlangte Geſtalt zu bringen und mit der Raſen- und Humusſchicht zu überdecken. Die ſorgfältigſten Planierarbeiten werden bei Bewäſſerungs- und Böſchungsanlagen verlangt. Bezüglich der bei den erſteren zu nehmenden Rückſichten finden ſich in den bei Bewäſſerungsſyſteme angegebenen Spezialwerken von Dünkelberg, Perels, Touſſaint, Vincent u. a. eingehende Anweiſungen. Die Planierung der Böſchungen iſt unter Böſchungsarbeiten behandelt. *Lubberger.*

Planieren bezeichnet in der Metallbearbeitung:

1. Das Ebnen von Blechen durch Schlagen mit dem Planierhammer (ſ. Hammer, Bd. 4,

S. 765). 2. Das Ebnen der beim Ziehen (f. d.) und Stanzen (f. d.) von Blechgefäßen entſtandenen kleinen Falten durch Drücken (f. Bd. 3, S. 147) auf der Planierbank. Dieſe unterſcheidet ſich von der Drückbank dadurch, daß ſie einen Support beſitzt, in dem das Planierwerkzeug (Planiergabel) eingeſpannt wird, während beim Drücken auf der Drückbank die Werkzeuge von Hand geführt werden. Die Planierbänke dienen aber auch weiterhin zum Nachdrücken, Einziehen, Bauchen, Beſchneiden, Bordieren, Bundieren gezogener und geſtanzter Blechgeſchirre. Sie werden als gewöhnliche, Kopier- und automatiſche [1] Planierbänke gebaut.

Literatur: [1] D.R.P. Nr. 93641, 96149. — [2] „Stahl und Eiſen" 1905, S. 763 (Neuerungen in der Ausbauchung von Blechhohlkörpern). — [3] Teyſche u. Zoff, Das Metalldrücken. — [4] D.R.Patentſchriften Kl. 49. *A. Widmaier.*

Planierhacke, eine der Breithaue (f. d.) ähnliche Hacke, die zum Einebnen der Oberflächen und Böſchungen von Anſchüttungen dient

Planierung (Ebnung), im Erdbau, die Herſtellung ebener Flächen auf dem Planum (f. d.) ſowie an den Böſchungen der Dämme und Einſchnitte. Die Arbeit erfolgt nach der Schnur und mit Hilfe von Lattenprofilen mittels der Planierhacke (f. d.). *L. v. Willmann.*

Planimeter (Flächenmeſſer), Inſtrumente zur graphiſchen oder mechaniſchen Beſtimmung des Flächeninhalts von Figuren, welche in einer Ebene liegen oder auf eine ſolche abgewickelt werden können.

Es handelt ſich bei dieſen Berechnungen zumeiſt um die Feſtſtellung des Flächeninhaltes von kartographiſchen Darſtellungen beſtimmter Landgebiete oder Oberflächenteile gewiſſer Körper (Schiffskörper oder dergl.), die ſich in einer Ebene in natürlichem oder verjüngtem Maßſtabe darſtellen laſſen. Zu ſolchem Zwecke kann z. B. die Gewichtsbeſtimmung der auf gleichmäßig ſtarkem Papier gegebenen und daraus ausgeſchnittenen Darſtellung dienen, wenn das Gewicht der unter gleichen Bedingungen hergeſtellten Flächeneinheit bekannt iſt. — Genauere Methoden erhält man aber durch Benutzung graphiſcher Netze, die in Form von rechtwinklig ſich ſchneidenden Linien oder aus ebenſolchen Fadenſyſtemen hergeſtellt werden; durch Auflegen dieſer Netze, die in manchen Fällen durch Beweglichkeit der Rahmen aus Quadraten in Rhomben übergeführt werden können (Harfenplanimeter), kann dann, wie Fig. 1 erkennen läßt, mittels einfachen Abzählens der Flächeninhalt der Figuren beſtimmt werden. Das Hyperbelplanimeter von Kloth läßt mit Hilfe der Hyperbelſchar $xy = p$ den Inhalt von Dreiecksflächen, in die Polygone zerlegt werden, ableſen. Näheres in [1] und [2]. Wird die Fläche von krummen Linien begrenzt und dieſelbe daher durch die Linien der Fäden in ſchmale Trapeze geteilt, ſo hat man der Summierung die ſogenannte Simpſonſche Regel zugrunde zu legen. Dieſe Methode eignet ſich auch vorzüglich zur Ausmeſſung von Querprofilen, bei Traſſierungen u. dergl. Man hat eine ganze Anzahl ſolcher Inſtrumente konſtruiert; vgl. dazu [3] und [4].

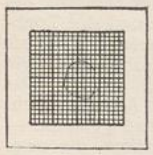


Fig. 1.

Weſentlich komplizierter, aber auch im allgemeinen genauer ſind die ſogenannten Umfahrungsplanimeter; bei dieſen Inſtrumenten geſchieht die Flächenermittlung rein mechaniſch dadurch, daß man mittels eines Fahrſtiftes den Umfang der Figur einmal vollſtändig umfährt, wobei man den Inhalt der Fläche ſchließlich dadurch erhält, daß man die Anzahl der Umdrehungen einer Rolle zählt, welche ſich auf einer ebenen Fläche bewegt oder von dieſer bewegt wird (Hanſenſches Planimeter). — Bezüglich der hiſtoriſchen Entwicklung dieſer Inſtrumente vgl. [5].

Auf die ausführliche Theorie der Rollenplanimeter ſoll hier nicht weiter eingegangen werden, es muß dieſerhalb auf die einſchlägige Literatur und vor allem auch wegen des in der Meßkunſt notwendigen Verſtändniſſes auf die Lehrbücher der Feldmeßkunſt (Bauernfeind, Hunaeus, Jordan, u. ſ. w.) verwieſen werden. Das allgemeine Prinzip iſt kurz das folgende: Eine Achſe von konſtanter Länge a (Fig. 2) endigt auf der einen Seite in einem ſenkrecht zu ihr ſtehenden Fahrſtift S, mit dem der Umfang einer zu beſtimmenden Fläche F von einem Punkt K ausgehend und bis zu ihm zurückkehrend umfahren wird. Der zweite Endpunkt A der Stange wird dagegen auf einer beſtimmten, gegen F feſtliegenden, übrigens beliebigen Kurve C geführt. Jedem Punkte der Kurve von F entſpricht alſo ein ganz beſtimmter Punkt der C-Kurve (und zwar ſoll das eindeutig der Fall ſein), deſſen Entfernungen entſprechend ſtets gleich a ſein müſſen. — Jede Lagenänderung der Stange zwiſchen zwei Punktpaaren kann zerlegt gedacht werden in eine Drehung $d\alpha$ (Fig. 3) um einen Punkt der C-Kurve und eine Parallelverſchiebung dh der Stange, bei der ihre beiden Endpunkte auf F und C bleiben. Die Fläche, welche die Stange bei dieſer Bewegung überſtreicht, kann dann ausgedrückt werden durch

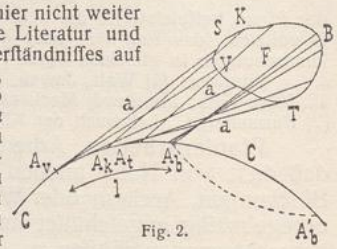


Fig. 2.

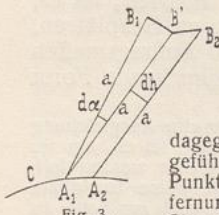
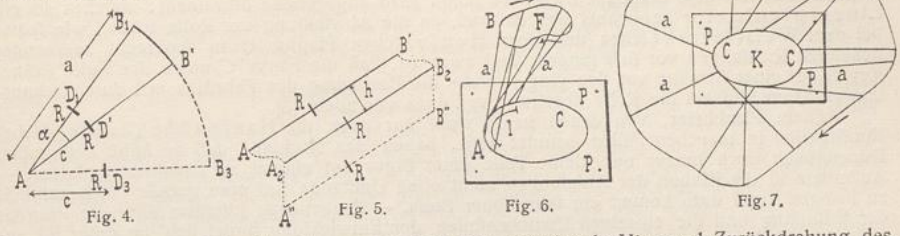


Fig. 3.

$$dF = \tfrac{1}{2} a^2 d\alpha + a\,dh. \qquad 1.$$

Denkt man ſich nun auf der Stange a ganz leicht drehbar eine Rolle mit ſchmalem Spurkranz, deren Umdrehungen ſowohl im ganzen als auch etwa in Hundertſteln gemeſſen werden können, ſo bewirken die beiden angegebenen Bewegungen der Stange, Drehung um den einen Endpunkt und Parallelverſetzung, gewiſſe Drehungen der Rolle. Nur bei der erſten von beiden

kommt aber der Ort in Betracht, an dem das Rad ſitzt: Iſt (Fig. 4) das Rad R in der Entfernung c von A und dreht man die Stange, bei feſtgehaltenem A, um einen beliebigen Winkel α aus AB_1 nach AB', ſo macht das Rad, deſſen Spurkranzumfang u ſei, ſo viele Umdrehungen, als in dem „abgewickelten" Bogen D_1D' der Umfang u des Rades enthalten iſt. Bei Drehung der Stange von AB_1 nach AB_3 und dann zurück nach AB' kommt der Bogen $B'B_3$



oder $D'D_3$ nicht in Betracht, da er nur eine ſich aufhebende Hin- und Zurückdrehung des Rades verurſacht; man erhält alſo für das Drehungselement $d\alpha$ die Größe der Rollenumdrehung

$$n_1 = c\,d\alpha \cdot \frac{1}{u}. \qquad 2.$$

Wird dagegen (Fig. 5) die Stange a aus der Lage AB' in die Lage A_2B_2, auf beliebigem Weg, aber ſo, daß ſie ſtets zu ihrer Anfangslage parallel iſt, um den Betrag h verſchoben, ſo macht das Rad ſo viele Umdrehungen, als ſein Umfang u in h enthalten iſt, d. h. man hat nach den obigen Betrachtungen für die elementare Parallelverſchiebung

$$n_2 = \frac{dh}{u}. \qquad 3.$$

Denkt man ſich nun das C-Ende der Stange a zwangläufig auf einer beſtimmten Kurve (dies kann ein Kreis, eine Ellipſe oder auch eine Gerade oder auch nur ein Teil ſolcher Kurven ſein), ſo können zwei Fälle eintreten. Einmal kann dieſe Kurve ganz außerhalb (Fig. 6), das andremal zum Teil oder ganz innerhalb (Fig. 7) der Fläche F liegen. Im erſteren Fall, wenn die Elementarbewegungen n_1 und n_2 nach 2. und 3. angeſetzt werden, iſt $\Sigma n_1 = 0$, da die Stange a wieder in die Anfangslage zurückkommt, alſo $d\,\Sigma\alpha = 0$ wird; es bleibt alſo für dieſen Fall als wirklich regiſtrierte Geſamtzahl der Rollenumdrehungen während der Umfahrung:

$$N = \Sigma n_2 = \Sigma \frac{dh}{u}. \qquad 4.$$

Auch die n_2 haben verſchiedene Vorzeichen, heben ſich aber nicht auf. Man erhält durch Integration aus 1.

$$F = \Sigma\, a\,dh = a\,\Sigma\,dh, \qquad 5.$$

da $\Sigma d\alpha = 0$ iſt. Multipliziert man 4. mit der Konſtanten au, ſo wird

$$Nau = au\,\Sigma\frac{dh}{u} = a\Sigma\,dh = F. \qquad 6.$$

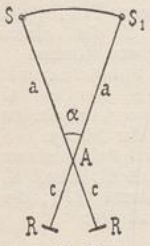


Fig. 8.

Es iſt alſo in der Tat F proportional der regiſtrierten Anzahl N der Rollenumdrehungen (d. h. der Differenz der vor und nach der Umfahrung abgeleſenen Rollenangaben); um F zu erhalten, iſt N mit dem konſtanten Rechteck au aus Stangenlänge und Radumfang zu multiplizieren.

Im zweiten Fall dagegen iſt (unter der obenangegebenen Bedingung einer wirklichen vollſtändigen Umdrehung der Stange)

$$\Sigma\,d\alpha = 2\pi; \qquad 7.$$

die vom Fahrſtift umſchriebene Fläche ſetzt ſich zuſammen aus (vgl. Fig. 7):

1. dem von der feſten Kurve C umſchloſſenen Inhalt (Fläche K);
2. der Σ der Elementarſektoren $\frac{1}{2}a^2\,d\alpha$ (vgl. Fig. 3 und Gleichung 1); dieſe Summe iſt, da $\Sigma\,d\alpha = 2\pi$ iſt, gleich πa^2 (Kreis vom Halbmeſſer a);
3. der Σ der Elementarparallelogramme $\Sigma\,a\,dh$; es iſt alſo hier

$$F = K + \pi a^2 + \Sigma\,a\,dh. \qquad 8.$$

Da die Rollendrehungen, die durch die Bewegungen der Stange allein entſtehen, hier ſich nicht aufheben, ſondern addieren, ſo iſt auch der Ort des Rades nicht mehr gleichgültig wie im erſten Fall. Der Rollenſpurkranz ſei c vom Endpunkt A der Stange entfernt, aber jenſeits von A, von S aus geſehen (vgl. Fig. 8). Bei Drehung des Fahrſtifts von S nach S_1 macht dann die Rolle $n_1 = -c\,\alpha\,\frac{1}{u}$ Umdrehungen. Die Anzahl dieſer iſt dann:

$$N = \Sigma\frac{dh}{u} - \Sigma\frac{c\cdot d\alpha}{u}, \text{ oder mit } \Sigma\,d\alpha = 2\pi,$$

$$N = \Sigma\frac{dh}{u} - \frac{2\pi c}{u}. \qquad 9.$$

Multipliziert man auf beiden Seiten mit au, ſo wird

$$Nau = \Sigma\,a\,dh - 2\pi ac. \qquad 10.$$

Die Vergleichung von 10. mit 8. gibt nun:

$$F = K + \pi a^2 + Nau + 2\pi ac, \qquad 11.$$

oder, wenn C eine gewiſſe konſtante Fläche bedeutet, nämlich $C = K + \pi a^2 + 2\pi ac$,

$$F = C + Nau. \qquad 12.$$

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

In diesem Fall ist also nicht mehr unmittelbar F, sondern $(F-C)$ oder $(C-F)$ der Rollenumdrehungszahl N proportional. Ist einmal K und damit C bekannt, so ist also auch für diesen Fall das einarmige Planimeter zur Flächenbestimmung benutzbar.

Mit den vorstehenden Erläuterungen ist die Wirkungsweise der Rollenplanimeter gegeben, die Praxis hat diese Prinzipien in verschiedener Weise zur Ausführung gelangen lassen. Das älteste derartige Planimeter ist wohl das von dem Trigonometer Hermann in München in Gemeinschaft mit dem Steuerrat Lämmle schon 1814 angegebene Instrument, welches als ein Linearplanimeter bezeichnet werden muß, da die Abwicklung der Rolle schon, wie später bei dem Wetli-Starkeschen und dem Hansenschen Planimeter in senkrecht zueinander stehenden Richtungen vor sich gingen, und zwar so, daß die Kurve C unter der Rolle (früher Kegel) auf einer Scheibe vor sich ging, welche die Bewegung des Fahrstifts erst durch Schnurlauf aufnahm und auf die Rolle übertrug; vgl. dazu vor allem [5].

Diese Planimeter, von denen heute wohl nur noch die Hansensche (Ansfeldsche) Konstruktion in manchen Fällen benutzt wird, haben den Nachteil, daß sie selbst bei großen Dimensionen doch immer nur kleine Teile einer Figur auf einmal zu umfahren gestatten. — Außerdem ist die Einheit der Ablesungen nicht ohne Umstände auf eine gerade Flächeneinheit zu bringen, und dazu kommt ein sehr hoher Preis. — Eingehende Literatur über die Priorität der Erfindung und die einzelnen Zwischenstufen der Entwicklung findet sich im unter [6] angeführten Werkchen. — Andre Planimeter sind darauf eingerichtet, daß die Kurve C ein Kreis oder eine einfache gerade Linie ist und bei ihnen diese Kurve festliegt, während sich die Rolle darauf abwickelt, dahin gehören das Polarplanimeter und das Rollenplanimeter.

Das **Polarplanimeter** (Erfindung von Amsler sen. 1856 und Miller in London, unabhängig voneinander) ist wie folgt eingerichtet (Fig. 9, in der Figur ist der Raumerfparnis halber der Pol P zu nahe an den Umfang von F gesetzt). Im einen Endpunkt der Stange ist mit ihr durch ein Gelenk G verbunden der Arm, der in einem beim Gebrauch des Instruments festen Punkt, dem Pol P, endigt. Die Rolle sitzt auf der in Spitzen gehenden Welle W unterhalb der sogenannten Hülse H, jenseits (vom Fahrstift aus gesehen) des Gelenkes G. Die Registriervorrichtung für Teile von Rollenumdrehungen befindet sich auf dem Rollenrand selbst (100 Teile, so daß eine Hundertstel Umdrehung direkt angegeben ist, eine Tausendstel geschätzt oder durch den Nonius J_2 abgelesen werden kann). Man bezieht oft die Angaben eines Planimeters auf solche Tausendstel Umdrehungen der Rolle oder „Noniuseinheiten". — Die ganzen Rollenumdrehungen werden mit Hilfe der (bis zehn gehenden) Zählscheibe Z (Index J_1) registriert, die durch Schraube ohne Ende W und ein Zahnrädchen in Drehung gesetzt wird. Beim Gebrauch sitzt das Instrument mit folgenden drei Punkten auf der F enthaltenden Papierebene: Pol P (fest), Fahrstift S (in einem Punkt des Konturs von F), Spurkranzpunkt der Rolle R. Der Punkt G (Gelenk; $= A$ der obigen Theorie) der Stange GS befindet sich stets in einem Punkt eines bestimmten festen Kreises um P; dieser Kreis stellt hier die oben mit C, Inhalt K, bezeichnete Kurve vor. Dieser Kreis habe den Halbmesser b (feste Länge des Arms GP); die Länge der Stange GS sei a, Entfernung $GR = c$, der Rollenumfang u. Dann ist für:

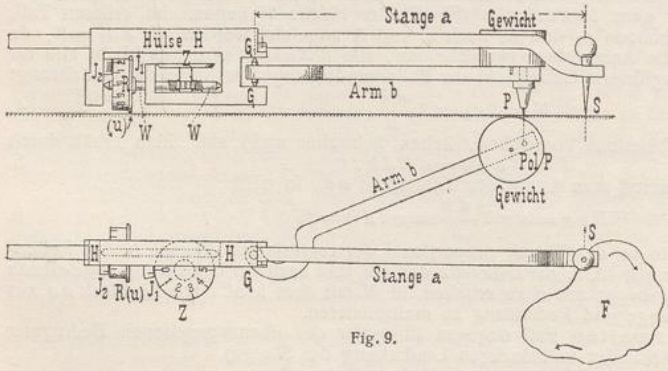


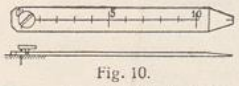
Fig. 9.

a) **Pol außerhalb von F,** unmittelbar nach 6

$$F = N a u; \qquad 13.$$

die Abmessungen b und c kommen nicht in Betracht. Ist z. B. (in ganzen Umdrehungen der Rolle) der Zählwerksstand vor der Umfahrung 4,739, nach drei Umfahrungen 7,405, also für eine solche im Mittel 0,8887, so ist die gesuchte Fläche $F = 0{,}8887\ (a\,u)$ und bekannt, sobald die Flächeneinheit $a\,u$ (Länge der Stange mal Rollenumfang) bekannt ist.

Die Bestimmung von $a\,u$ erhält man am besten aus der Umfahrung von Figuren bekannten Flächeninhalts (Q), die entweder aus dem Quadratnetz der Karte, auf der die zu messende Figur enthalten ist (dabei wird auch eventueller Papierschwund berücksichtigt) entnommen oder in Form eines Kreises oder Quadrates zu diesem Zweck auf die Zeichenfläche aufgetragen wird. Man hat dann nur zu setzen


Fig. 10.

$$F = Q\,N : N_0, \qquad 14.$$

wenn N_0 den Wert N für die Einheitsfläche bedeutet. Ein bequemes Mittel zur Herstellung des genannten Einheitskreises gibt die sogenannte „Probeschiene", mit deren Hilfe man gezwungen den Fahrstift auf einem Kreis von 3, 4, 5 . . . 10 cm Halbmesser führt (Fig. 10). Man drückt die Nullpunktnadel der Probeschiene ungefähr in den Schwerpunkt von F, umfährt einen der Kreise Q, sodann F und erhält aus 14. F im richtigen natürlichen Maß, in dem Q gemessen ist. Hätte das Papier merklichen Eingang, so wäre dieser also hier zu berücksichtigen [$2\,p$ % der Fläche, wenn p % der lineare Eingang ist, oder $(p+q)$ %, wenn p und q die prozentischen

linearen Eingänge in zwei zueinander senkrechten Richtungen sind]; und in jedem Fall ist das Natur-F, wenn F_p das Plan- oder Zeichnungs-F ist, $F = F_p \cdot M^2$, wenn $1 : M$ der Längenmaßstab der Zeichnung ist.

Einstellung eines bestimmten au. Die Länge der Stange a kann verändert werden durch Bewegung in der Hülse H. Einstellung von au auf eine runde Zahl, z. B. $au = 100$ qcm, die für manche Zwecke bequem ist, wird selbstverständlich ebenfalls mit Hilfe der Probefläche Q gemacht; sie ist aber nach dem Vorstehenden keineswegs immer notwendig, sogar gerade für genauere Arbeit ganz überflüssig; vgl. a. den Schluß von b).

b) **Pol innerhalb von F.** Bei Umfahrung von F kommt das Gelenk G folgeweise in jeden Punkt des festen Kreises mit b um P; also ist nach 11. und 12.:

$$F = C + Nau, \tag{15.}$$

wobei $C = K + \pi a^2 + 2\pi ac = \pi b^2 + \pi a^2 + 2\pi ac$ ist; es kommen jetzt alle Abmessungen des Instruments in Betracht. Da C ungefähr die größte Fläche vorstellt, die man mit Pol innen auf einmal umfahren kann, so ist nach 15. $F = C + Nau = \pm Nau \mp (\pi b^2 + \pi a^2 + 2\pi ac)$, je nachdem man die Figur F im oder gegen den Sinn des Uhrzeigers ausführt. — Die Bestimmung von C wird wieder, nachdem au bestimmt oder zu 100 u. dergl. gemacht ist, mit der Probeschiene ausgeführt, wobei man aber hier die Polnadel durch den Nullpunkt der Schiene auf das Papier muß feststechen können. Der Wert von C ändert sich, wenn a geändert wird; bei der Stellung, bei der $au = 100$ qcm ist (s. oben), ist C (im natürlichen Maß) bei den Planimetern gewöhnlichen Amslerschen Modells meist zwischen 2000 und 2200 qcm (die Zahlen für C sind auf der Stange angeschrieben, z. B. 20765 für ein bestimmtes a; sie sind als 2076,5 qcm u. s. w. zu lesen). Die für C angegebenen Zahlen sind meist ebenso wie die Marken für bestimmte au nicht sehr zuverlässig und nur für eine bestimmte Papierforte u. s. w. gültig. Man sollte deshalb diese Bestimmungen stets selbst machen; vgl. dazu [7].

Pol außen gibt genauere Resultate als Pol innen, besonders wenn dort nach 14. gearbeitet wird; Pol innen wird um so schlechter sein, je kleiner F ist, da dann F als Differenz zweier großer Zahlen entsteht, bei sehr großen Flächen von z. B. 1000 und 1500 qcm ist aber, bei gut bekanntem C, Pol innen ebensogut oder besser als Pol außen (wo man diese Fläche aus drei oder vier Teilen zusammensetzen muß).

Als besondere Konstruktionen sind hervorzuheben das Pantographplanimeter von Amsler für sehr kleine und sehr große Flächen; die Einrichtung von Amsler zur unmittelbaren Bestimmung von Mittelordinaten; Instrument mit $C = 0$ (kein Unterschied zwischen Pol außen und Pol innen) von Reitz, Hamann und Coradi. Wegen Einzelheiten der Ausführung des Instruments sowie wegen solcher für besondere Zwecke u. s. w. vgl. [8]. — Wichtig ist die Elimination des Fehlers, der durch die sogenannte Rollenschiefe (und die Scharnierschiefe) am Polarplanimeter entsteht [9]. Sie ist mechanisch auszuführen bei dem Kompensationsplanimeter von Lang [10] (ausgeführt von Coradi, Fig. 11, die das eine dieser Modelle zeigt); die Stange läßt sich unter dem Polarm durchschlagen, das Instrument ist nacheinander in einer „ersten und zweiten Lage" zu gebrauchen. Durch die Mittelung der beiden erhaltenen Flächenwerte werden nicht nur gewisse Fehler eliminiert, sondern auch erkannt, was für die Justierung der Instrumente von Wichtigkeit ist.

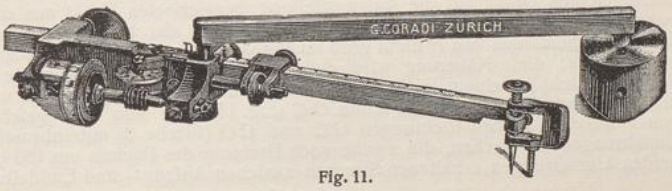


Fig. 11.

Ebenso wichtig sind zwei Abänderungen des oben beschriebenen gewöhnlichen Planimeters; die eine hebt die Rolle vom Papier, das F trägt, ab und läßt sie auf einer besondern Celluloidscheibe, also ein für allemal auf derselben Unterlage, sich abwälzen, wodurch man von der Papierbeschaffenheit unabhängig wird. Es sind dies die sogenannten Scheibenplanimeter; Näheres hierüber, besonders über die freischwebenden Scheibenplanimeter in [11]. Bei mehreren neueren Planimeteranordnungen ist man in dieser Richtung, einer Verbesserung der Rollenbewegung noch weitergegangen, indem man die gleitenden Bewegungen der Rolle ganz vermieden hat; es ist dies bei den sogenannten Kugelplanimetern geschehen; Näheres in [12].

Rollplanimeter sind Instrumente, bei denen die Kurve C in Fig. 2, 3, 6 und 7 eine Gerade ist (aber nicht jedes Instrument, bei dem dies zutrifft, braucht ein Rollplanimeter zu sein); denkt man sich z. B. in der Metallplatte P (Fig. 6) eine gerade Nut eingeschnitten, in die der zylindrisch geformte Anfangsstift A der Stange a genau paßt, und die Rolle der Stange mit Zählwerk ausgestattet, so hat man ein brauchbares Planimeter; (auf diesem Prinzip beruht z. B. das Instrument von Hine und Robertson). Man kann die Rollplanimeter auch bezeichnen als Polarplanimeter mit $b = \infty$; es ist also hier stets der Fall Pol außerhalb F vorhanden. Das Gelenk G befindet sich stets in einem Punkt einer bestimmten festen Geraden H (Kreis mit $b = \infty$).

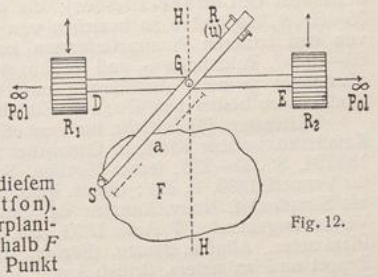


Fig. 12.

Diese geradlinige Führung von G ist durch zwei gleiche geriffelte Rollen R_1 und R_2 (Fig. 12) bewirkt, die den Rahmen DE nur so auf dem Papier verschieben lassen, daß G in

einem Punkt der beliebig liegenden, aber feſten Geraden H ſich befindet. Ein großer Vorteil der Rollplanimeter iſt unmittelbar klar: F kann ſich in der Richtung von H beliebig weit erſtrecken, man kann ſehr große Flächen auf einmal umfahren und ausmeſſen. Würde das Inſtrument nach Andeutung der Figur ganz in der Art des gewöhnlichen Polarplanimeters vervollſtändigt, ſo würde die Gleichung $F = N a u$ ohne weiteres gelten. Es wird aber (von Coradi-Zürich; die Idee der Rollenverſchiebung ziemlich gleichzeitig von Amsler und von Hohmann) nur in der Form eines Scheiben- oder eines Kugelplanimeters gebaut, wie es Fig. 13 zeigt, die ein Kugelrollplanimeter darſtellt, vgl. dazu [13]. Die beiden Rollen R vermitteln die geradlinige Führung des Wagens $B B$; beim Fahren überträgt die linke dieſer Rollen ihre Bewegung durch ihre feine Riefelung auf ein Zahnrädchen, welches mit der Kugelkalotte K auf gleicher Achſe ſitzt. Der Fahrarm $M F$ trägt die zu ihm ſelbſt parallele Achſe des Zylinders, auf welchem ſich K abwickelt; die Umdrehungen des Zylinders werden an der Meßrolle und einer die ganzen Umdrehungen zählenden Scheibe abgeleſen. Bezüglich der übrigens einfachen Theorie muß auf die Literatur verwieſen werden.

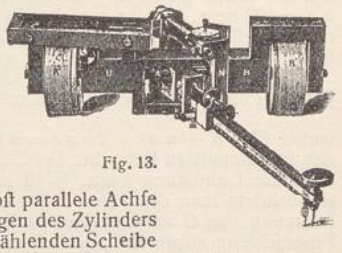


Fig. 13.

Ein ſehr intereſſantes Inſtrument zur Flächenbeſtimmung iſt das Stangenplanimeter (Beilſchneidenplanimeter) von Prytz, 1885 erfunden. Dieſes (Fig. 14) beſteht nur aus einer Stange, deren eines Ende der Fahrſtift S, deren andres Ende die parallel zur Stange liegende Schneide A bildet. An Stelle dieſer Schneide iſt mehrfach, z. B. von Hamann, eine Rolle mit ſcharfem Rand geſetzt worden (wobei die Schneidenebene ſtets durch den Punkt S geht). So iſt auch das (aus 1892 ſtammende und unabhängig von Prytz entſtandene) Traktorienplanimeter von Kleritj eingerichtet, bei dem nur die Rolle in einem beweglichen Rahmen an der Stange ſitzt. Ueber dieſe Inſtrumente vgl. [14]—[18].

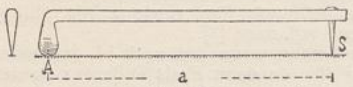


Fig. 14.



Fig. 15.

Der Gebrauch des Inſtruments geht aus folgender Ueberlegung hervor: Umfährt man mit S eine Fläche F von einem Punkt des Umfangs aus, ſo beſchreibt die Schneide A von einem durch leichten Druck auf die Anfangsſtellung bezeichneten Punkt aus eine Kurve, deren Endpunkt ebenſo feſtgehalten wird. Iſt die Entfernung der beiden ſo erhaltenen Marken c (und ſind die Dimenſionen von F nicht groß im Verhältnis zur Länge a der Stange), ſo iſt die Fläche F genähert $a c$; dieſe Näherung wird dadurch verbeſſert (die ſogenannte Reſtfläche verkleinert), daß man nicht in einem Punkt des Umfangs die Umfahrung beginnt und endigt, ſondern in die Umfahrung eine beliebige Linie $O C$ (Fig. 15), die von dem geſchätzten Schwerpunkt O von F ausgeht, in den Richtungen $O C$ und $C O$ (Fläche 0) miteinbezieht. Man hat nun zwei Umfahrungen zu machen, die zweite nach Drehung des Papiers um 180°; ſind c_1 und c_2 die bei beiden Umfahrungen erhaltenen Strecken zwiſchen Anfangs- und Endſtellung der Schneide, ſo iſt

$$F = \frac{c_1 + c_2}{2} \cdot a \left(1 - \frac{r^2}{4 a^2}\right); \qquad 16.$$

dabei bedeutet r die mittlere Entfernung des Punkts O von den Umfangspunkten der Fläche F. Iſt a gegen r groß, ſo wird das zweite Glied in der Klammer klein. Genauigkeitsverſuche haben ergeben, daß man bei dieſem Inſtrument noch auf 0,5—1,0 % rechnen kann, wenn r gegen a klein iſt. Die Polarplanimeter geben noch 0,1 % relative und etwa 0,4 % abſolute Genauigkeit, während die neueren Rollen- und Scheibenplanimeter noch größere Schärfe der Meſſungen erreichen laſſen (bis zu 0,05 % und darunter).

Allgemeine Literatur, Genauigkeit, Bezugsquellen, Preis. Zu den Grundlagen der allgemeinen Planimetertheorie vgl. außer den bereits erwähnten Schriften beſonders [19], für alle Fortſchritte der Planimeterkonſtruktionen und der Planimetermeſſung die Titelſammlung der Publikationen, die Petzoldt alljährlich zuſammenſtellt [20], ſowie die Referate von Hammer in [21] und [22]. — Das Beilſchneiden- oder Stangenplanimeter in den verſchiedenen Formen (Schneide oder Rolle) kostet 10—25 *M.* (Bezugsquellen: für das urſprüngliche Inſtrument Knudſen in Kopenhagen; für das Rollenſtangenplanimeter Hamann-Friedenau; für das Kleritjſche Inſtrument O. Leuner-Dresden); die gewöhnlichen Polarplanimeter in Meſſing oder Neuſilber 35—60 *M.*, am beſten zu beziehen von Amsler-Schaffhauſen, Coradi-Zürich, Ott-Kempten; von den feineren Planimeterformen koſtet z. B. das Kompenſationsplanimeter Lang-Coradi 50—70 *M.*, Rollſcheiben- und Rollkugelplanimeter und freiſchwebendes („Präziſions"-)Scheibenplanimeter je nach Ausführung und Größe 80—180 *M.* Die zuletzt genannten Inſtrumente ſämtlich am beſten von Coradi-Zürich zu beziehen. S. a. Integraph.

Literatur: [1] Zeitſchr. für Vermeſſ. 1893, S. 30; Kloth, ebend. 1893, S. 338, zu beziehen von Kataſterkontrolleur Kloth in Osnabrück; Láska, Sammlung von Formeln u. ſ. w., Braunſchweig 1886/94, S. 232—236; ferner Manſion, Sur l'évalution des aires planes, Gent 1882. — [2] Zeitſchr. für Vermeſſ. 1895, S. 331; ebend. 1896, S. 443. — [3] Ueber Poncelet-Parmentiers Regel (genauer als Simpſon) ſ. Nouv. Annales de Mathém. 1855, Oktober. — [4] Bauernfeind, Handbuch der Vermeſſungskunde, 7. Aufl. 1890, Bd. 2, S. 228. — [5] Favaro, Beiträge zur Geſchichte der Planimeter, Allgem. Bauztg. (Förſter) 1873, S. 68 und 93 (Bibliographie 1815—1872); Henrici, Report on Planimeters, British Assoc. for the advancement of Sciences, Oxford 1894; Trunk, Die Planimeter (Theorie, Praxis, Geſchichte), Halle 1865; Fiſcher, Die mechaniſche Planimetrie, Zürich 1868. — [6] Lorber, F., Ueber die Genauigkeit der Planimeter, Sonderabdruck aus Oeſterr. Zeitſchr. f. Berg- u. Hüttenw. XXXI (1883), 1; Bauernfeind, Zur Geſchichte der Planimeter, Dingl. Polyt.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Journ. 1855. — [7] Hammer, Zeitſchr. f. Inſtrumentenkunde 1895, S. 94—97; ferner Anleitung zum Gebrauch des gewöhnl. Polarplanimeters von Coradi-Zürich, von dem Genannten zu beziehen. — [8] Die Preisverzeichniſſe von Amsler-Schaffhauſen und von Coradi-Zürich; Ref. von Hammer in Zeitſchr. f. Inſtrum. 1896, S. 361, 1897, S. 224; Beſchreibung in Sonderabdruck, von Coradi zu beziehen. — [9] Vogler, Prakt. Geometrie, Bd. 1, Braunſchweig 1885, S. 593. — [10] Lang, Zeitſchr. f. Vermeſſ. 1894, S. 353 (bereits mit Genauigkeitsnachweiſen). — [11] Jordan, Handbuch der Vermeſſungskunde, Bd. 2, 6. Aufl., 1904, S. 132; Hohmann, Das freiſchwebende Präziſionsplanimeter, Erlangen 1883 (Anhang: Auseinanderſetzung ſo ziemlich aller möglichen Polarplanimeteranordnungen). — [12] Ueber die Kugelplanimeter ſpeziell: Coradi, Die Kugelplanimeter, Zürich 1898; Lorber, Coradis Kugelplanimeter, Zeitſchr. für Vermeſſ. 1888, S. 161. — [13] Jordan, Handbuch der Vermeſſungskunde Bd. 2, 1904, S. 134 ff. — [14] Traktoriograph, Belgrad 1896 (in ſerbiſcher Sprache); Dinglers Polytechn. Journ., Bd. 305 (1897), Heft 10 und 11. — [15] Von Knudſen, Kopenhagen, zu beziehen. — [16] Runge, Zeitſchr. für Vermeſſ. 1895, S. 321. — [17] Hamann, ebend. 1896, S. 643. — [18] Jordan, S. 136—140; Hammer, Zeitſchr. für Inſtrum. 1895, S. 90, und beſonders 1905, S. 347 ff. — [19] Amsler (sen.), Ueber die mechaniſche Beſtimmung des Flächeninhalts ebener Figuren, Schaffhauſen 1856 (aus der Schweiz. Vierteljahrsſchrift 1856; erſte Theorie des Polarplanimeters); Amsler (jun.), Ueber den Flächeninhalt und das Volum durch Bewegung erzeugter Kurven und Flächen, Schaffhauſen 1880; Hele-Shaw, On mechanical Integrators, Proc. Inst. Civ. Eng., Bd. 82, 4. Heft. — [20] Zeitſchr. für Vermeſſungsweſen, Ueberſicht der Literatur alljährlich. — [21] Zeitſchr. für Inſtrumentenkunde (fortlaufend ſeit 1894). — [22] Hammer, Bericht über die Fortſchritte der Kartenentwurfslehre und der Kartenmeſſung, im Geograph. Jahrbuch, (herausgegeben von Herm. Wagner, Gotha), Bd. 17, 19, 20.

Planimetrie, ſ. Flächenberechnung.

Planke, ein 10—15 cm ſtarkes Breitſchnittholz; im Schiffbau, ein Schnittholz von 6—15 cm Dicke und 6—20 cm Breite.

Plankton, frei ſchwimmende Organismen (Peridineen, Diatomeen) des Pflanzen- und Tierreichs im Waſſer (Meerplankton, Süßwaſſerplankton).

Planroſt, ſ. Feuerungsanlagen.

Planſcheibe bezeichnet eine kreisförmige, zum Auffpannen kurzer Arbeitsſtücke dienende Scheibe an Werkzeugmaſchinen.

Die Arbeitsſtücke werden entweder durch Schrauben und Laſchen an der mit Löchern oder Auffpannſchlitzen (ſ. Drehbank, Bd. 3, S. 62 ff., Fig. 10, 12, 43) verſehenen Planſcheibe oder zwiſchen verſtellbaren Spannklauen (Fröſche, Spannkloben, Spannbacken) befeſtigt. Die Spannklauen ſind entweder direkt auf der Planſcheibe aufgeſchraubt (ſ. Drehbank, Bd. 3, S. 65, Fig. 18) oder mit Hilfe von Schraubenſpindel und Mutter verſtellbar (ſ. Drehbank, Bd. 3, S. 61, Fig. 9, 13) oder in einer auf die Planſcheibe aufgeſchraubten Führung verſchiebbar (ſ. Drehbank, Bd. 3, S. 62, Fig. 9b). Bei Planſcheiben, die faſt immer zum Auffpannen kreisrunder Arbeitsſtücke dienen, ſind alle Spannklauen gleich weit von der Achſe entfernt und werden gleichzeitig bewegt (ſ. Drehbank, Bd. 3, S. 76, Fig. 64, und Futter, Bd. 4, S. 228). Beim Drehen zwiſchen Spitzen dienen die Planſcheiben auch zum Befeſtigen der Mitnehmer (ſ. Bd. 6, S. 444, und Drehbank, Bd. 3, S. 65, Fig. 17). *A. Widmaier.*

Planſchloß, -ſteuerung, -zug, bei Drehbänken und Fräsmaſchinen diejenigen Getriebeteile, welche die ſelbſttätige Bewegung der beim Plandrehen bezw. Planfräſen zu verſchiebenden Teile (Support bezw. Tiſch) vermitteln; ſ. Drehbank, Bd. 3, S. 84, Fig. 103, 104, 106—110.

Planſichter, im weiteren Sinne jedes plane (ebene) Sieb zum Unterſchied von Trommelſieben, im engeren Sinne eine Gruppe von unmittelbar aufeinander liegenden Flachſieben, die, in einem gemeinſamen Gehäuſe oder durch Verſchraubung vereinigt, eine wagerechte Verſchiebbewegung in geſchloſſener Kreisbahn vollführen. Auf den einzelnen Sieben wird dem Sichtgut durch Kanäle, die mittels ſenkrechter Trennungswände gebildet werden, ein beſtimmter, langer Weg angewieſen. Die Uebergänge eines Siebes gelangen durch einen ſenkrechten Kanal entweder auf eines der darunter liegenden Siebe oder verlaſſen auf dieſem Wege die Maſchine. Die Durchfälle können, wenn ſie nochmals geſiebt werden ſollen, unmittelbar auf das darunter liegende Sieb gelangen, auf deſſen ganze Ausdehnung ſie dann naturgemäß verteilt ſind, werden aber meiſt erſt zuſammengezogen und fließen dann einem der unteren Siebe an einer beſtimmten Einlaufſtelle zu bezw. verlaſſen, wenn ſie fertig geſichtet ſind, die Maſchine. Dieſes Zuſammenziehen geſchieht mittels blinder Siebrahmen, d. h. ſolcher, die anſtatt der Gazebeſpannung einen undurchläſſigen Leinwand- oder Blechboden tragen. Auf dieſen gelangen die das darüber liegende Sieb durchfallenden feinen Sichtgutteile und werden durch noch näher zu beſprechende Mittel nach der Ausfallſtelle hingeführt. So findet man denn faſt in jedem Planſichter Siebrahmen und „Sammelböden“ im Wechſel untereinander liegen.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Die Hauptaufgabe bei der Konſtruktion eines Planſichters iſt die, für den ſtändigen Fluß des Sichtgutes in den Sichtkanälen und auf den Sammelböden zu ſorgen. Dieſe Aufgabe löſte Karl Haggenmacher in Budapeſt (D.R.P. Nr. 46509). Seine Erfindung erläutert ſich folgendermaßen: Fig. 1 ſtelle die Aufſicht eines Siebbodens dar, der beiſpielsweiſe in vier Kanäle geteilt iſt, die das Sichtgut von *A* aus ſerpentinenartig durchlaufen ſoll, bis der Uebergang die Ausfallöffnung *Z* erreicht. Wie die geraden Pfeile erkennen laſſen, müßte zu dieſem Zwecke das Sichtgut in einem Kanale nach der einen, im benachbarten nach der andern Richtung wandern. Das hierfür angewendete Mittel wird aus Fig. 2 verſtändlich, die ein Stückchen eines Siebkanals in größerem Maßſtab zeigt. Wird das Sieb in dem Drehſinne geſchwungen, der dem eines Uhrzeigers entgegengeſetzt iſt (Linksdrehung), ſo kreiſt jedes Sichtgutteilchen im gleichen Sinne (punktierter Kreis). Die eine Hälfte (links) dieſer Kreisbahn ſtimmt mit der durch Pfeile *p* angedeuteten Transportrichtung überein, die andre (rechts) iſt ihr entgegengeſetzt. Dieſe rückläufige Bahn wird nun dadurch unterbrochen, daß an der betreffenden Wand Vorſprünge angebracht werden, die aus kleinen in den Kanal hineinragenden Wänden beſtehen (Fig. 3) Das Sichtgut bewegt ſich dann in dem Kanal ungefähr ſo fort, wie es die in Fig. 3 punktierte Bahn andeutet. Eine einfache Ueberlegung ergibt jedesmal, an welcher Wand dieſe Hinderniſſe anzubringen ſind. Fig. 4 zeigt die vollſtändige Ausrüſtung des Siebes nach Fig. 1 mit ſolchen „Transportleiſten". Fig. 5 zeigt einen Querſchnitt. Mit ſolchen Mitteln können auch die Sammelböden ausgeſtattet werden. Solcher Sieb- und Sammelböden wird eine ganze Anzahl übereinander gelegt, ſo daß das Sichtgut in einem Apparat einer ganzen Reihe von aufeinander folgenden Sichtprozeſſen unterworfen wird. Der Querſchnitt Fig. 6 zeigt als Beiſpiel einen Planſichter von zwölf Siebrahmen mit ihren Sammelböden und fünf Ausläufen für fünf verſchiedene Sichtprodukte. Iſt hierbei die Sichtfläche jedes einzelnen Siebes größer, als ſie der Menge des zu ſichtenden Gutes entſpricht, ſo kann eine Teilung in 2, 3, 4 Teile ſtattfinden und jeder Abſchnitt mit einer andern Sorte Sichtgut gleichzeitig beſchickt werden. Hat man z. B. einen ſolchen viergeteilten Sichter und ſind fünf Siebböden untereinander vorhanden, ſo erſetzt dieſer eine Planſichter $4 \cdot 5 = 20$ einzelne Sichtapparate (Zylinder, Zentrifugalſichtmaſchinen). Dieſe ungeheure Maſchinen- und Raumerſparnis iſt ein Hauptvorteil der Planſichter.

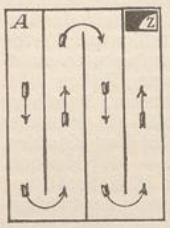


Fig. 1.

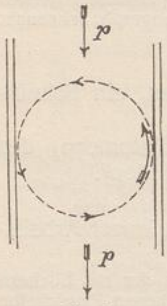


Fig. 2.

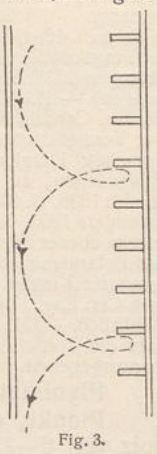


Fig. 3.

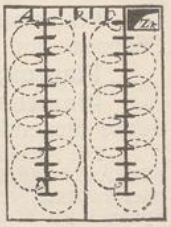


Fig. 4.

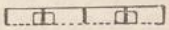


Fig. 5.

Als Erſatz der Haggenmacherſchen Transporteinrichtung ſind zu nennen: Eine zur Transportrichtung quer geneigte Auffpannung der Siebgaze (D.R.P. Nr. 49378, 55744, 62934, Bittinger) und Anbringung der Gaze mit Gefälle in der Transportrichtung. Ferner eine, im Längsſchnitt betrachtet, zahnförmige Auffpannung der Gaze, ſo daß die Sichtgutmaſſe die

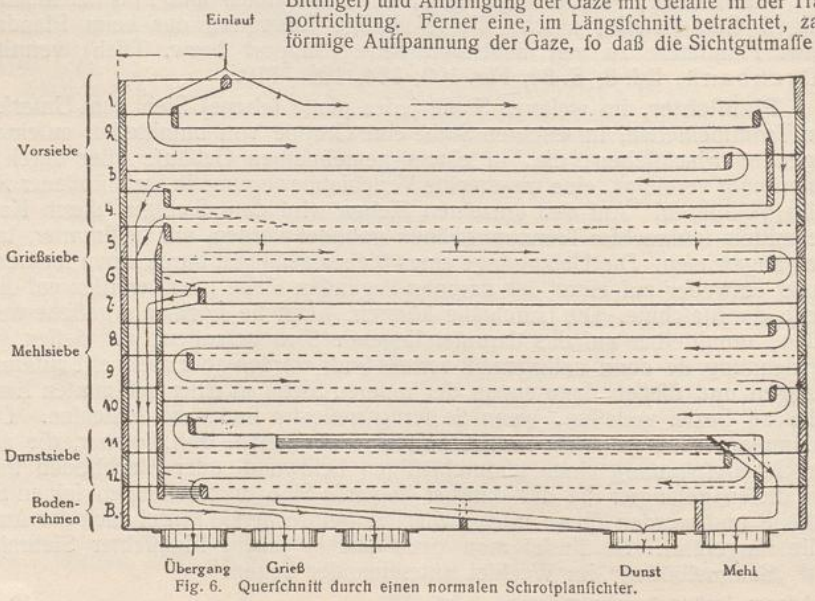


Fig. 6. Querſchnitt durch einen normalen Schrotplanſichter.

ſanft anſteigenden Rücken der Zähne erſteigt, um dann ſteil abzuſtürzen. Die ſenkrechten Zahnwände verhindern hierbei die Rückkehr. Dieſe Vorrichtung fördert das Gut übrigens nicht nur bei der ſchwingenden Planſichterbewegung, ſondern auch bei einfacher Schüttelbewegung in Richtung der Siebkanäle (D.R.P. Nr. 48997). Schließlich iſt zu nennen: die kreisförmige Geſtaltung der Siebe, die bei der beſchriebenen Planſichterbewegung ein kräftiges Hinwerfen des Sichtgutes zur Siebmitte bewirkt, ſo daß ſie am Umfange geſpeiſt werden und die Uebergänge nahe dem Zentrum das Sieb verlaſſen (D.R.P. Nr. 77588, Bunge). Die Verbindung der feſtſtehenden Zu- und Ableitungsröhren mit dem ſchwingenden Planſichter geſchieht durch kurze Schläuche aus nachgiebigem Stoff.

Hinſichtlich der Lagerung unterſcheidet man hängende und ſtehende Planſichter. Die erſte Aufhängung geſchah an vier Stangen, die an der Decke des Gebäudes und am Planſichter ſelbſt in Kugelgelenken endigten. Jetzt werden vielfach Rohrſtäbe verwendet, und zwar gruppenweiſe, 4–8 Stück zu einem Bündel vereinigt. Ihre Biegſamkeit macht die Kugelgelenke überflüſſig. Der Antrieb geſchah früher von oben, jetzt von unten, mittels eines den Planſichter in der Mitte anfaſſenden ſenkrechten Kurbelzapfens. Die Ausgleichung der Fliehkraft durch ein mit der Kurbelwelle umlaufendes Gegengewicht (einſeitig belaſtetes Schwungrad) iſt durchaus erforderlich. Die auftretenden Kräftepaare rufen aber trotzdem leicht Erſchütterungen hervor, ſolange nicht die Kurbelzapfenmitte in der wagerechten Schwerpunktsebene der ſchwingenden Maſſe liegt und auch der Schwerpunkt des Gegengewichts in dieſe Ebene gebracht iſt. Das gab Veranlaſſung zur Teilung des Planſichters in zwei getrennte Siebkäſten, die zwiſchen ſich die Stelle des gemeinſamen Schwerpunktes für die Anbringung der Antriebsteile frei laſſen (D.R.P. Nr. 79108 Konegen). Statt die Aufhängung an der Decke vorzunehmen, hat man auch beſondere Böcke angeordnet, welche die Hängeglieder (Stangen, Stäbe) tragen; vgl. D.R.G.M. Nr. 84652. Unter ſtehenden Planſichtern verſteht man ſolche, deren Laſt nicht durch Zugorgane, ſondern durch Druckorgane auf den Fußboden übertragen wird. Intereſſant ſind hierfür D.R.P. Nr. 58014 Konegen und Nr. 70297 Kapler; in die Praxis eingeführt hat ſich die Stützpendellagerung von Voll, Mertz, Haggenmacher (D.R.P. Nr. 167264). Der Planſichter wird hierbei von vier Pendeln geſtützt, die an ihm mittels Kugellagern befeſtigt ſind und die auf Schuhen ſtehen, deren loſe aufliegende und bei der Bewegung des Planſichters auf der Unterlage abrollende Unterfläche kugelartig, jedoch ſo geformt ſind, daß ſich das Syſtem bei Ueberſchreitung der ordnungsmäßigen Pendelneigung im ſtabilen Gleichgewicht befindet, alſo nicht umfallen kann. Fig. 7 zeigt eine Anſicht eines Stützpendelplanſichters, Konſtruktion Haggenmacher-Konegen (Ausführung von Amme, Gieſecke & Konegen, Braunſchweig). Eine weſentliche Rolle ſpielt bei Planſichtern die Reinhaltung der Siebe. Als Mittel hierfür dienen: loſe Beſpannung, die durch Biegung und Zerrung des Gewebes offen gehalten wird; Bürſten, die über oder unter den Sieben angebracht und auf die verſchiedenſte Weiſe bewegt werden; Abklopfvorrichtungen, die durch Schläge und Erſchütterung die Maſchen frei machen; endlich das ſogenannte Putzgut, das aus grobem Schrot, Maiskörnern, Holz oder Gummikugeln u. dergl. beſteht und das entweder immer auf ein und demſelben Siebe ſeinen Kreislauf vollzieht und durch eine geeignete grobe Ueberſpannung der Auslauföffnung auf dem Siebe zurückgehalten wird oder mit den Uebergängen das Sieb verläßt, ſpäter vom Sichtgut getrennt und dann entweder innerhalb des Sichters durch ſchiefe Ebenen, Wendelſchurren (Patent Nr. 47758, Bittinger) oder auß erhalb der Maſchine durch kleine Elevatoren gehoben wird und wieder auf das oberſte Sieb gelangt. *Arndt.*

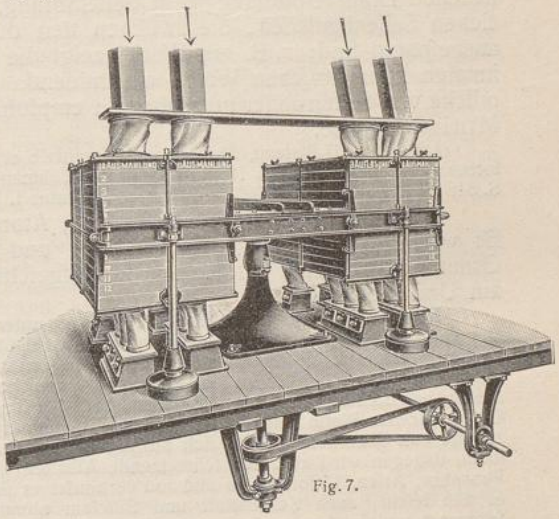


Fig. 7.

Planté-Element, ſ. Akkumulatoren und Polariſation, elektriſche.

Plantiermaſchine (Geradhängmaſchine, Geradbohrmaſchine), Hilfsmittel der Uhrenfabrikation (ſ. Uhren).

Literatur: Karmarſch, Handbuch der mechan. Technologie, 5. Aufl., Hannover 1875, Bd. 1.

Planum einer Eiſenbahn oder Straße, die Oberfläche des zur Aufnahme der Bettung bezw. der Fahrbahnbefeſtigung beſtimmten Teils des Erdkörpers.

Plasma, ſ. Quarz.

Plaſtik (Bildhauerkunſt) wird die erhabene Arbeit im weiteren Sinne genannt; ſie ſteht in der Kunſt im Gegenſatze zur rein maleriſchen Dekoration.

Die Architektur bedient ſich der Plaſtik in verſchiedener Weiſe, und zwar 1. einer ſolchen, die mit der Architektur nur in loſem Zuſammenhange ſteht; dazu gehören alle Statuen, die auf Baluſtraden, Niſchen u. dergl. angebracht ſind. 2. Statuen, die in engerer Verbindung mit der Architektur ſtehen, ſo namentlich Karyatiden, Atlanten und Hermen. 3. Bildwerken, die rein

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

architektoniſche Formen aufweiſen, ſo namentlich Kapitäle, Baſen, Geſimſe u. dergl. 4. Dem ornamentalen Schmuck, aus pflanzlichen, figuralen und andern Elementen beſtehend, welcher beſtimmt iſt, die neutralen Felder, Flächen und auch architektoniſche Formen zu verzieren.

Plaſtilina, zum Modellieren dienende, ſehr formbare und formbar bleibende Maſſe aus Ton mit Glyzerinzuſatz oder aus Ton, Olivenöl und Wachs. *Andés.*

Plaſtiſch, ſ. v. w. körperbildend; **Plaſtizität,** ſ. v. w. Formbarkeit, Bildſamkeit.

Plaſtiſche Maſſen, Kompoſitionen aus verſchiedenen Materialien (Holz, Pappe oder Papier, Leim, Stärke u. ſ. w.) oder aus Abfällen (Meerſchaum, Bernſtein, Knochen u. ſ. w.) mit der Eigenſchaft, ſich in teigigem Zuſtande formen, in Pulver mit oder ohne Erwärmung in Formen preſſen zu laſſen und dergeſtalt die unterſchiedlichſten Gegenſtände für mannigfachen Gebrauch zu liefern.

Als plaſtiſche Maſſen dienen ferner Wachs für ſich allein oder in Miſchung mit Oel und pulverigen Subſtanzen, Guttapercha, Schwefel, Siegellack u. ſ. w., überhaupt Materialien, die unter dem Einfluß der Wärme weich und formbar werden. Die bekannteſten plaſtiſchen Maſſen ſind: 1. Leim-, Gummi-, Harz- und Wachsmaſſen; 2. Papiermaché (erweichtes Papier mit Zuſätzen an Gips, Ton oder Kreide); 3. Kartoffelmehlſtärke- und Kaſeinmaſſen; 4. Holz- und Celluloſemaſſen (Bois durci aus harzreichen Sägeſpänen und Blut; Kunſtholz aus Sägeſpänen mit fehr verſchiedenen Bindemitteln); 5. Chlorzink-, Magneſia- (Steinholz, Xylolith), Schwefel- und Waſſerglasmaſſen; 6. Bernſtein-, Meerſchaum- und Knochenmaſſen. Zu den plaſtiſchen Maſſen gehören auch Celluloid und Galalith (ſ. d.), dann der ſogenannte Trockenſtuck (Holzſtuck) aus Holzmehl, Papier, Kreide und Leim und die Paſten (Kreidepaſte aus Leim, Terpentin und Kreide; Aſchenpaſte aus Holzaſche, Mehlkleiſter und zerfaſertem Papier). Die Induſtrie der plaſtiſchen Maſſen iſt für die Herſtellung zahlloſer Gebrauchs- und Luxusgegenſtände von hoher Bedeutung geworden.

Literatur: Höfer, Fabrikation künſtlicher plaſtiſcher Maſſen, 3. Aufl., Wien 1908. *Andés.*

Plateaus Figuren. Taucht man feine Drahtfiguren, z. B. Polyeder darſtellende Drahtverbindungen, in Seifenlöſung, ſo zeigen ſich nach dem Herausziehen Seifenhäutchen, die zwiſchen den durch die Drähte gebildeten Kanten ausgeſpannt ſind; z. B. ein Würfel zeigt die ſechs Diagonalebenen, von einem inneren konzentriſchen Würfel ausſtrahlend. Als Verſuchsflüſſigkeit werden Gemiſche von Seifenwaſſer und Glyzerin empfohlen. Vgl. [1], [2] und Kapillarität, Minimalfläche.

Literatur: [1] Plateau, Statique expérimentale et théorique des liquides soumis aux seules forces moléculaires, Paris 1873. — [2] Frick-Lehmann, Phyſikal. Technik, 7. Aufl. 1905, Bd. 1, S. 846 ff., Braunſchweig 1905. — Weitere Literatur ſ. Kapillarität. *A. Schmidt.*

Platin (Platina) *Pt*, Edelmetall, Atomgewicht 194,8. Spez. Gew. 21,48. Es wird nur in gediegenem Zuſtande und faſt immer gemengt mit Iridium, Osmium, Rhodium, Ruthenium in aufgeſchwemmten Sandlagern hauptſächlich am Ural gefunden.

Nachdem das Erz ausgewaſchen, wird es unter erhöhtem Druck in Königswaſſer gelöſt. Der dann auf Zuſatz von Ammoniumchlorid ausgefällte Platinſalmiak $[Pt(NH_4)_2Cl_6]$ wird durch Glühen in eine poröſe ſchwammige Maſſe, Platinſchwamm, verwandelt, die in Kalktiegeln durch das Knallgasgebläſe zu Metallklumpen eingeſchmolzen wird. Platin iſt ein bläulichweißes Metall, hat ſtarken Metallglanz, iſt hämmerbar, duktil und ſchweißbar. Schmelzpunkt über 1700°. Geſchmolzenes Platin zeigt wie Silber die Erſcheinung des Spratzens: Aufnahme und Wiederabgabe von Sauerſtoff. Es löſt ſich nur in Königswaſſer; andre Säuren, auch Flußſäure, löſen es nicht, dagegen wird es durch ſchmelzende Alkalien ziemlich ſtark angegriffen. Mit Schwefel, Phosphor, Arſen, Chlor, Brom und Jod verbindet es ſich direkt, mit den meiſten Metallen legiert es ſich leicht, auch Kohlenſtoff und Silicium nimmt es auf. Platin namentlich als Platinſchwamm und in dem noch feineren Zuſtande als Platinmohr (durch Reduktion von Platinchlorid mit organiſchen Subſtanzen erhalten) und als Platinaſbeſt (ſ. d.) beſitzt die Eigenſchaft, Gaſe in erheblichen Mengen zu kondenſieren und dadurch Entzündung von Waſſerſtoff, von Knallgas, ferner Verbindung von Schwefeldioxyd mit Sauerſtoff zu Schwefeltrioxyd u. ſ. w. zu bewirken. Durch Reduktion einer verdünnten Platinchloridlöſung mittels Hydrazinhydrat kann man kolloidales Platin in Form einer dunkelbraunen Flüſſigkeit erhalten. — Platin dient als ſolches, zum Teil auch in Legierung mit Iridium, zur Herſtellung chemiſcher und elektrochemiſcher Geräte, zur Anfertigung von Retorten für die Schwefelſäureinduſtrie, als ſogenanntes Glanzſilber zur Dekorierung von Porzellan, in der Elektrotechnik ſowie zur Befeſtigung der Zähne an künſtlichen Gebiſſen (50% des Geſamtverbrauchs). Jahresproduktion etwa 7000 kg. Der Preis iſt großen Schwankungen unterworfen. Das Kilogramm koſtete 1880 1000 ℳ, 1890 2400 ℳ, 1892 900 ℳ, 1900 2500 ℳ, Anfang 1907 6000 ℳ und Ende 1907 3000 ℳ.

Literatur: Erdmann, Lehrbuch der anorganiſchen Chemie, 4. Aufl., Braunſchweig 1906, S. 719; Prometheus 18 (1907), S. 289. *Rathgen.*

Platinaſbeſt, platinierter Aſbeſt, wird gewonnen, indem man zerfaſerten Aſbeſt in eine Platinchloridlöſung taucht, trocknet, kurz in Salmiaklöſung taucht und nach dem Trocknen glüht. Er wird beſonders bei der Schwefelſäuredarſtellung nach dem Kontaktverfahren verwendet. *Rathgen.*

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Platinchloride. Bei dem Eindampfen der Löfung von Platin in Königswaffer hinterbleiben zerfließliche rotbraune Kriftalle von Platinchlorwafferftoffäure ($PtCl_4$, $2\,HCl + 6\,H_2O$), die man gewöhnlich als Platinchlorid bezeichnet. Die wäfferige Löfung dient als Reagens, da fie mit Kalium, Ammonium, Rubidium und Caefium fchwerlösliche Doppelfalze liefert. Außerdem findet fie mancherlei Verwendung in der Photographie, in der Porzellaninduftrie u. f. w. — Das wafferfreie Platinchlorid ($PtCl_4$) erhält man durch Erhitzen des Platinchlorwafferftoffs im Chorftrom, das Platinchlorür ($PtCl_2$) durch Einwirkung von Chlor auf Platinfchwamm. *Rathgen.*

Platindruck (Platinotypie), von William Willis (1873) erfundenes photographifches Kopierverfahren, welches, in verfchiedener Weife ausführbar, abfolut haltbare, unveränderliche Bilder von großer Schönheit ergibt.

Das lichtempfindliche Reagens beim Platindrucke ift oxalfaures Eifenoxyd (Ferrioxalat). Diefes wird durch Lichtwirkung zu oxalfauerm Eifenoxydul (Ferrooxalat) reduziert, welches Platinfalze (z. B. Kaliumplatinchlorür) zu metallifchem Platin (Platinfchwarz, Platinmohr) nach der Gleichung $6(C_2O_4Fe) + 3(K_2PtCl_4) = 3\,Pt + 2(C_2O_4)_3Fe_2 + Fe_2Cl_6 + 6\,KCl$ zu reduzieren vermag. Die genannte Reduktion ift jedoch zur Gewinnung eines fattfchwarzen Bildes ungenügend, weshalb noch die Anwendung von Alkalioxalaten (z. B. oxalfauerm Kalium) nötig ift. Das entftehende Doppelfalz (z. B. Kaliumferrooxalat) befitzt dann außerordentlich großes Reduktionsvermögen. — Es gibt fogenanntes Auskopierplatinpapier (Pizzighelli), welches bereits in der Präparationsfchicht alle notwendigen Subftanzen (Ferrioxalat, Kaliumplatinchlorür und Natriumoxalat) enthält und durch die Luftfeuchtigkeit oder durch Anhauchen fchon beim Kopieren kräftige Bilder ergibt, welche nur in verdünnter Salzfäure (1 : 80) zu fixieren und fchließlich zu wafchen find. — In der Praxis wird jedoch zumeift der Platindruck mit Entwicklung ausgeführt, wobei durch das Kopieren nur ein fchwaches bräunliches Bild entfteht, das erft durch Uebergießen mit warmer bezw. kalter Löfung von Kaliumoxalat voll hervorgerufen wird. Man unterfcheidet ein Verfahren mit Heißentwicklung und eines mit Kaltentwicklung. Platinpapier, welches in Blechbüchfen unter Chlorcalcium verfchloffen aufbewahrt werden muß, ift gebrauchsfertig im Handel erhältlich. Es kann aber auch ohne große Schwierigkeiten felbft hergeftellt werden, indem man geeignetes Rohpapier zunächft mit einer Gelatinelöfung oder mit Kleifter vorpräpariert (um das Einfinken des Bildes in den Papierfilz zu verhindern) und dann die lichtempfindliche Subftanz (die zur Herftellung diefer erforderliche Löfung von oxalfauerm Eifenoxyd bezieht man am beften als „Normaleifenlöfung" käuflich) im dunkeln Raume beftreicht. Durch Zugabe von Queckfilberchlorid zur Entwicklerlöfung erhält man fepiabraune Töne, ebenfo durch nachträglich erfolgende „Urantonung" (vgl. Tonbäder). Platindrucke zeichnen fich neben ihrer abfoluten Haltbarkeit noch dadurch aus, daß fie große Gleichmäßigkeit der Töne, eine völlig matte Bildfchicht und dadurch den Charakter von Zeichnungs- oder Aquatintablättern befitzen, ferner daß fie leicht mit Waffer-farben übermalt werden können. Dagegen ift das Verfahren wegen der Koftfpieligkeit der Platinfalze fehr teuer.

Literatur: Hübl, Artur Freiherr v., Der Platindruck, 2. Aufl., Halle a. S. 1902; Eder, J. M., Ausführliches Handbuch der Photographie, 4. Teil, 2. Aufl., Halle a. S. 1899; Derf., Rezepte und Tabellen für Photographie und Reproduktionstechnik, 7. Aufl., Halle a. S. 1908; Keßler, H., Lehrbuch der praktifchen Photographie, 6. Aufl., Leipzig 1906. *A. W. Unger.*

Platine (Plattine), Bezeichnung für

1. Beftandteil des Jacquard-Webftuhles, f. Weberei; 2. Beftandteil der Wirkmafchinen, f. Wirkerei; 3. Beftandteil von Uhrwerken, f. Uhr; 4. im Eifenhüttenwefen Halbfabrikat zur Herftellung von Feinblechen: Flacheifenftäbe von 150—250 mm Breite werden auf dem Platinenwalzwerk, deffen Walzen nach Art der Flacheifenwalzen kalibriert find, gewalzt und von diefen die Platinen, deren Länge etwa gleich der Breite des zu erzeugenden Bleches ift, abgefchnitten; 5. weiße Kupfer-Zinklegierung mit 43 Teilen Kupfer und 57 Teilen Zink. *A. Widmaier.*

Platinenbarre, die Tragfchiene der Platinen im Wirkftuhle.

Platinenmafche, jede Mafche der Wirkware, welche unter einer Platine im Wirkftuhle gehangen hat.

Platinenftreifen, Fehlerftellen in Wirkwaren, entftanden durch Platinenmafchen von zu großer Breite.

Platinfeuerzeug (Döbereinerfche Zündmafchine). Diefes von Döbereiner 1823 erfundene Feuerzeug benutzt die Eigenfchaft des Platinfchwamms, aus der Luft fein vielfaches Volum Sauerftoff aufzunehmen und fo fehr lebhafte Verbrennungserfcheinungen zu bewirken, insbefondere Wafferftoffgas zu entzünden.



Am Holz- oder Ebonitdeckel eines 15 cm hohen zylindrifchen Glasgefäßes (f. die Figur), das mit verdünnter Schwefelfäure nicht ganz gefüllt ift, hängt in die Säure eine unten offene Glocke aus Glas und in diefer ein Stück Zink, woran fich Wafferftoff entwickelt. Vom oberen Teil der Glocke führt eine durch Hahn verfchließbare Röhre horizontal umgebogen das aus feiner Oeffnung austretende Wafferftoffgas in eine Hülfe, innerhalb deren ein mit Platinfchwamm bedecktes feines Netz aus Platindraht ausgefpannt ift. Das aus der andern Seite der Hülfe austretende Gas ift zum Flämmchen entzündet. Bei gefchloffenem Hahn füllt fich die Glocke mit Gas, wodurch das Zink außer Berührung mit der Säure kommt. Mit der Zeit hört die

Aktivität des Platinſchwamms auf, ſie kann durch Benetzen mit Salpeterſäure und ſchwaches Ausglühen wiederhergeſtellt werden. Eine Verbeſſerung des Feuerzeugs iſt als Hofmanns Feuerzeug verbreitet. Der Becher iſt durch Hinzufügen von einer Kohleplatte an ſeinem Boden und von Leitungen zu einem galvaniſchen Element vervollſtändigt; ſtatt der Hülſe mit Platinſchwamm dient eine feine Spirale aus Platindraht. Dieſe wird durch den Strom glühend und entzündet in ſicherer Weiſe das Gas. *A. Schmidt.*

Platinkarbide, nicht näher bekannte Verbindungen des Platins mit Kohlenſtoff, welche nur unter dem Einfluſſe ſehr hoher Temperaturen entſtehen.

Platinlegierungen, Vereinigungen des Platins mit andern Metallen, insbeſondere mit Gold, Silber, Kupfer, Palladium und Iridium.

Die Legierungen mit Iridium zeichnen ſich durch Unveränderlichkeit an der Luft und große Härte aus; ſie dienen daher zur Herſtellung von Normalmaßſtäben (90 % Platin, 10 % Iridium). Legierungen mit 20—30 % Iridium ſind ebenfalls noch ſehr hart, dabei aber hämmerbar; von Königswaſſer werden ſie nur ſehr wenig angegriffen. Legierungen des Platins mit Gold, Silber oder Palladium dienen zur Herſtellung künſtlicher Gebiſſe, zu Schmuckwaren (platin au titre). Federplatin beſteht aus 4 Teilen Platin, 3 Teilen Silber und 1 Teil Kupfer und dient zur Herſtellung nichtroſtender Stahlfedern.

Platinmetalle, ſ. Platin, Palladium, Iridium, Osmium, Rhodium, Ruthenium.

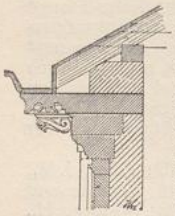
Platinmohr, -ſchwamm, -ſchwarz, ſ. Platin.

Platt, ſ. Leoniſche Waren.

Plattbank (Plattbankhobel), ſ. Hobeln, Bd. 5, S. 68.

Plattdecke, eine flache, nicht durch Felder gegliederte Decke.

Platte, 1. wichtiges Bauglied zu wagerechter Abgrenzung von Bauteilen, entweder a) ſchwach vortretend, als Gurte oder Band zur Trennung von Stockwerken, b) Unterlage eines Pfeilers oder einer Säule (Plinthe, ſ. d.), c) deckendes Glied eines Kapitäls (ſ. Abakus), d) weit ausladend und mit Waſſernaſe verſehen als Hängeplatte (ſ. d., Bd. 4, S. 731).



Als ſolche bildet ſie den Hauptteil eines Bekrönungsgeſimſes und wird durch tragende Unterglieder, wie Zahnſchnitte, Eierſtab, Tragſteine, unterſtützt. Ueber der Platte liegt die Traufe oder die Dachrinne (ſ. d., Bd. 2, S. 508), welche in Form einer krönenden Sima ausgebildet ſein kann. Die weite Ausladung der Platte iſt konſtruktiv ſicherzuſtellen: a) die Platte ſoll auf die ganze Mauerſtärke durchgreifen, b) der eingreifende Teil iſt entweder durch den Fuß des Daches oder durch Aufmauerung zu belaſten oder auch durch eiſerne Verankerung mit der unteren Mauer zu verbinden, c) der vorſtehende Teil der Platten kann durch Kaſſetten (ſ. die Figur) in den Feldern zwiſchen den Tragſteinen in ſeiner Maſſe verringert und dadurch der Schwerpunkt der Platte weiter nach hinten gerückt werden.

2. Flacher, in einer Ebene bearbeiteter, natürlicher oder künſtlicher Stein zu einem Fußbodenbelag (Bodenplatte, Fliefe). Die Bearbeitung der natürlichen Steine iſt eine ſehr verſchiedene, vom einfachen „Flächen“ der plattenartig brechenden Sand- oder Kalkſteine bis zum Schleifen und zur ſpiegelnden Politur der feinſten ſehr harten Steinarten, wie Syenit oder Marmor (ſ. Fußboden aus Stein, Bd. 4, S. 221 f.). — 3. Abplattung in der Füllung der Täferungen oder Zimmertüren. — 4. Obere Holz- oder Steinfläche eines Tiſches. — 5. Flacher Teil der Glockenſcheibe. — 6. Sandbank, Untiefe, vorſpringendes, niedriges Ufer. — 7. Floß, Fähre, flachbordiges Küſtenfahrzeug. *Weinbrenner.*

Platten werden hier hinſichtlich ihrer Feſtigkeit als ebene, freitragende Wandungen beſprochen. Ueber Anker- und Auflagerplatten ſ. Bd. 1, S. 216 u. 355.

Plattenförmige Körper finden ſich an Maſchinenteilen als: ebene Keſſel- und Zylinderböden, Deckel, Kolbenſcheiben, Klappen, Ventilteller, Wände von Schieberkaſten, Schiebern, Dampfkanälen oder als Teile ſolcher Wandflächen zwiſchen den Verſtärkungsrippen. Die grundlegende Theorie von Grashof [1] ſowie die von Winkler ſind in den Lehrbüchern, z. B. [11], entwickelt und weiter ausgebildet. Eine einfache Annäherungsberechnung hat v. Bach [3] in der Weiſe vorgenommen, daß er die Platte wie einen ſymmetriſch belaſteten Träger berechnet für einen Querſchnitt, der ſo durch die Mitte der Platte gelegt wird, daß er mit dem beim Bruch vorausſichtlich entſtehenden Riſſe zuſammenfällt (Fig. 1—4). Nach einer andern Methode [7] betrachtet er ſchmale Streifen, die quer durch die Platte gehen. Seine Verſuche [3]—[6] und [8] geben im allgemeinen einen Anhalt für die Richtigkeit der theoretiſchen Berechnungen und bieten Koeffizienten für einzelne Fälle. Infolge der Wölbung ebener Platten unter der Preſſung vermindert ſich die Biegungsſpannung zugunſten einer mäßigen Zugſpannung, ſo daß bei hoher Beanſpruchung beſonders für dünne, zähe Platten (aus Flußeiſen) die Biegungsſpannung verhältnismäßig geringer erſcheint, als der Anſtrengung der ebenen Platte bei mäßiger Preſſung entſprechen ſollte.

Die im folgenden zuſammengefaßten Angaben gelten für Platten von der Stärke h mit

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

kreisrunder Form (Fig. 1) vom Radius r; elliptiſche Platten (Fig. 2) mit den Halbachſen a und b und dem Längenverhältnis $\alpha = a/b$ oder dem Breitenverhältnis $\beta = b/a = 1/\alpha$; für quadratiſche Platten (Fig. 3) mit der Seitenlänge e; rechteckige (Fig. 4) mit der Länge l und der Breite e mit $\alpha = l/e$ und $\beta = e/l = 1/\alpha$; ſowie für beliebig lange Streifen von der Breite e — alle Maße in Zentimetern —, ſowohl für gleichmäßig verteilten (Flüſſigkeits-)Druck von p Atmoſphären Ueberdruck, als auch für eine auf die Mitte der Platte in einer Kreisfläche vom Radius r_0 drückende Kraft von P kg. Anzugeben iſt die größte Biegungsſpannung s und die Durchbiegung f.

Am Rande feſt eingeſpannte Platten unter p Atmoſphären Ueberdruck erleiden allgemein die Beanſpruchung $s = k \cdot Q/h^2$. An runden Platten mit $Q = \pi r^2 p$ wirkt die größte Spannung $s = 0{,}22 \cdot Q/h^2$ (alſo mit $k = 0{,}22$) radial am äußeren Umfang [1]. Anderwärts [10] wird der Wert von k angegeben zu 0,25 für Gußeiſen und 0,16 für Flußeiſen, wachſend bis 0,38 bezw. 0,24, je nachdem die Befeſtigung des Randes von feſter Einſpannung bis zur loſen Stützung übergeht. Für elliptiſche Platten mit $Q = \pi a b p$ iſt nach [3] der Wert $k = (0{,}44 \text{ bis } 0{,}64)/(\alpha + \beta)$; nach [11] etwas größer $k = 0{,}64\,\beta\,(1{,}5 - \beta)$ mit einem Höchſtwert für $\beta = 3/4$ oder $\alpha = 4/3$,

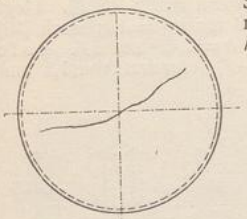


Fig. 1.

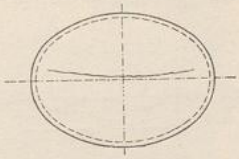


Fig. 2.

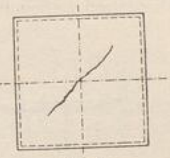


Fig. 3.

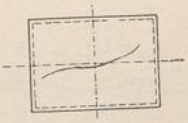


Fig. 4.

wobei die Beanſpruchung 1,12 mal ſo groß wird wie bei einer gleichgroßen kreisrunden Platte. Die quadratiſche Platte mit $Q = e^2 p$ hat $k = 0{,}25$ oder 0,20. Für die rechteckige Platte mit $Q = e\,l\,p$ ergibt ſich die größte Spannung an den Enden der kürzeren Mittellinie des Rechtecks und berechnet ſich [1] mit $k = 0{,}50\,\alpha/(\alpha^2 + \beta^2)$; hiernach werden Platten mit dem Längenverhältnis 1 bis 1,8 höher beanſprucht als gleichgroße quadratiſche Platten, und zwar bis 1,14fach bei dem Längenverhältnis 4 : 3, wie ſolche an Schieberkaſten, Dampfkanälen u. ſ. w. ſehr oft vorkommen. Nach andern Angaben iſt $k = (0{,}40 \text{ bis } 0{,}50)/(\alpha + \beta)$ im ganzen geringer und ohne jene Steigerung der Spannung. Lange Streifen zeigen an den Rändern die größte Spannung $s = 0{,}50\,e^2\,p/h^2$ oder auch $s = (0{,}44 \text{ bis } 0{,}75)\,e^2\,p/h^2$.

Eine quadratiſche, in den Eckpunkten feſtgehaltene Platte, z. B. ein Feld der Feuerbüchswand zwiſchen vier Stehbolzen, erfährt mit $k = 0{,}23$ die höchſte Spannung in der Mitte. Die für dieſen Fall angeſtellten Verſuche [5] ergaben für eingeſchraubte und vernietete Stehbolzen von der Schraubenſtärke d (Fig. 5) $k = 0{,}28/(1 - 0{,}7\,d/e)$, z. B. $k = 0{,}33$ für $d/e = 1/4{,}5$; für eingeſchraubte und beiderſeits mit Muttern auf Unterlagſcheiben befeſtigte Stehbolzen (Fig. 6) nur $(1 - 1{,}8\,d/e)$ mal ſo viel oder $k = 0{,}20$ für $d/e = 1/4{,}5$; und $k = 0{,}25\,(1 - 0{,}9\,D/e)$, wenn die Platte mit einer faſt gleichſtarken runden Scheibe an jedem Stehbolzen im Lochkreiſe D vernietet iſt (Fig. 7).

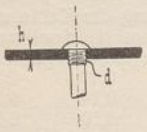


Fig. 5.

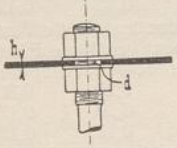


Fig. 6.

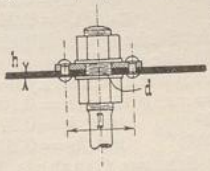


Fig. 7.

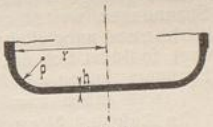


Fig. 8.

Ebene runde Platten mit Bordrand (Fig. 8) erleiden, nach [6] näherungsweiſe, die Beanſpruchung $s = (1 - \varrho/r)\,k\,Q/h^2$ mit $k = 0{,}25$ für Gußeiſen und 0,12—0,16 für Flußeiſen. Hierzu kommt noch eine Zugſpannung $\varrho\,p/2\,h$, die nur bei großer Abrundung merklich hervortritt und für halbkugelförmig gewölbte Zylinderböden, bei denen $\varrho = r$ und $s = 0$ iſt, allein übrigbleibt, entſprechend $Q/2\,\pi\,r\,h$.

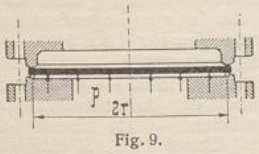


Fig. 9.

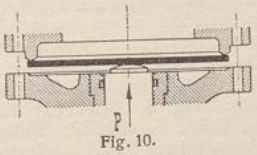


Fig. 10.

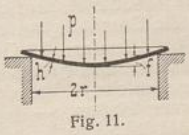


Fig. 11.

Am Rande loſe aufliegende Platten (Fig. 11), z. B. ebene Ventilteller, erfahren durch Flüſſigkeitsdruck die ſtärkſte Anſtrengung in der Mitte, und zwar 1,3—1,6 mal ſoviel wie die am Rande eingeſpannten Platten; z. B. mit $k = 0{,}28 - 0{,}36$ ſtatt 0,22.

Bei der Verſuchseinrichtung v. Bachs [3] nach Fig. 9 war die Platte von unten durch Flüſſigkeit belaſtet und am Rande durch einen Kupferdraht abgedichtet; von oben wurde der Rand mit einer 2,5 mm breiten Anlage ringsum angedrückt, ebenſo wie in Fig. 10 bei der Belaſtung mit einer Einzelkraft in der Mitte. — Vergleichsweiſe hat man für einen gleichmäßig

belafteten Träger mit feft eingefpannten Enden das größte Moment $Q\,l/12$ an den Enden, bei freier Stützung $Q\,l/8$ in der Mitte, alfo 1,5mal fo viel; bei nachgiebiger Einfpannung der Enden werden im günftigften Falle die Momente an jenen beiden Stellen gleich groß, und zwar nur $Q\,l/16$, alfo $^3/_4$ bezw. $^1/_2$mal fo groß wie die vorigen. Hiernach läßt fich der Einfluß der Randbefeftigung an Platten in manchen Fällen abfchätzen [7].

Ebene Wandungen von Dampfkeffeln und Dampfgefäßen von Flußeifen berechnet v Bach [7], indem er ftatt der Biegungsfpannung die Zugfpannung mit einem Faktor $n\,(1+\beta^2)$ einführt und $n=4/3$ für rechteckige und $^7/_4$ für elliptifche Platten fetzt. Danach findet fich für alle Formen Fig. 1—4 die Zugfpannung $\sigma=0{,}38\,Q/h^2\,(\alpha+\beta)$ bei dem vorftehend günftigften Falle der Randbefeftigung.

Wenn die Platte durch eine Einzelkraft von P kg in der Mitte auf einer Kreisfläche vom Radius r_0 belaftet wird, kann man wieder die größte Spannung $s=k\,P/h^2$ fetzen. Für eine runde Platte mit feft eingefpanntem Rande (Fig. 12) gilt $k=0{,}43$ am äußeren Rande, und in der Mitte $k_0=\log(r/r_0)$; diefer letzte Wert ift der größere, wenn $r/r_0>2{,}7$ ift. Liegt der Rand lofe auf, fo ift $k=0{,}334+\log(r/r_0)$ zu fetzen, z. B. 1,33 für $r/r_0=10$; nach [10] wäre etwa $k=1{,}5-r_0/r$; aus Verfuchen [3] mit Fig. 10 ergab fich $k=1{,}47$ und 1,6. Lofe aufliegende elliptifche Platten haben näherungsweife $k=0{,}8\,\beta\,(3-\beta)$; quadratifche 1,5 und rechteckige $3/(\alpha+\beta)$.

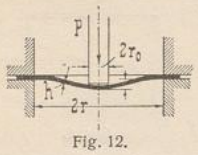


Fig. 12.

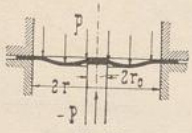


Fig. 13.

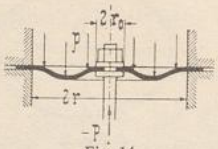


Fig. 14.

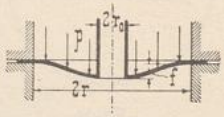


Fig. 15.

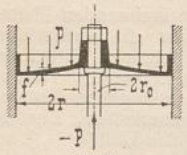


Fig. 16.

Als befondere Fälle find kreisrunde Platten mit feft eingefpanntem Rande unter Flüffigkeitsdruck mit Stützung der Mitte in einem Kreife vom Radius r_0 in [1] behandelt. Unter der Gefamtbelaftung $Q=\pi r^2 p$ beträgt, wenn die Plattenmitte lofe in der Ebene des Randes geftützt wird, der Auflagerdruck $^1/_4\,Q$. Im Fall Fig. 13 wirkt die größte Spannung $s=k\,Q/h^2$ mit $k=0{,}11$ radial am äußeren Rande, wenn $r_0/r>0{,}138$ ift, andernfalls tangential im Radius r_0, wo $k_0=0{,}11\,(ln\,[r/r_0]-1)$ gilt, wobei $ln\,(r/r_0)=2{,}3\log(r/r_0)$ ift. Für $r_0/r=0{,}01$ ift z. B. $k=0{,}40$; für 0,05 wird $k=0{,}22$ wie bei der Platte ohne Mittelftütze; für 0,10 ift $k=0{,}14$ und für 0,138 bis 1 gilt $k=0{,}11$. Wenn aber die Plattenmitte feft eingefpannt ift (Fig. 14), ergibt fich mit $Q=\pi r^2 p$ für $r_0/r=$ 0,10 0,20 0,30 0,40 0,50

die Spannung außen	$s=k\,Q/h^2$	mit $k=$	0,10	0,08	0,06	0,05	0,03
innen	$s=k_0\,Q/h^2$	mit $k_0=$	0,25	0,15	0,10	0,07	0,04
die Stützkraft P gegen Q		zu $P/Q=$	0,29	0,35	0,42	0,48	0,54.

Eine geringe Hebung oder Senkung der Mittelftütze ändert die Verteilung der Kräfte und der Spannungen wefentlich. Ift die im Radius r_0 eben gehaltene Plattenmitte frei verfchiebbar und unbelaftet (Fig. 15) wie an einem Zylinderdeckel mit Stopfbüchfe (ohne Stopfbüchsreibung), fo findet fich mit $Q=\pi r^2 p$ für $r_0/r=$ 0,10 0,20 0,30 0,40 0,50

die Spannung außen	$s=k\,Q/h^2$	mit $k=$	0,21	0,20	0,17	0,14	0,11
innen	$s=k_0\,Q/h^2$	mit $k_0=$	0,20	0,17	0,13	0,10	0,07.

Im Anfchluß hieran läßt fich aus Grashofs Theorie eine ebene Kolbenfcheibe berechnen (Fig. 16), die in der Mitte bis zum Radius r_0 eingefpannt ift und mit der Kraft $P=Q$ getragen wird, am äußeren Rande aber verfchiebbar ift und durch einen Bordrand eben gehalten wird [9]. Man erhält mit $Q=\pi r^2 p$ für $r_0/r=$ 0,10 0,20 0,30 0,40 0,50

die Spannung außen	$s=k\,Q/h^2$	mit $k=$	0,20	0,17	0,13	0,10	0,07
innen	$s=k_0\,Q/h^2$	mit $k_0=$	1,37	0,82	0,52	0,33	0,21.

Ueber Verfuche mit Kolben und Scheiben berichtet v. Bach in [8] unter dem Vorbehalt der rechnungsmäßigen Verwertung der Ergebniffe.

Die **Durchbiegung** ebener Platten erreicht f cm, und zwar ift bei feftem Einfpannung des Randes für kreisrunde Platten $f=p\,r^4/6\,E\,h^3$, bezw. $f=P\,r^2/4{,}5\,E\,h^3$; für quadratifche $f=p\,e^4/64\,E\,h^3$, für rechteckige $f=p\,e^2\,l^2/32\,E\,h^3\,(\alpha^2+\beta^2)$, für Streifen von großer Länge $f=p\,e^4/32\,E\,h^3$, für Felder zwifchen Stehbolzen $f=p\,e^4/36\,E\,h^3$. Bei lofe aufliegendem Rande ift die Durchbiegung einer kreisrunden Platte $f=0{,}7\,p\,r^4/E\,h^3$, bezw. $f=P\,r^2/1{,}8\,E\,h^3$.

Literatur: [1] Grashof, Theorie der Elaftizität und Feftigkeit, Berlin 1878. — [2] v. Bach, Elaftizität und Feftigkeit, Stuttgart 1905, und Mafch.-Elemente, Stuttgart 1908. — [3] Derf., in der Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1890, S. 1041/1144: Verfuche über die Widerftandsfähigkeit ebener Platten. — [4] Ebend. 1893, S. 489/530: Waffer kammerplatten. — [5] Ebend. 1894, S. 341/381: Durch Stehbolzen unterftützte Keffelwandungen. — [6] Ebend. 1897, S. 1157/1226: Unterfuchung flacher Böden. — [7] Ebend. 1906, S. 1940/1944: Widerftandsfähigkeit ebener Wandungen. — [8] Ebend., Forfchungsarbeiten, Heft 31, Berlin 1906: Verfuche an Scheibenkolben. — [9] Reymann, Feftigkeit und Reibung der Dampfkolben, Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1896, S. 85/125, f. a. Bd. 2, S. 590. — [10] Tafchenbuch der Hütte, Berlin 1905, S. 454 ff., nach Vorft. bearbeitet. — [11] Föppl, Techn. Mechanik, Bd. 3, Feftigkeitslehre, Leipzig 1900. — [12] Forchheimer, Die Berechnung ebener und gekrümmter Behälterböden, Zeitfchr. f. Bauwefen 1894, S. 450.

Lindner.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Platten, photographiſche, ſ. Bromſilbergelatine, Bromſilberkollodium, Chlorſilbergelatine, Emulſion, Gelatineemulſionen, Kollodium, Orthochromaſie und Photographie. *J. M. Eder.*

Plattenabwicklung der Außenhaut eines eiſernen Schiffes, die Abwicklung der einzelnen Gänge derſelben, die den Verlauf der einzelnen Plattengänge ſowie die Anordnung der Plattenſtöße und -nähte und etwaige Doppelungen erkennen läßt (ſ. a. Schiffbau). *T. Schwarz.*

Plattenbiegemaſchinen dienen im Unterſchied von den Blechbiegemaſchinen (ſ. Biegemaſchinen, Bd. 1, S. 782) zum Biegen dickerer Bleche, wie Keſſelbleche, Panzerplatten u. ſ. w. Dieſe Maſchinen arbeiten entweder a) als Preſſen mit Stempeln oder b) mit Walzen.

a) **Biegepreſſen.** Der Vorgang beim Biegen beſteht darin, daß die zu biegende Platte zwiſchen zwei auf der einen Plattenſeite und einem in der Mitte zwiſchen dieſen auf der andern Plattenſeite befindlichen Auflagerbalken dem Preßdruck ausgeſetzt wird.

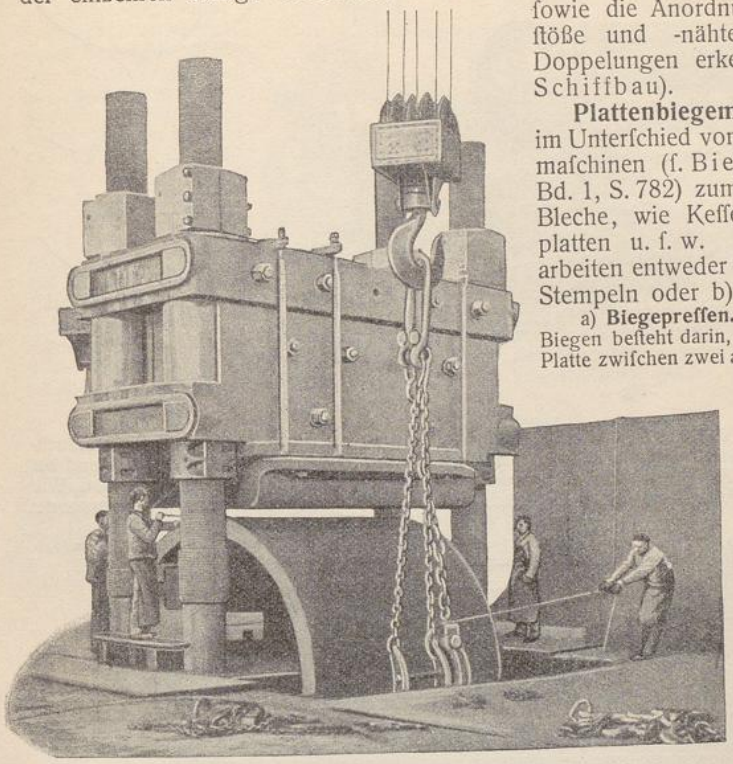


Fig. 1.

Fig. 1 zeigt eine Panzerplattenbiegepreſſe der Kruppſchen Werkſtätten für maximal 7000 t Preßdruck bei 550 Atmoſphären Waſſerdruck. Der Preßſtempel bewegt ſich beim Preſſen von unten nach oben. Der Betrieb erfolgt durch dampfhydrauliſche Drucküberſetzer (vgl. a. Preſſen, hydrauliſche, Schmiedepreſſen).

Fig. 2 ſtellt eine vertikale hydrauliſche Plattenbiegemaſchine (Breuer, Schumacher & Co. in Kalk bei Cöln) dar. Sie iſt für Bleche bis 4 m Breite und 50 mm Stärke beſtimmt. Sie beſteht aus einem geſchloſſenen Rahmen *a b c d*, innerhalb deſſen der Stempel *e* durch das mit Rollen verſehene und hydrauliſch (Zylinder *f*) betätigte Geſtänge *g* infolge der geneigt angeordneten Bahnen *h h* verſchoben wird. Zum Zurückziehen des Preßſtempels dient der Rückzugszylinder *i*. Um geſchloſſene Ringe entfernen zu können, kann das Rahmenſtück *k* hydrauliſch nach oben gedreht werden. Iſt der Raum oberhalb der Preſſe beſchränkt, ſo wird die Konſtruktion derart getroffen, daß das den Ring umſchließende Rahmenſtück aus ſeinem Verband gelöſt und in eine Grube verſenkt werden kann. Der Vorſchub des Blechs erfolgt automatiſch. Dieſe vertikalen Biegemaſchinen haben den Vorteil, daß die Handhabung der Bleche eine leichtere iſt, daß das Biegen auch des Randes erfolgen kann und daß auch die ſtärkſten Bleche in kaltem Zuſtande gebogen werden können.

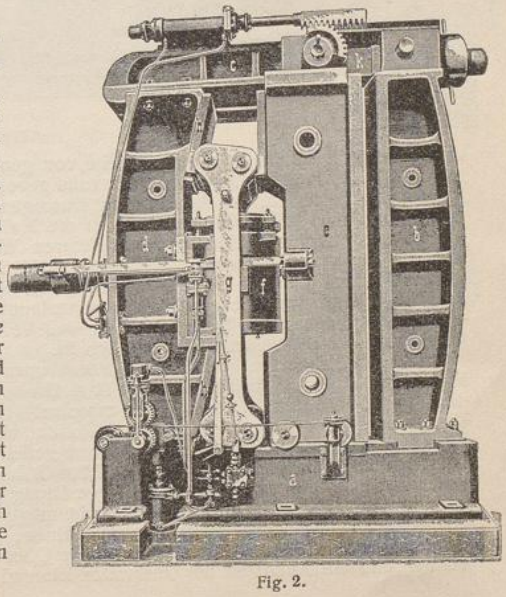


Fig. 2.

b) **Biegemaſchinen mit Walzen.** Dieſe Maſchinen beſitzen entweder drei Biegewalzen nach Fig. 3 oder vier nach Fig. 4. Bei der Anordnung nach Fig. 3 ruht die Walze *A* loſe in ihren Lagern und iſt gegen die beiden Walzen *B B*, welche angetrieben werden, verſtellbar; bei der Anordnung Fig. 4 wird das Werkſtück zwiſchen die feſtgelagerte Walze *A* und die verſtellbare Walze *B* eingeklemmt, die beide angetrieben ſind, während die Walzen *C C* loſe in ihren Lagern

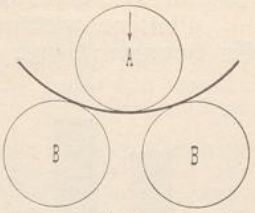
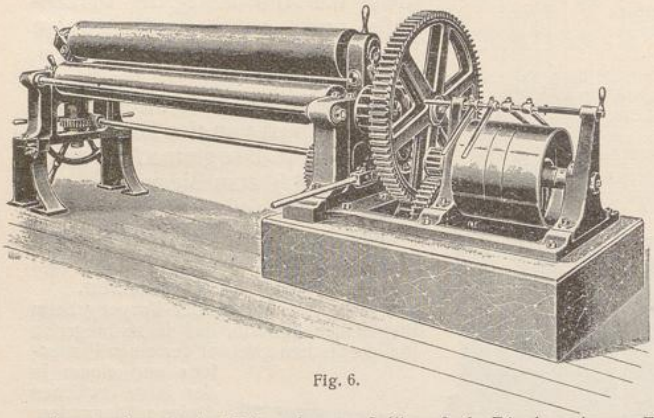


Fig. 3.


Fig. 6.

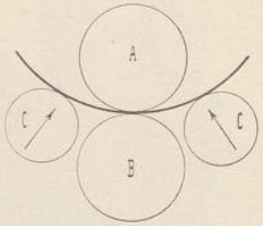


Fig. 4.

ruhen und nach der Walze *A* zu verſtellbar ſind. Die Anordnung Fig. 4 iſt die weniger gebräuchliche; ſie hat den Vorteil, daß ſie auch das Rundbiegen der Blechenden geſtattet, während bei den Maſchinen nach Fig. 3 ein mehr oder weniger breiter ungebogener Streifen verbleibt. Will man auch bei der Anordnung Fig. 3 die Enden der Platten gebogen erhalten, ſo verwendet

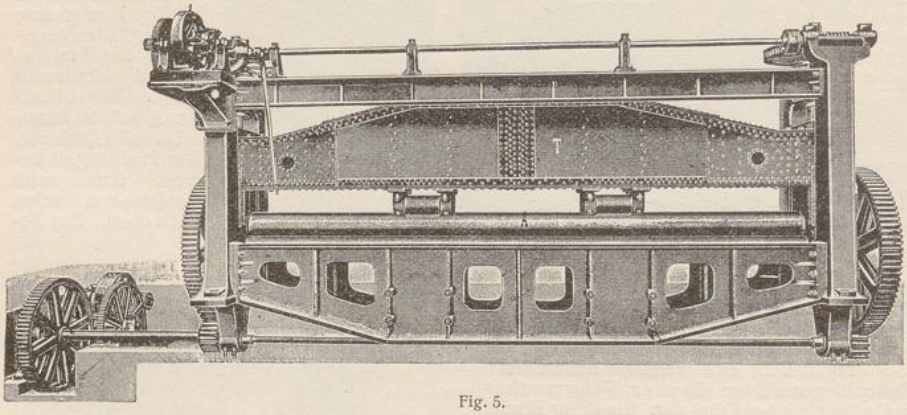


Fig. 5.

man vorrätig gehaltene gebogene Bleche von genügender Breite, die man in die Maſchine einlegt und in denen die Enden der Bleche rund gebogen werden. — Zur Erzielung der gewünſchten Rundung iſt eine größere Anzahl von Durchgängen des Arbeitsſtücks zwiſchen den Walzen notwendig; aus dieſem Grunde beſitzen die Maſchinen Umkehrgetriebe (Wendegetriebe). Die die Durchbiegung bewirkenden, verſtellbaren Walzen (*A* Fig. 3, *C C* Fig. 4) werden hierbei während der verſchiedenen Durchgänge allmählich ſo lange nachgeſtellt, bis die gewünſchte Rundung erzielt iſt. Die Maſchinen ſind in der Regel derart eingerichtet, daß ſie geſchloſſene Ringe (Schüſſe) herzuſtellen geſtatten; dies verlangt, daß keine Geſtellteile u. ſ. w. die Herſtellung des geſchloſſenen Rings behindern und daß Vorkehrungen getroffen werden, daß eine Entfernung des geſchloſſenen Rings möglich iſt.

Fig. 5 ſtellt eine horizontale Plattenbiegemaſchine (Breuer, Schumacher & Co. in Kalk bei Cöln) für Schiffsbleche bis 11 m Breite und 40 mm Stärke mit elektriſchem Antrieb dar. Die Oberwalze *A*, deren Dicke zweckmäßigerweiſe gering gehalten wird, ſtützt ſich zur Verhinderung der Durchbiegung gegen Rollen, die an dem Verbindungsträger *T* gelagert ſind. Für die Verſtellung iſt ein auf die Maſchine geſtellter, beſonderer Motor vorhanden; eine Kupplung in der die Bewegung nach der rechten Geſtellſeite übertragenden Welle geſtattet die Oberwalze zwecks Herſtellung koniſcher Ringe ſchräg einzuſtellen. Infolge der über der Oberwalze befindlichen Geſtellteile u. ſ. w. iſt es nicht möglich, geſchloſſene Ringe herzuſtellen.

Fig. 6—10 zeigen Plattenbiegemaſchinen, welche auch die Herſtellung geſchloſſener Schüſſe geſtatten. Die zur Verſtellung der Oberwalze dienende Welle iſt deshalb nach unten verlegt, und ein Abſtützen der Oberwalze kann nicht mehr ſtattfinden. — Um den geſchloſſenen

Schuß abziehen zu können, iſt bei der Maſchine Fig. 6 (Breuer, Schumacher & Co. in Kalk bei Cöln) das linke Oberwalzenlager umklappbar geſtaltet. Das Gewicht der Oberwalze erſchwert indeſſen das Herausziehen des Schuſſes, und es iſt deshalb bei den Biegemaſchinen Fig. 7 und 8 (Dampfkeſſel- und Gaſometerfabrik A.-G. vorm. A. Wilke & Co. in Braunſchweig) die Oberwalze mit einer Verlängerung (Kippſchwanz) verſehen, deren Ende ſich gegen ein durch Zugſtangen mit dem Geſtell verbundenes, verſtellbares Lager ſtützt, ſo daß die Oberwalze leicht ſchräg geſtellt werden kann. Die gleiche Einrichtung hat auch die Maſchine Fig. 9 (Breuer, Schumacher & Co. in Kalk bei Cöln). Beim Abziehen geſchloſſener Schüſſe wird bei Fig. 7 das Endlager der Oberwalze umgeklappt, das zur leichteren Handhabung durch Gegengewichte ausbalanciert iſt, bei Fig. 8 und 9 iſt das Endlager der Oberwalze in einem beſonderen Ständer gelagert, der bei Fig. 8 zunächſt ſeitwärts mit Hilfe von Schraubenſpindel und -mutter geſchoben

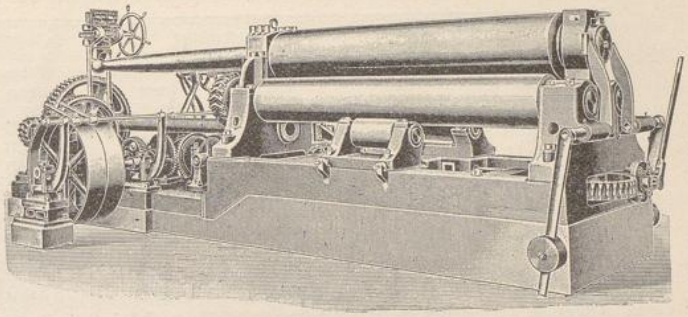


Fig. 7.

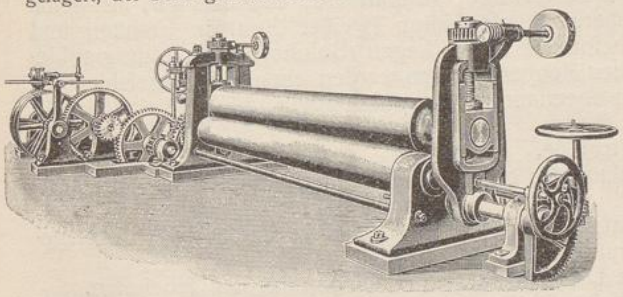


Fig. 8.

und dann mittels Schnecke und Schneckenradſegments um die Achſe des letzteren gekippt wird, während bei Fig. 9 der Ständer für die Oberwalze um eine unten liegende Drehachſe umgelegt wird.

Die Verſtellung der Oberwalze geſchieht mit Hilfe von Schraubenſpindeln und feſtgelagerten drehbaren Muttern, die in feſter Verbindung mit einem Schneckenrad ſtehen. Dieſe Muttern und Schraubenſpindeln befinden ſich bei Fig. 6 und 7 unterhalb, bei der Fig. 8 und 9 oberhalb der Lager der Oberwalze.

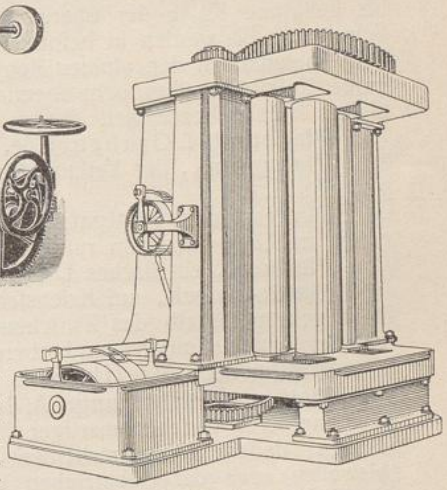


Fig. 10.

Fig. 10 zeigt eine vertikale Plattenbiegemaſchine (Fr. Mönkemöller & Cie. in Bonn). Sie beſitzt

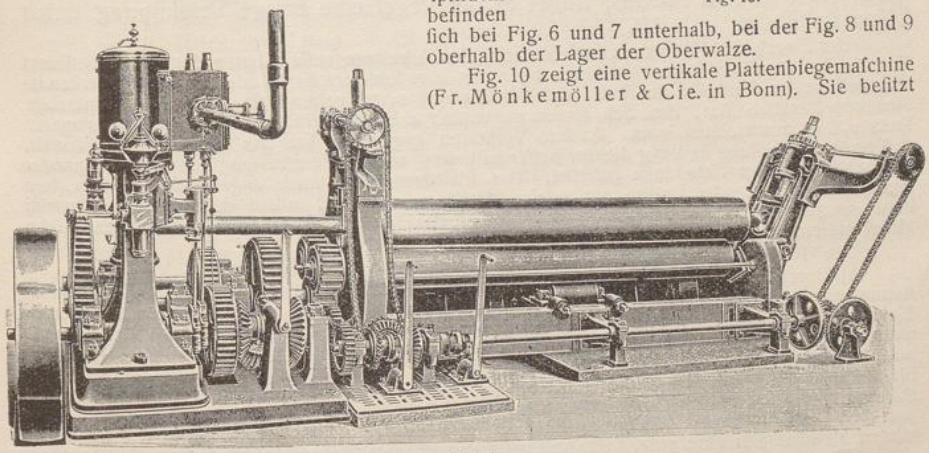


Fig. 9.

den Vorteil leichterer Handhabung der zu biegenden Platten. — Um einen geschlossenen Schuß aus der Maschine entfernen zu können, wird die innerhalb des Schusses befindliche Walze mittels eines Krans nach oben gezogen [1].

Die gebräuchlichsten Abmessungen dieser Biegemaschinen gehen aus folgender Tabelle (Dampfkessel- und Gasometerfabrik A.-G. vorm. A. Wilke & Co. in Braunschweig) hervor.

Größte Stärke der kalt zu biegenden Bleche	Größte Breite der kalt zu biegenden Bleche	Durchmesser der Oberwalze	Durchmesser der Unterwalze	Ballenlänge der Walzen	Kraftbedarf
mm	mm	mm	mm	mm	ca. PS.
20	2750	330	275	2800	8
10	4500	330	275	4550	10
20	3000	350	300	3050	12
25	3000	420	340	3050	15
25	3500	450	350	3550	18
15	5000	420	340	5050	20
30	3000	450	380	3050	25
30	4000	525	420	4050	30
30	5000	550	450	5100	40

Literatur: [1] Fischer, H., Die Werkzeugmaschinen, Bd. 1, 2. Aufl., Berlin 1905. *A. Widmaier.*

Plattendrücker, s. Nieten, Bd. 6, S. 618.

Plattengang, ein durchlaufender Plattenstreifen der stählernen Außenhaut eines Schiffes.

Plattenkalk, dünn- bis dickplattige, gutspaltbare, ebenflächige, hellgelbe bis hellgraue Kalke der oberen Juraformation (weißer Jura) in Franken und Schwaben. Sie werden in besonders feinen Lagen (Solnhofen) als Lithographiesteine benutzt. In den alpinen Keuperschichten werden ebenfalls gutgeschichtete, graue Kalksteine über dem sogenannten Hauptdolomit und Dachsteinkalk mit diesem Namen bezeichnet. *Leppla.*

Plattenriß, s. Grubenrisse.

Plattenstrak, der Verlauf der oberen und unteren Kante eines Plattenganges (s. d.).

Plattes Heck, Plattgat, Schiffsheck mit flacher Hinterfläche, Spiegel genannt, im Gegensatz zum runden Heck (Rundgat).

Plattform, ein flaches Dach; auch s. v. w. Gichtbühne am Hochofen.

Plattformdeck, auf Kriegsschiffen, meist nichtdurchlaufendes Deck ohne Deckbucht unterhalb des Zwischendecks. Bei mehreren Plattformdecks unterscheidet man ein unteres und oberes. *T. Schwarz.*

Platthacke, s. Breithaue.

Plattieren, Plattierung. A. In der Metallindustrie das Vereinigen zweier oder mehrerer verschiedenartiger Metalle zu einem fest aneinander haftenden Ganzen, dessen Weiterverarbeitung ohne Gefahr der Trennung erfolgen kann (bisweilen auch das Ueberziehen von Metallgegenständen mit einem dünnen Blech eines andern Metalls, wobei in der Regel eine innige Vereinigung durch Löten stattfindet; vgl. [1]).

Der Zweck des Plattierens besteht darin, den Arbeitsgegenstand entweder als aus besserem Material bestehend erscheinen zu lassen oder ihm eine schönere Farbe oder größere Widerstandsfähigkeit gegen Einflüsse der Luft, des Wassers u. s. w. zu geben, als sie das als Unterlage dienende Metall besitzt, das sich jenem gegenüber z. B. durch höhere Festigkeit, geringeren Preis u. s. w. auszeichnen kann. Andern Verfahren gegenüber hat das Plattieren den Vorteil, daß es die Herstellung beliebig dicker, besser haltbarer, bei der Verarbeitung sich nicht trennender oder abbröckelnder Ueberzüge gestattet. Das Plattieren kann auch angewendet werden, um sehr dünne Bleche oder Drähte aus edelm Metall zu erhalten, indem das plattierte Material dünn ausgewalzt bezw. ausgezogen und hierauf das (unedle) Plattiermetall durch chemische Mittel entfernt wird.

Die **Herstellung plattierter Bleche** kann auf folgende Weise erfolgen:

a) Durch Aufgießen des einen flüssig gemachten Metalls auf das andre und darauffolgendes Auswalzen. In dieser Weise kann z. B. Zinn mit Bleiblech plattiert werden. Die reingeschabte Bleiplatte wird mit geschmolzenem Zinn und etwas Kolophonium angerieben, das Zinn in entsprechender Schicht aufgegossen, hierauf das Ganze ausgewalzt. Wegen der ungleichen Streckung beider Metalle plattiert man besser das Blei auf beiden Seiten mit Zinn, indem die reingeschabte Bleiplatte in einer eisernen Gußform, in der sie durch Zinnstücke gleich weit von den Wänden abstehend gehalten und mit Zinn umgossen wird;

b) Durch einfaches Zusammenpressen der miteinander zu plattierenden, in der Regel erhitzten Metalle. Für eine gute, haltbare Plattierung ist metallische Reinheit der zu plattierenden

Metalle notwendig. Zinn und Blei plattieren ſich ſchon bei gewöhnlicher Temperatur, Zink und Blei bei mäßiger Erwärmung. Die Edelmetalle (Gold, Silber, Platin u. ſ. w.) werden mit andern Metallen und Legierungen dadurch plattiert, daß die metalliſch rein geſchabten Platten mit Knoblauch beſtrichen, mit einem Schutzblech umwickelt, in einem Muffelofen auf Rotglut erhitzt und hierauf in einer hydrauliſchen Preſſe einem ſtarken Druck unterworfen werden, worauf das Auswalzen erfolgt;

c) Durch Erzeugung einer dünnen Schicht des einen Metalls auf einer Platte des andern und darauffolgendes Zuſammenpreſſen der zu vereinigenden Metallplatten. Dieſe dünne Schicht kann entweder auf chemiſchem oder auf mechaniſchem Weg (durch Aufreiben oder Aufpreſſen) aufgebracht werden. — So wird bei der Gold-Kupfer-Plattierung die Kupferplatte mit einer geſättigten Löſung von Gold in Königswaſſer, bei der Platin-Kupfer-Plattierung mit einer Löſung von Platin in Königswaſſer, bei der Silber-Kupfer-Plattierung mit einer ſtarken Auflöſung ſalpeterſauern Silbers aufgebracht.

Bei dem Aluminiumplattierverfahren von Wachwitz [6], [8] wird das Kupfer zunächſt auf mechaniſchem Wege mit einer äußerſt dünnen, dichtanliegenden Schicht Aluminium belegt und hierauf geglüht, wobei eine ſehr ſchwach aluminiumhaltige Kupferlegierung entſteht, welche ein Verſchweißen mit Aluminium geſtattet. Eiſen und Stahl können in gleicher Weiſe mit Aluminium plattiert werden (vgl. a. d);

d) Durch Aufbringen einer dünnen Schicht eines von den zu plattierenden Metallen verſchiedenen Metalls zwiſchen jene. Dieſes Verfahren wird bei einzelnen Metallen angewendet, die ſich nicht nach einem der angegebenen andern Verfahren plattieren laſſen. So gelingt z. B. die Plattierung des Aluminiums mit Nickel, wenn man das Aluminium zuerſt mit Kupfer plattiert [2]. Auch nach dem unter c) angegebenen Wachwitzſchen Verfahren können zwei Metalle, z. B. Zink und Kupfer, miteinander plattiert werden [6]. — Nach D.R.P. Nr. 166823 (Wachwitz) dient ein beiderſeits mit Aluminium überzogenes Kupferblech als Zwiſchenlage der beiden Metalle, z. B. Meſſing und Stahl; es erfolgt zunächſt in einem Muffelofen ein Erhitzen bis zur Schweißtemperatur des Aluminiums mit nachfolgendem Walzen oder Preſſen und hierauf eine Erhitzung, z. B. bis zu der Temperatur, bei der im vorliegenden Fall Meſſing nahezu ſchmilzt;

e) Durch Schweißen. Bei der Plattierung von Nickel- mit Eiſen- oder Stahlblech werden beide Metalle erſt durch Schaben und Schleifen gereinigt, mit Boraxwaſſer beſtrichen, ſchweißwarm gemacht und ſehr ſchnell durch Hämmern oder Walzen miteinander verſchweißt [7];

f) Galvaniſches Plattieren ſ. Galvanotechnik, Bd. 4, S. 250.

B. In der Glasinduſtrie bezeichnet Plattieren das Ueberziehen einer Glasſchicht mit einer andersfarbigen. Der an die Pfeife genommene Klumpen farbloſen Kriſtallglaſes wird in ein farbiges (beſonders rotes) Glas eingetaucht und mit dem Ueberzuge in gewöhnlicher Weiſe zu einem Gefäße ausgebildet. Das farbige Glas (Ueberfangglas, ſ. a. Glasmalereitechnik, Bd. 4, S. 554) bildet eine dünne Schicht am Gefäße; wird ſie an einzelnen Stellen weggeſchliffen, ſo tritt die farbloſe Unterlage zum Vorſchein. Wird erſt farbiges Glas, darüber farbloſes und endlich wieder farbiges Glas an die Pfeife genommen, ſo werden auf beiden Seiten plattierte oder überfangene Gegenſtände erzeugt, die durch entſprechendes Wegſchleifen gewiſſer Stellen hübſche Farbenwirkungen zeigen.

C. In der Textilinduſtrie bezeichnet Plattieren 1. eine beſondere Art der Maſchenbildung beim Wirken (ſ. Wirkerei); 2. das Umſpinnen von Bändern mit Fäden, Drähten, Papier u. ſ. w.

Literatur: [1] Karmarſch, K., Handbuch der mechan. Technologie, 6. Aufl., bearbeitet von H. Fiſcher, Bd. 2, Leipzig 1891. — [2] Hoyer, E. v., Lehrbuch der vergleichenden mechaniſchen Technologie, Wiesbaden 1906. — [3] Ledebur, A., Lehrbuch der mechaniſch-metallurgiſchen Technologie, 3. Aufl., Braunſchweig 1906. — [4] Karmarſch-Heerens Technologiſches Wörterbuch, 3. Aufl. von Kick und Gintl, Prag. — [5] Hartmann, F., Das Verzinnen, Verzinken, Vernickeln, Verſtählen und Ueberziehen von Metallen mit andern überhaupt, 3. Aufl., Wien. — [6] Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1901, S. 134; 1903, S. 1893. — [7] D.R.P. Nr. 7569, 13304, 23500, 28924, 37176. — [8] D.R.Patentſchriften, Klaſſe 49 i, 5.

A. Widmaier.

Plattiermeſſing, ſ. Blech und Blechfabrikation.

Plattierte Ware, Wirkware, deren Maſchen aus zwei Fäden gebildet ſind, von denen regelmäßig der eine auf der Vorder- und der andre auf der Rückſeite der Ware liegt.

Willkomm.

Plattkarte, ſ. Kartenprojektion, Bd. 5, S. 391.

Plattlack, rote, aus Italien kommende Lackfarbe, welche in der Dekorationsmalerei Anwendung findet; Pottaſchelöſung verändert dieſelbe in Braun.

Plattſeide, ſ. Zwirn.

Plattſtich, -ſtickmaſchine, ſ. Stickerei.

Plattſtichmaſchine, ſ. Weberei.

Platzanlagen. Nach ihrer Beſtimmung unterſcheidet man die ſtädtiſchen freien Plätze in Verkehrsplätze, Marktplätze, Gartenplätze und Architekturplätze.

Die **Verkehrsplätze,** am Zuſammenfluß mehrerer Straßenzüge liegend, ſind in den weſentlichen Teilen ihrer Oberfläche dem Fuhrwerksverkehr freigegeben. Andre Flächenteile werden

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

durch Höherlegung, gegebenenfalls auch durch Prellpfoſten, der Geſamtfläche entnommen, um nur den Fußgängern zu dienen. So entſtehen innere Bürgerſteige, Trottoirinſeln, Zufluchtsinſeln u. dergl. Mitunter ſind ſolche den Fahrbewegungen entzogene Flächenteile ſo groß, daß ſie durch Pflanzflächen, Springbrunnen, Denkmäler u. ſ. w. geſchmückt werden können.

Die **Marktplätze**, mit wenigſtens einer Seite an einer Hauptverkehrsſtraße liegend, ſind in den weſentlichen Teilen ihrer Oberfläche dem Fuhrwerksverkehr entzogen. Die Fahrbewegungen pflegen auf die Randſtraßen der Platzfläche beſchränkt zu ſein. Die Kreuzung der letzteren durch Fuhrwerke iſt unerwünſcht.

Für die **Gartenplätze** gilt dieſelbe Flächenverteilung des Fahr- und Gehverkehrs. Aber die Gartenplätze ſollen möglichſt nicht an Hauptverkehrsſtraßen liegen. Die gärtneriſch angelegte Fläche ſoll nur von Fußgängern gekreuzt werden. Man unterſcheidet offene „Schmuckplätze", deren Fußwege tunlichſt in die Verkehrsrichtungen zu legen ſind, und umfriedigte „Erholungsplätze". Innerhalb der Anpflanzung der Erholungsplätze werden die Fußwege ſo angelegt, daß ſie nicht zur Kreuzung der Platzfläche einladen, daß ſie vielmehr den Zugang zu ruhigen, dem großen Verkehr entzogenen Stellen (Ruheſitze, Kinderſpielplätze u. ſ. w.) bilden.

Die **Architekturplätze** haben den Zweck, zur Errichtung hervorragender Gebäude, auch zur Aufſtellung von Denkmälern zu dienen (die aber auch auf den andern Platzarten Aufſtellung finden können). Die Gebäude werden entweder auf der Platzfläche errichtet, ſo beſonders bei Kirchen und Theatern, oder ſie finden ihre Aufſtellung am Rande bezw. an den Rändern des Platzes. Demgemäß laſſen ſich bebaute und umbaute Architekturplätze unterſcheiden.

In künſtleriſcher Beziehung kommen für öffentliche Stadtplätze, um die es ſich hier allein handelt, beſonders drei Geſichtspunkte in Frage, nämlich die Umrahmung des Platzes, das Verhältnis zwiſchen Platzfläche und Gebäudehöhe ſowie das Nivellement der Platzfläche. Erſt durch die Umrahmung entſteht der ſtädtiſche Platz; je geſchloſſener die Umrahmung iſt oder erſcheint, deſto beſſer iſt die Raumwirkung. Daher eine ſolche Anordnung der auf den Platz mündenden Straßen, daß man von den Hauptbetrachtungspunkten nicht in die offenen Straßen hineinſchaut; ferner Arkaden oder Torbauten über den Straßenöffnungen. Die Verkehrsplätze, die ihrer Beſtimmung nach für den Verkehr offen ſtehen, ſind wegen der ſtarken Durchbrechung der Umrahmung gegenüber andern Platzarten in künſtleriſchem Nachteil. Was das Größenverhältnis betrifft, ſo machen zu große Plätze oft einen öden Eindruck und benachteiligen den Maßſtab der Umbauung. Als ein gutes Verhältnis zwiſchen Platzabmeſſung und Gebäudehöhe gilt 3:1. Bei bebauten Plätzen hat ſich das Größenverhältnis auf die übrigbleibenden freien Platzflächen zu beziehen. Die umbauten Plätze pflegen die künſtleriſchen Glanzpunkte der Städte zu ſein. Unregelmäßige Platzgrundriſſe laſſen ſich den Maßſtabverhältniſſen beſſer anpaſſen und ergeben eine mehr maleriſche Wirkung. Das Nivellement der Platzfläche ſoll konkav oder ſo wenig konvex ſein, daß die Gewölbeform dem Auge nicht auffällt. *J. Stübben.*

Platzbepflanzung. Zur Bepflanzung ſind vorwiegend die ſogenannten Gartenplätze beſtimmt; aber auch alle andern Platzarten können in gewiſſem Umfange durch Bepflanzung verſchönert werden.

So können auf geräumigen Verkehrsplätzen die dem Fahrverkehr entzogenen Inſeln Raſen und Ziergeſträuch aufnehmen; Marktplätze können mit Baumreihen bepflanzt, Architekturplätze mit Raſenflächen, Blumen und Strauchwerk ausgeſtattet werden. Bei Bepflanzung von Architekturplätzen iſt hauptſächlich auf ruhige Flächenwirkung und klare Linienführung zu achten; Einteilung und Art der Pflanzung ſind der Architektur unterzuordnen. Die Bepflanzung von Gartenplätzen unterſcheidet ſich, je nachdem es ſich um Schmuckplätze oder um Erholungsplätze handelt (vgl. Platzanlagen). Die Schmuckplätze erhalten vorwiegend eine Zierbepflanzung, die durch Wege für den allgemeinen Fußgängerverkehr geteilt iſt, die Erholungsplätze dagegen eine vorwiegend landſchaftliche Bepflanzung behufs Erzielung ruhiger, ſchattiger, vom Verkehr zurückgezogener Aufenthaltspunkte. *J. Stübben.*

Pleochroismus (Trichroismus), die dem Dichroismus (ſ. d.) entſprechende optiſche Eigenſchaft von optiſch zweiachſigen Kriſtallen, in Richtung der Kriſtallachſen verſchiedene Abſorption und demgemäß verſchiedene Farben des durchfallenden polariſierten Lichtes zu zeigen, je nach der Richtung von deſſen Polariſationsebene.

Literatur: Müller-Pfaundler, Phyſik, 9. Aufl., Braunſchweig 1897, Bd. 2, S. 1106. *Abegg.*

Pleſſys Grün (auch Pleſſigs Grün), Arnaudons Grün, Schnitzers Grün, phosphorſaure Chromoxyde von ſehr beſtändiger Färbung, unempfindlich gegen chemiſche Agenzien, als Farben wenig angewendet.

Pleſſys Grün, der Hauptſache nach ein phosphorſaures Salz des Chromoxydes, gemengt mit variabeln Mengen von Chromoxyd und Kaliumphosphat, wird dargeſtellt durch Kochen einer Löſung eines Gewichtsteils Kaliumbichromat in 10 Teilen Waſſer mit 3 Teilen einer Auflöſung von ſauerm Kalkphosphat, bis die Maſſe intenſiv grün geworden iſt. Arnaudons Grün, metaphosphorſaures Chromoxyd, ſtellt man durch Erhitzen eines Gemenges von 128 Teilen Ammoniumphosphat mit 149 Teilen Kaliumbichromat, Ablöſchen in Waſſer und Auswaſchen her. Das Schnitzerſche Grün gewinnt man durch Glühen von Natriumphosphat mit Kaliumbichromat und Seignettefalz. *Andés.*

Pleuelſtangen (Bleuel-, Kurbel-, Lenk-, Schub-, Treibſtangen) übertragen eine gerade oder ſchwingende Bewegung in drehende Bewegung einer Kurbelwelle oder umgekehrt.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Die an dem Kurbelzapfen und an dem Kreuzkopf- oder einem Schwinghebelzapfen gelagerten Pleuelſtangenköpfe (ſ. d.) ſind durch den Schaft verbunden. — Bei ſchweißeiſernen Pleuelſtangen wurde früher der Schaft mit den für ſich bearbeiteten Köpfen verſchweißt. Jetzt benutzt man vorzugsweiſe flußeiſerne Stangen, die in Hüttenwerken oder größeren Fabriken im ganzen ausgeſchmiedet ſind. Hölzerne Schäfte kommen bei Sägegattern und bei großer Länge der Pleuelſtange, z. B. an Brunnenpumpen, Heckraddampfern, vor. Normal beträgt die Länge von Mitte zu Mitte der Zapfen das Fünffache des Kurbelradius. Federnde Pleuelſtangen mit Blattgelenk an Stelle des Schwingzapfens kommen bei geringem Ausſchlag vor, z. B. an Förderrinnen (Bd. 4, S. 136) und Flachſieben, auch an kleinen Pumpen [5].

Die Zug- oder Druckſpannung, einſchließlich der Biegungsſpannung des Schaftes, ſoll in keinem Querſchnitt über 300—400 kg/qcm für Eiſen, 400—500 kg/qcm für Stahl betragen. In der Regel iſt der Schaft auf Zerknicken zu berechnen. Führt man in der Knickformel $P = \pi^2 E J : \mathfrak{S} l^2$ die zuläſſige Kraft P in t ſtatt in Kilogramm ein und die Stangenlänge L in Meter ſtatt l cm und ſetzt $E = 2\,000\,000$ für Eiſen oder Stahl, ſo erhält man die bequeme Formel $J\,\mathrm{cm}^4 = {}^1/_2\,\mathfrak{S}\,P_t L_m^2$.

Runden Schaftquerſchnitt wählt man gern mit Rückſicht auf die leichte Herſtellung. Der Durchmeſſer d im mittleren Teile der Stange, etwa bei zwei Fünfteln ihrer Länge vom Kurbelzapfen aus, ergibt ſich, indem man für langſamen Gang den Sicherheitsgrad $\mathfrak{S} = 25$ ſetzt, aus $d^4/20 = {}^1/_2\,25\,P L^2$ oder $d^4 = 250\,P L^2$. Wenn Stöße zu erwarten ſind, z. B. bei Pumpen, kann $\mathfrak{S}$ und damit d^4 auf das Doppelte erhöht werden. Gewöhnlich nimmt der Stangendurchmeſſer nach der Kurbel zu auf 0,8 d, nach dem Kreuzkopf zu auf 0,75 d ab. Für größere Geſchwindigkeiten eignet ſich der runde Querſchnitt nach Fig. 1 von 1,2 d oder 1,3 d bis 0,7 d gleichmäßig abnehmend mit ſeitlichen Abflachungen [1].

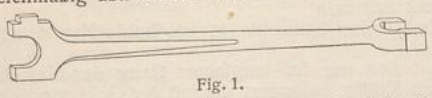


Fig. 1.



Fig. 2.

Rechteckiger Querſchnitt (Fig. 2) [2] wird auf gleichbleibende Breite b gefräſt und mit veränderlicher Höhe h an den Schmalſeiten gedreht. Für geringe Geſchwindigkeit nimmt man $h = 1{,}5\,b$ und ſetzt $\mathfrak{S} = 20$. Damit wird $J = b^3 h/12 = b^4/8 = {}^1/_2\,20\,P L^2$ oder $b^4 = 80\,P L^2$. Für höhere Geſchwindigkeit wählt man h/b größer. Bei $h = 1{,}75\,b$ und $\mathfrak{S} = 15$ ergibt ſich $b^4 = 50\,P L^2$. Bei den Lokomotiven findet ſich $h = 2\,b$ und $\mathfrak{S} = 3{,}3$ bis 6,6, entſprechend $b^4 = (10$ bis $20)\,P L^2$. Für hölzerne Stangen mit $E = 100\,000$ iſt $J = 10\,\mathfrak{S}\,P_t L_m^2$. Setzt man $h = 1{,}5\,b$ und $\mathfrak{S} = 15$, ſo wird $J = b^4/8 = 10 \cdot 15\,P L^2$ oder $b^4 = 1200\,P L^2$. Die Zug- oder Druckſpannung, einſchließlich der Biegungsſpannung, darf für Holz höchſtens 30 bis 40 kg/qcm erreichen.

Die Pleuelſtangen erfahren eine Biegungsbeanſpruchung infolge von Eigengewicht, Zapfenreibung und beſonders wegen der peitſchenden Bewegung ihrer Maſſe. Jeder Punkt zwiſchen dem kreisförmig und dem geradlinig bewegten Ende beſchreibt eine eiförmige Kurve vierten Grades. Die äußerſten Lagen ihrer Schwingung erreicht die Stange, während ſie mit der Kurbel einen rechten Winkel bildet; hierbei iſt die Querbeſchleunigung der Stange und ihre Biegungsbeanſpruchung am größten. An Stelle genauer Ermittlung der wirklichen Längs- und Querbeſchleunigung [3] genügt es hier, die Biegungsſpannung aus der Querbeſchleunigung angenähert zu berechnen (vgl. [4]): Der Stangenſchaft reiche mit f qcm Querſchnitt von einem zum andern Zapfen. Die Maſſe von 1 cm Länge iſt $m = f\,1\,\gamma/g$, wenn γ das ſpezifiſche Gewicht in Kilogramm/Kubikzentimetern bedeutet, z. B. 0,0078 für Eiſen und Stahl. Am Kurbelzapfenende wirkt die Fliehkraft $P_1 = m_1 v^2/R$ mit $v = 2\,\pi\,r\,n/60 \cdot 100\,m/s$ Umfangsgeſchwindigkeit des Zapfens und mit $r_{cm} = 100 \cdot R_m$ Kurbellänge. Von dieſer Kraft $P_1 = f \gamma\,r\,n^2 : 90000$ nimmt die Fliehkraft für jedes Zentimeter der Stangenlänge l bis zum Kreuzkopfzapfen auf Null ab. Man kann dabei $Q = {}^1/_2\,P_1\,l$ als geſamte Laſt rechnen und die Stange wie einen frei aufliegenden Träger mit Dreiecksbelaſtung anſehen. Das größte Biegungsmoment iſt hierbei $M = 0{,}128\,Q\,l$; es wirkt im Abſtande ${}^3/_7\,l$ vom Kurbelzapfen. Für das Widerſtandsmoment $W = b h^2/6$ findet man endlich die Biegungsſpannung s aus $W \cdot s = l^2 f \gamma\,r\,n^2/1\,400\,000$. Zum Beiſpiel wird bei $l = 150$ cm, $\gamma = 0{,}0078$, $r = 30$ cm, $n = 200$ für eine Stange mit $b = 5$ und $h = 10$ cm die Biegungsſpannung $s = 90$ kg/qcm; für eine runde Stange mit $d = 8$ cm wird $s = 150$ kg/qcm.

Literatur: [1] Schmiedeſtück von der Elſäſſiſchen Maſchinenbaugeſellſchaft in Grafenſtaden. — [2] Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1890, S. 934. — [3] Ebend., 1895, S. 716—718 (Autenrieth); ferner 1896, S. 904—908 (Land) und 1903, S. 1638—1640 (Mollier); ſowie L. v. Tetmajer, Die angewandte Elaſtizitäts- und Feſtigkeitslehre, Leipzig und Wien 1905, S. 563—576. — [4] v. Bach, Maſchinenelemente, Stuttgart 1903. — [5] Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1907, S. 991. *Lindner.*

Pleuelſtangenköpfe ſind in der Regel als nachſtellbare Lager gebaut, in einzelnen Fällen iſt der Kreuzkopfzapfen in dem Ende der Pleuelſtange befeſtigt. Man unterſcheidet geſchloſſene Köpfe (Fig. 1—3) und offene Köpfe (Fig. 4—6).

Die geſchloſſenen Köpfe laſſen ſich an Kurbelkröpfungen und Gegenkurbeln nicht aufbringen, ſondern nur da, wo man ſie auf den Zapfen ſchieben oder im Kreuzkopf den Zapfen durchſchieben kann. Wenn der vordere Bund des Kurbelzapfens nicht durch eine angeſchraubte Scheibe gebildet wird, läßt ſich die eine Lagerſchale mit dem Stellkeil erſt nach dem Aufſchieben einbauen. Damit die Schalen überhaupt eingeſetzt werden können, müſſen die Randleiſten der Schalen an der hinteren, der Kurbel zugekehrten Seite des Kopfes an den beiden Längskanten wegbleiben.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Fig. 1 [1] zeigt ein für beide Köpfe verwendbares Lager, mit Weißgußſchalen am Kurbelzapfen. Der über die ganze Breite reichende Keil, mit der Neigung 1 : 5 bis 1 : 8, enthält das Muttergewinde, jedoch nur in einem Teile der Keillänge. Sowohl der Kopf zum Verſtellen des Keiles als die Gegenmutter der Schraube ſind geſichert. — Die Lokomotivſtangenköpfe (Fig. 2) laſſen ſich nur auf der Stoßmaſchine am äußeren Umfang bearbeiten, wie das für den inneren Rand geſchieht (vgl. dagegen [6]); doch erſchwert der einſeitig vor dem Keil ſtehende Lappen auch dieſe Arbeit. — Der Querkeil am Kreuzkopfzapfenlager (rechts) erhält meiſt die Neigung 1 : 4. Zwiſchen ihm und der Schale liegt eine Beilage von paſſender, dem Kreuzkopfauge angemeſſener Länge, doppeltſchwalbenſchwanzförmig zwiſchen dachförmigen Flächen. — Fig. 3 hat einfache, gedrehte Form. Die Klemmſchraube (links) durchdringt den Keil in einem paſſend gebohrten Loch, ſteckt mit dem Ende in einer viereckigen Mutter und ruht mit dem Kopf auf einer Beilage mit Langloch. Der Keil rechts kann bis in die hohle Kapfel unter den Muttern nachgezogen werden.

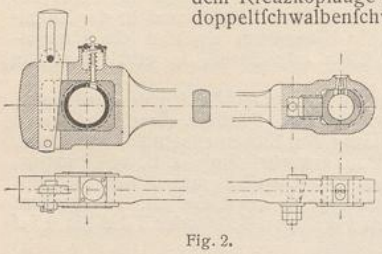


Fig. 2.

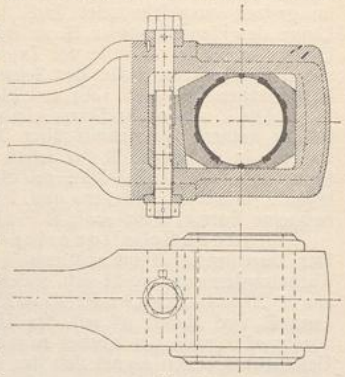


Fig. 1.

Das offene Bügellager (Fig. 4) eignet ſich nur für langſamen Gang der Maſchine, weil es die ſenkrecht zur Stangenachſe wirkenden Kräfte, beſonders die mit der Geſchwindigkeit wachſenden Fliehkräfte der Stange nicht gut übertragen kann. Es kommt daher bei Pumpen und an Kreuzkopfzapfen, nicht aber an Kurbelzapfen von Dampfmaſchinen vor. Durch Weglaſſung der dem Lager zugekehrten Keilbeilage kann es noch vereinfacht werden. Die äußere Schale iſt hier als die nachſtellbare anzuſehen. Der Keil erhält den Anzug 1 : 10, die Dicke 0,2 bis 0,3 der Kopfbreite. Der Flächendruck zwiſchen Beilage und Bügelende darf 500 kg/qcm betragen, die Biegungsſpannung für die Summe der Widerſtandsmomente des Keiles und der Beilagen von Stahl bis 1000 kg/qcm, die des ſchmiedeeiſernen Bügels in ſeiner Mitte 400 bis 600 kg/qcm. Der Marinekopf iſt in Fig. 5 [5] in der älteren Bauart von Penn angegeben, mit Rotgußſtücken zwiſchen dem Stangenende und dem ſchmiedeeiſernen Deckel, wobei außer den Schrauben kurze, runde, axial ſtehende Zapfen die Seitenkräfte übertragen. Fig. 6 zeigt eine neuere Lagerform. Die Fuge zwiſchen Stange und Deckel kann auch ohne Verklinkung gerade durchgehen. Die Schrauben, als Parſonsbolzen (ſ. d.) gezeichnet, erhalten für ſtehende Maſchinen die Muttern auf der Stangenſeite (vgl. Bd. 2, S. 605, und Bd. 6, S. 256) [3]. In Fig. 5 und 6 iſt die Schraubenſicherung nach Penn in verſchiedener Ausführung angegeben.

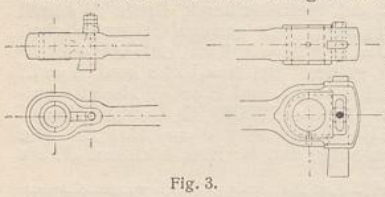


Fig. 3.

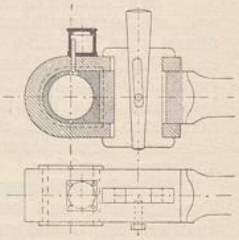


Fig. 4.

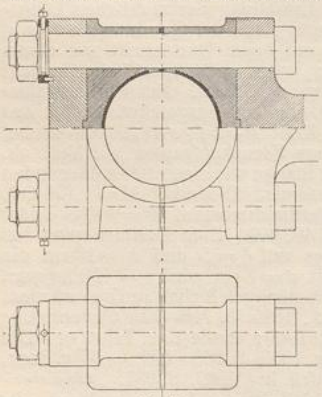


Fig. 5.

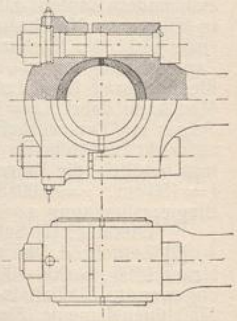


Fig. 6.

Ueber die gegabelte Endigung der Pleuelſtange ſ. Gabel, Bd. 4, S. 232. Die unter Pleuelſtangen, Fig. 1 rechts, dargeſtellte Gabel iſt für Bügellager beſtimmt. Auch die Marineköpfe kommen paarweiſe an Gabelenden vor. Bei Lokomotiven ſind offene Stangenlager mit verdübeltem Einſatzſtück in ähnlicher Bauart gebräuchlich, wie ſie das Mittellager der Kuppelſtange, Bd. 5, S. 792, Fig. 3 zeigt.

Die Nachſtellung der beiden Stangenlager ſoll, der Regel nach, in gleicher Richtung erfolgen, um die Stangenlänge unverändert zu erhalten. Wegen der Ungleichheit der Abnutzung beider Lager und mit Rückſicht auf die Nachſtellung am Kurbelwellenlager darf oder muß man oft von dieſer Regel abweichen. Je geringer der Spielraum des Kolbens in ſeinen Endſtellungen iſt, um ſo ſorgfältiger iſt die mögliche Verſchiebung durch die Abnutzungen aller drei Lager zu beachten. Nimmt man die Stärke einer neuen Lagerſchale (ſ. d.) von Rotguß (Fig. 6) in

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

der Stangenachfe zu $0{,}06\,d + 6$ mm für d mm Zapfenftärke an und die Stärke einer abgenutzten Schale zu $0{,}04\,d + 4$ mm, fo beträgt die Verfchiebung des Zapfens zur Stange $0{,}02\,d + 2$ mm, während für die Nachftellung, die Keilverfchiebung, im ganzen $0{,}04\,d + 4$ mm vorzufehen ift.

Bei der Berechnung ift darauf zu fehen, daß kein Querfchnitt über 300 kg/qcm Zug- oder Druckfpannung für Schmiedeeifen, bezw. 400 für Stahl, erfährt, daß die Bügelformen die entftehenden Biegungsmomente ebenfogut ertragen [2], und daß fcharfe Uebergänge vermieden bleiben. Die Schrauben aus zähem Stahl erhalten 300—500 kg/qcm Zugfpannung im Kern und werden, fofern fie einen Keil anzuziehen haben, bei der Keilneigung 1 : 5, für ein Fünftel der Stangenkraft als Schraubenzugkraft berechnet [5].

Literatur: [1] Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1890, S. 934. — [2] Ebend., 1899, S. 1205 (Bruch am Kopfanfatz). — [3] Ebend., 1902, S. 993 (Stange für eine gekröpfte Lokomotivtreibachfe). — [4] Ebend., 1906, S. 1707 (Oelzuführung). — [5] Ebend., 1891, S. 428; vgl. Kreuzköpfe, Bd. 5, S. 695 u. 696. — [6] Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1906, S. 1276. *Lindner.*

Pliefen (Pließen, Plieften), f. v. w. Glanzfchleifen; f. Schleifen.

Pliefterlatte, f. v. w. Gipslatte, eine Unterlage für Deckenputz (f. d.).

Pliftleder, -fcheibe, f. Schleifen.

Plinthe, die vierkantige Unterlage des runden Säulenfußes, fonft auch die rechtwinklige Platte, auf welcher Säulen, Pilafter oder Poftamente ftehen, im weiteren Sinne auch Sockel. *Weinbrenner.*

Pliocän, -periode, f. Tertiärformation.

Pliftocän (Pleiftocän), f. Diluvium.

Plombieren, ein Verfahren, durch das man mittels eines Bleifiegels (Plombe) miteinander verbundene Teile gegen unbefugtes Auseinandernehmen derart ficher, daß ein Löfen der Verbindung ohne Verletzung des Plomben- oder Bleiverfchluffes nicht möglich ift.

Zu diefem Zwecke legt man einen Draht oder einen Bindfaden fo um die ficher zu verbindenden Gegenftände, daß, nachdem die beiden freien Enden des Drahtes oder Bindfadens miteinander verknotet find, nur nach einer Löfung des Knotens ein Löfen der Verbindung möglich ift. Wird nun der Knoten in die Höhlung einer kleinen Bleiplatte gebracht und diefe mittels einer Zange (Plombierzange) zufammengepreßt und geftempelt, fo kann, da jetzt der Draht oder Bindfaden feft in die geftempelte Bleiplatte (Plombe) eingeklemmt ift, der Verfchluß nur gelöft werden durch Zerfchneiden des Drahtes oder Bindfadens oder durch Zerftören der Plombe. Diefer Plombenverfchluß wird z. B. bei Güterwagen von den Eifenbahn- und Zollverwaltungen angewendet, von letzteren auch zum Verfchluß einzelner Güter (Kolloverfchluß). S. a. Eifenbahnbetrieb X. B., Eifenbahnverkehr III. B. *Cauer.*

Plückerfche Röhren, f. v. w. Geißlerfche Röhren, f. Bd. 4, S. 349.

Plüfch, f. Weberei und Wirkerei.

Plumbate, f. Bleifuperoxyd.

Plumbogummit (Plumborefinit), f. v. w. Bleigummi (f. d.).

Plumofit, f. v. w. Heteromorphit (f. d.).

Plunger, f. v. w. Tauchkolben (f. Pumpenkolben).

Pluviograph (Pluviometer), f. Regenmeffer.

Pneumatik, f. Fahrrad, Motorwagen.

Pneumatifche Bahnen, f. Luftdruckbahnen.

Pneumatifche Elevatoren, f. Druckluftförderer.

Pneumatifche Setzmafchine, f. Windfeparation.

Pneumatifche Wanne dient zum Auffangen von Gafen über Waffer. Die waffergefüllten Gefäße werden mit der Oeffnung nach unten auf die durchlöcherte Brücke der waffergefüllten Wanne aufgeftellt, das Gas unter die Brücke geleitet. Für Queckfilber als Sperrflüffigkeit dient die Queckfilberwanne. *A. Schmidt.*

Pocharbeit, -dampfhammer, -laden, -rolle, -fatz, f. Pochwerk.

Pochgänge, -gut, f. Erze.

Pochfchlage, ein hammerähnliches Werkzeug mit breiter Bahn, welches früher zur groben Zerkleinerung von Erzen mit der Hand auf einer harten ebenen Unterlage diente (f. a. Pochwerk). *Treptow.*

Pochfchuffer, -ftempel, -trübe, f. Pochwerk.

Pochwerk, eine Zerkleinerungsmafchine in der bergmännifchen Aufbereitung und in der Induftrie zur Zerkleinerung von Stücken von etwa 50 mm Durchmeffer auf 2 mm und noch feiner benutzt (f. a. Auffchließen, Bd. 1, S. 364). Wird durch das Pochen grobes Korn (2 mm oder mehr Durchmeffer) erzeugt, fo nennt man die Arbeit röfchpochen; wird feineres Korn (unter 0,5 mm) hergeftellt, fo fagt man zähpochen; wird die Arbeit fortgefetzt, bis fo feines Mehl entfteht, daß die einzelnen Körnchen zwifchen den Fingern nicht mehr

gefühlt werden, so spricht man von totpochen. Die Zerkleinerung erfolgt dadurch, daß der schwere Pochschuh mit ebener Bahn wiederholt auf eine bestimmte Höhe gehoben wird und dann auf das Gut, welches auf einer harten Unterlage, der Pochsohle, ausgebreitet ist, niederfällt.

Pochschuh und Pochsohle fertigt man in neuerer Zeit immer aus Hartguß oder Gußstahl. Vollzieht man die Zerkleinerung, wie z. B. bei fertig aufbereiteten Erzen, die zur Schmelzhütte geliefert werden sollen, trocken, so nennt man die Pocharbeit Trockenpochen im Gegensatz zum Naßpochen, das unter beständigem Wasserzufluß stattfindet. Das hierbei entstehende Gemenge von Wasser und Erzmehl heißt Pochtrübe. Gewöhnlich sind die Pochschuhe zur senkrechten Führung in einem Gerüste (Pochstuhl) an einer starken Stange, dem Schaft, befestigt, an dem auch die bewegende Kraft angreift; die Verbindung von Pochschuh und Schaft heißt Pochstempel, auch Pochschuffer; derart gebaute Pochwerke heißen Stempelpochwerke. Veraltet sind die nach Art der früheren Schwanzhämmer eingerichteten Hammerpochwerke. Man unterscheidet vier verschiedene Arten von Stempelpochwerken: bei den ältesten [1] wog der Holzbau vor; Stempelschäfte und Pochschuhe hatten rechteckigen Querschnitt und fielen nach dem Anheben stets in der gleichen Stellung nieder. Die kalifornischen Pochwerke (s. Fig. 1 und 2) sind vorwiegend in Eisen gebaut, Pochschuhe und Schäfte haben kreisrunden Querschnitt und werden beim jedesmaligen Anheben etwas gedreht, wodurch der Kraftverbrauch geringer und die Abnutzung der Pochschuhe gleichmäßiger ist. Das pneumatische Pochwerk [2] wird seltener (in England und Nordamerika) angewendet. Die Stempelschäfte sind als Zylinder gearbeitet, in denen sich ein Kolben bewegt; an die Kolbenstange setzt eine Lenkstange an und diese wird von einer gekröpften Welle abwechselnd gehoben und niederbewegt. Die Zylinder mit den Pochschuhen folgen dieser Bewegung, da sich beim Aufgang die Luft über dem Kolben, beim Niedergange unter demselben verdichtet. Bei den genannten Pochwerken werden mehrere Stempel zu einem Pochsatze vereinigt und auch mehrere Sätze zusammengebaut. — Abweichend hiervon ist bei den Dampfpochwerken [2] immer nur ein Stempel vorhanden, doch ist dessen Gewicht und Leistungsfähigkeit sehr hoch. Das Gewicht des Pochstempels beträgt nämlich bis 2350 kg, die Antriebsmaschine entwickelt 30 PS. und die tägliche Leistung erreicht bis über 300 t Rohmaterial. Bekannt ist ihre Anwendung beim Kupferbergbau am Oberen See in Nordamerika. Der Bau entspricht demjenigen unsrer Dampfhämmer.

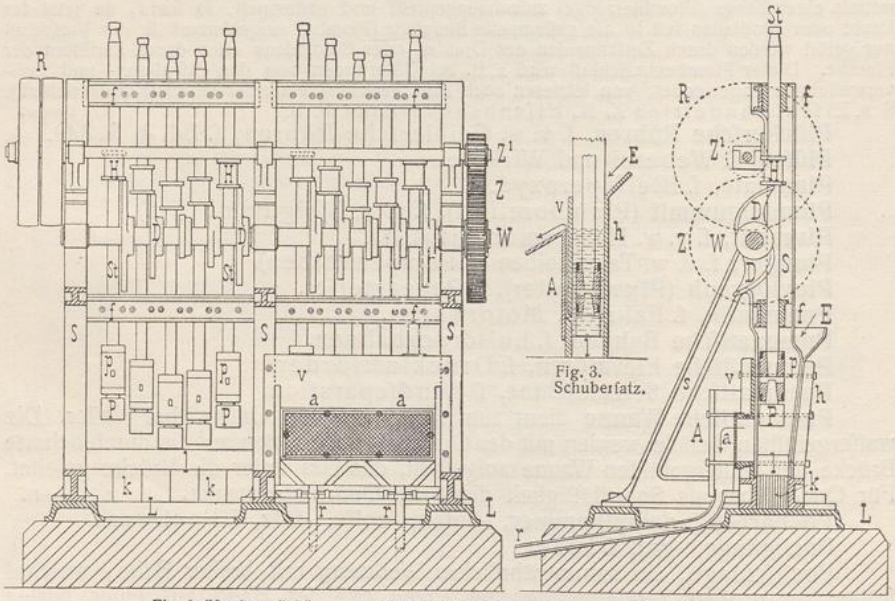


Fig. 1 (Vorderansicht). Kalifornisches Pochwerk. Fig. 2 (Querschnitt).

Fig. 3. Schuberſatz.

Fig. 1 und 2 zeigen das zurzeit am häufigsten angewendete kalifornische Pochwerk, und zwar als Naßpochwerk gebaut. Auf dem gußeisernen Rahmen *L* stehen die Pochwerksäulen *S*, die mit den Streben *s* und den beiden Führungen *f* den Pochstuhl bilden. Dieser bietet Raum für zwei Sätze von je fünf Stempeln; letztere bestehen aus dem Pochschuh *P*, dem Pochkopfe *p* und dem Schafte *St*. Der Pochkopf hat den Zweck, das Gewicht zu vergrößern und ein mittleres Schlaggewicht zu erzeugen, wenn der Pochschuh abgeführt ist. Die Heblinge *H* sind so an den Schäften befestigt, daß sie entsprechend der Abnutzung der Pochschuhe verstellt werden können. Die Däumlinge *D*, welche auf der mittels Riemenscheibe und Vorgelege *Z*, *Z*¹ in Umdrehung versetzten Welle *W* sitzen, greifen seitlich unter die Heblinge und drehen daher die Stempel bei jedem Hub; die Däumlinge sind so angeordnet, daß die Stempel in bestimmter

Reihenfolge niederfallen. Zuerſt fällt der mittlere Stempel (Unterſchurer), dann fallen nacheinander ſeine unmittelbaren Nachbarn und zuletzt die beiden äußerſten Stempel. Die Umdrehungszahl der Welle beträgt etwa 30 und die Hubzahl jedes Stempels etwa 60 in der Minute, das Stempelgewicht ſchwankt zwiſchen 150 und 500 kg, die Fallhöhe zwiſchen 100 und 300 mm. Als Unterlage für das Pochen dient die Pochſohle *l*, die hier zur Milderung der Erſchütterungen auf Holzklötzen *k* verlagert iſt; durch eine Vorderwand *v*, in die ein Sieb *a* eingebaut iſt, und eine Hinterwand *h* wird der Pochtrog (die Lade) gebildet. Er nimmt das beſtändig zufließende, zum Naßpochen erforderliche Waſſer (Ladenwaſſer) auf. Rückwärts bei *E* wird das zu zerkleinernde Korn eingetragen und auf der Vorderſeite durch das Sieb zerkleinert mit etwas Waſſer in Form von Trübe ausgetragen. Damit ſich das Sieb nicht verlegt, iſt eine Wand *A* vorgeſetzt; der Waſſerſtand iſt hierdurch auf beiden Seiten des Siebes angenähert gleich hoch, und durch die Bewegung der Pochſtempel findet ein Hinundherfließen des Waſſers durch das Sieb ſtatt, es verſtopft ſich daher nicht. Der Abfluß der Pochtrübe wird durch die Weite der Abflußrohre *r* geregelt. Dieſe Anordnung nennt man den geſtauten Siebſatz; beim Schuberſatze (ſ. Fig. 3) tritt die Pochtrübe durch einen Spalt in der Vorderwand des Pochtroges *v* aus und ſteigt dann zwiſchen dieſer und einer dicht davorgeſetzten Wand *A* in die Höhe, um über dieſe abzufließen. Die Geſchwindigkeit des aufſteigenden Waſſerſtromes regelt dabei die Größe des ausgetragenen Kornes. Zu große Körnchen fallen wieder in den Pochtrog zurück. Falls ſich der Spalt verſetzen ſollte, kann der obere Teil der Vorderwand (der Schieber oder Schuber) leicht herausgehoben werden.

Das Eintragen des Pochgutes wird gewöhnlich nach Bedarf ſelbſttätig geregelt (die Darſtellung der hierzu gehörigen Teile iſt in den Figuren fortgelaſſen). Hinter dem Pochwerke (rechts in Fig. 2) iſt ein Vorratsbehälter, die Pochrolle, aufgeſtellt; der Boden desſelben iſt nach dem Pochwerke hin ſo ſtark geneigt, daß die darin enthaltenen Maſſen gerade langſam aus einſtellbaren Oeffnungen herausrollen würden. Unter dieſen finden wenig geneigte, etwas kippbar verlagerte Gerinne Platz; in ihnen ſtaut ſich das Gut, es wird dadurch das weitere Nachrollen aus der Pochrolle geregelt, ſie münden über dem Eintrage *E*. Sobald ſich nun unter dem Mittelſtempel kein Gut mehr befindet, fällt dieſer bis in ſeine tiefſte Lage nieder und ſchlägt dabei mit einem über dem Heblinge angebrachten Anſatze auf eine Stange, welche auf dem Gerinne ſteht. Dadurch wird dieſes erſchüttert, kippt etwas und einige Stücke des Gutes fallen in den Pochtrog. Das Eintragen erfolgte früher, wie heute noch bei den Trockenpochwerken, mit der Hand, man nannte es Unterſchuren; hiervon heißt der Mittelſtempel auch Unterſchurer.

Die Trockenpochwerke ſind bis auf den Pochtrog ebenſo eingerichtet; hier wird das Gut mit der Schaufel auf die Pochſohle unter die Stempel gebracht, an der Rückſeite befindet ſich eine niedrige Wand, die das Gut zuſammenhält. Dieſes wird mit der Schaufel wieder entfernt und durch ein Sieb geworfen, worauf die Gröbe weiter gepocht wird.

Beim Verpochen von Erzen, welche gediegenes Gold (Freigold) führen, werden in den Pochtrog amalgamierte Kupferplatten eingeſetzt, die den größten Teil des Goldes aufnehmen. Das Goldamalgam wird von Zeit zu Zeit von den Platten abgekratzt und es werden die Platten dann friſch amalgamiert (vgl. Bd. 1, S. 349) [3].

Literatur: [1] Gätzſchmann, M. F., Die Aufbereitung, Leipzig 1864, Bd. 1, S. 152. — [2] Althans, Die Entwicklung der mechaniſchen Aufbereitung in den letzten hundert Jahren, Zeitſchrift für das Berg-, Hütten- und Salinenweſen im preußiſchen Staate 1878, S. 143. — [3] Schulz, W., „Glückauf“ 1894, S. 318.

Treptow.

Pockholzlager enthalten als Lagerſchalen paſſend und glatt bearbeitete Stücke des Holzes vom Guajakbaum (ſ. Nutzhölzer, Bd. 6, S. 697, Nr. 118).

Das Holz iſt braun, von ſchwarzen und hellen Streifen durchzogen, gleichmäßig dicht, feſt, 1,3 kg/l ſchwer, außerordentlich hart, dauerhaft, formbeſtändig und im Waſſer etwas aufquellend. Eiſerne oder mit Bronze überzogene Wellenzapfen laufen in Pockholz mit Waſſerſchmierung dauernd gut. Der Flächendruck darf bis 25 kg/qcm betragen. Man verwendet ſie an den Lagerungen der Schiffsſchraubenwellen im Stevenrohr außerhalb der Stopfbüchſe und zu den Druckringen an der Schraubennabe (ſ. Schiffswelle) [1], ferner zu Halslagern an Turbinenwellen im Waſſer (ſ. Lager, Fig. 12) und in ähnlichen Fällen.

Literatur: [1] Busley, Die Schiffsmaſchine, Bd. 2, Kiel 1886, S. 101 ff.

Lindner.

Pockholzſcheibe, Scheibe für Blöcke, ſ. Bd. 2, S. 87.

Podeſt, ſ. Treppe.

Podium, 1. ein fortlaufendes Poſtament; 2. in Theatern, Konzert- und Lehrſälen ein erhöhter Platz für ſchauſpieleriſche oder muſikaliſche Aufführungen oder wiſſenſchaftliche Vorträge beſtimmt; 3. bei dem antiken Theater auch die unterſte Sitzreihe.

Weinbrenner.

Pökel, verdünnte Schwefelſäure, ſ. Meſſing.

Pökeln, ſ. Fleiſchwarenfabrikation, Konſervierung.

Poetſchs Gefrierverfahren, ſ. Gefriergründung.

Pogone, walachiſches Feldmaß = 49,895 a = 144 Praſchtſchinen.

Pohlmeyer-Maſchine, ſ. Feſtigkeitsprobiermaſchinen, Bd. 3, S. 730.

Poil de chèvre (Mohair), ſ. Weberei.

Points, ſ. Bobbinnet.

Poiſſons Geſetz, ſ. Adiabatiſche Zuſtandsänderung.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Pol. In der mathematischen Geographie, Geodäsie und Astronomie sind die Pole die Endpunkte der Umdrehungsachse der Erde.

Diese Punkte sind gegen die Oberfläche als nicht ganz festliegend zu betrachten, da die jeweilige Umdrehungsachse kleine Schwankungen gegen eine gewisse mittlere Lage ausführt. Diese Bewegungen hat zwar schon Bessel vermutet, wirklich nachgewiesen hat dieselben erst Küstner. Seitdem ist ein regelmäßiger astronomischer Dienst zur Verfolgung dieser Erscheinungen eingerichtet worden seitens der Internationalen Erdmessung. Ueber Weiteres vgl. Polhöhe.

Pol nennt man in der graphischen Statik den Punkt, von dem aus die Kräfte eines Kräftepolygons (s. d.) aufgetragen werden, bezw. von dem die „Strahlen" eines Kräftepolygons ausgehen. *Mörsch.*

Pol, magnetischer, s. Magnetismus.

Polare, s. Kegelschnitte, Kurven.

Polarebene, s. Flächen zweiten Grades, Bd. 4, S. 66.

Polarecke, s. Stereometrie.

Polarenbüschel, ein Strahlenbüschel, gebildet durch die Polaren eines festen Punkts in bezug auf die Kegelschnitte eines Kegelschnittbüschels.

Polarfläche, s. Flächentheorie.

Polarimeter, s. Saccharimeter.

Polarisation des Lichts. Im Jahr 1808 machte der Franzose Malus die Entdeckung, daß Licht, welches von Glas unter einem Einfallswinkel von 56,3° (Winkel zwischen einfallendem Strahl und Einfallslot) gespiegelt wird, sich in besonderer Weise von gewöhnlichem Licht unterscheide. Läßt man den reflektierten Strahl wieder unter dem gleichen Einfallswinkel auf Glas fallen, so wird er nur dann wieder nach Art des gewöhnlichen Lichtes reflektiert, wenn die neue Einfallsebene (Ebene, in welcher der einfallende Strahl, das Einfallslot, und der reflektierte Strahl liegen) mit der ersten zusammenfällt; dagegen wird er gar nicht reflektiert, wenn die zweite Einfallsebene auf der ersten senkrecht steht. Dreht man die Ebene des zweiten Spiegels unter gleichbleibendem Einfallswinkel um den Strahl als Achse, so verändert sich die Helligkeit des reflektierten Lichtes von Null bis zum Maximum oder umgekehrt je bei einer Drehung um 90°. Solches Licht hat also nicht in Beziehung auf alle zum Strahl senkrechten Richtungen gleiche Beschaffenheit, sondern ist nach zwei zueinander senkrechten Richtungen verschieden beschaffen, es heißt polarisiert; die Ebene, welche den Strahl und das Einfallslot enthält, heißt die Polarisationsebene, der Winkel des Strahls mit dem Einfallslot Polarisationswinkel.

Auch die Reflexion an andern durchsichtigen Körpern erzeugt Polarisation des Lichts, nicht aber die an Metallen, und zwar ist der Polarisationswinkel von Substanz zu Substanz verschieden nach einem von Brewster gefundenen Gesetze: der reflektierte Strahl ist dann vollständig polarisiert, wenn derselbe auf dem gebrochenen Strahl, den derselbe einfallende Strahl erzeugt, senkrecht steht, oder auch: die trigonometrische Tangente des Polarisationswinkels ist gleich dem Brechungsexponent der Substanz. Strahlen, welche unter anderm als dem Polarisationswinkel reflektiert werden, sind teilweise polarisiert, d. h. sie werden durch den zweiten Spiegel in der Minimalstellung um so unvollständiger ausgelöscht, je weiter ihr Einfallswinkel am ersten Spiegel vom Polarisationswinkel abweicht. Durch experimentelle Bestimmung des Polarisationswinkels kann mit Hilfe des angegebenen Gesetzes auch für Substanzen, welche nur durchscheinend sind, der Brechungsexponent ermittelt werden. Derjenige gebrochene Strahl, welcher bei der Polarisation durch Spiegelung neben dem reflektierten Strahl entsteht, ist gleichfalls polarisiert, wenn auch nicht vollständig. Seine Polarisationsebene steht auf der des reflektierten Strahls senkrecht. Läßt man Licht in schiefer Richtung durch eine ganze Schicht vieler dünner Glasplatten, Glassäule, gehen, so zeigt es sich um so vollständiger polarisiert, je größer die Zahl der Platten ist. Außer diesen zwei Arten der Erzeugung polarisierten Lichts, durch Spiegelung und durch Brechung, ist im Art. Licht, Abschnitt Doppelbrechung, eine dritte, älter bekannte Art [1] beschrieben. Von den zwei in anisotropen Körpern in derselben Richtung sich fortpflanzenden Strahlen mit zueinander senkrechten Polarisationsebenen liefert eine Turmalinplatte oder ein Nicolsches Prisma oder andre entsprechende Apparate [2] nur den einen. Zur direkten Erkennung der Eigenschaft der Polarisation des Lichts ist das Sehorgan kaum befähigt; manche Augen machen die mit dem Namen der Haidingerschen Büschel bezeichnete eigentümliche Wahrnehmung; man bedarf daher zur Erkennung und Prüfung des polarisierten Lichtes derselben Vorrichtungen wie zur Erzeugung.

Jeder **Polarisationsapparat** besteht aus zwei Teilen, dem Polarisator (Polariseur) und Analysator (Analyseur); der erstere dient zur Erzeugung, der letztere zur Prüfung des polarisierten Lichtes und ist um die Richtung des Strahls als Achse drehbar. Zwischen beide bringt man die in betreff ihres optischen Verhaltens im polarisierten Lichte zu prüfenden Objekte. Die gebräuchlichsten Polarisationsapparate sind der von Nörremberg [3] mit Glasspiegel als Polarisator und Glasspiegel oder Nicolschem Prisma als Analysator und die Turmalinzange,

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

aus zwei entlang der kristallographischen Hauptachse geschliffenen Turmalinplatten bestehend, deren dem Auge zugekehrte gegen die abgekehrte aus der Parallelstellung in die gekreuzte Stellung gedreht werden kann. Bei der letzteren Stellung wird das vom Polarisator durchgelassene Licht vom Analysator absorbiert. Bei den im Artikel Zirkularpolarisation weiter beschriebenen Polarimetern bestehen Polarisator und Analysator aus Nicolschen Prismen. Vgl. ferner den Artikel Polarisationsmikroskop. Die Natur liefert uns im Licht der Wolken, des Regenbogens, im Licht der das Sonnenlicht reflektierenden Himmelskörper, auch im Licht des blauen Himmels teilweise polarisiertes Licht. Die Polarisationsebene des letzteren ist in der Nähe der Sonne horizontal, in der Nähe des Horizonts vertikal; in besonderen Lagen gegen die Sonne zeigen sich sogenannte neutrale Punkte ohne Polarisation [4].

Die Tatsachen der Polarisation des Lichts geben den Beweis dafür, daß die Lichtschwingungen nicht die Richtung der Fortpflanzung des Lichts haben, nicht Longitudinalschwingungen, sondern Transversalschwingungen sind. Polarisiertes Licht ist vom gewöhnlichen dadurch unterschieden, daß die Schwingungen alle parallel einer durch die Fortpflanzungsrichtung gelegten Ebene erfolgen, nicht in unregelmäßigem Wechsel der zum Strahl senkrechten Richtungen. Auch beim gewöhnlichen Lichte findet indessen kein zu rascher Wechsel der Schwingungsrichtung statt. Da nämlich die Erscheinungen der Interferenz (s. d.) nur möglich sind zwischen Strahlen mit übereinstimmender Polarisationsrichtung, und da Fizeaus Versuchen zufolge zwischen Strahlen homogenen gewöhnlichen Lichts noch Interferenzen beobachtet werden, wenn deren Gangunterschied 50000 Wellen beträgt, so müssen auch im gewöhnlichen Lichte große Gruppen aufeinander folgender Schwingungen gleichgerichtet sein. Genauer haben wir, den Vorstellungen der elektromagnetischen Lichttheorie entsprechend, anzunehmen, daß im polarisierten Lichte entlang zweier zueinander senkrechten Ebenen, die sich im Strahle schneiden, in der einen Schwingungen wechselnder elektrischer, in der andern Schwingungen wechselnder magnetischer Gegensätze stattfinden, die einen um ein Viertel der Wellenlänge gegen die andern verschoben. Wiener [5] hat durch Erzeugung stehender Lichtwellen in dünnen Kollodiumschichten den experimentellen Beweis geliefert, daß die elektrischen Schwingungen senkrecht zur Polarisationsebene erfolgen, die magnetischen in dieser, und daß die ersteren es sind, welche die chemischen Wirkungen des Lichtes hervorbringen. Ueber weiteres vgl. die Ausführungen in [6], ebenda auch die Ausführungen über Metallreflexion.

Durch die Interferenz des polarisierten Lichtes, je nach der verschiedenen Neigung der Polarisationsebenen und je nach den Phasenunterschieden der interferierenden Strahlen, werden Farbenerscheinungen erzeugt, die man unter dem Namen **chromatische Polarisation** zu beschreiben pflegt. Platten doppeltbrechender Kristalle, welche man zwischen Polarisator und Analysator eines Polarisationsapparates einschaltet, geben dann Anlaß zu farbigen Lichterscheinungen, wenn von den zwei senkrechten Schwingungsrichtungen der die Platten durchsetzenden weißen Lichtstrahlen keine in die Richtung der Polarisationsebene des Polarisators oder in diejenige des Analysators fällt. In diesen letzteren Fällen erscheinen die Platten bei Parallelstellung von Polarisator und Analysator hell, bei gekreuzter Stellung dunkel wie das sie umgebende Feld. Wir unterscheiden: 1. Erscheinungen bei parallel durchgehenden Strahlen, 2. solche bei konvergent durchgehenden Strahlen.

1. Dünne Platten doppeltbrechender Kristalle, welche für senkrecht durchgehende Strahlen einen genügend großen Unterschied der beiden Brechungsexponenten zeigen (Gipsplättchen), legt man so in den Nörrembergschen Polarisationsapparat, daß die Polarisationsebenen der sie durchsetzenden Strahlen mit derjenigen des Analysators einen Winkel von 45° einschließen. Jeder in die Platte eindringende polarisierte Strahl wird dann in zwei gleiche Komponenten zerlegt, die beim Austritt aus der Platte, je nach dem Unterschied ihrer Geschwindigkeiten und je nach der Plattendicke eine Phasendifferenz erhalten haben, vermöge deren sie sich nicht mehr zu linear polarisiertem Lichte der anfänglichen Polarisationsebene, sondern im allgemeinen zu elliptisch polarisiertem Licht vereinigen. Dieses wird durch die Zerlegung im Analysator wieder in mehr oder weniger intensives, linear polarisiertes Licht umgewandelt, je nachdem die vom Analysator fortgepflanzte oder die von diesem ausgelöschte Komponente überwiegt. Im besonderen Fall, wo die Phasendifferenz der die Platte verlassenden Strahlkomponenten ein ganzes Vielfaches einer halben Wellenlänge $k \cdot {}^1/_2 \lambda$ beträgt, verbinden sich die Komponenten zu linear polarisiertem Lichte und zwar, wenn k eine gerade Zahl ist, unter Erhaltung der Polarisationsebene des in die Platte eintretenden Lichtes, wenn k ungerade ist, unter Drehung der Polarisationsebene um 90°. Im ersteren Falle löscht der Analysator den Strahl aus bei gekreuzter Stellung, im letzteren bei Parallelstellung. Da nun im weißen Lichte Strahlen der verschiedensten Größen der Wellenlänge λ enthalten sind, so werden durch die Wirkung der Kristallplatte die einen Anteile des weißen Lichtes im Analysator sich erhalten, die andern ausgelöscht werden. Man sieht daher bei Drehung des Analysators aus der einen Hauptstellung in die andre die Platte von der einen in die andre zweier komplementären Farben übergehen. Ganz ähnlich wie bei den Farben dünner Blättchen bestehen diese komplementären Farben (s. Farben, Bd. 3, S. 604) aus einer um so kleineren Zahl von Teilen des Spektrums, sind um so deutlicher voneinander verschiedene Mischfarben, je kleiner die Zahl k ist. Hat die Platte in verschiedenen Teilen verschiedene Dicke, so erscheinen diese Teile verschieden gefärbt; ein Gipskeil zeigt die Newtonschen Farbenbänder in der seiner Kante parallelen Richtung; er kann benutzt werden, um die Ordnung der Farbe zu bestimmen, welche ein dünnes Blättchen zeigt und folglich, um die Dicke des Blättchens zu ermitteln, indem man durch Aufeinanderlegen von Blättchen und Keil diejenige Stelle des Keils ermittelt, welche die Farbe des Blättchens zu weiß ergänzt. Ueber Farbenerscheinungen bei Platten optisch inaktiver Kristalle vgl. Zirkularpolarisation.

2. Senkrecht zur optischen Achse geschliffene Platten einachsiger Kristalle, die optisch inaktiv sind, d. h. keine Drehung der Polarisationsebene im Innern der Platte bewirken, zeigen

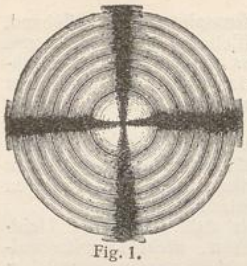


Fig. 1.



Fig. 2.
Ringsysteme in optisch-einachsigen Kristallen.

bei genau parallel durchgehendem Lichte keine Farbenerscheinungen, wohl aber bei genügend konvergierenden Richtungen des durchgehenden Strahlenbüschels. Alle gleichweit von der senkrechten Richtung abweichenden Strahlen erleiden eine Doppelbrechung von gleichem Betrage der Phasendifferenz; daher bilden sich konzentrische Ringe der Newtonschen Farbenbänder, deren Mitte in der Parallelstellung hell, in der Kreuzstellung dunkel ist, die aber auch entlang den beiden senkrechten Hauptebenen des Analysators von einem farblosen, bei Parallelstellung hellen, bei Kreuzstellung dunkeln Kreuze durchschnitten werden (Fig. 1 und 2). Für die verwickelteren Erscheinungen bei Platten doppeltbrechender, zweiachsiger Kristalle, die sich in ähnlicher Weise erklären, von denen Fig. 3 und 4 die Erscheinungen in Platten zeigen, deren Schnitt auf der Halbierungslinie des Winkels der optischen Achsen senkrecht steht, ferner für die Erscheinungen in gepreßten und gekühlten Gläsern sowie für die Geschichte und die exakte mathematische Erklärung der Beobachtungen sei auf die eingehende Behandlung des Gegenstandes in [2], [3], [6] und [7] verwiesen.

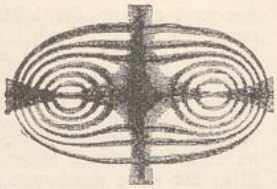


Fig. 3.



Fig. 4.
Ringsysteme in optisch-zweiachsigen Kristallen.

Literatur: [1] Huygens, Traité de la lumière, Leyden 1690, S. 89. — [2] Winkelmann, Handbuch der Physik, 2. Aufl., Leipzig 1906, VI, 2, S. 1123—1127. — [3] Müller-Pouillet, Lehrbuch der Physik und Meteorologie, 9. Aufl., Braunschweig 1897, S. 975. — [4] Pernter, J. M., Denkschr. Wien. Akad., 73, 1901, S. 300. — [5] Wiener, O., Wied. Ann. 40, 1890, S. 203. — [6] Riecke, Lehrbuch der Experimentalphysik, 2. Aufl., Leipzig 1902, I, S. 464 ff. — [7] Wüllner, A., Lehrbuch der Experimentalphysik, 5. Aufl., Leipzig 1897—99, 4, § 113. *Aug. Schmidt.*

Polarisation, dielektrische, der durch Influenz (s. d.) hervorgerufene elektrische Zustand eines Isolators (Dielektrikums), in welchem ähnlich, aber schwerer ausgleichbar, also dauernder, eine elektrische Polarität erzeugt wird.

Polarisation, elektrische, die Veränderung an der Oberfläche zweier Elektroden (z. B. derjenigen eines galvanischen Elementes oder eines elektrolytischen Bades), die nach erfolgter Stromeinwirkung eine elektromotorische Gegenkraft (s. Galvanismus) hervorruft, welche einen dem ursprünglichen Primärstrome entgegengesetzten Strom zu erzeugen sucht. Die Oberflächenveränderung wird durch die chemischen Reaktionen des Primärstromes bewirkt, welche auf den Elektroden Ueberzüge, z. B. von Wasserstoff und Sauerstoff, hervorbringen, deren Polarität der ursprünglichen entgegengesetzt ist. Der Wasserstoff geht hierbei zur Kathode (Kupferpol), der Sauerstoff zur Anode (Zinkpol).

Das Auftreten dieser elektromotorischen Kraft der Polarisation läßt sich durch folgenden Versuch nachweisen. Man legt in den Stromkreis einiger galvanischer Elemente eine Zersetzungszelle (Voltameter), bestehend aus zwei in angesäuertes Wasser getauchten Platinblechen, und ferner ein Galvanometer. Schaltet man dann die Elemente, nachdem sie eine Zeitlang Strom geliefert haben, aus und verbindet die Zersetzungszelle und das Galvanometer zu einem neuen Stromkreise, so gibt das letztere jetzt einen Ausschlag nach entgegengesetzter Richtung, zeigt also den durch die elektromotorische Gegenkraft hervorgerufenen Polarisations- oder sekundären Strom an. (Gaselement, s. a. Galvanismus.) Die Größe dieser elektromotorischen Kraft ist von der Natur der Elektroden und der zersetzten Flüssigkeit abhängig; sie beträgt z. B. bei Platinelektroden in Wasser $\sim 1{,}5$ Volt; die Zersetzung des Wassers tritt daher nur dann ein, wenn die Spannung der Elemente größer als 1,5 Volt ist. Sobald im weiteren Verlauf des Versuches die Gasschichten von den Elektroden verschwunden sind, hört auch der Polarisationsstrom auf.

Bezeichnet bei einem galvanischen Elemente (s. Galvanismus) J die Stromstärke, E die elektromotorische Kraft, W den Gesamtwiderstand und e die elektromotorische Gegenkraft der Polarisation, so ist $J = (E - e) : W$. Die Polarisation wirkt also auf den Primärstrom des Elementes schwächend ein, und ihre Wirkung muß beseitigt werden, wenn ein konstantes Element erzielt werden soll, welches während des Stromdurchganges gar keine oder doch nur eine geringe Abnahme der elektromotorischen Kraft erleidet. Bei allen neueren Elementen erfolgt die Beseitigung der Polarisation auf chemischem Wege, indem man solche Körper (Depolarisatoren) in die Nähe der Kathode bringt, welche leicht Sauerstoff abgeben und den freiwerdenden Wasserstoff binden. Dazu eignen sich besonders Superoxyde, starke Säuren, Salze u. dergl. (s. Galvanismus).

Im Gegensatz zu diesen Primärelementen bezeichnet man die obenerwähnte Zersetzungszelle als Sekundärelement. Ritter hat schon 1803 die Polarisation von Metallelektroden zur Herstellung solcher sekundären Elemente (Ladungssäulen) benutzt, konnte jedoch

keine befriedigenden Resultate bekommen, solange die Zersetzungsprodukte hauptsächlich nur aus Gasen bestanden, welche sich leicht wieder ablösten und so unwirksam wurden. Planté strebte deshalb dahin, die Zersetzungsprodukte mit der Elektrodenoberfläche in chemische Verbindung zu bringen, und es gelang ihm 1860, durch die Verwendung von Blei und Bleioxyden sehr wirksame Sekundärelemente (s. Akkumulatoren, elektrische) herzustellen.

Literatur: Heinke und Ebert, Handbuch der Elektrotechnik, Leipzig 1902; Holzt, Schule des Elektrotechnikers, Leipzig 1908. *Holzt.*

Polarisationsapparate, s. Polarisation des Lichts, Zirkularpolarisation.

Polarisationsebene, s. Polarisation des Lichts.

Polarisationsmikroskop, ein mit Linsengläsern versehener Polarisationsapparat (s. Polarisation des Lichts).

Die Linsen erfüllen den doppelten Zweck, Kristalle in konvergentem statt in parallelstrahligem Lichte untersuchen zu können, ein Vorteil, welchen die unmittelbar ans Auge gebrachte Turmalinzange gegenüber dem Nörrembergschen Polarisationsapparat ebenfalls besitzt, und den Zweck, mikroskopisch kleine Objekte der optischen Prüfung zu unterwerfen. Ueber ein sehr vervollkommnetes Instrument dieser Art, das Polarisationsinstrument von Groth, vgl. [1].

Literatur: [1] Frick-Lehmann, Physik. Techn. II, 6. Aufl., Braunschweig 1895, S. 861. *A. Schmidt.*

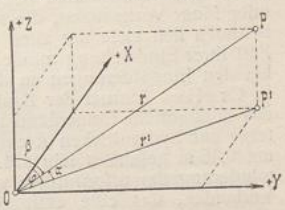
Polarisator, s. Polarisation des Lichts.

Polarisierter Sauerstoff, s. v. w. Ozon (s. d.).

Polariskop, s. Zirkularpolarisation.

Polarkoordinaten im Raum, in der Ebene, auf der Kugel und dem Ellipsoid.

In bezug auf den Punkt O, den Pol, in der Polarebene XY ist der Punkt P (s. die Figur) eindeutig bestimmt durch die Strecke r, welche Radius oder Radiusvektor genannt wird, sowie durch den Richtungswinkel φ und den Winkel α oder den Winkel β. r, φ und α oder β sind die Polarkoordinaten des Punktes P im Raum. r wird stets absolut genommen; φ zählt vom positiven Zweig der Polarachse X im positiven Drehungssinne von 0—360°; α wird von der Projektion r' des Radius auf die Polarebene aus entweder positiv oder negativ von 0—90° gezählt, je nachdem der Radius sich über die Polarebene erhebt oder sich unter diese Ebene senkt; β rechnet von der Normale $+Z$ zur Polarebene aus von 0—180° positiv. Ist die Polarebene eine Horizontalebene, so heißen die positiven Werte von α Höhenwinkel und die negativen Tiefenwinkel; die Winkel β sind dann Zenitwinkel. — In der Ebene wird die Lage des Punktes P' durch die Polarkoordinaten r' und φ bestimmt. — Die Punktbestimmung durch Polarkoordinaten ist auch übertragen worden auf die Kugel- und Ellipsoidoberfläche. Die Polarkoordinaten werden dann gebildet durch den kürzesten Entfernungsbogen zwischen Pol und Punkt und durch den Winkel, welchen der Bogen mit einer Anfangsrichtung einschließt. — Wegen der Berechnung von rechtwinkligen Koordinaten aus Polarkoordinaten und weiteres s. Koordinaten, Bd. 5, S. 618—621; ferner vgl. Kartenprojektion, Bd. 5, S. 391. *Hillmer.*



Polarkreis. Am Himmel sind der nördliche und der südliche Polarkreis, d. h. die Parallelkreise mit rund 23° 27′ (= Schiefe der Ekliptik) sphärischem Abstand vom Nordpol und Südpol der Sphäre, ohne weitere Bedeutung. Auf der Erdoberfläche sind die Polarkreise ebenso definiert: Parallelkreise mit $\varphi_1 = +66°\,33'$ und $\varphi_2 = -66°\,33'$ Breite.

Sie begrenzen auf jeder Erdhalbkugel die Polarkalotte, die man als kalte Zone bezeichnet. Ueber Tagesdauer, meteorologische Verhältnisse u. s. w. in Punkten der Polarkreise und dem Pol noch näherliegenden Punkten vgl. man die Lehrbücher der Geographie und Astronomie, vor allem auch Arrhenius, S., Kosmische Physik, Leipzig 1903.

Polarnormale, die Länge der Normale einer auf ein Polarkoordinatensystem r, φ bezogenen Kurve vom Kurvenpunkt bis zu einer Senkrechten zum Radiusvektor durch den Koordinatenursprung. Dieselbe ist

$$= \sqrt{r^2 + \left(\frac{dr}{d\varphi}\right)^2} = \frac{ds}{d\varphi},$$

wo ds das Bogenelement; beim Kreis z. B. konstant gleich dem Radius. *Wölffing.*

Polarsubnormale, die Länge einer durch den Ursprung senkrecht zum Radiusvektor gezogenen Geraden vom Ursprung bis zum Schnitt mit der Kurvennormale. Dieselbe ist $\frac{dr}{d\varphi}$ und z. B. konstant bei der archimedischen Spirale.

Polarsubtangente, die Länge einer durch den Ursprung senkrecht zum Radiusvektor gezogenen Geraden vom Ursprung bis zum Schnitt mit der Kurventangente. Dieselbe ist $r^2 : \frac{dr}{d\varphi}$ und konstant bei der hyperbolischen Spirale.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Polartangente, die Länge der Tangente vom Kurvenpunkt bis zu einer Senkrechten zum Radiusvektor durch den Urſprung. Dieſelbe iſt $= r\frac{ds}{dr}$, wo ds das Bogenelement, und konſtant bei der Polartraktrix. *Wölffing.*

Polartraktrix, die Kurve mit der Polargleichung $\vartheta = \frac{\sqrt{a^2 - r^2}}{r} - \arccos\frac{r}{a}$.

Sie hat einen Wendepunkt für $\vartheta = 1 - \frac{\pi}{4}$; der Urſprung iſt ein aſymptotiſcher Punkt. Die Polartangente iſt konſtant. Der Radiusvektor iſt dem Logarithmus des Bogens umgekehrt proportional. Die Fläche iſt gleich derjenigen eines Kreiſes mit Radius $\frac{a}{2}$. Die Kurve iſt zur Kreisevolvente invers.

Literatur: Schlömilch, Uebungsbuch zum Studium der höheren Analyſis, Bd. 1, 2. Aufl., Leipzig 1873, S. 96. *Wölffing.*

Polcura, ein bei San Jago (Chile) vorkommendes, an Alaunſalzen, Chlornatrium u. ſ. w. reiches Mineralgemenge, das als Gerbmaterial verwendet wurde.

Literatur: Dingl. Polyt. Journ. CXCII, 79. *Päßler.*

Polder oder Koog, allgemein eine umdeichte Fläche; man unterſcheidet Strompolder im Flußgebiet von den Seepoldern an der Küſte. Indeſſen beſchränkt man in der Regel die Bezeichnung auf Seepolder, und zwar auf jüngere umdeichte Flächen, ſowie auf ſolche Niederungen, die einer künſtlichen Entwäſſerung bedürfen und zu dieſem Zwecke innerhalb der Marſch mit einer beſonderen, das fremde Waſſer andrer Bezirke fernhaltenden Bedeichung umgeben ſind.

Die nach der Eindeichung eintretende Senkung des Bodens iſt bei den Seepoldern gewöhnlich erheblicher als bei den eingedeichten Gebieten der Flußtäler, einmal weil die Ablagerung der ſchlickhaltigen Sinkſtoffe an ſich viel ſtärker iſt, namentlich aber, weil unter dem Schlickboden häufig Lager von Darg (ein mit Schilf und Rohr durchſetzter Boden) oder Moor vorkommen, die noch auf Jahre hinaus eine Zuſammenpreſſung erfahren. Deshalb befinden ſich viele der alten Polder gegenwärtig 1—2 m unter ordinärer Flut, während ſie zur Zeit ihrer Eindeichung mindeſtens in gleicher Höhe mit ihr gelegen haben müſſen. Die Senkung bei den Einpolderungen an der deutſchen Seite des Dollart iſt nach Reinholds Mitteilungen in Crelles Journal der Baukunſt, Bd. 13, S. 308, zu 0,7—1,1 cm jährlich ermittelt, während das holländiſche Binnenland nach den älteren Unterſuchungen von Lulolf (Woltmann, Beiträge zur hydrauliſchen Architektur, Bd. 4, S. 121) ſeit dem Jahre 1250 in jedem Jahrhundert um 0,45 m geſunken ſein ſoll. In dieſer allmählichen Senkung liegt der Hauptgrund zur Verminderung der urſprünglich vorhandenen Vorflut; dazu kommt das allmähliche Anwachſen des Vorlandes, das eine entſprechende Verlängerung und Gefällverſtärkung des Außentiefs bedingt. Anderſeits liegen die Verhältniſſe der Seemarſchen in mancher Beziehung günſtiger als die der Flußmarſchen. So fehlen Eisgang und Eisſtopfungen; die hohen Waſſerſtände haben infolge des Wechſels von Ebbe und Flut eine weniger lange Dauer als das Hochwaſſer der Flüſſe, und da die tonhaltigen Ablagerungen ſtärker ſind, ſo fehlt auch das bei den Flußdeichen ſo läſtige und ſchädliche Kuverwaſſer. Die größere Stärke der fruchtbaren Bodenſchichten bedingt zugleich eine erhöhte und dauerhaftere Fruchtbarkeit, ſo daß das Ausbleiben neuer Schlickablagerungen weniger empfunden wird als in den eingedeichten Flußniederungen.

Bei einem neuen Polder vermindern ſich die auf 1 ha entfallenden Eindeichungskoſten mit der wachſenden Breite der umſchloſſenen Fläche. Es beſteht deshalb ſeitens der Beſitzer die Neigung, den neuen Deich möglichſt weit vorzuſchieben; doch ſollten nur gutbegrünte und 0,3—0,5 m über gewöhnlicher Flut liegende Flächen eingedeicht werden. Im übrigen iſt es wirtſchaftlich richtiger, die Eindeichung vorzunehmen, ſobald ſich die aufgewendeten Koſten rentieren, als eine Verbreiterung des künftigen Polders abzuwarten, weil die Nutzung des außendeichs liegenden Gebiets infolge ſeiner zeitweiſen Ueberflutung nur eine beſchränkte iſt. Während ſein Wert vielleicht 1000 ℳ pro Hektar beträgt, ſteigt er nach erfolgter Eindeichung wohl auf 3500 ℳ und noch höher. Betragen deshalb — unter Zugrundelegung des letztgenannten Wertes — die Koſten für 1 m Deich einſchließlich der Siele 75 ℳ, ſo dürfen auf 1 ha Polder $3500 - 1000 : 75 = 33$ m Deich kommen, d. h. es muß das Polder $10\,000 : 33 = 300$ m breit ſein, um die Eindeichung nutzbringend zu machen. Dieſe Art der Berechnung bezieht ſich auf Deiche, deren Fuß im feſten grünen Vorlande liegt und deshalb von den gewöhnlichen Fluten nicht getroffen wird; ihre Unterhaltungskoſten ſind dann mäßig und laſſen ſich meiſtens aus den Einnahmen für Beweidung des Deichkörpers decken.

Das Anwachſen des vor dem neuen Deich liegenden Vorlandes pflegt durch die Einpolderung begünſtigt zu werden, weil das Flutwaſſer den Polder nicht mehr wie früher bedeckt; es nimmt alſo auch die über das Außendeichland zurückfließende Waſſermenge und damit die das Ablagern der Sinkſtoffe ſtörende Strömung entſprechend ab.

Literatur: Hagen, Handbuch der Waſſerbaukunſt, 3. Teil, 1878, Bd. 1, S. 286 ff.; Garbe, Handbuch der Ingenieurwiſſenſchaften, Bd. 3, 2. Abt., 2. Aufl., 1900, S. 689; Eckermann, Die Bedeichung der Maxquellen, Zeitſchr. f. Bauw., 1875, S. 219; Die Polder und Polderdeiche der unteren Schelde in Belgien, Ann. des travaux publics de Belgique 1899. *Frühling.*

Polderdeich, Bezeichnung für den zur Eindeichung eines Polders hergeſtellten Deich, ſolange er noch nicht einer regelmäßigen Schauung unterzogen und dadurch zum Schaudeich erhoben wird.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Damit dies geſchehen kann, muß der neue Deich ſich mehrere Jahre hindurch bewährt haben, eine dichte Grasnarbe und genügendes Vorland beſitzen; auch muß die Feſtſetzung der Beträge zur Deichlaſt erfolgt ſein, welche die Beſitzer des neuen Polders dem betreffenden Deichverbande zu entrichten haben. Die Entſcheidung über die ſogenannte Verſtühlung, d. h. über die Annahme des Polderdeichs zum Schaudeich, erfolgt durch die obere Aufſichtsbehörde, nachdem der angemeſſene Zuſtand des Deichs und derjenige der zugehörigen Entwäſſerungsanlagen durch beſondere Feſtſtellung (welche ſich auf die Höhe der Deichlaſten bezieht) erfolgt iſt. *Frühling.*

Poldermühlen, zur Entwäſſerung eingedeichter Polder dienende Schöpfwerke. Ihr Betrieb erfolgte früher faſt ausſchließlich durch Windmühlen, an deren Stelle in den letzten Jahrzehnten immer mehr die Dampfmaſchine getreten iſt, namentlich bei den zum Ackerbau dienenden Flächen (vgl. Schöpfwerke). — Zur Trockenhaltung von 100 ha rechnet man in Holland etwa $1^1/_4$ PS. *Frühling.*

Polderpegel, der zuläſſige höchſte Waſſerſtand oder Staufpiegel des Binnentiefs vor dem Siele, welcher ſich nach den niedrigſten Grundſtücken der bedeichten und durch das Siel zu entwäſſernden Marſch richtet. *Frühling.*

Poldiſtanz, ſ. Polweite, Koordinaten am Himmel.

Polen, ſ. Kupfer, Bd. 5, S. 782.

Polhöhe nennt man die anguläre Erhebung des am betreffenden Erdorte ſichtbaren Himmelspols über die Ebene des Horizonts, reſp. über diejenige Ebene, welche am Beobachtungsort die Erdoberfläche tangiert. Mit Polhöhe wird identiſch gebraucht geographiſche Breite.

Dieſe iſt aber definiert als derjenige Winkel (φ), welchen die Normale im Beobachtungspunkt mit der Ebene des Erdäquators einſchließt. Dieſe Normale geht einmal wegen der elliptiſchen Geſtalt der Erdmeridiane nur am Pol ſelbſt und am Aequator durch den Mittelpunkt der Erde, an allen andern Orten aber nicht durch denſelben, außerdem braucht dieſelbe auch nicht in der Ebene des Meridians zu liegen, da die Erde kein genaues Rotationsellipſoid iſt. Die Polhöhe iſt, wie ſchon Beſſel vermutete, ſeit etwa 20 Jahren durch Anwendung ſehr genauer Methoden zu ihrer Beſtimmung aber genau nachgewieſen, kleinen Schwankungen von etwa 0,″2 Amplitude um einen Mittelwert unterworfen, die offenbar von Maſſenverſchiebungen im Erdkörper herrühren (vgl. dazu Erdachſenſchwankung und Nordpol). Bezüglich des Unterſchiedes zwiſchen aſtronomiſcher und geodätiſcher Breite vgl. Geographiſche Koordinaten, Geodätiſche Uebertragung und Lotabweichung. *Ambronn.*

Polhöhenbeſtimmung. Ein großes und wichtiges Kapitel der geodätiſchen und aſtronomiſchen Lehren bildet die Beſtimmung der Polhöhe (ſ. Breite, geographiſche). Die geodätiſche Beſtimmung der Polhöhe eines Ortes kann nur eine relative ſein, d. h. ſie kann nur durch Uebertragung der bekannten Breite eines Ortes auf der Erde durch Diſtanz und Azimut nach einem andern Orte geſchehen. Vgl. dazu Geodätiſche Uebertragung. Die aſtronomiſche Polhöhenbeſtimmung, die auf verſchiedene Weiſe geſchehen kann, iſt eine abſolute Meſſung, und dieſe allein mag hier näher erläutert werden.

1. Einleitung. Die direkte Beſtimmung der Polhöhe φ iſt erreicht, wenn das Zenit Z des Beobachtungspunkts (vgl. Fig. 1, welche den Meridianſchnitt darſtellt) gegen den Kulminationspunkt K irgend eines Sterns mit bekannter δ beſtimmt iſt, d. h. wenn der Bogen ZK gemeſſen iſt. Es iſt nämlich Bogen $ZA = \varphi$, ferner $AK = \delta$, ſomit, wenn die Kulminations- (d. h. die Meridian-)Zenitdiſtanz ZK des Geſtirns mit z_0 bezeichnet wird (z_0, d. h. der gemeſſenen Zenitdiſtanz verbeſſert für Refraktion und wenn nötig für Parallaxe, vgl. die Art. Höhenwinkel und Refraktion reſp. Parallaxe)

$$\varphi = z_0 + \delta \; (= 90^0 - h_0 + \delta).$$ 1.

Für weniger genaue Beſtimmung der geographiſchen Breite, z. B. auf einer Reiſe, genügt in der Tat die Meſſung einer ſolchen Kulminationszenitdiſtanz (Meridianhöhe) bis auf 0,′3 bis 0,′5. Iſt das Geſtirn die Sonne oder ein Planet, ſo muß δ für die Ortszeit des Meridianſtands interpoliert werden. Kennt man den Moment der Kulmination des Geſtirns ziemlich genau, ſo liefert die Meſſung der Höhe reſp. die Zenitdiſtanz in dieſem Moment ein recht gutes Reſultat für die Polhöhe nach 1. Iſt die Zeit der Beobachtung aber weniger ſcharf bekannt, ſo muß man eine größere Anzahl von Meſſungen machen und dieſe durch graphiſche Auftragung nach Uhrangabe als Abſziſſe und nach Höhe als Ordinate oder auch durch rechneriſche Behandlung ausnutzen zur Ableitung der größten Höhe. Es braucht dann alſo gar nicht einmal der Fehler der Uhr bekannt zu ſein, nur ein einigermaßen gleichförmiger Gang derſelben iſt erforderlich. Wie immer verteilt man bei ſolchen Meſſungen die Einſtellungen gleichmäßig auf beide Fernrohrlagen, darf aber nicht I und II zuſammenfaſſen, ſondern muß ſie getrennt reduzieren (Indexfehler, + und — in der I. und II. Lage, vorläufig als erſt am Schluß zu beſtimmende Unbekannte mitgeführt). Handelt es ſich um genauere Ermittlung der Polhöhe, ſo ſchlägt man mit Vorteil das folgende Verfahren ein:

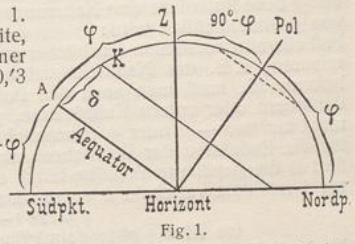


Fig. 1.

2. Zirkummeridianzenitdiſtanzen. Da man im allgemeinen das Geſtirn nicht gerade im Meridian beobachten kann, es auch mehrmals anviſieren will, ſo mißt man nahe beim Meridian ſogenannte Zirkummeridianhöhen oder -zenitdiſtanzen, z. B. Höhen der Sonne, die nicht weit entfernt vom wahren Mittag liegen, und „reduziert“ ſie auf den Meridian, d. h. man bringt an die jeweils gemeſſene Zenitdiſtanz eine Korrektion an, die den Unterſchied zwiſchen z_0 und z ausdrückt. Iſt t der Stundenwinkel im Augenblick der Meſſung öſtlich oder weſtlich vom Meridian (der beſonders bei kleinem z_0 nicht groß ſein darf, z. B. nicht über 10 oder 15 Zeitminuten; für einen Stern ſehr nahe beim Pol vgl. 3.), ſo ergibt ſich die Reduktion auf den Meridian genügend aus:

$$h_0 - h = z - z_0 = \frac{\cos\varphi\cos\delta}{\sin(\varphi-\delta)} \cdot 2\frac{\sin^2\frac{t}{2}}{\sin 1''} \qquad 2.$$

(wobei für $2\frac{\sin^2\frac{t}{2}}{\sin 1''}$ ſehr ausführliche Tafeln vorhanden ſind; vgl. unten); bei größerem t und ſchärferer Rechnung iſt rechts beizufügen:

$$-\left\{\frac{\cos\varphi\cos\delta}{\sin(\varphi-\delta)}\right\}^2 \operatorname{ctg}(\varphi-\delta)\,2\frac{\sin^4\frac{t}{2}}{\sin 1''}.$$

Setzt man dann den aus den Einzelmeſſungen ſich ergebenden Mittelwert von z_0 oder h_0, wie er ſich aus dem gemeſſenen z oder h gemäß 2. ergibt, in 1. ein, ſo iſt die Aufgabe gelöſt.

3. Polarishöhen. Ebenſo bequem wie die Höhen der Sonne, der Planeten oder der helleren Fixſterne in der Nähe des Meridians nach 2. (Meſſung über Mittag oder wenigſtens in der Morgen- oder Abenddämmerung) iſt für weniger genaue Beſtimmungen in nicht zu kleinen Breiten auf der Nordhalbkugel eine Polarishöhe zu beliebiger bekannter Zeit.

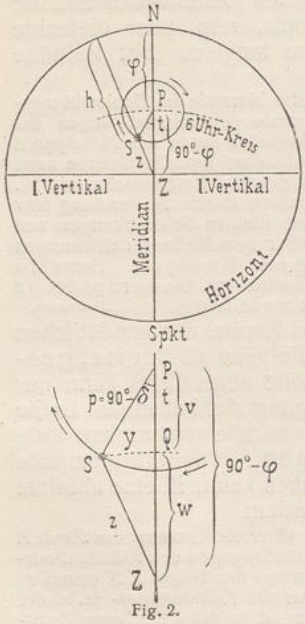


Fig. 2.

Die Bedingung für eine genaue Beſtimmung von φ iſt, daß das beobachtete Geſtirn ſeine Zenitdiſtanz nur langſam ändert, damit eine Unſicherheit in der Zeitangabe nur geringen Einfluß auf die Meſſung von Zenitdiſtanz erhält. Das iſt im allgemeinen in der Nähe des Meridians der Fall, wie in 2. angenommen, für polnahe Sterne gilt das aber für jeden Stundenwinkel noch genügend. Der Polarſtern (α Ursae min.) z. B. erreicht bei $\varphi = 48^0\,47'$ und bei Annahme von $90^0 - \delta = 1^0\,15'$ in ſeiner größten Digreſſion nur $1^0\,54'$ im Azimut, und vom Azimut allein iſt in einem beſtimmten Beobachtungsort die Geſchwindigkeit der Höhenänderung der Geſtirne abhängig. Im Falle des Polarſterns ändert ſich daher die Zenitdiſtanz in 3,7 Zeitſekunden nur um $1''$ in ungünſtigſter Stellung. Iſt zur Sternzeit Θ die Zenitdiſtanz z (Höhe $h = 90^0 - z$) des Polarſterns gemeſſen, alſo der Stundenwinkel t des Sterns zur Meſſungszeit $t = \Theta - \alpha$, ſo iſt (vgl. Fig. 2) im „aſtronomiſchen Dreieck“ ZPS die Seite $PZ = 90^0 - \varphi$ zu beſtimmen aus den zwei andern Seiten z und p und dem Gegenwinkel t von z. Zieht man alſo die Höhe aus S (Großkreisbogen SQ ſenkrecht zum Meridian), ſo iſt aus den zwei rechtwinkligen Dreiecken:

$$\left.\begin{aligned} \sin y &= \sin t \sin p, \qquad \operatorname{tg} v = \cos t \operatorname{tg} p, \\ \cos w &= \frac{\cos z}{\cos y} = \frac{\sin h}{\cos y}, \end{aligned}\right\} \quad 3.$$

alſo aus:

$$90^0 - \varphi = v + w, \qquad \varphi = 90^0 - (v + w), \qquad 4.$$

die geſuchte Breite beſtimmt.

Dieſer direkten Auflöſung ſubſtituiert man in der Regel mit Rückſicht auf die Kleinheit von p beim Polarſtern eine Näherungsauflöſung; durch Reihenentwicklung. Bis zu den 2. Potenzen von p einſchließlich wird: $\varphi = h - p\cos t + \frac{1}{2}p^2\sin^2 t \operatorname{tg} h.$ 5.

Faſt alle aſtronomiſchen Jahrbücher enthalten auch nach 5. eingerichtete Tafeln, die alle Rechnung erſparen, z. B. das Nautiſche Jahrbuch jedes Jahres [1]. Wenn die Zeit ſehr wenig genau bekannt iſt, muß man auch den Polarſtern in der Nähe des Meridians nehmen (in der Nähe der obern oder untern Kulmination, wobei alſo das erſte und Hauptkorrektionsglied rechts ſich nicht viel von $-p$ oder $+p$ unterſcheidet und das zweite klein iſt). Einen ähnlichen Ausdruck für die Reduktion der Polarisbeobachtungen erhält man, wenn man in der Reihenentwicklung ſtatt h die genäherte Polhöhe ſelbſt einführt; das hat den Vorteil, daß man das dritte Glied nicht mit dem variabeln h zu rechnen braucht. Es iſt dann

$$\varphi = 90^0 - (z + p\cos t - M\sin^2 t - N),$$

wo $M = \frac{1}{2}p^2\operatorname{tg}\varphi\sin 1''$ und $N = \frac{1}{4}p^3(1 + 3\operatorname{tg}^2\varphi)\sin^2 t\cos t\sin^2 1''$ iſt.

Nach dieſer Formel laſſen ſich ſehr bequeme und ſcharfe Tafeln rechnen [9].

4. Nautiſche Breitenbeſtimmungen. Die vorſtehenden Methoden 2. und 3. ſind die wichtigſten auch zur See; Meſſung der h mit Spiegel- und Prismeninſtrumenten (ſ. d.) über der Kimm (ſ. d., Bd. 5, S. 470). Eine große Menge von Schriften (Lehrbücher der Navigation u. ſ. w.) und Tafeln ſind den nautiſchen Breitenbeſtimmungen gewidmet, von denen in [2]—[6] einige angeführt ſind. Einzelheiten ſ. a. in den Art. Douwes' Aufgabe (ſ. a. Littrows Aufgabe, Sumnerlinien u. ſ. w.). — Daß ſehr raſche Bewegung des Schiffs in der Richtung Nord-Süd oder umgekehrt bei der Reduktion der Zirkummeridianhöhen auf den Meridian von

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

beträchtlichem Einfluß iſt (die größte Höhe der Sonne iſt nicht für den Meridianſtand der Sonne vorhanden, ſondern ſie kann in unſern Breiten bis zu 25 Zeitſekunden früher oder ſpäter als der Meridiandurchgang eintreten, was von der Aenderung der Deklination der Sonne abhängt), iſt neuerdings mehrfach erörtert worden, zuerſt in [7].

5. Feine Zirkummeridianzenitdiſtanzmeſſung auf dem feſten Land, welche die Breite z. B. für Erdmeſſungszwecke auf 0,″2 oder 0,″1 genau liefern ſoll, kombiniert ſtets zwei Sterne, die ungefähr in gleichen Zenitdiſtanzen N. und S. vom Zenit des Beobachtungspunkts kulminieren, da man ſich ſo von der nicht ſelten vorhandenen Anomalie in der Hauptkonſtanten der Refraktion (ſ. d.) befreien und zugleich die Durchbiegung des Fernrohrs (ſ. d.) beſtimmen und in Rechnung bringen kann.

Sehr häufig werden z. B. Zenitdiſtanzen von Polaris (zu beliebiger Zeit) mit den Zirkummeridianzenitdiſtanzen von Südſternen, die ungefähr in derſelben Höhe kulminieren, kombiniert. Oder es werden beliebige Sternpaare in der Nähe des Meridians genommen, wobei in jedem Paar der eine Stern ungefähr ebenſoweit gegen N. vom Zenit entfernt kulminiert wie der andre gegen S., während von Paar zu Paar dieſe Kulminationshöhe wechſelt. Dabei iſt es neuerdings nach dem Vorgang von v. Sterneck vielfach üblich geworden, die verwendeten Sterne ſämtlich je nur im Augenblick der Kulmination ſelbſt zu beobachten (alſo jeden nur einmal, je in dem angedeuteten Augenblick, einzuſtellen); vgl. z. B. [8]. — Doch muß in Beziehung auf ſolche feinere Meſſung auf die Literatur verwieſen werden, z. B. [10]—[12].

6. Weitere Methoden für feinere Meſſung. Ebenſo können andre Methoden für dieſelben Zwecke hier nur angedeutet werden. Neben der in 5. genannten Methode der zum Zenit ſymmetriſchen Zirkummeridianzenitdiſtanzen, die den Nachteil haben, daß die Kreisteilungs- und Mikrokopfehler in Betracht kommen, wird auf Erdmeſſungsſtationen u. ſ. w. viel verwendet die Methode der „Durchgänge durch den I. Vertikal“ (Oſt- und Weſtzweig des I. Vertikals), die aber einen ſehr guten Uhrgang vorausſetzt (der Uhrſtand kommt nicht in Betracht), ſo daß auch ſehr gute Boxchronometer kaum genügen; vgl. Albrecht u. ſ. w., S. 58—74. Eigentümliche regelmäßige Unterſchiede zwiſchen den durch Zirkummeridianzenitdiſtanzen und durch Durchgangsbeobachtungen im I. Vertikal beſtimmten geographiſchen Breiten von oft überraſchend hohen Beträgen (0″,2, ja 0″,5) ſind bis jetzt nicht genügend erklärt.

Die Horrebow-Talcottſche Methode der Meſſung von Meridianzenitdiſtanzdifferenzen mit Hilfe der Mikrometerſchraube (durch den Amerikaner Talcott aufs neue eingeführt und verbeſſert, ſo daß ſie meiſt ſeinen Namen trägt), beſeitigt die ſyſtematiſchen Fehler in weitgehendem Maß (Kreisteilungsfehler, Biegung des Fernrohrs, Uhrfehler, Refraktionsanomalien kommen nicht in Betracht; nur die Fehler der Sterndeklinationen gehen noch in ihrem ganzen Betrag in die Reſultate ein). Man braucht zu ihrer Anwendung ein beſonderes Inſtrument mit Okularmikrometer, am beſten ein ſogenanntes Zenitteleſkop mit den nötigen beſonderen Einrichtungen mit ſehr empfindlichen Libellen; vgl. im übrigen [9], [10]. Ueber noch weitere Elimination der ſyſtematiſchen Fehler (Fehler der Sternpoſitionen) ſ. z. B. [11].

7. Photographiſche Breitenbeſtimmung. Da die Beſtimmung der geographiſchen Breite gleichbedeutend iſt mit der Auffindung desjenigen Punktes am Himmel, nach welchem die Lotlinie hinzeigt, ſo kann man auch φ finden, wenn es gelingt, ein Bild der Zenitgegend des Himmels für einen gegebenen Moment zu erhalten und auf dieſem den Zenitpunkt zu finden. Das läßt ſich erreichen mittels photographiſcher Aufnahmen, wenn dieſelben ſo angeordnet ſind, daß z. B. dem Zenit nahe Sterne in zwei um 180° azimutal verſchiedenen Aufnahmen Spuren auf der Platte ziehen. Die Verbindungslinien genau entſprechender Punkte dieſer Spuren müſſen ſich dann im Zenit ſchneiden. Die Lage dieſes Durchſchnittspunktes zu den abgebildeten Sternen, deren Poſitionen bekannt ſind, liefert dann die Deklination des Zenits und damit unmittelbar die geographiſche Breite. Des weiteren muß auf die Literatur verwieſen werden [15].

8. Schlußbemerkungen. Es ſei zum Schluß noch angeführt, daß die Beſtimmung der Polhöhe auf 1′, 20″, 10″ auch auf einer Reiſe mit Hilfe eines kleinen Univerſalinſtruments oder mit Reflexionskreiſen eine ſehr einfache und raſch zu erledigende Sache iſt, während die Beſtimmung auf 1″ bereits ziemlich große Inſtrumente und länger fortgeſetzte Beobachtung vorausſetzt. Die Anwendung der Talcottſchen Methode mit Benutzung des viſuellen und des photographiſchen Zenitfernrohrs hat für feine Meſſungen den Fehler auf etwa $^1/_{20}$″ herabgeſetzt.

Zur ganzen Aufgabe vgl. die Handbücher der ſphäriſchen und praktiſchen Aſtronomie, außer den in [9], [12], die mehr elementare Meſſungen nach 2. und 3. behandeln [13], und auch zahlreiche, oben nicht genannte Methoden zur Beſtimmung der Breite oder Breite und Uhrkorrektion u. ſ. w. gleichzeitig aus mehreren gemeſſenen Höhen oder Beobachtung von Sterndurchgängen durch denſelben Vertikalkreis oder Kombination von Höhen mit Azimutdifferenzen u. ſ. w. Auch Beobachtung der Durchgänge verſchiedener Sterne durch einen und denſelben Almukantarat kann benutzt werden, vgl. Nadirinſtrument. Angeführt ſei auch noch die näherungsweiſe Beſtimmung der Breite, z. B. auf 1′ genau (ſowie der Zeit und des Azimuts), ohne Inſtrument, die Harzer angegeben hat [14].

Literatur: [1] Tafel 11 des Anhangs, Breitenbeſtimmung nach der Höhe des Polarſterns. Da die Hauptkorrektion an $h, p \cos t$ mit einem für mehrere Jahre konſtant angenommenen p_0 berechnet wird, ſo iſt eine dritte Korrektion notwendig, die das wirkliche p berückſichtigt. — [2] Towſon, Tables for the Reduction of Ex-Meridian Altitudes, London 1880. — [3] Hutton, Pol Star Latitude, London 1890 ([2] und [3] ganz elementar). — [4] Domke, Nautiſche, aſtron. und log. Tafeln, 8. Aufl., Berlin 1885. — [5] Handbuch der Navigation (Reichsmarineamt), 4. Aufl., Berlin 1903, und Bolte, F., Neues Handbuch der Schiffahrtskunde, Hamburg 1899, Bd. 2, Tafelſammlung. — [6] Ambronn, Breitenbeſtimmungen zur See, Hamburg (Seewarte) 1894; guter Ueberblick über die wichtigſten nautiſchen Methoden. — [7] Goodwin, The Ex-Meridian etc.,

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

London 1894. — [8] Veröff. des Preuß. geod. Inſt., Beſtimmung der Polhöhe auf 22 Stationen Kolberg—Schneekoppe, Berlin 1896. — [9] Chauvenet, Spherical and Practical Astronomy; Herr-Tinter, Sphäriſche Aſtronomie, Wien 1887, S. 410—515; Brünnow, Sphäriſche Aſtronomie, 4. Aufl., Berlin 1881, 5. Abſchn.; Doolittle, Pract. Astronomy, 4. Aufl., New York 1893, Kap. 5 u. 8; Loomis, Pract. Astron., 7. Aufl., New York 1892, S. 137—165; Caſpari, Astronomie pratique, Bd. 2, Paris 1889, S. 3—48; Albrecht, Formeln und Hilfstafeln für geogr. Ortsbeſtimmungen, 3. Aufl., Leipzig 1894, S. 43—86. — [10] Anwendungen in einer Menge von Erdmeſſungsſchriften, die Polhöhen publizieren, deren Titel hier nicht angegeben werden können; vgl. Geodätiſche Literatur (Veröff. der internationalen Erdmeſſung) von Börſch, Berlin 1889. — [11] Förſter, Zur Theorie des Durchgangsinſtruments, Anhänge des Berliner Aſtronom. Jahrbuchs für 1880 und 1882. — [13] Jordan, Grundzüge der geogr. Ortsbeſtimmung, Berlin 1885, §§ 19—21, 24 u.f.w.; Marcuſe, Ad., Handbuch der geogr. Ortsbeſtimmung für Geographen und Forſchungsreiſende, Braunſchweig 1905; Wislicenus, Handbuch der geograph. Ortsbeſtimmung auf Reiſen, Leipzig 1891, S. 167—218. — [14] Petermanns Geogr. Mitteilungen, Gotha 1896, S. 111, und: Ueber geogr. Ortsbeſtimmungen ohne aſtronomiſche Inſtrumente, Berlin 1896 (Mitteil. d. Vereins der Freunde der Aſtronomie und kosm. Phyſik). — [15] Neumayer, G., Wiſſenſchaftliche Beobachtungen auf Reiſen, 3. Aufl., Hannover 1906, Bd. 1, S. 58 ff.

Ambronn.

Polierahle, -apparat, ſ. Polieren.

Polieren, Poliermittel, -werkzeuge, -maſchinen. Das Herſtellen einer glänzenden Oberfläche auf Gegenſtänden von Metall, Stein, Holz, Elfenbein, Knochen, Horn, Schildpatt, Glas, Leder u. ſ. w. nennt man polieren.

1. **Polieren der Metalle.** Es beruht auf einem Niederdrücken oder Wegſchleifen (oder beides vereinigt) der kleinen Unebenheiten. Das Niederdrücken findet mit Hilfe der Polierſtähle (Polierahlen), Polierſteine und Polierhämmer ſtatt. Polierſtähle (Fig. 1—7) ſind gehärtete und feinpolierte Stähle, mit denen die zu polierende Fläche unter Druck überfahren wird; ſie ſind in einem Heft (Fig. *d—g*) oder zwecks Ausübung eines ſtarken Drucks in einem langen Holzſtiel (Fig. *a—c*) gefaßt, deſſen Ende auf die Schulter aufgelegt wird. Die Geſtalt des Stahls iſt je nach dem Zweck verſchieden: ſchwach kegelförmig, lanzett-, ſtiefel-, ſchnecken-, linſenförmig u. ſ. w. Zur Verminderung der Reibung und des Anſetzens von Metallpartikeln an die Polierſtähle wird Seifenwaſſer, Oel oder Bierhefe verwendet und der Stahl von Zeit zu Zeit auf einem Lederkiſſen mit Polierrot oder Kalk und Oel abgerieben. Die Polierſtähle werden für Gold, Silber, Aluminium u. ſ. w. beſonders dann angewendet, wenn nur einzelne Teile der Oberfläche poliert werden ſollen, ferner bei vergoldeten, verſilberten, plattierten u. ſ. w. Gegenſtänden, deren dünner Ueberzug ein Polieren durch Abſchleifen nicht geſtattet. Für die gleichen Zwecke finden die Polierſteine (Blutſtein, Achat, Jaſpis, Feuerſtein, Chalcedon u. a.), die durch Schleifen und Polieren mit einer glatten Druckfläche verſehen werden, Anwendung. — Die Polierahlen (Glättahlen) werden benutzt, um mit der Reibahle aufgeriebene Löcher zu glätten; ſie ſind verjüngt geſtaltete, ganz glatte und feinpolierte ſtählerne Werkzeuge, welche mit Gewalt in das Loch hineingedreht werden. — Die Polierhämmer (Handhammer mit kreisrunder, ſchwach gewölbter, feinpolierter Bahn) dienen in Verbindung mit dem Polierſtock (Polierſtöckel, kleiner Amboß mit quadratiſcher, ſchwach gewölbter, feinpolierter Bahn und abgerundeter Kante) zum Schlagen von Weißblech, um die Verzinnung blank und glänzend zu machen, von Kupferſchmiedarbeiten u. ſ. w. Als Polierhämmer werden auch ſchnellgehende mechaniſche Hämmer bezeichnet, welche z. B. bei der Senſenherſtellung die Senſen glatt hämmern. — Die Polierwalzen ſind fein-, für Edelmetalle hochglanzgeſchliffene Walzen, die beim Durchgang des Walzguts dieſem eine glänzende Oberfläche verleihen (ſ. a. Walzen).

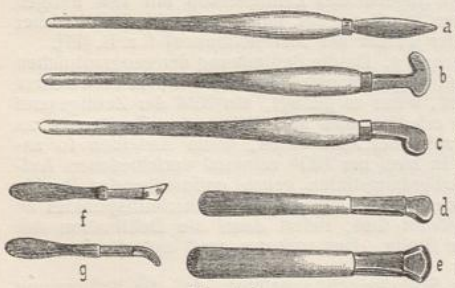


Fig. 1—7.

Das Polieren durch Wegſchleifen der kleinen Unebenheiten geſchieht unter Anwendung feingepulverter Schleifmittel (Poliermittel). Dieſe werden trocken oder mit Oel, Spiritus, Stearinöl, Waſſer, Glyzerin u. ſ. w. angerührt oder in Paſtenform angewendet. Als Poliermittel kommen in Betracht: feingeſchlämmte Schmirgel, Eiſenoxyd, Pariſerrot, Polierrot, Crokus, Colcothar, Zinnaſche, Knochenaſche, gebrannter ungelöſchter (beſonders Wiener) Kalk, Tripel u. a. [1]. Um das Poliermittel zur Wirkung zu bringen, muß es in der Regel auf einen Träger aufgebracht werden und eine gegenſeitige raſche Bewegung zwiſchen Arbeitsſtück und Poliermittelträger ſtattfinden. Da es ſich um ein Schleifen (mit feinen Schleifmitteln) handelt, ſo kommen naturgemäß Einrichtungen beim Polieren zur Anwendung, die auch beim Schleifen gebraucht werden. Es gilt deshalb ein Teil der Ausführungen im Art. Schleifen (ſ. d.) auch für das Polieren. Als Träger für Poliermittel kommen insbeſondere in Betracht (ſ. unten): Polierleder, Tuch, weiche Hölzer, Bürſten, Filz, Papier, Kork u. ſ. w.

Die für das Polieren notwendige Bewegung zwiſchen Arbeitsſtück und Poliermittel bezw. Poliermittelträger kann erfolgen:

a) bei kleineren Gegenſtänden wie Ketten, Kugeln u. ſ. w. mit Hilfe von Polierfäſſern (Poliertrommeln, -tonnen), ſ. Fig. 8. In die um eine wagerechte Achſe drehbare und verſchließbare Trommel werden die Arbeitsſtücke mit Lederſpänen und dem Poliermittel (z. B. feinſtem Schmirgelpulver oder Wienerkalk mit Stearinöl u. ſ. w.) eingebracht;

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

b) bei Rotationskörpern durch Rotierenlaſſen auf einer Dreh- oder Drückbank (letztere deshalb auch als Drück- und Polierbank bezeichnet), wobei als Poliermittelträger mit der Hand angedrückte Polierleder, Polierfilze, Polierhölzer (Stäbe aus gleichmäßigem weichem [Linden- oder Weiden-] Holz, die auch bisweilen mit Leder, Tuch oder Kork bekleidet werden) und Polierkluppen

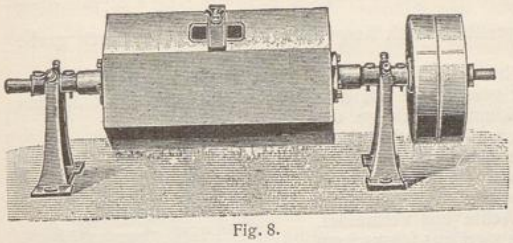


Fig. 8.

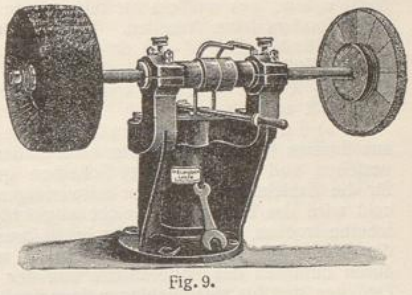
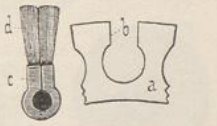


Fig. 9.

(aus zwei konkav ausgeſchnittenen, mit einem Scharnier verſehenen Backen beſtehend, zwiſchen welche das Arbeitsſtück gepreßt wird) dienen;

c) bei unregelmäßig geſtalteten Gegenſtänden läßt man den Poliermittelträger ſich bewegen, der die Form rotierender Scheiben (Polierſcheiben) oder endloſer, über Rollen geführter Leder- oder Baumwollriemen (ſ. Schleifen) beſitzt. Die Polierſcheiben werden auf die Achſen der raſch rotierenden Spindeln der Polierapparate und -maſchinen aufgeſteckt und das Arbeitsſtück gegen die Scheiben angedrückt und fortwährend gewendet. Fig. 9 zeigt eine Poliermaſchine mit zwei, Fig. 10 eine Polierbank mit vier Scheiben; bei letzterer werden die Lagerböcke in der Regel mit Ausladung verſehen, damit man beim Polieren längerer Arbeitsſtücke nicht behindert iſt. Die Poliermaſchinen ſind gegenüber den Schleifmaſchinen für maſſive Schmirgelſchleifräder (ſ. Schleifen) etwas leichter gebaut. Die Spindeln werden in der Regel ſo hoch über dem Fußboden gelagert, daß das Polieren im Sitzen vorgenommen werden kann. An Scheiben finden Verwendung:



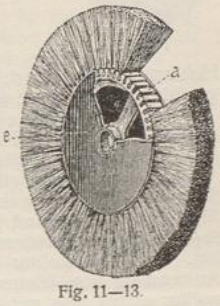


Fig. 11—13.

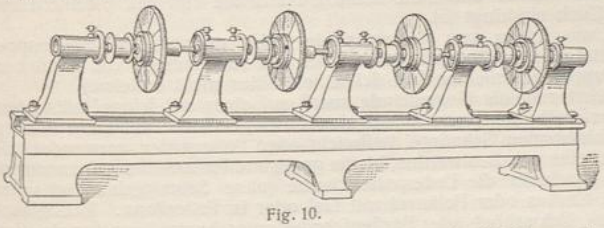


Fig. 10.

α) Bürſtenſcheiben. Zur Herſtellung der Bürſte werden gewöhnlich echte Schweinsborſten oder mexikaniſche Fiber oder auch Miſchungen aus beiden verwendet; ſie werden in Holz- oder in Gußeiſen- bezw. Stahlſcheiben befeſtigt. Eine Befeſtigungsart für letztere iſt in Fig. 11—13 dargeſtellt. Die gußeiſerne Scheibe *a* hat am Umfange Ausſchnitte *b*, in welche die Metallfaſſungen *c* für die Büſchel *d* paſſen. Die eingeſchobenen Büſchel werden durch ſeitliche Scheiben *e* geſichert.



Fig. 17—23.

β) Lederpolierſcheiben. Als Leder zum Polieren eignet ſich nur ſpeziell für Polierzwecke hergeſtelltes Ochſen-, Büffel- oder Walroßleder. Das letztere iſt vorteilhafter, da es durch ſeine Dicke (ca. 7—30 mm) und die hierdurch bedingte große Elaſtizität eine feinere Politur erzeugt und dauerhafter iſt. Kleinere Polierſcheiben (etwa bis 125 mm Durchmeſſer) beſtehen ganz aus Leder; bei den größeren wird das Leder entweder auf eine ſternförmig (Fig. 14) oder kreuzweiſe verleimte Holzſcheibe (in der Regel Pappelholz) aufgeleimt (wobei die Enden der Riemen abgeſchrägt werden, damit ſie ſich gut übereinander legen; das überſtehende Ende darf zum Vermeiden des Aufreißens nicht gegen das Arbeitsſtück laufen) oder die Scheibe wird aus einzelnen Lederſtücken nach Fig. 15 und 16 (Kompreßſcheibe, Wilhelm Hegenſcheidt, Ratibor) gebildet. Der Kranz *a* wird aus hochkantig aneinander gereihten Lederſtücken gebildet, in kräftigen Preſſen auf die gewünſchte Dichtigkeit

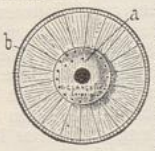


Fig. 14.

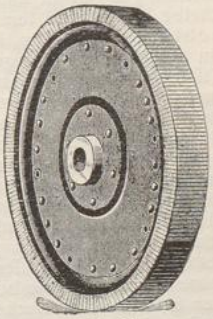


Fig. 15.

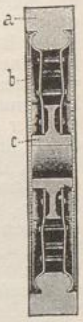


Fig. 16.

gepreßt und von ringförmigen Stahlplatten *b* eingefaßt, die mit der gußeisernen Nabe *c* und untereinander vernietet sind.

γ) Filzscheiben und Filzkegel aus braunem Filz für gröbere Arbeiten wie Eisen, Stahl u. s. w., aus weißem für feinere wie Messing, Nickel, Silber u. s. w., und aus Hasenhaarfilz für besonders feine Arbeiten. Verschiedene Formen von Filzkegeln zum Polieren von Hohlräumen sind in Fig. 17—23 dargestellt. Die Filzscheiben werden in weichem oder imprägniertem hartem Zustand verwendet.

δ) Korkscheiben werden aus gepreßtem Kork hergestellt, zeichnen sich durch große Elastizität aus.

ε) Tuch- oder Schwabbelscheiben (Puffs), Fig. 24. Eine Reihe von Tuchscheiben aus starkem Köpertuch werden aufeinander gelegt und mit dem Wellenloch durch Durchstoßen versehen und zwischen zwei Scheiben geklemmt. Infolge der für die Erzielung der Politur notwendigen hohen Umdrehungszahl wird das Poliermittel leicht abgeschleudert und die Tuchscheibe trocken, so daß sie sehr leicht brennt. Fig. 25—27 zeigt die Konstruktion einer Schwabbelscheibe, welche diese Nachteile durch Zuführen des Poliermittels von der Achse aus vermeidet. Zwischen drei bis vier Tuchlagen kommen je zwei aus schwachem verzinkten Blech bestehende Scheiben *b*, von denen die eine acht Leistchen *c* von etwa 2 mm Stärke trägt, so daß Hohlräume zwischen den Scheiben entstehen; das Ganze wird zwischen den Vorlegescheiben *d d* festgespannt. Aus einem hochstehenden Behälter mit regulierbarem Abfluß wird das Poliermittel in die



Fig. 24.

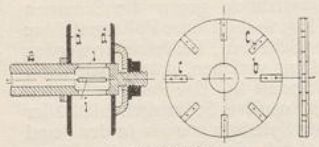


Fig. 25—27.

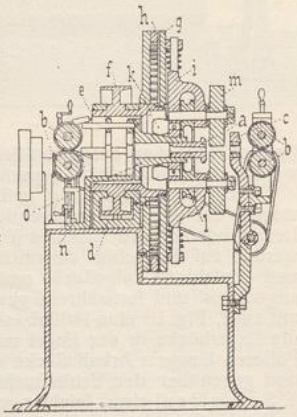


Fig. 28.

Hohlachse *a* eingeführt, von der aus es durch die Schlitze *i* und die von den Blechscheiben gebildeten Hohlräume in das Tuch eindringt [5].

ζ) Papierscheiben, aus Lagen von Zeitungspapier oder ganz dünner Holzpappe, zwischen welche das Poliermittel eingepreßt wird, ohne oder mit Anwendung von Leim hergestellt. (Mit gewöhnlichen Pappdeckelscheiben läßt sich eine Politur nicht erzielen.)

Am zweckmäßigsten poliert man die Gegenstände zuerst auf einer mit feingeschlämmtem Schmirgel belegten Walroßlederscheibe matt vor, indem man die Gegenstände mit einer dünnen Mischung von Oel und feingeschlämmtem Schmirgel bestreicht oder Polierpasten verwendet, die so lange gegen die rotierende Scheibe gehalten werden, bis sie genügend Poliermittel aufgenommen hat. Zur Glanzpolitur dient gleichfalls die Lederpolierscheibe (ohne Schmirgelauftrag) unter Anwendung von Wiener Kalk, Crokus oder Polierrot mit Oel oder in Pastenform. Hochglanzpolitur erzielt man mit der Filz-, Schwabbel- oder Bürstenscheibe unter Anwendung der gleichen Poliermaterialien.

d) Für Arbeitsstücke besonderer Form sind spezielle Verfahren und Maschinen ausgebildet: Zum Polieren von Walzen für Papiermaschinen, Walzendruckmaschinen, Kalander u. s. w. dient eine Maschine mit einem Gestelle, in welchem die zu polierende Walze parallel zur Welle mit der Polierscheibe gelagert ist und wie diese in schnelle Umdrehung versetzt wird, während die Polierscheibe langsam auf ihrer Welle entlang der Walze sich verschiebt [10]. — Zum Polieren großer Blechtafeln aus Eisen, Kupfer, Nickel u. s. w. dient eine Maschine mit langem Gestell und einer in der Mitte darüber gelagerten wagerechten Polierwalze. Unter derselben hindurch wird der Tisch mit der eingespannten Blechtafel geführt [4]. Auch hat man zwei oder drei Poliertrommeln schräg nach abwechselnden Richtungen über dem Tische angeordnet, welche von der Maschine aus beständig axial hin und her verschoben werden. Die Blechplatte kann durch Speisewalzen zugeführt werden [5]. Andre Maschinen haben runde oder ringförmige Tische, die mit den aufgespannten Blechplatten langsam unter der rasch laufenden Polierscheibe oder -trommel hindurch gedreht werden [6]. Maschinen zum Polieren nicht großer Zink-, Kupfer-, Messing-, Neusilberbleche u. s. w. s. [7]. — Ein zum Polieren von Draht, Röhren, runden Metallstäben dienende Maschine ist in Fig. 28 dargestellt. Sie besitzt eine Führungsbüchse *a*, durch welche der zu polierende Draht, Metallstab oder die Röhre mittels Zuführwalzen *b* bewegt wird. Zur besseren Führung ist in der umklappbaren Platte *c* ebenfalls eine auswechselbare Führungsbüchse befestigt. Die Büchse *a* befindet sich in der Scheibe *o*, welche mittels Bolzen in dem festen Bocke *n* längs verschiebbar und einstellbar ist. Im Lager *d* ist die mit Riemscheibe *f* in einem Stück bestehende hohle Spindel *e* drehbar, welche die Planscheibe *g* trägt. An der letzteren gleiten in Führungen zwei sich gegenüberliegende Böcke *i*, deren Laufrollen *k* von Spiralfedern an die konische Nabe der Scheibe *o* angepreßt werden. In den Böcken *i* sind Wellen mit Riemscheiben *l* und Polierscheiben *m* gelagert. Durch Verschiebung der Scheibe *o* lassen sich die Polierscheiben *m* nähern oder entfernen. An andern Stellen der Planscheibe *g* sind Riemscheiben gelagert, deren Wellen durch die Planscheibe hindurchgehen und hinten Getriebe tragen, welche ihrerseits in den festen Zahnkranz *h* eingreifen. Bei der Umdrehung der Spindel *e* wälzen sich die erwähnten Getriebe an dem Zahnkranz *h* und

verſetzen dadurch die Riemſcheiben in ſchnelle Umdrehung. Dieſe treiben durch Riemen und Riemſcheiben *l* die Polierſcheiben *m* um [8]. Bei einer andern Maſchine dreht ſich die röhrenförmige Spindel um eine hohle Achſe herum, welche unverrückbar ſtill ſteht und am vorderen Ende ein Zahnrad trägt. In dasſelbe greift ein kleineres Zahnrad ein, welches an der Planſcheibe angebracht iſt und bei deren Umdrehung die mit ihm ſtarr verbundene Polierſcheibe von großem Durchmeſſer umtreibt [9]. Auch wendet man ſtatt der Polierſcheibe ein endloſes Polierband an, welches über durch Getriebe von einem Innenrade aus in Umdrehung geſetzte Riemſcheiben, Spannrollen und zwiſchen Leitrollen in der Nähe der Spindelachſe hindurch über den zu polierenden Metallſtab oder die Röhre herumläuft [3]. — Ueber das Polieren der Nadeln ſ. Nadelherſtellung, Bd. 6, S. 556.

Literatur: [1] Karmarſch, Handbuch der mechaniſchen Technologie, 6. Aufl., bearbeitet von H. Fiſcher, Leipzig 1891, Bd. 2, S. 390. — [2] Hoyer, E. v., Lehrbuch der vergleichenden mechaniſchen Technologie, 4. Aufl., Wiesbaden 1906, Bd. 1. — [3] Pregél, Fr., Fräſe- und Schleifmaſchinen, Stuttgart 1892, S. 211. — [4] Siddon, Ratgeber in der Kunſt des Schleifens, Polierens und Färbens, 5. Aufl., Weimar 1897. — [5] Werkſtattstechnik 1907, 1. Jahrgang, S. 299. — [6] D.R.-Patentſchriften Kl. 49.

A. Widmaier.

2. **Polieren des Holzes.** Bei Holz müſſen durch geeignete Mittel die Poren verſchloſſen werden, ſo daß man eine ebene, nicht von einzelnen tiefer liegenden Stellen unterbrochene Fläche erhält, der durch Aufreiben alkoholiſcher Schellacklöſung ſpiegelnder Glanz erteilt wird. Dem Polieren des Holzes geht das Schleifen mit Maſchinen (ſ. Schleifen) oder von Hand voraus, das entweder trocken mittels Bimsſtein, Glaspapier oder mittels eines Stückes Bimsſtein unter Zuhilfenahme eines feſten oder flüſſigen Fettes (Talg, Leinöl, Paraffinöl) vorgenommen wird. Letzteres Verfahren liefert zwar ſehr glatte Flächen, hat aber den Uebelſtand, daß das Oel oder Fett unter der Schellackdecke ſich verändert und nach einiger Zeit Unebenheiten und Riſſe in der Politurſchicht hervorruft, was man mit dem Namen „Ausſchwitzen der Politur“ bezeichnet. Um dieſen Uebelſtand zu beſeitigen, hat man zu andern Mitteln gegriffen, die Poren des Holzes auszufüllen, z. B. Leimen mit Leimwaſſer, Behandeln mit Holzfüller (ſ. d.) u. ſ. w. Nach dem Verſchließen der Poren wird mit Politur (Löſung von Schellack in Alkohol, je nach Farbe des Schellacks als helle, dunkle oder weiße Politur bezeichnet) das Polieren begonnen. Auf einen Wattebauſch bringt man wenig Politur, ſchlägt um dieſen einen reinen groben Leinwandlappen, dreht die Enden desſelben zuſammen, daß ſie einen bequemen Handgriff geben, gibt einen Tropfen Leinöl auf die untere Fläche und fährt mit dem Ballen, indem man ihn leicht gegen das Holz andrückt, unter kreisförmigen und geraden Zügen auf dieſer hin, bis ſie überall gleichmäßig bedeckt iſt, wobei die Politur durch den Lappen filtriert wird. Das Oel erleichtert die raſche Bewegung mit dem Polierballen, die Schicht wird aber bei zu viel Oel ſchmierig, klebt und es reißen ſich einzelne Stellen der Politur wieder aus, was unbedingt vermieden werden muß. Der praktiſche Tiſchler unterſcheidet bei der Arbeit zwei Momente: das Grundieren und das Auspolieren; während des Polierens iſt Wärme und ein ſtaubfreies Lokal nötig, und es muß den einzelnen Schichten genügend Zeit zum Trocknen gegeben werden. Grundiert wird ſo lange, bis alle Teile des zu polierenden Gegenſtandes vollkommen gleichmäßig mit Politur gedeckt ſind und einen matten, von Oel herrührenden Glanz zeigen; dann läßt man einige Tage austrocknen und poliert mit ſehr dünner Politur aus. Drechſlerarbeiten werden in ähnlicher Weiſe auf der Drehbank poliert, doch rotiert bei dieſen das Arbeitsſtück, während der Polierballen mit der Hand angehalten wird. Zum Polieren ebener Holzflächen ſind Maſchinen konſtruiert worden, welche die ſchleifenförmigen Bewegungen des Polierballens in der Hand des Arbeiters nachahmen. Fig. 29 zeigt eine doppelte Poliermaſchine der Maſchinenfabrik C. L. P. Fleck Söhne, Berlin-Reinickendorf. Das zu polierende Holz wird auf dem ſelbſttätig ſich hin und her bewegenden Tiſch, deſſen Lauflänge beliebig eingeſtellt werden kann, befeſtigt und der Poliermechanismus ſo weit herabgelaſſen, daß die elaſtiſch befeſtigten Polierballen den nötigen Druck auf das Holz ausüben. Die Polierballen beſtehen aus einem muſchelartig geformten und durchbohrten Holzkörper, deſſen nach unten verengte Bohrung die mit Polierflüſſigkeit getränkte Wolle ſowie die dieſe umgebende Leinwand aufnimmt. Zum Eindrücken der Wolle dient ein durch einen Bajonettverſchluß feſtgehaltener Deckel mit einer zum Nachgießen von Politur bezw. Spiritus dienenden Bohrung. — Gebeizte Hölzer können nur, wenn in der Maſſe

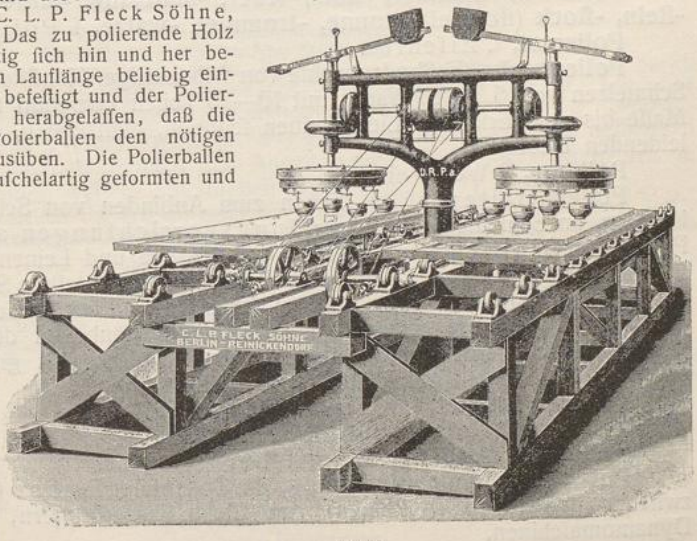


Fig 29.

gefärbt, geſchliffen werden; Waſſerfarbenmalereien auf Holz müſſen erſt eine feſte Schicht mittels Pinſels aufgetragener Politur erhalten, ehe ſie poliert werden können. Das Ausſchwitzen der Politur iſt ein Uebelſtand, der ſich beim Schleifen mit Oel nie beſeitigen läßt, aber nie eintreten wird, wenn man Holzfüller (ſ. d.) verwendet oder die zu polierende Fläche zunächſt mehreremal mittels Pinſels mit Politur überzieht und dann erſt mit Ossa sepia oder feinſtem Glaspapier abſchleift (vgl. a. [2]). Mit Politurlacken (Streichpolituren), d. h. mit alkoholiſchen vollkommen klaren Löſungen verſchiedener Harze, Sandarak, Maſtix, Kopale, meiſtens jedoch Schellack, mit Elemi, Terpentin und geringen Mengen ätheriſchen Oels verſetzt, überzieht man ſolche Teile an Holzgegenſtänden, die ſich, wie Leiſten, Kerbſchnitzereien, Bildhauerarbeiten u. ſ. w., nicht mit dem Polierballen polieren laſſen, oder alte, abgeſtandene polierte Holzobjekte. Die Lacke müſſen ſehr raſch trocknen, ſich leicht auftragen laſſen und guten Glanz geben; ſie dürfen nicht nachkleben, in der Handwärme nicht erweichen und die Glätte längere Zeit beibehalten. Sie kommen als weiße, hellbraune und ſchwarze Politurlacke in den Verkehr.

3. **Polieren der Steine.** Dasſelbe gelingt beſonders ſchön bei dichten und körnigen Steinen. Am beſten poliert Schlämmſchmirgel, dann Tripel, ferner Schwefelblume. Für härtere Geſteine nimmt man Speckſtein, Crokusſtahlglanz und Eiſenoxyd in geglühtem und geſchlämmtem Zuſtande. Dieſe Politurmittel werden unter entſprechendem Waſſerzufluß mittels Bleiplatten, dann mit Filz oder Flanell, zuletzt trocken mit Leder aufgerieben, manchmal auch einige Tropfen Salpeter- oder Schwefelſäure zugeſetzt. Die polierten Flächen können noch gefärbt und geätzt werden; vgl. a. Schleifen, Werkſteinbearbeitung und die unter [1] angeführte Literatur.

4. **Polieren von Elfenbein, Horn, Knochen, Schildpatt.** Elfenbein wird zunächſt mit naſſem Schachtelhalm, fein gemahlenem und geſchlämmtem Bimsſtein mittels Waſſers geſchliffen, indem man mit einem Stück Filz in kreisförmigen Bewegungen über den Gegenſtand fährt; bei nicht glatten Flächen benutzt man, um in die Vertiefungen zu kommen, eine Bürſte. Poliert wird mittels eines Tuchlappens, geſchlämmtem Tripel und Seife trocken oder mittels eines mit Seifenwaſſer befeuchteten Leinwandlappens mit geſchlämmter Kreide oder Wiener Kalk, bei verzierten Gegenſtänden mit Zuhilfenahme einer Bürſte. — Horn läßt ſich am beſten auf der Drehbank mittels lederbezogener Scheiben mit Tripel und Oel ſchleifen und werden die Gegenſtände ſo geglättet, daß ſchon bloßes Abreiben mit der Hand genügt, ſchönen Glanz zu erzielen. Hohen Glanz erreicht man, indem man die Gegenſtände mit ſchwarzer Seife überzieht, mit der Hand Faulerde aufbringt und die mit Seife überzogenen Stellen ſo lange reibt, bis dieſe entfernt und ein ſpiegelnder Glanz entſtanden iſt. — Knochen werden wie Elfenbein behandelt, bei Schildpatt tritt dieſelbe Behandlung wie bei Horn ein; vgl. a. [3].

5. **Polieren von Glas,** ſ. Schleifen.

Literatur: [1] Handbuch der Arch., 1. Teil, Bd. 2, 1. Hälfte, S. 94; Hauenſchild, H., Unterſuchungen von Schleifſteinen etc.: Mitteilungen des Technolog. Gewerbemuſeums zu Wien, 1880, Nr. 1, 2 und 3; Weber, M., Das Schleifen, Polieren, Färben etc. des Marmors, Weimar 1864; Derſ., Deutſche Induſtrieztg. 1870, S. 496; Fioraventis Methode der Polychromierung, Wiecks Illuſtr. Gewerbeztg. 1875, S. 7. — [2] Andés, Techn. Vollendungsarbeiten der Holzinduſtrie, 4. Aufl., Wien 1903; Haubold, Färben und Imitieren des Holzes, Berlin 1887; Schmidt, Schleifen, Beizen und Polieren, 6. Aufl., Weimar 1878. — [3] Andés, Verarbeitung des Horns, Elfenbeins, Schildpatts etc., Wien 1885; Haubold, Färben und Imitieren des Holzes, der Knochen und des Elfenbeins, Berlin 1887; Kühn, Handbuch für Kammacher, Weimar 1878; Martin und Spitzbarth, Die Kunſt des Drechſlers, Weimar 1879; Kreuzburg, Lackierkunſt, 11. Aufl. 1903. *Andés.*

Polierfaß, -hammer, -holz, -leder, -maſchine, -mittel, -ſcheibe, -ſtahl, -ſtein, -ſtock (ſtöckel), **-tonne, -trommel, -walze,** ſ. Polieren.

Polierrot, ſ. Eiſenrot.

Polierwachs, Fußbodenwichſe von ſalbenartiger Konſiſtenz, erhalten durch Schmelzen von 5 Teilen Wachs mit 10—15 Teilen Terpentin und Umrühren der Maſſe bis zum Erkalten. Liefert einen ſchönen, glänzenden, durch Waſſer nicht leidenden Ueberzug. *Andés.*

Polkette, ſ. Weberei.

Poller (Haltepfähle) dienen zum Anbinden von Schiffen auf Flüſſen, Kanälen, an Schleuſen. S. a. Landungsvorrichtungen an Flüſſen. — Die Poller auf Schiffen, zum Belegen von Troſſen und Leinen, werden meiſt als Doppelpoller aus Gußeiſen oder geſchweißtem und gebörteltem Stahlblech gefertigt.

Pollmehl (Blaumehl), das bei der erſten und letzten Schrotung gezogene dunkle Mehl, das im erſteren Falle durch die Stäubchen der Fruchthaut, im letzteren durch zerriebene Schalenteile eine bläuliche bis grauſchwarze Farbe erhält und daher den guten Mehlen ferngehalten wird. *Arndt.*

Polloſer Magnet, ſ. Magnetismus.

Pollſtichel (Boltſtichel), ſ. Grabſtichel.

Polniſcher Verband, ſ. Gotiſcher Verband.

Pol- oder Klemmenſpannung, die Spannungsdifferenz (Potentialdifferenz) zwiſchen den Polen (Klemmen) von Elektrizitätserzeugern, z. B. Elementen, Dynamomaſchinen.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Die Beziehungen der Klemmenſpannung zur elektromotoriſchen Kraft (ſ. Galvanismus) ergeben ſich aus folgender Betrachtung. Fließt ein Strom durch einen Leiter, ſo geht hierbei Spannung verloren, und dieſer Spannungsverluſt (Volt) iſt gleich dem Produkte aus der Stromſtärke (Ampère) und dem Widerſtande des betreffenden Leiters (Ohm). Die Spannung an den Klemmen eines Elektrizitätserzeugers kann daher während der Stromlieferung nicht gleich ſeiner elektromotoriſchen Kraft ſein, da der Strom, bevor er an die Pole gelangte, den inneren Widerſtand überwinden mußte, wodurch ein Spannungsverluſt entſtand. Die Spannung an den Polen, die ſogenannte Klemmenſpannung, iſt ſomit bei einem ſtromgebenden Element oder einer Dynamo kleiner als die elektromotoriſche Kraft, und zwar kleiner um den Spannungsverluſt im Innern (Produkt aus der Stromſtärke und innerem Widerſtand). Iſt z. B. die elektromotoriſche Kraft einer Dynamomaſchine $= E$, ihr innerer Widerſtand $= w$, die Klemmenſpannung $= e$, die Stromſtärke $= i$, ſo iſt $e = E - iw$.

Literatur: Heinke und Ebert, Handbuch der Elektrotechnik, Leipzig 1902; Holzt, Schule des Elektrotechnikers, Leipzig 1908. *Holzt.*

Polonceaudachſtuhl (Polonceauträger), graphiſche Berechnung.

Die Stabkräfte für lotrechte Belaſtung, alſo für Eigengewicht und Schneelaſt, findet man am einfachſten mittels eines Cremonaſchen Kräfteplans (ſ. d.). Fig. 1 zeigt den Kräfteplan für einen einfachen, Fig. 3 für einen doppelten oder Wiegmannſchen Dachſtuhl; bei beiden kann man ſich der Symmetrie wegen auf die Hälfte beſchränken. Die Bezeichnung der Kräfte bedarf keiner Erläuterung; nur beim doppelten Dachſtuhl iſt zu bemerken, daß die Kräfte in den Stäben 1, 3, 5 und 5, 7, 8 je durch die Nummern der Stabenden begrenzt ſind. Auf Druck beanſpruchte Stäbe ſind im Dachſtuhlgerippe durch Doppelſtriche hervorgehoben. Fig. 2 zeigt, wie der Einfluß des Windes für den einfachen Polonceauträger gefunden wird. Angenommen, der Träger beſitze rechts ein Rollenlager, ſo zerlegt man die Mittelkraft R der drei Winddrücke in zwei Seitenkräfte, von denen die eine, B, lotrecht durch das rechte Auflager, die andre, A, durch das linke Auflager geht, und zeichnet hierauf wieder einen Kräfteplan, diesmal jedoch für den ganzen Träger. In ähnlicher Weiſe iſt auch der Einfluß des Winddrucks von der Seite des beweglichen Auflagers zu berückſichtigen. Vgl. a. Dachſtuhl (eiſerner), Bd. 2, S. 526.

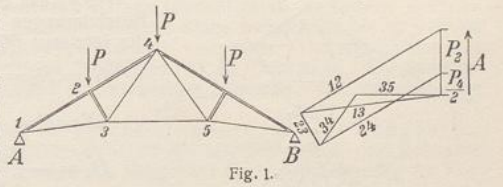


Fig. 1.

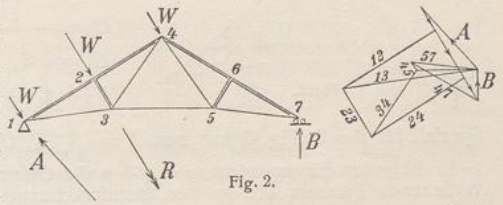


Fig. 2.

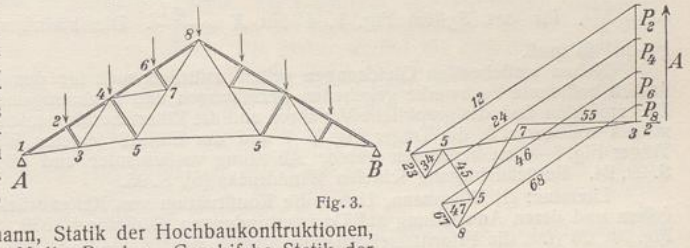
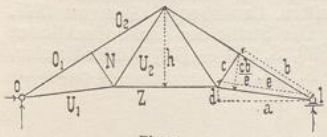


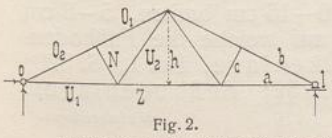
Fig. 3.

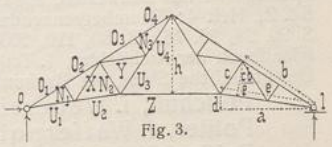
Literatur: Wittmann, Statik der Hochbaukonſtruktionen, 3. Teil, München 1884; Müller-Breslau, Graphiſche Statik der Baukonſtruktionen, Stuttgart 1905; Ritter, W., Anwendung der graphiſchen Statik, 2. Teil, Zürich 1890; Lauenſtein, Die graphiſche Statik, Stuttgart 1898; verſchiedene andre Werke über graphiſche Statik; Förſter, Eiſenkonſtruktionen der Ingenieurhochbauten, Leipzig 1906. *Mörſch.*

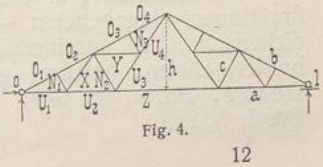
Polonceauträger oder richtiger Wiegmannträger [1], [7] heißen in erſter Linie Balkenfachwerke nach den Anordnungen Fig. 1—4, denen ſich je nach Umſtänden noch weitere anſchließen laſſen (Fig. 5—7).

Als das Schweißeiſen bei Trägern mehr und mehr Eingang fand, ergab ſich u. a. das Bedürfnis nach entſprechender Ausgeſtaltung von Dachbindern (vgl. z. B. Emy, Traité de l'art de la charpenterie, II, Paris 1841, S. 278). Unter andern Anordnungen wurden die Fig. 1 und 3 von Wiegmann [1] und kurz darauf Fig. 1 auch von Polonceau [2] vorgeſchlagen. Dieſe Träger fanden raſch Eingang und werden auch gegenwärtig ſehr häufig verwendet [8]. In ſtatiſcher Beziehung hat der Wiegmannträger mit dem Dreieckträger (ſ. d.) gemein, daß bei beliebigen Belaſtungen


Fig. 1.


Fig. 2.


Fig. 3.


Fig. 4.

jeder Stab entweder nur Zug oder nur Druck erhält. Die größten und kleinſten Beanſpruchungen aller Stäbe treten bei möglichſt ſtarker und möglichſt ſchwacher Belaſtung des ganzen Trägers ein (Vollbelaſtung und Eigengewicht allein).

Im folgenden ſei l die Spannweite, K die Belaſtung jedes der oberen Knotenpunkte mit Ausnahme der beliebig belaſteten bei den Auflagern (welche weniger ſtark belaſtet zu ſein pflegen). Die unteren Knotenpunkte werden als unbelaſtet angenommen. Der Symmetrie halber iſt nur eine Trägerhälfte zu berechnen.

Syſtem Fig. 1, 2. Bei den angedeuteten Bezeichnungen der Längen und Stabkräfte hat man die Werte der letzteren ([6], S. 92):

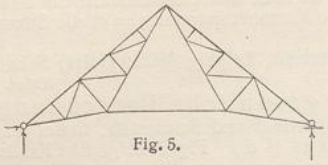


Fig. 5.

$$N=-\frac{l}{4b}K, \qquad Z=\frac{l}{2h}K,$$

$$O_1=-\frac{3a}{2c}K, \qquad O_2=-\frac{l+2a}{4c}K,$$

$$U_1=\frac{3el}{8cb}K, \qquad U_2=\left(1+\frac{2d}{h}\right)\frac{el}{8cb}K.$$

Speziell für den Fall $d=0$ (Fig. 2) folgen hieraus

$$U_1=\tfrac{3}{2}Z,\ U_2=\tfrac{1}{2}Z.$$

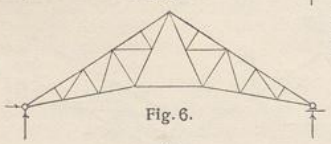


Fig. 6.

Syſtem Fig. 3, 4. Mit den in Fig. 3 angedeuteten Bezeichnungen der Längen und Stabkräfte ſind die Werte der letzteren ([6], S. 93):

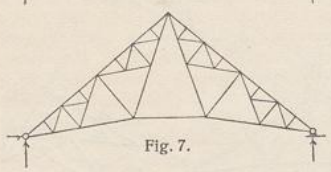


Fig. 7.

$$N_1=N_3=-\frac{l}{4b}K, \qquad N_2=2N_1,$$

$$X=Y=\frac{el}{8cb}K, \qquad Z=\frac{l}{h}K,$$

$$O_1=-\frac{7a}{2c}K, \qquad O_2=-\frac{l+10a}{4c}K,$$

$$O_3=-\frac{l+3a}{2c}K, \qquad O_4=-\frac{3l+2a}{4c}K,$$

$$U_1=7X, \qquad U_2=6X,$$

$$U_3=\left(1+\frac{2d}{h}\right)2X, \qquad U_4=\left(3+\frac{4d}{h}\right)X.$$

Speziell für $d=0$ (Fig. 4) hat man $X=\frac{l}{8h}K$, $U_3=2X$, $U_4=3X$.

Iſt g das Eigengewicht, $q=g+p$ die Geſamtlaſt pro Längeneinheit Träger, dann liefern vorſtehende Formeln die größten Beanſpruchungen der Stäbe für das Syſtem Fig. 1, 2 mit $K=\frac{ql}{4}$, für das Syſtem Fig. 3, 4 mit $K=\frac{ql}{8}$. Die kleinſten Beanſpruchungen ſind g/q-mal ſo groß.

Neben vorſtehenden Gleichungen gelten natürlich auch für den Wiegmannträger die für ſtatiſch beſtimmte Fachwerke gegebenen Beziehungen und Rechnungsmethoden (Bd. 3, S. 548). Zu empfehlen ſind das graphiſche Verfahren und die Ritterſche Momentenmethode, Bd. 3, S. 549, mittels welcher z. B. die Träger Fig. 5—7 und der Einfluß ſchiefen Winddrucks auch für die Träger Fig. 1—4 zu berechnen wären. Ableitung vorſtehender und allgemeinerer Formeln [6], S. 92, 94. Berückſichtigung ſchiefen Winddrucks [6], S. 96.

Literatur: [1] Wiegmann, Ueber die Konſtruktion von Kettenbrücken nach dem Dreiecksſyſtem und deren Anwendung auf Dachverbindungen, Düſſeldorf 1839, S. 27, 29, und Tafel II, Fig. 23, 28 (ſ. a. die Prioritätsreklamation Allgem. Bauztg. 1842, S. 267). — [2] Polonceau, Sur un nouveau système de charpente en bois et en fer, Revue générale de l'architecture et des travaux publics, I, Paris 1840, S. 27 (überſetzt Allgem. Bauztg. 1840, S. 273, ſ. a. 1851, S. 354). — [3] Schmidt, Ueber die Inanſpruchnahme der die beiden Dachbinderhälften eines franzöſiſchen Dachſtuhles verbindenden Horizontalſtangen bei Nichtaufhängung durch eine vertikale, im Firſt befeſtigte Hängeſtange, Civilingenieur 1874, S. 215. — [4] Caſtigliano, Théorie de l'équilibre des systèmes élastiques, Turin 1879, S. 362 (deutſche Ausgabe von Hauff, Wien 1886, S. 364). — [5] Collignon, Cours de mécanique, appliqué aux constructions, I, Paris 1885, S. 266, 802. — [6] Weyrauch, Beiſpiele und Aufgaben zur Berechnung der ſtatiſch beſtimmten Träger für Brücken und Dächer, Leipzig 1888, S. 91—100. — [7] Lang, Zur Entwicklungsgeſchichte der Spannwerke des Bauweſens, Riga 1890, S. 53, 56, 118. — [8] Handbuch der Architektur, 3. Teil, Bd. 2, Heft 4: Raumbegrenzende Konſtruktionen (von Schmitt u. Landsberg), Stuttgart 1897, S. 20, 23, 26, 76, 78, 80, 110, 203, 205, 292. — [9] Landsberg, Die Statik der Baukonſtruktionen (Handbuch der Architektur, 1. Teil, Bd. 1, Heft 2), Stuttgart 1899, S. 230. — [10] Müller-Breslau, Die graphiſche Statik der Baukonſtruktionen, I, Leipzig 1901, S. 227. *Weyrauch.*

Polſchuß, ſ. Weberei.

Polſter, ſ. Waſſerpolſter.

Polſterhölzer, in Oeſterreich, die in das Füllmaterial der Deckenkonſtruktionen eingebetteten — meiſt waldkantigen, 10—15 cm breiten, 5—8 cm dicken, ca. 1 m auseinander liegenden Hölzer —, auf welche die Fußbodenbretter, Dielen, befeſtigt (genagelt) werden. S. Balkenlage, Bd. 1, S. 529; Decke, Bd. 2, S. 679; Dielungen, Bd. 2, S. 752; Fußbodenlager, Bd. 4, S. 223. *Weinbrenner.*

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Polſtermaterialien dienen zum Ausfüllen von Kiſſen, Polſtern, Matratzen, zum Verpacken zerbrechlicher Gegenſtände, zum Ausſtopfen, Kalfatern u. ſ. w. Das Tierreich liefert hauptſächlich Haare und Federn, das Pflanzenreich Faſernprodukte.

Roßhaare, die dauerhafteſte und wohl auch koſtſpieligſte Ware dieſer Gattung ſind die Mähnen- und Schweifhaare des Pferdes, deren beſte Qualitäten aus Irland, Holland und Oſtpreußen, deren geringere aus Rußland und Ungarn kommen. Roßhaar wird teils roh verkauft, teils ausgefotten als ſogenanntes Krullhaar, das weicher, elaſtiſcher und ſtark gekräuſelt iſt; in Zöpfen geflochten heißt es „geſponnen“. Die langhaarigen Sorten dienen zur Herſtellung von Siebböden, Seilerwaren (z. B. für Papierfabriken), Geweben, zu bauſchenden Unterfuttern, zu Knöpfen, Bürſten und zu Pinſeln, Fiſchereigeräten, zum Aufputz von Militärhüten; das längſte weiße Schweifhaar zum Beſpannen der Violinbögen. Die geringeren kurzhaarigen Sorten ſind die eigentlichen Polſtermaterialien für Möbel, Sättel, Kiſſen, Matratzen, zu Haardecken, Preßtüchern, Haarfohlen u. ſ. w. Das Roßhaar iſt ſehr verſchieden lang, vollkommen glatt, beſitzt einen ſehr gleichmäßigen Verlauf, eine von 100 bis zu 400 μ wechſelnde Dicke, ſchmale blättchenartige Markzellen und eng aneinander ſchließende Epidermiszellen, die eine unregelmäßig gezähnelte Querſtreifung bilden [1], [2]. Sein hoher Wert beruht auf der großen Elaſtizität und Dauerhaftigkeit. Das durch längeren Gebrauch (Druck, Feuchtigkeit) veränderte Roßhaar erhält ſeine Elaſtizität wieder, wenn man es auskocht und auf Stäbe aufwickelt, bis es trocken geworden. Aufzupfen und Dämpfen verbeſſert das Material weſentlich. Die Deckhaare des Pferdes ſind nur ausnahmsweiſe als ein billiges Polſtermaterial im Gebrauch. Als Surrogat bezw. als Fälſchungsmittel ſollen Schweinsborſten in Anwendung kommen, was ſich mit dem Mikroſkop leicht feſtſtellen läßt.

Ein ſtofflich naheſtehendes Surrogat ſind die Fiſchbeinhaare, Whale bonehairs, faſerige Abfälle des ſchwarzen Fiſchbeines (der Franſenbeſatz der Walfiſchbarten), dem Roßhaare einigermaßen ähnlich, gleich dieſem dauerhaft, ca. 2 dm lang, aber ſehr ungleichmäßig im Verlauf (ſ. Fiſchbein, Bd. 4, S. 41).

Ein wichtiges Polſtermaterial liefert das Vogelkleid verſchiedener Vögel, das ſich aus den Deck- oder Konturfedern und den Flaumfedern oder Dunen zuſammenſetzt. Eiderdaunen oder -dunen, die Flaumfedern der Eiderente, ſind die feinſten und teuerſten Bettfedern; als ſolche dienen ferner die Flaumfedern der Gänſe, Enten und Hühner ſowie die geſchliſſenen Deckfedern dieſer Tiere; als Sommergut wird die Ware von lebenden Tieren bezeichnet, tote geben das Wintergut. Im Handel gehen ſie auch als Rupf- und Schleißfedern.

Echtes Seegras beſteht aus den getrockneten Blättern mehrerer zu den Potamogetonaceen gehörigen Meerespflanzen, vornehmlich der Zostéra marina *L.*, dann Zostéra nana *Rot* ſowie Posidonia oceanica *Del.* Die Blätter von Zostéra marina ſind bis über 1 m lang, 3—9 mm breit, 3—7nervig, ſchmal- bis breitlineal, an der Spitze abgerundet. Zostéra nana hat nur 40 cm lange, dreinervige, an der Spitze ausgerandete Blätter; Posidonia 50 cm lange, 7 mm breite, vielnervige Blätter. Die Blätter werden bei ſtürmiſchem Wetter oft in großen Mengen ausgeworfen und bilden am Strande dichte Polſter oder Wälle. Bei Posidonia drehen ſich bei Wellenbewegung um die Wurzelſtöcke die Blattreſte zu Faſerballen zuſammen, die als Aegagropili oder Pilae marinae, Meerbälle, früher eine ausgedehnte mediziniſche Verwendung fanden. Im Norden iſt die Seegrasgewinnung beſonders in den Niederlanden entwickelt, wo von den „Wiermaaiers“ (Seegrasmähern) jährlich faſt 1 000 000 kg geſammelt werden. In Venedig dient das Seegras zum Verpacken der Glaswaren; in Schleswig-Holſtein und in Nordafrika bildet es auch ein Dachdeckmaterial. Als Polſtermaterial iſt es wegen ſeiner Dauerhaftigkeit und wegen des Fernhaltens von Ungeziefer geſchätzt [3].

Als (unechtes und weit billigeres) Seegras ſind gegenwärtig die oberirdiſchen Teile des zittergrasartigen Riedgraſes oder Waldhaares (Carex brizoides *L.*) ſehr ſtark im Gebrauch. Die Pflanze lebt geſellig an ſchattigen feuchten Waldſtellen und beſitzt 0,3—0,6 m lange, ſchmallineale, ſchlaffe, grasgrüne Blätter und lange, gekrümmte, blaßgelbe Aehrchen. Die Pflanzen werden gut getrocknet und zu dicken Schnüren gedreht; am meiſten davon liefert Oberöſterreich.

Pflanzendunen, Bombaxwolle, Ceibawolle, Edrédon végétale, Kapok (Sundainſeln), Paina limpa (Braſilien), patte de lièvre (Haſenfuß), Ouatte végétale ſind die Fruchthaare verſchiedener Bombaceen, wie Bombax malabaricum *DC*, B. ceiba, Eriodendron anfractuosum *DC*, Ochroma lagopus *Sw.* u. ſ. w., die als ein Erſatz der Federn und der Baumwollwatte Verwendung finden. Sie ſind einzellige koniſche, verholzte, an der Baſis meiſt netzförmig verdickte Haare mit ſehr geringer Feſtigkeit und Dauerhaftigkeit [4]. Im deutſchen Handel heißen ſie Kapok und finden neueſtens als Packmittel, als Watte u. dergl. ausgedehnte Verwendung. Eine Art Pflanzendunen, aber aus mehrzelligen Haaren gebildet, ſind die goldbraunen, höchſt feinen und weichen Spreuhaare exotiſcher Farne, die als Penghawar Djambi (oder Pennawar Djambi von Cibotium Barometz *Kz.*, Cibotium glaucescens, auf Sumatra), als Pulu von Cibotium glaucum auf den Sandwichsinſeln und als Pakoe Kidang von Alsophila lurida, Chnoophora, Balantium auf Java in den Handel kommen; auf Sumatra und Java werden ſie ſeit alter Zeit als blutſtillende Mittel benutzt und als ſolche auch bei uns eingeführt. Pulu dient insbeſondere als Polſtermaterial und kommt hauptſächlich in Nordamerika zur Verwendung [5].

Pflanzenſeiden ſind die Samenhaare verſchiedener Apocynaceen und Asclepiadaceen, die ſich zwar durch ſchönen Glanz und Feinheit auszeichnen, aber wegen der hohen Sprödigkeit und geringen Dauerhaftigkeit auch als Polſtermaterialien keinen ſonderlichen Nutzen gewähren. Hierher gehört die vegetabiliſche Seide von Asclepias Cornuti *Des.*, von Calotropis gigantea *R. Br.* [6]. — Ebenſowenig empfiehlt ſich als Polſtermaterial die Pappelwolle, die Haarſchöpfe der Samen unſrer Pappelbäume [7]. — Als Verpackungsmaterial ſowie zur Beimiſchung von

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Filzen dient hier und da die Rohrkolbenwolle, welche von Typha angustifolia *L.* und T. latifolia *L.* herrührt. Die ſchmalellipſoidiſchen, über 1 mm langen Früchte beſitzen einen 1 cm langen Stiel, welcher weiße, weiche, ſehr zarte, in quirlige Gruppen verteilte, etwa 5 mm lange Haare trägt. Dieſe Früchtchen mit den behaarten Stielen bilden die Handelsware [8].

Gröbere Polſtermaterialien liefern die Palmenfafern, die größtenteils von den Blättern der Palmen ſtammen und wegen ihrer großen Zähigkeit und Haltbarkeit ſowie wegen des reichlichen Vorkommens billige und leicht beſchaffbare Waren ſind. Außer zu Polſtermaterialien dienen ſie zu Bürſten, Beſen, Bindematerial, Geflechten, Tauen. Hierher gehört auch Crin végétal oder Crin d'Afrique, von der Zwergpalme, Chamaerops humilis *L.*; dieſe wird am häufigſten in Algier und Tunis auf den Faſerſtoff ausgebeutet. Die Blätter werden geſchnitten, zerteilt und gehechelt. Bei uns iſt „Afrique“ neben Seegras und Eſparto das billigſte Polſtermaterial. Andre Palmenfafern ſ. [9].

Als vegetabiliſches Roßhaar oder Baumhaar, Caragate, kommen auch die grauen, braunen oder ſchwärzlichen Faſerſtränge der herabhängenden Zweige von Tillandsia usneoides (einer ſüdamerikaniſchen Bromeliacee) in den Handel. Sie haben einige Aehnlichkeit mit dem Roßhaar, laſſen ſich aber mit der Lupe leicht an den Anſatzſtellen der Aeſtchen erkennen.

Die halmartigen ſchmalen Blätter zweier Gräſer, Stipa tenacissima *L.* und Ligaeum spartum *L.*, die in Spanien und Nordafrika vorkommen, liefern den ſogenannten Eſparto, der als Flecht- und Stopfmaterial ſowie als der ausziehbare „Strohhalm“ der Virginiazigarre Verwendung findet. Die daraus dargeſtellte Faſer heißt Alfa- oder Halfafaſer.

Als Polſtermaterial wird auch das Werg, Hede oder Tors gebraucht. Darunter verſteht man bekanntlich den durch das Hecheln des Flachſes und Hanfes ausgeſchiedenen Abfall, der aus kurzen, verworrenen und verknäuelten Faſern und zahlreichen andern Gewebsbeſtandteilen der Stammpflanzen ſich zuſammenſetzt. Das viel wertvollere Flachswerg wird heute größtenteils zu Werg- oder Towgarn verarbeitet [10].

Holzwolle, zerfaſertes Holz, bildet als Packmaterial lange, weiche und dünne, durch Hobeln hergeſtellte bandartige Faſern oder eine wollige Maſſe, die als Stopfmaterial und in der Tapetenfabrikation, um den Samt nachzuahmen, verwendet wird. Auch in der Verbandſtofftechnik hat die Holzwolle (z. B. als Sublimatwolle) Beachtung gefunden. S. a. Holzwolle.

Torffafer, das von moorigen Beſtandteilen befreite Faſermaterial des Torfes, in gröberen Sorten zum Einpacken von Nahrungsmitteln, deren Konſervierung dadurch unterſtützt werden ſoll. Zu den gröbſten Polſtermaterialien gehören das Stroh (Weizen-, Roggen-, Gerſte-, Haferſtroh) und die Maisliefchen, auch als Packmaterial viel verwendet. Lokale Bedeutung hat das Waldmoos, die getrockneten Raſen verſchiedener Hypnum-, Hylocomium- u. ſ. w. Arten.

Waldwolle, im Jahre 1840 in Ziegenhals zuerſt dargeſtellt, beſteht aus den in den Kiefernadeln enthaltenen Faſern. Das wollartige bräunliche Produkt dient als Polſtermaterial für Bettdecken und für Fußteppiche und wird auch mit Baum- oder Schafwolle gemiſcht zu Garn verſponnen; auch als Vorgeſpinſt, die ſogenannte Waldwollwatte, kommt ſie mit Waldwollöl parfümiert in den Handel. Sie ſoll ſich gegen rheumatiſche und gichtiſche Leiden als heilſam erweiſen [11]. Was in Badekurorten als Waldwolle verkauft wird, iſt braungefärbte, mit Terpentinöl parfümierte Baumwolle.

Literatur: [1] Goeldener, Pharm. Ztg. 1889, Nr. 95. — [2] Hanauſek, T. F., Realencyklop. d. geſ. Pharm., 2. Aufl., Wien 1908, Bd. 10, S. 697. — [3] Aſcherſon-Graebner, Synopſis der mitteleurop. Flora, Leipzig 1897, Bd. 1, S. 298. — [4] Hanauſek, T. F., Lehrb. d. techn. Mikroſkopie, Stuttgart 1901, S. 63. — [5] Vogl, A., Kommentar u. ſ. w., Wien 1892, S. 413. — [6] Hanauſek, T. F., Lehrb. d. techn. Mikroſkopie, S. 69. — [7] Derſ., Realencyklop. d. geſ. Pharm., Bd. 10, S. 31. — [8] Derſ., ebend., Bd. 10, S. 681. — [9] Derſ., ebend., Bd. 9, S. 709. — [10] Derſ., Lehrb. d. techn. Mikroſkopie, S. 71. — [11] Derſ., ebend., Bd. 10, S. 350. — Die mikroſkopiſchen Verhältniſſe ausführlich in v. Höhnel, Die Mikroſkopie der techniſch verwendeten Faſerſtoffe, 2. Aufl., Wien 1905, und Wiesner, Rohſtoffe, Bd. 2, Leipzig 1903. *T. F. Hanauſek.*

Polterbank, Vorrichtung zum Reinigen des Eiſendrahtes von der anhaftenden Glühſpanſchicht (ſ. Drahtfabrikation, Bd. 3, S. 23).

Polwechſel, ſ. Wechſelſtrom.

Polweite, auch Polabſtand, Poldiſtanz, nennt man in der graphiſchen Statik, ſpeziell bei der Zuſammenſetzung paralleler Kräfte, die Entfernung des Poles eines Kräftepolygons (ſ. d.) von der Linie, auf der die Kräfte aufgetragen werden. (Vgl. Parallelkräfte.)

Die Polweite ſtellt urſprünglich eine Kraft dar, und zwar die wagerechte Seitenkraft der in den Seiten des Seilpolygons wirkenden Kräfte. Zuweilen wird ſie aber auch als Linie aufgefaßt und aufgetragen, z. B. beim Zeichnen von Biegungslinien. *Mörſch.*

Polybaſit (Eugenglanz), Mineral, Schwefelverbindung von Silber, Kupfer, Antimon und Arſen.

Polychromie (Vielfarbigkeit), vielfarbige Bemalung der baulichen und plaſtiſchen Kunſtwerke ſowohl im Altertum als im Mittelalter, im Gegenſatz zur Einfarbigkeit (ſ. Monochromie), wie ſie ſeit den Zeiten der Hochrenaiſſance in Uebung kam.

Die Beweiſe für die Bemalung wurden in der letzten Hälfte des 19. Jahrhunderts durch Architekten und Forſcher wie Hittorff [1], Semper [2] und Violett-le-Duc [3] überzeugend erbracht. Sie betrafen nicht die Bemalung der Holzbildwerke der mittelalterlichen Kunſt an Altären u. ſ. w., was allgemein bekannt war, ſondern vielmehr die durchgehende Aus-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

malung der Bauwerke im Innern wie auch die Bemalung des Aeußern, und zwar ſowohl an den Bauten des Mittelalters wie beſonders an den Werken der höchſten Blüte antiker Kunſt. Wie an den frühen ägyptiſchen Denkmälern wurde auch an den Bauten und Bildhauerarbeiten der Hellenen und Römer die vollendetſte Bemalung aufgedeckt und nachgewieſen. — Der Widerſtand, den dieſe Kunſtanſchauung bei den Widerſtrebenden fand, hatte ſeine Begründung in der vollſtändigen Entwöhnung des kunſtgebildeten Auges von der Farbigkeit der Gebäude und Statuen, die ſeit den Anfängen der Renaiſſance, wo allerdings noch reiche Hausbemalung in Uebung war, durch die Stilrichtungen des Barock, Rokoko u. ſ. w. vollkommen beſeitigt wurde.

Literatur: [1] Hittorf, L'architecture polychrome chez les Grecs, Paris 1851; Hittorf und Zanth, Architecture antique de la Sicile, Paris 1870. — [2] Semper, G., Der Stil in den techniſchen und tektoniſchen Künſten, München 1860/63; Derſ., Kleine Schriften, Berlin 1884. — [3] Viollet-le-Duc, Peintures murales des Chapelles de Notre Dame de Paris, Paris 1876. — [4] Magnus, Die Polychromie vom künſtleriſchen Standpunkt, Leipzig 1872. *Weinbrenner.*

Polyeder (Vielflach), ein von ebenen Flächen (Polygonen) begrenzter Körper. Je zwei Flächen ſtoßen in einer Kante, je drei oder mehr Kanten (und Flächen) in einer Ecke zuſammen; ſie bilden in den letzteren Vielkante.

Um ein Modell des Polyeders herzuſtellen, muß man ſich dasſelbe zunächſt nach gewiſſen Kanten aufgeſchnitten und ſämtliche Flächen in die Ebene ausgebreitet denken (Netz des Polyeders). Zwei Polyeder heißen entſprechend gleich, wenn alle ihre homologen Flächen, Kanten, Vielkante und Winkel in beiden einander gleich ſind. Können ſie außerdem noch zur Deckung gebracht werden, ſo heißen ſie kongruent, andernfalls ſymmetriſch. Sind in zwei Polyedern die homologen Winkel gleich, die Kanten und Flächen proportional, ſo heißen ſie ähnlich, und zwar in gleichem oder in entgegengeſetztem Sinn, je nachdem homologe Vielkante in beiden kongruent oder ſymmetriſch ſind. — Ein Polyeder heißt ein gewöhnliches, wenn ſämtliche Ecken durch einen ſich ſelbſt nicht ſchneidenden Kantenzug verbunden werden können, ohne daß eine Ecke zweimal berührt wird, und wenn ferner, nach Aufſchneidung des Polyeders längs dieſes Kantenzugs, die Fläche ohne Aufſchneidung weiterer Kanten in die Ebene ausgebreitet werden kann. Iſt E die Zahl der Ecken, K diejenige der Kanten, F diejenige der Flächen eines gewöhnlichen Polyeders, ſo iſt $E+F=K+2$ (die Eulerſche Formel). Ferner iſt die Zahl der Polygonwinkel $W=2K$ und die Summe aller Polygonwinkel $4(E-2)$ Rechte. Eulerſche Polyeder heißen diejenigen außergewöhnlichen Polyeder, für welche die Eulerſche Formel ebenfalls gilt.

A. **Reguläre Polyeder** heißen ſolche, deren ſämtliche Flächen kongruente reguläre Polygone ſind. Dabei ſind alle Kanten und Winkel gleich und in allen Ecken befinden ſich kongruente Vielkante. In jedes reguläre Polyeder laſſen ſich eine Kugel vom Radius R um- und eine konzentriſche vom Radius r einbeſchreiben; eine dritte konzentriſche Kugel vom Radius ϱ berührt die Kanten. Iſt ferner a die Kantenlänge, O die Oberfläche, J der Inhalt, ſo ſind die fünf regulären Polyeder (pythagoräiſche oder platoniſche Körper): a) Das Tetraeder mit 4 dreikantigen Ecken, 6 Kanten und 4 dreieckigen Flächen. Es iſt

$$R=\frac{a}{4}\sqrt{6};\quad r=\frac{a}{2\sqrt{6}};\quad \varrho=\frac{a}{2\sqrt{2}};\quad O=a^2\sqrt{3};\quad J=\frac{a^3}{12}\sqrt{2}.$$

b) Das Hexaeder (Würfel) mit 8 dreikantigen Ecken, 12 Kanten und 6 viereckigen Flächen. Es iſt $R=\frac{a}{2}\sqrt{3};\ r=\frac{a}{2};\ \varrho=\frac{a}{\sqrt{2}};\ O=6a^2;\ J=a^3$. c) Das Oktaeder mit 6 vierkantigen Ecken, 12 Kanten und 8 dreieckigen Flächen. Es iſt

$$R=\frac{a}{\sqrt{2}};\ r=\frac{a}{\sqrt{6}};\ \varrho=\frac{a}{2};\ O=2a^2\sqrt{3};\ J=\frac{a^3}{3}\sqrt{2}.$$

Hexaeder und Oktaeder ſind reziprok; ſie haben gleiche Kantenzahl und die Eckenzahl des einen iſt gleich der Flächenzahl des andern. d) Das Dodekaeder (Pentagonaldodekaeder) mit 20 dreikantigen Ecken, 30 Kanten und 12 fünfeckigen Flächen. Es iſt

$$R=\frac{a}{4}(\sqrt{15}+\sqrt{3});\quad r=\frac{a}{2}\sqrt{\frac{25+11\sqrt{5}}{10}};\quad \varrho=\frac{a}{4}(3+\sqrt{5});\quad O=3a^2\sqrt{5(5+2\sqrt{5})};$$
$$J=\frac{a^3}{4}(15+7\sqrt{5}).$$

e) Das Ikoſaeder mit 12 fünfkantigen Ecken, 30 Kanten und 20 dreieckigen Flächen. Es iſt

$$R=\frac{a}{4}\sqrt{10+2\sqrt{5}};\quad r=\frac{a(3+\sqrt{5})}{4\sqrt{3}};\quad \varrho=\frac{a}{4}(1+\sqrt{5});\quad O=5a^2\sqrt{3};\quad J=\frac{5a^3}{12}(3+\sqrt{5}).$$

Dodekaeder und Ikoſaeder ſind ebenfalls reziprok. Durch Verlängerung aller Kanten des Dodekaeders (Ikoſaeders), von denen ſich je fünf (drei) in einem Punkt ſchneiden, entſteht ein Sternpolyeder, deſſen 12 (20) Spitzen die Ecken eines Ikoſaeders (Dodekaeders) bilden. — Die regulären Polyeder ſpielen in der Theorie der Subſtitutionsgruppen eine Rolle, indem dieſelben bei gewiſſen Drehungen des Raums unter bloßer Vertauſchung von Eckpunkten in ſich ſelbſt übergehen. In der Invariantentheorie ordnet man den regulären Polyedern binäre Formen zu, derart, daß, wenn man letztere gleich Null ſetzt, die Wurzeln der entſtehenden Gleichung als komplexe Zahlen auf einer Kugel abgebildet gerade die Ecken des betreffenden Polyeders ergeben.

B. **Gleichflächig-halbreguläre Polyeder.** Die Ecken ſind reguläre Vielkante von zwei- oder dreierlei Art, die Flächen kongruente, nicht reguläre Polygone. a) Pyramidentetraeder (Trigondodekaeder) mit 4 ſechskantigen und 4 dreikantigen Ecken, 18 Kanten und 12 gleich-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

ſchenkeligen Dreiecken als Flächen. b) Pyramidenwürfel (Tetrakishexaeder) mit 8 ſechskantigen und 6 vierkantigen Ecken, 36 Kanten und 24 gleichſchenkeligen Dreiecken als Flächen. c) Pyramidenoktaeder (Triakisoktaeder) mit 6 achtkantigen und 8 dreikantigen Ecken, 36 Kanten und 24 gleichſchenkeligen Dreiecken als Flächen. d) Pyramidendodekaeder mit 20 ſechskantigen und 12 fünfkantigen Ecken, 90 Kanten und 60 gleichſchenkeligen Dreiecken als Flächen. e) Pyramidenikoſaeder mit 12 zehnkantigen und 20 dreikantigen Ecken, 90 Kanten und 60 gleichſchenkeligen Dreiecken als Flächen. f) Oktaedriſches Granatoeder (Rhombendodekaeder) mit 8 dreikantigen und 6 vierkantigen Ecken, 24 Kanten und 12 Rhomben als Flächen. g) Ikoſaedriſches Granatoeder mit 20 dreikantigen und 12 fünfkantigen Ecken, 60 Kanten und 30 Rhomben als Flächen. Die beiden Granatoeder heißen auch Keplerſche Körper. h) Oktaedriſches Leucitoeder mit 6 vierkantigen, 12 von ihnen verſchiedenen vierkantigen und 8 dreikantigen Ecken, 48 Kanten und 24 Deltoiden als Flächen. i) Ikoſaedriſches Leucitoeder mit 12 fünfkantigen, 30 vierkantigen und 20 dreikantigen Ecken, 120 Kanten und 60 Deltoiden als Flächen. k) Oktaedriſches Diamantoeder mit 6 achtkantigen, 8 ſechskantigen und 12 vierkantigen Ecken, 72 Kanten und 48 ungleichſeitigen Dreiecken als Flächen. l) Ikoſaedriſches Diamantoeder mit 12 zehnkantigen, 30 vierkantigen und 20 ſechskantigen Ecken, 180 Kanten und 120 ungleichſeitigen Dreiecken. m) Oktaedriſches Gyroeder mit 6 vierkantigen, 8 dreikantigen und 24 davon verſchiedenen dreikantigen Ecken, 60 Kanten und 24 unſymmetriſchen Fünfecken als Flächen. n) Ikoſaedriſches Gyroeder mit 12 fünfkantigen, 20 dreikantigen und 60 davon verſchiedenen dreikantigen Ecken, 150 Kanten und 60 unſymmetriſchen Fünfecken als Flächen.

C. **Gleicheckig-halbreguläre Polyeder** (archimediſche Körper). Die Flächen ſind reguläre Polygone von zweierlei oder dreierlei Art, die Ecken kongruente, nicht reguläre Vielkante. a) Körper mit 12 dreikantigen Ecken, 18 Kanten und 4 viereckigen und 4 dreieckigen Flächen, entſteht durch Abſtumpfung der Ecken aus dem Tetraeder. b) Körper mit 24 dreikantigen Ecken, 36 Kanten und 8 ſechseckigen und 6 viereckigen Flächen, entſteht durch Abſtumpfung der Ecken aus dem Oktaeder. c) Körper mit 24 dreikantigen Ecken, 36 Kanten und 6 achteckigen und 8 dreieckigen Flächen, entſteht durch Abſtumpfung der Ecken aus dem Würfel. d) Körper mit 60 dreikantigen Ecken, 90 Kanten und 20 Sechsecken und 12 Fünfecken als Flächen, entſteht durch Abſtumpfen der Ecken aus dem Ikoſaeder. e) Körper mit 60 dreikantigen Ecken, 90 Kanten und 12 Zehnecken und 20 Dreiecken als Flächen, entſteht durch Abſtumpfung der Ecken aus dem Dodekaeder. f) Körper mit 12 vierkantigen Ecken, 24 Kanten und 8 dreieckigen und 6 viereckigen Flächen, entſteht durch Abſtumpfung der Ecken bis zur Kantenmitte aus Oktaeder oder Würfel (ſogenannte Kuboktaeder). g) Körper mit 30 vierkantigen Ecken, 60 Kanten und 20 Dreiecken und 12 Fünfecken als Flächen, entſteht durch Abſtumpfung der Ecken bis zur Kantenmitte aus Dodekaeder oder Ikoſaeder. h) Körper mit 24 vierkantigen Ecken, 48 Kanten und 6 viereckigen, 12 andern viereckigen und 8 dreieckigen Flächen. i) Körper mit 60 vierkantigen Ecken, 120 Kanten und 12 Fünfecken, 30 Vierecken und 20 Dreiecken als Flächen. k) Körper mit 48 dreikantigen Ecken, 72 Kanten und 6 Achtecken, 8 Sechsecken und 12 Vierecken als Flächen. l) Körper mit 120 dreikantigen Ecken, 180 Kanten und 12 Zehnecken, 20 Sechsecken und 30 Vierecken als Flächen. m) Körper mit 24 fünfkantigen Ecken, 60 Kanten und 6 viereckigen, 8 dreieckigen und 24 andern dreieckigen Flächen. n) Körper mit 60 fünfkantigen Ecken, 150 Kanten und 12 Fünfecken, 20 Dreiecken und 60 andern Dreiecken als Flächen. Die gleichflächigen Polyeder ſind zu den gleicheckigen reziprok.

Literatur: [1] Eberhard, Zur Morphologie der Polyeder, Leipzig 1891. — [2] Hermes, Verzeichnis der einfachſten Vielflache, Berlin 1896. — [3] Hohl, Die Lehre von den Polyedern, 2. Aufl., Tübingen 1881. — [4] Reinhardt, Einleitung in die Theorie der Polyeder, Meißen 1890. — [5] Klein, Vorleſungen über das Ikoſaeder und die Auflöſung der Gleichung fünften Grads, Leipzig 1884. — [6] Brückner, Vielecke und Vielflache, Leipzig 1900. — [7] Haag, Die regulären Kriſtallkörper, Rottweil 1887. — [8] Kugel, Die regulären und halbregulären Polyeder, Neuſtadt a. H. 1876. — [9] Löwe, Ueber die regulären und Poinſotſchen Körper und ihre Inhaltsbeſtimmung vermittelſt Determinanten, 2. Aufl., München 1883. — [10] Schelle, Elementare Ableitung und Berechnung der einfachſten Kriſtallpolyeder, 1. und 2. Teil, Kempten 1873/80. — [11] Wiener, C., Ueber Vielecke und Vielflache, Leipzig 1864. *Wölffing.*

Polyederprojektion. Die Abbildung der Ellipſoidoberfläche in einer Ebene iſt ohne Verzerrung nicht möglich. Für die Herſtellung von topographiſchen Karten zerlegt man die abzubildende Oberfläche des Erdellipſoids nach dem Gradnetze in einzelne Teile von ſolcher Größe, daß man eine handliche Form der Kartenblätter erhält (ſ. Gradabteilungskarte). Durch dieſe Einteilung entſtehen ſphäroidiſche Trapeze mit Meridian- und Parallelkreisbögen als Begrenzungslinien. Um die Verzerrung in engen Grenzen zu halten und ſie dadurch unſchädlich zu machen, kann man die ſphäroidiſchen Trapeze durch ebene Trapeze abbilden, deren Seitenlängen den Längen der Meridian- und Parallelkreisbögen gleich ſind. Aneinander gefügt würden die ebenen Trapeze ein Polyeder bilden. Das darzuſtellende Ellipſoid wird alſo durch ein Polyeder erſetzt; deshalb wird dieſe Art der Abbildung Polyederprojektion genannt. Sie iſt bei den preußiſchen topographiſchen Karten angewendet worden; ſ. a. Kartenprojektion, Bd. 5, S. 390, ſowie Topographie. *Hillmer.*

Polygon (Vieleck), eine von geraden Linien begrenzte ebene Figur. Je nachdem die Zahl dieſer Begrenzungslinien (Seiten) gleich 3, 4 ... n iſt, heißt das Polygon Dreieck, Viereck ... n-eck.

Die Zahl der Ecken iſt gleich derjenigen der Seiten. Die Summe der inneren Winkel im n-eck iſt $(2n - 4)$ Rechte. Bei einem gewöhnlichen n-eck hat jede Seite mit den beiden anſtoßenden je eine Ecke, ſonſt aber mit keiner Seite einen Punkt gemein. Schneiden ſich

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

dagegen zwei nicht anſtoßende Seiten, ſo heißt das Polygon ein verſchränktes. Beiſpiel: das verſchränkte oder ſternförmige Fünfeck (Pentagramm, Drudenfuß). Ein Polygon heißt regulär, wenn alle Seiten und alle Winkel einander gleich ſind. Die Halbierungslinien aller Winkel ſchneiden ſich im Mittelpunkt des In- und des Umkreiſes des Polygons. Der Zentriwinkel (Winkel der genannten Halbierungslinien) beträgt im n-eck $\frac{4}{n}$ Rechte, der Polygonwinkel (Winkel zweier Seiten) $\frac{2n-4}{n}$ Rechte. Mit Zirkel und Lineal konſtruierbar ſind das reguläre 4-eck, 8-eck, ... 2^n-eck; das 3-eck, 6-eck, 12-eck, ... $3 \cdot 2^n$-eck; das 5-eck, 10-eck ... $5 \cdot 2^n$-eck; das 15-eck, 30-eck, ... $15 \cdot 2^n$-eck; das 17-eck, 34-eck ... $17 \cdot 2^n$-eck, das 257-eck, ... überhaupt allgemein das $(p^r + 1) \cdot 2^n$-eck, wenn p, r, n ganze Zahlen und $p^r + 1$ eine Primzahl iſt. Es ſei ferner r der Radius des Umkreiſes, ϱ der des Inkreiſes, s die Seite, f der Inhalt eines Polygons, ſo iſt im regulären 3-eck $\varrho = \frac{r}{2}$; $s = r\sqrt{3}$; $f = \frac{3}{4} r^2 \sqrt{3}$; im regulären 4-eck $\varrho = \frac{r}{2}\sqrt{2}$; $s = r\sqrt{2}$; $f = 2r^2$; im regulären 6-eck $\varrho = \frac{1}{2} r\sqrt{3}$; $s = r$; $f = \frac{3}{2} r^2 \sqrt{3}$; im regulären 10-eck $\varrho = \frac{1}{4} r \sqrt{10 + 2\sqrt{5}}$; $s = \frac{1}{2} r (\sqrt{5} - 1)$; $f = \frac{5}{4} r^2 \sqrt{10 - 2\sqrt{5}}$. Die Peripherie eines Kreiſes wird näherungsweiſe berechnet aus den Umfängen eines ein- und umbeſchriebenen n-ecks, indem man n immer größer werden läßt.

Literatur: [1] Dilling, Algebraiſch-trigonometriſche Unterſuchungen über die regelmäßigen Vielecke, Halle a. S. 1869. — [2] Affolter, Beiträge zur Geometrie der Vielecke, Solothurn 1870. — [3] Bochow, Einheitliche Theorie der regelmäßigen Vielecke, 2 Bde., Leipzig 1895/96. — [4] Eichler, Ueber Sternpolygone, Wien 1880. — [5] Wiener, Ueber Vielecke und Vielflache, Leipzig 1864. — [6] Brückner, Vielecke und Vielflache, Leipzig 1900. — [7] Scharf, G., Die geometriſch konſtruierbaren regelmäßigen Polygone, Brixen 1906. *Wölffing.*

Polygon der Geſchwindigkeiten. Aus zwei Geſchwindigkeiten eines Punktes ergibt ſich die reſultierende Geſchwindigkeit als die geometriſche Summe beider oder die Diagonale des Parallelogramms der Geſchwindigkeiten. Beſitzt der Punkt mehrere Geſchwindigkeiten zugleich, ſo iſt ſeine reſultierende Geſchwindigkeit die geometriſche Summe derſelben und wird gefunden als die Schlußlinie eines Polygons, das aus den in beliebiger Ordnung von irgendeinem Punkte aus in ihren Richtungen aneinander zu fügenden einzelnen Geſchwindigkeiten gebildet werden kann. Dies Polygon heißt das Polygon der Geſchwindigkeiten. *(† Schell) Finſterwalder.*

Polygon der Kräfte. Wirken auf einen Punkt zwei Kräfte, ſo iſt ihre Reſultante deren geometriſche Summe und wird als die Diagonale des Kräfteparallelogramms gefunden. Wirken mehrere Kräfte auf denſelben, ſo ergibt ſich die Reſultante derſelben als die Schlußlinie eines Polygons, das von irgend einem Punkte aus mit den in beliebiger Ordnung aneinander zu fügenden Kräften gebildet werden kann. Dies Polygon heißt das Polygon der Kräfte (Kräftepolygon, Krafteck, Bd. 5, S. 644). *(† Schell) Finſterwalder.*

Polygonale Räder, ſ. Unrunde Räder.

Polygonbau, ſ. Grubenzimmerung, Bd. 4, S. 653.

Polygonifierung (Polygonifieren, polygonometriſche Punktbeſtimmung), die Beſtimmung rechtwinkliger Koordinaten für Punkte in gebrochenen Linienzügen, den Polygonzügen. Zur Koordinatenberechnung werden die Strecken zwiſchen den Polygonpunkten, die Polygonſeiten ſowie die Brechungs- oder Polygonwinkel, welche die Seiten miteinander bilden, gemeſſen. Ein Syſtem von einer Anzahl unter ſich verbundener Polygonzüge bildet das Polygonnetz. Es iſt die Grundlage der Klein- oder Stückvermeſſung und wird bei ausgedehnten ſpeziellen Landesvermeſſungen an eine Triangulation angeſchloſſen. Eine Kleinmeſſung geringen Umfanges kann auch auf einem geſchloſſenen Polygon gegründet werden, wenn der Anſchluß an eine Triangulation nicht möglich iſt. Man bezeichnet als Hauptzüge ſolche Züge, die zwiſchen trigonometriſchen Punkten liegen oder das geſchloſſene Polygon bilden, und als Nebenzüge diejenigen Züge verſchiedener Stufenfolge, die auf Polygonpunkten anfangen und endigen. Ueber Geſchichtliches mit weiteren Literaturangaben ſ. [2]. Polygonzüge in Gruben ſ. Grubenmeſſungen und Markſcheidekunde, ferner Buſſolenzug und Tachymetrie.

Es möge hier auch die Beſtimmung geographiſcher Koordinaten für Polygonzüge mit ſehr langen Strecken, z. B. für die Traverſen der Vermeſſungen in den Vereinigten Staaten von Nordamerika, erwähnt werden. Dieſe Art der Punktberechnung fällt jedoch nicht in den Rahmen dieſer Beſprechung.

1. **Der Polygonzug.** Fig. 1 zeigt ein Beiſpiel für einen Polygonzug zwiſchen den trigonometriſchen Punkten 22 und 71. Außer den rechtwinkligen Koordinaten dieſer beiden Punkte

ſind die der trigonometriſchen Anſchlußpunkte 21 und 25 gegeben. Bei gegenſeitiger Sichtbarkeit hätten auch die beiden erſtgenannten Punkte einer für den andern als Anſchlußpunkte gewählt werden können. Gemeſſen ſind die in der Rechnungsfolge gezählten, rechtsläufigen Brechungswinkel β auf dem Anfangs- und Endpunkte und auf allen Polygonpunkten, z. B. β_{43}, und die Strecken s, z. B. 44—45. Als Anfangspunkt können beide Punkte gewählt werden. Zunächſt werden die Richtungswinkel n_o und n_e der in Fig. 1 ſtark gezeichneten Verbindungslinien 21—22 und 71—25 aus den Koordinaten dieſer Punkte berechnet (ſ. Koordinaten, geodätiſche). Danach ſind die Richtungswinkel n der Strecken, z. B. n_{44}, herzuleiten nach $n_n = n_{n-1} + \beta_n \pm 180^0 + v_\beta$, worin v_β eine Verbeſſerung bedeutet. Ihre Anbringung wird notwendig infolge eines Widerſpruchs, der bei Vergleichung der Summe der Brechungswinkel $[\beta]$ mit der Differenz $n_e - n_o$ auftritt. Der Widerſpruch f_β rührt her zu einem geringen Teil aus den gegebenen Anfangs-, End- und Anſchlußpunktkoordinaten, die bei der Berechnung zwar unveränderlich als fehlerfrei eingeführt werden, dies in Wirklichkeit aber nicht ſind, und hauptſächlich aus den Fehlern der gemeſſenen Brechungswinkel. $f_\beta = n_e - n_o + m\,180^0 - [\beta]$ und, da Gleichheit der Fehler aller Brechungswinkel angenommen werden kann, für alle Richtungswinkel $v_\beta = f_\beta : z$, unter z die Anzahl aller vorkommenden Brechungswinkel verſtanden; m iſt eine ganze Zahl, die um zwei Einheiten oder ein Mehrfaches von zwei Einheiten von z verſchieden ſein kann. Nach Ausführung der Verbeſſerung iſt $n_e = n_o - m\ 180^0 + [\beta] + z\,v_\beta$ (Rechenprobe). Nunmehr werden die Koordinatenunterſchiede von Punkt zu Punkt beſtimmt nach $\Delta\mathfrak{y} = s \sin n$ und $\Delta\mathfrak{x} = s \cos n$. Werden die Summen $[\Delta\mathfrak{y}]$ und $[\Delta\mathfrak{x}]$ mit den Unterſchieden $y_e - y_a$ und $x_e - x_a$ der Ordinaten und Abſziſſen der End- und Anfangspunkte verglichen, ſo zeigen ſich abermals Widerſprüche $f_y = y_e - y_a - [\Delta\mathfrak{y}]$ und $f_x = x_e - x_a - [\Delta\mathfrak{x}]$. Die Urſache dieſer Widerſprüche ſind wie bei f_β die Fehler der gegebenen Koordinaten und die Fehler der Brechungswinkel ſowie außerdem noch die Streckenfehler. Die



Fig. 1.

Widerſprüche werden getilgt durch Zulage von Verbeſſerungen v_y und v_x zu den berechneten Koordinatenunterſchieden mit den Ergebniſſen $\Delta y = \Delta\mathfrak{y} + v_y$ und $\Delta x = \Delta\mathfrak{x} + v_x$ ſowie $[\Delta y] = y_e - y_a$ und $[\Delta x] = x_e - x_a$ (Rechenprobe). In geradlinigen Zügen und näherungsweiſe auch in geſtreckten Zügen mit Brechungswinkeln von nahezu 180° laſſen die aus der Winkel- und der Streckenmeſſung herrührenden Fehler ſich in den Querrichtungsfehler f_q und den Längenfehler f_l zerlegen. Zwiſchen dieſen und den Koordinatenfehlern f_y und f_x beſtehen die Bezeichnungen: $f_q = (f_y [\Delta\mathfrak{x}] - f_x [\Delta\mathfrak{y}]) : S$ und $f_l = (f_y [\Delta\mathfrak{y}] + f_x [\Delta\mathfrak{x}]) : S$, worin $S = \sqrt{[\Delta\mathfrak{y}]^2 + [\Delta\mathfrak{x}]^2}$; f_q und f_l können auch genügend genau graphiſch beſtimmt werden durch Eintragen von f_y und f_x in großem Maßſtab in eine Polygonnetzkarte und Projektion der Abweichungen auf die Zugrichtung (ſ. Fig. 1 bei Punkt 71). Den Wert $f_s = \sqrt{f_y^2 + f_x^2} = \sqrt{f_q^2 + f_l}$ nennt man den linearen Geſamtfehler; $f_q : S$ iſt der relative Querrichtungsfehler und $f_l : S$ iſt der relative Längenfehler. Die Koordinatenfehler f_y und f_x werden in der Regel durch Näherungsverfahren ausgeglichen. Von dieſen ſollen die gebräuchlichſten angegeben werden. Die Koordinatenverbeſſerungen für die einzelnen Punkte werden berechnet: a) mit dem relativen Querrichtungsfehler und dem relativen Längenfehler nach $v_y = (f_l \Delta\mathfrak{y} + f_q \Delta\mathfrak{x}) : S$ und $v_x = (f_l \Delta\mathfrak{x} - f_q \Delta\mathfrak{y}) : S$; b) nach den abſoluten Werten der Koordinatenunterſchiede $v_y = f_y \Delta\mathfrak{y}_{abs} : [\Delta\mathfrak{y}_{abs}]$ und $v_x = f_x \Delta\mathfrak{x}_{abs} : [\Delta\mathfrak{x}_{abs}]$; c) nach den Koordinatenunterſchieden unter Berückſichtigung der Vorzeichen nach $v_y = f_y \Delta\mathfrak{y} : [\Delta\mathfrak{y}]$ und $v_x = f_x \Delta\mathfrak{x} : [\Delta\mathfrak{x}]$; d) nach den Streckenlängen nach $v_y = f_y s : [s]$ und $v_x = f_x s : [s]$. Die unter b) bis d) angegebenen Verfahren haben im allgemeinen eine Aenderung der bereits ausgeglichenen Richtungswinkel zur Folge, während das Verfahren a) neben einer Verlängerung oder Verkürzung des Zuges nur eine Aenderung der Abſchlußwinkel auf dem Anfangs- und Endpunkte bewirkt. Bei geſtreckten Zügen ſind die Ergebniſſe der vier Verfahren annähernd gleich; bei Zügen, die von der geſtreckten Form abweichen, iſt das Verfahren a) am meiſten zu empfehlen. Eine Ausgleichung nach der Methode der kleinſten Quadrate wird ſelten angewendet, da ſie für ſtark ausbiegende Züge wegen der Schwierigkeit der Gewichtsbeſtimmung nicht durchführbar und für geſtreckte Züge nicht erforderlich iſt. Ueber ſolche Ausgleichungen ſ. [8]. Starke Ausbiegungen laſſen ſich häufig durch Einlegung von trigonometriſchen Punkten niederer Ordnung, den Beipunkten, vermeiden [4]. Iſt dies nicht möglich, ſo müſſen die Winkel und Strecken beſonders ſcharf gemeſſen werden. Weitere Fehlerverteilungsverfahren ſ. [2]—[5]. — Die Koordinatenberechnung wird in einem geeigneten Formular ausgeführt, und zwar in der Regel logarithmiſch, je nach Erfordernis vier-, fünf- oder ſechsſtellig, ferner mit Hilfe von Koordinatentafeln (ſ. d.) oder endlich mit den natürlichen Zahlen der trigonometriſchen Funktionen unter Benutzung einer Multiplikationstafel oder einer Rechenmaſchine. Weiteres ſ. [1]—[5]. — Da die Richtungswinkel von den unveränderlichen Anfangs- und Endrichtungswinkeln abhängig ſind und durch Uebertragung der Brechungswinkel gebildet werden, iſt die Größe des Fehlers eines Streckenrichtungswinkels proportional $\sqrt{r - r^2 : z}$, worin r die Ordnungszahl des Brechungswinkels bezeichnet. Der Fehler wächſt gegen die Mitte des Zuges und nimmt von da gegen das Ende wieder ab. Er iſt in der Zugmitte um ſo größer, je größer die Anzahl z aller Brechungswinkel iſt. Es ſind daher unter Beachtung praktiſcher Grenzen möglichſt wenig Brechpunkte in einem Polygonzug anzuordnen, im Durchſchnitt etwa fünf, nicht über zehn. Wegen der Bildung der Koordinatenunterſchiede nach $s \sin n$ und $s \cos n$ und deren Aufſummierung von Punkt zu Punkt iſt nur dann, wie oben bereits ausgeführt, eine genügende Trennung der Fehler von n und s möglich, wenn die Größe der Brechungswinkel nahezu 180°

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

ist. Daher ist eine gestreckte Form der Züge zu wählen. Um diese Form zu erreichen, werden zuweilen besondere Hilfsdreiecke angewendet, wie in Fig. 2 bei den Punkten 8, 9 und 10 zur Umgehung einer Wegekrümmung. Für die Bemessung der Streckenlängen sind maßgebend die Geländeform und die Rücksichtnahme auf die Beschaffung eines genügend engen Festpunktsystems für die Kleinmessung und auf den Anschluß der später auszuführenden Fortführungsmessungen an dieses System. Strecken von 50—300 m, im Mittel 150 m, sind zweckmäßig. Gleiche Länge der Strecken eines Zuges ist anzustreben, da dann auf Gleichartigkeit sowohl der Streckenmeßfehler unter sich als auch der Winkelmeßfehler im Zuge gerechnet werden kann. Die Polygonpunktorte müssen so ausgewählt werden, daß sie für die Streckenmessung günstig liegen und scharf sowie dauerhaft bezeichnet werden können; die Punktmarken sollen gegenseitig sichtbar sein. Weiteres über die Theorie der Polygonzüge s. [2], [5] und [8].

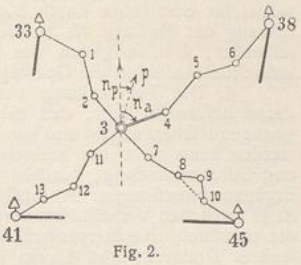


Fig. 2.

2. **Polygonnetz, Knotenpunkt, Zugverzweigung.** Die Anordnung und Gliederung des Polygonnetzes wird in erster Linie durch seinen Zweck bestimmt, eine Unterlage für die Kleinmessung zu bilden. Bei der Anlage ist nicht nur auf die Urvermessung Rücksicht zu nehmen, sondern auch auf die späteren Fortführungsmessungen (s. Kataster). Die Züge folgen den Wegen, Wasserläufen und Grenzlinien und umschließen einzelne Geländeabschnitte derart, daß die Linienabsteckung der Kleinmessung auf engbegrenzte Gebiete, wie Gewannen und Blöcke, beschränkt bleibt. Die Anordnung ist naturgemäß abhängig von der Geländebeschaffenheit und von der Summe der aufzumessenden Einzelheiten. Diese ist verschieden in Wald- und Feldfluren, in Ortslagen mit einzelnen Gebäuden und städtischen Bezirken, in Neustadt und Altstadt. In [4] sind Erfahrungssätze für die Anzahl der Polygonpunkte angegeben, die je nach Geländeschwierigkeit und Parzellierung erforderlich ist. Für die Anordnung des Polygonnetzes ist grundsätzlich zu unterscheiden, ob es als ein unabhängig von den Vermessungsobjekten dauernd für sich bestehendes Liniensystem aufgefaßt wird, oder ob es in innige Beziehung zu den Vermessungsobjekten gebracht und mit diesen erhalten werden soll. Das erste Prinzip liegt z. B. dem Verfahren der preußischen Katasterverwaltung zugrunde [4], das letztere z. B. dem Verfahren der badischen Katasterverwaltung [3]. Eine zweckmäßige Vereinigung beider Verfahren ermöglicht, die beiderseitigen Vorteile auszunutzen. Treffen mehrere Züge in einem noch nicht bestimmten und auch trigonometrisch nicht bestimmbaren Punkte, einem Knotenpunkte, zusammen (Fig. 2), so kann es zweckmäßig sein, sie gemeinsam zu berechnen. Aus allen Zügen wird zunächst der mittlere Richtungswinkel einer Strecke, z. B. n_a in Fig. 2 oder besser der mittlere Richtungswinkel n_p der Geraden nach einem entfernten Zielpunkte P unter Berücksichtigung von Gewichten abgeleitet. Als Gewichte kann man die reziproken Werte der Anzahl der Brechungswinkel $1 : z$ wählen. Auf den mittleren Richtungswinkel werden die Streckenrichtungswinkel ausgeglichen. Danach berechnet man das allgemeine arithmetische Mittel der Koordinaten des Knotenpunktes (3 in Fig. 2) aus allen Zügen, wobei die Gewichte etwa umgekehrt proportional der Zuglänge, wenn nötig auch noch nach Schwierigkeit der Messung und Anzahl der Brechungspunkte angesetzt werden können. Endlich wird die Punktberechnung in den Zügen auf die Knotenpunktkoordinaten abgeschlossen. Die trigonometrische Bestimmung eines Punktes ist der als Knotenpunkt vorzuziehen. Weiteres s. [2], [4] und [5]. In [5] ist auch die einheitliche Berechnung von Knotennetzen und Zugverzweigungen nach dem allgemeinen arithmetischen Mittel und nach der Methode der kleinsten Quadrate eingehend behandelt. — Die Berechnung der Haupt- und Nebenzüge des Polygonnetzes einer Gemarkung wird in geeigneter Stufenfolge ausgeführt. Bei städtischen Vermessungen kommen als letzte Stufe besondere Züge in Hofräumen hinzu, für die ein geregelter Anschluß selten ausführbar ist. Eine Probe läßt sich dadurch beschaffen, daß passende Zielpunkte, wie Blitzableiter und Turmspitzen, von Punkten mehrerer Züge aus angezielt werden. Sobald mehr als zwei Anschnitte vorliegen, ist eine Probe gewonnen. Weiteres s. [6]. — Für die Berechnung der Polygonnetze in geschlossenen Polygonen ohne trigonometrische Unterlage sind die obigen Ausführungen ebenfalls gültig. Wegen der Wahl der Abszissenachse s. Koordinaten, geodätische. Weiteres s. [2] und [5].

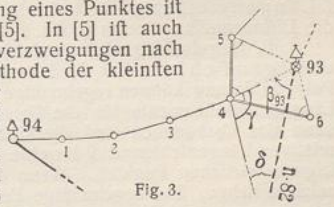


Fig. 3.

3. **Anschluß an unzugängliche Dreieckspunkte.** Da viele trigonometrische Punkte (s. Triangulierung) insbesondere in Ortschaften, wie Türme, Blitzableiter, Fahnenstangen und Schornsteine, für die unmittelbare Messung der Abschlußwinkel und Strecken nicht zugänglich sind, so muß deren Messung indirekt erfolgen. Hierbei ist zu unterscheiden, ob zum Abschluß der Brechungswinkel andre Dreieckspunkte benutzt werden können oder nicht. — Fig. 3 zeigt ein Beispiel. Der Kirchturm 93 ist unzugänglich; die Anschlußstrecke 4—93 wird doppelt bestimmt aus den Dreiecken über den Linien 4—5 und 4—6 nach dem Sinussatz der ebenen Trigonometrie (s. d.). Der Anschlußwinkel β_{93} auf 93 ergibt sich nach Messung des Winkels γ aus dem Dreieck 4—93—82 ebenfalls nach dem Sinussatz, nachdem die Seite 93—82 aus den Koordinaten dieser Punkte berechnet worden ist. Eine Probe wird gewonnen, wenn eine zweite Anschlußrichtung, z. B. auf 4 oder 5, möglich ist. Ist überhaupt keine Anschlußrichtung sichtbar, wie dies z. B. in enggebauten Ortslagen häufig vorkommt, so ist in der Regel eine Zusammenfassung von zwei oder mehr Zügen mit gemeinschaftlichem Winkelabschluß nach Andeutung von Fig. 4 möglich. In manchen Fällen, besonders bei kurzen Anschlußstrecken, ist es vorteilhaft, die Koordinaten des Dreieckspunktes auf einen Bodenpunkt zu übertragen,

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

der dann an Stelle des hochgelegenen, unzugänglichen Dreieckspunktes tritt (fogenanntes Herablegen eines Dreieckspunktes). In diefem Falle find nach Ableitung des Richtungswinkels und der Entfernung für die Anfchlußftrecke, z. B. 93—4 in Fig. 3, die Koordinatenunterfchiede 93—4 und damit die Koordinaten von 4 zu rechnen (f. Koordinaten, geodätifche), wobei für eine Probe durch doppelte Ableitung zu forgen ift. Für die Ausführung der Meffung ift zu beachten, daß diefe Uebertragung im Prinzip fehlerfrei, d. h. fo genau wie möglich, zu erfolgen hat, während für den indirekten Anfchluß die Genauigkeit der übrigen Strecken und Winkel genügt.

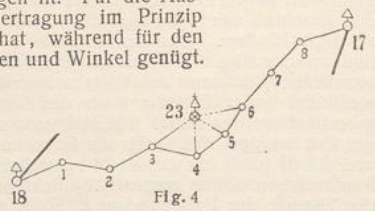


Fig. 4

4. Die **Vermarkung** der Polygonpunkte muß derart befchaffen fein, daß die Marke den Punktort genügend fcharf angibt und dauernd zweifellos erhalten werden kann nicht nur während der Polygonifierung und Stückvermeffung, fondern auch für alle fpäteren Ergänzungsmeffungen. Die Ausführung der Vermarkung ift je nach den Verhältniffen verfchieden. In [4] ift für die preußifche Kataftervermeffung ein unter der Erdoberfläche mit lotrechter Mittellinie verfenktes Drainrohr von 4,5 cm lichter Weite vorgefchrieben. Beffer ift eine behauene Steinfäule mit einem aufgemeißelten Kreuz, mit einer Lochmarke oder mit einem eingelaffenen Eifenbolzen als Tagesmarke und eine unterirdifche, zentrifche Verficherung durch ein Drainrohr oder ein eifernes Rohrftück, das aus billig zu befchaffenden, gebrauchten Gas- oder Siederöhren hergeftellt werden kann. In Städten kommen verfenkte, durch Straßenkappen gefchützte Rohre und in das Pflafter oder den Bürgerfteig eingetriebene oder gemeißelte Zeichen zur Anwendung. Zur ficheren Wiederherftellung der Vermarkung nach etwaiger Befchädigung oder Entfernung durch Tiefbauarbeiten werden Bolzen als Nebenmarken an den Hausfronten angebracht. Weiteres f. [2] und [6].

5. **Die Winkel- und Streckenmeffung.** Für die Winkelmeffung genügt die Genauigkeit, die ein kleiner Theodolit mit 30″ oder 20″ Nonienangabe bei ein- bis zweimaliger Beobachtung in beiden Fernrohrlagen gewährt. Von befonderer Wichtigkeit ift die fcharfe Zentrierung des Inftruments und der Signale auf den Punktmarken. Eine Abweichung von $\pm$ 1 cm in der Aufftellung von Inftrument und Signal erzeugt z. B. bei 100 m Entfernung Richtungsfehler von je $\pm 20''$. Da die fcharfe Zentrierung des Inftruments mit dem Schnurlot bei bewegter Luft Schwierigkeiten macht, werden andre Ablotvorrichtungen mit Erfolg angewendet. Sehr geeignet ift das fogenannte feſte Lot, ein mit einer Dofenlibelle einzurichtendes, mit dem Stativ und der Inftrumentachfe verbundenes Rohr; ferner werden auch optifche Ablotinftrumente (f. d.) benutzt. Zur Bezeichnung der Zielpunkte find befonders Zielftäbe aus etwa 8 mm ftarkem Möbelrohr geeignet, die von einem einfachen eifernen Dreifuß gehalten und mit dem Schnurlot oder beffer mit einer Anlegelibelle fenkrecht geftellt werden [7]. Für ftädtifche Arbeiten empfiehlt fich die gleichzeitige Verwendung von mindeftens drei Stativen, die über den Punktmarken aufgeftellt nacheinander als Träger des Inftruments und befonderer Zielfcheiben dienen. Die Streckenmeffung wird in der Regel mit Meßlatten oder mit dem Meßbande ausgeführt. Für ftädtifche Arbeiten ift die Verwendung von Meßlatten mit Endfchneiden und mit Zentimeterteilung zu empfehlen. Auf Maßvergleiche mit dem Normalmaß ift Bedacht zu nehmen (f. Komparator). Die Meffung wird ftets doppelt, hin und her, ausgeführt. Weiteres f. Längenmeffung. In befonderen Fällen kann an Stelle der unmittelbaren Längenmeffung die Diftanzmeffung treten (f. Bd. 2, S. 787, und Bd. 5, S. 408).

6. **Regelmäßige Längenfehler und grobe Fehler.** Ueber das Auftreten von regelmäßigen Fehlern bei der Längenmeffung f. d. In einer auf Triangulierung gegründeten Polygonifierung können regelmäßige Längenfehler noch entftehen aus einer Verfchiedenheit der Längenmeßinftrumente für die Polygonifierung und die Bafismeffung der Triangulation. Man kann das Vorkommen und die Größe von folchen Fehlern feftftellen durch Berechnung der relativen Längenfehler $f_l : S$ für eine Anzahl günftig gelegener, geftreckter Polygonzüge zwifchen trigonometrifchen Punkten. Wenn die berechneten Werte nahezu gleich find und gleiche Vorzeichen haben, find regelmäßige Fehler vorhanden. Es ift unter Umftänden zweckmäßig, aus der Summe diefer Werte und ihrer Anzahl u einen Mittelwert $r = [f_l : S] : u$ zu beftimmen und den Polygonftrecken vor der Koordinatenberechnung Verbefferungen zuzulegen nach $s + v_s$, wobei $v_s = rs$ ift. Die Anwendung des unter 1. a) befprochenen Ausgleichverfahrens macht diefe Arbeit entbehrlich. — Ift in einem Polygonzuge ein grober Winkelfehler oder ein grober Längenfehler vorgekommen, fo läßt fich ermitteln, wo die Fehler liegen. Ein grober Winkelfehler wird gefunden durch Berechnung des Zuges von beiden Endpunkten aus. Er liegt in dem Polygonpunkt, deffen Koordinaten aus beiden Rechnungen nahezu gleich hervorgehen. Zum Auffuchen eines groben Längenfehlers in einer Strecke wird der Zug vom Anfangspunkt aus berechnet. Die Berechnung ergibt dann nicht die genäherten Werte der Koordinaten des Endpunktes, fondern der Koordinaten eines andern Punktes. Der Richtungswinkel der Verbindungslinie diefes Punktes mit dem Endpunkte ift näherungsweife gleich dem Richtungswinkel der Strecke, deren Längenbeftimmung den Fehler enthält. Graphifche Verfahren, die den rechnerifchen entfprechend ausgeführt werden, alfo Aufzeichnen der Anfangs-, End- und Anfchlußpunkte nach ihren Koordinaten und Auftragen des Zuges mit Transporteur und Maßftab, führen ebenfalls zum Ziel.

7. **Genauigkeit und Fehlergrenzen.** Die allgemeine Anforderung an die Genauigkeit der Polygonifierung ift, daß ihre Fehler gegenüber denjenigen der Kleinmeffung außer Betracht bleiben können. Eine Beurteilung der Genauigkeit laffen die relativen Querrichtungsfehler $f_q : S$ und die relativen Längenfehler $f_l : S$ in den verfchiedenen Zügen zu. Für den Abfchlußfehler der Brechungswinkel gelten verfchiedene Fehlergrenzen. Bei der preußifchen Kataſter-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

verwaltung gilt z. B. nach [4] $1{,}5'\sqrt{z}$, entſprechend einem mittleren Geſamtfehler von $\pm 0{,}5'$ für jeden Brechungswinkel, bei der Kataſtervermeſſung in Elſaß-Lothringen $1{,}0'\sqrt{z+1}$ und z. B. in Hamburg für ſtädtiſche Verhältniſſe $0{,}7'\sqrt{z+1}$; $z+1$ iſt mit Rückſicht auf die Fehler der trigonometriſchen Anſchlüſſe eingeführt. Die Abweichungen, die bei der doppelten Streckenmeſſung hervortreten, ſollen nicht über einige Zentimeter hinausgehen. Amtlich iſt meiſtens vorgeſchrieben, daß dieſe Abweichungen ſowie die Geſamtfehler $f_s = \sqrt{f_y^2 + f_x^2}$ innerhalb der Fehlergrenzen bleiben, die für die Längenmeſſung (ſ. d.) aufgeſtellt ſind.

Literatur: [1] Die Polygoniſierung iſt behandelt in den beim Art. Geodäſie unter [4]—[10] genannten Lehrbüchern. Die techniſche Durchführung mit zahlreichen Literaturangaben iſt beſonders dargeſtellt in [2] Jordan, Handbuch der Vermeſſungskunde, Bd. 2, 6. Aufl., Stuttgart 1904. — [3] Die amtlichen Vorſchriften über die Ausführung der Polygoniſierung ſind angegeben beim Art. Kataſter, Bd. 5, S. 409. — Für Preußen gilt [4] IX. Anweiſung für die trigonometriſchen und polygonometriſchen Arbeiten u. ſ. w., 3. Aufl., Berlin 1903. — Ausführliche Erläuterungen hierzu gibt [5] Gauß, F. G., Die trigonometriſchen und polygonometriſchen Rechnungen, 3. Aufl., Halle 1906. — Wegen einiger ſtädtiſchen Polygoniſierungen ſei verwieſen auf [6] Zeitſchr. für Vermeſſungsweſen, Stuttgart 1881, S. 16; 1888, S. 193, 241 (Berlin); 1887, S. 314 (Karlsruhe), S. 65 (Altenburg); 1889, S. 52 (Bremen); 1893, S. 129 (Straßburg i. E.); 1895, S. 112 (Leipzig). Weitere Literaturangaben ſ. die jährlichen Literaturberichte der Zeitſchr. f. Vermeſſungsweſen. — [7] Zeitſchr. für Vermeſſungsweſen 1892, S. 155; 1893, S. 218. — [8] Fenner, ebend. 1887, S. 249; Ferber, ebend. 1907, S. 618. *(† Reinhertz) Hillmer.*

Polygonnetz, ſ. Polygoniſierung, S. 185.

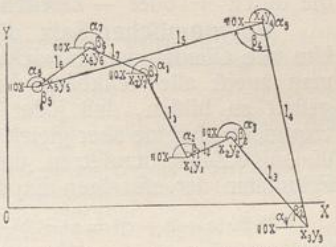
Polygonometrie, die Lehre von der Ausmeſſung der Polygone.

Ein polygonaler Zug beſtehe aus den $(n+1)$ Punkten $x_0 y_0, x_1 y_1, \ldots x_n y_n$, die durch die Seiten von den Längen $l_1 l_2 \ldots l_n$ und den Richtungswinkeln $\alpha_1 \alpha_2 \ldots \alpha_n$ verbunden ſind. Die Polygonwinkel ſeien $\beta_1 \beta_2 \ldots \beta_{n-1}$. Sind die Seiten und die Polygonwinkel nebſt den Koordinaten $x_0 y_0$ des Anfangspunkts und dem Richtungswinkel α_1 der erſten Seite gegeben, ſo iſt $\alpha_2 = \alpha_1 + 180^0 + \beta_1$; $\alpha_3 = \alpha_2 + 180^0 + \beta_2$; $\ldots \alpha_n = \alpha_{n-1} + 180^0 + \beta_{n-1}$; ferner $x_1 = x_0 + l_1 \cos \alpha_1$; $x_2 = x_1 + l_2 \cos \alpha_2 \ldots x_n = x_{n-1} + l_n \cos \alpha_n$; $y_1 = y_0 + l_1 \sin \alpha_1$; $y_2 = y_1 + l_2 \sin \alpha_2 \ldots y_n = y_{n-1} + l_n \sin \alpha_n$. Fällt der Punkt $x_n y_n$ mit $x_0 y_0$ zuſammen, ſo entſteht ein geſchloſſenes Polygon. Die algebraiſche Summe der Projektionen der Seiten eines geſchloſſenen Polygons auf eine beliebige Achſe iſt Null.

a) In einem Polygon ſind alle Seiten außer l_{n-1} und l_n gegeben, ferner alle Winkel außer β_{n-1}; ferner iſt $x_n y_n$ und α_1 gegeben. Nach Berechnung von $x_1 y_1, x_2 y_2 \ldots x_{n-2}, y_{n-2}$ und $\alpha_2 \ldots \alpha_{n-1}$ wird $\alpha_n = \alpha_{n-1} + 180 + \beta_{n-1}$; $\alpha_1 = \alpha_n + 180 + \beta_n$, woraus ſich α_n und β_{n-1} ergeben. Mit

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{y_n - y_{n-2}}{x_n - x_{n-2}}, \quad d = \frac{x_n - x_{n-2}}{\cos \delta} = \frac{y_n - y_{n-2}}{\sin \delta}$$

wird $l_{n-1} = d \dfrac{(\sin \alpha_n - \delta)}{\sin (\alpha_n - \alpha_{n-1})}$, $\quad l_n = d \dfrac{\sin (\delta - \alpha_{n-1})}{\sin (\alpha_n - \alpha_{n-1})}$.



b) In einem Polygon ſind alle Seiten außer l_n und alle Winkel außer β_{n-1} und β_n gegeben; ferner iſt $x_n y_n$ und α_1 gegeben. Nach Berechnung von $x_1 y_1 \ldots x_{n-1}$, y_{n-1} und $\alpha_2 \ldots \alpha_{n-1}$ hat man

$$\operatorname{tg} \alpha_n = \frac{y_n - y_{n-1}}{x_n - x_{n-1}}; \quad l_n = \frac{x_n - x_{n-1}}{\cos \alpha_n} = \frac{y_n - y_{n-1}}{\sin \alpha_n}$$

$\beta_{n-1} = \alpha_n - \alpha_{n-1} + 180^0$; $\beta_n = \alpha_1 - \alpha_n + 180^0$.

c) In einem Polygon ſind alle Seiten und die Winkel außer $\beta_{n-2}, \beta_{n-1}, \beta_n$ gegeben; ferner iſt $x_n y_n$ und α_1 gegeben. Man berechnet $x_1 y_1 \ldots x_{n-2} y_{n-2}$, $\alpha_2 \ldots \alpha_{n-2}$. Man ſetzt nun

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{y_n - y_{n-2}}{x_n - x_{n-2}}, \quad d = \frac{x_n - x_{n-2}}{\cos \delta} = \frac{y_n - y_{n-2}}{\sin \delta};$$

berechnet ſodann die Winkel $\gamma_{n-2}, \gamma_{n-1}, \gamma_n$ des Dreiecks aus den Seiten l_n, d, l_{n-1}. Alsdann iſt $\alpha_{n-1} = \delta \mp \gamma_{n-2}$; $\alpha_n = \delta \pm \gamma_n$, alſo zwei verſchiedene Löſungen. Endlich iſt

$\beta_{n-2} = \alpha_{n-1} - \alpha_{n-2} + 180^0$; $\beta_{n-1} = \alpha_n - \alpha_{n-1} + 180^0$; $\beta_n = \alpha_1 - \alpha_n + 180^0$.

Für die Fläche eines Polygons, deſſen Ecken die Koordinaten $x_1 y_1 \ldots x_n y_n$ haben, iſt:

$$J = {}^1/_2 \sum_1^n x_k (y_{k+1} - y_{k-1}) = {}^1/_2 \sum_1^n y_k (x_{k+1} - x_{k-1}) = {}^1/_2 \sum_1^n (x_{k+1} + x_k)(y_{k+1} - y_k) = {}^1/_2 \sum_1^n (y_{k+1} + y_k)(x_{k+1} - x_k).$$

Die Summen ſind über k von 1 bis n zu nehmen.

Literatur: [1] Hammer, Lehrbuch der ebenen und ſphäriſchen Trigonometrie, Stuttgart 1885, S. 187—205. — [2] Spitz, Lehrbuch der ebenen Polygonometrie, 2. Aufl., Leipzig 1881. — [3] Welliſch, Die Berechnungen in der praktiſchen Polygonometrie, Wien 1893. *Wölffing.*

Polygonverband (Polygonaler Verband) wird ähnlich dem Cyklopenmauerwerk (ſ. d.) hergeſtellt und zeigt nur inſofern eine Verfeinerung, als ſämtliche Fugenflächen ſo bearbeitet werden, daß ſie ſcharf aneinander paſſen. Infolgedeſſen wird die Ausführung, ähnlich wie beim Moſaikverband, ſehr teuer, wenn nicht von der Natur entſprechend geſtaltete Geſteine, wie z. B. der Säulenbaſalt, verwendet werden können. *L. v. Willmann.*

Polygonzug, ſ. Polygoniſierung, S. 183.

Polyhalit, Mineral, waſſerhaltiges Kalk-Magneſia-Kaliſulfat.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

$2\,CaSO\,4 + K_2Mg\,(SO\,4)_2 + 2\,H_2O$ (45,17 % $CaSO\,4$, 27,93 % $K_2SO\,4$, 19,92 % $MgSO\,4$ 5,98 % H_2O). Kriſtalliſiert monoklin oder rhombiſch. Farblos bis rötlich; etwas fettglänzend, nur wenig durchſcheinend. Härte 3,5. Spez. Gew. 2,77. In Waſſer löslich, wobei Gips zurückbleibt. Bildet mit Steinſalz dünne Lagen, in der ſogenannten Polyhalitregion (vgl. Kaliſalze).

Polymerie. Chemiſche Verbindungen, die zwar die gleiche prozentiſche Zuſammenſetzung aus den gleichen Elementen beſitzen, jedoch verſchiedene Molekulargröße, wie z. B. C_2H_2 (Acetylen) und C_6H_6 (Benzol), heißen polymer. Die Polymerie iſt nur der Ausdruck einer äußerlichen Beziehung ſolcher Körper zueinander; da die Atome innerhalb polymerer Molekeln in ganz verſchiedener Weiſe und Anzahl miteinander verbunden ſind, ſo zeigen ſolche Körper phyſikaliſch und chemiſch auch ganz verſchiedene Eigenſchaften. Sie entſtehen oft mehr oder weniger leicht auseinander durch ſogenannte Kondenſation oder Polymeriſation, z. B. aus drei Molekeln Cyanſäure ($CNOH$) entſteht Cyanurſäure ($C_3N_3O_3H_3$).

Viele Körper bilden durch Addition ihrer eignen Molekeln aneinander Doppel- oder mehrfache Molekeln (Molekularaggregate), ſie „aſſoziieren" ſich, und zwar mehr oder weniger vollſtändig, was im Dampfzuſtande oder in Löſung (z. B. durch Dampfdichte oder Beckmannſche Molekulargewichtsbeſtimmung) konſtatiert worden iſt. Solche polymeriſierte Molekeln (Alkohole in Benzollöſung, Eſſigſäure als Dampf, Waſſerdampf u. ſ. w.) befinden ſich meiſt im Diſſoziationszuſtande mit einfachen zuſammen, ſind demnach als ebenſo loſe gebunden zu betrachten wie die Molekularverbindungen (ſ. d.). *Abegg.*

Polymeter (Vielmeſſer), ſ. Tachymetrie.

Polymorphie, das Auftreten der gleichen chemiſchen Subſtanz im feſten Aggregatzuſtand in verſchiedenen Kriſtallformen.

Solche polymorphe Formen beſitzen keine chemiſche, wohl aber phyſikaliſche Verſchiedenheiten, verſchiedene Schmelzpunkte, Löslichkeiten u. ſ. w., weshalb ſie auch als phyſikaliſch iſomer bezeichnet werden. Polymorphe Körper ſind ſehr häufig, z. B. Graphit-diamant, rhombiſcher und monokliner Schwefel, Kalkſpataragonit, Quarztridymit u. ſ. w. Polymorphie wird auch (namentlich bei Elementen) Allotropie (ſ. d.) genannt.

Literatur: Nernſt, Theoretiſche Chemie, 4. Aufl., Stuttgart 1903. *Abegg.*

Polynom, eine vielteilige Zahlengröße, beſtehend aus mehr als zwei Gliedern, die durch + oder — Zeichen verbunden ſind, z. B. $a^2 + b^2 - c^2 + d^2$.

Polynomiſcher Satz dient zur Potenzierung eines Polynoms und lautet: Um alle Glieder der Entwicklung von $(a + b + c + d + \ldots)^n$ zu erhalten, hat man zuerſt alle denkbaren Produkte von Potenzen der Glieder $a\,b\,c\,d\ldots$ dergeſtalt zu bilden, daß jeder Exponent eine der Zahlen 0 bis n ſein darf, die Exponentenſumme aber gleich n wird und darauf jedem Produkte als Koeffizienten diejenige Zahl vorzuſetzen, die ſich ergibt, wenn man $n!$ durch das Produkt der Fakultäten der einzelnen Exponenten dividiert.

$$\text{Z. B. } (a+b+c)^4 = a^4 + b^4 + c^4 + \frac{4!}{3!\,1!}(a^3b + a^3c + ab^3 + b^3c + ac^3 + bc^3) + \frac{4!}{2!\,2!}$$
$$(a^2b^2 + a^2c^2 + b^2c^2) + \frac{4!}{2!\,1!\,1!}(a^2bc + ab^2c + abc^2).$$

Literatur: [1] Putiatycki, Der polynomiſche Lehrſatz für beliebige Exponenten, Liſſa 1845. — [2] Helmling, Ueber die Entwicklung des Polynomiums, Heidelberg 1850. *Wölffing.*

Polyſaccharide, ſpaltbare, nicht zuckerähnliche Kohlehydrate, wie die Dextrine, Stärke, Celluloſe; ſ. Kohlehydrate.

Polytropiſche Zuſtandsänderungen, Ausdruck der Wärmetheorie, eingeführt von Zeuner [1]. Wirkt auf die Oberfläche eines Körpers ein gleichmäßig verteilter Normaldruck von p pro Flächeneinheit und es ändert ſich p mit dem Körpervolumen v derart, daß

$$p\,v^m = C = p_1\,v_1^m, \qquad p = \frac{C}{v^m}, \qquad 1.$$

unter m und C irgendwelche Konſtante verſtanden, ſo hat man eine polytropiſche Zuſtandsänderung des betreffenden Körpers. Meiſt wird in 1. v auf die Gewichtseinheit bezogen (ſpezifiſches Volumen). Werden die p als Ordinaten bei den zugehörigen v als Abſziſſen aufgetragen, ſo entſteht eine polytropiſche Kurve. In Fig. 1 ſind einige durch den Punkt p_1, v_1 gehende Kurven dieſer Art angedeutet. Die polytropiſchen Zuſtandsänderungen ſpielen in der techniſchen Thermodynamik eine hervorragende Rolle, da die wichtigſten Zuſtandsänderungen von Gaſen und Dämpfen genau oder annähernd unter die Form 1. fallen und ſelbſt ganze Indikatordiagramme mit genügender Genauigkeit

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

durch eine Anzahl polytropiſcher Kurven dargeſtellt werden können, worauf z. B. eine kalorimetriſche Beurteilung von Luft- und Gasmaſchinen beruht [3], [12], I, S. 199, 294.

Aus 1. folgen:

$$\frac{dp}{dv} = -m\frac{p}{v},\quad \frac{d^2p}{dv^2} = m(m+1)\frac{p}{v^2},\quad \frac{d^np}{dv^n} = (-1)^n m(m+1)\dots(m+n-1)\frac{p}{v^n}. \qquad 2.$$

Bezeichnet an irgend einer Stelle p, v einer polytropiſchen Kurve φ deren Neigungswinkel gegen die v-Achſe, ſo hat man den Exponenten in 1.:

$$m = -\frac{v}{p}\operatorname{tg}\varphi = -\frac{\operatorname{tg}\varphi}{\operatorname{tg}\alpha} \qquad 3.$$

(Fig. 2), wonach alle polytropiſchen Kurven von gleichem m aber verſchiedenen C jede vom Koordinatenurſprung ausgehende Gerade unter gleichen Winkeln φ ſchneiden (Fig. 3). Für einen Uebergang von $p_1\ v_1$ in p, v läßt ſich der zu ſeiner Darſtellung durch eine polytropiſche Kurve anzunehmende Exponent m nach 1. erhalten:

$$m = \frac{\log p_1 - \log p}{\log v - \log v_1}. \qquad 4.$$

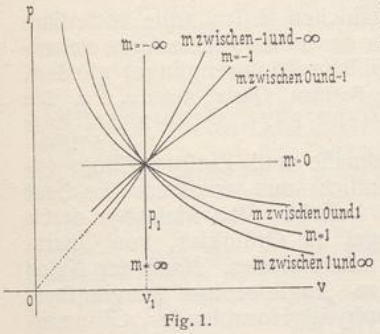


Fig. 1.

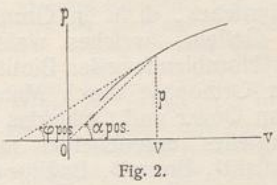


Fig. 2.

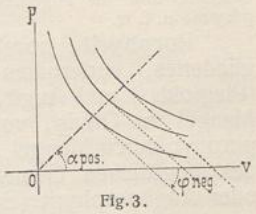


Fig. 3.

Als p_1, v_1 und p, v kann man den Anfangspunkt und Endpunkt eines Uebergangs wählen oder irgendwelche andre Punkte desſelben, bei welchen man beſonderes Gewicht auf möglichſten Anſchluß an die wirkliche Druckkurve legt. Ueber graphiſche Beſtimmung polytropiſcher Kurven von gegebenen m, p_1, v_1 ſ. [4], [6]—[9], über die Arbeit zur Ueberwindung des Druckes p ſ. Aeußere Arbeit, Bd. 1, S. 103.

Für Gaſe, welche dem Boyle-Gay-Luſſacſchen Geſetze (ſ. d.)

$$pv = RT \qquad 5.$$

folgen, ſtellt 1. die Bedingung für das Konſtantbleiben der ſpezifiſchen Wärme (ſ. d.) dar, d. h. des Verhältniſſes der Wärmezufuhr dQ pro Gewichtseinheit zur Temperaturänderung dT, für welches dann gilt:

$$\frac{dQ}{dT} = c = \frac{m-k}{m-1}c_v, \qquad Q = c(T-T_1), \qquad 6.$$

wenn c_p, c_v die ſpezifiſchen Wärmen bei konſtantem Drucke und konſtantem Volumen, und $k = c_p : c_v$, für atmoſphäriſche Luft $c_p = 0{,}23751$, $c_v = 0{,}16844$, $k = 1{,}41$. Ueber die Temperatur, äußere Arbeit und Aenderung der inneren Arbeit für polytropiſche Zuſtandsänderungen von Gaſen ſ. Gaſe, Bd. 4, S. 277. Anwendung polytropiſcher Zuſtandsänderungen beim Ausfluß von Gaſen und Dämpfen aus Gefäßmündungen ſ. Bd. 4, S. 283, und [12], I, S. 305, 362.

Literatur: [1] Zeuner, Grundzüge der mechaniſchen Wärmetheorie, Leipzig 1866, S. 143 (ausführlicher Techniſche Thermodynamik, I, Leipzig 1900, S. 147, 239). — [2] Grashof, Theoretiſche Maſchinenlehre, I, Leipzig 1874, S. 112, 208, 559. — [3] Weyrauch, Zur Beurteilung von Luft- und Gasmaſchinen, Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1880, S. 185 (Zahlenkorrektur 1881, S. 226). — [4] Brauer, Konſtruktion geſetzmäßiger Expanſionskurven von der allgemeinen Form $pv^m = C$, Zeitſchr. wie [2], 1885, S. 433. — [5] Tobell, Ueber die graphiſche Unterſuchung und Vorausbeſtimmung von Indikatordiagrammen an Dampfmaſchinen, Techn. Blätter 1889, S. 22. — [6] Pröll, Ueber Indikatordiagramme und graphiſche Beziehungen zwiſchen Druck, Volumen und Temperatur, Zeitſchr. wie [2], 1891, S. 988, 1022. — [7] Tolle, Neue Konſtruktion der polytropiſchen Kurve, Zeitſchr. wie [2], 1894, S. 1456. — [8] Hartmann, Gleichzeitige Beſtimmung der Polytrope und Charakteriſtik für ein angenommenes Indikatordiagramm, Zeitſchr. wie [2], 1895, S. 194. — [9] Wagner, Verfahren zur Aufzeichnung der polytropiſchen Kurve, Zeitſchr. wie [2], 1896, S. 707. — [10] Lorenz, Techniſche Wärmelehre, München und Berlin 1904, S. 47, 173. — [11] Fiſcher, Viktor, Die Verwendung eines logarithmiſch geteilten Koordinatenſyſtems in der Wärmemechanik, Zeitſchr. d. Oeſterr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1907, S. 294. — [12] Weyrauch, Grundriß der Wärmetheorie, I, Stuttgart 1905, S. 54, 158, 163, 198, 271, 284; II, Stuttgart 1907, S. 45, 129, 305, 362. — [13] Dingeldey, Zeitſchr. f. Math. und Phyſik 1907, S. 87. *Weyrauch.*

Pompejanerrot, ſ. Eiſenrot.

Ponceau, ſ. Farbſtoffe, künſtliche organiſche, Bd. 3, S. 624.

Ponceletrad, ſ. Waſſermotoren.

Poncieren, das Glattſchleifen der Fleiſchſeite von Glacéfellen, welche auf dieſer Seite gefärbt und ſpäter mit derſelben nach außen getragen werden ſollen (Däniſchleder, Suède), entweder mit der Hand mittels Bimsſteins oder mit Hilfe von Schleifmaſchinen (Ponciermaſchinen) vorgenommen. *Päßler.*

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Pongee (engl. Japon silk), leichter japanifcher (oder auch chinefifcher) Wafchfeidenftoff in Taftbindung. *E. Müller.*

Ponton, f. Dock und Schiffbrücken.

Poop des Schiffes, ein auf dem achterften Teil des Oberdecks befindlicher, gefchloffener und von Bord zu Bord reichender Aufbau, der meift die Kajüte und Wohnräume enthält. *T. Schwarz.*

Poopdeck, das obere Deck einer Poop.

Porfido rosso antico, Porfido verde antico, f. Porphyrit.

Porofitätsfaktor, die Verhältniszahl des Porenvolumens (f. Bodenphyfik, Bd. 2, S. 111) eines Körpers zu deffen Gefamtvolumen, letzteres als der vom äußeren Umfang eingefchloffene Körperinhalt gedacht.

Porphyr, an Kiefelfäure reiche und an alkalifchen Erden arme vortertiäre Eruptivgefteine, deren Gefteinsmaffe fich in eine für das unbewaffnete Auge einheitliche Grundmaffe und in darin liegende große Kriftalle (Einfprenglinge) gliedert.

Als Gemengteile treten auf: Orthoklas, Plagioklas-Feldfpat, Quarz, Augit u. f. w. Die Gefteine find im allgemeinen hell gefärbt. Vgl. Quarzporphyr, Orthophyr, Porphyrit u. f. w. *Leppla.*

Porphyrit, porphyrifches, d. h. in Grundmaffe und Einfprenglinge gegliedertes, vortertiäres Geftein, welches wefentlich aus triklinem Feldfpat (Plagioklas) und Augit, Hornblende oder Biotit befteht. Von Melaphyr durch Mangel an Olivin, von Orthophyr durch Mangel an Orthoklas, von Quarzporphyr durch Mangel an Quarz und Orthoklas unterfchieden. Nach der Natur des augitifchen Gemengteiles unterfcheidet man Augitporphyr (Augitophyr) oder Augitporphyrit (Enftatit-, Bronzit-, Baftitporphyrit) Hornblende-, Glimmerporphyrit u. f. w.

Die Porphyrite find außerordentlich häufige, meift erguß- oder lavaförmige Eruptivgefteine in den Schichten der Steinkohlenformation, des Rotliegenden und der Trias (Sachfen, Thüringen, Saar-Nahe-Gebiet u. f. w.). Ihre technifche Verwendung ift auf Straßenbaumaterial, vorwiegend auf Kleinfchlag, befchränkt. Zu Pflafterfteinen eignen fich nur einfprenglingreiche Gefteine. Zu Hochbauten werden poröfe Porphyrite höchftens für rauhes Mauerwerk gebraucht, da fie fchwer zu bearbeiten find. Als „Porfido rosso antico" wurde ein blutroter, weißgefleckter (Feldfpat), fchön politurfähiger Porphyrit von der Weftküfte des Roten Meeres am Djebel Dokhan im Altertum zu Luxusbauten und Denkmälern verwendet. „Porfido verde antico", oder Verde antico fchlechthin, ift ein olivengrüner Porphyrit mit eingefprengten weißen Feldfpaten; er ftammt aus dem Peloponnes (zwifchen Lebetfova und Marathonifi) und wurde ebenfalls zu antiken Denkmälern benutzt. *Leppla.*

Porphyroid, ein gefchiefertes oder gefchichtetes, in Grundmaffe und Einfprengling gegliedertes, aus Quarz und Feldfpat, auch Glimmer zufammengefetztes Geftein, alfo fcheinbar ein Eruptivgeftein in gefchichteter Form.

Die Porphyroide bilden wenig mächtige Einlagerungen in den älteften Schichtenreihen (Kambrium, Silur, Devon) und werden teils als mechanifch veränderte, geftreckte Eruptivgefteine (Granite, Porphyre, Arkefin-Hornblendegneis), teils als chemifch und mineralifch umgewandelte Tuffe von folchen, teils als normale Schichtgefteine (Tuffe) angefehen. Ihre Verwendung erftreckt fich nur auf Kleinfchlag für Straßenbau. Vorkommen im Harz, rheinifchen Schiefergebirge und in den Ardennen. *Leppla.*

Porphyrtuff, aus kleinftückigem oder feinkörnigem Zerreibfel von Porphyr beftehendes, gefchichtetes Geftein, häufig mit Quarz durchtränkt und verfeftigt (verkiefelt), von heller, weißer, grauer, gelber oder roter Farbe. *Leppla.*

Portal, die architektonifch reichausgeftattete Türöffnung eines öffentlichen Gebäudes, Palaftes oder einer Kirche.



Brauttüre an St. Sebald zu Nürnberg.

Bei letzteren liegt das Portal meiſt an der Weſtſeite und führt entweder direkt oder durch eine Vorhalle zum Mittelſchiff, auch durch ſeitlich gelegene Türen zu den Seitenſchiffen oder in das Querſchiff. Im ſpäten Mittelalter kamen 3—5 Portale nebeneinander vor. — Die Seitenwände der romaniſchen Portale waren breit eingeſchrägt und mit Säulen oder abwechſelnd mit Figuren geſchmückt, nach oben im Rund- oder Spitzbogen mit zwiſchenliegendem Bogenfeld und bekrönendem Giebel abgeſchloſſen. Die großen gotiſchen Portale haben Doppeltüren mit verziertem Mittelpfoſten, während das hohe Bogenfeld mit mehrfachen Reihen figurenreicher Reliefs geſchmückt erſcheint. Uebrigens ſchuf die ſpätere Zeit manche abweichende Motive, ſo am Dom in Regensburg, an der Marienkirche in Nürnberg u. ſ. w. Als Beiſpiel geben wir in der Figur S. 190 das Brauttor an St. Sebald in Nürnberg. *Weinbrenner.*

Portefeuillearbeit, Herſtellung von Gegenſtänden des täglichen Gebrauches, zum beſtändigen Mitführen in den Kleidertaſchen geeignet, meiſt aus lohgarem, weißgarem oder ſämiſchgarem Leder.

Die Fabrikation zeigt eine teilweiſe Vereinigung von Techniken des Buchbinder-, Täſchner- und Gürtlergewerbes. — Der Portefeuiller ſchneidet ſeine Lederſtücke genau nach ſorgfältig erprobten Pappenmuſtern zu. Er feuchtet das Leder, bearbeitet es mit dem Walgerholz und kleiſtert es auf der Fleiſchſeite, um ihm Stand und glatte Lage zu geben, er ſchärft es, indem er es auf einen Solnhofener Stein mit der Narbenſeite auflegt und, mit einem breiten Meſſer ſtoßend, die Subſtanz genau nach der Vorzeichnung bis auf eine dünne Membran wegnimmt. Sodann wird, falls das Leder dicker erſcheinen ſoll, weiches, ungeleimtes Papier in paſſender Größe aufgeklebt. Nach dem Trocknen zwiſchen Papptafeln legt man den Futterſtoff — dünnes Spaltleder oder Seidenſtoff —, genau geſchnitten, glatt auf und klebt ihn am Rande feſt. Dasſelbe geſchieht mit Taſchenfalten, Klappen u. ſ. w. Sodann wird eine Zinkblechtafel ſo aufgelegt, daß gerade der Einſchlag frei bleibt. Dieſer wird mit Kleiſter beſtrichen und ſauber herübergeſchlagen; mit dem Falzbein werden die durch Ecken und Kurven bedingten Fältchen verſtrichen, dann aber mit ſcharfem Meſſer die überſchüſſige Breite des Einſchlags bis auf höchſtens 5 mm mit ſicherem Schnitt auf der Blechunterlage abgetrennt. Nun zieht man das Blech vorſichtig weg und drückt den ſchmalen Einſchlag auf dem Futterſtoff und den angeſetzten Teilen feſt. Später werden noch eine Steppnaht über dieſe Teile hinweggeführt ſowie etwaige Schlöſſer angeſchlagen. — Gilt dieſes Verfahren im allgemeinen für die ſogenannte „weiche Arbeit“: Viſites, Brieftaſchen, Schreibmappen, Handſchuh- und Taſchentuchbehälter u. ſ. w., ſo werden dagegen die ſogenannten „Rahmenſachen“ über feſte Klötze geformt und nach dem Trocknen und Schneiden in Bügel eingenietet oder in ſolchen von Rinnenform durch Miteinſtopfen von Schnüren befeſtigt. Zigarren- und Geldtaſchen, auch die mannigfachen Formen der Bügeltaſchen gehören hierher. — Hauptorte der Fabrikation ſind neben Wien und Paris beſonders Offenbach a. M., Berlin und Nürnberg.

Literatur: Zeitſchr. f. die Portefeuille-, Leder- u. ſ. w. -branche, Leipzig-Gohlis (10 Jahrgänge); Adam, Lehr- und Handbuch der Buchbinderei, Dresden 1886; Saalfeld, H., Leder und Lederwaren, Papierztg. 1897, Nr. 1 ff. *H. Saalfeld.*

Porteurleine, ein ſtarkes Tau oder eine Kette, mittels welcher der Anker unter dem Kranbalken zum Fallenlaſſen aufgehängt wird (ſ. Ankerlagerung).

Portikus, eine durch Säulenſtellung gebildete Vorhalle, auch eine ſäulengeſchmückte Durchgangshalle.

Portlandſtein oder -kalk, weiße und graue oolithiſche, harte (teilweiſe verkieſelte) Kalkſteine in der oberen Juraformation Englands (Dorſet-, Wilt-, Buckingham- und Oxfordſhire); ſie werden als Hochbaumaterial (St. Paul, Weſtminſter) in London viel verwendet. *Leppla.*

Porzellan, Porzellanerde, ſ. Tonwaren, Kaolin.

Porzellanknöpfe, aus gereinigtem Feldſpat und Knochenaſche beſtehende, unter Druck geformte Knöpfe, welche durch Zuſatz von Metalloxyden gefärbt und in Muffeln gebrannt werden. Vgl. Knopffabrikation.

Porzellanmalerei, entweder auf der Glaſur des bereits fertig gebrannten Porzellans ausgeführte und durch nochmaliges Brennen fixierte oder auch vor dem Glaſieren ausgeführte Malereien; im letzteren Falle werden Malerei und Glaſur zugleich gebrannt (Scharffeuerfarben). Hauptſitz der Porzellanmalerei: Berlin, Dresden, Gablonz a. N., Limoges, Sèvres, Petersburg und Wien.

Literatur: Strele-Tſcheuſchner, Handbuch der Porzellan- und Glasmalerei, 4. Aufl., Weimar 1883; Romanoff, Die Behandlung der Schmelzfarben, Berlin 1897; Klimke, Anleitung zur Malerei auf Porzellan und Glas, 6. Aufl., Leipzig 1903. *Dümmler.*

Poſamentierſtuhl, ſ. Bandſtuhl, Weberei.

Poſidonienſchiefer (Poſidonomyenſchiefer), 1. in der unteren Steinkohlenformation (Kulm) Weſtfalens dunkelgraue, feſte, dickſchiefrige Tonſchiefer; 2. in der unteren Juraformation (Lias) dunkelgraue bis ſchwarze, dünngeſchichtete, blätterige, bituminöſe Schiefertone und Mergel, welche zu einem zähen Letten verwittern und ſehr wenig durchläſſig ſind. Bei ſtärkerem Gehalt an Bitumen werden Aſphalt und ähnliche natürliche Kohlenwaſſerſtoffe daraus gewonnen.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Positionslaternen, Schiffslaternen, welche bei Nacht die Fahrtrichtung eines Schiffes angeben und gemäß dem Straßenrecht auf See nach bestimmten Vorschriften gefahren werden müssen.

Segelschiffe führen auf Steuerbordseite ein grünes Licht, auf Backbordseite ein rotes. Diese Laternen müssen an der Binnenbordseite mit Schirmen von mindestens 1 m Länge versehen sein, so daß die Lichter nicht über den Bug hinweg leuchten. Dampfschiffe führen außerdem an oder vor dem Fockmast noch ein helles weißes Licht ohne Schirme. Dampfer, welche ein Schiff im Schlepp haben, müssen über dem weißen Licht in 2 m Entfernung noch ein zweites weißes Licht fahren.

Literatur: Dick und Kretschmer, Handbuch der Seemannschaft, Berlin 1902; Verordnung zur Verhütung des Zusammenstoßens der Schiffe auf See vom 9. Mai 1897. *T. Schwarz.*

Positionswinkel, in der Geodäsie, der Winkel, den zwei Ziellinien in der durch beide gegebenen Ebene miteinander einschließen. Mit Spiegel- und Prismeninstrumenten (s. d.) erhält man stets Positionswinkel.

Dies gilt selbstverständlich auch für die Instrumente mit festen Spiegel- oder Prismenwinkeln zum Abstecken der Winkel von 90°, 180° (und allenfalls 45°) bei Kleinaufnahmen, nur legt man hier sogleich beim Gebrauch des Instruments die Ebene des Positionswinkels horizontal, so daß man unmittelbar die genannten Horizontalwinkel absteckt. Beim Gebrauch von Reflexionsinstrumenten zur Höhenwinkelmessung liegt die Ebene des Positionswinkels vertikal; man mißt den Winkel zwischen einem Punkt und seinem Spiegelbild in einer horizontalen Spiegelebene, also das Doppelte des Höhenwinkels. Wenn dagegen ein mit diesen Instrumenten gemessener Positionswinkel zwischen zwei terrestrischen Zielpunkten für Lagemessungen in Betracht kommen soll, so ist der Positionswinkel auf den Horizont zu reduzieren, d. h. der ihm entsprechende Horizontalwinkel zu berechnen. Dazu braucht man noch die Höhenwinkel h_1 und h_2 nach den beiden Zielpunkten P_1 und P_2, zwischen denen der Positionswinkel α gemessen ist. Mit $s = {}^1/_2(\alpha + h_1 + h_2)$ wird für diesen Horizontalwinkel α_1 zwischen P_1 und P_2

$$\operatorname{tg}\frac{\alpha_1}{2} = \sqrt{\frac{\sin(s-h_1)\sin(s-h_2)}{\cos s \cos(s-\alpha)}}.$$

Sind h_1 und h_2 nicht groß (nicht über 2—3°), so ist, wenn beide in $'$ und der Unterschied zwischen α_1 und α in $''$ genommen werden,

$$(\alpha-\alpha_1)'' = \left\{\left(\frac{h_1-h_2}{2}\right)^2 \operatorname{ctg}\frac{\alpha}{2} - \left(\frac{h_1+h_2}{2}\right)^2 \operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}\right\}\cdot\frac{60''}{3437{,}75}$$

$$= 0{,}01745\left\{\left(\frac{h_1-h_2}{2}\right)^2 \operatorname{ctg}\frac{\alpha}{2} - \left(\frac{h_1+h_2}{2}\right)^2 \operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}\right\}.$$

Wenn die Zielpunkte nicht so weit entfernt sind, daß bei der Genauigkeit, mit der man den gemessenen Winkel braucht, im Vergleich mit diesen Entfernungen die Abmessungen des Sextanten völlig verschwinden (z. B. Ablesung auf $1'$ an einem Dosensextanten von 8 cm Durchmesser bei Zielungen auf mehrere Kilometer), so kommt zu der angegebenen Reduktion noch eine parallaktische Reduktion; doch sind die Fälle, in denen diese vernachlässigt werden kann, für die terrestrische Sextantenmessung die wichtigsten, so daß der Verweis auf [1] oder [2] genügt. Für geodätischen Gebrauch auf dem festen Land sind nämlich Spiegel- und Prismeninstrumente immer unwichtiger geworden; um so unentbehrlicher sind sie in der Nautik (abgesehen von ihrer Verwendung in der astronomischen Navigation auch bei terrestrischer Winkelmessung von Schiffen aus bei Küstenaufnahmen, Positionsbestimmung des Schiffs in der Nähe der Küste durch Anzielen von Landsignalen u. s. w.).

In der Astronomie nennt man Positionswinkel die Winkel, die der Großkreisbogen zwischen zwei Punkten an der Sphäre, z. B. zwischen zwei Sternen, mit den Deklinationskreisen dieser Punkte einschließt. Stets wird dabei der Positionswinkel vom Nordzweig des durch den Punkt gehenden Deklinationskreises als Nullrichtung in der Richtung der wachsenden Rektaszensionen von 0—360° gezählt. Zur Messung der Positionswinkel dient das Positionsmikrometer (Fadenmikrometer mit Positionskreis, das Heliometer oder ähnliche Instrumente, die mit Positionskreisen versehen sind, bei parallaktisch aufgestelltem Fernrohr) [3].

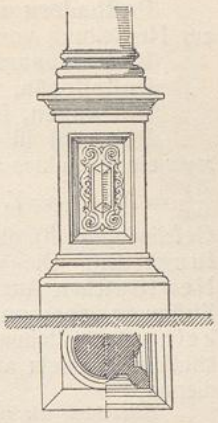
Literatur: [1] Jordan, Grundzüge der astronom. Orts- und Zeitbestimmung, Berlin 1885, S. 209/11. — [2] Wislicenus, Handbuch der geograph. Ortsbestimmung, Leipzig 1891, S. 97. — [3] Vgl. die Handbücher der sphärischen und praktischen Astronomie von L. Ambronn, Handb. der astronomischen Instrumentenkunde, Berlin 1898.

Positiv und Negativ. Bei der ursprünglichen Definition der Subtraktion muß der Minuendus größer als der Subtrahendus sein. Ist das Gegenteil der Fall, so entsteht eine Zahl, die nicht zu den gewöhnlichen, durch Abzählung zu erhaltenden Zahlen 1, 2, 3 ... gehört. Während daher die letzteren positiv genannt werden, heißen die erwähnten neuen Zahlen negativ.

Ist $a - b$ eine positive Zahl, so ist $b - a$ die zugehörige negative vom gleichen absoluten Wert; es ist ferner $(a - b) + (b - a) = 0$. Die negativen Zahlen können als Produkte der positiven mit der negativen Einheit angesehen werden. Von Positiv und Negativ redet man auch in der Geometrie überall da, wo entgegengesetzte Dinge in Betracht kommen; man nennt so z. B. die beiden Richtungen, in denen sich eine Gerade ins Unendliche erstreckt, ebenso die beiden Drehungssinne, in welchen die Bewegung einer Geraden um einen festen Punkt erfolgen kann.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Literatur: [1] de Campon, Théorie des quantités négatives, Paris 1879. — [2] Franke, Die Lehre von den poſitiven und negativen Zahlen, Schleuſingen 1884. — [3] Kämmerer, Zur Theorie der Negativen und Imaginären, Sondershauſen 1891. — [4] Smolik, Begriff des Gegenſatzes zwiſchen poſitiven und negativen Größen, Budweis 1883. *Wölffing.*



Poſtament (Piedeſtal) bedeutet einen Unterſatz, auf welchem Säulen, Vaſen, Statuen u. dergl. ſtehen (ſ. die Figur).

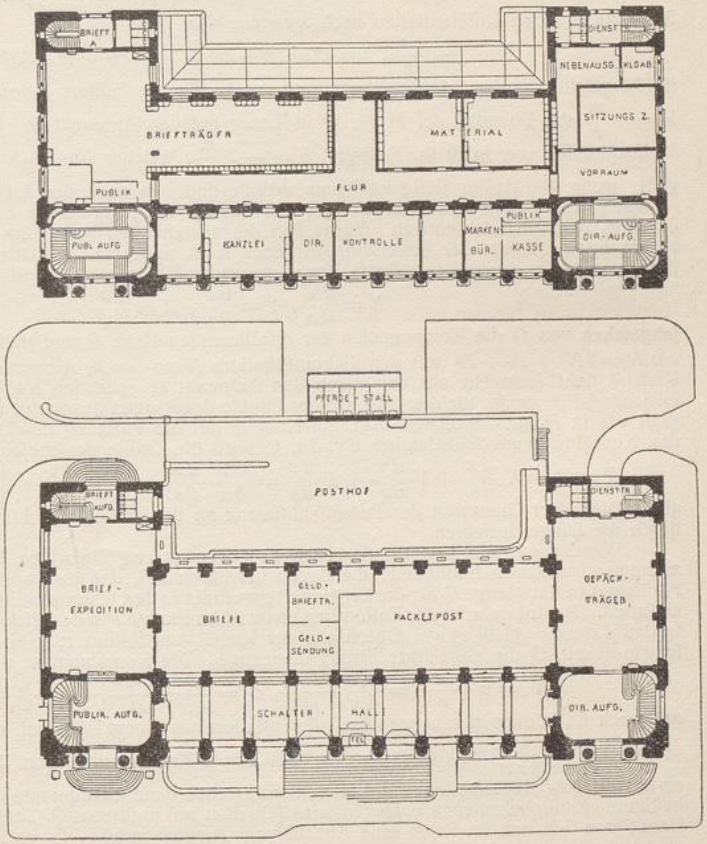
Die griechiſchen und vorgriechiſchen Säulen beſaßen keinen beſonderen Unterſatz; erſt im römiſchen Stil wurden die Säulen auf Poſtamente geſetzt, ein Gebrauch, der ſich bis in die moderne Zeit erhielt. Im allgemeinen beſteht das Säulenpoſtament aus einem würfelförmigen Körper, unten mit einem Fußgeſims, oben mit einem bekrönenden Glied. Die Detailformen richten ſich nach den einzelnen Stilarten. *Weinbrenner.*

Poſtbeförderung auf Eiſenbahnen, ſ. Eiſenbahnpoſtbeförderung.

Poſtdienſträume, ſ. Empfangsgebäude, Eiſenbahnpoſtbeförderung, Poſtgebäude.

Poſten, der zwiſchen den „Schlägen“ einer zu bearbeitenden Quaderſteinfläche rauh ſtehengebliebene Teil, der zunächſt mit dem Spitzeiſen, der Zweiſpitze oder dem Stockhammer abzuarbeiten iſt (ſ. Werkſteinbearbeitung). *L. v. Willmann.*

Poſtgebäude (Poſtamt, Poſthaus), in welchem der ſtaatliche Betrieb des Brief-, Geld-, Telegraphen- und Fernſprechverkehrs ſowie der Paketſendung, aber auch der Perſonenbeförderung vor ſich geht, wobei je nach den allgemeinen Verhältniſſen, der Größe, der Bevölkerungszahl u. ſ. w. die verſchiedenſten Räume erforderlich ſind.



Erdgeſchoß und erſtes Obergeſchoß des neuen eidgenöſſiſchen Poſtgebäudes zu Genf (Architekten: Gebr. Camoletti, Genf).

In einem Hauptgebäude ſind neben einer geräumigen und hellen Vorhalle die Arbeitsräume zur Annahme und Ausgabe für Briefe und Druckſachen, für Muſter, Geldſendungen und Paketbeförderung, ferner für den telegraphiſchen Verkehr oft getrennte Räume, ebenſo für das Fernſprechen Einzelkammern. Die Ausgabe der Briefe kann dadurch erleichtert werden, daß dem Empfänger ein geſondertes Fach zugewieſen iſt, das er von außen mittels Schlüſſels ſelbſt öffnet und entleert. Im Obergeſchoß ſind Dienſträume (vgl. die Figur) oder auch Dienſtwohnungen anzuordnen. Für die Perſonenbeförderung dient eine Poſthalterei mit Stallungen und offenem Wagenſchuppen zur Unterfahrt für Auf- und Abladen. Der Poſthof mit weiten Einfahrtstoren muß ſo geräumig ſein, daß die beſpannten Wagen bequem umgelenkt werden können. Auch iſt für die Möglichkeit der Wagenreinigung Vorſorge zu treffen. *Weinbrenner.*

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Posthadern nennt man in manchen Papierfabriken die feinsten weißen, zur Herstellung von Postpapier verwendeten Hadern. *Kraft.*

Postierapparat, s. Tuchfabrikation.

Postpliocän, s. v. w. Pleistocän, s. Diluvium.

Postwagen, s. Eisenbahnwagen, Motorwagen.

Potential ist eine Funktion $V(x, y, z)$ des Ortes, d. h. der Koordinaten xyz eines Punktes P, deren partielle Differentialquotienten nach den Koordinaten $\frac{\partial V}{\partial x} = X$, $\frac{\partial V}{\partial y} = Y$, $\frac{\partial V}{\partial z} = Z$ die Komponenten einer gerichteten Größe (Kraft, Geschwindigkeit), die diesem Punkt P (Aufpunkt) zugewiesen ist, geben (s. Kräftefunktion). Die wichtigsten Potentiale sind das Potential einer nach dem Newtonschen Anziehungsgesetz wirkenden Kraft und der zu der stationären Strömung einer unzusammendrückbaren Flüssigkeit gehörigen Geschwindigkeit. Beide stehen in engstem Zusammenhang miteinander; sie werden durch ähnliche Formeln ausgedrückt und können zur gegenseitigen Veranschaulichung dienen.

Betrachten wir zuerst eine im Punkt $M(\xi, \eta, \zeta)$ gelegene punktförmige Masse m, so ist deren Wirkung auf eine im Aufpunkte P befindliche Masse „Eins" durch die in der Verbindungslinie MP wirkende Kraft $-\frac{mf}{r^2}$, wo f eine von den gewählten Einheiten abhängige Konstante bedeutet. Die Komponenten dieser Kraft sind

$$X = -\frac{mf}{r^3}(x-\xi),\quad Y = -\frac{mf}{r^3}(y-\eta),\quad Z = -\frac{mf}{r^3}(z-\zeta).$$

Sie können durch Differentiation nach xyz aus dem Ausdruck

$$-\frac{fm}{r},\quad \text{wo } r^2 = (x-\xi)^2 + (y-\eta)^2 + (z-\zeta)^2$$

ist, hergeleitet werden. Unter Weglassung des konstanten Faktors f bezeichnet man daher mit $V = -\frac{m}{r}$ das Potential der Masse M in bezug auf den Aufpunkt P. Liegt eine Anzahl von Massenpunkten vor, so ist ihr Potential $V = -\Sigma\frac{m}{r}$, welcher Ausdruck in $V = -\int\frac{dm}{r}$ übergeht, wenn die Massen stetig im Raum verteilt sind. Je nach der Art dieser Verteilung, ob räumlich, flächenhaft oder linienförmig, ist das auf die Koordinaten $\xi\eta\zeta$ bezügliche Integral dreifach, zweifach oder einfach. Würde statt der anziehenden Kraft eine abstoßende, nach dem umgekehrten Quadrat der Entfernung wirkende Kraft auftreten, so hätte man die betreffenden Massen m bezw. dm mit negativem Vorzeichen einzuführen. Stets sind dann

$$X = \frac{\partial V}{\partial x},\quad Y = \frac{\partial V}{\partial y},\quad Z = \frac{\partial V}{\partial z}$$

(abgesehen von f) die Komponenten der resultierenden Kraft R und diese selbst berechnet sich aus $R = \sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}$ mit den Richtungskosinus $R\cos\alpha = X$, $R\cos\beta = Y$, $R\cos\gamma = Z$. Die Kraft R steht senkrecht auf der durch den Aufpunkt P gehenden Niveaufläche von der Gleichung $V = \text{const}$, die den Inbegriff der Punkte des Raumes ausmacht, für die V den gleichen Wert wie in P hat. Projiziert man die Kraft R auf die Richtung des Linienelementes ds mit den Koordinatenunterschieden dx, dy, dz, so wird die Größe der Projektion

$$R\cos\vartheta = X\frac{dx}{ds} + Y\frac{dy}{ds} + Z\frac{dz}{ds} = \frac{\partial V}{\partial x}\frac{dx}{ds} + \frac{\partial V}{\partial y}\frac{dy}{ds} + \frac{\partial V}{\partial z}\frac{dz}{ds} = \frac{dV}{ds},$$

also gleich dem Grenzwert der Potentialdifferenz an den Enden des Linienelementes dividiert durch die Länge desselben.

Wenden wir uns nun zur stationären Strömung einer den Raum erfüllenden, unzusammendrückbaren Flüssigkeit, die davon herrühren soll, daß im Punkte $M(\xi, \eta, \zeta)$ dauernd Flüssigkeit in der Menge Q für die Zeiteinheit gerechnet in den schon von Flüssigkeit erfüllten Raum einströmt. Es wird dann in der Entfernung r von M im Punkte P eine Geschwindigkeit v herrschen, so daß $4r^2\pi v = Q$ ist ($4r^2\pi$ Oberfläche der Kugel vom Radius r, v die dazu senkrechte Geschwindigkeit, Q die abgeführte Flüssigkeitsmenge). Die Komponenten v_1, v_2, v_3 von v sind

$$v_1 = v\frac{x-\xi}{r} = \frac{Q}{4\pi}\frac{x-\xi}{r^3},\quad v_2 = \frac{Q}{4\pi}\frac{y-\eta}{r^3},\quad v_3 = \frac{Q}{4\pi}\frac{z-\zeta}{r^3}$$

und auch sie können durch partielle Differentiation aus einem Potential, dem Geschwindigkeitspotential $V = \frac{Q}{4\pi r}$ abgeleitet werden, das einem Kraftpotential von der Masse $m = -\frac{Q}{4\pi}$ entspricht. Negativen (abstoßenden) Massen entsprechen dann Raumpunkte M, denen dauernd eine bestimmte Flüssigkeitsmenge entzogen wird (Quellen mit positivem Q, Senken mit negativem Q). Denkt man sich nun im Raum eine Anzahl von Quellen verteilt, so entsteht ein Geschwindigkeitspotential $V = \Sigma\frac{Q}{4\pi r}$, dessen Differentialquotienten die Geschwindigkeitskomponenten der den verschiedenen Quellen und Senken entsprechenden Gesamtströmung der Flüssigkeit ergeben. Sind die Quellen und Senken stetig im Raum verteilt, so wird das Geschwindigkeitspotential durch Integration über den von Quellen oder Senken erfüllten Raum gefunden:

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

$V = \frac{1}{4\pi}\int \frac{dQ}{r}$; dQ ist dabei die in ein Raumelement $d\tau$ sekundlich eingeführte Flüssigkeitsmenge. Setzt man $dQ = q\,d\tau$, so ist q ein Analogon zur Dichte einer Massenverteilung und heißt Divergenz der Strömung; sie ist überall Null, wo Flüssigkeit von außen her in den Raum weder zu- noch abgeführt wird. Es besteht die Beziehung $dQ = q\,d\tau = -4\pi\,dm = -4\pi\varrho\,d\tau$, wo ϱ die Dichte der entsprechenden Massenverteilung ist, daher $q = -4\pi\varrho$. Beim Kraftpotential heißen die Kurven, deren Richtung in jedem Raumpunkte die Kraftrichtung angibt, Kraftlinien, beim Geschwindigkeitspotential die analogen Kurven in Richtung der Strömungsgeschwindigkeit Strömungslinien. Erstere gehen von den Massenpunkten aus und verbinden positive und negative Massen miteinander, letztere gehen von den Quellen aus und verlaufen gegen die Senken zu. Beide stehen senkrecht zu den Niveauflächen und genügen dem Gleichungssystem

$$dx : dy : dz = \frac{\partial V}{\partial x} : \frac{\partial V}{\partial y} : \frac{\partial V}{\partial z}.$$

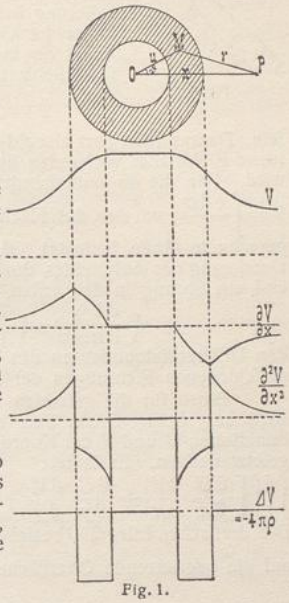


Fig. 1.

Legt man durch die Punkte einer unendlich kleinen geschlossenen Kurve Kraft- oder Strömungslinien, so entsteht ein röhrenförmiges Gebilde (Kraft- oder Stromröhre). In dem Teil des Raumes, der keine Massen enthält bezw. keine Flüssigkeit von außen zugeführt erhält, strömt durch alle Querschnitte der Röhre die gleiche Flüssigkeitsmenge. Die Röhre beginnt an einer Quelle (positiven Masse) und endet an einer Senke (negativen Masse). Das konstante Produkt aus Strömungsgeschwindigkeit (Kraft) mal Röhrenquerschnitt heißt Ergiebigkeit (Intensität) der Röhre. Man denkt sich den quellen(massen-)freien Raum in Röhren von gleicher Ergiebigkeit zerlegt und bemißt die durch eine geschlossene Kurve gehende (Kraft-)Strömung nach der Zahl der durch sie hindurchgehenden Röhren von der Ergiebigkeit Eins, die ein für allemal definiert wird (Kraft-, Stromlinienzahl). Von größter Bedeutung für die Potentialtheorie ist der Laplacesche Ausdruck

$$\Delta V = \frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial z^2}.$$

Wird dieser mit dem Raumelement $dx\,dy\,dz$ multipliziert, so gibt er die infolge der Strömung durch die Wandungen des Raumelementes sekundlich mehr aus- als eintretende Flüssigkeitsmenge. An den Stellen, wo keine Quellen vorhanden sind, ist er notwendig Null; für diese gilt demnach die Laplacesche Differentialgleichung des Potentials

$$\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial z^2} = 0.$$

Beim Kraftpotential gilt sie für jene Stellen des Raumes, wo keine Massen vorkommen. An den Stellen, wo Quellen vorhanden sind, ist der mit $dx\,dy\,dz$ multiplizierte Ausdruck ΔV gleich der Ergiebigkeit der Quellen im Raumelement, also gleich $q\,dx\,dy\,dz$, woraus die Gleichung folgt

$$\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial z^2} = q$$

oder für das Kraftpotential, für das $q = -4\pi\varrho$ zu setzen ist

$$\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial z^2} = -4\pi\varrho. \quad \text{Gleichung von Poisson.}$$

Beispiel: Potential einer Hohlkugel von konstanter Dichte. Diese sei von konzentrischen Kugeln von den Radien a und b begrenzt. Führen wir räumliche Polarkoordinaten u, ϑ, φ um den gemeinsamen Mittelpunkt 0 ein, deren Polarachse OP ist (s. Fig. 1), so wird

$$V = \iiint \varrho \frac{2\pi u \sin\vartheta\,du\,u\,d\vartheta}{r} = 2\pi\varrho \iint \frac{u^2 \sin\vartheta\,du\,d\vartheta}{r},$$

wobei $r^2 = u^2 + x^2 - 2ux\cos\vartheta$ wird, also $r\,dr = xu\sin\vartheta\,d\vartheta$ ist, und wenn man u konstant setzt, erhält man

$$V = \frac{2\pi\varrho}{x}\iint u\,du\,dr.$$

Jetzt sind drei Fälle zu unterscheiden, je nachdem P außerhalb der Kugel, in der Wandung derselben oder im inneren Hohlraum gelegen ist. Im ersten Falle sind die Integrationsgrenzen für r $x-u$ und $x+u$, und es wird

$$V = \frac{4\pi\varrho}{x}\int_a^b u^2\,du = \frac{4\pi\varrho}{3x}(b^3 - a^3) = \frac{m}{x},$$

wenn m die Gesamtmasse der Hohlkugel bedeutet. In dem äußeren Raume wirkt daher die Hohlkugel genau wie eine im Mittelpunkt konzentrierte Masse von gleicher Größe. Im dritten Falle, wo der Aufpunkt im inneren Hohlraum gelegen ist, sind die Integrationsgrenzen für r $u-x$ und $u+x$. Es wird dann $V = 4\pi\varrho\int_a^b u\,du = 2\pi\varrho(b^2 - a^2)$, also ganz unabhängig von der Lage des Aufpunktes im Hohlraum, in dem dann keinerlei anziehende Kraft mehr wirkt. Im zweiten Fall, wo der Aufpunkt in der Wandung liegt, zerlegt man die Massen durch eine Kugel vom Radius x in zwei Teile; der innere Teil hat das Potential $\frac{4\pi\varrho}{3x}(x^3 - a^3)$, der äußere $2\pi\varrho(b^2 - x^2)$, so daß $V = \frac{4\pi\varrho}{3x}(x^3 - a^3) + 2\pi\varrho(b^2 - x^2) = 2\pi\varrho(b^2 - {}^1/_3\,x^2 - {}^2/_3\frac{a^3}{x})$ wird.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Fig. 2 gibt den Verlauf von V, $\frac{\partial V}{\partial x}$ (wirkende Kraft) und $\frac{\partial^2 V}{\partial x^2}$ als Funktion von x an. Erstere verläuft beim Uebergang in den mit Masse erfüllten Raum noch stetig, $\frac{\partial V}{\partial x}$ zeigt bereits einen Knick, $\frac{\partial^2 V}{\partial x^2}$ aber einen Sprung. Diese Verhältnisse sind typisch für das Verhalten eines Potentials und seiner Differentialquotienten an der Grenze der Massenerfüllung (Fig. 1).

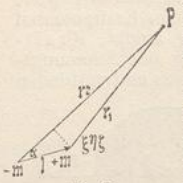


Fig. 2.

Mittels des Poissonschen Satzes $\Delta V = -4\pi\varrho$ kann man die Dichte einer sonst nicht faßbaren Masse (z. B. elektrischer Massen) aus ihrer Kräfteäußerung bestimmen. Hat man z. B. elektrische Massen in einem isolierten Leiter im Gleichgewicht, so darf von den elektrischen Massen auf keinen Punkt des Innern des Leiters eine resultierende Kraft ausgeübt werden, da sich sonst die dort vorhandene Elektrizität bewegen würde; es muß also dort überall

$$\frac{\partial V}{\partial x} = \frac{\partial V}{\partial y} = \frac{\partial V}{\partial z} = 0$$

sein. Daraus folgt aber alsbald $\Delta V = 0$ und dann $\varrho = 0$, so daß im Innern des Leiters überhaupt keine Elektrizität vorhanden ist, sondern diese auf die Grenzfläche gegen den Isolator gedrängt wird. Für die so entstehenden flächenhaften Massenverteilungen ist das Potential $V = \int \frac{\varrho\, dw}{l}$, wo dw das Flächenelement, ϱ die Flächendichte, d. h. die auf die Flächeneinheit gerechnete Masse bedeutet. Für diese Potentiale einer Flächenbelegung besteht bereits beim Durchgang des Aufpunktes durch die mit Masse belegte Fläche ein Knick in den Potentialwerten und ein Sprung in den ersten Differentialquotienten. Es besteht dabei die Beziehung

$$\left(\frac{\partial V}{\partial n}\right)_+ - \left(\frac{\partial V}{\partial n}\right)_- = -4\pi\varrho,$$ wobei $\left(\frac{\partial V}{\partial n}\right)_+$ und $\left(\frac{\partial V}{\partial n}\right)_-$

den Differentialquotienten des Potentials in demselben Punkt der belegten Fläche aber nach verschiedenen Richtungen der Flächennormalen und ϱ die Flächendichte bezeichnen.

Einen für die gesamten Anwendungen des Potentials wichtigen Satz hat Green schon 1828 aufgestellt. Dieser Satz ist zunächst rein analytischer Natur und bezieht sich auf zwei Funktionen U und V der Koordinaten, deren erste und zweite Differentialquotienten stetig vorausgesetzt werden. Er lautet:

$$\iiint \left[\frac{\partial U}{\partial x}\frac{\partial V}{\partial x} + \frac{\partial U}{\partial y}\frac{\partial V}{\partial y} + \frac{\partial U}{\partial z}\frac{\partial V}{\partial z}\right] dx\, dy\, dz = -\iint U \frac{\partial V}{\partial n}\, dw - \iiint U \Delta V\, dx\, dy\, dz.$$

Die dreifachen Integrale beziehen sich dabei auf einen begrenzten Raum und das Doppelintegral auf die begrenzende Oberfläche, deren Element dw ist. $\frac{\partial V}{\partial n}$ ist der Differentialquotient nach der inneren Normale dieser Oberfläche und $\Delta V = \frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial z^2}$. Vertauscht man in dem Satze U und V und subtrahiert man die neue Formel von der ursprünglichen, so erhält der Greensche Satz die Gestalt

$$\iiint (U\Delta V - V\Delta U)\, dx\, dy\, dz + \iint \left(U\frac{\partial V}{\partial n} - V\frac{\partial U}{\partial n}\right) dw = 0$$

und dient zur Ueberführung eines Raumintegrals in ein Flächenintegral. Setzt man speziell $U = 1$, also $\frac{\partial U}{\partial n} = 0$ und $\Delta U = 0$, so erhält man den Gaußschen Satz

$$\iiint \Delta V\, dx\, dy\, dz + \iint \frac{\partial V}{\partial n}\, dw = 0,$$

der unter der Voraussetzung eines Geschwindigkeitspotentials eine einfache Deutung zuläßt. Das dreifache Integral über die Divergenz gibt die dem Raum in den einzelnen Volumelementen von außen sekundlich zugeführte Flüssigkeitsmenge, das negative Doppelintegral die durch die begrenzende Oberfläche abgeführte Flüssigkeitsmenge. Die Summe beider ist im stationären Zustande Null. Auf eine Strom-(Kraft-)röhre, die durch quellen- bezw. massefreien Raum läuft, angewendet, sagt der Satz aus, daß die Differenz der Ergiebigkeit der Röhre (Produkt aus Querschnitt mal Geschwindigkeit bezw. Kraft) an zwei Querschnitten gleich der Summe der zwischen den Querschnitten innerhalb der Röhre befindlichen Quellen bezw. Massen ist.

Potential eines magnetischen Moleküles, eines Magneten und einer magnetischen Schale (Doppelschicht). Das Potential zweier nebeneinander liegender Massen $\pm m$ von gleicher Größe, aber entgegengesetztem Vorzeichen ist

$$\varphi = \frac{m}{r_1} - \frac{m}{r_2} = \frac{m}{r_1 r_2}(r_2 - r_1).$$

Wird die kleine Entfernung (Fig. 2) der Massen mit l und der Winkel, den sie mit r_2 einschließt, mit α bezeichnet, so ergibt sich $r_2 - r_1 = l\cos\alpha$ und $\varphi = \frac{lm}{r_1 r_2}\cos\alpha$. Läßt man nun l gegen Null abnehmen und m gleichzeitig so wachsen, daß $lm = \mu$ endlich bleibt, so wird $r_1 = r_2 = r$, und man hat $\varphi = \frac{\mu}{r_2}\cos\alpha$. Die Größe μ bezeichnet man als Moment des Moleküles, und man faßt sie als gerichtete Größe auf, indem man ihr die Richtung der Verbindungslinie $+m$, $-m$ zuteilt. μ_x, μ_y, μ_z seien ihre Komponenten nach den Koordinatenachsen; ist dann ξ, η, ζ der Ort des Moleküles, so wird dessen Potential

$$\varphi = \frac{\mu_x(x-\xi) + \mu_y(y-\eta) + \mu_z(z-\zeta)}{r^3}.$$

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Iſt ein Raum mit magnetiſchen Molekülen von veränderlichem Moment erfüllt, ſo ſeien nun $\mu_x\,d\xi\,d\eta\,d\zeta$, $\mu_y\,d\xi\,d\eta\,d\zeta$, $\mu_z\,d\xi\,d\eta\,d\zeta$ die Komponenten des Momentes der im Raumelement $d\xi\,d\eta\,d\zeta$ enthaltenen Moleküle, dann gibt das dreifache Integral

$$\Phi=\iiint\frac{\mu_x(x-\xi)+\mu_y(y-\eta)+\mu_z(z-\zeta)}{r^3}\,d\xi\,d\eta\,d\zeta$$

das Potential dieſes Magneten. Werden die magnetiſchen Moleküle über eine Fläche ausgebreitet und ihre Achſen überall ſenkrecht zu der Fläche gerichtet, ſo entſteht eine magnetiſche Doppelſchicht. Ihr Potential wird $\Phi=\iint\mu\frac{\cos\vartheta}{r^2}\,df$, wo μ das magnetiſche Moment und ϑ der Winkel zwiſchen der Normalen und der Richtung zum Aufpunkt iſt. Setzt man $\frac{\cos\vartheta}{r^2}\,df=df_1$, ſo ſtellt df_1 das auf eine Kugel vom Radius Eins um den Aufpunkt projizierte Flächenelement df dar. Iſt μ konſtant, ſo wird das Potential einer ſolchen homogenen berandeten Doppelſchicht gleich μ mal dem Flächeninhalt der Projektion der Doppelſchicht auf eine um den Aufpunkt geſchlagene Kugel vom Radius Eins.

Potential zweier Maſſenſyſteme; Selbſtpotential. Vom Potential eines Maſſenſyſtems M kann man zu dem Potential zweier Maſſenſyſteme M, M' in der Weiſe übergehen, daß man den Aufpunkt des Maſſenſyſtems M der Reihe nach mit den Maſſenpunkten des Syſtems M' zuſammenfallen läßt, das jeweilige Potential von M mit der Maſſe des betreffenden Punktes von M' multipliziert und ſämtliche Produkte addiert. Die entſtehende Doppelſumme $\Sigma\Sigma\frac{mm'}{r}$, wo r die Entfernung zweier Maſſen beiderlei Syſteme iſt, heißt das gegenſeitige Potential der beiden Maſſenſyſteme aufeinander. In ähnlicher Weiſe kann man auch das Potential eines Maſſenſyſtems M auf ſich ſelbſt bilden, wobei nur der Faktor $1/2$ vor die Doppelſumme tritt. Die Bedeutung dieſer Potentiale beruht darin, daß ihre Aenderung bei Aenderung der Stellung der Maſſenſyſteme gegeneinander oder eines Maſſenſyſtems in ſich ſelbſt den hierzu nötigen Arbeitsaufwand darſtellt.

Logarithmiſches Potential. Der für den Raum gültigen Potentialtheorie der Kräfte, die nach dem umgekehrten Quadrat der Entfernung wirken, läßt ſich eine auf die Ebene bezügliche an die Seite ſtellen, bei der die Wirkung der Kräfte umgekehrt proportional der Entfernung ſelbſt, alſo $\frac{fm}{r}$ angenommen werden. Zu ſolchen Kräften gehört ein logarithmiſches Potential $V=\int l\left(\frac{1}{r}\right)dm=\iint\varrho\,l\left(\frac{1}{r}\right)dx\,dy$, wobei das Zeichen l den natürlichen Logarithmus bedeutet. C. Neumann hat die Analogien dieſes logarithmiſchen Potentials mit dem Newtonſchen entwickelt. Seine Hauptanwendung findet es in der Theorie der Funktionen einer komplexen Variabeln.

Wirbelfelder. Die Kraftverteilungen, die von einem Potential ableitbar ſind, haben die Eigenſchaft, daß die Elementararbeit dA der Kraft XYZ bei Verſchiebung des Aufpunktes um $dx\,dy\,dz$ gleich der Potentialdifferenz, alſo

$$dA=X\,dx+Y\,dy+Z\,dz=\frac{\partial V}{\partial x}\,dx+\frac{\partial V}{\partial y}\,dy+\frac{\partial V}{\partial z}\,dz=dV$$

iſt. Hieraus folgt alsbald, daß die Arbeit für einen endlichen Weg des Aufpunktes gleich der Potentialdifferenz an den Enden des Weges und für einen geſchloſſenen Weg gleich Null iſt. Es finden ferner die Gleichungen

$$\frac{\partial Y}{\partial z}=\frac{\partial Z}{\partial y}=\frac{\partial^2 V}{\partial y\,\partial z},\quad \frac{\partial Z}{\partial x}=\frac{\partial X}{\partial z}=\frac{\partial^2 V}{\partial x\,\partial z},\quad \frac{\partial X}{\partial y}=\frac{\partial Y}{\partial x}=\frac{\partial^2 V}{\partial x\,\partial y}$$

ſtatt. Für eine allgemeine Kraftverteilung, die nicht von einem Potential ableitbar iſt, ſind die Größen

$$\frac{\partial Z}{\partial y}-\frac{\partial Y}{\partial z}=W_1,\quad \frac{\partial X}{\partial z}-\frac{\partial Z}{\partial x}=W_2,\quad \frac{\partial Y}{\partial x}-\frac{\partial X}{\partial y}=W_3$$

nicht gleich Null und werden als Komponenten einer dem Aufpunkt zugeteilten gerichteten Größe (W) aufgefaßt, die Wirbel, Curl (Maxwell) oder Rotation der Kraft- oder Geſchwindigkeitsverteilung heißt. Bei dieſer Verteilung iſt die Arbeit für einen geſchloſſenen Weg des Aufpunktes nicht gleich Null; ſie kann jedoch für einen unendlich kleinen geſchloſſenen Weg, der eine Fläche df umſchließt, leicht mittels der Größe W ausgedrückt werden. Es iſt nämlich (wie hier nicht bewieſen werden ſoll) $dA=df\,W\cos\vartheta$, wo ϑ den Winkel zwiſchen der Richtung von W und der zu dem Umlaufſinn von df gehörigen poſitiven Normalenrichtung von df bedeutet (Fig. 3). Damit läßt ſich die Arbeit A bei einem endlichen geſchloſſenen Weg des Aufpunktes ausdrücken. Man legt durch dieſen Weg eine beliebige zuſammenhängende Fläche (Fig. 4), die von ihm berandet wird, und teilt dieſe in unendlich kleine Elemente df, auf deren Begrenzung man den Umlaufſinn des Aufpunktes überträgt. Nun iſt die Arbeit des Aufpunktes über die Berandung der Fläche gleich der Summe der Arbeiten über die Begrenzungen der Flächenelemente df. Da nämlich alle inneren Begrenzungslinien doppelt im entgegengeſetzten

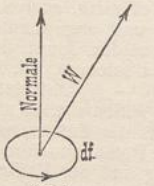


Fig. 3.

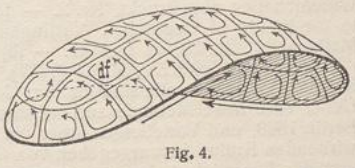


Fig. 4.

Sinn durchlaufen werden, so heben sich die zugehörigen Arbeiten auf, und es bleiben nur jene für die Randkurve übrig. In Formeln umgesetzt liefert diese Betrachtung den Satz von Stockes

$$A = \int (X\,dx + Y\,dy + Z\,dz) = \int\int (W\,df\cos\vartheta) = \int\int (W_1\,dy\,dz + W_2\,dz\,dx + W_3\,dx\,dy),$$

wobei sich das einfache Integral auf die Berandung, das Doppelintegral auf die Oberfläche der berandeten Fläche bezieht.

Das Vektorpotential. In einer Kraft-(Geschwindigkeits-)verteilung, die nicht von einem Potential ableitbar ist, demnach auch nicht bloß von anziehenden und abstoßenden Massen herrührt, gehört zu jedem Punkt eine gerichtete Größe der Wirbel. Diese Wirbel kann man nun wieder wie eine Kraftverteilung behandeln und Linien ziehen, die überall der Richtung des Wirbels folgen und daher Wirbellinien heißen. Ihre Differentialgleichungen sind

$$dx : dy : dz = W_1 : W_2 : W_3 = \left(\frac{\partial Z}{\partial y} - \frac{\partial Y}{\partial z}\right) : \left(\frac{\partial X}{\partial z} - \frac{\partial Z}{\partial x}\right) : \left(\frac{\partial Y}{\partial x} - \frac{\partial X}{\partial y}\right).$$

Faßt man die Wirbelverteilung als Geschwindigkeitsverteilung auf, so hat die zugehörige Strömung, wie aus dem Stockesschen Satz geschlossen wird, weder Quellen noch Senken, sondern überall die Divergenz Null. Die Wirbellinien laufen daher (im Gegensatz zu den Kraftlinien) immer in sich selbst zurück und sind geschlossen. Die aus ihnen gebildeten Wirbelröhren haben längs der ganzen Erstreckung konstantes Moment (gleich Produkt aus Querschnitt mal W). Man kann nun versuchen, eine gegebene Kraftverteilung als Wirbelverteilung einer neuen Kraftverteilung $U_1\,U_2\,U_3$ aufzufassen, was allerdings nur dann geht, wenn die gegebene Kraftverteilung ohne Quellen und Senken ist. Die neue Kraftverteilung heißt dann Vektorpotential der gegebenen, und es besteht der Zusammenhang

$$X = \frac{\partial U_3}{\partial y} - \frac{\partial U_2}{\partial z},\quad Y = \frac{\partial U_1}{\partial z} - \frac{\partial U_3}{\partial x},\quad Z = \frac{\partial U_2}{\partial x} - \frac{\partial U_1}{\partial y}.$$

Sind noch Quellen und Senken bezw. anrichtende Massen vorhanden, so tritt zu dem Vektorpotential noch ein gewöhnliches, von den Massen herrührendes Potential V, und es wird

$$X = \frac{\partial U_3}{\partial y} - \frac{\partial U_2}{\partial z} + \frac{\partial V}{\partial x},\quad Y = \frac{\partial U_1}{\partial z} - \frac{\partial U_3}{\partial x} + \frac{\partial V}{\partial y},\quad Z = \frac{\partial U_2}{\partial x} - \frac{\partial U_1}{\partial y} + \frac{\partial V}{\partial z}.$$

Sowie das Potential V als Integral über die Massen $V = \iiint \frac{\varrho\,dx\,dy\,dz}{r}$, so lassen sich die Komponenten des Vektorpotentials als Integrale über die Wirbel der gegebenen Kraftverteilung schreiben wie folgt:

$$U_1 = \iiint \frac{W_1}{r}\,dx\,dy\,dz,\quad U_2 = \iiint \frac{W_2}{r}\,dx\,dy\,dz,\quad U_3 = \iiint \frac{W_3}{r}\,dx\,dy\,dz.$$

Ist der Wirbel auf eine einzige Röhre von verschwindendem Querschnitt beschränkt, wie z. B. in einem geschlossenen drahtförmigen Stromleiter, so gehen die dreifachen Integrale in einfache, längs der Achse des Leiters erstreckte Integrale über, und die Komponenten des Vektorpotentials einer Strombahn werden

$$U_1 = J\int \frac{d\xi}{r},\quad U_2 = J\int \frac{d\eta}{r},\quad U_3 = J\int \frac{d\zeta}{r},$$

wobei J die Stromstärke (gleich Moment der Wirbelröhre) bedeutet. Ist ein zweiter Leiter mit der Stromstärke J' vorhanden und sind die Koordinaten eines Punktes desselben $\xi'\,\eta'\,\zeta'$, so kann man aus beiden Leitern das elektrodynamische Potential zweier Ströme ableiten

$$E = JJ'\iint \frac{d\xi\,d\xi' + d\eta\,d\eta' + d\zeta\,d\zeta'}{r},$$

wo sich das Doppelintegral auf die Elemente beider Strombahnen erstreckt und r den Abstand zweier solcher Elemente bedeutet. Das Doppelintegral für sich heißt der wechselseitige Induktionskoeffizient beider Leiter. Es kann als die Flüssigkeitsmenge gedeutet werden, die ein Wirbel von der Intensität Eins, der in der einen Strombahn wirkt, sekundlich durch den Umkreis der andern hindurchschickt. Aus der Aenderung des elektrodynamischen Potentials bei Verschiebung der Strombahnen gegeneinander ergibt sich die hierzu nötige Arbeit und damit die ponderomotorische Wirkung der Strombahnen aufeinander.

Literatur: [1] Lagrange, Remarques générales sur le mouvement de plusieurs corps, qui s'attirent en raison inverse des carrés des distances. Nouveaux mém. de l'Académie de Berlin, 1773 und 1777. — [2] Laplace, Théorie des attractions des sphéroides. Mém. de l'Académie des sciences 1782 und Mécanique céleste, III, 1. Kap. — [3] Gauß, Theoria attractionis corporum sphaeroidicorum ellipticorum homogeneorum methodo nova tractata. Comentt. Goetting. recent., Bd. 2 (1813), oder Werke, Bd. 5, S. 1 und 279. — [4] Allgemeine Lehrsätze über die im umgekehrten Quadrat der Entfernung wirkenden Kräfte, Bd. 5, auch in Ostwalds Klassiker der exakt. Wissenschaften abgedruckt, Nr. 2. — [5] Green, An Essay on the application of math. analysis to the theory of electricity, Nottingham 1828, oder Crelle, Journ. für reine und angewandte Mathematik, Bd. 39, 44 und 47. — [6] Chasles, Mém. sur l'attraction des ellipsoides, Journ. de l'école polyt., Heft XXV, S. 244 (1837), und Comptes rendus de l'Académie des sciences, Bd. 6, S. 902 (1838); Nouvelle solution etc., Journ. de math. par Liouville, Bd. 5 (1840). — [7] Dirichlet, Ueber eine neue Methode zur Bestimmung vielfacher Integrale, Akademie der Wissenschaften zu Berlin 1839, und Vorlesungen über die im umgekehrten Verhältnis des Quadrats der Entfernung wirkenden Kräfte, herausgegeben von Grube, Leipzig 1876. — [8] Clausius, Die Potentialfunktion und das Potential, 4. Aufl., Leipzig 1885. — [9] Schell, Theorie der Bewegung und der Kräfte, 2. Aufl., Leipzig 1879, Bd. 2, 13. Kap. — [10] Matthieu, Théorie du potentiel et de ses applications à l'électrostatique et au magnetisme, Bd. 1, 2, Paris 1885. — [11] Budde, Allgem. Mechanik der Punkte und starren Systeme, Berlin 1890, Bd. 1, S. 354, und Bd. 2, S. 442—500. — [12] Routh, A treatise on analytical Statics, Bd. 2, S. 1—126. — [13] Neumann, C., Untersuchungen über das logarithmische und Newtonsche Potential, Leipzig 1877, sowie Beiträge zu einzelnen Teilen der

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

mathematiſchen Phyſik, Leipzig 1893. — [14] Föppl, Geometrie der Wirbelfelder, Leipzig 1897. — [15] Gibbs, Vector Analysis, New York 1901. — [16] Korn, A., Lehrbuch der Potentialtheorie, Berlin 1899, und Fünf Abhandlungen zur Potentialtheorie, Berlin 1902. *Finſterwalder.*

Potential der Verrückungen. Sind ξ, η, ζ die Verrückungen des Körperpunktes $m\ (x, y, z)$ in den Richtungen x, y, z (ſ. Elaſtizitätslehre, allgemeine), und es exiſtiert eine Funktion F der Koordinaten x, y, z, deren vollſtändiges Differential ſich ausdrückt:

$$dF = \xi\, dx + \eta\, dy + \zeta\, dz, \tag{1.}$$

ſo heißt dieſe Funktion ein Potential der Verrückungen.

Da nach 1. $$\xi = \frac{\partial F}{\partial x}, \quad \eta = \frac{\partial F}{\partial y}, \quad \zeta = \frac{\partial F}{\partial z}, \tag{2.}$$

ſo ſind die Bedingungen für ein ſolches Potential:

$$\frac{\partial \xi}{\partial y} = \frac{\partial \eta}{\partial x}, \quad \frac{\partial \eta}{\partial z} = \frac{\partial \zeta}{\partial y}, \quad \frac{\partial \zeta}{\partial x} = \frac{\partial \xi}{\partial z}, \tag{3.}$$

oder mit den Bd. 3, S. 390, eingeführten Bezeichnungen:

$$x_y = y_x, \quad y_z = z_y, \quad z_x = x_z. \tag{4.}$$

Werden die Verrückungen auf ein Zeitelement dt bezogen, alſo $\xi = u\,dt$, $\eta = v\,dt$, $\zeta = w\,dt$, $F = f\,dt$ geſetzt, wobei u, v, w die Geſchwindigkeiten in den Richtungen x, y, z zur Zeit t bedeuten, ſo heißt die Funktion f von x, y, z, deren vollſtändiges Differential des Orts ausgedrückt iſt:

$$df = u\,dx + v\,dy + w\,dz, \tag{5.}$$

ein Potential der Geſchwindigkeiten. Die Bedingungen für ein ſolches ſind nach 3.:

$$\frac{\partial u}{\partial y} = \frac{\partial v}{\partial x}, \quad \frac{\partial v}{\partial z} = \frac{\partial w}{\partial y}, \quad \frac{\partial w}{\partial x} = \frac{\partial u}{\partial z}. \tag{6.}$$

Potentialbewegung wird eine Bewegung genannt, für welche ein Potential der Verrückungen oder Geſchwindigkeiten beſteht. Je nach Umſtänden ſpricht man dann auch von Potentialdeformationen und Potentialſchwingungen. Zu letzteren gehören die gewöhnlichen Schallſchwingungen in iſotropen Körpern (Bd. 3, S. 382). Literatur ſ. z. B. unter Potential, elaſtiſches [2], [4], [9]. *Weyrauch.*

Potential, elaſtiſches. Die Arbeit zur Ueberwindung der inneren Kräfte (ſ. Verſchiebungsarbeit) beliebiger Körper für den Fall, daß die Spannungen konſtant wie am Ende der betreffenden Verſchiebungen wären (die virtuelle Verſchiebungsarbeit), iſt unter den im Art. Elaſtizitätslehre, allgemeine, Bd. 3, S. 389, eingeführten Vorausſetzungen und Bezeichnungen für die Volumeneinheit bei x, y, z ausgedrückt [4], S. 107:

$$\vartheta = X_x x_x + X_y x_y + X_z x_z + Y_x y_x + Y_y y_y + Y_z y_z + Z_x z_x + Z_y z_y + Z_z z_z. \tag{1.}$$

Für ein Körperelement vom Volumen dK daſelbſt iſt ſie $\vartheta\, dK$ und für einen ganzen Körper bei Ausdehnung der Integration auf alle Volumenelemente:

$$\mathfrak{D} = \int \vartheta\, dK. \tag{2.}$$

Die Spannungen bei x, y, z ſind nach 1.:

$$\left.\begin{aligned} X_x &= \frac{\partial \vartheta}{\partial x_x}, & X_y &= \frac{\partial \vartheta}{\partial x_y}, & X_z &= \frac{\partial \vartheta}{\partial x_z} \\ Y_x &= \frac{\partial \vartheta}{\partial y_x}, & Y_y &= \frac{\partial \vartheta}{\partial y_y}, & Y_z &= \frac{\partial \vartheta}{\partial y_z} \\ Z_x &= \frac{\partial \vartheta}{\partial z_x}, & Z_y &= \frac{\partial \vartheta}{\partial z_y}, & Z_z &= \frac{\partial \vartheta}{\partial z_z} \end{aligned}\right\}. \tag{3.}$$

Wenn nun, wie in der Elaſtizitätslehre für feſte Körper von konſtanter Temperatur, die Spannungen $X_x, X_y, \ldots$ als Funktionen der Verſchiebungen $x_x, x_y, \ldots$ allein gelten (für iſotrope Körper ſ. Bd. 3, S. 391), ſo laſſen ſie ſich nach 3. als Differentialquotienten einer nur von den augenblicklichen Lagen der Körperpunkte abhängigen Funktion 1., 2. darſtellen, welche Potential der inneren Kräfte oder elaſtiſches Potential heißt.

Da für feſte Körper von konſtanter Temperatur unter den üblichen Vorausſetzungen im Falle ſchließlichen Gleichgewichts die virtuelle Verſchiebungsarbeit $\mathfrak{D}$ gleich dem Doppelten der wirklichen Verſchiebungsarbeit D iſt (d. h. der wirklichen Arbeit zur Ueberwindung der inneren Kräfte, vgl. Clapeyrons Theorem und [4], S. 167), ſo werden anſtatt $\vartheta, \mathfrak{D}$ oft $\vartheta|2$, $\mathfrak{D}|2$ oder $-\vartheta|2$, $-\mathfrak{D}|2$ Potential der inneren Kräfte oder elaſtiſches Potential genannt. Ausdrücke von $\vartheta, \mathfrak{D}$ ſ. Verſchiebungsarbeit und die angeführte Literatur; über das Potential der Verſchiebungen [4], S. 24, 80, 121, 126, über das Potential der Spannungen [4], S. 50, 94, 124, 127, 142, 145, über andre Potentiale in der Elaſtizitätslehre ſ. Potential der Verrückungen und [5], S. 57.

Literatur: [1] Navier, Résumé des leçons etc. sur l'application de la mécanique, avec des notes et des appendices de Saint-Venant, Paris 1864, S. 783. — [2] Kirchhoff, Vorleſungen über mathematiſche Phyſik, Mechanik, Leipzig 1877, S. 123, 390, 394, 417, 455. — [3] Caſtigliano, Théorie de l'équilibre des systèmes élastiques, Turin 1879 (deutſch von Hauff, Wien 1886). — [4] Weyrauch, Theorie elaſtiſcher Körper, Leipzig 1884, S. 107, 108, 162, 165, 166. — [5] Bouſſinesq, Application des potentiels à l'étude de l'équilibre et du mouvement des solides

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

élastiques, Paris 1885. — [6] Winkelmann, Handbuch der Phyſik, I. Allgemeine und ſpezielle Mechanik, Akuſtik, Breslau 1891, S. 233, 276. — [7] Poincaré, Leçons sur la théorie de l'élasticité, Paris 1892, S. 31. — [8] Finger, Das Potential der inneren Kräfte u. ſ. w. bei Berückſichtigung von Gliedern, die bezüglich der Deformationselemente von dritter bezw. zweiter Ordnung ſind, Sitzungsberichte der Wiener Akademie 1894, S. 103, 231 (ſ. a. S. 1073). — [9] Voigt, Kompendium der theoretiſchen Phyſik, 1, Leipzig 1895, S. 332, 337, 339 (ſ. a. Wiedemanns Annalen 1894, LII, S. 536). — [10] Girtler, Ueber das Potential der Spannungskräfte als Maß der Bruchgefahr, Sitzungsberichte der Akademie der Wiſſenſchaften in Wien 1907, S. 509. *Weyrauch.*

Potential, elektriſches, ſ. Maßſyſtem, abſolutes, Bd. 6, S. 328.

Potential, thermodynamiſches, eine Funktion zweier oder mehrerer Unabhängigveränderlicher, die in der Thermodynamik eine ähnliche Rolle ſpielt wie das Potential der Kräfte nach dem Newtonſchen Gravitationsgeſetz in der reinen Mechanik (vgl. Potential S. 194). Die thermodynamiſchen Potentiale haben nach dem Vorgehen von Maſſieu [1] und Helmholtz [2] beſonders bei der Anwendung der Thermodynamik auf elektriſche und chemiſche Vorgänge Bedeutung erlangt. Im Folgenden ſeien die zwei wichtigſten derſelben angeführt, wobei die gewöhnlichen Vorausſetzungen der Wärmetheorie (ſ. d.) als zutreffend gelten ſollen.

Wenn auf einen beliebigen Körper von äußeren Kräften (ſ. d.) nur ein auf die Oberfläche gleichmäßig verteilter Normaldruck von p pro Flächeneinheit wirkt, und dieſer zuſammen mit dem Volumen v als Unabhängigvariable die innere Energie U (ſ. d.) beſtimmt, dann beſtimmen p, v ebenſo die abſolute Temperatur T (ſ. d.) und die Entropie S (ſ. d.), und es können irgend zwei der Größen p, v, T, S, U oder Funktionen derſelben für die übrigen Größen als Unabhängigvariable angeſehen werden. Für beliebige Zuſtandsänderungen des Körpers hat man die nötige Wärmezufuhr und die Aenderung der Entropie (vgl. Wärmetheorie, Energie):

$$dQ = dU + p\,dv, \qquad dS = \frac{dQ}{T}, \tag{1.}$$

wobei angenommen iſt, daß $dQ, dU, p\,dv$ in gleichen Maßeinheiten ausgedrückt ſind, z. B. in Kalorien oder Meterkilogramm. Nach 1. läßt ſich ſetzen:

$$dU = T\,dS - p\,dv, \tag{2.}$$

woraus, wenn S, v als Unabhängigvariable gewählt werden:

$$\frac{\partial U}{\partial S} = T, \qquad \frac{\partial U}{\partial v} = -p. \tag{3.}$$

Es folgt alſo hier der Druck p aus der Energie U in ähnlicher Weiſe wie die Kraftkomponenten der Newtonſchen Gravitation aus dem Potential derſelben, weshalb U nach Gibbs [7] ein thermodynamiſches Potential heißt, und zwar, weil bei der Differentiation behufs Ableitung von p die Entropie S konſtant bleibt, ſpeziell das adiabatiſche Potential (vgl. Adiabatiſche Zuſtandsänderung). — Führen wir ein:

$$H = U - ST, \tag{4.}$$

ſo liefert 2.:

$$dH = -S\,dT - p\,dv, \tag{5.}$$

woraus, wenn T, v als Unabhängigvariable gewählt werden:

$$\frac{\partial H}{\partial T} = -S, \qquad \frac{\partial H}{\partial v} = -p. \tag{6.}$$

Demgemäß wird nach Gibbs auch H ein thermodynamiſches Potential genannt, und zwar, weil bei ſeiner Differentiation behufs Ableitung von p die Temperatur T konſtant bleibt, das iſothermiſche Potential. $dL = p\,dv$ ſtellt die äußere Arbeit (ſ. d.) während der angenommenen Zuſtandsänderungen dar. Man hat nun nach 3. oder 1. bei adiabatiſchen Zuſtandsänderungen:

$$L = U_1 - U, \tag{7.}$$

und nach 6. oder 5. bei iſothermiſchen Zuſtandsänderungen:

$$L = H_1 - H. \tag{8.}$$

Da H hiernach denjenigen Teil der ganzen inneren Energie $U = H + ST$ bedeutet, welcher unmittelbar, ohne Aenderung der Temperatur, in äußere Arbeit und damit auch in andre Formen der Energie verwandelt werden kann, ſo nannte Helmholtz H die freie Energie und zum Unterſchiede von dieſer den andern Teil ST die gebundene Energie [2], S. 23, 28, [11], S. 275.

Ein weiteres thermodynamiſches Potential iſt die Erzeugungswärme (ſ. d.). Wenn andre äußere Kräfte als der oben allein in Betracht gezogene Normaldruck p wirken, ſo treten natürlich auch etwas andre oder allgemeinere Beziehungen für die thermodynamiſchen Potentiale ein [8], S. 66, [11], S. 277. Ueber Fälle, in welchen die gewöhnlichen Vorausſetzungen der Wärmetheorie nicht erfüllt ſind, insbeſondere über nicht umkehrbare Vorgänge ſ. [10], [12], [13], S. 522, [14], S. 585, u. ſ. w.

Literatur: [1] Maſſieu, Sur les fonctions caractéristiques des diverses fluides, Comptes rendus 1869, LXIX, S. 858, 1057 (ſ. a. Journal de physique 1877, VI, S. 216). — [2] Helmholtz, Zur Thermodynamik chemiſcher Vorgänge, Sitzungsber. d. Preuß. Akademie d. Wiſſenſchaften 1882, S. 22, 825, und 1883, S. 647 (auch Wiſſenſchaftliche Abhandlungen II, Leipzig 1882, S. 958, 979). — [3] Duhem, Le potentiel thermodynamique, Paris 1886. — [4] Helmholtz, R. v., Die Aenderungen des Gefrierpunktes, berechnet aus der Dampfſpannung des Eiſes, Wiedemanns Annalen 1887, XXX, S. 401. — [5] Natanſon, Thermodynamiſche Bemerkungen, ebend., 1891, XLII, S. 178 (ſ. a. Zeitſchr. f. phyſikaliſche Chemie 1892, X, S. 733). — [6] Riecke, Das thermodynamiſche Potential für verdünnte Löſungen, ebend. 1891, XLII, S. 483 (ſ. a. Wiedemanns Annalen

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

1894, LIII, S. 379). — [7] Gibbs, Thermodynamiſche Studien, deutſch von Oſtwald, Leipzig 1892, S. 79, 110, 160 u. ſ. w. — [8] Kirchhoff, Vorleſungen über die Theorie der Wärme, Leipzig 1894, S. 65. — [9] Piltſchikow, Materialien zur Frage der Anwendung des thermodynamiſchen Potentials, Odeſſa 1896. — [10] Planck, Vorleſungen über Thermodynamik, Leipzig 1897, S. 100. — [11] Helmholtz, Vorleſungen über Theorie der Wärme, Leipzig 1903, S. 267. — [12] Encyklopädie der mathematiſchen Wiſſenſchaften, Bd. V 1, Leipzig 1903, S. 104, 115. — [13] Chwolſon, Lehrbuch der Phyſik, III, Wärme, Braunſchweig 1905, S. 518. — [14] Winkelmann, Handbuch der Phyſik, III 2, Wärme, Leipzig 1906, S. 585, 601. — [15] van Laar, Sechs Vorträge über das thermodynamiſche Potential, Braunſchweig 1906. *Weyrauch.*

Potentialdifferenz, ſ. Galvanismus.

Potenz, Produkt aus lauter gleichen Faktoren $a \cdot a \cdot a \ldots$

Es iſt $a \cdot a = a^2$; $a\,a\,a = a^3 \ldots$ In der Potenz a^n heißt a Baſis, n (die Zahl der Faktoren) Exponent. Die zweite Potenz heißt auch Quadrat, die dritte Kubus, die vierte Biquadrat. Es iſt

$$a^m \cdot a^n = a^{m+n};\ \frac{a^m}{a^n} = a^{m-n};\ (a^m)^n = a^{mn};\ a^0 = 1;\ a^{-n} = \frac{1}{a^n};\ \sqrt[m]{a^n} = \sqrt[n]{a^m}.$$

In dieſer Weiſe kann der Exponent auch negativ oder gebrochen ſein. Die Umkehrungen der Potenzierungen ſind die Radizierung (Baſis geſucht) und die Logarithmierung (Exponent geſucht). Als höhere Potenzen bezeichnet man Ausdrücke wie $a^{a^{a\cdots}}$.

Literatur: [1] Kleyer, Lehrbuch der Potenzen und Wurzeln, Stuttgart 1884. — [2] Bette, Verſuch einer elementaren Entwicklung der Potenzen, Halberſtadt 1856. — [3] Fiſcher, Ueber Potenzen mit imaginären Exponenten, Berlin 1899. — [4] Müller, Ueber die unendliche Potenzkette, Stuttgart 1886. *Wölffing.*

Potenzlinie (Radikalachſe, Chordale), **-mittelpunkt** (Chordalpunkt), ſ. Kreis.

Pothenotſche Aufgabe, ſ. Rückwärtseinſchneiden.

Pottaſche (Kaliumkarbonat, neutrales Kaliumkarbonat) K_2CO_3 bildet ſich beim Glühen der Kaliumſalze organiſcher ſtickſtofffreier Säuren und iſt daher ein Hauptbeſtandteil der Pflanzenaſchen.

Aus letzteren wird ſie durch Auslaugen mit Waſſer gewonnen, indem man die Löſung eindampft und den Rückſtand glüht. Das ſo erhaltene (noch unreine) Produkt iſt die rohe Pottaſche (Baumpottaſche) des Handels. Durch Behandeln der rohen Pottaſche mit wenig kaltem Waſſer geht hauptſächlich kohlenſaures Kali in Löſung. Wird dieſe Löſung eingedampft, ſo ſcheidet ſich Kaliumſulfat aus; nach Entfernung des letzteren erhält man bereits faſt reines Kaliumkarbonat. Durch Wiederholung des Prozeſſes wird ſchließlich vollkommene Reinigung erzielt (Perlaſche, gereinigte Pottaſche). Dieſes Verfahren war früher das einzige; heute iſt es nur noch wenig in Gebrauch, da Holz anderweitig beſſer verwertet werden kann. — Dagegen iſt vielfach die Verarbeitung des an organiſchen Kaliumverbindungen reichen Schweißes der rohen Schafwolle an Orten üblich, wo ſich große Wollwäſchereien befinden. Der Wollſchweiß wird in kaltem Waſſer gelöſt, die Löſung eingedampft und der Rückſtand calciniert. Es hinterbleibt Rohpottaſche mit 65—70 % K_2CO_3. Produktion jährlich ca. 1000 t reine Wollſchweißpottaſche. — Ein weiteres Rohmaterial für die Pottaſchefabrikation bildet die ſalzreiche Schlempe der Zuckerfabrikation. Nach Verdampfung und Calcinierung der Schlempe erhält man eine poröſe ſchwarze Maſſe (Schlempekohle), die man unter Luftzutritt weißbrennt (Melaſſenaſche, Salin); ſie enthält ca. 25 % Kaliumkarbonat neben viel Natriumkarbonat und Calciumſulfat und Calciumchlorid. Die einzelnen Salze werden ſodann voneinander geſchieden und zuerſt durch Eiſen rötlich gefärbte (Rotfalz, halbraffinierte Pottaſche), ſchließlich reine (raffinierte) Pottaſche gewonnen. — Die Hauptmaſſe der gegenwärtig erzeugten Pottaſche iſt Mineral- oder Schmelzpottaſche, welche aus reinem natronfreien Chlorkalium (vgl. a. Kaliſalze) nach dem Leblancprozeß gewonnen wird (ſ. Soda). — Auch auf elektrolytiſchem Wege, durch Einleiten von Kohlendioxyd in elektrolytiſch gewonnene Kalilauge wird Pottaſche dargeſtellt. — Gereinigte Pottaſche darf höchſtens 3 % Waſſer und nur geringe Mengen Kaliumbikarbonat enthalten und muß nahezu frei ſein von den in Waſſer unlöslichen Beſtandteilen der rohen Pottaſche; ſie enthält ſtets mehr oder weniger Schwefelſäure, Chlor und Natron. — Pottaſche iſt leicht in Waſſer löslich, in Alkohol unlöslich, entzieht demſelben aber Waſſer, reagiert ſtark alkaliſch, ſchmeckt ſcharf laugenhaft, ſchmilzt bei 1200°, verliert bei Gelbglut etwas Kohlenſäure und verdampft bei Weißglut. Sie dient zur Darſtellung von Kriſtall- und Flintglas, Glaſuren, Smalte, weicher Seife und verſchiedener Kaliumverbindungen, ſo auch zur Gewinnung von zweifach- oder doppeltkohlenſauerm Kali $KHCO_3$, indem man Kohlenſäure durch eine konzentrierte Löſung von Kaliumkarbonat leitet. Kaliumbikarbonat hat einen wenig laugenhaften, milden Geſchmack, iſt luftbeſtändig, ſehr wenig löslich in Alkohol, löslich in 4 Teilen kaltem, leichter in heißem Waſſer. Es findet hauptſächlich in der Medizin Verwendung.

Pottaſcheküpe, ſ. Indigoküpen, Bd. 5, S. 173.

Potterieformerei, ſ. Eiſengießerei, Bd. 3, S. 358.

Pottle, engliſches Hohlmaß = $^1/_2$ Gallon = 2,272 l.

Poudrette (Fäkaldünger) werden aus Fäkalien durch Eindampfen und unter Zuſatz von Schwefelſäure hergeſtellt. Sie enthalten 4—5 % Stickſtoff, 2—3 % Phosphorſäure und 3—3,5 % Kali. Der Gehalt an dieſen Subſtanzen iſt wechſelnd, je nach dem Gehalt des Rohmaterials.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Podewils Fäkaldünger iſt eine Poudrette wie vorſtehend geſchildert. Im allgemeinen iſt der Preis der Fäkaldünger zu hoch im Verhältnis zu den in ihnen enthaltenen Nährſubſtanzen unter beſonderer Berückſichtigung der Art derſelben.

Literatur: [1] Sächſiſche Landwirtſchaftl. Zeitſchrift, Dresden 1900, Nr. 38. — [2] Wolf, E., Praktiſche Düngerlehre, 11. Aufl., Berlin 1889. — [3] Thiels Landwirtſchaftl. Lexikon, Berlin. — [4] Monatsſchrift des Württemberg. Vereins für Baukunde 1894, Heft 3. — [5] Handbuch der Hygiene, Bd. 2, S. 318. — [6] Verfahren nach neuen Grundſätzen von Petry und Hecking, Leipzig, vgl. a. „Geſundheit", XXIII, Nr. 22, S. 352. *Weitz.*

Poult de soie, glatter Seidenſtoff, ſ. Weberei.

Pounxa (Tinkal), ſ. Borax.

Pourpre français, ſ. Farbſtoffe, pflanzliche, Bd. 3, S. 641.

Power-loom, ſ. Weberei.

Prachtſtraßen. Eine Straße wird zur Prachtſtraße entweder durch die an ihr errichteten Gebäude oder durch die künſtleriſche Ausſtattung der Straße ſelbſt oder durch beide Umſtände.

Eine anſehnliche Breite iſt eine notwendige Eigenſchaft der Prachtſtraße; Breiten von 30—100 m und mehr ſind im Gebrauch. Der Ring zu Wien, die „Linden" und die Siegesallee zu Berlin, der Newsky-Proſpekt in St. Petersburg, die Avenue des Champs Elysées in Paris, der Boulevard Anspach in Brüſſel ſind bekannte Beiſpiele. Prachtſtraßen pflegen angelegt zu werden in Verbindung mit hauptſtädtiſchen Monumentalbauten oder mit Parkanlagen. Eine günſtige Gelegenheit zur Schaffung von Straßen, die in Breite, Ausſtattung und Erbauung über das gewöhnliche Maß hinausgehen, bietet regelmäßig die Schleifung der Umwallung von Feſtungsſtädten, ſo in Mainz, Straßburg, Antwerpen, Cöln, Poſen, Glogau, obſchon es ſich hierbei nicht um eigentliche Prachtſtraßen, ſondern mehr um Promenadenſtraßen handelt; ſ. Promenaden. *Y. Stübben.*

Prägelkatze, ſ. Feuerſetzen.

Prägen, Prägwerke, Prägepreſſen u. ſ. w. Prägen bezeichnet die Herſtellung von Verzierungen, Inſchriften u. ſ. w. in Platten, Scheiben und ſonſtigen Arbeitsſtücken aller Art aus bildſamem Material mit Hilfe von Stempeln (Matrizen) oder (ſeltener) Walzen, welche die entſprechenden Erhöhungen und Vertiefungen tragen und zwiſchen denen das Material einem ſo hohen Druck unterliegt, daß es zum allſeitigen Anliegen an die Stempel kommt. Bei manchen Materialien, wie z. B. Holz, Glas u. ſ. w., ſpricht man auch einfach von Preſſen.

Man unterſcheidet das Maſſivprägen vom Hohlprägen. Beim Maſſivprägen, das insbeſondere bei der Herſtellung von Münzen, Medaillen, verzierten Metallknöpfen, Plaketten u. ſ. w. vorkommt, ſind die Vertiefungen und Erhöhungen des Ober- und Unterſtempels vollſtändig unabhängig voneinander; der eine Stempel kann auch eben ſein. Gleichzeitig mit dem eigentlichen Prägen kann auch eine Veränderung der ganzen Geſtalt des Arbeitsſtückes verbunden ſein (Fig. 2), ſo daß wie z. B. bei Metallknöpfen aus einer ebenen Scheibe eine gewölbte Form entſteht. Soll das ſeitliche Abfließen des Materials verhindert werden, ſo iſt ein Prägring *g* (Fig. 1) anzuwenden. — Beim Hohlprägen, das beſonders bei der Herſtellung von Verzierungen, Inſchriften u. ſ. w. in Blechen, Blechwaren, Kartons, Buchdeckeln u. ſ. w. vorkommt, entſpricht eine Erhöhung des Oberſtempels einer Vertiefung und umgekehrt (Fig. 3), ſo daß die Dicke des Arbeitsſtücks an allen Stellen ungefähr die gleiche bleibt. Das Hohlprägen entſpricht demnach dem Stanzen (ſ. d.), von dem es ſich nur dadurch unterſcheidet, daß es ſich beim Hohlprägen um Verzierungen, Inſchriften u. ſ. w. handelt. Das Hohlprägen tritt vielfach in Verbindung mit andern Operationen, wie Ausſchneiden (ſ. Schnitt), Stanzen (ſ. d.), Ziehen (ſ. d.), auf. Ueber das Hohlprägen und das hierhergehörige Huberſche (Hohl-)Präg- und Preßverfahren vgl. Stanzen. Ueber das Prägen der Münzen und ähnliche Arbeitsſtücke, wie Blechmarken, Spielmünzen u. dergl., und die dabei angewendete Exzenterkniehebelpreſſe vgl. Münzenherſtellung, Bd. 6, S. 531. Zum (Maſſiv-)Prägen großer Medaillen, Platten u. dergl. verwendet man in der Regel Friktionsſpindelpreſſen und hydrauliſche Preſſen (ſ. Preſſen). Die letzteren gewähren erſteren gegenüber den Vorzug, daß das Material länger unter Druck bleibt und Zeit zum Fließen hat, ſo daß die Fertigſtellung der Prägung mit einem oder wenigen Preßdrücken erfolgt, während bei jenen eine Reihe von Drücken notwendig iſt und die Prägſcheibe öfters durch Ausglühen wieder weich gemacht werden muß. Außerdem tritt bei den Spindelpreſſen, da ſie ſich mit einem Stoß auf die Prägſcheibe aufſetzen, leicht eine Beſchädigung der Prägſtempel ein, bei den hydrauliſchen Preſſen ſetzt ſich dagegen der Prägſtempel ruhig auf die Prägſcheibe auf. Die Belaſtung der gehärteten Prägſtempel darf 80—100 kg/qmm nicht überſchreiten, da ſie ſonſt beſchädigt werden; genügt dieſer Druck bei einmaliger Preſſung nicht zur ſcharfen Ausprägung, ſo iſt die Prägſcheibe auszuglühen und die Preſſung zu wiederholen. Die hydrauliſchen Prägepreſſen werden entweder (direkt) mit Pumpen (ſ. Fig. 4) oder mit Treibapparaten (vgl. a. Preſſen) betrieben; man verſieht ſie mit Hilfseinrichtungen, um die Ueberſchreitung des jeweils notwendigen Drucks unmöglich zu machen.



Fig. 1.



Fig. 2.

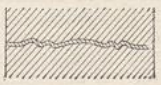


Fig. 3.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

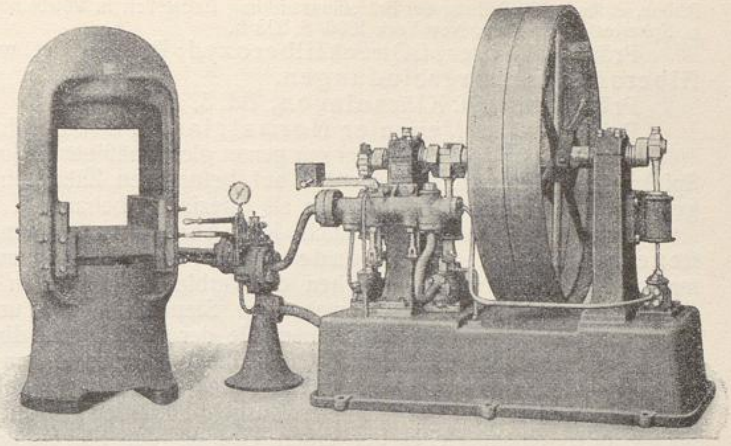


Fig. 4.

Fig. 4 zeigt eine hydrauliſche Prägepreſſe der Firma Wittlinger & Co. in Zuffenhauſen-Stuttgart; ſie beſteht aus dem Pumpwerk für 400 Atmoſphären maximalen Druck mit drei bis vier Pumpen (einer Niederdruck-, einer Mitteldruck- und ein bis zwei Hochdruckpumpen; von den beiden erſteren arbeitet die Niederdruckpumpe bis 100, die Mitteldruckpumpe bis 300 Atmoſphären; jede dieſer Pumpen rückt bei Erreichung des betreffenden Druckes ſelbſttätig aus), dem Steuerapparat und der Preſſe, deren Hauptkörper aus einem einzigen Stahlgußſtück gebildet iſt. Dieſe Preſſe wird in folgenden Abmeſſungen gebaut:

Maximaldruck	kg	500 000	1 000 000	2 000 000
Kolbendurchmeſſer	mm	400	565	800
Kolbenhub		180	260	350
Weite im Preßkörper		500	700	950
Größte Entfernung zwiſchen Tiſch und Kopfplatte . .		515	550	600

Ueber die Herſtellung der gehärteten Stahlprägſtempel ſ. Münzenherſtellung, Bd. 6, S. 534. *A. Widmaier.*

Prägepreſſe (Buchbindereimaſchine), ſ. Farbendruck, Goldpreſſung.

Präparierſalz (Grundierſalz), ſ. Zinnoxydnatron.

Präſerveſalze, ſ. Konſervierung, Bd. 5, S. 603.

Präzeſſion der Fixſterne, die fortwährende Zunahme der Längen der Sterne (vgl. Koordinaten am Himmel), das „Fortrücken" der Nachtgleichenpunkte (Schnittpunkte von Aequator und Ekliptik) auf der Ekliptik im Lauf der Jahre, entgegen der (ſcheinbaren) jährlichen Bewegung der Sonne am Himmel.

Seit 2000 Jahren bekannt (Hipparch), iſt die Erſcheinung erſt ſeit Schaffung der Himmelsmechanik (Newton) erklärt und durch d'Alembert, Euler, Laplace in theoretiſcher Beziehung abgeſchloſſen worden; experimentell dargeſtellt wurde die Erſcheinung zuerſt in den Bohnenbergerſchen Maſchinchen (vgl. [1] und Kreiſel, Bd. 5, S. 687, wo einige Gyroſkope erwähnt ſind). Die Urſache der Präzeſſion, der ſtetigen Veränderung der Richtung der Erdachſe im Raum, iſt die Attraktionswirkung von Mond und Sonne auf den „Aequatorwulſt" der abgeplatteten Erde, deren Drehungsachſe ſchief zu ihrer Bahnebene ſteht; infolge davon erhält die Erdachſe einen langſamen „koniſchen Umlauf", der Schnittpunkt der Erdachſe mit der Sphäre, der Himmelspol, verſchiebt ſich langſam auf einem Kleinkreis der Sphäre, deſſen ſphäriſcher Mittelpunkt der Ekliptikpol iſt. Dieſe ſogenannte Luniſolarpräzeſſion verſchiebt den Himmelspol auf dem genannten Kleinkreis um jährlich rund 50″ (in 100 Jahren um $1^0{,}4$, ſo daß der ganze Umkreis in 26 000 Jahren, einem ſogenannten Platoniſchen Jahr, zurückgelegt wird); immer andre Sterne kommen in die Nähe des Himmelspols, z. B. nähert ſich der Polarſtern (α Urs. min.), der jetzt etwa $1^1/_4{}^0$ Poldiſtanz hat, dem Pol noch bis auf 28′ (ums Jahr 2100) u. ſ. w. Ferner rückt der Frühlingspunkt in immer andre Sternbilder der Ekliptik (im Jahr — 300 war der Frühlingspunkt in der Bruſt des Widders, deshalb auch Widderpunkt Υ, gegenwärtig iſt er in den Fiſchen). Infolge der Attraktion der Planeten hat übrigens die Bahn der Erde ſelbſt keine ganz feſte Lage. Der Winkel zwiſchen Aequator und Ekliptik ändert ſich (ebenfalls in ſehr langer Periode zwiſchen den Grenzen $21^1/_2{}^0$ und $27^1/_2{}^0$). Die ſogenannte allgemeine Präzeſſion, der wirkliche Verlauf der Präzeſſionserſcheinung, an der auch die Einwirkung der Planeten beteiligt iſt, iſt deshalb von der Luniſolarpräzeſſion etwas (ſehr wenig) verſchieden. Eine Störung des regelmäßigen Präzeſſionsverlaufs gleichſam ſtellt die Nutation der Erdachſe vor, infolge deren der Himmelspol periodiſch abweicht von der „mittleren" Lage, die er infolge der Präzeſſion allein hätte; vgl. a. Nutation und [2]—[4].

Literatur: [1] Bohnenberger, Beſchreibung einer Maſchine zur Erläuterung der Geſetze der Umdrehung der Erde um ihre Achſe und der Veränderung der Lage der letzteren (Tübinger Blätter für Naturwiſſenſchaft und Arzneikunde, Bd. 3, 1. Stück, S. 72—83), Tübingen 1817; vgl. dazu auch Poiſſon im Journal de l'Ecole Polytechnique, 16. Heft, Bd. 9, S. 247, und die ganze Gyroſkopliteratur. — [2] Ebend. iſt auch die ganze Literatur genannt. — [3] Dazu ſind auch die Lehrbücher der theoretiſchen Aſtronomie zu vergleichen, z. B. Watſon, J., Theoretical Astronomy, 2. Aufl., Philadelphia 1885; auch Wolf, R., Handbuch der Aſtronomie, § 290 und 514. — [4] Eine

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

ſchöne, einfache Darſtellung der Präzeſſionswirkung findet ſich in Newcomb, S., A Compendium of Spherical Astronomy, New York 1906, S. 225 ff.

Präzipitat, roter, ſ. Queckſilberoxyd; Präzipitat, weißer, ſ. Queckſilberammoniumverbindungen.

Präzipitation, ſ. Kläranlagen, Bd. 5, S. 490.

Präziſionsglas (Jenenſer Normalglas), ſ. Glas, Bd. 4, S. 547.

Präziſionsräder, Zahnräder mit genau gleichmäßiger Teilung und geringem Spielraum der Zahnflanken, werden auf beſonderen Zahnradfräsmaſchinen hergeſtellt und von einzelnen Fabriken als Spezialität behandelt. *Lindner.*

Präziſionsſteuerungen, auch Klinkenſteuerungen, Abſchnappſteuerungen oder auslöſende Steuerungen genannt, ſind Dampfmaſchinenſteuerungen, bei welchen die Verbindung zwiſchen den die Einlaßorgane der Dampfmaſchine bewegenden Steuerungsteilen und den zu ihrer Bewegung dienenden, mit der Steuerwelle der Maſchine in direkter Verbindung ſtehenden Steuerungsteilen bei jedem Kolbenhub nach einem gewiſſen, durch den Regulator veränderlichen Bruchteil des Hubes aufgehoben wird, beide Steuerungshälften alſo voneinander ausgelöſt werden, wobei eine an einer Stange oder einem Hebel der erſten Gruppe der Steuerungsteile befindliche Klinke oder Knagge außer Eingriff mit einer zweiten, an einem Teil der zweiten Gruppe angebrachten Klinke kommt oder die letztere von der erſteren abſchnappt. Den Namen Präziſionsſteuerungen führen dieſe Steuerungen wegen des durch dieſelben bewirkten präziſeren Abſchluſſes der Dampfeinlaßöffnungen gegenüber dem mehr allmählichen ſogenannten „ſchleichenden“ Abſchluß bei Maſchinen mit Schieberſteuerungen.

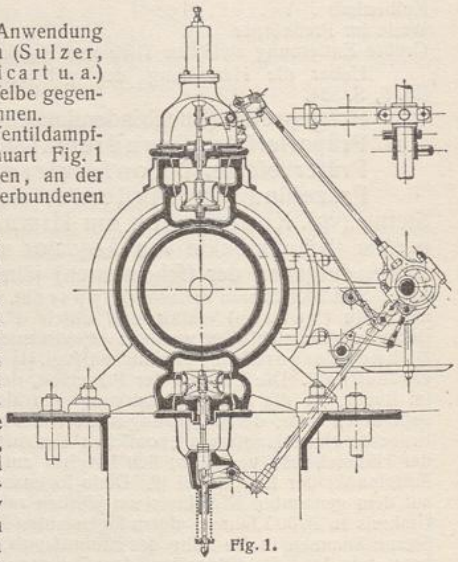


Fig. 1.

Die Präziſionsſteuerungen finden ſowohl Anwendung bei Schiebern (Wanniek) als auch bei Ventilen (Sulzer, Gamerith, Hojos) und Hähnen (Corliß, Fricart u. a.) als Abſchlußorganen. Am gebräuchlichſten iſt dieſelbe gegenwärtig noch in Verbindung mit Ventilen und Hähnen.

Die bekannteſte Klinkenſteuerung für Ventildampfmaſchinen iſt die Sulzer-Steuerung, deren Bauart Fig. 1 darſtellt. Am äußeren Ende eines doppelarmigen, an der inneren Seite drehbar mit der Einlaßventilſtange verbundenen Hebels iſt eine Stahlſchneide oder Klinke angebracht. Dieſelbe wird zum Zweck der Eröffnung des Einlaßventils von der zweiten, am unteren Ende eines Winkelhebels befindlichen Schneide oder Klinke niedergedrückt. Der Drehpunkt des Winkelhebels wird von einem einarmigen, am Ventilbock drehbar gelagerten Hebel gehalten und durch ein auf der parallel zur Zylinderachſe laufenden Steuerwelle ſitzendes Exzenter auf dem vom Endpunkt des einarmigen Hebels beſchriebenen Bogen hin und her geführt. Durch eine am andern Ende des Winkelhebels angreifende, vom Regulator vermittelſt mehrerer Zwiſchenhebel verſtellte Stange, welche nahezu parallel zur Exzenterſtange liegt, wird nun der Winkelhebel relativ zu ſeinem Drehpunkt verſtellt bezw. um denſelben gedreht, wodurch ein früheres oder ſpäteres Abſchnappen der oberen Klinke (des „aktiven Mitnehmers“) von der unteren Klinke (dem „paſſiven Mitnehmer“) und ſomit ein früheres oder ſpäteres Schließen des Einlaßventils, alſo auch eine kleinere oder größere Füllung des Zylinders erreicht wird. Der raſche Schluß des vom Eingriff mit den äußeren Steuerungsteilen ausgelöſten Ventils wird durch eine am oberen Ende der Ventilſtange befindliche Schraubenfeder bewirkt. Die letztere iſt in einem auf dem Ventilbock ſitzenden zylindriſchen Gehäuſe gelagert, in welchem ſich außer der Feder noch ein kleiner, im zylindriſchen Gehäuſe luftdicht ſich bewegender Kolben befindet. Letzterer bildet mit dem ihn umgebenden Zylinder einen ſogenannten Luftpuffer, welcher ein zu raſches und zu hartes Auffchlagen des Ventils auf ſeinen Sitz verhindern ſoll. Durch eine über der Feder befindliche Stellſchraube kann die Spannung der letzteren, alſo dadurch auch die Schlußzeit des Ventils genau reguliert werden, während noch durch einen kleinen Lufthahn im Pufferzylinder der Kompreſſionsgrad der Luft und dadurch auch die Stärke des Ventil-

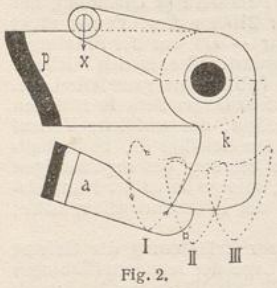


Fig. 2.

ſchlages reguliert werden kann. In Fig. 2 iſt *a* die untere, paſſive Klinke, *k* die obere, aktive Klinke an dem Winkelhebel, *p* der am Ventilbock befeſtigte einarmige Hebel, während bei *x* die vom Regulator beeinflußte Stange angreift. Die punktiert gezeichneten Kurven I, II und III ſtellen die Bahnen dar, welche die Arbeitskante oder Schneide der Klinke *k* beſchreibt. In der gezeichneten Stellung bewegt ſich die letztere auf der Kurve II und findet Ventilhebung bis zum Punkte *p* ſtatt, in welchem Punkte die Bahn II von dem vom Endpunkt der Schneide *a* beſchriebenen Kreisbogen geſchnitten wird, alſo beide Klinken voneinander abſchnappen. Einer ſtarken Abnutzung der Klinken wird dadurch vorgebeugt, daß dieſelben aus gehärtetem Stahl gefertigt und an den Enden der Hebel *a* und *k* in dieſelben eingelaſſen und durch verſenkte Schrauben daran befeſtigt ſind, ſo daß ſie nach erfolgter Abnutzung leicht gegen neue Klinken ausgewechſelt werden können.

Zu den bekannteren Ventilpräziſionsſteuerungen gehören noch die Gamerithſteuerung der Maſchinenfabrik Starke & Hoffmann in Hirſchberg in Schleſien (D.R.P. Nr. 33210), die Trappenſteuerung der Märkiſchen Maſchinenbauanſtalt (vorm. Kamp & Cie.) in Wetter a. R. (D.R.P. Nr. 2388), die Steuerung von Hojos (D.R.P. Nr. 38656), bei welcher die Einlaßventile in den Zylinderſtirnſeiten liegen und die Auslöſung der Klinken durch Anſchlag an einen vom Regulator verſtellten, an der Regulatorhülſe befeſtigten Schlitten mit Anſchlagſtiften bewirkt wird. Weitere Ausführungsarten ſ. [1].

Die Hauptvertreterin der Anwendung der Auslösſteuerungen für Maſchinen mit Hähnen oder Rundſchiebern iſt die Corliß-Steuerung. Ihre Wirkungsweiſe ſoll an der in Fig. 3 abgebildeten Frikart-Steuerung [2] näher beſchrieben werden. Auch hier iſt ein aktiver und paſſiver Mitnehmer (*E* und *D*) vorhanden, deren letzterer auf der Hahnachſe ſitzt, während der erſtere von einem auf den zur Lagerung der Hahnachſen dienenden Büchſen loſe drehbaren Winkelhebel *AF* bewegt wird. Den aktiven Mitnehmern wird von der Maſchine eine doppelte Bewegung erteilt, eine um die Hahnachſe kreisförmig ſchwingende, durch die ſeitlich vom Zylinder gelagerte fünfarmige Schwinge, welche auch die Auslaßhähne bewegt, und eine zweite, zu der erſteren ſenkrechte, ebenfalls ſchwingende Bewegung um den oberen Drehzapfen des Winkelhebels *AF*,

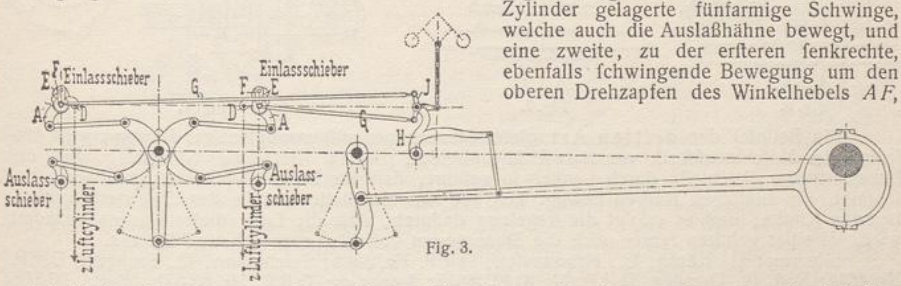


Fig. 3.

welch letztere Bewegung von dem mit dem Regulator verbundenen und von ihm beeinflußten Hebel *HJ* mittels der Stangen *G* auf den aktiven Mitnehmer übertragen wird. Wie aus Fig. 4 erſichtlich, wird durch den aktiven Mitnehmer *E* der paſſive Mitnehmer *D* bei der Berührung beider um einen gewiſſen Winkel und dadurch der Hahn ebenfalls gedreht, alſo der Dampfeinlaßkanal um einen gewiſſen Betrag geöffnet. Je nach der Stellung des Regulators wird jedoch der Mitnehmer *E* durch *H*, *J*, *G* (Fig. 3) derart nach außen gedreht, daß er früher oder ſpäter den Mitnehmer *D* freigibt. Am andern Ende des auf der Hahnachſe befeſtigten Mitnehmerhebels *D* greift nun eine Stange an, welche nach einem am Boden befindlichen, mit einem dicht abſchließenden, belaſteten Kolben verſehenen Luftpuffer führt, welcher den raſchen, aber durch einen Lufthahn, ähnlich wie bei den Ventilpräziſionsſteuerungen, regelbaren Schluß des Hahns durch Rückdrehung desſelben in ſeine Anfangslage bewirkt. — Bei den älteren Corlißmaſchinen wurde dieſer Schluß durch eine beim Oeffnen des Hahns angeſpannte Blattfeder bewirkt, während er bei den neueren in derſelben Weiſe, wie oben beſchrieben, ausgeführt wird. Weitere Ausführungen der Corlißhahnſteuerungen ſ. [3].

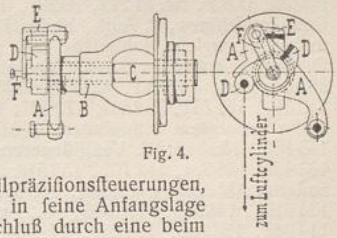


Fig. 4.

Bei der außerordentlichen Entwicklung, welche die freifallenden Ventilſteuerungen oder Ausklinkſteuerungen in neuerer Zeit genommen haben, kann man zwecks beſſerer Unterſcheidung der verſchiedenen Syſteme folgende Unterabteilungen machen [4]: 1. Steuerungen mit plötzlicher Verdrängung der Klinke; 2. Steuerungen mit allmählicher Verdrängung der Klinke; 3. Steuerungen mit zwangläufiger Bewegung der Klinke.

Das Gemeinſame derſelben iſt, wie bei den obenbeſchriebenen Steuerungen, daß die verſchiedenen Füllungen von der Größe des Ventilhubes und des Stopfbüchſenanzuges ſtark beeinflußt werden. Zur Regulierung der Auffetz- oder Fallgeſchwindigkeit der Ventile nach erfolgter Auslöſung dienen in neuerer Zeit die verſchiedenen Ausführungskonſtruktionen der ſogenannten Oelpuffer, unter welchen diejenigen von Collmann (ausgeführt von der Maſchinenfabrik Schüchtermann & Krämer in Dortmund), ferner von Hochwald-Neuhaus (ausgeführt von A. Borſig in Berlin-Tegel) und von Dinnendahl (ausgeführt von Kunſtwerker-Hütte bei Stehle) beſonders bemerkenswert ſind.

Zu den Steuerungen der erſten Klaſſe gehören u. a. die Steuerungen von Collmann, Stumpf und Dinnendahl. Bei der zuerſt genannten Steuerung (Fig. 5) wird die Exzenterſtange am Ventilgehäuſe durch Lenker geführt und trägt eine Klinke, welche bei

annähernd höchſter Stellung übergreift und beim Abwärtsgang des Exzenters den Ventilhebel ſo lange mitnimmt, bis ſie auf einen vom Regulator einſtellbaren Auslöſedaumen trifft und dadurch abgleitet. Die Klinke muß durch eine kleine Blatt- oder auch Spiralfeder zum rechtzeitigen Auffetzen gezwungen werden. Bei vorliegender Ausführung hat der Ventilhebel hinten eine Verlängerung, welche in einen Schlitz der Expanſionsklinke ſo eingreift, daß ſie das hängenbleibende Ventil ſchließen muß.

Ein Beiſpiel der zweiten Klaſſe dieſer Steuerungen mit allmählicher Klinkenverdrängung iſt diejenige der Vereinigten Maſchinenfabrik Augsburg und Maſchinenbau-Geſellſchaft Nürnberg (Fig. 6). — Die Auslöſung der Klinke wird durch die Rolle eines kleinen Hebels bewirkt, welcher mit dem Ventilhebel gelenkig verbunden iſt und in der Mitte durch eine vom Regulator verſtellbare Stange unterſtützt wird. Geht die Klinke abwärts, ſo bewegt ſich die Rolle nach aufwärts, da der Auslöſer ſich hierbei um den Unterſtützungspunkt dreht. Die Auslöſung erfolgt im Schnittpunkt der von der Klinke unter Einwirkung der Rolle beſchriebenen Wälzkurve mit dem Kreisbogen, welchen der Endpunkt der Anſchlagplatte beſchreibt.

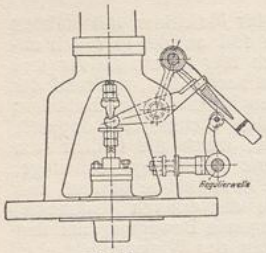


Fig. 5.

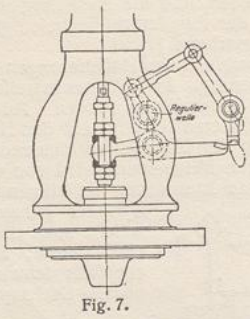


Fig. 7.

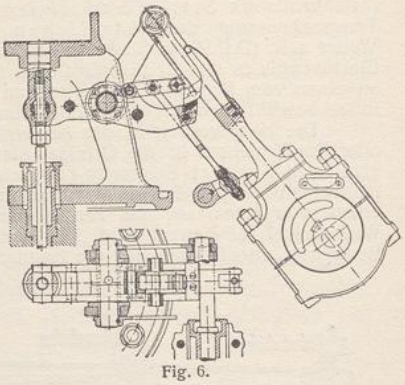


Fig. 6.

Ein Beiſpiel der dritten Art dieſer Steuerungen mit zwangläufiger Bewegung iſt diejenige der Maſchinenfabrik von Soeſt in Düſſeldorf (Fig. 7). Bei dieſer Steuerung wird die Exzenterſtange gleichfalls durch Lenker ſo geführt, daß ihr Ende ellipſenförmige Kurven beſchreibt. In ähnlichen Kurven bewegt ſich die Anſchlagplatte der in der Exzenterſtange gelagerten Klinke, und es erfolgt die Regelung dadurch, daß die Lage dieſer Kurven geändert wird. Hierher gehören ferner noch die Steuerungen von Gutermuth und Lentz.

Literatur: [1] König, E., Nordhauſen, D.R.P. Nr. 3825; Teichmann, C., Stuttgart, D.R.P. Nr. 4644; Roſt, E., Dresden, D.R.P. Nr. 8142, 8517; ferner die D.R.P. Nr. 63851, 65499, 70572, 73770, 75631. — [2] Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing., 1890, S. 917 f. — [3] Ebend., Inhaltsverzeichnis, 1884/93, Artikel Dampfmaſchinen, Steuerung; ferner u. a. die Patentſchriften: Farcot, D.R.P. Nr. 4569; Berger-André & Cie, D.R.P. Nr. 6328; Corliß, D.R.P. Nr. 10580, 13248; Frikart, D.R.P. Nr. 31242, 39291, 41198, 76679. — [4] Dubbel, Entwerfen und Berechnen der Dampfmaſchinen, 2. Aufl., Berlin 1907; vgl. ferner die neueren Patentſchriften der Patentkl. 14 und 46b, welche zahlreiche teils praktiſch ausgeführte, teils nur theoretiſch intereſſante Ausführungen aufweiſen; unter denſelben heben wir hervor: 1. auslöſende Ventilſteuerungen im allgemeinen: 113311, 122815, 123628, 123796, 130512, 134055, 139011, 148393, 151727, 152510, 152511, 164547, 172037, 186584, 189113; 2. auslöſende Ventilſteuerungen mit zwangläufig bewegtem Mitnehmer: 110362, 122375, 132210, 139012, 140878, 147091, 160443, 173102, 189845; 3. Ventilſteuerungen mit Achſenregler: 119019, 123984, 129186, 131521, 133462, 138624, 152101, 153510, 153609, 171794; 4. zwangläufige Ventilſteuerungen mit veränderter Ableitungsrichtung: 108656, 115218, 117811, 121453, 122814, 124295, 132458, 133188, 134619, 148980, 160969; 5. zwangläufige Ventilſteuerungen mit zwei Exzenterantrieben: 114946, 123990, 125357, 129081, 170658; 6. zwangläufige Ventilſteuerungen mit veränderlichem Antrieb von einem Exzenterpunkt aus: 106138, 107642, 112309, 142091, 150951. *v. Ihering.*

Pragerrot (Engelrot), ein feuriges Eiſenrot (ſ. d.).

Prahm, ein flachbodiges, völlig gebautes Fahrzeug aus Holz oder Eiſen zum Transport von Laſten — Kohlen, Munition, Baggergut — oder zur Aufnahme beſonderer Einrichtungen — Spritzen-, Taucherprahm. *T. Schwarz.*

Praſem, ſ. Quarz.

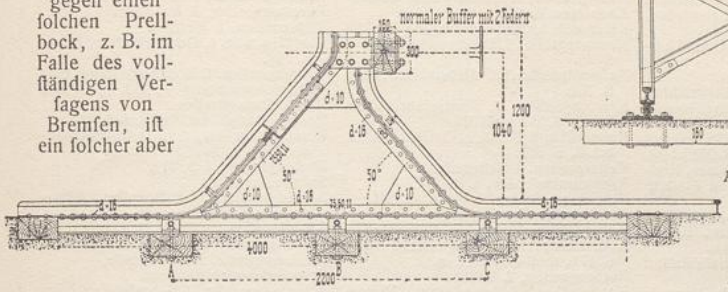
Preiſſe (Preißziegel), ſ. v. w. Firſt-, Hohl- oder auch Ortziegel.

Prellbock, Abſperrvorrichtung an einem ſtumpf endigenden Eiſenbahngleis, in der Regel mit Puffern zur Aufnahme des Stoßes gegenfahrender Wagen verſehen.

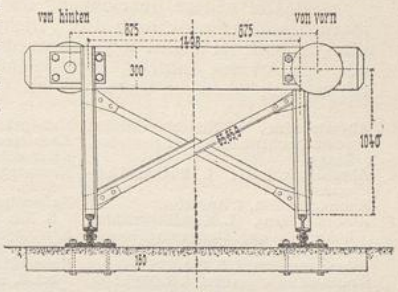
An den Enden von Rangiergleiſen werden oft nur Pfähle eingerammt, die vorn durch ein Querholz mit kräftigen, gefederten Puffern verbunden und an der Rückſeite mit Erde hinterſchüttet werden. Statt Pfähle werden auch in der Erde verankerte, aus ſtarken Hölzern gezimmerte Böcke, auf deren Schwellen die Schienenenden befeſtigt werden, verwendet. In Bayern werden als Prellvorrichtung ſenkrechte Hölzer (ohne Puffer), in Entfernung der Puffer der Wagen (1,75 m) eingegraben und durch einen Betonkörper, der die Stöße aufzunehmen hat, geſtützt.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Vielfach werden die Prellböcke in Eiſen ausgeführt, indem die Schienenenden aufgebogen werden. Dieſe tragen dann eine Querſchwelle mit Puffern und ſind nach rückwärts durch kräftige Streben (gewöhnlich Schienenſtücke) abgeſtützt, welche wieder durch ſtarke Zugbänder mit der Endſchiene verbunden werden (ſ. die Figur), ſo daß der Widerſtand des Gleiſes gegen Längsverſchiebung benutzt wird, um beim Anprallen von Wagen den Stoß aufzuheben. Prellböcke genügen zum Aufhalten von einem oder mehreren Wagen, nicht aber zum Aufhalten ganzer Züge. Auf Kopfſtationen werden an den Enden der Zuggleiſe daher gegenwärtig Preßwaſſer- (hydrauliſche) Prellböcke angewendet (ſ. Zentralblatt der Bauverwaltung 1890, S. 398, Glaſers Annalen 1894, Bd. 34, Nr. 405). Die Preßwaſſerprellböcke ſind viel wirkſamer als gewöhnliche Prellböcke. Bei raſcher Fahrt eines Zugs gegen einen ſolchen Prellbock, z. B. im Falle des vollſtändigen Verſagens von Bremſen, iſt ein ſolcher aber



Längenſchnitt.



Anſicht.

auch nicht imſtande, den Stoß aufzunehmen, ohne beſchädigt zu werden. Man hat deshalb auf Kopfſtationen, um eine wirkſame, nicht zu plötzliche Bremſung des Zugs im Notfall zu erreichen, die Schienen auf etwa 50 m Länge 2—5 cm hoch mit Sand überſchüttet; hierdurch geht aber eine gleichgroße Länge der Hallen verloren. Um dies zu vermeiden, hat Köpcke beſondere Sandgleiſe, die mittels einer Zungenvorrichtung von dem Fahrgleis abzweigen, vorgeſchlagen (ſ. Sandgleiſe). Vorbedingung, daß dieſe Sandgleiſe wirken, iſt aber, daß die Zungenvorrichtung im Bedarfsfall bedient und der Zug ins Sandgleis geleitet wird. *H. Kübler.*

Prellſteine (Abläufer, Abweisſteine) dienen ſtatt der Einfriedigungen (ſ. d.) und Brüſtungen (ſ. d.) zum Schutze der Fuhrwerke gegen das Hinabſtürzen an der Talſeite der Gebirgsſtraßen, indem ſie das zu nahe Befahren des Straßenrandes verhindern. Auch werden vielfach Fußwege gegen das Auffahren der Fuhrwerke durch ſolche Prellſteine geſchützt. Sie beſtehen aus bearbeiteten oder auch rauh gelaſſenen Felsſtücken, die in Abſtänden von 2 bis höchſtens 4 m an dem Straßenrande angebracht ſind und deren Höhe der Radnabe gerade noch geſtattet, über ſie hinwegzugleiten. *L. v. Willmann.*

Preſenning, ſ. Perſenning.

Preſidents, ſ. Tuchſorten.

Preßbau, im Bergbau der vollſtändige Abbau (ſ. d.) einer Lagerſtätte.

Preßblech, Bezeichnung für Arbeitsſtücke, die aus Blech unter Preſſen gebogen, gebördelt, gekümpelt wurden und die an Stelle gegoſſener, genieteter und geſchmiedeter Stücke vielfache Anwendung finden.

Beiſpiele von Preßblech: in der Kleineiſeninduſtrie Handgriffe von Scheren, Zangen u. ſ. w., Rollen u. a.; in der Grobblechverarbeitung: Rahmen oder Rahmenteile für Eiſenbahnwagen (ſ. d.), Motorwagen (ſ. d.) u. ſ. w.

Literatur: „Stahl und Eiſen“ 1901, S. 975 (Die Verwendung des Preßblechs im großen); ebend. 1895 (Preßblech gegen Gußeiſen). *A. Widmaier.*

Preßbraunkohle, ſ. Brennſtoffe, Brikettieren.

Preßdeckel, ſ. Oelfabrikation, Bd. 6, S. 762.

Preſſen bezeichnet allgemein die Ausübung eines ruhigen Drucks (Gegenſatz: Schlag, Stoß) auf ein Material zu einem beſtimmten Zweck mit Hilfe entſprechender Werkzeuge oder als ſolcher dienender Elemente. Die maſchinellen Vorrichtungen zur Ausübung des Drucks werden teils direkt als Preſſen bezeichnet, teils führen ſie beſondere Bezeichnungen (ſ. unten).

A. **Verſchiedene Arten des Preſſens.** Am häufigſten findet das Preſſen mit Hilfe ſolcher Maſchinen ſtatt, die an ihrem Geſtell einen beweglichen Teil beſitzen, der ſich gegen ein am Geſtell feſtes Widerlager bewegt, ſo daß die Preſſung zwiſchen dieſem und dem bewegten Teil ſtattfindet. In der Regel iſt die Bewegung dieſes Teils eine geradlinige, ſeltener eine bogenförmige (ſ. unten). — Bei weichen Maſſen kann der Preßdruck mittels einer an einer Welle rotierenden Schraubenfläche erzielt werden (vgl. Strangpreſſen und Kernformmaſchinen). — Bei zylindriſchen Arbeitsſtücken findet ein Preſſen durch Rollen zwiſchen Stempeln (Preßbacken)

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

ſtatt, von denen der eine ſeitlich ſich gegen den andern bewegt, z. B. beim Rändeln der Münzplatten (ſ. Münze, Münzenherſtellung, Bd. 6, S. 530, ferner Schraubenherſtellung). — Der Druck auf das Arbeitsſtück oder Werkzeug kann auch unmittelbar durch Waſſer, Luft, Sand, mit Waſſer oder Luft gefüllte Kiſſen u. ſ. w. erfolgen. Hierher gehört unter anderm das Huberſche Preßverfahren (ſ. Prägen und Stanzen). — Weiterhin kann das Preſſen mit Hilfe von Rollen und Walzen erfolgen; über die hierhergehörigen Maſchinen vgl. Walzen.

B. **Die nähere Bezeichnung der Preſſen** erfolgt entweder nach dem Material, das auf ihnen bearbeitet wird, nach dem Verfahren oder dem Gewerbe, dem ſie dienen, nach der Form, die das Material beſitzt oder durch das Preſſen annimmt, nach dem konſtruktiven Aufbau oder der Art des Antriebs, nach beſonderen Einrichtungen, nach dem Konſtrukteur, wie die folgende alphabetiſche Ueberſicht mit Verweiſen ergibt.

Abgratpreſſen, ſ. Nietenherſtellung, Schraubenherſtellung, Schmieden, Zange.
Abpreßmaſchinen, ſ. Buchbindereimaſchinen.
Appreturpreſſen, ſ. Appretur.
Ausflußpreſſen, ſ. Kabelherſtellung, Rohrherſtellung, Stangenpreſſen und Teigpreſſen.
Balancierpreſſen, ſ. S. 211.
Baumwollballenpreſſen, ſ. S. 209 u. [8].
Biegepreſſen, ſ. Biegemaſchinen, Kielplattenbiegemaſchinen und Plattenbiegemaſchinen.
Blei (draht-, rohr-, kabel-, platten-) preſſen, ſ. Rohrherſtellung, Kabelherſtellung, Stangenpreſſen.
Bleiminenpreſſen, ſ. Bleiſtiftfabrikation und Teigpreſſen.
Blockpreſſen von Whitworth, Harmet, ſ. Lunker.
Bördelpreſſen, ſ. d. und Kümpeln, Bd. 5, S. 733.
Bolzenpreſſen, ſ. Nietenherſtellung, Schraubenherſtellung, Schmieden.
Brikettpreſſen, ſ. Brikettieren.
Buchbinderpreſſen, ſ. Buchbindereimaſchinen, Farbendruck und Goldpreſſung.
Buchdruckpreſſen, ſ. Buchdruckmaſchinen, Handpreſſen, Schnellpreſſen.
Bündelpreſſe, ſ. d.
Büttenpreſſe, ſ. Papierfabrikation.
Bulldozer, ſ. Schmieden.
Dampfpreſſen, ſ. S. 213 und Tuchfabrikation.
Dampfhydrauliſche Preſſen, ſ. S. 216.
Daumenpreſſen, ſ. S. 211.
Dorneintreibepreſſen, ſ. S. 213.
(Blei-) Drahtpreſſen, ſ. Stangenpreſſen.
Drahtſtiftpreſſen, ſ. Nagelherſtellung.
Drainröhrenpreſſen, ſ. d.
Druckpreſſen, ſ. Buchdruckmaſchinen.
Druckluftpreſſen, ſ. S. 213.
Elektrodenpreſſen, ſ. Teigpreſſen.
Erzbrikettpreſſen, ſ. Brikettieren und Ziegelpreſſen.
Etagenölpreſſe, ſ. Oelfabrikation.
Exzenterpreſſe, ſ. S. 209.
Fahrkartenſtempelpreſſe, ſ. d.
Falzmaſchinen, ſ. d.
Falzziegelpreſſe, ſ. d.
Faßwinde, Faßreifenauftreibmaſchine, ſ. Faßfabrikation.
Feſtigkeitsprobiermaſchinen, ſ. d. und Biegeprobe.
Filterpreſſen, ſ. d.
Formmaſchinen (-preſſen) für Gießereien, ſ. Preßformmaſchinen und Kernformmaſchinen.
Friktionsſpindelpreſſen, ſ. S. 212.
Fruchtpreſſen, ſ. Saftpreſſen.
Furnierpreſſen, ſ. Bd. 4, S. 214.
Fußpreſſen, ſ. S. 209.
Futterpreſſe, ſ. Enſilage.
Garnpreſſen, ſ. Baumwollſpinnerei, Bd. 1, S. 620, Bündelpreſſe.
Gautſchpreſſen (Kautſchpreſſen), ſ. Papierfabrikation, Bd. 6, S. 812 u. 815.
Glättpreſſen, ſ. d.
Grünfutterpreſſen, ſ. Enſilage.
Handpreſſen, ſ. S. 209, 211, 213, 215; ferner Buchdruckmaſchinen, Bd. 2, S. 381.
Hebelpreſſen, ſ. S. 209.
Hefepreſſe, ſ. Preßhefe.
Heupreſſen, ſ. Strohpreſſen.
Huberpreſſe, ſ. Prägen und Stanzen.
Hydrauliſche Preſſen, ſ. S. 213.
Hydropneumatiſche Preſſe, ſ. S. 217.
Hydroſtatiſche Preſſe, ſ. Realſche Preſſe.
Kabelpreſſen, ſ. Kabel, Bd. 5, S. 246.
Kachelpreſſe, ſ. d.
Käſepreſſe, ſ. Käſebereitung, Bd 5, S. 280.
Kammerpreſſe, ſ. Filterpreſſen, Bd. 4, S. 35.
Kaſtenölpreſſen, ſ. Oelfabrikation, Bd. 6, S. 762.
Kautſchpreſſe, ſ. Papierfabrikation, Bd. 6, S. 812 und 815.
Keilpreſſen, ſ. S. 209 u. Oelfabrikation, Bd. 6, S. 762.
Kelterpreſſen, ſ. Saftpreſſen.
Kernformmaſchine, ſ. d.
Klammermaſchine, ſ. Bd. 5, S. 501.
Kniehebelpreſſe, ſ. S. 209.
Kohlenelektrodenpreſſen, ſ. Teigpreſſen.
Kohlenſtiftpreſſen, ſ. Bogenlicht, Bd. 2, S. 171, und Teigpreſſen.
Kolbenpreſſen, ſ. S. 213.
Kopfpreſſen, ſ. Schmieden, Nietenherſtellung, Bd. 6, S. 614, Schraubenherſtellung.
Kümpelpreſſen, ſ. Bd. 5, S. 733.
Kupferdruckpreſſe, ſ. Kupferdruckmaſchinen.
Kurbelpreſſen, ſ. S. 209.
Leimpreſſen (Leimzwinge), ſ. Bd. 6, S. 132, ſ. a. Furnierpreſſe, Bd. 4, S. 214.
Lichtdruckpreſſen, ſ. Lichtdruckmaſchinen.
Lithographiepreſſen, ſ. Steindruckmaſchinen.
Lochpreſſen, ſ. Lochen, Bd. 6, S. 178 f.
Luppenpreſſen, ſ. Luppe und Schmiedepreſſen.
Makkaronipreſſen, ſ. Teigpreſſen und Teigwarenfabrikation.
Markiermaſchinen, ſ. Stempeln.
Maſſelbrecher, ſ. d.
Metall (rohr-, ſtangen-) preſſen, ſ. Rohrherſtellung und Stangenpreſſen.
Muffelpreſſe, ſ. d.
Muldenpreſſen, ſ. Tuchfabrikation.
Mutternpreſſen, ſ. Schraubenherſtellung.
Nachpreſſer, ſ. Ziegelfabrikation.
Nageleintreibepreſſen (Nagelmaſchinen), ſ. Nageln, Bd. 6, S. 578.
Naßpreſſen, ſ. Ziegelfabrikation.
Nietenpreſſen, ſ. Nietenherſtellung, Bd. 6, S. 613.
Nietpreſſen (Nietmaſchinen), ſ. Nieten, Bd. 6, S. 615 f.
Nudelpreſſen, ſ. Teigpreſſen und Teigwarenfabrikation.
Obſtpreſſen, ſ. Saftpreſſen.
Oelpreſſen, ſ. Oelfabrikation, Bd. 6, S. 762.
Packpreſſen, ſ. Bündelpreſſe; in der Buchdruckerei, ſ. v. w. Glättpreſſe, ſ. d.; ſ. v. w. Scheidepreſſe, ſ. Oelfabrikation und Zuckerfabrikation.
Paketierpreſſen, ſ. Bd. 6, S. 793.
Papiereimerpreſſe, ſ. Papiereimer, Bd. 6, S. 802.
Papierprägemaſchine, ſ. Buntpapierfabrikation.
Paſtillenpreſſe, ſ. Tablettenpreſſe.
Pendelpreſſe, ſ. S. 209.
Pillenpreſſe, ſ. Tablettenpreſſe.
Pneumatiſche (Preßluft-, Druckluft-) Preſſe, ſ. S. 213.
Prägepreſſen (Prägwerke), ſ. Edelmetallverarbeitung, Prägen, S. 202, und Münzenherſtellung, Bd. 6, S. 531.
Pulverpreſſen, ſ. Geſchoßtreibmittel, Bd. 4, S. 416 und 418, und Teigpreſſen.
Rad-, Räderpreſſe, ſ. d.
Rahmenpreſſen, ſ. Filterpreſſe, Bd. 4, S. 35.
Rammpreſſe, ſ. Oelfabrikation.
Realſche Preſſe, ſ. d.
Revolverpreſſen, ſ. Revolver.
Richtpreſſen, ſ. Richten.
Ring(öl)preſſe, ſ. Oelfabrikation, Bd. 6, S. 763.
Röhrenpreſſen, ſ. Rohrherſtellung, Einſpannvorrichtungen, Bd. 3, S. 256, und Strangpreſſen.
Romershauſenſche Preſſe, ſ. d.
Rotationspreſſen, ſ. Buchdruckmaſchinen, Bd. 2, S. 383.
Säulenpreſſen, ſ. S. 212.
Saftpreſſen, ſ. d.
Scheidepreſſen, ſ. Saftpreſſen, Filterpreſſen, Oelfabrikation.
Scheren, ſ. d.
Schienenpreſſe, ſ. Schienenbiegemaſch.
Schlammpreſſe, ſ. Filterpreſſe.
Schmiedemaſchinen und
Schmiedepreſſen, ſ. Schmieden.
Schmierpreſſen, ſ. Schmieren.
Schneckenpreſſen, ſ. Ziegelfabrikation.
Schnellpreſſen, ſ. d. und Buchdruckmaſchinen, Bd. 2, S. 382.
Schnittwarenpreſſen, ſ. Teigwarenfabrikation.
Schnitzelpreſſe, ſ. Zuckerfabrikation.
Schrämpreſſen, ſ. Hereintreibearbeit, Bd. 5, S. 48 und 49.
Schraubenpreſſen, ſ. S. 211.
Schwellenpreſſe, ſ. Schwellenherſtellung.
Seifenpreſſen, ſ. Seife.
Seiherölpreſſen, ſ. Oelfabrikation, Bd. 6, S. 762.
Senkwerke, ſ. S. 212 und Münzenherſtellung.
Spaltmaſchinen, ſ. Spalten.
Spindelpreſſen, ſ. S. 211.
Spitzenpreſſe, ſ. Teigpreſſen.
Stangenpreſſen, ſ. d.
Stanzpreſſen, ſ. Stanzen.
Stauch- und Schweißmaſchinen, ſ. Schmieden.
Steindruckpreſſen, ſ. Steindruckmaſchine.
Steinpreſſen, ſ. d.
Stempelpreſſen, ſ. Stempeln.
Strangpreſſen, ſ. d.
Strohpreſſen, ſ. d.
Subpreſſe, ſ. Lochen und Schnitt.
Tablettenpreſſe, ſ. d.
Teigpreſſen, ſ. d. und Teigwarenfabrikation.
Tiegel- (Druck-) preſſen, ſ. Buchdruckmaſchinen, Bd. 2, S. 382.
Tonröhrenpreſſe, ſ. Drainröhrenpreſſen.
(Ton- und Graphit-) Tiegelpreſſen, ſ. Tiegel.
Topfpreſſen, ſ. v. w. Seiherpreſſen, ſ. Oelfabrikation, Bd. 6, S. 763.
Torfpreſſen, ſ. Torfgewinnung.
Traubenpreſſen, ſ. Saftpreſſen.
Trockenpreſſen, ſ. Ziegelfabrikation.
Tubenpreſſen, ſ. d.
Tuchpreſſen, ſ. Tuchfabrikation.
Vergolderpreſſen, ſ. Goldpreſſung.
Vulkaniſierpreſſen, ſ. Gummiwarenfabrikation, Bd. 4, S. 680.
Warenpreſſen, ſ. d.
Weinpreſſen, ſ. Saftpreſſen.
Wellblechpreſſen, ſ. Wellblechherſtellung.
Wellpappenpreſſe, ſ. Pappeforten.
Wurſtfüllmaſchine, ſ. Fleiſchwarenfabrikation.
Zahnſtangenpreſſen, ſ. S. 213.
Zangen, ſ. d.
Ziegelpreſſen, ſ. Ziegelfabrikation.
Ziehpreſſen, ſ. Ziehen.
Zylinderpreſſen, ſ. Tuchfabrikation.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

C. **Hauptarten (Typen) von Preſſen.** Alle Preſſenkonſtruktionen kann man in eine Anzahl von Klaſſen, die beſtimmten Typen entſprechen, einreihen. Dieſe Typen ſind entweder ohne weiteres oder nach entſprechender Umgeſtaltung einzelner Teile und durch Ausſtattung mit den jeweiligen Werkzeugen und ſonſtigen Vorrichtungen für die verſchiedenen Zwecke und Arbeitsverfahren brauchbar, worüber das Nähere bei den einzelnen Artikeln (ſ. oben) bemerkt iſt.

Die folgende Einteilung der Preſſen iſt auf Grund der zur Kraft- und Bewegungsübertragung verwendeten Mittel getroffen. Als ſolche dienen zunächſt: Hebel, Kniehebel, Kurbel oder Exzenter, unrunde Scheiben (Daumen), Zahnſtange und Rad, Schraubenſpindel und Mutter, durch Druckwaſſer, Dampf oder Druckluft (Preßluft) betätigte Kolben. Dieſe können direkt zur Arbeitsübertragung dienen; häufig aber ſind zwiſchen Preßſtempel und eines dieſer Elemente noch Hebel, Kniehebel oder Keile (einfach, doppelt oder [ſelten] in Kombination) eingeſchaltet. Vielfach wird die Bezeichnung von Preſſen, bei welchen zwiſchen Kurbel oder Exzenter, unrunde Scheibe u. ſ. w. und Preßſtempel die erwähnten Uebertragungselemente eingeſchaltet ſind, in unvollſtändiger Weiſe nur nach den letzteren gewählt; zweckmäßigerweiſe bezeichnet man ſie aber nach beiden oder mehreren Elementen (z. B. Preßluft[kolben]kniehebelpreſſe) und reiht ſie nicht bei den Hebel- u. ſ. w. preſſen, ſondern bei den Kurbel- u. ſ. w. preſſen ein. Mit welchen Mitteln die Drehung der Kurbel-, Exzenter- u. ſ. w. -welle oder die Erzeugung des Druckwaſſers erfolgt, d. h. mit andern Worten, welche Kraftübertragungsmittel auf die angegebenen für die Einteilung weſentlichen Elemente folgen, iſt hierbei nebenſächlich, ſo daß alſo z. B. hydrauliſche Preſſen mit Schraubenſpindeltreibapparat (ſ. unten) den Kolbenpreſſen zuzuzählen ſind.

In einzelnen Fällen kann der Preßſtempel auf ſeinem Arbeitsweg in verſchiedener Weiſe betätigt werden, wenn z. B. auf einem Teil des Wegs keine oder nur geringe Widerſtände zu überwinden ſind. Ein Beiſpiel hierfür ſind gewiſſe Arten von Baumwollballenpreſſen, bei denen die Vorpreſſung mittels durch Dampf betätigter Kolben, die Nachpreſſung durch Waſſerdruck erfolgt [8]. Auch die Rückbewegung des Preßſtempels erfolgt vielfach durch ein andres Mittel, wie z. B. durch das Eigengewicht des Preßſtempels, geſpannte Federn, Gegengewichte, Kolben, worüber unten Beiſpiele gegeben ſind.

a) **Hebelpreſſen.** Hierher gehören nach obigem nur diejenigen Preſſen, bei denen der Preßſtempel unter direkter Belaſtung eines einarmigen, doppelarmigen oder Winkelhebels ſteht und auf den Hebelkraftarm nicht Kurbel, Exzenter, unrunde Scheibe, Schraubenſpindel, Zahnſtange oder Kolben einwirkt, da dieſe Preſſen zweckmäßiger den durch dieſe Elemente gekennzeichneten Preſſen zugerechnet werden. — Auf den Kraftarm der Hebelpreſſen kann ein Druck (mittels Hand oder Fuß, Druckſtangen und als Zahndruck bei Ausbildung des Kraftarms als Zahn-, Schnecken- oder Schaltrad) oder ein Zug (mittels Hand und Arm, Zugſtangen, Seilen oder Ketten) ausgeübt werden.

Beiſpiele von Hebelpreſſen: Handhebelpreſſen finden vorzugsweiſe als Lochmaſchinen (-ſtanzen), ſ. Lochen, Bd. 6, S. 180, Scheren (ſ. d.), Zangen (ſ. d.) Verwendung; Biegemaſchinen, ſ. Bd. 1, S. 782, Fig. 1—5, 7, Fußhebelpreſſe, ſ. Lochen, Bd. 6, S. 179, Fig. 12 und als Pendelpreſſe ebenda Fig. 11; Hebelpreſſe mit Seilzug, ſ. Biegemaſchinen, Bd. 1, S. 784, Fig. 17.

Doppelhebelpreſſen (mit zwei hintereinander geſchalteten Hebeln) finden ſich vorzugsweiſe bei Scheren (ſ. d.) und Zangen (ſ. d.).

b) **Kniehebelpreſſen.** (Ueber die Verwendung des Kniehebels bei den unter d) bis h) aufgeführten Preſſen ſ. d.) Die Verwendung des Kniehebels iſt dann angebracht, wenn der Preßſtempel auf ſeinem Weg zunächſt keinen oder geringeren und nur am Ende desſelben einen beträchtlichen Widerſtand zu überwinden hat. Ein Beiſpiel einer Kniehebelpreſſe iſt bei den Preßformmaſchinen (ſ. d.) angegeben.

c) **Keilpreſſen.** Hierunter verſteht man Preſſen, bei welchen der mit einer Keilfläche verſehene Preßſchlitten mit Hilfe eines Keils verſchoben wird, wobei der Keil mit Hilfe von Hammerſchlägen eingetrieben wird [2], [3]. Betreffs der Verwendung des Keils bei andern Preſſen ſ. unter d) bis h).

d) **Kurbel- und Exzenterpreſſen.** Für den Betrieb von Preſſen kann das gewöhnliche Kurbelgetriebe und die Kurbelſchleife (ſ. Bd. 6, S. 8, Fig. 2 und 3) Verwendung finden. Für kleine Hübe kann an die Stelle des rotierenden Kurbelzapfens das Exzenter treten, das gleichfalls in dieſen beiden und in einer weiteren (ſ. unten) Anordnung verwendet wird; Kurbelpreſſen mit kleinem Hub werden vielfach auch als Exzenterpreſſen bezeichnet. Die Kurbelſchleife wird vorzugsweiſe nur bei Lochmaſchinen (ſ. Lochen) und Scheren (ſ. d.) angewendet, wobei die Gleitbahn für den Gleitſtein (Gleitklotz) innerhalb des zu bewegenden Schlittens angeordnet wird (ſ. Kurbelſchleife, Bd. 6, S. 8, Fig. 2); auch die Schubſtange beim gewöhnlichen Kurbel- bezw. Exzentergetriebe wird (vorzugsweiſe bei Lochmaſchinen [ſ. Lochen] und Scheren [ſ. d.]) in einen Ausſchnitt des Schlittens verlegt, womit ſich eine geringere Bauhöhe der Maſchine ergibt. Im allgemeinen arbeiten die Kurbelpreſſen drückend, d. h. der Preßdruck wird bei der Bewegung des Schlittens von der Kurbelachſe weg ausgeübt. — Die Kurbel- bezw. Exzenterpreſſen mit kleinem Hub und leichtem Schlitten zeichnen ſich durch die Möglichkeit großer Hubzahl (in der Minute) und deshalb hohe Leiſtungsfähigkeit aus. Infolge des genau beſtimmten Hubes ſind ſie für ſolche Preßarbeiten, bei denen bis zur Erreichung des Hubendes unzuläſſig große Preßdrücke auftreten können, ſofern nicht nachgiebige Glieder eingeſchaltet werden, nicht brauchbar. — Die Drehung der Kurbel- bezw. Exzenterwelle kann durch Handhebel, Knarre (ſ. d.) und Handhebel (ſ. unten), Knarre und Kurbelgetriebe (ohne oder mit Ueberſetzung ſ. z. B. Lochen, Bd. 6, S. 180, Fig. 17 und 18), Schwinghebelantrieb (ſ. Lochen, Bd. 6, S. 182, Fig. 26), durch Transmiſſion oder Elektromotor erfolgen. — Exzenterpreſſen, bei denen der auszuübende Druck verhältnismäßig gering iſt, werden vielfach mit veränderlichem Hub

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

gebaut. Das Prinzip der Hubveränderung beſteht hierbei darin, daß auf dem mit der Exzenterwelle feſt verbundenen umlaufenden Zapfen eine exzentriſch ausgebohrte Büchſe aufgeſchoben und mit ihm in feſte Verbindung gebracht wird. Bezeichnet r den Halbmeſſer des Kreiſes, den die Achſe des feſten Zapfens beſchreibt, und e die Exzentrizität der Büchſe, ſo iſt der erreichbare kleinſte Hub $2(r-e)$ und der größte $2(r+e)$. Genügen zwei Hubgrößen, ſo wird die Büchſe mit zwei einander gegenüber liegenden Nuten verſehen und zwecks Hubveränderung auf dem mit Feder und Nut verſehenen feſten Zapfen umgeſteckt; ſind eine größere Anzahl von Hubgrößen notwendig, ſo wird die Verbindung zwiſchen Zapfen und Büchſe durch eine entſprechende Zahl ſeitlich an der Büchſe und an einer mit dem Zapfen in feſter Verbindung ſtehenden Scheibe angebrachter Kupplungszähne hergeſtellt; ſoll die Verſtellung des Hubs beliebig zwiſchen dem kleinſten und größten Hub erfolgen können, ſo verſieht man die Büchſe ſeitlich mit einem zum Zapfen konzentriſchen Schneckenrad, wobei die Verdrehung der Büchſe mit Hilfe einer mit dem Zapfen feſt verbundenen Schnecke erfolgt. Dieſe letztere Anordnung findet man auch bei Kurbeln nach Fig 2—4. — Ueber die Hubveränderung bei Kurbelpreſſen mit großem Kurbelarm vgl. Schmieden, Shapingmaſchinen, Stoßmaſchinen.

Die Kurbel- und Exzenterpreſſen mit Transmiſſions- oder elektriſchem Antrieb kommen in ſehr verſchiedenen Anordnungen vor, von denen die wichtigſten folgende ſind:

Einarmige Exzenterpreſſe (Fig. 1, L. Schuler in Göppingen). Dieſe Preſſen werden auch mit ausrückbarer Räderüberſetzung, um mit oder ohne Ueberſetzung arbeiten zu können, und für leichtere Arbeiten ohne Ueberſetzung gebaut. Der Körper wird in der Höhe des Tiſches auch mit einer Durchbrechung verſehen, um das zu verarbeitende Material eventuell von rückwärts zuführen zu können.

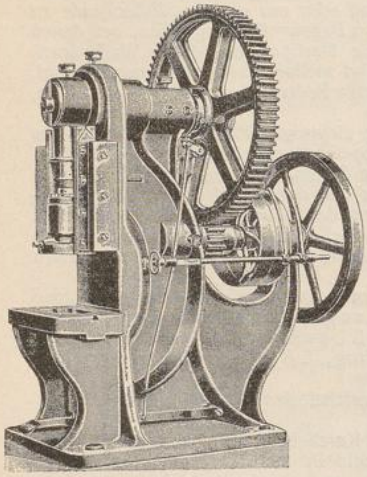


Fig. 1.

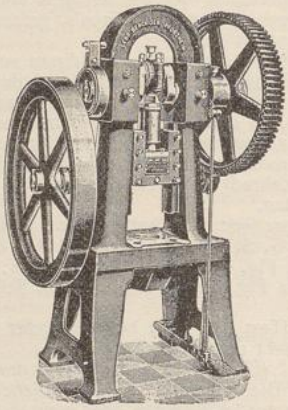


Fig. 3.

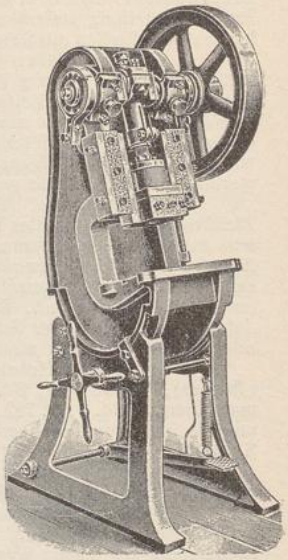


Fig. 2.

Doppelarmige (oder doppellagerige) Exzenterpreſſen (Fig. 2 mit ausladendem Geſtell, Fr. Mönkemöller & Co. in Bonn-Dottendorf). Dieſe Preſſen werden mit feſtſtehendem ſenkrechtem oder ſchrägem oder wie in Fig. 2 ſchräg einſtellbarem Geſtell gebaut. Fig. 3 mit torartigem Geſtell (geſchloſſene Kurbelpreſſe, Gebr. Benckiſer in Pforzheim).

Für breitere Schlitten ordnet man zwei Exzenter bezw. Kurbeln an, wobei die Kurbelwelle unter Umſtänden noch durch ein Lager in der Mitte unterſtützt wird, vgl. Fig. 4 (doppelſtänderige Doppelexzenterpreſſe, Fr. Mönkemöller & Co. in Bonn-Dottendorf).

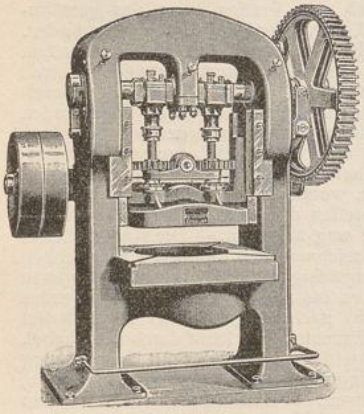


Fig. 4.

Dieſe Exzenter- bezw. Kurbelpreſſen werden je nach Bedarf in folgenden Anordnungen ausgeführt: ohne oder — bei ſtark wechſelndem Widerſtand, welchen der Preßſtempel zu überwinden hat — mit Schwungrad; ohne oder mit Räderüberſetzung; ohne oder mit ſelbſttätiger Auslöſung nach jedem Hub. Ueber die hierbei angewendeten Anordnungen von Kupplungen und Bremſen ſ. Kupplungen, Bd. 5, S. 796, Fig. 20, und [4]—[7].

Um die Kurbel- oder Exzenterpreſſen Werkzeugen und Arbeitsſtücken von verſchiedener Höhe anpaſſen und die Werkzeuge genau einſtellen zu können, werden u. a. folgende Mittel angewendet: mehrteilige, durch Verſchrauben zu verkürzende oder zu verlängernde Pleuelſtange [4], [6]; der Exzenterbügel wird mit einer exzentriſch ausgebohrten Büchſe verſehen, die verdreht und innerhalb des Exzenterbügels feſtgeklemmt werden kann [2], [4] u. a.;

ferner wird der Tiſch am Geſtell verſchiebbar angeordnet, vgl. Fig. 11. — Um die Ueberſchreitung eines beſtimmten Höchſtdruckes unmöglich zu machen, verſieht man die Exzenter- und Kurbelpreſſen bisweilen mit ſelbſttätigen Druckreglern, die im Stößel oder im Tiſch angeordnet werden. Ein Beiſpiel eines derartigen Druckreglers iſt in Fig. 5 und 6 (Wittlinger & Co. in Zuffenhauſen-Stuttgart) gegeben. Er iſt im Stößel oder auch im Tiſch angeordnet und beſteht aus den beiden beweglichen Gelenkteilen *a* und *b*, Federſtange *c*, Feder *d*, Kugelpfanne *e* und Druckplatte *f*. Bei Ueberſchreitung des durch die Feder einſtellbaren Höchſtdrucks ſchwingen die Gelenkteile *a* und *b* um den Stahlbolzen der Kugelpfanne *e* und im Sattel der Druckplatte *f*. — Ein Druckregler mit Keil und Feder iſt von Wilzin (D.R.P.) angegeben und wird von der Firma Bliß & Co. in Brooklyn an ihren Preſſen angewendet.

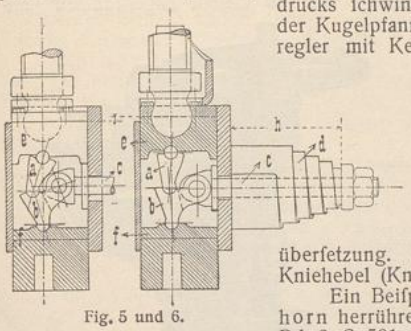


Fig. 5 und 6.

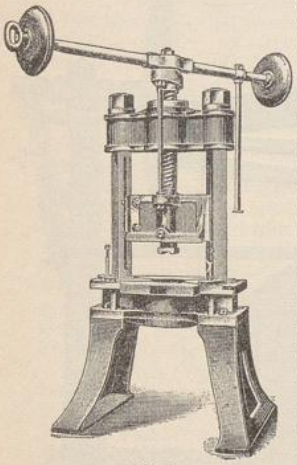
Exzenter- und Kurbelpreſſen mit Hebeln und Kniehebeln. Die Einſchaltung eines Hebels zwiſchen Exzenter- bezw. Kurbelſchubſtange wird entweder nur zu dem Zweck gewählt, den Antrieb unten an das Geſtell der Maſchine zu legen (in gleicher Weiſe wie bei den Kurbelhämmern, ſ. Bd. 6, S. 5, Fig. 3) oder zum Zweck der Kraftüberſetzung. Zu letzterem Zweck wird insbeſondere auch der Kniehebel (Kniegelenk) verwendet.

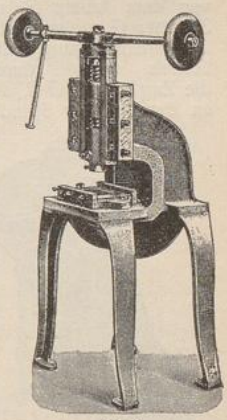
Ein Beiſpiel einer Kurbelkniehebelpreſſe iſt die von Uhlhorn herrührende Prägepreſſe; ſ. Münze, Münzenherſtellung, Bd. 6, S. 531, Fig. 8—11.

e) **Preſſen mit Betrieb durch unrunde Scheiben (Daumenpreſſen).** Die Verwendung unrunder Scheiben hat den Vorteil, daß man die Bewegung des Preßſchlittens durch entſprechende Geſtaltung der Scheibe in beliebiger Weiſe regeln und ihn nach Bedarf auch einige Zeit ganz ſtillſtehen laſſen kann. Beſitzt die unrunde Scheibe die Form eines Exzenters, ſo unterſcheiden ſich die hierhergehörigen Preſſen von den obenerwähnten Exzenterpreſſen durch das Fehlen des Exzenterbügels bezw. Gleitſteins. — Zur Verminderung der Reibung bringt man in der Regel an dem Preßſchlitten eine Rolle an, die auf der Scheibe gleitet. Derartige Scheiben zur direkten Bewegung von Preßſchlitten, werden z. B. bei Ziehpreſſen (ſ. Ziehen) zur Bewegung des Blechhalterſchlittens angewendet.

Beſonders häufig findet man bei dieſen Preſſen Hebel und Kniehebel zur Kraftübertragung angewendet, ſo z. B. bei Schmiedemaſchinen (ſ. Schmieden), Lochmaſchinen (ſ. Lochen, Bd. 6, S. 181, Fig. 22), Scheren (ſ. d.). Man zieht dieſe Anordnung bei großen Widerſtänden dem direkten Antrieb durch Kurbel oder Exzenter vor, weil bei letzteren infolge der in der Regel nicht zu vermeidenden hohen ſpezifiſchen Preſſung zwiſchen Exzenter bezw. Kurbelzapfen und der zugehörigen Bügel, Lager oder Gleitſteine raſche Abnutzung ſich zeigt, während bei jenen wegen der Hebelüberſetzung ſich günſtigere Verhältniſſe erzielen laſſen.

f) **Spindelpreſſen** (Schraubenpreſſen). Schraubenſpindel und Mutter eignen ſich für Preſſen wegen der Einfachheit der Preſſenanordnungen und der Erzielung ſtarken Preßdrucks infolge hoher Ueberſetzung beſonders gut. — Sollen die Spindelpreſſen einen nur kurz andauernden und während eines kleinen Weges des Preßſtempels wirkſamen hohen Preßdruck ausüben, ſo verſieht man ſie mit Schwungmaſſen, die man vor Beginn der Preſſung in raſche Umdrehung verſetzt, ſo daß ſie einen entſprechenden Betrag lebendiger Kraft in ſich aufnehmen, die beim Auftreffen des Preßſtempels auf das Arbeitsſtück infolge der ſtarken Geſchwindigkeitsverminderung auf kurzem Weg als hoher Preßdruck zur Wirkung kommt und beträchtliche Widerſtände trotz des kleinen zur Beſchleunigung der Schwungmaſſen verwendeten Drehmoments zu überwinden geſtattet. Tritt dagegen der Preßdruck während eines längeren Weges des Preßſchlittens auf, ſo kann von dieſem Vorteil der Schwungmaſſen kein Gebrauch gemacht werden, und es muß ein entſprechend großes Drehmoment zur Ueberwindung des Widerſtands beim Preſſen zur Verfügung ſtehen. — Für Preſſen, mit denen ein länger andauernder Preßdruck aufrechterhalten werden muß, iſt die Steigung der Schraubenſpindel ſo gering zu wählen, daß Selbſtſperrung eintritt.


Fig. 8.


Fig. 7.

Die Spindelpreſſen werden mit feſter Mutter im Geſtell (Fig. 7—12) oder im Schlitten (Fig. 13) ausgeführt. Bei Handſpindelpreſſen mit geringer Steigung für langandauernden Preßdruck (wie z. B. bei Obſt- Frucht-, Filter-, Furnierpreſſen, ſ. Bd. 4, S. 214, Fig. 1 und 2) wird die Spindel durch Handrad, Handhebel und Knarre mit Hebel gedreht. — Handſpindelpreſſen mit Schwunggewichten an den Hebelarmen (auch als Balanciers, Balancierpreſſen bezeichnet) ſind in Fig. 7—9 dargeſtellt. Fig. 7 zeigt eine einarmige Handſpindelpreſſe (L. Schuler in

Göppingen) mit durchbrochenem Körper, die im Gegenſatz zu Preſſen mit geſchloſſenem Körper das Durchſchieben des Materials auch durch die Körperöffnung geſtatten. Fig. 8 (L. Schuler in Göppingen) und Fig. 9 (Deutſche Waffen- und Munitionsfabriken, Karlsruhe) Handſpindelpreſſen mit torartigem (geſchloſſenem) Geſtell: Fig. 8 gewöhnlich als Säulenpreſſe, Fig. 9 als doppelarmige Spindelpreſſe (Senkwerk) bezeichnet. Zu den Preſſen mit feſter Mutter im Geſtell gehört ferner die Spindelpreſſe Fig. 10 (L. Schuler in Göppingen). Die mit dem Stößel verbundene längsgenutete Spindel *A* wird durch das mit einer Feder (Keil) verſehene Kegelrad *B* gedreht, wobei ſie ſich gleichzeitig infolge der im Geſtell angeordneten (ein-

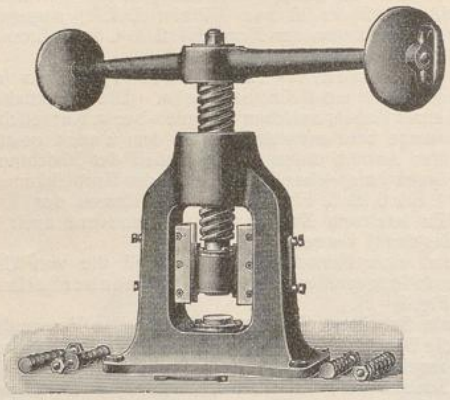


Fig. 9.

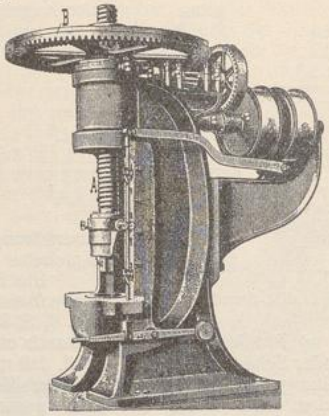


Fig. 10.

geſchnittenen) Mutter in der Richtung ihrer Achſe verſchiebt. Der Antrieb erfolgt mittels Reibungskupplung durch offenen und gekreuzten Riemen. Mit Hilfe verſtellbarer Anſchläge kann die Bewegung des Stößels beim Auf- und Niedergang in jeder beliebigen Lage begrenzt werden.

Von beſonderer Wichtigkeit ſind die hierhergehörigen Friktionsſpindelpreſſen (Fig. 11 und 12, L. Schuler in Göppingen), die mit einarmigem (Fig. 11) und torartigem (Fig. 12) Geſtell ausgeführt werden. Bei letzterem beſteht das Geſtell in der Regel aus einem Gußſtück, nur bei Preſſen mit großer Oeffnung wird die Preſſe als Säulenpreſſe (mit zwei oder vier Säulen) ausgeführt. Das Gewinde wird in der Regel direkt in den Gußkörper eingeſchnitten. An dem oberen Ende der Spindel ſitzt die als Schwungrad ausgebildete Friktionsſcheibe *A* (Fig. 12), die ihre Bewegung bei der Abwärtsbewegung von der einen der beiden auf der mittels Hebel *D* ververſchiebbaren Welle *B* ſitzenden Friktionsſcheiben *C C* erhält. Die Verſchiebung der Friktionsſcheiben kann von Hand oder automatiſch mit Hilfe der beiden verſtellbaren Anſchläge *E E* von dem Anſatz *F* am Schlitten *G* erfolgen. Die Aufwärtsbewegung des Stößels erfolgt durch die Zugſtangen *G G*, die an der auf der Spindel

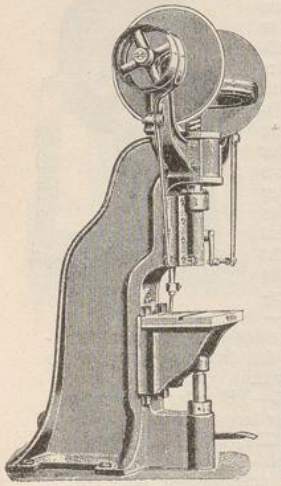


Fig. 11.

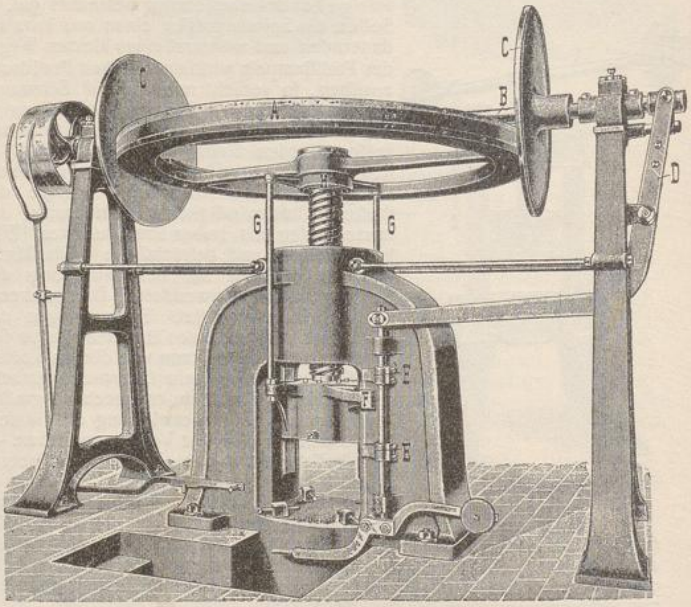


Fig. 12.

ſitzenden Traverſe *H* aufgehängt ſind. — Eine rechneriſche Verfolgung der Vorgänge beim Betrieb einer Friktionspreſſe iſt in [2] enthalten. — Um die Ueberſchreitung eines beſtimmten Drucks unmöglich zu machen, wird nach D.R.P. Nr. 195367 die Schwungmaſſe des Schwungrads an ſeinem Kranz ſo befeſtigt, daß ſie gegenüber dieſem gleiten kann.

Die Friktionsſpindelpreſſen Syſtem Vincent, Fig. 13 (Collet & Engelhard in Offenbach a. M.) beſitzen eine feſtgelagerte, durch Kegelfriktionsräder gedrehte Spindel *A*, welche die im Stößel *B* feſte Mutter *C* auf und ab bewegt. Die verſchiebbaren koniſchen Friktionsſcheiben *D* und *E* werden jeweils gegen die auf der Spindel *A* ſitzende Scheibe *F* angepreßt.

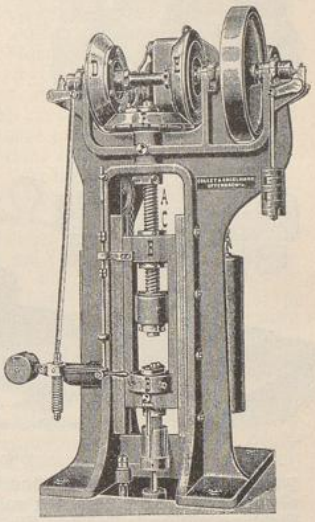


Fig. 13.

Spindelpreſſen mit Hebel und Kniehebel. Beiſpiele hierfür finden ſich im Art. Lochen (Bd. 6, S. 180, Fig. 13), Nieten (Bd. 6, S. 621, Fig. 27).

Ueber hydrauliſche Drucküberſetzer (Treibapparate) mit Schraubenſpindeln ſ. S. 217.

g) **Zahnſtangenpreſſen.** Zahnſtangen in feſter Verbindung mit dem Preßſchlitten werden im allgemeinen ſelten verwendet. Ein Beiſpiel hierfür zeigt die Hebeldorneintreibpreſſe (Fig. 14, A. H. Schütte in Cöln a. Rh.), die dazu dient, in die Naben von abzudrehenden Arbeitsſtücken Drehdorne ein- und auszutreiben. Das Arbeitsſtück wird auf die drehbare, mit Einſchnitten für verſchiedene Dorndurchmeſſer verſehene Scheibe geſetzt und der Dorn mit dem durch langen Druckhebel und Zahnſtangengetriebe bewegten Preßſtempel ein- oder ausgetrieben. Bei größeren Dorneintreibpreſſen dieſer Firma wird das Zahnrad durch eine Knarre (ſ. d.) gedreht, deren Schaltzahn ſich in der oberen Ruheſtellung ſelbſt auslöſt, ſo daß man den Preßſtempel mit einem Handrad, das auf der Zahnradwelle ſitzt, ſchnell heben und ſenken kann.

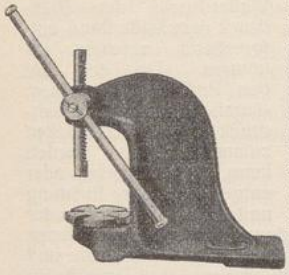


Fig. 14.

Für Arbeitsſtücke ſehr verſchiedener Höhe kann auch der Tiſch verſtellbar eingerichtet werden. — Eine weitere Zahnſtangenpreſſe ſ. Bd. 3, S. 360, Fig. 26 und 26a.

h) **Kolbenpreſſen.** Die folgenden Preſſen weiſen als kennzeichnendes Merkmal Zylinder und Kolben auf. In der Regel iſt der Zylinder am Geſtell der Preſſe befeſtigt und der verſchiebbare Kolben der Preſſe (Arbeitskolben) übt direkt oder unter Zwiſchenſchaltung von Elementen, wie Hebel, Keil, den Preßdruck aus (ſeltener iſt der Kolben feſt und der Zylinder verſchiebbar). Hinter dem Kolben der Preſſe wirkt als Treibmittel Dampf, Preßluft (Druckluft) oder Druckwaſſer.

1. Preſſen mit Dampf- und Preßluftbetrieb. Im nachfolgenden ſind nur diejenigen Preſſen behandelt, bei denen auf den Arbeitskolben Dampf bezw. Preßluft (von 5—8 Atmoſphären Preſſung, vgl. a. Preßluft und Kraftübertragung, pneumatiſche, Bd. 5, S. 660) wirkt. Betreffs derjenigen Preſſen, bei denen hinter dem Arbeitskolben Druckwaſſer wirkt, das von einem Dampf- oder Preßlufttreibapparat geliefert wird, ſ. unten S. 216.

α) Direkt wirkende Dampf- oder Druckluftpreſſen werden wegen des hohen Dampf- bezw. Preßluftverbrauchs und der oft unbequem großen Zylinderabmeſſungen ſelten angewendet, Beiſpiel ſ. Nieten, Bd. 6, S. 621, Fig. 26. Um eine Anpaſſung des Preßdrucks dem Widerſtand entſprechend vornehmen zu können, ſchaltet man mehrere Zylinder hintereinander, verbindet die Kolben durch Kolbenſtangen und läßt je nach Bedarf Dampf bezw. Preßluft in einen oder mehrere Zylinder eintreten [1].

β) Indirekt wirkende Dampf- oder Druckluftpreſſen. Der Dampf- oder Druckluftkolben wirkt in der Regel auf einen Kniehebel oder einen Rollenkamm. Dieſe Preſſen dienen für ſolche Zwecke, bei denen ein größerer Weg des Preßſtempels unter gar keinem oder geringem Widerſtand zurückzulegen iſt und nur ein kräftiger Enddruck erforderlich iſt. Infolge der eingeſchalteten Ueberſetzung wird der Kolbendurchmeſſer gegenüber den direkt wirkenden Preſſen kleiner und deshalb der Dampf- bezw. Preßluftverbrauch ein geringerer. Beiſpiele ſ. Nieten, Bd. 6, S. 620, Fig. 22—24, Druckluftwerkzeuge, Bd. 3, S. 128, Fig. 1—3.

Zwecks Erſparung von Dampf oder Preßluft kann der für die Preſſung gebrauchte Dampf zum Rückbewegen des Preßſtempels verwendet werden; vgl. Druckluftwerkzeuge, Bd. 3, S. 128, Fig. 2, und Nieten, Bd. 6, S. 620 und 621.

2. Preſſen mit Druckwaſſerbetrieb (hydrauliſche Preſſen). Eine hydrauliſche Preßeinrichtung beſteht aus *α*) der eigentlichen Preſſe, *β*) den zur Betätigung der Preſſe dienenden Einrichtungen (vgl. Fig. 15—24).

Zu *α*). Eine (direkt wirkende) hydrauliſche Preſſe (vgl. Fig. 15) baut ſich aus Preßzylinder ſamt Kolben, Widerlager (Kopfſtück, Kapitäl) und dem den Preßzylinder und das Widerlager verbindenden Geſtellteil, in der Regel aus (zwei bis vier) Zugſtangen (Säulen) beſtehend, auf. — Der Preßzylinder iſt mit Augen zur Aufnahme der Zugſtangen verſehen oder häufig als beſonderer Teil in dem Preßhaupt (Brille) eingeſetzt, ſ. a. Preßzylinder. — Konſtruktive Rückſichten erfordern bisweilen an Stelle eines einzigen die Anordnung von zwei oder drei Preßzylindern, die auf einen gemeinſamen Preßbalken (Sattel) wirken, z. B. bei großen

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Schmiedepreſſen, ſ. Schmieden, bei Schwellenpreſſen, ſ. Schwellenherſtellung u. a. Zwei und mehr in der Regel unabhängig voneinander zu betätigende Zylinder ſind ferner bei Spezialpreſſen angeordnet, wie z. B. bei den Kümpelpreſſen, ſ. Kümpeln, Bd. 5, S. 733, Fig. 1, 2, 5—7, bei Nietmaſchinen mit Blechſchlußvorrichtung, ſ. Nieten, Bd. 6, S. 619, Fig. 19—21, bei Ziehpreſſen, ſ. Ziehen. Beiſpiele indirekt wirkender hydrauliſcher Preſſen ſ. Nieten, Bd. 6, S. 618, Fig. 16 und 17, Plattenbiegemaſchinen, S. 153, Fig. 2, und Scheren.

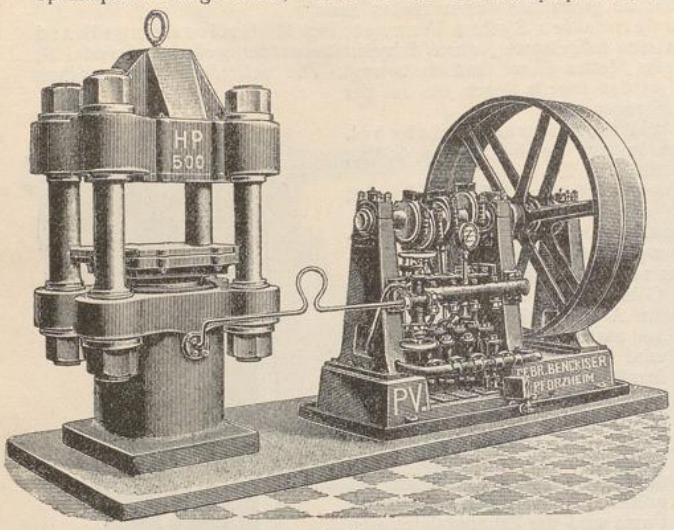


Fig. 15.

Beſonders zu berückſichtigen ſind die Zylinder- und Kolbenanordnungen, welche den Zweck haben, bei gegebener Größe des Waſſerdrucks den Preßdruck dem Widerſtand entſprechend anpaſſen zu können. Da der auf den Preßſtempel (-balken, -ſattel) wirkſame Geſamtdruck aus Einzeldrücken zuſammengeſetzt werden kann, die in gleicher oder entgegengeſetzter Richtung und in derſelben Achſe oder parallel zueinander wirken können, ſo ſind eine ganze Reihe von Anordnungen möglich, von denen als bei hydrauliſchen Preſſen vorzugsweiſe angewendet zu erwähnen ſind: in gleicher Achſe und Richtung wirkende Drücke (Fig. 16 und 17) mit drei Druckflächen entſprechend drei Druckſtufen $P_1 = \frac{1}{4}\pi d^2 p$, $P_2 = \frac{1}{4}\pi (D^2 - d^2) p$ und $P_3 = \frac{1}{4}\pi D^2 p$ kg (p Waſſerdruck in Kilogramm/Quadratzentimetern, d und D in Zentimetern) in gleicher Achſe und entgegengeſetzter Richtung wirkende Einzeldrücke (Fig. 18). Eine weitere hierhergehörige Anordnung ſ. Nieten, Bd. 6, S. 618, Fig. 18. Durch Preſſen, die zwei für ſich zu betätigende Preßſtempel beſitzen, kann vielfach eine Abſtufung des Preßdrucks erfolgen, ſ. z. B. Nieten, Bd. 6, S. 619, Fig. 19. Anordnungen von Preßzylindern und Kolben, die eine größere Anzahl in gleicher oder entgegengeſetzter Richtung wirkende Einzeldrücke ergeben und ſomit eine größere Anzahl von Abſtufungen des Geſamtdrucks zulaſſen ſ. [1]. Fig. 19 zeigt eine Anordnung mit drei gleichen Zylindern, die auf einen gemeinſamen Preßbalken wirken, der, je nachdem man Druckwaſſer in den mittleren, die beiden äußeren oder in alle drei Zylinder eintreten läßt, drei Druckſtufen $P_1 = \frac{1}{4}\pi d^2 p$; $P_2 = 2 \cdot \frac{1}{4}\pi d^2 p$; $P_3 = 3 \cdot \frac{1}{4}\pi d^2 p$ ergibt. Ueber die Aenderung des Preßdrucks durch Aenderung des Waſſerdrucks ſ. unten S. 215 und 216.

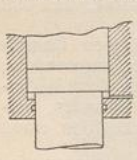


Fig. 20.

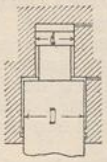


Fig. 16.

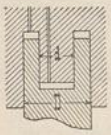


Fig. 17.

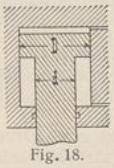


Fig. 18.

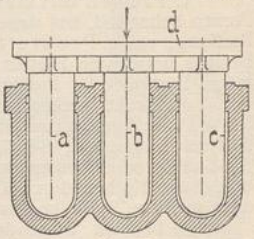


Fig. 19.

Rückführen des Preßſtempels. Sofern nicht der Preßſtempel ſamt zugehörigen Teilen durch das Eigengewicht zurückſinkt, ſind beſondere Einrichtungen notwendig, um den Preßſtempel zurückzuführen. Hierfür werden bei hydrauliſchen Preſſen verwendet:

1. Gegengewichte, die beim Arbeitshub der Preſſe gehoben werden und beim Ablaſſen des Druckwaſſers den Preßſtempel zurückdrücken. Bei kleinen Preſſen verwendet man bisweilen Federn, die beim Arbeitshub der Preſſe geſpannt werden.

2. Rückzugsflächen am Preßkolben (Fig. 20). Durch Eintretenlaſſen von Druckwaſſer in den ringförmigen Raum findet der Rückzug des Preßſtempels ſtatt. Um die Steuerung zu vereinfachen, läßt man die Rückzugsfläche durch Verbindung mit einem Akkumulator oder mit einem Windkeſſel ſtetig unter Waſſerdruck. Da es ſich für die Rückführung des Preßſtempels um geringe Kräfte handelt, ſo verwendet man bisweilen einen kleinen, ſchwach belaſteten Akkumulator, deſſen Belaſtungsgewicht beim Arbeitshub der Preſſe infolge des Zurückdrängens des Waſſers gehoben wird, während es beim Ablaſſen des beim Preſſen gebrauchten Waſſers den Preßſtempel ohne weiteres zurückführt. — Bei Anordnung eines Windkeſſels, der mit dem Preßzylinder in Verbindung ſteht, wird die Spannung darin enthaltener Luft beim Arbeitshub der Preſſe infolge der Volumverminderung erhöht; beim Ablaſſen des Preßwaſſers treibt die geſpannte Luft den Preßſtempel zurück.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

3. Rückzugszylinder- und -kolben, die am Geſtell der Preſſe befeſtigt ſind und direkt oder durch Zug- oder Druckſtangen u. ſ. w. den Preßſtempel zurückführen. Wirkt in den Rückzugszylindern Druckwaſſer, ſo gilt das gleiche wie bei den Rückzugsflächen bemerkt. Sehr häufig wird aber auch Dampf (ſeltener Preßluft) zur Betätigung der Rückzugszylinder- und -kolben angewendet. — Bei hydrauliſchen Preſſen mit Treibapparaten (ſ. unten S. 216) kann auch der Verdrängerkolben den Rückzug des Preßſtempels beſorgen, vgl. [1].

Beſonderheiten der hydrauliſchen Preſſen. Um eine Preſſe der wechſelnden Größe (Höhe) der Werkzeuge und Arbeitsſtücke durch Veränderung der Entfernung zwiſchen Widerlager und Preßſtempel anzupaſſen, findet man folgende Anordnungen: 1. Am Preßſtempel oder am Widerlager werden zur Ausgleichung Zwiſchenſtücke entſprechender Dicke befeſtigt oder durch Schrauben verſtellbare Preßplatten angebracht. 2. Widerlager oder (ſeltener) Preßzylinder werden einander durch Verſchieben auf den Zugſtangen (Säulen) genähert oder voneinander entfernt. Um dieſe Verſtellung leicht vornehmen zu können, werden Schraubenſpindeln und (Druckwaſſer-)Hebezylinder angewendet. Beiſpiele hierfür bei Schmiedepreſſen ſ. Schmieden, bei Ziehpreſſen ſ. Ziehen u. a. — Ausſchwenkbare und ausfahrbare Widerlager finden ſich bei Preßformmaſchinen (ſ. d.), Preſſen mit leicht abnehmbarem Widerlager, durchbrochenem Widerlager, mit Widerlager als Füllzylinder ſ. Rohrherſtellung, Strangpreſſen und Teigpreſſen, Preſſen mit drehbarem Tiſch ſ. Steinpreſſen und Preßformmaſchinen.

Zu *β*). Das zur Betätigung der Preſſen notwendige Druckwaſſer kann in den Preßzylinder entweder 1. durch Preßpumpen direkt (Fig. 15) oder 2. von einem oder mehreren durch Preßpumpen geſpeiſten Druckwaſſerakkumulatoren (Fig. 21, ſ. unten) oder 3. von einem Dampf- (ſeltener Preßluft- oder Druckwaſſer-)treibapparat (Drucküberſetzer, Fig. 22, ſ. unten), 4. von einem Schraubenſpindel- oder Zahnſtangentreibapparat (ſ. unten) geliefert werden. Bei der Bewegung des Preßſtempels iſt zwiſchen dem Heranbewegen des Preßſtempels (Zuſammenſchieben, Füllen der Preſſe) und der eigentlichen Preſſung zu unterſcheiden. Um jenes mit möglichſter Raſchheit und geringſtem Arbeitsverluſt zu vollziehen, werden beſondere Einrichtungen getroffen.

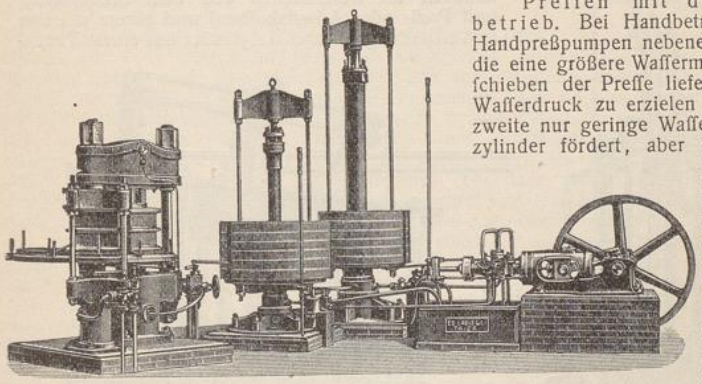


Fig. 21.

Preſſen mit direktem Pumpenbetrieb. Bei Handbetrieb ordnet man zwei Handpreßpumpen nebeneinander an, von denen die eine größere Waſſermengen zum Zuſammenſchieben der Preſſe liefert, aber nur geringen Waſſerdruck zu erzielen geſtattet, während die zweite nur geringe Waſſermengen in den Preßzylinder fördert, aber einen großen Widerſtand zu überwinden geſtattet. Preßpumpen mit motoriſchem Antrieb erhalten eine Anzahl (bis zu acht) Pumpenzylinder; dieſe beſitzen entweder alle gleichen oder verſchieden großen Durchmeſſer und befinden ſich gleichzeitig während der Füllung einer bezw. mehrerer Preſſen im Betrieb, während ſie mit wachſendem Widerſtand nacheinander, und zwar zunächſt der größte, ſelbſttätig ausgeſchaltet werden. Beim Betrieb einer größeren Anzahl von Preſſen findet man auch die Anordnung, daß die Preßpumpe zum Füllen zwei oder mehr Zylinder mit großem Durchmeſſer beſitzt und daß dieſe eine allen Preſſen gemeinſame Niederdruckleitung ſpeiſen. — In die Leitungen zwiſchen Preßpumpe und Preſſen ſind Preßſtöcke eingebaut, welche die zur Steuerung notwendigen Steuerorgane enthalten; bei Handpreßpumpen iſt eine Preßſchraube zum Ablaſſen des Waſſers aus dem Zylinder angeordnet.

Bei den Preſſen mit Akkumulatorbetrieb (Fig. 21, hydrauliſche Preſſe mit zwei Akkumulatoren für niedrigeren und höheren Waſſerdruck) iſt zwiſchen die Preßpumpe und eine oder mehrere Preſſen ein Akkumulator (Druckwaſſerſpeicher) und in die Zuleitung zu den Preſſen eine Steuerung (Sperrſtock) eingeſchaltet. Der Akkumulator beſteht aus einem ſenkrecht ſtehenden, oben offenen Zylinder, in dem ein unter äußerer Belaſtung ſtehender Tauchkolben durch das von der Pumpe gelieferte Druckwaſſer gehoben wird; öffnet man den Zufluß nach der Preſſe, ſo wird durch den belaſteten Tauchkolben des Akkumulators das in ihm enthaltene Waſſer nach der Preſſe gedrückt und dieſe betätigt. Der Akkumulatorbetrieb hat den Vorteil, daß dem Akkumulator größere Druckwaſſermengen entnommen werden können, ſo daß raſches Preſſen trotz kleinerer Preßpumpe, welche das Druckwaſſer des Akkumulators während der Betriebspauſen ergänzen kann, ermöglicht wird. — An Stelle der obenangegebenen Anordnung eines Akkumulators findet man auch einen feſtſtehenden Kolben, über den ſich ein belaſteter Zylinder verſchiebt; dieſer Kolben kann auch als Differentialkolben ausgebildet ſein, ſo daß der Zylinder mit einer unteren und oberen Stopfbüchſe an dem auch oben befeſtigten Kolben gut geführt iſt.

Die äußere Belaſtung des Akkumulators kann mit feſten Maſſen (Gewichtsakkumulatoren) erfolgen. Dieſe hängen entweder als gußeiſerne Ringe an Tragſtangen oder als Mauerwerk auf einer Unterlage, welche an dem beweglichen Kolben (bezw. Zylinder) des Akkumulators befeſtigt

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

iſt oder liegen als loſe Maſſen, wie Roheiſenmaſſeln, Eiſenabfälle, Drehſpäne, Steine, Schlacken, Erde u. dergl., in einem an dem Kolben (bezw. Zylinder) angehängten Behälter, der ferner auch mit Waſſer gefüllt als Belaſtungsgewicht und als Reſervoir dient. Zu achten iſt bei allen Anordnungen auf eine gute Zugänglichkeit der Stopfbüchſen.

Die Gewichtsakkumulatoren werden auch, um eine Abſtufung des Waſſerdrucks zu erzielen, mit an- und abhängbaren Gewichten (ſ. Nieten, Bd. 6, S. 616, Fig. 8) ausgeſtattet; ſolche Akkumulatoren werden in den Fällen verwendet, wo längere Zeit hindurch ein höherer oder niedrigerer Druck notwendig iſt, wie z. B. bei Nietmaſchinen. — Eine andre, bequemere Regelung des Waſſerdrucks läßt ſich durch Anwendung mehrerer, z. B. dreier Zylinder an einem Akkumulator bewirken. Iſt das Belaſtungsgewicht durch die drei Kolben gehoben, ſo wird das Waſſer in den drei Zylindern unter einem vom Gewicht der auf ihnen ruhenden Maſſen und der Summe der drei Kolbenflächen abhängigen Druck ſtehen; ſetzt man den inneren oder die beiden äußeren der drei Zylinder in Verbindung mit der Abflußleitung, ſo ſteht das Waſſer — der kleineren Kolbenfläche entſprechend — unter höheren Drücken. Dasſelbe ergibt ſich bei einer der Fig. 17 entſprechenden Zylinderkonſtruktion des Akkumulators von Heinrich [1].

Bei großen Maſſen und größerer Geſchwindigkeit des ſinkenden Akkumulatorgewichts können beim plötzlichen Abſperren der Zuleitung zur Preſſe ſehr heftige Stöße entſtehen, welche die Leitungen gefährden können. Weſentlich geringere Maſſen — und deshalb ohne die angegebenen Nachteile — weiſen die Dampf- und Luftdruckakkumulatoren auf. Ihr Weſen beſteht darin, daß der bewegliche, auf dem Druckwaſſer ruhende Kolben des Akkumulators einen zweiten Kolben von größerem Durchmeſſer trägt, der ſich in einem mit dem Druckwaſſerzylinder verbundenen Zylinder bewegt und unter Dampfdruck durch Verbindung mit einem Dampfkeſſel bezw. dem Druck der eingeſchloſſenen zuſammengepreßten Luft (oder Kohlenſäure) ſteht. Weiteres über die Luftdruckakkummulatoren ſ. Bd. 6, S. 245 mit Figur.

Die Preſſen mit Treibapparaten (Fig. 22, Breuer, Schumacher & Co. in Kalk bei Cöln) beſtehen im weſentlichen aus dem Preßzylinder (mit Preß- oder Arbeitskolben) und einem mit ihm in Verbindung ſtehenden Zylinder mit einem Tauch-

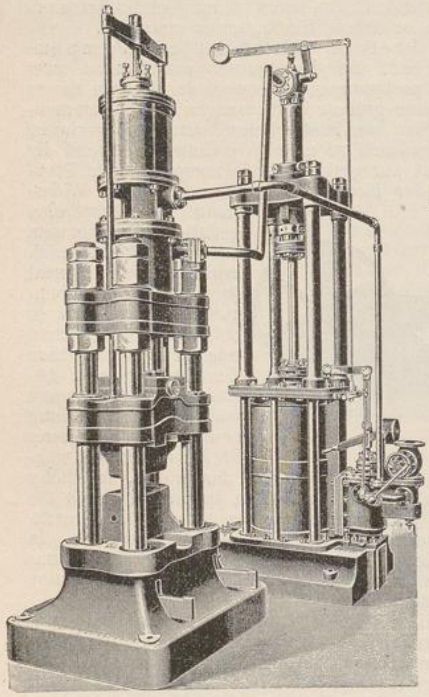


Fig. 22.

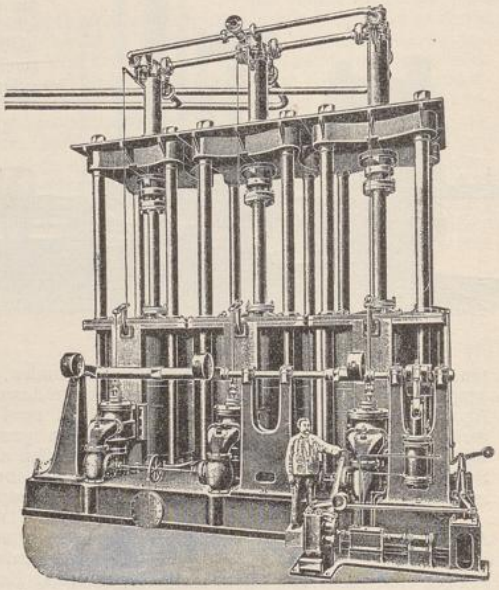


Fig. 23.

kolben (Verdrängerkolben), wobei alle Räume mit Waſſer ausgefüllt ſind. Beim Hineindrücken des Tauchkolbens in ſeinen Zylinder treibt das verdrängte Waſſer den Preßkolben aus ſeinem Zylinder heraus. Der Waſſerdruck ſteht in direktem Verhältnis zur Größe der auf den Verdrängerkolben wirkenden Kraft und in umgekehrtem Verhältnis zu ſeiner Kolbenfläche.

Die Bewegung und Belaſtung des Verdrängerkolbens erfolgt bei den Dampf-, Preßluft- oder Druckwaſſertreibapparaten durch Verbinden des Verdrängerkolbens und ſeines Zylinders mit einem Dampf- u. ſ. w. treibkolben und zugehörigem Zylinder. Da die Kolbenfläche des Treibkolbens gegenüber derjenigen des Verdrängerkolbens weſentlich größer iſt, alſo eine Ueberſetzung des Dampfdrucks in Waſſerdruck in umgekehrtem Verhältnis der Kolbenflächen ſtattfindet, ſo bezeichnet man dieſe Treibapparate auch als Drucküberſetzer (Multiplikatoren). Bei Dampf als Treibmittel bezeichnet man ſie auch als dampfhydrauliſche

Treibapparate (Drucküberſetzer), bei Preßluft als hydropneumatiſche. Die Treibapparate ſind entweder ſeitwärts von der zugehörigen Preſſe aufgeſtellt und mit ihr durch eine (bisweilen für Hebezeuge ſtörende) Rohrleitung verbunden oder auf bezw. an der Preſſe ſelbſt angebracht. Beiſpiele bei Schmiedepreſſen ſ. Schmieden, bei Nietmaſchinen ſ. Nieten, Bd. 6, S. 621, Fig. 25 (hydropneumatiſche Nietmaſchine), bei Blockſcheren ſ. Scheren u. a. — Ein großer Vorteil dieſer Treibapparate beſteht darin, daß im hochgeſpannten Druckwaſſer keine Steuerungsorgane vorhanden ſind, die ſchwer zu bewegen und raſchem Verſchleiß ausgeſetzt ſind. Genügt ein einzelner Hub des Treibapparats nicht, ſo ſind beim Zurückgehen des Verdrängerkolbens die Druckwaſſerräume aus einem (Hoch-) Behälter oder zwecks raſcheren Zufluſſes aus einem Niederdruckakkumulator oder Hilfstreibapparat, der bei kleinem Inhalt mit einem Waſſerbehälter zu verbinden iſt, nachzufüllen; in die Verbindungsleitung iſt ein ſelbſttätig nach den Druckräumen zu ſich öffnendes Ventil oder Steuerungsorgan anzubringen. Beim Rückgang des Preßſtempels (Arbeitskolbens) muß das nachgefüllte Waſſer entweichen können; in der Regel wird es nach Oeffnen eines Ventils u. ſ. w. wieder in den Behälter bezw. in die Apparate, denen es entnommen wurde, wieder zurückgedrängt. — Die Treibapparate werden in verſchiedenen Anordnungen ausgeführt: zwecks Vergrößerung der Geſchwindigkeit des Preßſtempels als doppelte und dreifache (Fig. 23, Breuer, Schumacher & Co. in Kalk bei Cöln), die einzeln oder gemeinſam betätigt werden

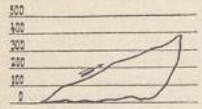


Fig. 25. Diagramm vom Waſſerdruckzylinder einer Schmiedepreſſe.

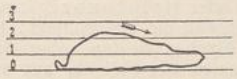


Fig. 26. Zugehöriges Diagramm des Treibapparates, Fig. 24.

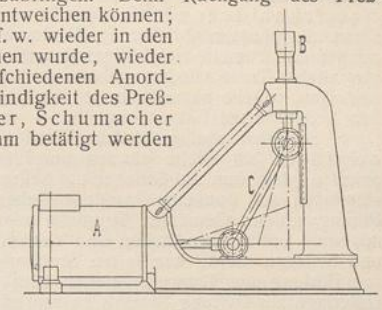


Fig. 24.

können (ſ. a. Schmieden, Schmiedepreſſen), ferner zur Erhöhung und Abſtufung des Drucks mit zwei oder mehr (eventuell verſchieden großen), an gemeinſamer Kolbenſtange ſitzenden Kolben oder an gemeinſamer Traverſe angreifenden Kolben mit zugehörigen Zylindern, wobei mehrere Verdrängerkolben [1], [8] angeordnet ſein können, ferner zur Dampferſparnis als Verbundtreibapparate mit zwei verſchieden großen Zylindern zur Ausnutzung der Expanſion des Dampfes ohne oder mit Anwendung eines Zwiſchenbehälters (Receivers) [9]. Zu erwähnen iſt noch der Dampftreibapparat mit Kniegelenkwirkung Fig. 24—26, D.R.P. Nr. 171068 (Maſchinenfabrik Sack, Rath-Düſſeldorf), bei dem der Dampfzylinder *A* und der Verdrängerzylinder *B* ſenkrecht zueinander angeordnet und ihre Kolbenſtangen durch einen Lenker (Kniegelenk) *C* miteinander verbunden ſind; die Anordnung bezweckt, trotz hohen Enddrucks eine gute Expanſion des Dampfes und damit eine Dampferſparnis gegenüber direkt wirkenden Dampftreibapparaten zu erzielen. Fig. 25 und 26 zeigen die zuſammengehörigen Diagramme des Waſſerdrucks einer Schmiedepreſſe und des Dampfdrucks dieſes Treibapparats [9].

Bei den Schraubenſpindel- und Zahnſtangentreibapparaten erfolgt die Bewegung des Verdrängerkolbens mit Hilfe von Schraubenſpindel und -mutter bezw. Zahnſtange und Zahnrad. Der Antrieb erfolgt bei kleinen Preſſen von Hand, bei größeren von einer Transmiſſion oder einem Elektromotor aus. Zur Erzielung eines hohen Enddrucks werden Schwungräder angewendet. Beiſpiele von Preſſen mit Schraubenſpindeltreibapparaten ſ. [10], von Preſſen mit Zahnſtangentreibapparaten ſ. Nieten, Bd. 6, S. 621, Fig. 28.

Die hydrauliſchen Preſſen zeichnen ſich im allgemeinen durch einen hohen Wirkungsgrad aus. Bei hohen Drücken und größeren Waſſermengen iſt zu beachten, daß der Wirkungsgrad infolge der Kompreſſion des Waſſers und der Streckungen und Durchbiegungen der Geſtelle u. ſ. w. nicht unbeträchtlich vermindert wird; vgl. [11].

Literatur: [1] Fiſcher, H., Die Werkzeugmaſchinen, Bd. 1, 2. Aufl., Berlin 1905. — [2] Weisbach-Herrmann, Lehrbuch der Ingenieur- und Maſchinenmechanik, 3. Teil, 3. Abt., 1. Hälfte, Braunſchweig 1896. — [3] Karmarſch und Heerens Techn. Wörterbuch, 3. Aufl., Bd. 7, Prag 1884. — [4] Wencelides, Fr., Hilfsmaſchinen und Werkzeuge für Eiſen- und Metallbearbeitung (Bericht über die Weltausſtellung in Philadelphia 1876), Wien 1877. — [5] Zeitſchr. für Werkzeugmaſchinen u. Werkzeuge 1902, S. 472. — [6] Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1907, S. 176. — [7] Smith-Kannegießer, Das Preſſen, Prägen u. Stanzen der Metalle, Leipzig 1903. — [8] Johannſen-Nieß, Baumwollſpinnerei, Rohweißweberei u. Fabrikanlagen, Bd. 1, S. 158 (Baumwollballenpreſſe). — [9] Fördertechnik, 1. Jahrg., 1907, S. 95 ff. (Neuere dampfhydrauliſche Ueberſetzer für Schmiedepreſſen). — [10] Zeitſchr. f. Werkzeugmaſchinen u. Werkzeuge 1902, S. 86; 1904, S. 7. — [11] „Stahl und Eiſen“ 1907, S. 808 (Ueber die Zuſammendrückbarkeit von Preßwaſſer).

A. Widmaier.

Preſſendruckverfahren, photographiſche (photomechaniſche Reproduktionsverfahren, Lichtpreſſendruckverfahren), graphiſche Vervielfältigungsmethoden, bei welchen hauptſächlich mit Hilfe photographiſcher Prozeſſe gewonnene Druckformen verwendet werden, die mit unvergänglichen Druckfarben ohne weitere Beteiligung des Lichtes je nach ihrer Art in Buchdruck-, Stein- oder Lichtdruck- oder in Kupferdruckpreſſen (vgl. Buchdruckmaſchinen, Kupferdruckmaſchinen, Lichtdruckmaſchinen und Steindruckmaſchinen) abgedruckt werden können.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Die wichtigſten Vorzüge der photographiſchen Preſſendruckverfahren gegenüber den Lichtkopierverfahren (photographiſchen Kopiermethoden, ſ. Argentotypie, Ariſtopapier, Caſoidinpapier, Celloidinpapier, Chlorſilbergelatine, Gaslichtpapier, Gummidruck, Lichtpauſen, Ozobromdruck, Ozotypie, Photographie, Pigmentdruck, Platindruck, Protalbinpapier; teilweiſe ausgenommen muß die Kilometerphotographie [ſ. d.] werden) beſtehen darin, daß die Herſtellung der Bilder vom Tageslicht (oder einer andern intenſiven Lichtquelle) unabhängig iſt, daß dabei Schnellpreſſen (ſ. d.) benutzbar ſind und die Drucke deshalb raſcher, gleichmäßiger und weſentlich billiger geliefert werden, ferner, daß die Vervielfältigung der Bilder zum Teil gleichzeitig mit der des begleitenden Textes erfolgen kann. Gegenüber den graphiſchen Reproduktionsverfahren, bei welchen die Gewinnung der Druckformen hauptſächlich durch manuelle Arbeitsmethoden bewirkt wird (vgl. z. B. Cellulotypie, Durchdruckverfahren, Galvanoglyphie, Holzſchneidekunſt, Kupferſtecherkunſt, Lithographie, Radierverfahren) beſitzen die photographiſchen Preſſendruckverfahren die großen Vorteile, daß die Druckplatten raſcher und zumeiſt viel billiger hergeſtellt werden können und daß die Originale mit photographiſcher Treue wiedergegeben werden, während alle manuellen Methoden eine Umwertung bedingen, welche namentlich bei der Reproduktion von Werken der bildenden Kunſt — als von ſehr bedenklichen Folgen begleitet — vermieden werden muß.

Bei allen photographiſchen Preſſendruckverfahren hat man zu unterſcheiden, ob Strichoriginale (als ſolche können nur Pläne, Zeichnungen u. ſ. w. betrachtet werden, die aus präziſen, gleichdunkeln Strichen auf hellem Grunde oder umgekehrt aus gleichhellen Zeichnungselementen auf dunkelm Grunde beſtehen) oder Halbtonoriginale (d. i. alles übrige, z. B. Photographien, Gemälde, Teppiche oder irgend ein Naturobjekt; bei ihnen allen hat man es mit wohl verſchieden hellen und dunkeln Flächen zu tun, aber dieſe ſind geſchloſſen getont und beſtehen nicht, wie es bei Strichoriginalen der Fall iſt, aus mehr oder weniger großen, zur Bildung der Tonwerte weiter oder dichter gelagerten Elementen, zwiſchen welchen die Unterlage zur Geltung kommt) zu reproduzieren ſind. Bei der Wiedergabe eines Strichoriginales ſind die Verhältniſſe an und für ſich wenig kompliziert. Es wird in der Regel ein Negativ mittels des naſſen Kollodiumverfahrens (ſ. Photographie) erzeugt und durch indirektes oder direktes Kopieren das Druckbild auf die Formplatte gebracht (in der Praxis gehört allerdings die Herſtellung ſcharfer Strichformen mitunter zu dem Schwierigſten). Bei der Wiedergabe von Halbtonobjekten mittels photographiſcher Preſſendruckverfahren muß jedoch ſtets eine Zerlegung der homogenen Halbtöne ſtattfinden, weil dieſe teils (beim Hochdrucke und Flachdrucke) in einem Druckvorgange nicht erzielbar wären, teils (beim Tiefdrucke) drucktechniſch, wegen des Nichthaltens der Druckfarbe, nicht zu bewältigende Schwierigkeiten verurſachten. Die Zerteilung erfolgt, indem man die geſchloſſenen Halbtöne in ſolche aus druckfähigen Strich- oder Punktelementen beſtehende falſche Halbtöne, Raſtertöne, umwandelt. Dieſe Umwandlung kann in ſehr verſchiedener Weiſe (ſ. unten) entweder unmittelbar bei der photographiſchen Aufnahme oder erſt nachträglich auf dem Negative oder endlich erſt auf der Formplatte (die wiederholt verſuchte Zerlegung auf dem Originale ſelbſt iſt nur in ſehr ſeltenen Fällen zweckentſprechend) und in ſolcher Feinheit erfolgen, daß das unbewaffnete Auge die Zerlegung kaum wahrnimmt. Den Ausgangspunkt bei der Herſtellung von Druckformen auf photomechaniſchem Wege bildet faſt ausnahmslos die photographiſche Aufnahme des Objektes zur Gewinnung eines Negativs. Beim Kopieren dieſes auf die Formenplatte unmittelbar oder auf einen Zwiſchenträger kommen hauptſächlich Verfahren der Chromatphotographie (ſ. d. und Emailverfahren) in Betracht; weniger Prozeſſe der Aſphaltphotographie (ſ. d.), weil deren Lichtempfindlichkeit eine ſehr geringe iſt. Die photographiſchen Preſſendruckverfahren können in drei Gruppen eingeteilt werden.

1. **Lichthochdruckverfahren,** welche in der Buchdruckpreſſe druckbare Formen ergeben. Dieſe laſſen infolge ihrer Beſchaffenheit, daß die druckenden Stellen höher als die nichtdruckenden liegen, daher die erſteren allein mit den färbenden Walzen und dem aufgepreßten Papierblatte in Berührung kommen, Wiederholungen des Druckvorganges in außerordentlich kurzen Zeitintervallen zu. Man wählt deshalb ein Lichthochdruckverfahren, wenn das Bild entweder zugleich mit dem Texte gedruckt werden ſoll oder wenn die Auflage ſehr billig und in kurzem Zeitraume zu erſtellen iſt. Die wertvollſten und leiſtungsfähigſten Prozeſſe ſind für Strichreproduktionen die Phototypie (ſ. d.) und für die Wiedergabe von Halbtonoriginalen, Lichttonbuchdruck, die Autotypie (ſ. d.) mittels Linien- oder Kornraſters, endlich für große Formate (Plakate u. dergl.) die Gigantographie (ſ. d.). — Varianten des gewöhnlichen Autotypieverfahrens ſind die Ifotypie, Jaffeetypie, Legotypie, Levytypie, die Makrographie, Moßtypie, Netztypie, Sadagtypie, Similigravüre (in Frankreich überhaupt für Autotypie neben der Bezeichnung Photogravüre üblich), Swantypie. — Halbtonverfahren ohne Verwendung eines Raſters, die Klifchees mit Korn oder „Linien“ ergeben, gibt es viele. Zum Beiſpiel benutzt man ein Quellrelief oder ein mittels Pigmentdrucks (ſ. d. und Chromatphotographie) erzeugtes Pigmentrelief mit feiner Körnung und formt es galvanoplaſtiſch ab (Elektrophototypie, Hochdruckheliographie, Panatypie, ſ. a. Photogalvanographie und Schmidtingtypie) oder man macht vom Gelatinerelief einen Wachsabdruck u. dergl., ſchwärzt ihn oberflächlich mit Ruß und bearbeitet ihn mit einem automatiſch ſtets in gleicher Ebene geführten V-förmigen Stichel, der entſprechend der jeweiligen Reliefdicke breitere oder ſchmälere Elemente herausſchneidet. Das reſultierende Raſterbild wird neuerdings photographiert, übertragen und geätzt. Aehnliche Prozeſſe ſind die Akrographie und das Amſtutzverfahren. Ein ſehr umſtändliches Verfahren der Tonzerlegung beſteht darin, daß man auf das Relief ein kompaktes Nadelbündel ſtellt, dieſes, ſobald die Nadeln die vom Relief bedingte Niveauſtellung eingenommen haben, zuſammenſchweißt

und die Nadelſpitzen dann durch Feilen in gleiche Ebene mit den tiefſtehenden gebracht werden. Dadurch entſteht eine autotypieähnliche Form, die mit fetter Farbe eingeſchwärzt, übertragen und geätzt wird. Oder das Gelatinerelief wird mit einem eingeſchwärzten Netzgewebe und darüber mit einem glatten Umdruckpapier bedeckt und zwiſchen zwei plane Stahlplatten gelegt, gepreßt. Beim Photoblockdruck benutzt man einfach den Abdruck eines eingeſchwärzten Reliefs auf gekörntem Umdruckpapier, überträgt und ätzt (vgl. a. Crayontypie und Ivesdruck). Bei der Granulotypie, der Expreßtypie werden gewöhnliche Halbtonnegative auf gekörnte, mit Chromatſchichten verſehene Platten kopiert, dieſe dann entwickelt und geätzt. Beim Inkphotoverfahren werden Umdrucke von Lichtdruckplatten (ſ. Lichtdruck) auf Metallplatten gemacht und geätzt. Die Tonzerlegung wurde mehrfach auch durch Aufbringen einer Kornſchicht auf dem Negative (Photogranulotypie, Luxotypie) beim Kopieren durch Zwiſchenlegen eines gitterähnlichen Häutchens, Gewebes u. ſ. w. verſucht. — Methoden, die auf einem Prinzipe, ähnlich dem der Heliogravüre zugrundeliegenden beruhen, ſind die Cuprotypie (ſ. d.), die Chalkotypie und die Spitzertypie (ſ. d.), welch letzterer praktiſche Brauchbarkeit zuzuſprechen iſt, während die meiſten der ſonſt genannten mit der Linien- oder Kornautotypie in keinem Belange zu konkurrieren vermögen (ſ. a. Orthotypie und Sandſtrahlverfahren). — Für den Farbenlichthochdruck dienen ausgezeichnet die Dreifarbenautotypie (ſ. Dreifarbenphotographie) und der Vierfarbendruck (ſ. d.), von welchen beiden die Albertochromie (Albert in München erzeugt Halbtonnegative; der Raſter wird erſt beim Kopieren unter eigenartiger, ſchwingender Bewegung der Rahmen in derſelben Weiſe fungieren gelaſſen, wie er ſonſt bei der Aufnahme in der Kamera wirkt) und die Citochromie (ſ. d.) Abarten ſind. Für Anſichtspoſtkarten benutzt man Autotypie und Farbenſteindruck kombiniert, indem „offen" geätzte Schwarzautotypien vorgedruckt und dieſe mit drei Farbenſteinplatten gleichſam nur koloriert werden (Autochromkarten, Ariſtochromkarten u. ſ. w.).

2. **Lichtflachdruckverfahren.** Bei dieſen handelt es ſich um die Schaffung von Formen, bei welchen druckende und nichtdruckende Stellen in einer Ebene liegen. Die druckenden müſſen für fette Druckfarbe empfänglich geſtaltet werden, die nichtdruckenden müſſen dieſe abſtoßen, wozu namentlich eine kontinuierlich oder periodiſch erfolgende wäſſerige Feuchtung der Form beiträgt. Dieſer Umſtand iſt einer ſehr raſchen Abwicklung des Druckprozeſſes hinderlich. Die Lichtflachdruckverfahren werden hauptſächlich bei Reproduktionen in ſehr großem Formate benutzt, weil die Formerſtellung dann weſentlich billiger möglich iſt, als es der Fall wäre, wenn Kliſchees für die Buchdruckpreſſe erzeugt werden müßten. Die Prozeſſe der Photolithographie, Photoalgraphie und Photozinkographie unterſcheiden ſich, ſofern man vom verſchiedenen Formenmaterial (Stein, Aluminium, Zink) abſieht, nur durch geringfügige Modifikationen. Strichreproduktionen nach Plänen, Zeichnungen, Holzſchnitten, Strichen u. ſ. w. werden zunächſt mittels Gelatinefettkopien (ſ. Lithographie) gemacht. Auch bei der Reproduktion von Halbtonoriginalen kann photolithographiſches Umdruckpapier (ſ. d.) zur Verwendung kommen. Benutzt man Halbtonnegative, ſo wird die Umwandlung der Halbtöne in Drucktöne, z. B. durch Verwendung glatten Papiers und gekörnter Formenplatten oder umgekehrt durch die von glatten Formenplatten und von Papier mit gekörnter Schicht u. ſ. w. erreicht. Bei der ſogenannten Crayonphotographie z. B. wird das Halbtonnegativ auf ein Gelatinepapier kopiert, deſſen Schicht mit feinem Holzkohlenpulver verſetzt iſt. Desgleichen beruht die Prototypie auf dem Gebrauche eines Papiers mit körniger Schicht. Die beſten Reſultate erzielt man aber auch hier durch direktes Kopieren von Raſternegativen, die mittels der Autotypie (ſ. d.) oder der Gigantographie (ſ. d.) erhalten wurden, oder mit Hilfe der Orthotypie (ſ. d.), bei der Halbtonnegative verwendet werden, die auch bei andern Aſphaltprozeſſen (auf gekörnten Formenplatten) zur Verwendung kommen. Die Alumtypie iſt ein direktes Kopierverfahren auf Aluminiumplatten. — Beſchleunigte photolithographiſche Prozeſſe zur Vervielfältigung von Plänen, Bau- und Werkzeichnungen u. dergl., bei denen kein Negativ hergeſtellt, ſondern das Original ſelbſt zum Kopieren auf die mit lichtempfindlicher Schicht überzogene Formenplatte (oder ſolches Umdruckpapier) benutzt wird, ſind die Citographie (Citotypie iſt ein beſchleunigtes photographiſches Kopierverfahren), Dirographie, Galmeigraphie, der Gifaldruck u. ſ. w. Bei der Calonstypie wird von der Originalzeichnung auf einem geeigneten Entwicklungspapier (vgl. Gaslichtpapier) ein Negativ erzeugt. — Der Fotoldruck beſteht darin, daß von der Zeichnung eine Blaupauſe (ſ. Lichtpauſen) gemacht und nicht ausgewaſchen auf eine Art Hektographenmaſſe gepreßt wird. Das an den unbelichteten Stellen (alſo an denen der Zeichnung) vorhandene unveränderte Ferrifalz wirkt gerbend auf die Leimmaſſe und macht dadurch die betroffenen Stellen für fette Farbe empfänglich. Es können dann etwa bis zu 90 Abdrücke gewonnen werden. — Sehr feine falſche Halbtöne ergibt der gleichfalls als ein Lichtflachdruckverfahren zu betrachtende Lichtdruck (ſ. d.), welcher auch bei Benutzung eines geeigneten Uebertragungsverfahrens gut zur Gewinnung von Hochdruckkliſchees, ferner zu der von photolithographiſchen, photoalgraphiſchen und photozinkographiſchen Druckformen anwendbar iſt. Vereinfachte Lichtdruckmethoden ſind die Collogravüre und das Sinopverfahren, eine Variante des Aubeldruck (ſ. d.). Beſondere, für die farbige Reproduktion benutzte neue photomechaniſche Flachdruckprozeſſe (die Verwendung der Photolithographie als Hilfsmittel bei der Chromolithographie beſteht zumeiſt darin, daß Konturplatten und Abklatſche für die Farbenteilplatten erzeugt werden, vgl. Lithographie; über den ſehr ſchöne Reſultate ergebenden Farbenlichtdruck ſ. Lichtdruck) beruhen darauf, daß mittels der Dreifarbenautotypie (ſ. Bd. 3, S. 103) gewonnene Aetzungen auf ſehr dünne Metallplatten gemacht, unmittelbar auf Steinplatten u. ſ. w. übertragen werden. Das zur täuſchenden Fakſimilereproduktion von Gemälden benutzte neue Autogravüreverfahren von Angerer & Göſchl

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

in Wien beſteht darin, daß von den zunächſt erzeugten Dreifarbenteilnegativen fünf verſchieden ſtark exponierte Diapoſitive und von dieſen wieder unter Verwendung eines Linien- und eines Kornraſters (Wheelers Mezzographraſter) falſche Halbtonnegative erzeugt werden. Dieſe kopiert man direkt auf Steine, welche mit lichtempfindlicher Subſtanz überzogen ſind, ätzt ſie und druckt ſchließlich je fünf Platten in gelber, roter und blauer Druckfarbe übereinander. Das Relief des paſtos gemalten Oelgemäldes und einzelne „Kraftpartien“ erhält das Farbenbild durch den letzten Aufdruck mittels einer beſonders hergeſtellten Tiefdruckplatte. — Uebrigens können auch viele der für monochromen Druck benutzten Lichtflachdruckverfahren zur Gewinnung von Farbenteildruckplatten benutzt werden.

3. Die **Lichttiefdruckverfahren** ergeben Formen, bei denen die druckenden Stellen tiefer liegen als die nichtdruckenden (bei Strichbildern) bezw. um ſo tiefer in der Platte ſich befinden, je dunklere Bildpartien ſie wiedergeben ſollen (bei Halbtonbildern). Dieſe Beſchaffenheit der Tiefdruckplatten erfordert eine verhältnismäßig zeitraubende Behandlung beim Drucken (ſie müſſen zuerſt mit Druckfarbe überladen, der Ueberſchuß durch Wiſchen dann entfernt werden, vgl. Kupferſtecherkunſt), ſie iſt aber anderſeits die Urſache, daß die künſtleriſch vollkommenſten Reproduktionen mit ſolchen Formen erzielt werden. Man verwendet deshalb die Lichttiefdruckverfahren, wenn an die Reproduktion, z. B. der von Gemälden, beſonders hohe Anforderungen geſtellt werden. Für die Wiedergabe von Strichoriginalen, etwa die von Kupferſtichen, ferner für die Herſtellung beſter Landkarten, Banknoten u. ſ. w. wird die Heliographie benutzt, die in der Anfertigung eines Pigmentreliefs und deſſen galvanoplaſtiſcher Abformung beſteht (vgl. Kartendruck und Photogalvanographie). Die Reproduktion von Halbtonbildern (Photographien, Oelgemälden) geſchieht in faſt vollendeter Weiſe mit Hilfe der Heliogravüre (ſ. d.). Ueber Methoden, welche für Schnellpreſſendruck geeignete Tiefdruckplatten ergeben ſ. Intagliodruck. Mittels der Autotypie (ſ. d.) laſſen ſich Tiefdruckplatten anfertigen, wenn man anſtatt des Raſternegativs ein nach dieſem gewonnenes Raſterdiapoſitiv zum Kopieren auf die Kupferplatte benutzt, was z. B. bei der Altogravüre der Fall iſt; dasſelbe gilt für die Spitzertypie (ſ. d.). — Heute nur mehr ſelten angewendet wird der Woodburydruck (ſ. d.). Farbige Reproduktionen ausſchließlich mittels eines Lichttiefdruckverfahrens durch Aufeinanderdruck mehrerer Teilplatten ſtellt man nur ſehr ſelten her, weil die Paſtoſität des Farbenauftrags hinderlich iſt. Immerhin ſind Verſuche mit Dreifarbenheliogravüre, z. B. von der k. k. Graphiſchen Lehr- und Verſuchsanſtalt in Wien, gemacht worden; dagegen erhält man ſehr ſchöne, allerdings auch ſehr koſtſpielige Kunſtblätter mittels des Tamponierverfahrens, bei dem eine Heliogravüreplatte förmlich bemalt und dann abgedruckt wird (vgl. Farbendruck). Ferner werden Tiefdruckplatten in ſehr wertvoller Weiſe bei den der farbigen Fakſimilereproduktion dienenden Kombinationsverfahren (ſ. Kombinationsdrucke) benutzt.

Literatur: Albert, A., Verſchiedene Reproduktionsverfahren, Halle a. S. 1900; Derſ., Techniſcher Führer durch die Reproduktionsverfahren, Halle a. S. 1908; Eder, J. M., Jahrbuch für Photographie und Reproduktionsverfahren, Halle a. S. 1887 ff.; Klimſch, Die Praxis der modernen Reproduktionsverfahren, Frankfurt a. M. 1898; Derſ., Jahrbuch, Frankfurt a. M. ff.; Unger, A. W., Die Herſtellung von Büchern, Illuſtrationen u. ſ. w., Halle a. S. 1906; Derſ., Wie ein Buch entſteht, Leipzig 1908; Hübl, A. Freih. v., Die photographiſchen Reproduktionsverfahren, Halle a. S. 1898; Husnik, J., Die Heliogravüre oder Anleitung zur Herſtellung druckbarer Metallplatten aller Art u. ſ. w., 2. Aufl., 1888.

A. W. Unger.

Preßform, allgemein, eine Form, in der ein Material einen Preßdruck erleidet.

Preßformmaſchinen dienen in den Gießereien zum Herſtellen der Sandformen. Sie unterſcheiden ſich von den Handformmaſchinen dadurch, daß der Sand nicht feſtgeſtampft, ſondern durch Preſſen verdichtet wird, was die Arbeit beſchleunigt.

Da der Druck im Sand ſich nicht gleichmäßig fortpflanzt, ſo eignen ſich für das Preſſen am beſten flache Modelle. Bei Modellen mit ſteilen Seitenflächen drückt man den Sand an den Stellen, wo eine zu geringe Preſſung zu erwarten wäre, von Hand feſt und verringert an ſolchen Stellen, an denen eine zu ſtarke Preſſung zu befürchten iſt, die Höhe der Sandſchicht. Man hat auch durch Ausſchneiden der Preßklötze (ſ. unten) und andre Mittel eine gleichmäßige Preſſung des Sandes zu erzielen verſucht (vgl. [1]). — In der Regel befindet ſich der Formkaſten beim Einfüllen des Sandes über der Modellplatte; beim Preſſen des Sandes kann aber auch im Unterſchied zur Handformerei die Modellplatte gegen den mit Sand gefüllten, unter ihr befindlichen Formkaſten (oder umgekehrt) gepreßt werden (vgl. Fig. 8). Dieſe Möglichkeit geſtattet 1. Formen ohne ausſchließende Formkaſten (ſ. unten), 2. doppelſeitig gepreßte Formen, d. h. Formen, die auf der Ober- und Unterſeite des Formkaſtens einen Modellabdruck tragen, herzuſtellen. Ihre Herſtellung geht aus Fig. 1 hervor: *A* iſt die untere, *B* die obere Modellplatte, *C* der Formkaſten, *D* der Sandrahmen, deſſen Höhe erfahrungsgemäß ſo hoch bemeſſen wird, daß nach völligem Einpreſſen der oberen Modellplatte der Sand die richtige Feſtigkeit beſitzt. Die doppelſeitig gepreßten Formkaſten werden nach Fig. 2 zu einem Kaſtenbündel aufgeſtapelt. Fig. 3 rechts zeigt die Seite eines doppelſeitig gepreßten Formkaſtens, Fig. 3 links ein Bündel (durch die Eingüſſe) noch untereinander zuſammenhängender Gußſtücke (Hähne und Hahnküken). Auch komplizierte Gußſtücke, wie z. B. Fig. 4—6 (Riemſcheiben mit ſeitlichem Kranz), können durch doppelſeitige Preſſung hergeſtellt werden. — Die obere

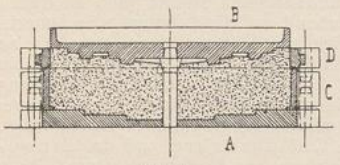


Fig. 1.

Modellplatte *B* (Fig. 1) kann vor dem Preſſen auf die Sandform aufgelegt werden oder befindet ſich in feſter Verbindung mit der Preſſe (ſ. Fig. 13). Die Herſtellung doppelſeitig gepreßter Formen, welche zuerſt 1899 von dem Kgl. Württembergiſchen Hüttenwerk Waſſeralfingen eingeführt wurden, bringt insbeſondere eine Erſparnis an Arbeit, Formkaſten, Sand, Trichtern und an Raum in der Gießerei.

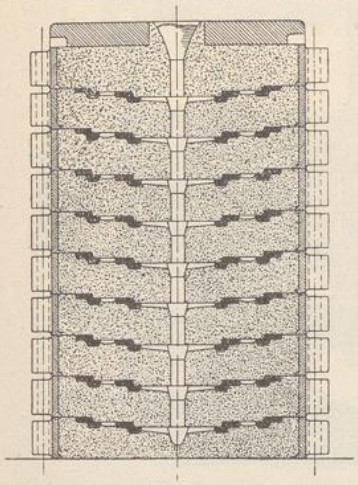
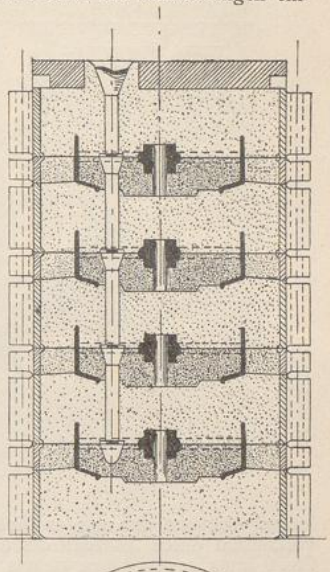
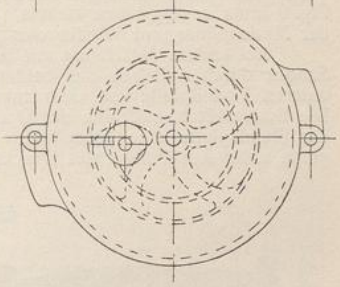


Fig. 2.

Die Preßformmaſchinen werden in ſehr verſchiedenartiger Anordnung ausgeführt. Sie unterſcheiden ſich vorzugsweiſe in folgenden Punkten voneinander: *α*) Preſſung von Hand (Kniehebel-, Zahnſtangen- und Spindelpreſſen) oder mechaniſch (Kolbenpreſſen, insbeſondere hydrauliſche); *β*) ohne oder mit Wendeplatte oder Durchziehplatte (vgl. a. Eiſengießerei); *γ*) die dem Preſſen vorangehenden und nachfolgenden Arbeiten werden teils unter, teils vor der Preſſe vorgenommen. Weitere Unterſchiede ſind unten angegeben.





Die hauptſächlichſten Preßformmaſchinen ſind in den Fig. 7—14 dargeſtellt. Fig. 7 (Vereinigte Schmirgel- und Maſchinenfabriken, A. G., Hannover-Hainholz) zeigt eine einfache Preßformmaſchine mit folgendem Arbeitsgang: Auffetzen des Formkaſtens und des Sandrahmens auf die Modellplatte, Einfüllen des Sandes, Einſchwingen des Widerlagers mit dem Preßklotz, Preſſen durch Anheben des Tiſches ſamt Modellplatte und Formkaſten, Trennen von

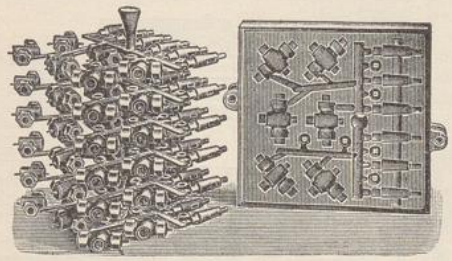


Fig. 3.

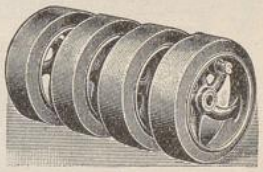


Fig. 4—6.

Modellplatte und Formkaſten durch Aufſitzenlaſſen des Formkaſtens auf vier Tragſtiften und Senken der Modellplatte. — Bei andern Maſchinen dieſer Art iſt das Preßwiderlager um eine Säule drehbar oder kann als Wagen ausgebildet aus- und eingefahren werden. Ferner findet bei leichteren Formkaſten die Trennung von Formkaſten und Modellplatte durch Anheben des Formkaſtens mittels Abhebeſtiften, die an einem gemeinſamen Träger ſitzen, ſtatt. Dieſe Maſchinen werden auch als Doppelformmaſchinen, mit der Rückſeite aneinander ſtoßend, gebaut.

Fig. 8 zeigt eine Preßformmaſchine derſelben Firma. Die Modellplatte befindet ſich an dem Widerlager, das, wie in Fig. 8, zwecks Aufnahme zweier Modellplatten gedreht werden kann; der Formkaſtentiſch iſt fahrbar. Arbeitsgang: Auffetzen des Formkaſtens mit der Formenſeite nach oben, Einfüllen des Sandes, Einfahren der Tiſches mit Formkaſten, Preſſen des Sandes durch Empordrücken des Tiſches und Kaſtens gegen die Modellplatte, Trennung von Modellplatte und Kaſten durch Sinkenlaſſen des Tiſches ſamt Kaſten. — Die Modellplatte kann auch ausſchwenkbar oder fahrbar und der Tiſch feſt in der Maſchine angeordnet werden.

Fig. 9 ſtellt eine Preßformmaſchine mit Wendeplatte derſelben Firma mit folgendem Arbeitsgang dar: Auffetzen des Formkaſtens u. ſ. w. auf die an der Wendeplatte befeſtigte Modellplatte, Einfüllen des Sandes, Einſchwenken des Preßwiderlagers, Preſſen durch Anheben der Wendeplatte ſamt Formkaſten unter Vermittlung des an der Unterſeite der Modellplatte hängenden zuvor gepreßten Formkaſtens und mit Hilfe des in der Fig. 9 rechts angegebenen Hebels, der mittels eines Kniegelenks den Tiſch (ſamt Wagen u. ſ. w.) anhebt,

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

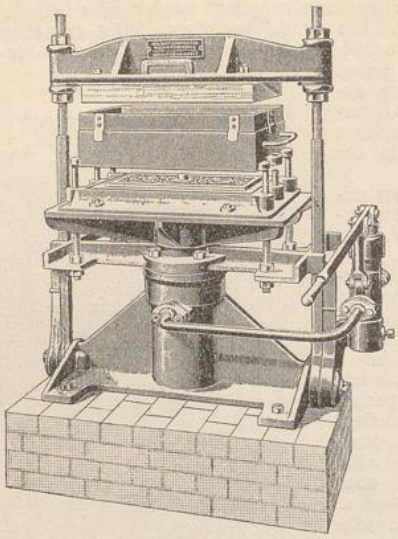


Fig. 7.

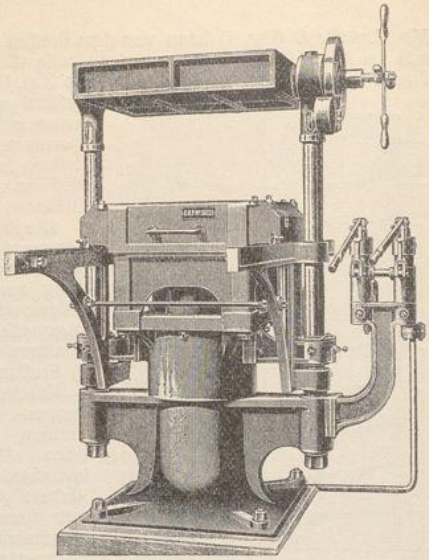


Fig. 8.

hierauf Abheben der unteren Modellplatte von dem liegenbleibenden, zuvor gepreßten unteren Formkaſten durch Anheben der beiden Lagertragſtangen der Wendeplatte mit Hilfe des in der Fig. 9 links angegebenen Hebels (unter Vermittlung von Zahnſtange und Rad), dann Wenden der Modellplatte und Wiederholung der einzelnen Operationen.

Bei andern Maſchinen mit Wendeplatte ähnlicher Anordnung [1] erfolgt das Preſſen des Sandes durch Anheben der beiden Lagerſtangenträger, wobei gleichzeitig das Abheben der unteren Modellplatte von dem zuvor gepreßten unteren, liegenbleibenden Formkaſten erfolgt. Die Bockpreßformmaſchine der Durlacher Maſchinenfabrik [1] trägt nur auf einer Seite der Wendeplatte eine Modellplatte; das Preſſen erfolgt hierbei durch Anheben der Wendeplatte unter Ausübung eines Drucks auf dieſe ſelbſt, hierauf wird die Wendeplatte ſamt Form-

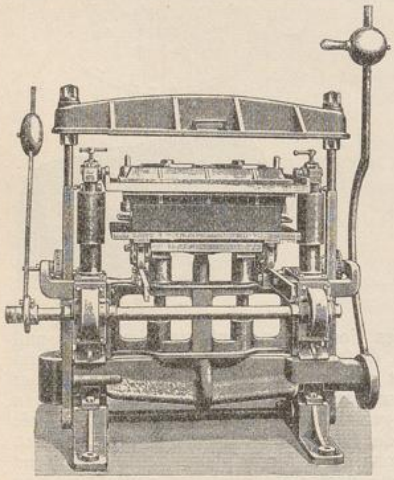


Fig. 9.

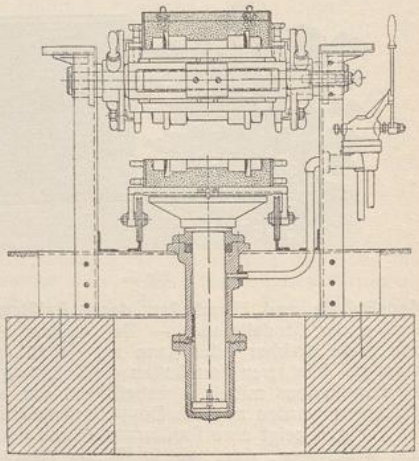


Fig. 10.

kaſten gedreht und die Wendeplatte durch Anheben der Lagertragſtangen von dem Kaſten abgehoben und nach Wegnahme des Kaſtens die Wendeplatte wieder gedreht, worauf die Operationen ſich wiederholen.

Bei der Preßformmaſchine Fig. 10 (Kgl. Württ. Hüttenwerk Wafferalfingen) iſt der Arbeitsgang folgender [2]: Auffetzen und Befeſtigen des Formkaſtens auf die an der Wendeplatte oben befindliche Modellplatte, Einfüllen des Sandes, Auflegen und Verriegeln eines Deckels, ſo daß beim nun folgenden Drehen der Wendeplatte kein Sand herausfallen kann, Preſſen durch Heben des Preßtiſches, wobei die Wendeplatte als Widerlager dient, hierauf Löſen der Verbindung zwiſchen Formkaſten und Modellplatte und Trennung beider durch Senken des Formkaſtens.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Bei den ſeither beſprochenen Maſchinen wird die Trennung von Modellplatte und Formkaſten und bei Vorhandenſein einer Wendeplatte das Drehen dieſer in der Preſſe ſelbſt vorgenommen. Bei einer Reihe von Maſchinen können dieſe Arbeiten ebenſo wie auch das Einfüllen des Sandes außerhalb der Preſſe vorgenommen werden, womit der Vorteil verbunden iſt, daß an derſelben Preßformmaſchine zwei oder eventuell mehr Arbeiter beſchäftigt werden können, da das Preſſen nunmehr wechſelſeitig erfolgen kann. Der Formkaſten wird in die Preſſe ein- und ausgefahren bezw. gedreht. Die Vorrichtung zum Trennen von Formkaſten und Modellplatte ſind entweder feſt ſeitwärts von der Preſſe (ſ. Fig. 11 und 12, Doppelformmaſchine, Chr. Laißle in Reutlingen [3]) oder ebenſo wie die Wendeplatte im Wagen ſelbſt angeordnet. Zu dieſer Klaſſe von Maſchinen gehören auch die Drehtiſchformmaſchinen, von denen Fig. 13 (Kgl. Württ. Hüttenwerk Waſſeralfingen) eine Ausführung für doppelſeitige Preſſung, mit drei im Drehtiſch geführten Wendeplatten und dreiſeitigem, drehbarem Preßhaupt (Widerlager) zeigt. Mit dieſer Maſchine können ein bis drei verſchiedene, ein- oder doppelſeitig gepreßte Formen hergeſtellt und gleichzeitig drei Arbeiter mit der Herſtellung von Formkaſten beſchäftigt werden. An dem einen Arbeitsplatz des um eine Säule drehbaren Tiſches wird der Sand eingefüllt, an dem zweiten gepreßt und an dem dritten gewendet und abgehoben, hierauf der Tiſch gedreht und die Arbeiten wiederholt. Dieſe Drehtiſchformmaſchine wird auch in einfacheren Ausführungen gebaut (vgl. [2]).

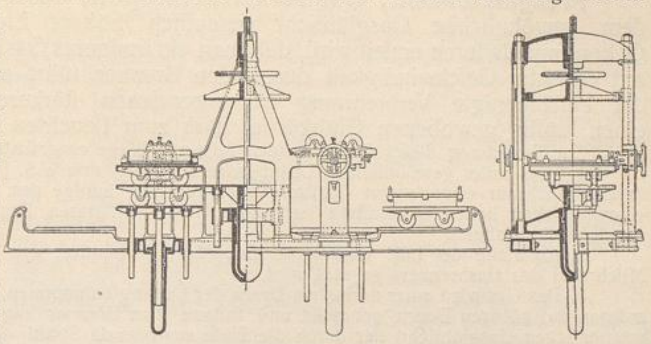


Fig. 11 und 12.

Preßformmaſchinen für Formen ohne umſchließende Formkaſten (Fig. 14, Badiſche Maſchinenfabrik Durlach). Dieſe Maſchinen beſitzen zwei Formkaſten und eine doppelſeitige ausfahr- oder ausſchwenkbare Platte, welche bei der Maſchine Fig. 14 zwecks leichter Reinigung der Modelle gedreht werden kann. Die Arbeitsweiſe iſt folgende: Einfüllen des Sandes in den unteren Formkaſten, Einſchwenken der Modellplatte und Aufſetzen des oberen Formkaſtens und Füllen desſelben, Empordrücken der beiden Formkaſten und der zwiſchen ihnen befindlichen Modellplatte gegen das Widerlager der Preſſe, wodurch der Sand im oberen Kaſten gepreßt wird, hierauf Preſſen des Sands im unteren Kaſten; beim darauffolgenden Niedergehen der Formkaſten zieht ſich die Modellplatte von dem zurückbleibenden oberen Kaſten und hierauf der untere Kaſten von der zurückbleibenden Modellplatte ab. Die Modellplatte wird dann ausgefahren, der untere Kaſten gegen den oberen gedrückt und mit ihm verbunden; der obere Kaſten wird hierauf an den Säulen feſtgeklemmt und die Sandform aus den innen mit ſchräger Fläche verſehenen Kaſten durch den mittleren Preßſtempel mittels einer Unterlage hinausgerückt. Ueber andre Formmaſchinen dieſes Syſtems mit zwei ineinander ſteckenden Kolben bezw. Zylindern oder mit nur einem Zylinder (D.R.P. Nr. 82683), vgl. [1]. — Die Sandformen ohne umſchließende Formkaſten eignen ſich nur für flache Modelle; Modelle, welche einen großen Teil der Preßfläche einnehmen, ſind unzuläſſig, da ſonſt beim Herauspreſſen die Form zerdrückt wird. Der Platzbedarf iſt, wenn nicht ſtändig gegoſſen wird, ein großer, weil die Formen nicht aufeinander geſtellt werden können.

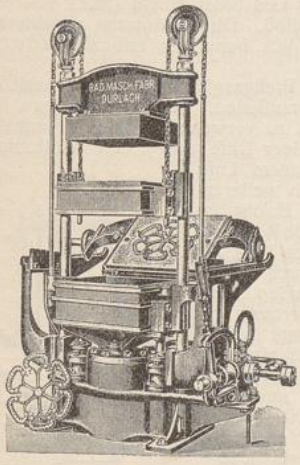


Fig. 14.

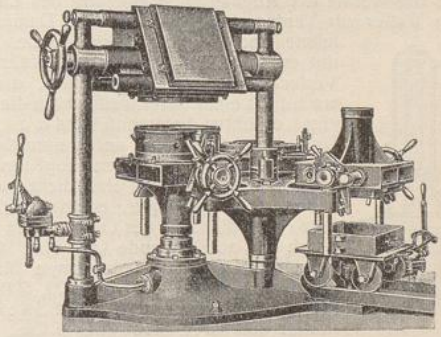


Fig. 13.

Literatur: [1] Fiſcher, Herm., Die Werkzeugmaſchinen, Berlin 1906, Bd. 1, 2. Aufl. — [2] Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1906, S. 1195 und 1237; „Stahl und Eiſen" 1905, S. 1307 und 1362. — [3] Ebend. 1905, Nr. 18.

A. Widmaier.

Preßfutterbereitung, ſ. Enfilage.

Preßgasglühlicht, Gasſtarklichtlampen, bei denen eine gegenüber dem gewöhnlichen Gasglühlicht weſentlich höhere Lichtſtärke bei beſſerer Oekonomie dadurch erzielt wird, daß man ein innigeres Gasluft (Sauerſtoff) gemiſch mit erhöhter Geſchwindigkeit durch den Brenner führt und infolge der durch die beſchleunigte Verbrennung hervorgerufenen ſtärkeren Wärmeentwicklung einen kräftig gewobenen Glühkörper ſtark zum Leuchten bringt.

Zur Erreichung dieſes Zieles wurden folgende Wege eingeſchlagen:

1. Dem unter gewöhnlichem Leitungsdruck (30—40 mm W.S. [Waſſerſäule]) aus der Düſe in das Miſchrohr eintretenden Gasſtrahl wird die Luft infolge des, durch einen der Laterne eigentümlichen hohen Schornſtein hervorgerufenen, verſtärkten Zuges unter höherem Druck zugeführt (Lukaslicht).

2. An Stelle der Luft wird reiner Sauerſtoff verwendet, der unter Ueberdruck in den Miſchraum des Gasbrenners geleitet wird.

3. Das Gas wird unter normalem Druck der Leitung entnommen, in beſonderen Apparatenanlagen auf höheren Druck gebracht und ſodann dem Brenner zugeführt, in dem (wie beim gewöhnlichen Gasglühlicht) der durch die Düſe austretende Strahl die erforderliche Luftmenge mit ſich in das Miſchrohr reißt (Colonia-, Keith-, Millennium- und Pharoslicht).

4. In einer mit der Preßgaslaterne vereinigten oder beſonders aufgeſtellten Druckanlage wird die Luft unter höheren Druck gebracht und dem durch Gas unter gewöhnlichem Druck geſpeiſten Brenner zugeleitet (Kompreſſorlicht, Pharoslicht).

5. Gas wie Luft werden zunächſt innig gemiſcht, gleichzeitig im Kompreſſor auf höheren Druck gebracht und dieſes gepreßte Gasluftgemiſch in die Verteilungsleitung gefandt (Selaslicht).

Die Entwicklung des Preßgasglühlichts [1] iſt auf die Wahrnehmung zurückzuführen, die beim Härten von Glühſtrümpfen gemacht wurde; wenn hier Gas unter erhöhtem Druck zur Anwendung kommt, tritt eine auffallende Steigerung der Lichtſtärke bei nur wenig höherem Gasverbrauch als bei Verwendung desſelben Glühkörpers unter normalem Gasdruck ein. Dieſe Tatſache wurde dann auch bald praktiſch verwertet. Pintſch-Berlin ſtellte zunächſt ein Preßgasglühlicht her, bei dem das Gas mittels eines Waſſerſtrahlgebläſes auf den erforderlichen Druck gebracht wurde; die Regulierung auf konſtanten Hochdruck bei wechſelndem Gasverbrauch bot jedoch große Schwierigkeiten. Salzenberg ſuchte dieſe bei ſeinem Kugellicht dadurch zu überwinden, daß er das Gas zunächſt unter einen Druck von mehreren Atmoſphären brachte und nach Einſchaltung eines ſelbſttätig wirkenden Reduzierventils mit einem auf 1 Atmoſphäre verminderten Gebrauchsdruck arbeitete. Beim Rothgießerſchen Hydropreßgaslicht wurde durch ein Waſſerſtrahlgebläſe aus der Niederdruckleitung Gas in einen Behälter mitgeriſſen und darin derart angeſammelt, daß das Gas unter einem Druck von etwa 1400 mm W.S. ſtand, während das übrige Betriebswaſſer abfloß. Durch Motoren angetriebene Gaspumpen zur Erzeugung eines Ueberdrucks bis 3000 mm WS. benutzten erſtmals Inderau & Cie. in Dresden.

Etwa gleichzeitig mit dieſen Vorläufern des heutigen Preßgasglühlichts wurde auch auf anderm Wege verſucht, brauchbare Gasſtarklichtlampen herzuſtellen. Ingenieur Lukas verſuchte die Wärme der Abgaſe zur Steigerung des Luftdrucks zu verwerten, indem er mit derſelben Waſſer zur Verdampfung brachte, den Dampf aus einer Düſe durch eine Luftkammer leitete und ſo dem Miſchrohr des Gasbrenners Luft mit erhöhter Geſchwindigkeit zuführte. Nach weiteren Verſuchen iſt es ihm gelungen, denſelben Erfolg in weſentlich einfacherer Weiſe durch die ſaugende Wirkung eines erhöhten Laternenſchlots *a* zu erreichen (Fig. 1). Dieſer ſetzt ſich nach unten unmittelbar durch einen, den Glühkörper und Brennerkopf umſchließenden Glaszylinder *b* fort, deſſen Raſt dicht an den Brenner anſchließt. In das lange, eigentümlich geformte Miſchrohr *c* ragt die Düſe des Gasbrenners derart hinein, daß durch das ausſtrömende Gas eine Injektorwirkung zuſtande kommt. Die Lukaslampe für Innen- und Freibeleuchtung wird für 150, 300, 500 und 1000 Kerzen gebaut und von Helbing & Sackewitz in Berlin (früher von C. A. Stobwaſſer & Cie., A.-G.) vertrieben.

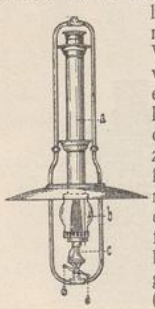


Fig. 1.

Der Gedanke, ſtatt der mit Stickſtoff als Ballaſt beſchwerten Luft reinen Sauerſtoff zur Erhöhung der Lichtſtärke zu verwenden, regte zum Bau von Sauerſtoffbrennern an, die ſich zunächſt an den Brenner des Drummondſchen Kalklichtes und der Knallgasgebläſe anlehnten; die Verſuche hatten nur geringen Erfolg. Neuerdings wurde von A. Nürnberg ein Brenner konſtruiert und von der Deutſchen Nürnberg-Lichtgeſellſchaft m. b. H., Berlin, auf den Markt gebracht, der den früheren Mißſtand des Verſchmorens des Brenners vermeidet (Fig. 2). Das durch die Düſe *a* eintretende Gas entſtrömt dem Brenner durch den ringförmigen Kanal *b*, während der bei *c* mit geringem Ueberdruck eintretende Sauerſtoff durch die außen höher und

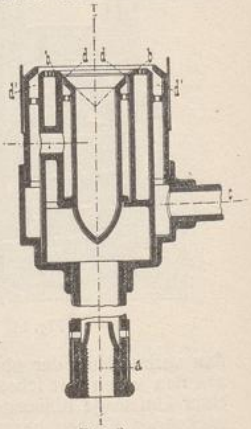


Fig. 2.

innen tiefer liegenden Ringſpalten *d* und *d'* austritt, den Gasmantel von außen und innen umſpielt und von der Brenneroberkante abhebt. Gas und Sauerſtoff werden den Brennern, die für Lichtſtärken von 70—3000 Kerzen mit einem ſtündlichen Verbrauch von je 25 l bezw. je 900 l Gas und Sauerſtoff hergeſtellt werden, in gleichem Verhältnis zugeführt. In einer Hausanlage wird die komprimierten Sauerſtoff enthaltende Stahlflaſche mit einem Reduzierventil an die neben der Gasleitung verlegte Sauerſtoffleitung angeſchloſſen.

Als Preßgasglühlicht im engeren Sinne ſind alle diejenigen Anlagen zu betrachten, bei denen das Gas oder die Luft oder ein Gemiſch dieſer beiden mittels beſonderer, meiſtens zentral aufgeſtellter Apparate auf hohen Druck gebracht und unter dieſem durch Leitungen nach den einzelnen Brennern verteilt wird. Allen dieſen Syſtemen gemeinſam iſt eine von Hand, meiſtens jedoch durch einen Motor angetriebene Kompreſſoranlage und ein Druckregler zum Ausgleich ſtörender, durch wechſelnden Gasverbrauch hervorgerufener Druckſchwankungen. Als Betriebskraft wird in der Regel Waſſer, Gas (im Heißluft- oder Exploſionsmotor) und Elektrizität verwendet. Die Ausführung der einzelnen Preßgasſyſteme iſt jedoch verſchieden.

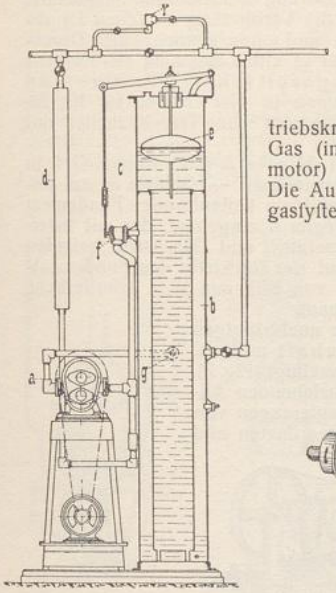


Fig. 3.

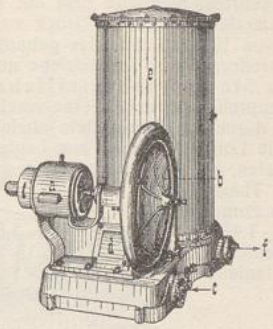


Fig. 4.

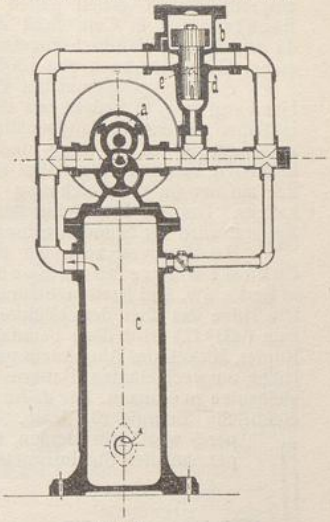


Fig. 5.

Der Apparat der Millenniumlicht-Geſellſchaft m. b. H. in Hamburg (Fig. 3) beſteht für Leiſtungen bis 45 cbm Gas in der Stunde aus einer rotierenden, elektriſch angetriebenen Pumpe *a*, für größere Leiſtungen aus einer doppelt wirkenden Kolbenpumpe, aus dem Gasſammler *b* zur Aufnahme des verdichteten Gaſes, der ſelbſttätigen Reglereinrichtung *c* und einem in die Saugleitung eingeſchalteten Ausgleichsraum *d*. Mit der Inbetriebnahme des Apparates wird das Gas, das die Waſſerſäule bis zur Erreichung des erforderlichen Druckes in die Höhe treibt, bei *g* in den Sammler gedrückt; will nun der Druck höher anſteigen, ſo wird von der Waſſerſäule des Gasſammlers ein Schwimmer *e* betätigt, deſſen Geſtänge auf ein Umlaufventil *f* oder auf die Saugventile (Drehſchieber) der Kolbenpumpe derart wirkt, daß eine weſentliche Druckänderung bei größtem und geringſtem Gasverbrauch vermieden wird. Hört der Preßgasverbrauch auf, ſo läuft die Pumpe leer bezw. fördert das eingeſaugte Gas durch den Umlauf wieder in die Saugleitung zurück. Der zum Ausgleich von Druckunterſchieden früher in die Saugleitung eingebaute Gummibeutel wird neuerdings durch ein erweitertes Rohrſtück *d* erſetzt, das räumlich mindeſtens den doppelten Pumpeninhalt beſitzt. Die Apparate werden für eine Stundenleiſtung von 12—1000 cbm (angeſaugtes) Gas gebaut; ſie arbeiten mit einem Gebrauchsdruck von 1350—1450 mm W.S. Ein Uebertritt des gepreßten Gaſes in die Niederdruckleitung wird durch den Einbau eines Rückſchlagventils *r* verhindert.

Das in England verbreitete, in Deutſchland durch die Deutſche Keith-Licht-Geſellſchaft (Gebr. Hirſch) in Cöln vertriebene Keith-Preßgaslicht beſitzt ebenfalls eine automatiſch arbeitende Kompreſſoranlage. In der durch Vorgelege, Waſſer oder Elektromotor angetriebenen Gaspumpe bewegt ſich der als Glocke ausgebildete Kolben annähernd reibungslos in einem Behälter mit Waſſerabſchluß auf und ab und drückt das Gas durch den Ventilkaſten in den Vorratsbehälter. Die waſſerbetriebenen Maſchinen laufen oder halten von ſelbſt an und regeln ihre Geſchwindigkeit je nach dem Gasverbrauch, während ſich der Waſſerverbrauch ebenfalls im Verhältnis des Gasbedarfs ändert. Bei den übrigen Antriebsarbeiten läuft der Motor mit konſtanter Geſchwindigkeit; der Ueberſchuß an komprimiertem Gas geht durch einen Umlauf zur Einlaßſeite der Pumpe zurück. Eine einfache Bauart weiſt der Gebläſeapparat (Fig. 4) auf. Ein von einem Elektromotor *a* direkt angetriebener Ventilator *b* ſaugt das Gas bei *c* unmittelbar aus der Zuleitung an und preßt es durch den Ventilkaſten *d* in den Druckkeſſel *e*. Bei *f* tritt das Preßgas in die Verteilungsleitung ein. Die Kompreſſoren werden für eine Stundenleiſtung von 4—170 cbm (und mehr) Gas und einen Gasdruck von 200 mm W.S. gebaut.

Ebenfalls einfach konſtruiert iſt der Colonia-Preßgasapparat (Fig. 5). Als Kompreſſor wurde ein gasdichtes rotierendes Gebläſe *a* gewählt, das faſt geräuſchlos arbeitet und

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

beliebigen Antrieb erhalten kann. Zum Gleichhalten des Druckes in der Preßgasleitung bei verfchiedener Inanfpruchnahme des Apparates dient eine Reglereinrichtung *b*, die in eine Umlaufleitung zwifchen Saug- und Druckleitung eingebaut und mit ihrem Fuße auf dem Saugbehälter *c* angebracht ift. In dem gasdicht abgefchloffenen Gehäufe des Reglers befindet fich ein fauber eingefchliffener Kolben *d*, der mit einem dreieckförmigen Kanal *e* verfehen ift. Ift nun der Kompreffor in Betrieb, fo wird diefer Kolben von dem unter ihm eintretenden Preßgas gehoben, da fein Gewicht im Verhältnis zu dem erforderlichen Gasdruck abgeglichen ift. Ueberfteigt diefer Gasdruck nur um ein geringes die normale Höhe, fo wird der Kolben entfprechend gehoben; feine Durchbohrung ftellt damit eine Verbindung zwifchen Druck- und Saugfeite des Gebläfes und damit einen Druckausgleich her. Da die Kolbenbohrung dreieckförmig ausgebildet ift und beim Antrieb zunächft nur die Spitze des Dreiecks die Verbindung zwifchen Druck- und Saugleitung herftellt, gefchieht der Ausgleich allmählich und ohne nennenswerte Druckfchwankungen in der Hochdruckleitung. Ein Führungsftift, der in eine Längsnute des Kolbens eingreift, ficbert diefen gegen Verdrehungen. Die Aktiengefellfchaft für Gas und Elektrizität in Cöln ftellt diefe Colonia-Preßgaseinrichtungen in vier Größen für 10, 20, 45 und 75 cbm ftündlich angefaugtes Gas her; die Anlagen arbeiten ohne Druckbehälter mit einem Gebrauchsdruck von 1300 mm W.S.

Der Preßgasapparat der Pharoslicht-Gefellfchaft (Klatte & Co., Komm.-Gef. in Hamburg) (Fig. 6) befteht aus dem — durch Elektromotor angetriebenen — Gebläfe *a*, das unmittelbar auf das als Saugbehälter *b* und Druckbehälter *c* ausgebildete kaftenförmige Fundament aufgefetzt ift. In die Saug- und Druckleitung ift der Umlaufregler *d* eingebaut, der mit federbelafteten Ventilen ausgeftattet ift. Die Anfchlüffe für den Gaseintritt und Gasaustritt befinden fich auf der (in der Zeichnung abgekehrten) Stirnfeite und auf der Rückfeite des Fundamentkaftens. Der zur Erzeugung des Preßgafes mit einem Druck von 1400 mm W.S. erforderliche Apparat wird für Stundenleiftungen von 10—300 cbm Gas gebaut.

Bei den von zentralen Komprefforanlagen im Betriebe unabhängigen Lukas-Kompreffor lampen der Starklicht-Gefellfchaft m. b. H. in Berlin SW. find Kraftquelle und Kompreffor mit der Laterne vereinigt (Fig. 7). Die Hitze der über dem Glühkörper durch den Schornftein abziehenden Abgafe (600° C.) wird dazu benutzt, die Lötftellen einer aus Legierungen von Kupfer, Nickel und Aluminium gebildeten, bei *a* fternförmig angeordneten und leicht auswechfelbaren Batterie von Thermoelementen zu erhitzen. Die dadurch gewonnene elektrifche Energie (0,2 Volt, 1,25—1,4 Ampère) wird dem kleinen, im Felde eines permanenten Stahlmagneten *b* laufenden

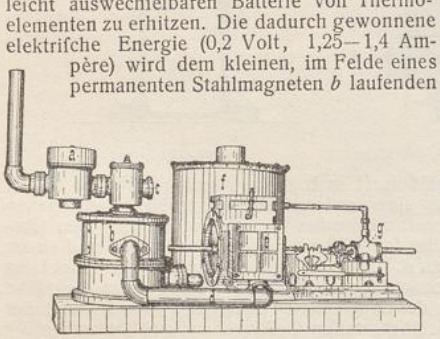


Fig. 8.

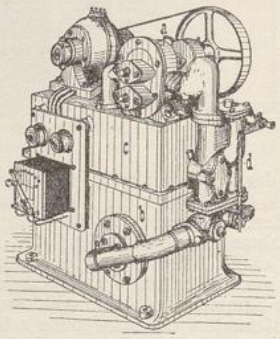


Fig. 6.



Fig. 7.

Anker *c* zugeleitet, auf deffen vertikaler Welle auch die Ventilatorflügel *d* angeordnet find. Motor und Ventilator find leicht zugänglich in die Kapfel *e* eingebaut, die gleichzeitig den Brenner *f* trägt. Das Gas tritt durch die Düfen *g* in den Mifchraum ein. Bei der Inbetriebnahme der Lampe entzündet fich die für einen Stundenverbrauch von 1000 l eingeftellte Flamme an der Zündflamme und brennt zunächft unter dem gewöhnlichen, vom Gaswerk in die Leitung gegebenen Druck. Im Verhältnis der Wärmeabgabe des Brenners an die Thermofäule (deffen außerhalb des Kamins angeordnete Lötftellen von der Außenluft gekühlt werden) fteigert fich die Umdrehungszahl des elektrifch angetriebenen Ventilators (auf etwa 2000 Touren) und damit der Druck und die Gefchwindigkeit der in den Mifchraum des Brenners geförderten Luft; diefe Steigerung, die eine entfprechende Erhöhung der Lichtftärke hervorruft, erreicht einen Höchftwert, der von dem Temperaturunterfchied zwifchen den Heiz- und Kühlenden der Thermofäule beeinflußt wird. Die Lichtftärke der Kompreffor lampe wird auf 1250 Kerzen angegeben. — Unter Umftänden (z. B. beim Anfchluß einzelner Preßgaslampen hoher Lichtftärke an ein älteres Gasrohrnetz, das noch eine Inftallation gewöhnlicher Glühlichtbrenner zu verfor gen hat) kann es vorteilhaft fein, ftatt Preßgas gepreßte Luft in befonderer Leitung den Brennern zuzuführen, die dann ihrerfeits an die unter gewöhnlichem Druck ftehende Gasleitung angefchloffen werden. Diefen Weg geht die Pharoslicht-Gefellfchaft. Die Luft wird in dem bereits befchriebenen Apparat (Fig. 6) gepreßt und den eigens hierzu umgebildeten Invertbrennern zugeführt (vgl. a. Fig. 12). — Die Aufgabe, dem Gafe vor der Verbrennung die erforderliche Luftmenge fo innig beizumifchen, wie es zur Erzeugung möglichft heißer Blauflammen notwendig ift, hat die Aktiengefellfchaft für Selasbeleuchtung in Berlin N. dadurch gelöft, daß fie den Brennern ein in befonderem Apparat erzeugtes Gasluftgemifch (etwa 1 Teil Gas und 1½—2 Teile Luft) unter einem Druck von 250 oder 80 mm W.S. zuführen. Die Firma baut die Kompreffor en für Mitteldruck, und

zwar für 80 mm W.S. mit einer Stundenleiſtung von 5—10 cbm und für 250 mm W.S. mit einer Stundenleiſtung von 10—60 cbm. Vor den mittels Waſſermotor *g* angetriebenen Selasapparat (Fig. 8) wird ein Gasdruckregler *a* zum Ausgleich der etwa in der Gaszuleitung vorhandenen Druckunterſchiede eingebaut. In dem Keſſel *b* vermiſcht ſich das Gas mit der durch den Flanſch *c* eintretenden Luft; in dem oberen Gehäuſe des Miſchkeſſels ſitzt ein entlaſteter Kolbenſchieber, der durch das auf der Saugſeite des Kompreſſors erzeugte Vakuum angehoben wird. Dabei gibt der Schieber je eine Oeffnung für Gas und Luft frei und läßt dieſe in dem Verbrauch entſprechenden Mengen durch die in gleichem Verhältnis veränderlichen Oeffnungen eintreten. Das Gasluftgemiſch wird von dem Kompreſſor *e* durch die gemeinſchaftliche Saugleitung *d* abgeſaugt und nach Verdichtung auf 80 mm W.S. in den Gasbehälter *f* gefördert. Die Glocke des Behälters dient zur Leiſtungsregulierung des mit der Gaspumpe direkt gekuppelten Waſſermotors *g* und betätigt ein in die Waſſerzuleitung eingeſchaltetes Droſſelventil derart, daß ſie in der höchſten Stellung den Waſſerzufluß ganz abſchneidet, während ſie ihn in der tiefſten Stellung vollkommen freigibt. Der ähnlich zuſammengebaute Selasapparat für einen Druck von 250 mm W.S. arbeitet mit einem rotierenden Kompreſſor, deſſen Leiſtungsregelung durch einen in die Umlaufleitung geſchalteten Schieber bewirkt wird. Selasapparate können unter Weglaſſung der Miſchvorrichtung auch zu reinem Preßgasbetrieb Verwendung finden.

Der Kraftbedarf zum Antrieb der Gebläſe und Pumpen ſtellt ſich bei Mitteldruckanlagen auf $^1/_{10}$—1 PS. zur Preſſung von 10 bezw. 150 cbm Gas in einer Stunde; ein Waſſermotor braucht bei 2—5 Atmoſphären 5—7,5 cbm Waſſer zur ſtündlichen Verdichtung von 5—10 cbm Gas. Hochdruckapparate bedürfen je nach dem Syſtem 0,15—2 PS. pro Stunde zum Preſſen von 10—500 cbm Gas. Der Kraftbedarf der Pumpen bleibt annähernd gleich, einerlei, ob viel oder wenig Gas verbraucht wird, nur beim Waſſermotor paßt ſich der Waſſerbedarf dem Gasverbrauch einigermaßen an. Zur Feſtſtellung des Preßgasdruckes werden Queckſilbermanometer benutzt; 1000 mm W.S. entſprechen 1359 mm *Hg* (Queckſilberſäule).

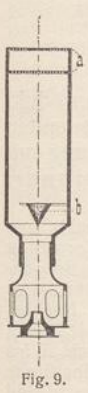


Fig. 9.

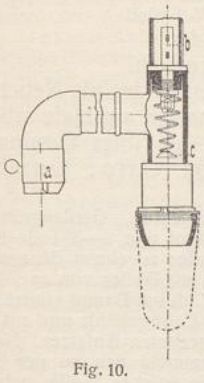


Fig. 10.

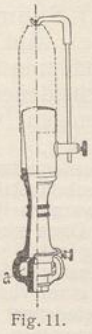


Fig. 11.

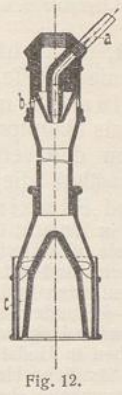


Fig. 12.



Fig. 13.

Die Bauart der ſtehenden und invertierten **Preßgasbrenner** lehnt ſich im allgemeinen an die der normalen Gasglühlichtbrenner an, die jedoch im vergrößerten Miſchraum und in der Ausbildung des Brennerkopfes eine Aenderung erfährt. Die Düſen werden mit unveränderlicher Bohrung geliefert, nur die Luftzufuhr iſt bei einigen Brennern regulierbar. Für kleinere Lichtſtärken bis 300 Hefnerkerzen eignen ſich am beſten Mitteldruckanlagen (die aber auch für große Brenner gut brauchbar ſind), für Hochdruckeinrichtungen arbeiten nur Brenner über 300 Hefnerkerzen mit guter Oekonomie. Stehende Preßgasbrenner verbrauchen 0,9—0,7 l, Invertbrenner 0,8—0,65 l angeſaugtes Gas für 1 Kerzenſtunde.

Der Millenniumbrenner (Fig. 9) mit Doppelſieb *a* und Verteilungskegel *b* im Miſchrohr wird für 100—2500 Hefnerkerzen, der Invertbrenner (Fig. 10) mit ſeitlicher, verſtellbarer Luftzufuhr *a*, Schmutzfänger *b* über der Gasdüſe und federnd eingeſetztem Verteilungskegel *c* für 500—2000 Hefnerkerzen gebaut. Die Keithſchen Mitteldruckvertikalbrenner (Fig. 11) mit beſonders durchgebildeter Luftregulierung *a* werden für 185, 370 und 1250 Hefnerkerzen, die Invertbrenner für 60, 110—800 Hefnerkerzen geliefert. Einen ſiebloſen Pharosbrenner für Invertlampen ſtellt Fig. 12 dar. Die Preßluft tritt durch das Anſchlußrohr *a* ein und reißt das Gas durch die Düſe *b* an, deren Querſchnitt veränderlich iſt; im Brennkopf tritt das Gasluftgemiſch durch eine große Anzahl ringförmig angeordneter Röhrchen *c* unter den Glühkörper. Stehende wie Invertbrenner (letztere auch für Preßgas) werden in ſieben Größen für Lichtſtärken von 100—1500 Kerzen hergeſtellt. Der Coloniaapparat ſpeiſt ebenfalls ſtehende und invertierte Brenner (Fig. 13) mit 100 bezw. bis 2000 Kerzen; kleinere Invertbrenner mit 100 Kerzen können nach Einſchalten eines Reduzierventils (1300 : 80 mm W.S.) an die Hochdruckleitung angeſchloſſen werden. Bei den Selasbrennern, deren Lichtſtärke ſich beim ſtehenden Brenner zwiſchen 30 und 2500 Kerzen und beim hängenden Glühlicht zwiſchen 25 und 1500 Kerzen verändern läßt, iſt die Zuführung der weiter erforderlichen Miſchluft entſprechend der bereits mit dem Gas vermiſchten Primärluft verringert.

Die **Glühkörper** werden aus äußerſt kräftigem, ſtark imprägniertem Baumwollgewebe hergeſtellt; auch doppelte Glühkörper finden Verwendung. Ihre Brenndauer beträgt 150—500 Stunden. Das Abbrennen und Härten der Preßgasglühkörper findet meiſtens erſt kurz vor dem Gebrauch ſtatt. Glaszylinder ſind, ausgenommen bei der Lukaslampe, nicht erforderlich. Glühkörperträger müſſen aus hitzebeſtändigem Material angefertigt ſein; ſolche aus Metall werden außerdem an gefährdeten Stellen iſolierend verkleidet (Fig. 11).

Die größeren Brenner der Preßgaslampen ſind ausſchließlich mit Zündflamme verſehen, die nach Abſtellen der Preßgaszuleitung durch Gas unter normalem Druck geſpeiſt werden. Die Druckſtufe zwiſchen letzterem und dem Preßgasdruck wird mit Vorteil zur Betätigung von

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Membranefernzündern (Fig. 14) benutzt. Unter gewöhnlichem Druck ist beim Pharosfernzünder die Brennerzuleitung *a* bei *b* abgeschlossen und nur die Zündflammenleitung *c* freigegeben; nach Eintritt des Preßgases schließt die Membran *d* letztere ab und ermöglicht den Durchgang zum Preßgasbrenner. Die übrigen Preßgassysteme benutzen ähnlich gebaute Fernzünder.

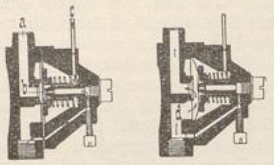


Fig. 14.

Die Laternen für stehende und invertierte Preßgasbrenner, und zwar sowohl für direkte wie indirekte Beleuchtung, lehnen sich an die Ausführungsformen bei gewöhnlichem Gasglühlicht an; sie sind der größeren Hitzeentwicklung der Brenner wegen entsprechend weit gehalten und zur Aufnahme von Einzel- und Gruppenbrennern bis 5000 Kerzen geeignet. Fig. 15 stellt eine Selasinvertlampe für 1500 Kerzen dar. Mitteldruckpreßgasbrenner gestatten in Einzelanlagen wirtschaftlichen Ersatz des normalen Gasglühlichts. Hochdruckanlagen finden ihr Verwendungsgebiet zur Beleuchtung großer Flächen, wie Hallen, Straßen, Bahnhöfe u. a. m.



Fig. 15.

Literatur: Böhm, C. R., Das Gasglühlicht, Leipzig 1905; Zeitschr. für Beleuchtungswesen, Berlin. Weitere Literatur s. unter Gasglühlicht, Bd. 4, S. 294. *H. Weber.*

Preßglanz (Speckglanz), s. Tuchfabrikation.

Preßhammer, s. v. w. Schmiedepresse, s. Schmieden.

Preßhefe (Pfundhefe, Pfundbärme), wird entweder als Nebenprodukt in der Branntweinbrennerei oder als Hauptprodukt in speziell auf Hefe arbeitenden Preßhefefabriken gewonnen. Von den verschiedenen bei ihrer Gewinnung angewendeten Verfahren seien erwähnt diejenigen von Otto, Gumbinner, Leucht, Kramer, Zettler und Kletzinsky.

Als Ausgangsmaterial kommen in Betracht Gerstenluftmalzschrot, Gerstengrünmalz und Kornschrot. Es werden 1 Teil Grünmalz oder Gerstenluftmalzschrot und 2—3 Teile Kornschrot gemischt, in einen Maischbottich gebracht und mit warmem Wasser zu einem dünnen Brei angerührt, so daß keine Klumpen darin enthalten sind. Dann wird mit Wasser von ca. 70° C. nach und nach verdünnt und die Maische 3—4 Stunden lang auf 65° C. durch Dampf erhitzt. Nachher wird im Verlauf von weiteren 4—5 Stunden langsam auf ca. 25° C. abgekühlt und auf je 100 kg Getreideschrot 1 kg Mutterhefe zugegeben in Gestalt eines vorbereiteten Ansatzes. Nach 20 bis 30 Stunden ist die Maische reif, d. h. sämtliche Hefeteilchen sammeln sich an der Oberfläche des Bottichs an, werden mit einer Schaumkelle abgenommen, in frisches Wasser gebracht und die Spelzen durch ein Sieb entfernt. Die Hefe wird alsdann noch zwei- bis dreimal mit Wasser gewaschen und setzt sich jeweils am Boden fest. Nachdem man sie noch entwässert hat, kommt sie in die Presse. Aus 100 kg Getreideschrot lassen sich so ca. 10 kg sogenannte Mutterhefe gewinnen. Um die Hefe zu billigem Preis verkaufen zu können, wird sie meist mit Stärkemehl vermengt oder mit gereinigter Brennereihefe, dem Nebenprodukt der Spiritusfabrikation, vermischt. Zum Schluß wird das Produkt in besonderen Teilmaschinen geteilt und in Formmaschinen in $^1/_2$ kg schwere Stücke geformt. Für die Aufbewahrung sind kühle, trockene Orte zu wählen.

Literatur: Schönberg, Handbuch der Preßhefenfabrikation, Wien 1878; Dusch, Handbuch der Preßhefenfabrikation, Berlin 1888; Marquard, Die Pfund- oder Preßhefe, Weimar 1895. *Metzger.*

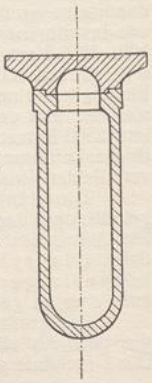
Pression, s. Baumwollspinnerei, Bd. 1, S. 608.

Pressionsführung, die Führung der Geschosse im Geschützrohr (s. Munition).

Preßkohle, s. Brennstoffe, Brikettieren.

Preßkolben wirken entweder in hydraulischen Pressen oder als Pumpenkolben (s. d.) für Hochdruck, oder sie drücken in Pressen auf eine knetbare Masse.

Als Tauchkolben bilden sie einen abgedrehten Zylinder, der in dem ausgebohrten Teile des Preßzylinders (s. d.) geführt wird, und tragen einen Preßkopf, Kreuzkopf oder Kolbenstangenanschluß und bei liegenden oder hängenden Pressen eine Rückzugvorrichtung. Diese greift entweder außen an mit Kettenzügen und Gegengewicht oder mit Stangen von Rückzugzylindern oder wirkt innen durch Wasserdruck auf eine Kolbenringfläche im Haupt- oder Nebenzylinder.



Die Berechnung betrifft außer der Druck- (und Knick-)beanspruchung des Kolbenquerschnittes auch die Spannungen in der Wandung von hohlen Kolben (s. die Figur). Setzt man in der einfachen Formel (vgl. Bd. 5, S. 105) $\delta/R = p/s$ die Spannung s mit dem Druck p veränderlich, etwa $s = \sqrt{1000\,p}$ für Gußeisen und Bronze, so erhält man $\delta/R = \sqrt{p/1000}$ und hierzu die theoretische Druckspannung (Bd. 5, S. 106) $k = 1700/(2\,R/\delta - 1)$; z. B. für

$p =$	10	50	250	540 Atmosphären
$\delta/R =$	0,10	0,22	0,50	0,67 kg/qcm und
$k =$	90	210	570	850

Für Stahl kann die Spannung doppelt so hoch sein. Die berechnete Wandstärke erhält gegebenenfalls einen Zuschlag bis 1 cm. Ein massiver Stahlkolben

mit schräg gegen die Zylinderwand anliegenden Lederstulpen für 6000 Atmosphären ist in der Zeitschr. des Ver. deutsch. Ing. 1901, S. 625, dargestellt. *Lindner.*

Preßkopf, s. Stanzen, Ziehen.

Preßkuchen, Preßling, im allgemeinen, die bei der Abscheidung von Flüssigkeiten durch Pressung in der Presse zurückbleibenden Rückstände (vgl. Filterpressen, Bd. 4, S. 35, Oelfabrikation, Bd. 6, S. 763, Saftpressen).

Preßluft (Druckluft) ist mit Hilfe von Gebläsen (s. Bd. 4, S. 327) verdichtete Luft.

Für die Erzeugung von Preßluft höheren Drucks dienen nur die Luftkompressoren (s. Bd. 6, S. 248 und [1], ferner Kraftübertragung, pneumatische [Bd. 5, S. 659]), und ausnahmsweise die Wasserstrahlgebläse (s. Strahlapparate und [2], [3]). Vergleich über die Wirtschaftlichkeit beider in [3]. — Die Luftkompressoren werden feststehend oder — zwecks Erzeugung von Druckluft an beliebiger Stelle — fahrbar gebaut, wobei im letzteren Fall der Betrieb in der Regel mit Hilfe von Verbrennungsmotoren erfolgt. In einzelnen Fällen wird die Preßluft in Behältern (Kesseln, Stahlflaschen) aufgespeichert und unabhängig von der Erzeugungsstelle zur Verwendung gebracht.

Die Verwendung der Preßluft ist eine sehr vielseitige, wie aus nachstehend alphabetisch geordneter Aufstellung ersichtlich ist. Sie dient zum Betrieb der Abklopfer (Abklopfhämmer zum Entfernen von Kesselstein, Farbresten, Oxydschichten), s. Druckluftwerkzeuge, Bd. 3, S. 131, Fig. 11 a; zum Anlassen der Verbrennungsmotoren, s. Verbrennungsmotoren und [4]; zum Anstreichen (Bemalen, Lackieren, Spritzen, Tünchen), s. Luftpinsel, Zerstäubungsvorrichtungen und [5]; zum Ausblasen von Bohrungen [12]; zum Betrieb der Preßluftbohrmaschinen zum Bohren, Aufreiben u. s. w. für Metall und Holz, s. Druckluftwerkzeuge, Bd. 3, S. 132, Fig. 12 und [5], für Gestein, Kohle u. s. w., s. Bohr- und Sprengarbeit, Bd. 2, S. 207 ff.; zum Betrieb von Bremsen (für Eisenbahn- und Straßenbahnfahrzeuge, s. Bremsen, Bd. 2, S. 265); zum Durchlüften von Wasser (beim Fischtransport) [6], bei der Enteisenung des Wassers, s. [6] und Wasserreinigung; bei Feuerstätten und Oefen als Verbrennungsluft, s. Oefen für technische Zwecke, Bd. 6, S. 735; zum Betrieb von Formmaschinen (Pressen, Abheben, Losklopfen und Abblasen der Modelle, s. Preßformmaschinen, S. 220; zur Getreide-, Späne- u. s. w. -förderung, s. Druckluftförderer, Bd. 3, S. 125 ff.; zur Gründung, s. Preßluftgründung, S. 230; zum Betrieb von Hämmern (Preßlufthandhämmer), zum Meißeln, Verstemmen, Putzen von Gußstücken u. s. w., s. Druckluftwerkzeuge, Bd. 3, S. 129 ff., und [5], [7]; Fallhämmer, ebend., S. 132, Fig. 13 und 14; mit Preßluft betriebene Dampfhämmer, s. Hammer, Bd. 4, S. 766, und [8]; Preßluftniethämmer und -schlagnietmaschinen, s. Druckluftwerkzeuge, Bd. 3, S. 128, und Nieten, Bd. 6, S. 616; beim Härten der Werkzeuge, s. Bd. 4, S. 745; zum Betrieb von Hebezeugen, s. Druckluftwerkzeuge, Bd. 3, S. 132, Fig. 15, und [12]; zum Heben von Wasser und andern Flüssigkeiten (Sand, Schlamm), s. Mammutpumpen unter Pumpen und [9]; zur Betätigung von Kupplungen, s. [10]; zum Betrieb von feuerlosen Lokomotiven, s. [11]; zum Mischen (Umrühren), s. Rührwerke; zum Betrieb von (Luft-) Motoren, s. Kraftübertragung, pneumatische, Bd. 5, S. 659; zum Betrieb von Nietmaschinen, s. Nieten, Bd. 6, S. 616 ff.; zum Betrieb von Pressen im allgemeinen, s. S. 213; bei Rohrpostanlagen, s. d.; zum Betrieb von Rohrreinigungsapparaten; bei Sandsieben (zum Schütteln); zum Betrieb von Sandstrahlgebläsen (s. d.); zum Scheiden (Sichten, Separieren, Trennen) von Materialien verschiedener Größe u. s. w., s. Getreideschleuder, Windseparation; zum Betrieb von kleinen Schleif- und Poliermaschinen, s. Schleifen; zum Betrieb von Stampfapparaten für Formsand, Beton, Erde u. s. w., s. Stampfapparat; bei Torpedos (s. d.); bei Unterseeboten (s. d.) und bei Atmungsapparaten (s. d.) als Atemluft; für Unterwassersignale s. [15]; bei Werkzeugmaschinen zum Wegblasen der Späne [12], zur Umsteuerung [10], zum Vorschub u. s. w., zum Einspannen der Arbeitsstücke oder der Werkzeuge; zur Ventilation, s. Lüftung geschlossener Räume; zum Betrieb der Vibratoren, s. Druckluftwerkzeuge, Bd. 3, S. 131; zur Betätigung der Preßluftzangen, s. Zange; u. s. w. — Ueber die Wirtschaftlichkeit von Preßluftwerkzeugen in Kesselfabriken u. s. w. gegenüber Handarbeit vgl. [5], [13], [14]. — Ueber Preßlufteinrichtungen in Werkstätten, s. [5], [12].

Literatur: [1] Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1908, S. 208 und 479. — [2] Ebend. 1907, S. 915. — [3] Ebend. 1908, S. 895; „Glückauf" 1908, S. 375/79 (Hydraulische Luftkompressionsanlage der K. Berginspektion Claustal). — [4] Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1908, S. 575 (Das Anlassen der Verbrennungskraftmaschinen). — [5] Ebend. 1905, S. 1757 (Ueber die Verwendung von Preßluftwerkzeugen in Brücken- und Eisenhochbauwerkstätten). — [6] Werkstattechnik 1907, S. 519 (Preßluft, eine Schwester der Elektrizität). — [7] Möller, Paul, Untersuchungen an Drucklufthämmern (Doktordissertation, Berlin 1906, und Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1906, S. 1150.) — [8] Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1907, S. 676 (Der große Drucklufthammer in den Terni-Stahlwerken). — [9] Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1908, S. 366 und 388 (Mammutpumpen); Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1906, S. 2062, 2093, 2096 (Die Wirkungsweise der Preßluftpumpen); Ebend. 1904, S. 1080; 1901, S. 1756; 1898, S. 981; 1896, S. 996. — [10] Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1904, S. 1331 (Druckluftumkehrkupplung an Hobelmaschinen); ebend. 1907, S. 198. — [11] American Machinist 1908, S. 633/40 (Preßluftlokomotive für 70 Atmosphären Betriebsdruck); „Stahl und Eisen" 1894, S. 886. — [12] Möller, Paul, Aus der amerikanischen Werkstattpraxis, Berlin 1904, S. 66 ff. (Sonderabdruck aus der Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1904, S. 185 ff.). — [13] Glasers Annalen 1904, S 73, 137, 157 (Betriebskosten von Preßluftwerkzeugen). — [14] Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1907, S. 1148 (Die wirtschaftliche Bedeutung der Preßluftwerkzeuge). — [15] Ebend., S. 1402. — S. a. Literatur bei Kraftübertragung, pneumatische, Bd. 6, S. 661. *A. Widmaier.*

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Preßluftgründung, im allgemeinen, das Fundationsverfahren, bei dem Preßluft in einen im Waſſer ſtehenden, unten offenen, ſonſt allſeitig geſchloſſenen Kaſten gepumpt wird, um denſelben trockenzulegen, und in den Arbeiter durch Luftſchleuſen eintreten, um dort Gründungsarbeiten vorzunehmen.

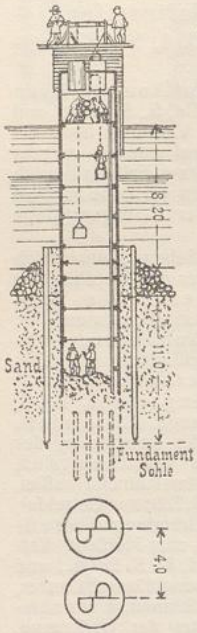


Fig. 1. Röhrenfundation (Szegedin).

Das Verfahren wurde zuerſt im November 1841 durch den franzöſiſchen Mineningenieur Triger in einem Berichte deutlich beſchrieben, den er an die „Académie des Sciences" in Paris gerichtet hat. Urſprünglich benutzte man als Käſten gußeiſerne Röhren, die unten offen, oben durch Luftſchleuſen geſchloſſen waren, welch letztere nicht nur den Durchgang der Arbeiter von der freien Luft in die mit Preßluft gefüllten Röhren und umgekehrt deren Austritt aus der Preßluft ins Freie zuließen, ſondern durch die man auch den Aushub in Kübeln in die Luftſchleuſen heben und ins Freie fördern konnte (Fig. 1). Die Röhren drangen infolge der Ausgrabung und durch ihr Eigengewicht nebſt zuſätzlicher Belaſtung in den Boden ein, wodurch es möglich wurde, auf feſten Baugrund zu gelangen und dann, ebenfalls durch die Luftſchleuſen, Beton in die Röhren einzubringen und ſie damit auszufüllen. — Zwei oder mehr ſolcher Röhren lieferten meiſt direkt den Stützpunkt eiſerner Brückenträger, doch verband man auch wohl ganze Gruppen ſolcher Röhren unter dem tiefſten Waſſerſtand der zu überbrückenden Waſſertiefe mittels Gewölben und erbaute auf denſelben ſteinerne Pfeiler. — Da die Geradeführung ſolcher Röhren beim Eingraben mit Schwierigkeiten verbunden war und dieſelben ihrer geringen Stabilität wegen in kolkenden Flüſſen bloß eine begrenzte Sicherheit boten, iſt dieſes Verfahren heute auf die Herſtellung von Brunnen für Waſſerleitungszwecke beſchränkt. Man ging bald zur Erſtellung von eiſernen Käſten über, deren Oberfläche meiſt genau ſo groß erſtellt wird als das Fundament, deſſen man bedarf. Dieſe Käſten (Arbeitskammern, Fig. 2) erhalten eine Höhe von 1,80—2,50 m und eine Decke aus kräftigen eiſernen Balken, die gegen die Seitenwandungen abgeſteift ſind. Auf die Decke wird direkt das Fundamentmauerwerk aufgeſetzt. Die Käſten werden ſamt dem Mauerwerk, das ſie tragen, bei großer Waſſertiefe von feſten oder ſchwimmenden Gerüſten aus mit Hängeketten oder Schrauben allmählich auf die Flußſohle hinuntergelaſſen. Zur Vermeidung allzu ſtarker Belaſtung der Rüſtung werden die Wandbleche der Arbeitskammer oberhalb deren Decke bis über den Waſſerſpiegel verlängert und damit ein oben offener Schwimmer geſchaffen, der das Mauerwerk aufnimmt. In der Decke der Arbeitskammer werden eiſerne Röhren von ungefähr 1,05 m Durchmeſſer aufgeſtellt, auf welche die Luftſchleuſen zu ſitzen kommen. Die Käſten werden ſamt dem Mauerwerk, das ſie tragen, durch Ausgraben des Untergrundes und deſſen Förderung ins Freie allmählich bis auf den guten Baugrund eingegraben und alsdann mit Beton oder Mauerwerk ausgefüllt. Schließlich ſchraubt man auch die aufgeſetzten Steig- und Förderröhren los und füllt den Raum, den ſie im Mauerwerk einnahmen, ebenfalls mit ſolchem aus, ſo daß das Fundament aus einem kompakten Mauerklotze beſteht, in dem die eiſerne Arbeitskammer eingemauert iſt. Der Blechmantel, der das ganze Mauerwerk umhüllt, und der den oben erwähnten Schwimmer gebildet hatte, trägt beim Eingraben dazu bei, die Reibung des Fundamentkörpers gegen den zu durchfahrenden Boden zu vermeiden.

Während man die Preßluftgründung urſprünglich beinahe ausſchließlich zur Fundierung von Brückenpfeilern verwendet hatte, wird dieſelbe heute durch **Aneinanderreihen zahlreicher**

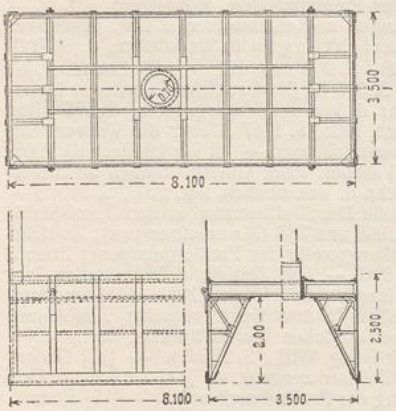


Fig. 2. Eiſerner Caiſſon (Reußbrücke, Luzern).

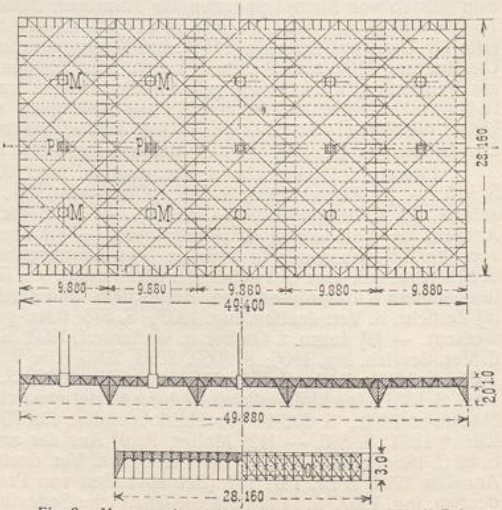


Fig. 3. Mauerwerkscaiſſon (Sifon von Cavanella di Po). *P* Perſonenſchleuſen. *M* Materialſchleuſen.

Mauerkörper zur Erſtellung von Wehren, Kaimauern, Schleuſen und Trockendocks verwendet. Gleichzeitig iſt man beſtrebt, den Verbrauch des Eiſens zu den Arbeitskammern und Mantelblechen möglichſt zu beſchränken. Zuerſt hat man in Amerika das Eiſen durch Holz zu erſetzen geſucht, kam aber raſch davon zurück. Erfolgreicher waren die Beſtrebungen, die Arbeitskammern, geſtützt auf die Fortſchritte in Erſtellung guter Bindemittel, ſoviel als möglich in Mauerwerk auszuführen. Bei Fundamenten großer Ausdehnung wird zu dieſem Zwecke die Verſteifung und Abdichtung der Decke der Arbeitskammer mit Weglaſſung eiſerner Bleche durch Gewölbe aus Beton bewirkt, die zwiſchen die Deckenbalken eingegoſſen und unten mit einem Verputz verſehen werden (Fig. 3). Bei kleineren Fundamenten werden die Wände ſowohl als die Decke aus Beton gegoſſen, und man beſchränkt das Eiſen auf einen Schling zum Schutze des Fußes der Arbeitskammer (Fig. 4 und 4 a).

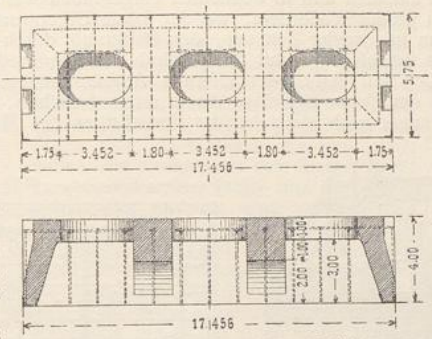


Fig. 4. Mauerwerkscaiſſon (Cadiz).

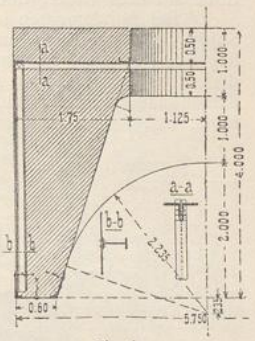


Fig. 4a.

Armiert man den Beton der Seitenwände und der Decke mit Eiſeneinlagen ſo gelingt es, die Arbeitskammern auch größerer Fundamentkörper ohne eiſerne Kaſten bloß aus Mauerwerk zu erſtellen. Das Verfahren wurde in neueſter Zeit bei größeren Bauwerken mit vollſtändigem Erfolg angewendet und empfiehlt ſich überall dort, wo es möglich iſt, den Fundamentkörper vor der Verſenkung auf feſtem Boden aufzubauen, ſo z. B. bei Widerlagern von Brücken

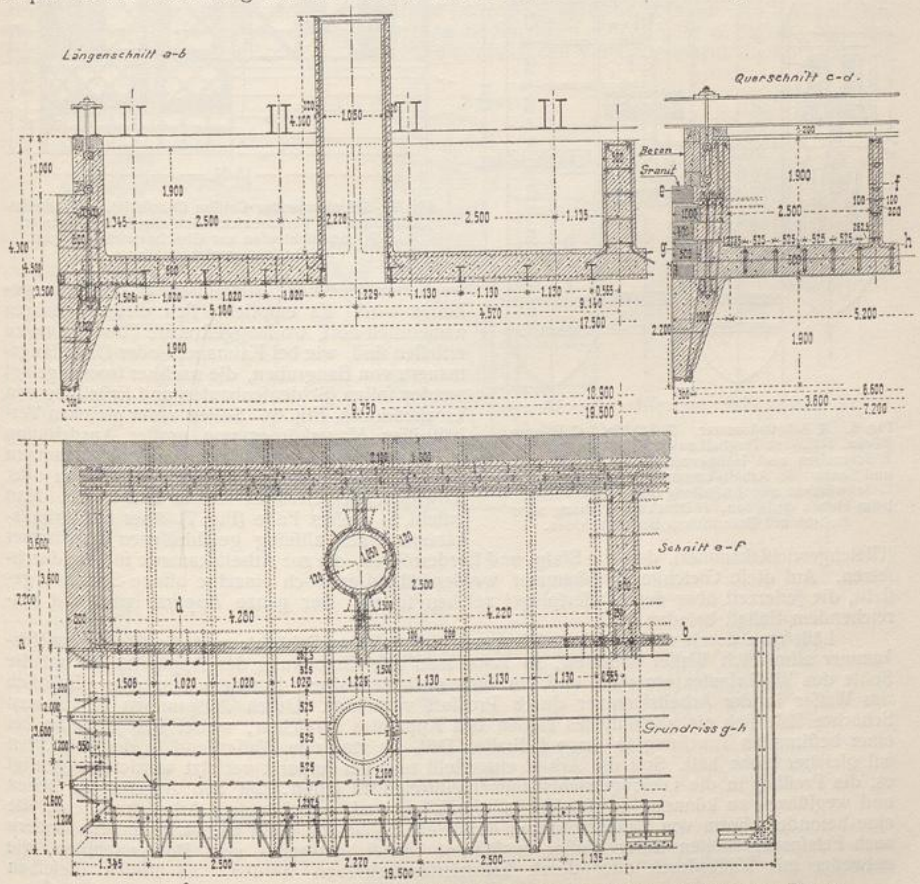
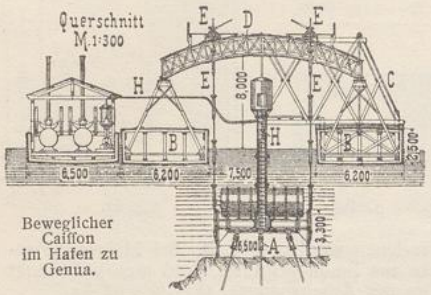


Fig. 5. Caiſſon aus armiertem Beton mit Granitverkleidung zur neuen Jetée des Hafens von Dieppe.

oder Kaibauten. In neueſter Zeit wurden beim Hafenbau Fundamentkörper aus armiertem Mauerwerk ſamt ihrer Granitverkleidung in Trockendocks aufgemauert und nach ihrer Erhärtung bei Flut mit Hilfe hölzerner Schwimmer an die Verwendungsſtelle geſchwemmt, wo ſie bei Ebbe auf dem Untergrund auffaßen und in demſelben eingegraben werden konnten (Fig. 5).

Bei Fundamenten in großer Waſſertiefe, wo der ſolide Untergrund ſich untief unter der Sohle vorfindet, zieht man in neueſter Zeit vor, den Baugrund durch Baggerung des überliegenden lockeren Bodens freizulegen, ſomit den Aushub nicht in Preßluft zu vollziehen. In dieſem Falle erſpart man ſich den Verluſt der eiſernen Arbeitskammer, wenn man das Fundamentmauerwerk ſtatt auf der Decke derſelben direkt unter derſelben, ſomit in Preßluft ausführt, wobei die Arbeitskammer nach Maßgabe des Fortſchrittes der Mauerung, meiſt an be-



Beweglicher Caiſſon im Hafen zu Genua.

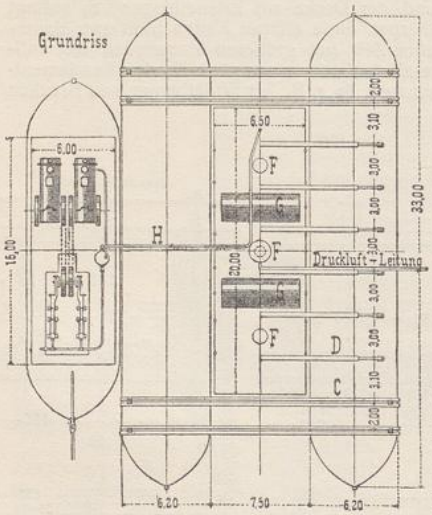
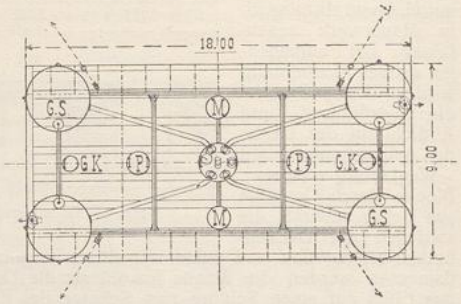


Fig. 6. *A* Arbeitskammer. *B* Schiffe. *C* Eiſerne Böcke. *D* Eiſerne Tragbalken des Schwimmgerüſtes. *E* Schrauben und Hängevorrichtung zum Heben und Senken der Arbeitskammer. *F* Steigeſchächte. *G* Schwimmer zur Entlaſtung der Arbeitskammer beim Heben derſelben. *H* Druckwaſſerleitung zum Bohren mit Brandtſchen Bohrmaſchinen.



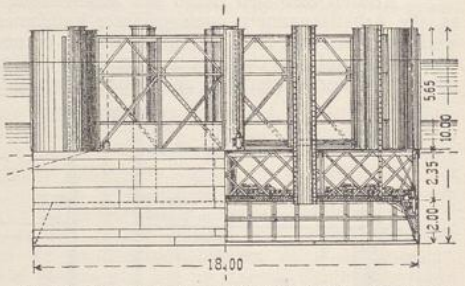


Fig. 7. Schwimmender Caiſſon (Marſeille). *M* Materialſchleuſen. *P* Perſonenſchleuſen zur Arbeitskammer. *GK* Perſonenſchleuſen zur Gleichgewichtskammer. *GS* Gleichgewichtsſchächte.

weglichen Gerüſten, allmählich in die Höhe gehoben wird. Es empfiehlt ſich dieſes Verfahren namentlich dort, wo langgeſtreckte Fundamente zu erſtellen ſind, wie bei Kaimauern oder Umfaſſungsmauern von Baugruben, die nachher trockengelegt werden ſollen (Schleuſenbauten und Erſtellung von Trockendocks, Fig. 6). Sollen unter gleichen Verhältniſſen Mauerkörper von großer Ausdehnung erſtellt werden, ſo laſſen ſich die Arbeitskammern ihrer Abmeſſung wegen nicht mehr an feſten oder ſchwimmenden Gerüſten ſenken und heben. Man erſtellt in dieſem Falle (Fig. 7) über der Arbeitskammer einen allſeitig geſchloſſenen Schwimmer (Gleichgewichtskammer), den die Steig- und Förderröhren, die zur Arbeitskammer führen, durchſetzen. Auf dieſe Gleichgewichtskammer werden überdies noch einzelne offene Schächte geſtellt, die jederzeit über den Waſſerſpiegel reichen ſollen. Der ganze Apparat wird mit hinreichendem Ballaſt beladen.

Läßt man durch verſchließbare Klappen in die offenen Schächte und die Gleichgewichtskammer allmählich Waſſer eintreten, ſo kann man die Einſenkung des Apparates bis auf die Sohle des Waſſerlaufes erwirken und ihn dort auch feſthalten, trotzdem man nun allmählich das Waſſer in der Arbeitskammer durch Preßluft verdrängt. Durch Auspumpen der offenen Schächte läßt ſich ein allmähliches Heben des Apparates erreichen, wobei ſich derſelbe bei einer beſtimmten Tauchung ſo lange feſthalten läßt, als man den Waſſerſtand in den Schächten auf gleicher Höhe hält. Soll die Arbeit eingeſtellt und der Apparat verſetzt werden, ſo genügt es, die Preßluft in die Gleichgewichtskammer eintreten zu laſſen, um den Apparat zu heben und wegführen zu können. In ſolchen automobilen und aufgehängten Arbeitskammern, die eine beſondere Form von Taucherglocken darſtellen, laſſen ſich nicht nur Mauerungen, ſondern auch Felsſprengarbeiten unter Waſſer ausführen. Dabei verwendet man Bohrmaſchinen, die entweder mit Waſſerdruck oder durch Elektrizität betrieben werden. Es finden dieſelben

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

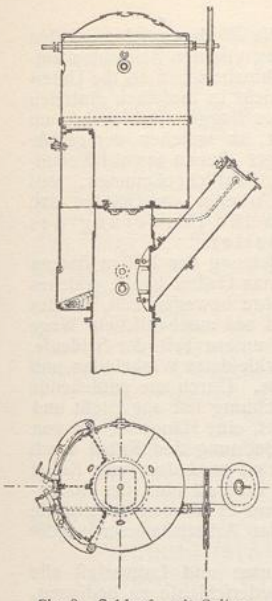


Fig. 8. Schleuse mit Seitenkammer.

namentlich beim „Bau am Meere", d. h. zur Erstellung von Kaimauern, Schleusen und Trockendocks in offenen Häfen Verwendung.

Nicht nur der Bau der Arbeitskammern hat sich allmählich vervollkommnet, sondern auch die Vorrichtung zur Förderung des Aushubes an die freie Luft. Die **Luftschleusen,** welche anfänglich in einem Raume bestanden, der mit zwei Türen versehen war, von denen die eine nach außen, die andre nach dem Steigeschacht zur Arbeitskammer führte und von denen gleichzeitig nur die eine geöffnet sein konnte, genau wie bei den Toren einer Kammerschleuse, und die gleichzeitig sowohl zum Ein- und Aussteigen der Arbeiter als auch zum Durchschleusen des Aushubes dienten, erhielten bald mehrere Kammern, die gegen einen Raum führen, der stets mit den Steigröhren in Verbindung steht. Man gewann damit den Vorteil, in diesem Raume den Aufzug des Aushubes ununterbrochen mit Hilfe einer mechanisch betriebenen Winde bewerkstelligen zu können und abwechslungsweise die eine Schleusenkammer mit dem Aushubmaterial zu füllen, währenddem die andre ihre Füllung nach außen entleert. Die Anordnung dieser verschiedenen Schleusenkammern und die mechanische Hebevorrichtung unterscheiden einzig die zahlreichen bestehenden Luftschleusensysteme. Zum größten Teil vollzieht sich der Aufzug in Kübeln, deren Inhalt oben in die Kammern entleert wird (s. Fig. 8). Man hat indes schon bald nach Einführung der Preßluftgründungen den Versuch gemacht, die Luftschleusen

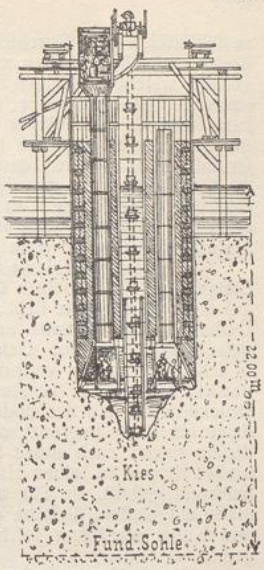


Fig. 9. Baggereinrichtung (Kehl).

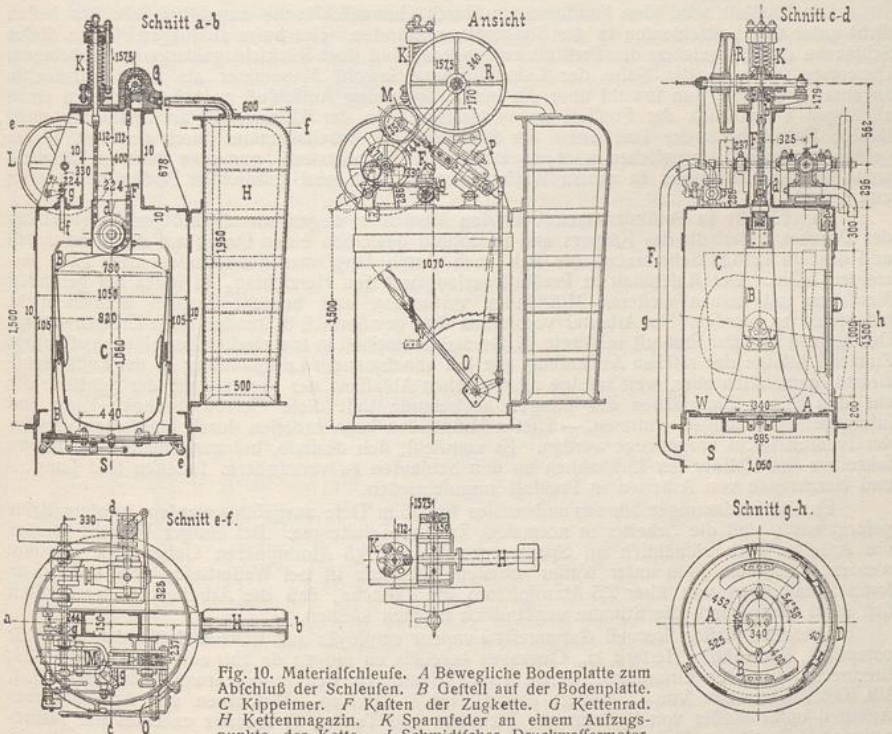


Fig. 10. Materialschleuse. *A* Bewegliche Bodenplatte zum Abschluß der Schleusen. *B* Gestell auf der Bodenplatte. *C* Kippeimer. *F* Kasten der Zugkette. *G* Kettenrad. *H* Kettenmagazin. *K* Spannfeder an einem Aufzugspunkte der Kette. *L* Schmidtscher Druckwassermotor. *M* Friktionsrolle. *O* Hebel zum Ein- und Ausschalten der Friktionsrolle. *P* Bremse. *Q* Antriebsscheibe der Achse zum Kettenrad. *S* Steigeröhre. *T* Leitung für Preßluft samt Regulierhahnen. *W* Winkel zum Anschlag der Bodenplatte. *d* Kettenrolle zur Aufhängung des Bodens und Kippeimers. *fg* Schieber zum Oeffnen des Lufthahns, um Druckluft abzulassen.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

ausſchließlich zum Durchſchleuſen der Arbeiter zu verwenden und die Förderung des gelöſten Bodens mit Baggerketten zu erwirken. Dieſelben werden in ſpeziellen eiſernen Schächten aufgeſtellt, welche an beiden Enden offen ſtehen und unten etwas tiefer hinabreichen als die Unterkante der Arbeitskammer, die ſie durchſetzen, ſo daß die Preßluft nicht in dieſelben eintreten kann und ſie voll Waſſer ſtehen (ſ. Fig. 9). Infolge der Tätigkeit des Baggers bildet ſich um den Fuß dieſer Schächte im Boden der Arbeitskammer ein Trichter, in welchen der gelöſte Grund geworfen wird, damit ihn der Bagger faſſen kann. Als Bagger dienen ſowohl Ketten- als Greifbagger. In neueſter Zeit iſt man indes von dieſem Verfahren zurückgekommen, weil dasſelbe verſchiedene Unzukömmlichkeiten und Gefahren für die Arbeiter im Gefolge hat. Dagegen baut man jetzt mit Vorliebe ſpezielle Luftſchleuſen für Förderung des Aushubes neben den Schleuſen für Förderung der Arbeiter.

Die Materialſchleuſe von Zſchokke (Fig. 10) bildet die Fortſetzung der 1,05 m ſtarken Steigeröhre. In derſelben bewegt ſich ein Kübel, der in einem eiſernen Geſtell hängt, welches auf einer Bodenplatte ſteht, die ſich mit einigem Spiel durch die Röhre bewegen läßt. Dieſes Geſtell ſamt Bodenplatte und Kübel hängt an einer Kette und wird auf mechaniſchem Wege geſenkt und gehoben. Gelangt beim Hub die Bodenplatte an den untern Teil der Schleuſe, ſo ſchlägt ſie an ein vorſpringendes, mit einer Kautſchukdichtung verkleidetes Winkeleiſen und bewirkt automatiſch das Ausſtrömen der Preßluft oberhalb des Bodens. Durch die entſtehende Druckdifferenz auf der Bodenplatte wird dieſelbe an die Kautſchukdichtung feſt angepreßt und damit ein Raum begrenzt, der bald von Preßluft frei iſt. Dies geſtattet, eine Hängetür, die von dieſem Raume nach außen führt, zurückzuſchieben und durch die Oeffnung den Kübel durch bloßes Kippen in ſeinen Hängelagern nach außen zu entleeren. Hierauf wird der leere Kübel ſenkrecht geſtellt, die Tür wieder vorgeſchoben, durch einen Hahnen Preßluft über der Bodenplatte eingelaſſen, dieſelbe dadurch von der Dichtung frei gemacht, und es können Bodenplatte und Kübel wiederum raſch heruntergelaſſen und der letztere in der Arbeitskammer wieder gefüllt werden.

Die Leiſtung dieſer Luftſchleuſe überbietet bei kleinſtem Raume und Luftverluſt alle andern Förderſchleuſen, ohne die Gegenwart von Arbeitern in der Förderſchleuſe zu bedingen, in welcher allgemein in warmen Ländern und bei uns im Sommer eine unerträgliche Hitze herrſcht. Da der Förderkübel ca. 0,4 cbm hält, ſo laſſen ſich mit demſelben Aushubmaterialien von mäßigen Dimenſionen ohne weitere Verkleinerung nach außen fördern, aber auch größere Baumaterialien, wie Verkleidungsſteine und Quader, in die Arbeitskammer einführen. — Die Hebevorrichtung wird mit Dampf, Druckwaſſer oder Elektromotoren, je nach den örtlichen Verhältniſſen, betrieben.

Die Preßluft wird den Fundamenten durch Gummiſchläuche zugeführt, die am beſten dicht unter den Luftſchleuſen in die Steigeröhren münden. Um beim allfälligen Platzen dieſer Schläuche das Entweichen der Preßluft zu hindern, ſind dort Rückſchlagsklappen anzubringen. Ueberdies ſollen in der Nähe der Lufteinführung ſowohl Manometer als Sicherheitsventile angebracht werden, um ſowohl über die innere Spannung Aufſchluß zu geben, als um einen allfälligen Ueberdruck der Preßluft zu verhindern. Da der Ueberſchuß an Spannung meiſt infolge Entweichens der Luft unter der Schneide der Arbeitskammer durch den mit Waſſer geſättigten Boden ausgeglichen wird, ſo tritt das Sicherheitsventil nur etwa dann in Tätigkeit, wenn die Arbeitskammer in einem waſſerundurchläſſigen und luftdichten Boden ſteckt (Ton und Lehm).

Der Eintritt in Preßluft erzeugt für den Menſchen wegen unvollſtändiger Ausgleichung des Druckes außerhalb des Körpers und im Innern desſelben einen Druck auf das Trommelfell und deshalb heftige Schmerzen, die ſich auch durch langſames Einſchleuſen nicht ganz vermeiden laſſen. Der Aufenthalt in Preßluft verlangſamt den Herzſchlag, iſt indes bei geſunden Menſchen mit keinen weiteren Mißſtänden verbunden und braucht deshalb zeitlich nicht beſchränkt zu werden. Die Arbeiter verbleiben dort gewöhnlich 8 Stunden ohne Unterbrechung. Der Austritt aus der Preßluft ins Freie iſt für die Geſundheit in mehrfacher Beziehung gefährlich. Zunächſt infolge der raſchen Abkühlung, die bei abnehmender Luftſpannung in der Luftſchleuſe eintritt, namentlich aber, weil infolge allzu raſchen Ablaſſens der Preßluft aus der Schleuſe die aus den feinen Blutgefäßen der Lungen austretende Luft dieſe Gefäße ſprengen kann und infolgedeſſen Blutungen eintreten. — Dieſen Mißſtänden kann indeſſen durch langſames Ablaſſen der Preßluft leicht vorgebeugt werden. Es empfiehlt ſich deshalb, bei zunehmender Spannung ſukzeſſive das Kaliber der Lufthahnen an den Schleuſen zu vermindern. Indeſſen ſind Lungen- und Herzkranke von Arbeiten in Preßluft auszuſchließen.

Preßluftfundierungen können anſtandslos bis 25 m Tiefe ausgeführt werden, inſofern dafür geſorgt wird, daß die Arbeiter in normalem Zuſtande einſteigen. Bei einiger Vorſicht können die Arbeiter auch allmählich an Spannungen bis zu 3,5 Atmoſphären Ueberdruck gewöhnt werden, ſomit bis 35 m unter Waſſer arbeiten. Peinlich iſt bei Waſſertiefen von über 25 m, ſomit Spannungen von über 2,5 Atmoſphären die Tatſache, daß die Arbeiter in der Preßluft ſich nicht mehr durch die Stimme verſtändlich machen können.

Literatur: Caſtor, Recueil d'appareils à vapeur employés aux travaux de fondations à l'air comprimé, Paris 1869; Herſent, H., Ouvrages exécutés au moyen de l'air comprimé, Paris 1889; Brennecke, L., Der Grundbau, Berlin 1887; Handbuch der Ingenieurwiſſenſchaften, Bd. 1, VII. Kap., Grundbau von G. Meyer; ebend., Bd. 4, XII. Kap., Maſchinen und Apparate zum Arbeiten unter Waſſer von L. Franzius; Zſchokke und Terrier, 1. Travaux exécutés par l'entreprise et P. Terrier en Italie dans les années 1883/89; 2. Application des procédés pneumatiques à la construction des grands ouvrages et plus spécialement des Bassins de Radoub, Paris; Zſchokke, C., Pneumatiſche Fundierungen, Fortſchritte der Ingenieurwiſſenſchaften, Leipzig 1897.

C. Zſchokke.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Preßluftſpritzapparate (Farbenzerſtäuber), ſ. Luftpinſel und Zerſtäubungsvorrichtungen.

Preßluftwerkzeuge, ſ. Preßluft, Druckluftwerkzeuge, Bd. 3, S. 127.

Preßmaſchine (Preßblech), eine gezahnte Schiene am Wirkſtuhle, welche nur einzelne Nadelhaken zupreßt zur Herſtellung von Preßmuſtern.

Preßplatten, zwiſchen das Preßgut eingelegte Platten, die für gewiſſe Zwecke auch erhitzt und zwar in der Regel während der Preſſung durch Dampf oder warmes Waſſer oder durch kaltes Waſſer gekühlt werden. Sie finden ſich bei den Etagenpreſſen der Oelfabriken (ſ. Oelfabrikation, Bd. 6, S. 762, Fig. 4), bei Tuchpreſſen (ſ. Tuchfabrikation), bei Vulkaniſierpreſſen u. a. *A. Widmaier.*

Preßrad, ſ. Wirkerei.

Preßſack, ſ. Oelfabrikation, Bd. 6, S. 762.

Preßſchemel, ein Fußtritthebel im Handwirkſtuhle, mit Hilfe deſſen der Arbeiter die Preßſchiene auf die Nadelreihe drückt.

Preßſchmieden, ſ. Schmieden.

Preßſpan (Glanzpappe), ſ. Pappeforten, S. 19.

Preßſteinkohle, ſ. Brikettieren.

Preßſtempel, ſ. Preſſen.

Preßſtücke, ſ. v. w. Schmiedeſtücke, die durch Preßſchmieden hergeſtellt ſind, ſ. Schmieden.

Preßſtuhl (Molettierſtuhl), ſ. Molettieren, Bd. 6, S. 467.

Preßtiſch, ſ. Preſſen und Preßwagen.

Preßtuch (bei Scheidepreſſen), ſ. Oelfabrikation, Bd. 6, S. 762, und Saftpreſſen.

Preſſurenſchneidmaſchine, ſ. v. w. Briſurenſchneidmaſchine (ſ. Bd. 2, S. 308).

Preßverfahren von Huber, ſ. Stanzen, Prägen.

Preßwagen, Transportwagen, mittels deſſen die zu preſſenden Materialien eventuell mit den notwendigen Preßformen in die Preſſe eingefahren werden, ſo daß alle Vorbereitungsarbeiten außerhalb der Preſſe ſtattfinden können und die Preſſe dadurch leiſtungsfähiger wird, da auch das Wegnehmen des Preßguts von der Preſſe raſch erfolgt.

Die Preßwagen bleiben während des Preſſens in der Preſſe, und es muß deshalb die Anordnung ſo getroffen werden, daß nur der Boden des Wagens den Preßdruck erleidet und die Laufräder entlaſtet ſind. Sie werden beſonders bei Pack- und Glättpreſſen für Papier u. dergl., ferner bei Traubenpreſſen (ſ. Saftpreſſen) angewendet. Bei kleineren Preſſen findet man zu gleichem Zweck drehbare Preßtiſche angeordnet. *A. Widmaier.*

Preßwaſſerleitung, ſ. Kraftübertragung, hydrauliſche, Bd. 5, S. 656.

Preßwerk, Bezeichnung für a) Werkſtätte, in der Preßſchmiedeſtücke (ſ. Schmieden), Preßbleche (ſ. d.), Preßböden für Dampfkeſſel u. ſ. w. hergeſtellt werden; b) Luppenquetſche, ſ. Luppe, Bd. 6, S. 268.

Preßzylinder werden für hohen Flüſſigkeitsdruck benutzt.

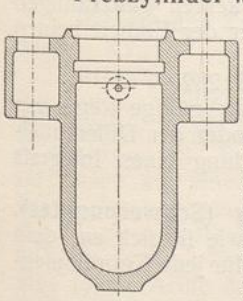


Fig. 1.

Sie ſind als Hohlzylinder (nach Bd. 5, S. 105 und 106) zu bemeſſen. Die Zylinder ſitzen entweder mit ſeitlicher Befeſtigung an einem Geſtell von großer Ausladung (ſ. Bd. 6, S. 616 f.) oder ſtehen durch zwei oder vier Zugſtangen mit dem Preßwiderlager in Verbindung. Fig. 1 zeigt einen einfachen Preßzylinder mit zwei angegoſſenen Augen für die Stangen. Fig. 2 [3] (eine Preſſe zum Verdichten eines Stahlblockes nach dem Gießen in der Kokille mit 350 Atmoſphären Bodendruck) enthält oben und unten je einen Preßzylinder, die in zweiteilige Querhäupter eingeſetzt ſind (vgl. Bd. 3, S. 730). Das mit der Steuerung verbundene Ein- und Auslaßrohr mündet in Fig. 1 im höchſten Punkte des Zylinderraumes, damit die Luft zuerſt austreten kann; doch entweicht die Luft bei dem hohen Druck auch, wenn das Waſſerrohr unten mündet (vgl. Fig. 2), teils durch die Stopfbüchſe, teils durch Abſorption im Waſſer. Hierbei kann man den Zylinder innen als Führung für den Kolben in

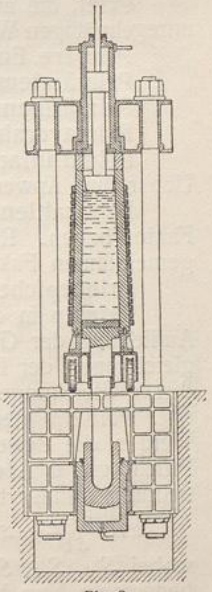


Fig. 2.

ganzer Länge ausbohren. Sonſt gießt man ihn ſo viel weiter als die Bohrung an der Stopfbüchſe, daß der Kolben nicht anſtreift, und daß für den Waſſerdurchgang an der Mündung genügende Weite bleibt. Liegende Zylinder von großer Länge erhalten zur Unterſtützung des Kolbens im Zylinder einzelne ausgebohrte Ringflächen, weil ſich bei lang durchgehender Gleitbahn Riefen einfreſſen würden. Den Zylinderboden bildet man beſſer gewölbt ſtatt als Platte (ſ. d.) oder ſetzt ihn beſonders an (Bd. 3, S. 735).

Armierte Preßzylinder beſtehen aus einem Kernrohr und einem mit Spannung warm aufgezogenen Mantel auch in mehrfacher Wiederholung dieſes Syſtems [1], wie bei der Geſchützfabrikation (Bd. 4, S. 427), oder mit einzelnen Schrumpfringen, wie an der Kokille (Fig. 2). Hierbei bleiben die Spannungen im Innern beſonders beanſpruchter Zylinder um die anfängliche Druckſpannung niedriger als bei einteiliger Ausführung mit der geſamten Wandſtärke, abgeſehen davon, daß beim Gießen große Wandſtärken weniger dicht und feſt ausfallen. Für den Fall z. B., daß ein Zylinder (aus Gußeiſen) mit einem Mantel (aus Stahl) umgürtet werden ſoll, hat man zunächſt den Grad der Entlaſtung des Innenzylinders bei dem höchſten Betriebsdruck von p Atmoſphären durch die Wahl des beabſichtigten Flächendruckes q zwiſchen den Zylindern anzunehmen, etwa $q = 0{,}8\,p$ (oder $q = 0{,}6\,p$ für gleiches Material). Hiernach berechnet ſich überſchläglich die Wandſtärke w_1 des Innenrohres mit der zuläſſigen Spannung s_1 (z. B. 250 für Gußeiſen) unter Einführung feines Außendurchmeſſers d in Zentimetern aus $(p - q)\,d = 2\,w_1\,s_1$ und die Wandſtärke w_2 des Mantels für den gleichen (inneren) Durchmeſſer d aus $q\,d = 2\,w_2\,s_2$ (mit z. B. $s_2 = 2000$ kg/qcm Spannung für Stahl). — Durch Addition beider Gleichungen folgt $p\,d = 2\,w_1\,s_1 + 2\,w_2\,s_2$, und für den Fall, daß kein Druck im Zylinder herrſcht, $-\,w_1\,s_{10} = w_2\,s_{20}$, d. h.: im Kern beſteht hierbei die Druckſpannung $-\,s_{10}$ unter der Schrumpfſpannnung s_{20} des Mantels. Von dieſem Ruhezuſtand aus dehnen ſich die Zylinder bei dem Betriebsdruck p, nach dem Elaſtizitätsgeſetz $\lambda/l = s/E$, näherungsweiſe in gleichem Maße, ſo daß $s_1/E_1 - s_{10}/E_1 = s_2/E_2 - s_{20}/E_2$ wird. Hiernach findet man s_{10} und $-\,s_{20}$ aus $-\,s_{10}/w_2 = s_{20}/w_1 = (E_1\,s_2 - E_2\,s_1)/(E_1\,w_1 + E_2\,w_2)$. — Damit im Ruhezuſtand der Anlagedruck $q_0 = 2\,w_2\,s_{20}/d$ poſitiv bleibt, muß s_2 größer als $s_1\,E_2/E_1$ gewählt werden. Um die Ruheſpannung s_{20} zu erzielen, wird der Mantel auf einen etwas kleineren Durchmeſſer d_2 ausgebohrt, als der Durchmeſſer d_1 auf dem Kernrohr nach dem Abdrehen beträgt, ſo daß nach dem Warmaufziehen unter den Spannungen s_{10} und s_{20} beide gleich werden, nämlich $d_1\,(1 + s_{10}/E_1) = d_2\,(1 + s_{20}/E_2)$. Hiermit erhält man das Schrumpfmaß $(d_1 - d_2)/d = s_2/E_2 - s_1/E_1 = s_{20}/E_2 - s_{10}/E_1$. Berückſichtigt man noch, daß ſich die Oberflächen unter dem Anlagedruck verdrücken und ſtauchen, ſo hat man das Schrumpfmaß etwas größer als berechnet anzunehmen. Geht man aber umgekehrt von dem Schrumpfmaß aus, indem man etwa $(d_1 - d_2)/d = 1/1000$ in die Rechnung ſetzt, ſo richten ſich danach die vorher angenommenen Spannungen.

Literatur: [1] Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1901, S. 621—626 (armierte Preßzylinder für Huberpreſſung mit 3000—6000 Atmoſphären). — [2] Ebend., 1905, S. 863 (Preſſe für 1000 t bei 250 Atmoſphären). — [3] Ebend., 1906, S. 1280 (Harmet-Verfahren). *Lindner.*

Preußiſchblau, ſ. Pariſerblau.

Preußiſchbraun, ſ. Hatchetts Braun.

Preußiſche Kappe, ſ. Gewölbe, Bd. 4, S. 505.

Pricken, ſ. Seezeichen.

Priel, die auf dem Watt während der Ebbezeit zum Vorſchein kommenden unregelmäßigen Waſſerläufe, welche den Reſt des Flutwaſſers abführen (ſ. Balje).

Primäre Formationen und Schichten, ſ. Schichtgeſteine.

Primärelement, ſ. Polariſation.

Primärſpannungen, ſ. Nebenſpannungen.

Primaveraholz, ſ. Nutzhölzer, Bd. 6, S. 697.

Primulinfarben, ſ. Farbſtoffe, künſtliche organiſche, Bd. 3, S. 625. Ueber ihre Anwendung in der Färberei ſ. Entwicklungsfarben.

Primzahlen, ganze Zahlen, die außer der Einheit keinen ganzzahligen Faktor haben. Relative Primzahlen ſind ſolche, die außer der Einheit keinen gemeinſamen Faktor haben. Näheres ſ. Zahlen.

Princepſche Legierungen, ſ. Brennſtoffe, Bd. 2, S. 282.

Prinzip in der Mechanik heißt eine in weitem Umfang gültige Regel zur Aufſtellung der Gleichgewichtsbedingungen eines Syſtems oder der Differentialgleichungen der Bewegung eines ſolchen oder zur Auffindung eines Integrals dieſer Gleichungen.

Prinzip der Bewegung des Maſſenmittelpunktes (Schwerpunktes). Werden die Bewegungsgleichungen eines Maſſenſyſtems, wie ſie ſich aus dem Prinzip von d'Alembert ergeben, durch das ganze Syſtem für jede Koordinatenrichtung ſummiert, ſo erhält man drei Gleichungen:

$$\Sigma m_i \frac{d^2 x_i}{d t^2} = \Sigma X_i + \Sigma S_{xi}, \quad \Sigma m_i \frac{d^2 y_i}{d t^2} = \Sigma Y_i + \Sigma S_{yi}, \quad \Sigma m_i \frac{d^2 z_i}{d t^2} = \Sigma Z_i + \Sigma S_{zi},$$

wobei S_{xi}, S_{yi}, S_{zi} die auf den Maſſenpunkt m_i treffenden Verbindungskräfte bedeuten. Nun beſtehen aber für die Koordinaten x_i, y_i, z_i des Maſſenmittel-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

punktes die Gleichungen $\Sigma m_i x_i = M x_1$, $\Sigma m_i y_i = M y_1$, $\Sigma m_i z_i = M z_1$, worin M die Gesamtmasse des Systems bedeutet (s. Massenmittelpunkt, Bd. 6, S. 319). Nimmt man von ihnen die zweiten Differentialquotienten, so sind sie die linken Seiten der vorstehenden Gleichungen, und diese gehen über in

$$M\frac{d^2x_1}{dt^2} = \Sigma X_i + \Sigma S_{xi},\quad M\frac{d^2y_1}{dt^2} = \Sigma Y_i + \Sigma S_{yi},\quad M\frac{d^2z_1}{dt^2} = \Sigma Z_i + \Sigma S_{zi}.$$

Dies sind aber die Bewegungsgleichungen eines Punktes, der die Masse M enthält, die Koordinaten x_1, y_1, z_1 hat und an welchem alle Kräfte P_i, S_i des Systems in ihren Richtungen angreifen. Daher enthalten diese Gleichungen den Satz: Der Massenmittelpunkt eines Punktsystems, welches Kräften P_i und Bedingungen unterworfen ist, welche durch Kräfte S_i darstellbar sind, bewegt sich so, als ob in ihm die Gesamtmasse des Systems vereinigt wäre und an ihm alle Kräfte des Systems einschließlich der Bedingungskräfte in ihren Richtungen angriffen. Dieser Satz heißt das Prinzip der Bewegung des Massenmittelpunktes.

Ist das System frei, d. h. nur solchen Bedingungen unterworfen, die bloß von der gegenseitigen Lage der Punkte abhängen, so fallen bei der Summation die Verbindungskräfte S_i, da sie doppelt mit entgegengesetzten Vorzeichen vorkommen, fort; in gleicher Weise geschieht dies auch mit den zwischen zwei Massenpunkten wirkenden inneren Kräften in den ΣX_i u. s. w., so daß für die Bewegung des Massenmittelpunktes nur die Resultante der äußeren Kräfte in Betracht kommt. Ist diese Null, so bewegt sich der Massenmittelpunkt gleichförmig auf einer Geraden (Prinzip der Erhaltung der Bewegung des Schwerpunktes).

Vorstehender Satz kann folgende Erscheinungen erklären. 1. Der Massenmittelpunkt eines schweren festen Körpers, den man im leeren Raume irgendwie schleudert und sich dann selbst überläßt, beschreibt eine Parabel; deren Ebene durch die Anfangsrichtung seiner Geschwindigkeit hindurchgeht. Die vollständige Bewegung des Körpers ist eine Windungsbewegung um eine wechselnde Achse; dieselbe ist äquivalent einer Translationsbewegung, welche durch die parabolische Bewegung des Massenmittelpunktes gegeben ist, und einer Rotation um eine wechselnde Achse dieses Punktes. — 2. Finden während der Bewegung eines solchen Körpers im Innern desselben Explosionen statt, so vermögen diese die Bewegung des Massenmittelpunktes nicht zu ändern, und es setzt derselbe seine Bewegung ebenso fort, als ob keine Störung der Massenverteilung stattgefunden hätte. Denn die Kräfte, welche die Explosion bewirken, sind innere Anziehungs- und Abstoßungskräfte, welche paarweise entgegengesetzt gleich sind und sich also tilgen, wenn sie an den Massenmittelpunkt verlegt werden. Eine Aenderung in der Bewegung des Massenmittelpunktes findet nur durch Hinzutreten eines Widerstandes statt, den die abgesprengten Teile beim Aufstoßen auf Hindernisse finden. — 3. Auf unser Sonnensystem wirken die Anziehungen der Fixsterne als äußere und die Anziehungen der Körper des Sonnensystems untereinander als innere Kräfte. Erstere sind wegen der großen Entfernungen sehr klein, letztere tilgen sich als paarweise entgegengesetzt gleich. Daher bewegt sich der Massenmittelpunkt des Sonnensystems gleichförmig in gerader Linie oder ist in Ruhe. — 4. Eine an Ketten aufgehängte Lokomotive befinde sich in Ruhe. Wird nun der Kessel geheizt und wirkt der Dampf auf die Kolben, so fängt die Maschine an, Pendelschwingungen zu machen, so zwar, daß, wenn der Kolben vorwärts geht, die Maschine sich rückwärts bewegt. Denn die Dampfwirkungen sind entgegengesetzt gleiche Molekularwirkungen und das System ist ursprünglich in Ruhe. Der Massenmittelpunkt bleibt daher an derselben Stelle. Geht aber der Kolben vorwärts, so würde er nach vorn verschoben; damit er an der Stelle bleibe, weicht die Maschine zurück.

Literatur: Schell, Theorie der Bewegung und der Kräfte, Leipzig 1879, 2. Aufl., Bd. 2, S. 516—519. *(† Schell) Finsterwalder.*

Prinzip der Erhaltung der Energie, s. Energie, Bd. 3, S. 449.

Prinzip der Erhaltung der lebendigen Kraft, s. Prinzip der lebendigen Kraft.

Prinzip der Flächen. Das Prinzip bezieht sich auf ein freies System, das nur inneren Bedingungen unterworfen ist. In seiner Formulierung bedarf man der Begriffe Kraftmoment (Bd. 5, S. 653) und Moment der Bewegungsgröße (s. Moment, Bd. 6, S. 475). Es lautet dann: In bezug auf eine beliebige feste oder auch auf eine sich selbst parallel bleibende, stets durch den Schwerpunkt des Systems gehende Achse ist in jedem Augenblick die zeitliche Aenderung des Momentes der Bewegungsgröße sämtlicher Massen gleich dem Moment der äußeren Kräfte. Ist insbesondere das Moment der äußeren Kräfte in bezug auf eine solche Achse dauernd gleich Null, so ist das Moment der Bewegungsgröße in bezug auf diese Achse konstant. Das Prinzip gilt übrigens ebenso, wenn man statt der Momente um eine Achse die gerichteten Momente in bezug auf einen festen Punkt oder auf den mit dem System sich bewegenden Schwerpunkt nimmt.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Am einfachſten wird das Prinzip für einen einzelnen freien Punkt. Kombiniert man ſeine drei Bewegungsgleichungen $m\frac{d^2x}{dt^2}=X$, $m\frac{d^2y}{dt^2}=Y$, $m\frac{d^2z}{dt^2}=Z$ in der Weiſe paarweiſe miteinander, ſo daß man erhält

$$ym\frac{d^2z}{dt^2}-zm\frac{d^2y}{dt^2}=yZ-zY,\quad zm\frac{d^2x}{dt^2}-xm\frac{d^2z}{dt^2}=zX-xZ,\quad xm\frac{d^2y}{dt^2}-ym\frac{d^2x}{dt^2}=xY-yX,$$

ſo ſind die linken Seiten dieſer Gleichungen totale Differentialquotienten, und es wird

$$\frac{d}{dt}\left(ym\frac{dz}{dt}-zm\frac{dy}{dt}\right)=yZ-zY,\quad \frac{d}{dt}\left(zm\frac{dx}{dt}-xm\frac{dz}{dt}\right)=zX-xZ,$$

$$\frac{d}{dt}\left(xm\frac{dy}{dt}-ym\frac{dx}{dt}\right)=xY-yX.$$

Sind nun die Kräfte X, Y, Z ſo beſchaffen, daß eine, zwei oder drei Kraftmomente in bezug auf die Koordinatenachſen verſchwinden $yZ-zY=0$, $zX-xZ=0$, $xY-yX=0$, ſo erhält man ebenſoviel Integrale der Bewegungsgleichungen, nämlich

$$y\frac{dz}{dt}-z\frac{dy}{dt}=D_1,\quad z\frac{dx}{dt}-x\frac{dz}{dt}=D_2,\quad x\frac{dy}{dt}-y\frac{dx}{dt}=D_3.$$

Dieſer Satz heißt, mit Rückſicht auf ſeinen geometriſchen Sinn, das Prinzip der Flächen. Man erhält daher ein oder drei Integrale der Bewegungsgleichungen, je nachdem eine oder zwei ſolcher Kraftmomente verſchwinden. Sind alle drei gleich Null, ſo liefert die Multiplikation derſelben mit x, y, z und ihre Addition $D_1x+D_2y+D_3z=0$, d. h. der Punkt bewegt ſich in einer durch den Koordinatenurſprung gehenden Ebene und ſeine Bewegung iſt eine Zentralbewegung. Die Integrale haben folgende Bedeutung, z. B. die dritte: $x\,dy-y\,dx=D_3\,dt$. Der Ausdruck links bedeutet, wie man beim Uebergang zu Polarkoordinaten alsbald ſieht, den doppelten unendlich kleinen Sektor, welchen der Radiusvektor, der den Urſprung mit dem Punkte xy verbindet, im Zeitelement dt beſchreibt. Dieſer Sektor iſt daher $\frac{1}{2}D_3\,dt$, d. h. dem Zeitelemente proportional, in welchem er beſchrieben wird. Es iſt alſo ſein Integral $\frac{1}{2}D_3(t-t_0)$ der in der Zeit $t-t_0$ beſchriebene endliche Sektor, und ähnliches gilt für die andern Koordinatenebenen. Weil die Bedeutung der ſo zu erhaltenden weiteren Integrale Flächenräume (der Zeit proportionale Sektoren) darſtellt, führt das Prinzip den Namen des Prinzips der Flächen.

Kombiniert man in ähnlicher Weiſe die Bewegungsgleichungen eines Maſſenpunktſyſtems und ſummiert ſie durch das ganze Syſtem hindurch, ſo erhält man

$$\Sigma m_i\left(y_i\frac{d^2z_i}{dt^2}-z_i\frac{d^2y_i}{dt^2}\right)=\Sigma(y_iZ_i-z_iY_i)+\Sigma(y_iS_{zi}-z_iS_{yi}),$$

$$\Sigma m_i\left(z_i\frac{d^2x_i}{dt^2}-x_i\frac{d^2z_i}{dt^2}\right)=\Sigma(z_iX_i-x_iZ_i)+\Sigma(z_iS_{xi}-x_iS_{zi}),$$

$$\Sigma m_i\left(x_i\frac{d^2y_i}{dt^2}-y_i\frac{d^2x_i}{dt^2}\right)=\Sigma(x_iY_i-y_iX_i)+\Sigma(x_iS_{yi}-y_iS_{xi}).$$

Die linken Seiten dieſer Gleichungen ſind auch hier Differentialquotienten der Komponenten des Momentes der Bewegungsgrößen nach der Zeit, nämlich

$$\Sigma m_i\left(y_i\frac{d^2z_i}{dt^2}-z_i\frac{d^2y_i}{dt^2}\right)=\frac{d}{dt}\Sigma\left(y_im_i\frac{dz_i}{dt}-z_im_i\frac{dy_i}{dt}\right)\text{ u. ſ. w.}$$

Die rechten Seiten ſind die Komponenten des Momentes der äußeren und Verbindungskräfte. Bei einem freien Syſtem verſchwindet aber das Moment der Verbindungskräfte (und auch der inneren Kräfte), da dieſe nach dem d'Alembertſchen Prinzip ſtets ein Gleichgewichtsſyſtem bilden. Reduzieren ſich auch die Komponenten der äußeren Kräfte ſämtlich oder teilweiſe auf Null, ſo erhält man ein oder drei Integrale der Bewegungsgleichungen, nämlich

$$\Sigma\left(y_im_i\frac{dz_i}{dt}-z_im_i\frac{dy_i}{dt}\right)=D_1,\quad \Sigma\left(z_im_i\frac{dx_i}{dt}-x_im_i\frac{dz_i}{dt}\right)=D_2,$$

$$\Sigma\left(x_im_i\frac{dy_i}{dt}-y_im_i\frac{dz_i}{dt}\right)=D_3.$$

Anwendungen: 1. Ein ſtarrer Körper bewegt ſich unter dem Einfluß der Schwere ſo, daß das gerichtete Moment der Bewegungsgröße in bezug auf den Schwerpunkt, der ſogenannte Drehimpuls, dauernd konſtant bleibt, weil die Schwerkräfte in bezug auf den Schwerpunkt das Moment Null beſitzen. Hat der Körper von Anfang keine Drehung, ſo erhält er auch durch die Schwerkräfte keine.

2. Ein durch innere Kräfte beweglicher Körper, z. B. ein lebendes Weſen, kann ſich unter gleichen Verhältniſſen eine beliebige Drehung verſchaffen, wenn es imſtande iſt, relative Drehbewegungen einzelner Teile ſo vorzunehmen, daß nach Ablauf einer ganzen oder mehrerer Umdrehungen derſelben wieder die urſprüngliche Konfiguration des Körpers hergeſtellt wird. Eine mit dem Rücken nach unten fallende Katze kann z. B. durch raſche Drehung des ſenkrecht zur Körperachſe gehaltenen Schwanzes um dieſe Achſe den Körper in entgegengeſetzter Richtung drehen und dadurch die Füße nach unten kehren.

3. Ein Akrobat, der beim Abſprung mit geſtrecktem Körper eine ſchwache Drehbewegung um eine horizontale Achſe durch den Schwerpunkt erhält, kann dieſe durch Anziehen der Arme und Beine unter Erhaltung des Momentes der Bewegungsgröße um die genannte Achſe erheblich verſtärken und damit einen Salto mortale ſchlagen.

4. Ein mit einer Kolbenmaſchine ausgerüſtetes Schiff, das ſich in Ruhe bezw. gleichförmiger Bewegung befindet, wird beim Ingangſetzen der Maſchine Schwankungen ausführen, die mit jenen der Kolben das Moment Null der Bewegungsgröße in bezug auf einen beliebigen Punkt des Schiffes ergeben. Damit dieſe läſtigen Schwankungen nicht auftreten, müſſen die

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Bewegungen der Kolben ſo erfolgen, daß ihr gemeinſamer Schwerpunkt in Ruhe bleibt und das Moment der Bewegungsgröße der bewegten Kolben jederzeit verſchwindet. Bei vier Kolben iſt das durch geeignete Wahl der Abſtände der Kolbenachſen und der Kurbelſtellungen ſtets zu erreichen (Schlickſcher Maſſenausgleich bei Schiffsmaſchinen).

Literatur: Schell, Theorie der Bewegung und der Kräfte, 2. Aufl., Leipzig 1879, Bd. 1, S. 352—355, Bd. 2, S. 521—526; Budde, Allgem. Mechanik, Berlin 1890, Bd. 1, S. 348—354; Appell, Traité de mécanique rationnelle, Paris 1896, Bd. 2, S. 76—79; Föppl, Vorleſungen über techn. Mechanik, Bd. 4, Dynamik, Leipzig 1901, S. 117—179. *Finſterwalder.*

Prinzip der kleinſten Verſchiebungsarbeit, ſ. Verſchiebungsarbeit und Fachwerke, ſtatiſch unbeſtimmte, Bd. 3, S. 553.

Prinzip der Koexiſtenz elaſtiſcher Bewegungen, ſ. Koexiſtenz.

Prinzip der lebendigen Kraft. Der Satz $\Sigma\, {}^1/_2\, m\, v^2 = U + h$, welcher ausſagt, daß, wenn für die Bewegung eines Punktſyſtems eine Kräftefunktion U exiſtiert, die lebendige Kraft des Syſtems gleich der Kräftefunktion, vermehrt um eine Konſtante, iſt (ſ. Lebendige Kraft), gibt ein erſtes Integral der Bewegungsgleichungen des Syſtems und wird deshalb ein Prinzip der Bewegung des Syſtems genannt. Aus dem Satze folgt, daß, ſo oft das Syſtem aus einer Lage in eine andre gelangt, worin die Kräftefunktion denſelben Wert hat, auch die lebendige Kraft denſelben Wert hat. Deshalb nennt man das Prinzip oft auch das „Prinzip der Erhaltung der lebendigen Kraft". Reduziert ſich insbeſondere U auf eine Konſtante, ſo bleibt die lebendige Kraft während der ganzen Bewegung des Syſtems unverändert. Eine weſentliche Erweiterung des Prinzips der Erhaltung der lebendigen Kraft iſt das Prinzip der Erhaltung der Energie (ſ. Lebendige Kraft, Bd. 6, S. 81, ſowie Energie, Bd. 3, S. 449). *(† Schell) Finſterwalder.*

Prinzip der virtuellen Geſchwindigkeiten oder der virtuellen Verſchiebungen iſt eine allgemeine Form des Ausdrucks des Gleichgewichts eines Kräfteſyſtems, welches an einem Maſſenpunktſyſtem angreift. Es wird dabei vorausgeſetzt, daß das Syſtem der Angriffspunkte im allgemeinen Fall nicht frei beweglich, ſondern an Bedingungen geknüpft iſt, die entweder durch Gleichungen zwiſchen den Koordinaten der Angriffspunkte ſelbſt oder durch ſolche zwiſchen dieſen Koordinaten und ihren unendlich kleinen Veränderungen gegeben ſind (holonome und nichtholonome Bedingungen bezw. Syſteme). Veränderungen des Syſtems, bei denen den genannten Bedingungen nicht widerſprochen wird, heißen virtuelle Verſchiebungen. Das Prinzip ſagt nun aus, daß im Falle des Gleichgewichts die (algebraiſche) Summe der Arbeiten der wirkenden Kräfte bei jeder unendlich kleinen virtuellen Verſchiebung des Syſtems aus der Gleichgewichtslage verſchwindet (bezw. unendlich klein höherer Ordnung wird). In dieſer allgemeinen Form läßt ſich das Prinzip nicht ſtreng beweiſen, da über die Realiſierung der vorausgeſetzten Bedingungen nichts ausgeſagt wird; es ſtellt vielmehr die Zuſammenfaſſung und natürliche Erweiterung einer großen Zahl beweisbarer Einzelfälle dar.

Analytiſche Formulierung des Prinzips. Sind $x_i\, y_i\, z_i$ die Koordinaten des Angriffspunktes der Kraft P_i mit den Komponenten $X_i\, Y_i\, Z_i$ und $\delta x_i\, \delta y_i\, \delta z_i$ die Veränderungen dieſer Koordinaten bei einer virtuellen Verſchiebung, ſo iſt die Arbeit δA der wirkenden Kräfte: $\delta A = \Sigma (X_i \delta x_i + Y_i \delta y_i + Z_i \delta z_i)$, wobei ſich die Summe auf die ſämtlichen n Angriffspunkte von Kräften erſtreckt. Dabei beſtehen entweder holonome Bedingungsgleichungen wie $F_k (x_i, y_i, z_i, \ldots x_i y_i z_i \ldots x_n y_n z_n) = 0$, aus denen für die Verſchiebungen

$$\Sigma \left(\frac{\partial F_k}{\partial x_i} \delta x_i + \frac{\partial F_k}{\partial y_i} \delta y_i + \frac{\partial F_k}{\partial z_i} \delta z_i \right) = 0$$

folgt, oder nichtholonome Bedingungsgleichungen von der Art wie $\Sigma (\varphi_i \delta x_i + \psi_i \delta y_i + \chi_i \delta z_i) = 0$, wobei die $\varphi_i\, \psi_i\, \chi_i$ von den Koordinaten der Angriffspunkte abhängen. Eliminiert man nun mit Hilfe der r Bedingungsgleichungen ſo viele von den $\delta x_i\, \delta y_i \ldots$, als ſolche Gleichungen vorhanden ſind, ſo wird die virtuelle Arbeit δA nur mehr durch $3n - r$ unabhängige Veränderungen $\delta x_i \ldots$ ausgedrückt. Da δA bei beliebiger Wahl derſelben nach dem genannten Prinzip verſchwinden muß, ſo müſſen die Faktoren dieſer $\delta x_i \ldots$ einzeln verſchwinden, und man erhält durch Nullſetzen derſelben $3n - r$ Gleichgewichtsbedingungen, die mit den r Bedingungen zuſammen, falls dieſe holonom ſind, bei gegebenen Kräften die Gleichgewichtslagen beſtimmen. Nichtholonome Syſteme haben bei gegebenen Kräften noch unendlich viele Gleichgewichtslagen.

Anſatz von Lagrange. Anſtatt die Elimination der $\delta x_i \ldots$ mittels der Bedingungsgleichungen vorzunehmen, kann man auch nach dem Vorgange von Lagrange den Ausdruck für die virtuelle Arbeit δA durch Hinzufügung der mit noch zu beſtimmenden Multiplikatoren λ_k verſehenen linken Seiten der differenzierten holonomen bezw. der nichtholonomen Bedingungsgleichungen erweitern. Auch dieſer erweiterte Ausdruck der Arbeit verſchwindet bei den

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

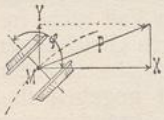
virtuellen Verſchiebungen, da ja die mit den Multiplikatoren λ_k verſehenen Ausdrücke dabei Null ſind. Die Gleichgewichtsbedingungen werden nun dadurch erhalten, daß man die Faktoren ſämtlicher $3n\ \delta x_i \ldots$ einzeln gleich Null ſetzt und den dabei außer acht gelaſſenen Bedingungsgleichungen hinterher dadurch Rechnung trägt, daß man die unbeſtimmt eingeführten Multiplikatoren ſo beſtimmt, daß den holonomen Bedingungsgleichungen Genüge geſchieht. Bei nur holonomen Bedingungsgleichungen erhält man ſo $3n+r$ Gleichgewichtsbedingungen, aus welchen ſich die $3n$ Koordinaten der Gleichgewichtslage und die r eingeführten Multiplikatoren λ_k berechnen laſſen. Die mit den λ_k verſehenen Summanden der Gleichgewichtsbedingungen haben die Bedeutung von Kräften (Reaktionskräften, Verbindungskräften), welche die Aufrechterhaltung der Bedingungsgleichungen bewirken.

Beiſpiele: 1. Die Gleichgewichtsbedingungen am freien ſtarren Körper. Bei einer Parallelverſchiebung δx längs der X-Achſe iſt die Arbeit der Kräfte $\delta x \Sigma X_i$, ſie verſchwindet, wenn $\Sigma X_i = 0$ iſt; ähnlich ergibt ſich $\Sigma Y_i = 0$, $\Sigma Z_i = 0$. Bei Drehung des Körpers um die Z-Achſe um den Winkel $\delta\alpha$ wird die Arbeit: $\delta\alpha\, \Sigma (x_i Y_i - X_i y_i)$, woraus folgt: $\Sigma (x_i Y_i - X_i y_i) = 0$ und ähnlich $\Sigma (y_i Z_i - Y_i z_i) = 0$ und $\Sigma (z_i X_i - Z_i x_i) = 0$.

2. Gleichgewicht auf einer glatten Fläche von der Gleichung $F(x\,y\,z) = 0$ (holonome Bedingungsgleichung). Es wirke eine Kraft XYZ auf einen Punkt $x\,y\,z$ der Fläche. Bedingungsgleichung für die Verſchiebungen: $\frac{\partial F}{\partial x}\delta x + \frac{\partial F}{\partial y}\delta y + \frac{\partial F}{\partial z}\delta z = 0$. Erweiterter Anſatz nach Lagrange für die virtuelle Arbeit:

$$\delta A = X\delta x + Y\delta y + Z\delta z + \lambda\left(\frac{\partial F}{\partial x}\delta x + \frac{\partial F}{\partial y}\delta y + \frac{\partial F}{\partial z}\delta z\right)$$
$$= \left(X + \lambda\frac{\partial F}{\partial x}\right)\delta x + \left(Y + \lambda\frac{\partial F}{\partial y}\right)\delta y + \left(Z + \lambda\frac{\partial F}{\partial z}\right)\delta z = 0,$$

woraus die Gleichgewichtsbedingungen folgen: $X = -\lambda\frac{\partial F}{\partial x}$, $Y = -\lambda\frac{\partial F}{\partial y}$, $Z = -\lambda\frac{\partial F}{\partial z}$, die zuſammen mit $F = 0$ ausſagen, daß im Gleichgewichtsfalle die Flächennormale im Angriffspunkte mit der Richtung der Kraft übereinſtimmt und daß die drei Komponenten der Reaktion $\lambda\frac{\partial F}{\partial x}$, $\lambda\frac{\partial F}{\partial y}$, $\lambda\frac{\partial F}{\partial z}$ denen der Kraft entgegengeſetzt gleich ſind.



3. Ein zweiräderiger Wagen ohne rollende, aber mit ſehr großer gleitender Reibung auf einer horizontalen Ebene fahrend wird in der Mitte $M(x\,y)$ der Achſe von einer horizontalen Kraft P mit den Komponenten XY angegriffen. Wann iſt er im Gleichgewicht? Zwiſchen den Koordinaten $x\,y$, dem Winkel φ der Achſe des Wagens mit der X-Achſe und den virtuellen Verrückungen von M beſteht die nichtholonome Bedingungsgleichung: $\delta y + \delta x \operatorname{ctg}\varphi = 0$. Der erweiterte Anſatz für die virtuelle Arbeit lautet:

$$\delta A = X\delta x + Y\delta y + \mu(\delta y + \delta x \operatorname{ctg}\varphi) = \delta x(X + \mu) + \delta y(Y + \mu \operatorname{ctg}\varphi),$$

woraus die Gleichgewichtsbedingungen folgen: $X + \mu = 0$, $Y + \mu \operatorname{ctg}\varphi = 0$. Sie ſagen, da ſie x und y nicht enthalten, aus, daß der Wagen in jedem Punkt der Ebene im Gleichgewicht ſein kann, nur muß die Richtung der Kraft Y: $X = \operatorname{ctg}\mu$ mit derjenigen der Wagenachſe übereinſtimmen.

Für die Anwendung des Prinzips der virtuellen Geſchwindigkeiten iſt die Lehre von den Freiheitsgraden der Syſteme von großer Bedeutung, da ſie allein alle möglichen Bewegungen eines Syſtems anzugeben vermag. — Vgl. a. Fachwerke, Bd. 3, S. 552 ff. *Finſterwalder.*

Prinzip des kleinſten Zwanges (Gaußſches Prinzip). Es lautet: Die Bewegung eines Syſtems materieller Punkte mit beliebigen Bedingungen geſchieht in jedem Augenblick in möglichſt großer Uebereinſtimmung mit der freien Bewegung oder unter möglichſt kleinem Zwange, wobei als Maß des Zwanges, den das ganze Syſtem in jedem Zeitteilchen erleidet, die Summe der Produkte aus dem Quadrat der Ablenkung jedes Punktes von der freien Bewegung in ſeine Maſſe gilt. Das Prinzip iſt dem von d'Alembert gleichwertig und kann dieſes vertreten.

Literatur: Gauß, Geſamte Werke, Bd. 5, S. 23. *Finſterwalder.*

Prinzip von d'Alembert. Es dient zur Aufſtellung der Bewegungsgleichungen eines materiellen Syſtems. Dieſes beſtehe aus den n Maſſen m_i in den Punkten mit den Koordinaten $x_i\,y_i\,z_i$, an welchen Kräfte P_i mit den Komponenten $X_i\,Y_i\,Z_i$ angreifen. Zwiſchen den Koordinaten beſtehe eine Anzahl von Bedingungsgleichungen $F_k = 0$, die zunächſt unabhängig von der Zeit vorausgeſetzt werden. Zur Zeit t haben die Maſſen die Beſchleunigungskomponenten

$$\frac{d^2x_i}{dt^2},\quad \frac{d^2y_i}{dt^2},\quad \frac{d^2z_i}{dt^2}.$$

Da das Syſtem Bedingungen unterliegt, ſo werden die Differenzen

$$X_i - m\frac{d^2x_i}{dt^2},\quad Y_i - m\frac{d^2y_i}{dt^2},\quad Z_i - m\frac{d^2z_i}{dt^2}$$

nicht verſchwinden, wie es bei einem Syſtem freier Maſſenpunkte nach dem Grundgeſetz der Dynamik — Kraft iſt gleich Maſſe mal Beſchleunigung — der Fall iſt. Dieſe Differenzen werden als Verbindungskräfte oder auch als

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

verlorene Kräfte bezeichnet. Das d'Alembertſche Prinzip ſagt nun aus, daß dieſe Verbindungskräfte (verlorenen Kräfte) mit Rückſicht auf die Bedingungen des Syſtems zu jedem Zeitpunkt im Gleichgewicht ſein müſſen. Wären ſie es nämlich nicht, ſo müßten ſie in Verbindung mit den äußeren Kräften $X_i Y_i Z_i$ den Maſſen m_i andre Beſchleunigungen als die vorausgeſetzten erteilen.

Analytiſche Formulierung des Prinzips. Man braucht nur auf die Verbindungskräfte (verlorenen Kräfte), die mit Rückſicht auf die Bedingungen des Syſtems im Gleichgewicht ſein müſſen, das Prinzip der virtuellen Geſchwindigkeiten anzuwenden und die virtuelle Arbeit derſelben gleich Null zu ſetzen, ſo erhält man

$$\delta A = \Sigma \left[\left(X_i - m_i \frac{d^2 x_i}{dt^2} \right) \delta x_i + \left(Y_i - m_i \frac{d^2 y_i}{dt^2} \right) \delta y_i + \left(Z_i - m_i \frac{d^2 z_i}{dt^2} \right) \delta z_i \right] = 0,$$

wozu noch die infolge der Bedingungsgleichungen beſtehenden Beziehungen zwiſchen den $\delta x_i \ldots$ treten, z. B. für $F_k = 0$

$$\Sigma \left(\frac{\partial F_k}{\partial x_i} \delta x_i + \frac{\partial F_k}{\partial y_i} \delta y_i + \frac{\partial F_k}{\partial z_i} \delta z_i \right) = 0.$$

Nichtholonome Bedingungsgleichungen werden unmittelbar eingeführt. Enthalten die endlichen (holonomen) Bedingungsgleichungen die Zeit t, ſo wird dieſelbe bei der Differentiation behufs Bildung der Gleichung zwiſchen den $\delta x_i \ldots$ nicht als variabel behandelt. Sind in nichtholonomen Bedingungsgleichungen Glieder mit dt vorhanden, ſo bleiben ſie bei Anwendung des d'Alembertſchen Prinzipes weg. Erweitert man den Ausdruck der virtuellen Arbeit der Verbindungskräfte durch die mit Faktoren λ_k multiplizierten linken Seiten der differenzierten bezw. nichtholonomen Bedingungsgleichungen und ſetzt man die Faktoren der einzelnen δx_i gleich Null, ſo ergeben ſich die Lagrangeſchen Bewegungsgleichungen erſter Art:

$$m_i \frac{d^2 x_i}{dt^2} = X_i + \Sigma_k \lambda_k \frac{\partial F_k}{\partial x_i}$$

$$m_i \frac{d^2 y_i}{dt^2} = Y_i + \Sigma_k \lambda_k \frac{\partial F_k}{\partial y_i}$$

$$m_i \frac{d^2 z_i}{dt^2} = Z_i + \Sigma_k \lambda_k \frac{\partial F_k}{\partial z_i}.$$

Mit den endlichen und den nichtholonomen Bedingungsgleichungen bilden ſie ein Syſtem von $3u + k$ Gleichungen, das zur Beſtimmung der $3u$-Koordinaten und der k-Multiplikationen λ_k als Funktionen der Zeit ausreicht.

Das d'Alembertſche Prinzip gilt nicht nur für kontinuierliche Kräfte, ſondern auch für Momentankräfte oder Impulſe. Um den analytiſchen Ausdruck für dieſen Fall zu erhalten, denkt man ſich den Ausdruck

$$\delta A = \Sigma \left[\left(m_i \frac{d^2 x_i}{dt^2} - X_i \right) \delta x_i + \left(m_i \frac{d^2 y_i}{dt^2} - Y_i \right) \delta y_i + \left(m_i \frac{d^2 z_i}{dt^2} - Z_i \right) \delta z_i \right] = 0$$

mit dem Zeitelement dt multipliziert und innerhalb eines ſehr kurzen Zeitraumes t integriert (wobei natürlich die $\delta x_i \ldots$ als konſtant zu betrachten ſind), ſo erhält man

$$\Sigma \left\{ \left(m_i \left[\left(\frac{dx_i}{dt} \right)_2 - \left(\frac{dx_i}{dt} \right)_1 \right] - \int_0^\tau X_i dt \right) \delta x_i + \left(m_i \left[\left(\frac{dy_i}{dt} \right)_2 - \left(\frac{dy_i}{dt} \right)_1 \right] - \int_0^\tau Y_i dt \right) \delta y_i \right.$$

$$\left. + \left(m_i \left[\left(\frac{dz_i}{dt} \right)_2 - \left(\frac{dz_i}{dt} \right)_1 \right] - \int_0^\tau Z_i dt \right) \delta z_i \right\} = 0; \; m_i \left[\left(\frac{dx_i}{dt} \right)_2 - \left(\frac{dx_i}{dt} \right)_1 \right] \text{ u. ſ. w.}$$

ſind die Differenzen der Komponenten der Bewegungsgröße nach und vor dem Zeitraum τ,

$$\int_0^\tau X_i dt = P_i, \quad \int_0^\tau Y_i dt = Q_i, \quad \int_0^\tau Z_i dt = R_i$$

die Komponenten der Impulſe während des Zeitraums τ. Dazu treten die Bedingungsgleichungen. Die mit den Verſchiebungen $\delta x_i \ldots$ multiplizierten Klammergrößen können als Verbindungsimpulſe bezeichnet werden, die ſich infolgedeſſen nach dem d'Alembertſchen Prinzip mit Rückſicht auf die Verbindungen das Gleichgewicht halten.

Literatur: d'Alembert, J., Traité de dynamique, Paris 1743; Lagrange, Mécanique analytique, 1. Aufl. 1788, 2. Aufl. 1811; Jacobi, Vorleſungen über Dynamik, Berlin 1866; Derſ., Werke, Supplementband, Berlin 1884; Voß, A., Math. Annalen 1884, Bd. 25, S. 258. *Finſterwalder.*

Prinzip von Fourier iſt eine Erweiterung des Prinzips der virtuellen Geſchwindigkeiten für den Fall, daß einſeitige Bedingungen, welche durch Ungleichungen zwiſchen den Koordinaten der Angriffspunkte der Kräfte ausgedrückt werden, die Beweglichkeit des Syſtems der Angriffspunkte beſchränken. Werden die Bedingungen in der Form: $F_k(x, y, z, \ldots) \gtrless 0$ oder $\Sigma(\varphi_i \delta x_i + \psi_i \delta y_i + \chi_i \delta z_i) \gtrless 0$ geſchrieben, ſo muß bei allen mit den Bedingungen verträglichen virtuellen Verſchiebungen aus der Gleichgewichtslage die Arbeit der wirkenden Kräfte: $\delta A = \Sigma(X_i \delta x_i + Y_i \delta y_i + Z_i \delta z_i) \gtrless 0$ gleich Null oder negativ ſein.

Der Gleichgewichtsfall tritt dabei ſtets an der Grenze des Gültigkeitsbereiches der Bedingungen, für die das Gleichheitszeichen maßgebend iſt, ein, das Ungleichheitszeichen beſchränkt die Kräfte, welche im Gleichgewicht ſein können. Beiſpiel: Zwei Kräfte in der

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Ebene, die sich an den Enden einer Schnur von der Länge l (Bedingung: Entfernung der Angriffspunkte $\leqq l$) das Gleichgewicht halten, können das nur bei gespannter Schnur und wenn sie nach außen gerichtet sind.

Literatur: Appell, Traité de mécanique rationnelle, Paris 1893, Bd. 1, S. 225—270; Schell, Theorie der Bewegung und der Kräfte, 2. Aufl., Leipzig 1879, Bd. 2, S. 166—211; Fourier, Œuvres, Paris 1888, Bd. 2, S. 488. *Finsterwalder.*

Prinzip von Hamilton. Es ist dies ein Satz, mit Hilfe dessen die Bewegungsgleichungen eines Punktsystems, ähnlich wie mit Hilfe des d'Alembertschen Systems, aufgestellt werden können. Er setzt jedoch die Existenz einer Kräftefunktion U voraus, nämlich einer Funktion, deren Differential nach den Koordinaten

$$dU = \Sigma\left(\frac{\partial U}{\partial x}dx + \frac{\partial U}{\partial y}dy + \frac{\partial U}{\partial z}dz\right) = \Sigma(X\,dx + Y\,dy + Z\,dz)$$

ist, wenn X, Y, Z die Komponenten der am Punkte $(x\,y\,z)$ angreifenden Kraft sind und die Summation sich auf alle Punkte des Systems bezieht. Das Prinzip lautet: Wenn die Lagen des Systems zu den Zeiten t_0 und t_1 fest gegeben sind, T die lebendige Kraft (kinetische Energie $= {}^1/_2\,\Sigma m v^2$) und U die Kräftefunktion bedeutet und das Zeichen δ sich auf unendlich kleine Aenderungen der Koordinaten der Punkte bezieht, die mit den Bedingungen des Systems verträglich sind, so ist für die Bewegung des Systems $\delta\int_{t_0}^{t_1}(T+U)\,dt = 0$, wobei die den Zeiten t_0, t_1 entsprechenden Aenderungen gleich Null sind und die unabhängige Variable t keine Aenderung erleidet.

Es ist nämlich, wenn $x' = \frac{dx}{dt}$, $y' = \frac{dy}{dt}$, $z' = \frac{dz}{dt}$ die Komponenten der Geschwindigkeit des Punktes $(x\,y\,z)$ sind, die Akzente also Differentiationen nach der Zeit bedeuten:

$$2T = \Sigma m(x'^2 + y'^2 + z'^2), \qquad \delta U = \Sigma(X\delta x + Y\delta y + Z\delta z),$$

$$\delta T = \Sigma m(x'\delta x' + y'\delta y' + z'\delta z') = \Sigma m\left(\frac{dx}{dt}\delta\frac{dx}{dt} + \frac{dy}{dt}\delta\frac{dy}{dt} + \frac{dz}{dt}\delta\frac{dz}{dt}\right)$$

oder, da

$$\delta\frac{dx}{dt} = \frac{d(x+\delta x)}{dt} - \frac{dx}{dt} = \frac{d\delta x}{dt}$$

ist,

$$\delta T = \Sigma m\left(\frac{dx}{dt}\frac{d\delta x}{dt} + \frac{dy}{dt}\frac{d\delta y}{dt} + \frac{dz}{dt}\frac{d\delta z}{dt}\right).$$

Daher hat man für die Aenderung des Integrals, dessen Grenzen feste Werte sind:

$$\delta\int_{t_0}^{t_1}(T+U)\,dt = \int_{t_0}^{t}(\delta T + \delta U)\,dt$$

$$= \int_{t_0}^{t}\left[\Sigma m\left(\frac{dx}{dt}\frac{d\delta x}{dt} + \frac{dy}{dt}\frac{d\delta y}{dt} + \frac{dz}{dt}\frac{d\delta z}{dt}\right) + \Sigma(X\delta x + Y\delta y + Z\delta z)\right]dt.$$

Nun liefert die partielle Integration:

$$\int_{t_0}^{t_1}\Sigma m\left(\frac{dx}{dt}\frac{d\delta x}{dt} + \frac{dy}{dt}\frac{d\delta y}{dt} + \frac{dz}{dt}\frac{d\delta z}{dt}\right)dt = \left[\Sigma m\left(\frac{dx}{dt}\delta x + \frac{dy}{dt}\delta y + \frac{dz}{dt}\delta z\right)\right]_{t_0}^{t_1}$$
$$- \int_{t_0}^{t_1}\Sigma m\left(\frac{d^2x}{dt^2}\delta x + \frac{d^2y}{dt^2}\delta y + \frac{d^2z}{dt^2}\delta z\right)dt,$$

und da an den Grenzen t_0, t_1 wegen der fest gegebenen Lage des Systems die Aenderungen δx, δy, δz aller Koordinaten Null sind, so verschwindet der Wert des ersten eingeklammerten Gliedes der rechten Seite und bleibt

$$\int_{t_0}^{t}\Sigma m\left(\frac{dx}{dt}\frac{d\delta x}{dt} + \frac{dy}{dt}\frac{d\delta y}{dt} + \frac{dz}{dt}\frac{d\delta z}{dt}\right)dt = -\int_{t_0}^{t}\Sigma m\left(\frac{d^2x}{dt^2}\delta x + \frac{d^2y}{dt^2}\delta y + \frac{d^2z}{dt^2}\delta z\right)dt.$$

Wenn man dies einsetzt, erhält man

$$\delta\int_{t_0}^{t_1}(T+U)\,dt = \int_{t_0}^{t_1}\Sigma\left[\left(X - m\frac{d^2x}{dt^2}\right)\delta x + \left(Y - m\frac{d^2y}{dt^2}\right)\delta y + \left(Z - m\frac{d^2z}{dt^2}\right)\delta z\right]dt.$$

Nach dem d'Alembertschen Prinzip (f. S. 240) ist aber für alle mit den Bedingungsgleichungen des Systems verträglichen Verschiebungen

$$\Sigma\left[\left(X - m\frac{d^2x}{dt^2}\right)\delta x + \left(Y - m\frac{d^2y}{dt^2}\right)\delta y + \left(Z - m\frac{d^2z}{dt^2}\right)\delta z\right] = 0;$$

folglich wird unter dieser Bedingung

$$\delta\int_{t_0}^{t}(T+U)\,dt = 0.$$

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Hiermit ist das Hamiltonsche Prinzip auf das d'Alembertsche Prinzip zurückgeführt. Es ist indessen spezieller als dieses, insofern es die Existenz einer Kräftefunktion voraussetzt. Diese Kräftefunktion kann jedoch die Zeit auch explizite enthalten, da die Aenderungen δ sich nicht auf sie beziehen. Ungeachtet dieser Beschränkung und des Umstandes, daß seine Anwendung die Variationsrechnung voraussetzt, ist es doch von großem Nutzen, da in demselben die Wahl der Koordinaten frei gelassen ist und man daher mit seiner Hilfe die Aufstellung der Bewegungsgleichungen für andre als rechtwinklige Koordinaten leichter erhält als mit Hilfe des d'Alembertschen Prinzips. Insbesondere dient das Hamiltonsche Prinzip zur Aufstellung der Bewegungsgleichungen in der zweiten Lagrangeschen Form (s. Differentialgleichungen der Bewegung, Bd. 2, S. 763).

Literatur: Hamilton, W. R., On a general method in dynamics etc., Philosophical Transactions of the Royal Soc. of London 1834, S. 247—308, und Second essay on a general method in dynamics, ebend. 1835, S. 95—144; Jacobi, Vorlesungen über Dynamik, herausgegeben von Clebsch, Berlin 1866, S. 58; Schell, Theorie der Bewegung und der Kräfte, Leipzig 1879, Bd. 2, S. 554. *(† Schell) Finsterwalder.*

Prinzmetall (Prinz-Rupprechts-Metall), s. v. w. Tombak; s. Messing.

Prise, ein im Kriegsfall dem Feinde abgenommenes Schiff u. s. w.

Prisma, ein Polyeder, dessen Oberfläche aus zwei kongruenten Polygonen, die in parallelen Ebenen liegen, deren Kanten parallel sind, und die Grundflächen heißen, und außerdem aus einer Anzahl von Parallelogrammen, den Seitenflächen, zusammengesetzt ist. Die Entfernung beider Grundflächen heißt Höhe.

Jede zu den Kanten der Seitenflächen parallele Ebene schneidet das Prisma nach einem Parallelogramm. Eine zu den Grundflächen parallele Ebene schneidet das Prisma in einem zu ersteren parallelen Polygon. Ein Prisma heißt senkrecht, wenn die Kanten der Seitenflächen und daher auch die letzteren selbst auf den Grundflächen senkrecht stehen; sonst heißt es schief. Schneidet man ein Prisma durch eine Ebene, die den Grundflächen nicht parallel ist, aber alle Seitenkanten trifft, so wird es durch diese in zwei schief abgeschnittene Prismen zerlegt. Ein Prisma heißt regulär, wenn es senkrecht ist und die Grundflächen reguläre Polygone sind. Ein Prisma heißt drei-, vierseitig u. s. w., je nachdem die Grundflächen drei-, vierseitige u. s. w. Polygone sind. Sind diese Parallelogramme, so heißt es Parallelflach (Parallelepipedon). Ein solches ist von drei Paaren von Parallelogrammen begrenzt, deren jedes als Grundflächenpaar angenommen werden kann; es hat acht Ecken, nämlich vier Paare von Gegenecken. Jede Verbindungslinie von zwei Gegenecken (also eine nicht in der Oberfläche liegende Gerade) heißt Diagonale. Alle vier Diagonalen schneiden sich im Mittelpunkt des Parallelflachs. Ein senkrechtes Prisma, dessen Grundflächen Rechtecke sind, heißt Quader. Ein Parallelflach, das von sechs kongruenten Rhomben begrenzt ist, heißt Rhomboeder. Ein Quader, der von sechs Quadraten begrenzt ist, heißt Würfel. Der Inhalt eines Prismas ist gleich dem Produkt aus Grundfläche und Höhe. Der Inhalt eines Quaders ist gleich dem Produkt aus den Längen von drei durch eine Ecke gehenden Kanten.

Literatur: Vogt, H., Ueber Gleichheit und Endlichgleichheit von Prismen und Pyramiden, Breslau 1904. *Wölffing.*

Prisma (Lichtprisma), dreiseitige Prismen durchsichtiger Körper, an welchen sich zwei möglichst eben hergestellte Flächen (die dritte Prismenfläche kann matt sein) unter passendem Winkel schneiden, dienen zur Zerlegung des Lichts in seine einzelnen farbigen Bestandteile (s. Spektralanalyse) und zur Ermittlung des Brechungskoeffizienten der Prismensubstanz (s. Licht).

Glasprismen gibt man gewöhnlich einen Winkel von 50—60° an der brechenden Kante, wenn sie zu spektraler Zerlegung dienen sollen, und stellt sie teils aus Flintglas mit großem Farbenzerstreuungsvermögen, teils aus Crownglas mit kleinerem Zerstreuungsvermögen her. Prismenkombinationen dienen einesteils zur Steigerung der Dispersion, indem man das aus einem Prisma austretende Licht in ein zweites, gleichsinnig zerstreuendes Prisma, aus diesem in ein drittes u. s. w. treten läßt, andernteils zur Aufhebung der Farbenzerstreuung (s. Achromasie), indem man mit einem Crownglasprisma mit größerem Winkel ein passendes Flintglasprisma mit kleinerem Winkel ungleichsinnig zusammenstellt, andre endlich, wie beim Spektroskop mit gerader Durchsicht, indem man die beiderlei Prismen so zusammenordnet, daß für eine bestimmte Farbe die Ablenkung kompensiert wird, aber eine kräftige Dispersion bestehen bleibt. Prismen aus Flüssigkeiten stellt man her mittels sogenannter Hohlprismen, dreiseitiger Gefäße, an welchen zwei Wände durch planparallele Gläser geschlossen sind. Für Dispersionsversuche mit Wärmestrahlen, die vom Glas stark absorbiert werden, verwendet man Prismen aus Steinsalz oder Flußspat. Ueber total reflektierende Prismen s. Licht. *Aug. Schmidt.*

Prisma (Zylinder), Bestandteil des Jacquardgetriebes; s. Weberei.

Prismatoid (Prismoid), ein Polyeder, begrenzt von zwei Polygonen (Grundflächen) in parallelen Ebenen, deren Seitenzahlen m und n verschieden sein können, und von $m + n$ Dreiecken (Seitenflächen), von denen jedes eine Ecke mit der einen, die Gegenseite mit der andern Grundfläche gemein hat. Die Entfernung der Grundflächen heißt Höhe des Prismatoids.

Das letztere wird von einer Ebene, die alle Seitenkanten halbiert, in einem $(m + n)$-Eck, dem Mittelschnitt, geschnitten; die Seiten desselben sind denen der Grundflächen parallel. Ein Prismatoid heißt regulär oder eine Trommel, wenn seine Grundflächen kongruente reguläre

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Polygone sind, deren Mittelpunkte in einer Senkrechten zu den Grundflächen liegen und die so gegeneinander verdreht sind, daß der Mittelschnitt ein reguläres Polygon von der doppelten Seitenzahl ist. Sind G und G' die Grundflächen, S die Fläche des Mittelschnitts, h die Höhe eines Prismatoids, so ist der Inhalt des Prismatoids $\frac{h}{6}(G + G' + 4S)$.

Literatur: [1] Wittstein, Das Prismatoid, Hannover 1860. — [2] Grebe, Bemerkung über die Berechnung des Prismatoids, Cassel 1866. — [3] Müller, Darstellung der Grundeigenschaften der Prismoide, Gotha 1842. — [4] Decker, Die Prismentrommel, München 1888. *Wölffing.*

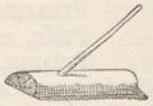
Prismenkette, s. Richtmechanismus.

Prismenkreuz, s. Winkelinstrumente.

Prismenlupe, s. Zylinderprisma.

Prismenpaar, s. Richtpaar.

Prismen- und Spiegelinstrumente zum Abstecken konstanter Winkel (auch Allineator), s. Winkelinstrumente.



Pritschbläuel (Erdschlägel, Patsche), Werkzeug aus hartem Holz mit kurzem Stiel zum Stampfen oder Schlagen des Lehmestrichs bei Scheunentennen, Kegelbahnen u. s. w.

Pritschen, Pritschhammer, s. Abrichten von Blechen.

Privatanschlußgleise (Privatanschlußbahnen, Schleppbahnen) sind Bahnanlagen, die an öffentliche Eisenbahnen anschließen, aber nicht dem öffentlichen Eisenbahnverkehr, sondern dem Verkehr von industriellen Werken, von Bergwerken, von städtischen Viehhöfen, von nicht der öffentlichen Bahn gehörigen Hafenanlagen u. s. w. dienen.

Die Anlage und der Betrieb der Privatanschlußgleise unterliegt in den meisten Ländern (so Preußen, Oesterreich-Ungarn, Schweiz, Italien, Rußland u. s. w.) gesetzlichen Bestimmungen und staatlich erlassenen Vorschriften, wird im übrigen durch Vereinbarung zwischen Eisenbahn und Inhaber des Privatanschlusses geregelt. Hierbei kommen namentlich in Betracht die betriebssichere Herstellung und Unterhaltung der Privatanschlußgleise, der Uebergang und die Benutzungsdauer der Wagen, die Haftung für Beschädigungen, die Tariffrage u. s. w.

Literatur: [1] Röll, Encyklopädie, S. 2710. — [2] Fritsch, Handbuch der Eisenbahngesetzgebung, Berlin 1906. — [3] Cauer, Betrieb und Verkehr der Preuß. Staatsbahnen, I, II, sowie die gesetzlichen und im Verwaltungswege erlassenen Vorschriften in den einzelnen Ländern. *Cauer.*

Privatbahnen, s. Eisenbahnverwaltung.

Privatleitungen, im Gegensatz zu den in den öffentlichen Straßen liegenden Rohrleitungen, das in privaten Grundstücken verlegte Röhrensystem der Wasserversorgung, Gasbeleuchtung u. s. w.

Privatwagen, s. Eisenbahnbetrieb X, Eisenbahnwagen.

Probebelastung bei Brücken, s. Belastungsprobe.

Probefahrt mit Schiffen dient zur Feststellung der meist kontraktlich ausbedungenen Schiffsgeschwindigkeit sowie zur Erprobung der Schiffsmaschinen mit Bezug auf die Ermittlung der höchsten Kraftleistung, Kohlenverbrauch und Manövrierfähigkeit sowie zur Erprobung der Seefähigkeit und der Drehfähigkeit des Schiffes.

In der Handelsmarine begnügt man sich in der Regel mit der Ermittlung der größten Schiffsgeschwindigkeit sowie der entsprechenden Maschinenkraft und des Kohlenverbrauchs, da diese Resultate für den Reeder allein von Bedeutung sind. — Vor Beginn der Probefahrten ist das Schiff möglichst zu docken und mit einem neuen Bodenanstrich zu versehen, damit es bodenrein ist. Alsdann sind alle Daten festzustellen, welche für die späteren Versuche von Wert sind, die Belastung mit Ausrüstungsgegenständen, Kohlen, Wasser u. s. w., der entsprechende Tiefgang vor und nach der Probefahrt sowie die wichtigsten Konstruktionsdaten des Schiffes. — Zur Ermittlung der Schiffsgeschwindigkeit benutzte man früher das Log (s. d.); dasselbe gibt jedoch bei hohen Geschwindigkeiten keine zuverlässigen Werte. Man ist daher dazu übergegangen, an den Küsten genau abgesteckte und durch Baken kenntlich gemachte Strecken in einem Kurse parallel zu dieser Strecke mit dem Schiff abzulaufen und die hierzu erforderliche Zeit festzustellen. Da man die Geschwindigkeit der Schiffe pro Stunde allgemein nach Knoten oder Seemeilen = 1852 m bemißt, so macht man die Länge der abgesteckten Strecke gleich einer Seemeile. Es entspricht also eine Durchlaufszeit von 10 Minuten einer Geschwindigkeit von 6 Knoten. Das Fahrwasser für Meilenfahrten muß möglichst tief und frei von Strömungen sowie Ebbe und Flut sein, da sonst die Genauigkeit der Messungen beeinträchtigt wird. Auch dürfen die Windstärke und der Seegang ein bestimmtes Maß nicht überschreiten. Die gemessene Meile wird mehreremal auf und ab gelaufen und die mittlere Geschwindigkeit ermittelt. Bei längeren forcierten Fahrten läuft man, um den jedesmaligen Fahrtverlust beim Wenden nach Ablaufen der Meile zu umgehen, größere gerade Strecken mit derjenigen Umdrehungszahl ab, welche bei den vorher stattgefundenen Meilenfahrten der mittleren Maximalgeschwindigkeit entspricht. — Zur leichteren Verwertung der Probefahrtsdaten hat man zuerst in England nach dem Vorgang von Denny die Progressivprobefahrten eingeführt. Die

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Meilenfahrten beginnen mit niedriger Geſchwindigkeit, und dieſelbe wird nach dem jedesmaligen doppelten Ablaufen der Meile ſtetig bis zur höchſten Maſchinenleiſtung geſteigert, wobei jedesmal die Leiſtungen der Maſchinen durch Indikatordiagramme feſtgeſtellt werden. Die für die einzelnen Geſchwindigkeiten ſich ergebenden Werte der indizierten Pferdeſtärken, der Umdrehungszahl, des Schraubenſlip u. ſ. w. werden alsdann als Ordinaten von Kurven aufgetragen, deren Abſziſſe die entſprechende Geſchwindigkeit in Seemeilen iſt. Auf dieſe Weiſe ergibt ſich ein klares Bild über den Zuſammenhang dieſer einzelnen Daten. — Zur Ermittlung der Maſchinenleiſtung müſſen bei allen Meilenfahrten und bei Dauerfahrten in beſtimmten Zeitabſchnitten Indikatordiagramme genommen werden und zwar auf beiden Kolbenſeiten eines jeden Zylinders; desgleichen iſt die mittlere Umdrehungsanzahl und der mittlere Dampfdruck im Hauptdampfrohr und in den einzelnen Zylindern ſowie das Vakuum im Kondenſator aus einer entſprechenden Anzahl Beobachtungen feſtzuſtellen. Wenn möglich, iſt der Verbrauch an Speiſewaſſer zu ermitteln. Der Slip des Propellers wird aus der Steigung, der Umdrehungszahl und der Geſchwindigkeit berechnet, und alsdann werden alle Daten zu Tabellen vereinigt.

In der deutſchen Marine erſtrecken ſich die Probefahrten auf eine Vorprobefahrt zur Konſtatierung der Gangbarkeit der Maſchinen, auf eine 6ſtündige forcierte Fahrt zur Ermittlung der höchſten Maſchinenleiſtung und der größten Geſchwindigkeit, auf eine 24ſtündige Dauerfahrt mit allen Keſſeln ohne Forcierung, auf eine 24ſtündige Fahrt mit Marſchgeſchwindigkeit zur Beſtimmung des Kohlenverbrauchs. Hieran reihen ſich alsdann Fahrten zur Erprobung des Rudergeſchirrs und der Drehfähigkeit des Schiffes, zur Feſtſetzung der Manövrierfähigkeit der Maſchine ſowie zur Erprobung des Schiffes in ſchwerer See.

Literatur: [1] Krieger-Johow, Hilfsbuch für den Schiffbau, Berlin 1902. — [2] Busley, L., Die Schiffsmaſchine, Kiel 1886.

T. Schwarz.

Probegedinge, ſ. Auffahren.

Probegold (or au titre, standard gold), Gold, welches den für die Verarbeitung geſetzlich vorgeſchriebenen Feingehalt (ſ. d.) beſitzt.

Proben, metallurgiſche, ſ. Aufbereitung, Bd. 1, S. 350.

Proben, technologiſche, dienen zur Unterſuchung der Bauſtoffe auf ihre Bearbeitungsfähigkeit oder technologiſchen Eigenſchaften. Nach der Art der Bearbeitung unterſcheidet man die letzteren in: Zerlegbarkeit, Umformbarkeit und Zuſammenfügbarkeit.

1. Die **Zerlegbarkeit** der Bauſtoffe beruht auf ihrem mehr oder weniger großen Widerſtande gegen den Angriff ſchneidender Werkzeuge und auch wohl gegen Zerbrechen. Sie hängt ab vornehmlich von der Härte des Materials und von deſſen Zähigkeit. Geprüft wird ſie am beſten durch unmittelbare Anwendung des bei der praktiſchen Bearbeitung beabſichtigten Zerlegungsverfahrens. In abſolutem Maß läßt ſich die Zerlegbarkeit nicht ausdrücken, man wird ſie vielmehr immer nur durch Vergleich von zwei oder mehreren Stoffen relativ beſtimmen können.

2. Die **Umformbarkeit** iſt die Fähigkeit eines Materials, ſich ohne Abtrennung einzelner Teile aus einer gegebenen Form in eine andre überführen zu laſſen, und zwar entweder durch die mechaniſche Einwirkung äußerer Kräfte oder durch Gießen. — Die Umformbarkeit durch die Einwirkung äußerer Kräfte beruht auf der Zähigkeit des Materials. Die Verfahren zu ihrer Erprobung ſind die Biegeprobe (ſ. d.) und die Schmiedeprobe. Letztere iſt wieder zu unterſcheiden a) nach dem Wärmezuſtand in Kalt- und Warmbiegeproben; b) nach der Art des Schmiedens in Ausbreite-, Stauch- und Aufdornprobe. Ferner gehören hierzu die Aufweitungs- und Bördelproben, wie ſie für Keſſelrohre im Gebrauch ſind, und die Lochprobe (ſ. d.) ſowie die Polterprobe.

a) Bei der Ausbreiteprobe wird das auf helle Rotglut erhitzte Verſuchsſtück, in der Regel flache Stäbe, unter der Hammerfinne an den Enden innerhalb der Länge l ſo weit ausgebreitet oder geſtreckt, bis die Ränder riſſig werden. Das Ausweiten erfolgt entweder unter einem ſchnell arbeitenden Hammerwerk oder von Hand. Die Hammerfinne ſoll nach 15 mm Halbmeſſer abgerundet ſein und beim Schlagen quer zur gewünſchten Ausbreitrichtung ſtehen. Als Gütemaß dient das Verhältnis $\frac{b_1}{b} \cdot 100 = Ag$ der urſprünglichen Probenbreite b zu der bei eintretender Rißbildung erreichten Breite b_1, oder das Verhältnis $\frac{l_1}{l}\ 100 = Sg$ beim Strecken von l auf l_1. Ag ſoll bei Bauwerkseiſen und Blechen aus Schweiß- und Flußeiſen mindeſtens 1 : 1,5 betragen. Schweißeiſen, welches hohen Schlackengehalt beſitzt oder ſchlecht geſchweißt und in der Luppe mangelhaft durchgearbeitet iſt, wird beim Ausbreiten längsriſſig (ſogenannter Beſenbruch), und ſauerſtoffreiches Flußeiſen zeigt zackige Ränder. Zur Erzielung vergleichbarer Ergebniſſe ſind geometriſch ähnliche Proben zu verwenden.

b) Die Stauchprobe dient beſonders als Güteprobe für Nieteiſen. Bei ihr werden zylindriſche Abſchnitte, deren Länge gleich dem doppelten Durchmeſſer iſt, in der Längsrichtung unter dem Hammer zuſammengeſtaucht. Gutes Nieteiſen ſoll ſich rotwarm bis auf ein Dritteil, kalt bis auf die Hälfte ſeiner urſprünglichen Länge ſtauchen laſſen, ohne Riſſe zu zeigen.

c) Die Aufdornprobe, auch „Rotbruchprobe“ genannt, iſt beſonders bei Prüfung von Flußeiſen im Gebrauch. Die Probeſtreifen ſind zunächſt im rotwarmen Zuſtande auf 6 mm Dicke und 40 mm Breite abzuſchmieden, dann mit einem ſich verjüngenden Lochſtempel, deſſen Durchmeſſer bei 80 mm Länge an dem einen Ende 20 mm, an dem andern 30 mm beträgt, ebenfalls rotwarm zu lochen, und ſchließlich iſt das 20 mm weite Loch durch Eintreiben des Dornes bis auf 30 mm zu erweitern. Die Lochwandungen dürfen hierbei keine Riſſe zeigen. Wegen der ſtarken Abkühlungen der dünnen Lochwandungen an dem dicken Stempel iſt die

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Probe in den meiſten Fällen wiederholt zu erhitzen. Der Dorn wird dann abwechſelnd von beiden Seiten eingetrieben, um zu vermeiden, daß das Material der Lochwandung unter Bildung von ſcharfem Grat einſeitig ausgezogen wird.

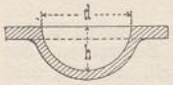
d) Die Aufweitungsprobe, zur Prüfung von Waſſerröhren für Dampfkeſſel, wird durch Hämmern des Rohrendes über einem Dorn in kaltem Zuſtande bewirkt, wobei die Hammerfinne parallel zur Längsrichtung des Rohres ſteht. Gefordert wird, daß ſich die Rohrenden auf 30 mm Länge aufweiten laſſen:

bei einer Wandſtärke von . . .	bis zu 4,	4—6 mm	
Rohre aus Schweißeiſen um	5	3%	des inneren Durchmeſſers
Rohre aus Flußeiſen, geſchweißt	7	4%	„ „ „
Rohre aus Flußeiſen, nahtlos	10	6%	„ „ „

e) Die Bördelprobe erfolgt 1. an Rohren durch Umkrempen der Rohrenden in kaltem Zuſtande, nachdem die Probeſtücke zuvor ausgeglüht ſind. Als Gütemaß dient der Umbördelungswinkel, wobei beſtimmte Vorſchriften für die Breite des Bördels innezuhalten ſind. Die Würzburger Normen ſtellen folgende Bedingungen:

Material	Umbördelungswinkel in Graden			Breite des Bördels in Prozenten des Rohrdurchmeſſers		
	bei der lichten Rohrweite d und Wandſtärke w in Millimetern					
	$d < 76$ $w \leq 3{,}5$	$d > 76$ $w \leq 4{,}5$	$w > 4{,}5$	$d < 76$ $w \leq 3{,}5$	$d > 76$ $w < 4{,}5$	$w > 4{,}5$
Schweißeiſen	75	45	30	12	8	8
Flußeiſen . .	90	90	90	12	12	12

Die Materialvorſchriften der deutſchen Kriegsmarine ſchreiben vor, daß das Rohr nach Bördelung um 90° zunächſt nochmals auszuglühen iſt, ſofern größere Bördelwinkel als 90° vorgeſchrieben ſind. 2. Bei Blechen wird die Bördelprobe, hier auch „Aufbruchprobe“ genannt, in der Weiſe ausgeführt, daß man das Verſuchsſtück mit einem Loch von vorgeſchriebenem Durchmeſſer verſieht und hieraus einen Bördel von beſtimmter Höhe und beſtimmtem Durchmeſſer herausbördelt, wobei keine Riſſe entſtehen dürfen.



f) Bei der Polterprobe muß ſich in das Blech eine Kugelhaube (ſ. die Figur) von beſtimmtem Durchmeſſer d und beſtimmter Höhe h eintreiben laſſen, ohne daß Riſſe oder unganze Stellen ſich zeigen.

Zur Prüfung der Umformbarkeit durch Gießen gehören neben der Beſtimmung des Schmelzpunktes die Ermittlungen der Neigung zum Abſchrecken, der Dünnflüſſigkeit, der Schwindung und der Neigung zum Saugen (Lunkern); vgl. Gußeiſenprüfung.

3. Die **Zuſammenfügbarkeit** der Bauſtoffe beruht, wenn das Zuſammenfügen durch Anwendung beſonderer Bindemittel (Leim, Mörtel u. ſ. w.) erfolgen ſoll, auf deren Oberflächenbeſchaffenheit und bei unmittelbarer Vereinigung der Stücke auf der Schweißbarkeit des Materials. Um letztere zu prüfen, werden zwei hinreichend lange Probeabſchnitte an einem Ende durch Schmieden abgeſchrägt und dann in Schweißhitze, in der Regel unter Anwendung von Quarzſand, zuſammengeſchweißt. Bei nicht ſchweißbarem Material haften die Teile überhaupt nicht aneinander. Iſt Schweißung eingetreten, ſo wird ihre Güte entweder durch Biegeproben oder Zerreißproben ermittelt. Bei der Biegeprobe wird das Stück in der Mitte der Schweißſtelle ringsum eingehauen und durchgebrochen. Bei mangelhafter Schweißung erfolgt kein vollſtändiger Querbruch, ſondern letzterer geht nur bis zur Schweißfuge und verläuft dann in der Längsrichtung des Stückes, der Schweißfuge folgend. Die Vorſchriften der deutſchen Kriegsmarine fordern Biegeproben mit nicht eingekerbten Proben, wobei die Schweißnaht ſich nicht öffnen darf.

Zur Prüfung der Schweißbarkeit durch Zerreißverſuche ſind neben den geſchweißten auch ungeſchweißte Stäbe desſelben Materials zu prüfen, und zwar beide in ausgeglühtem Zuſtande, um die Vergleichswerte von der voraufgegangenen mechaniſchen Bearbeitung des Materials unabhängig zu machen. Die Schweißnaht muß ſelbſtverſtändlich zu beiden Seiten von der Verſuchslänge (ſ. Zerreißverſuch) überragt werden. Ferner empfiehlt es ſich, das Verhältnis zwiſchen der Größe der Schweißfläche und dem Stabquerſchnitt ſtets gleichgroß zu wählen. In der Regel wird verlangt, daß die Zugfeſtigkeit der geſchweißten Probe mindeſtens 90% derjenigen der ungeſchweißten beträgt.

Literatur: [1] Martens, Handbuch der Materialienkunde. — [2] Materialvorſchriften der deutſchen Kriegsmarine, 1905. — [3] Normalbedingungen für die Lieferung von Eiſenkonſtruktionen für Brücken- und Hochbau, aufgeſtellt von dem Verbande deutſcher Architekten- und Ingenieurvereine, dem Verein deutſcher Ingenieure und dem Verein deutſcher Eiſenhüttenleute, 1902. — [4] Grundſätze für die Prüfung von Schweiß- und Flußeiſen zum Bau von Dampfkeſſeln (Würzburger Normen 1905). — [5] Vorſchriften für Lieferung von Eiſen und Stahl, aufgeſtellt vom Verein deutſcher Eiſenhüttenleute. — [6] Grundſätze für einheitliche Materialprüfungen, aufgeſtellt vom Deutſchen Verbande für die Materialprüfungen der Technik, 1900.

Rudeloff.

Probeſtabform, ſ. Zerreißverſuch.

Probiergewicht, ſ. Feingehalt.

Probierhähne dienen neben den Waſſerſtandsgläſern zur Unterſuchung eines Dampfkeſſels auf ſeinen Waſſerſtand. Man wendet gewöhnliche Auslauf-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

hähne, je einen in der Höhe des niedrigſten, mittleren und höchſten Waſſerſtandes, an. Unter den Ausflüſſen bringt man meiſt am oberen Ende trichterförmig erweiterte Abflußrohre an, welche das ausfließende Waſſer nach einem für alle drei Hähne gemeinſchaftlichen Abflußrohr leiten.

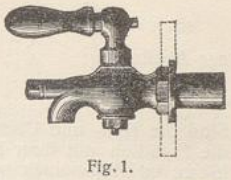


Fig. 1.

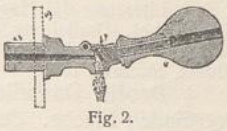


Fig. 2.



Fig. 3.

Alle Probierhähne und -ventile müſſen ſo eingerichtet ſein, daß man ſie während des Betriebes durchſtoßen kann, um etwaige Anſätze von Schmiere, Schlamm oder Keſſelſtein zu entfernen. — Fig. 1 zeigt einen ſolchen gewöhnlichen Probierhahn, an deſſen vorderem Ende ſich eine kleine Vierkantſchraube befindet, nach deren Abſchrauben der Hahn in gerader Richtung mittels eines Drahtes u. dergl. durchſtoßen werden kann. In Fig. 2 iſt ein Probierventil mit Gummi-, Blei- oder Vulkanfiberdichtung und Hebelbelaſtung dargeſtellt, welches durch bloßes Anheben des Belaſtungshebels geöffnet wird. Fig. 3 zeigt ein von Grabau konſtruiertes Probierventil mit ſchrägſtehendem Kegelventil und abnehmbarem Ausfluß, nach deſſen Entfernung das Ventil im Betrieb durchſtoßen werden kann. Ein Probierventil mit auswechſelbarer Vulkanfiberdichtung zeigt D.R.P. Nr. 53765, worauf wir verweiſen. *v. Ihering.*

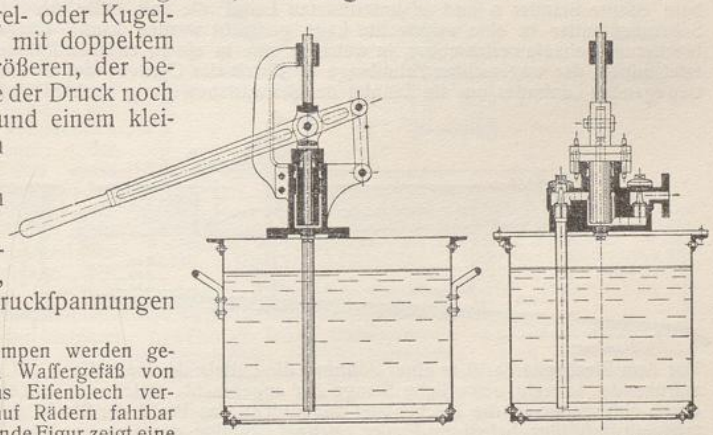
Probierhobel, kleiner (9 cm langer, 3 cm breiter) Schropphobel, dient zum Anhobeln roher Bohlen u. ſ. w., um Farbe und Zeichnung des Holzes erkennen zu laſſen.

Probierkunſt, die Lehre von der quantitativen Unterſuchung der Erzeugniſſe des Bergbaues und Hüttenweſens auf diejenigen Metalle u. ſ. w., die im großen gewonnen werden können.

Die Methoden ſchließen ſich vielfach den hüttenmänniſchen Verfahren an und geben in dieſen Fällen einen Anhalt für das zu erwartende Ausbringen. — Vgl. Aufbereitung, Bd. 1, S. 350, Goldproben, Silberproben.

Probiernadel, ſ. Goldproben.

Probierpumpen zur Erzeugung hohen Druckes bei hydrauliſchen Preſſen, Rohrprobierpreſſen (ſ. Einſpannvorrichtungen, Bd. 3, S. 256) werden für Hand- und Maſchinenbetrieb ausgeführt, in der Regel als einfach wirkende Plungerpumpen mit Kegel- oder Kugelventilen, oft auch mit doppeltem Kolben, einem größeren, der benutzt wird, ſolange der Druck noch mäßig hoch iſt, und einem kleineren, der in dem großen Kolben liegt und der nach Feſtſtellung des letzteren in Tätigkeit geſetzt wird, um die höchſten Druckſpannungen zu erzielen.



Die Probierpumpen werden gewöhnlich mit einem Waſſergefäß von 300—500 l Inhalt aus Eiſenblech verbunden, eventuell auf Rädern fahrbar eingerichtet. Beiſtehende Figur zeigt eine Handprobierpumpe mit Waſſergefäß und doppeltem Kolben. Bezugsquellen: Armaturfabriken. Preis einer kleinen Pumpe zum Probieren der Hauswaſſerleitungen, auf Blechgefäß montiert, ca. 100 ℳ; einer Pumpe mit Doppelkolben (wie die Figur), fahrbar, ca. 250 ℳ; einer Pumpe für Maſchinenbetrieb für größere hydrauliſche Preſſen ca. 2000 ℳ. *C. Blecken.*

Probierſtein, ſ. Kieſelſchiefer.

Probierſtock, ſ. Biegeprobe, Bd. 1, S. 785.

Produkt, das Ergebnis der Multiplikation, äußeres und inneres Produkt; ſ. a. Geometriſcher Kalkül.

Produkte, unendliche (Produktenreihen), Produkte mit unendlich vielen Faktoren.

Ein Produkt $(1+u_1)\,(1+u_2)\,(1+u_3)\ldots$ iſt dann und nur dann konvergent, wenn die Summenreihe $u_1+u_2+u_3+\ldots$ konvergiert (ſ. Reihen). Beiſpiele von unendlichen Produkten ſind:

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

$$\sin x = x\left[1-\left(\frac{x}{\pi}\right)^2\right]\left[1-\left(\frac{x}{2\pi}\right)^2\right]\left[1-\left(\frac{x}{3\pi}\right)^2\right]\ldots = x\prod_{1}^{\infty}\left[r\right]\left[1-\left(\frac{x}{r\pi}\right)^2\right]$$

zur Abkürzung:

$$\cos x = \prod_{0}^{\infty}\left[r\right]\left[1-\left(\frac{x}{r\pi-\frac{\pi}{2}}\right)^2\right].$$

Sind die Null- und Unendlichkeitsſtellen einer tranſzendenten Funktion gegeben, ſo läßt ſich die Funktion mit ihrer Hilfe als Quotient zweier unendlichen Produkte darſtellen; doch tritt hierzu im allgemeinen noch als Faktor eine tranſzendente Funktion von ganzem Charakter.

Literatur: [1] Hagen, Synopſis der höheren Mathematik, I, Berlin 1891, S. 114—118. — [2] Hoebel, Darſtellung doppeltperiodiſcher Funktionen durch unendliche Produkte, Göttingen 1876. — [3] Ilnicki, Ueber das Zerlegen von Funktionen in Partialbrüche und unendliche Produkte, Suczawa 1879. — [5] Lefrançois, Essai sur les produits continus, Brüſſel 1841. *Wölffing.*

Profil, Darſtellung des gedachten Schnittes durch einen Körper nach einer vertikalen Fläche. Je nachdem der Schnitt nach der Längsachſe oder nach einer Ebene ſenkrecht zu dieſer gedacht iſt, ergibt ſich ein Längen- oder Querprofil (ſ. d.), was alſo ſoviel wie Längen- oder Querſchnitt bedeutet. — In der Walztechnik verſteht man unter Profil Querſchnittsformen des Walzeiſens, welche von den quadratiſchen, rechteckigen, kreisförmigen oder regelmäßig-polygonalen abweichen (I-, Z- u. ſ. w. Eiſen). — Vgl. a. Bahnprofil, Längenprofil, Schienenprofile unter Oberbau und Normalprofile für Walzeiſen. *Kübler.*

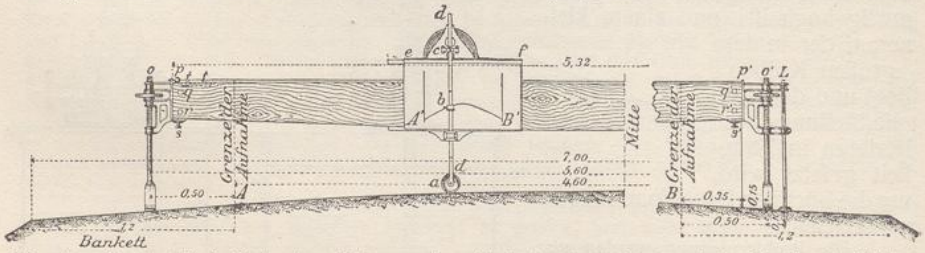
Profile, geologiſche, vertikale, nach dem Mittelpunkt der Erde gerichtete Schnittflächen durch die Erdkruſte zur Veranſchaulichung ihres Aufbaues und der Gliederung in die verſchiedenen Schichten und Geſteine.

Die ſogenannten ſchematiſchen oder auch idealen Profile ſind ſubjektive, hypothetiſche Vorſtellungen. *Leppla.*

Profileiſen, -ſtäbe, -ſtähle, ſtangen, Metallſtäbe (aus Eiſen, Stahl u. ſ. w.), die ein von den einfachen (Rund-, Quadrat- u. ſ. w.) Querſchnitten abweichendes Profil aufweiſen. S. a. Normalprofile für Walzeiſen, Stangenpreſſen und Ziehen.

Profilograph, eine von Schmid erfundene Vorrichtung zum Meſſen der Abnutzung der Straßenoberfläche.

Sie beſteht, wie beiſtehende Figur zeigt, aus einer an den Enden durch lotrecht verſtellbare eiſerne Ständer *o* und *o'* unterſtützten Latte, die mit Hilfe der Libelle *t t* durch eine Schraubenmutter in eine wagerechte Lage gebracht werden kann. Längs dieſer Latte iſt ein blechernes Gehäuſe verſchiebbar, in welchem eine in einem eiſernen Rahmen hängende Zeichentafel mittels der wagerechten Zahnſtange *e f* durch das Getriebe des in einer Drahtſchlinge ſich bewegenden Laufrades um ein Zehntel der Seitwärtsbewegung nach rückwärts verſchoben wird.



Vor dem Blechgehäuſe iſt in einer Führung die mittels der Laufrolle *a* auf der Straßenoberfläche aufruhende, lotrecht bewegliche Stange *d d* angebracht, welche einen Zeichenſtift *b* trägt, der, durch eine Feder an die Zeichentafel angedrückt, das Profil der Straße auf ein an der Zeichentafel mit Heftſtiften befeſtigtes Papier zeichnet. Infolge des angewendeten Ueberſetzungsverhältniſſes erſcheinen die Höhen in natürlicher Größe, die Längen im Maßſtabe 1 : 10 [1], [2].

Literatur: [1] Fortſchritte der Ingenieurwiſſenſch., 2. Gruppe, 4. Heft, Leipzig 1895, S. 26. — [2] Zeitſchr. für Baukunde 1882, S. 3. *L. v. Willmann.*

Profilradius, der Quotient $r = F : p$, wenn F das Waſſerquerprofil, p den benetzten Umfang des Querprofils bezeichnet (ſ. Hydraulik, Bd. 5, S. 153).

Profilſteine im Straßenbau ſind Steine, die, in geſicherter Lage in einer beſtimmten unveränderlichen Höhe im Querprofil eines Straßen- oder Dammkörpers angebracht, eine jederzeitige Wiederaufnahme und Kontrolle des betreffenden Querprofils geſtatten. — Profilſteine im Hochbau ſind, im Gegenſatz zu glatt bearbeiteten, mit einer Profilierung verſehene Steine. *L. v. Willmann.*

Profilzirkel, ein Feldzirkel, der mit einem Gradbogen zum Ableſen von Neigungswinkeln verſehen iſt; ſ. a. Drehlatte.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Progreſſionen, ſ. Reihen.

Progreſſivfahrten, ſ. Probefahrt.

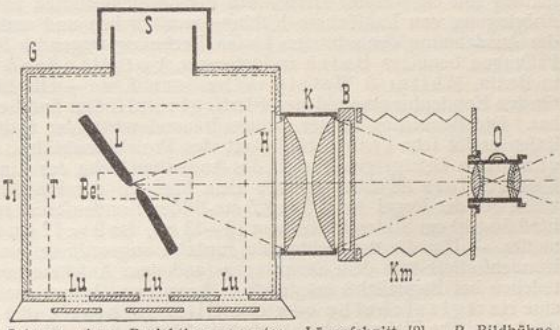
Progreſſivpulver, ſ. Geſchoßtreibmittel, Bd. 4, S. 419.

Projekt, genereller oder ſpezieller Entwurf zu einem Bauobjekt.

Projektion, die Abbildung eines im Raume befindlichen Gegenſtandes auf einer Ebene (Projektionsebene). Jedem Punkte dieſes Gebildes entſpricht ein Punkt des räumlichen Gebildes, ſo daß die Verbindungslinien entſprechender Punkte entweder alle durch einen Punkt hindurchgehen oder zueinander parallel ſind. Das ebene Gebilde bezeichnet man als die Projektion des räumlichen (ſ. a. Projektionslehre). — Vgl. a. Kartenprojektion. *Vonderlinn.*

Projektionsapparate (Bildwerfer, Skioptika), optiſche Inſtrumente, welche zumeiſt dazu dienen, bildliche Darſtellungen durch vergrößerte Projektion von Laternbildern (Photographien auf Glas, Zelluloid- oder Gelatinefilms; durch Zeichnen, Malen, Radieren u. ſ. w. oder mittels Abziehdrucken hergeſtellte transparente Bilder) auf einen geeigneten Schirm einem größeren Beſchauerkreiſe vorzuführen. Ferner können die Skioptika, denen in der Hauptſache die von Athanaſius Kircher erfundene und 1671 beſchriebene, von Thomas Walgenſtein, ſpäter von Robertſon verbeſſerte Laterna magica zugrunde liegt, in geeigneter Bauart verfertigt, zur vielen Perſonen ſichtbaren Demonſtration von undurchſichtigen, auch plaſtiſchen Objekten, mikroſkopiſchen Präparaten, endlich zu der von chemiſchen, mechaniſchen, optiſchen, phyſiologiſchen u. ſ. w. Vorgängen benutzt werden.

Das moderne Skioptikon zur Projektion von Laternbildern ſtellt in der Regel eine weſentlich verbeſſerte Form der Laterna magica, wie ſie als Spielzeug für Kinder Verwendung findet, dar. Es beſteht in dieſer einfachen Geſtalt 1. aus dem Gehäuſe, welches die Lichtquelle einſchließt, um zu verhindern, daß „falſches“ Licht ſtörend in den Zuſchauerraum gelange; 2. dem Kondenſator (Kondenſor, Beleuchtungslinſe, Lichtſammler), der zur größtmöglichen Ausnutzung der Lichtquelle behufs gleichmäßiger, kräftiger Beleuchtung des zu projizierenden Gegenſtandes notwendig iſt; 3. der Bildbühne mit dem Bildſchieber, der die zur Projektion kommenden Glasdiapoſitive aufnimmt; 4. der Kamera in der Form eines Balgens oder in der einer geraden oder koniſchen Metallröhre, die verhindert, daß zerſtreutes Licht auf die Objektivfaſſung und den -träger und dadurch in den Projektionsſaal gelangt, und 5. dem Objektiv, welches ein vergrößertes, ſcharfes Bild des Diapoſitivs auf dem Projektionsſchirme zu entwerfen hat (vgl. die Figur).



Schema eines Projektionsapparates, Längsſchnitt [2]. *B* Bildbühne. *Be* Beobachtungsfenſter. *G* Gehäuſe mit Aſbeſtfütterung. *H* Hartglasſchutzplatte. *K* Kondenſator. *Km* Kamera. *L* Lichtquelle. *Lu* Luftlöcher. *O* Objektiv. *S* Schornſtein. *T* Seitentür. T_1 Rückwärtige Tür.

Das **Gehäuſe** der kleineren, gewöhnlich leicht transportabeln Apparate iſt kaſtenförmig aus Eiſenblech mit einem Holzboden angefertigt; bei „Reiſeapparaten“ iſt es nicht ſelten viel zu klein dimenſioniert, wenn ſtarke Hitze entwickelnde Lichtquellen benutzt werden ſollen. Für ſolche muß der Blechkaſten unter allen Umſtänden innen mit Aſbeſtpappe oder -ſchiefer gefüttert ſein. Bei großen, für ſtabile Aufſtellung beſtimmten Apparaten verwendet man am beſten einen aus Eichenholz maſſiv erzeugten, verzinkten, mit dicken Aſbeſtplatten ausgekleideten Kaſten, der auf ein gleichfalls kaſtenförmiges Geſtell (das z. B. den Rheoſtat für die Bogenlampe beherbergen kann und den Kontaktſchalter trägt; richtunggebend für derlei Apparate war die von der nicht mehr beſtehenden Firma Plößl & Co. in Wien gepflegte Bauart) derart montiert wird, daß er mittels Handrads und Schnecken- oder Zahntriebs um ſeine hintere Horizontalachſe gedreht werden kann. Dieſes Heben oder Senken des Apparatvorderteiles iſt nicht ſelten notwendig, um das Bild auf dem Projektionsſchirme in der Höhenrichtung verſchieben zu können. (Bei ſtarker Schrägſtellung des Apparates iſt eine korreſpondierende des Schirmes zur Erzielung ſcharfer Bilder nötig.) Man verwendet deshalb vorteilhaft auch für kleinere Apparate fahrbare Stative mit ähnlicher Stellvorrichtung. Die der größten Erhitzung ausgeſetzte Vorderwand wird am beſten aus mehreren gefalzten und verſchränkten Brettchen erzeugt. Stets muß das Gehäuſe zur Entfernung der heißen Luft und der Verbrennungsgaſe oben mit einem kürzeren (bei elektriſchem Licht oder Kalklicht u. ſ. w.) oder längerem (bei Petroleumlampen, Auerbrennern u. ſ. w.) Schornſtein und zwecks Erzielung eines genügend kräftigen Luftſtromes mit Löchern im Boden oder in den Seitenwänden (knapp am Fuße) verſehen ſein. Namentlich

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

muß die Anordnung der Luftlöcher so erfolgen, daß ein kühler Luftstrom nahe am Kondensor vorüberstreicht; Schornstein und Luftlöcher sind derart mit geschwärzten Kappen zu versehen, daß in den Saal direkte Lichtstrahlen nicht austreten können; das schwache zerstreute Licht ist praktisch ohne Bedeutung. Die Seitenwände sollen Türen besitzen, um Verrichtungen an der Lichtquelle zu gestatten. Sehr praktisch ist die häufig anzutreffende Einrichtung, daß die Rückwand als Haupttür ausgebildet ist (sie, wie es hier und da geschieht, ganz durch lichtdichte Vorhänge zu ersetzen, ist mit Nachteilen verknüpft). Kleine rote oder dunkelblau gefärbte Fenster ermöglichen die Beobachtung der Lichtquelle. Bei elektrischem Bogenlicht mit Handregulierung (s. unten) erweist sich die Anbringung einer Linse im Kasteninnern, die das Bild des Bogens auf ein rotes Fensterchen scharf entwirft, als eine mit geringen Kosten zu erstellende, bei der Bedienung des Apparates ausgezeichnete Dienste leistende Einrichtung.

Der an der Vorderwand des Gehäuses angebrachte **Kondensator**, dessen Hinweglassung eine ganz ungleich helle Beleuchtung des Projektionsfeldes (zum Teil mit störenden Abbildungen der Lichtquelle verknüpft) bewirkte und deshalb nur einen kleinen (den von einem dem Durchmesser des Objektivs entsprechenden Lichtbündel durchlaufenen) Teil des Bildes zu projizieren gestattete, kann am einfachsten durch eine Bikonvexlinse gebildet werden. Bei den besseren Apparaten stellt man aber fast durchweg den Kondensor aus zwei plankonvexen, mit den gekrümmten Flächen einander zugekehrten Linsen zusammen. Ein solcher zweiteiliger Kondensor macht bei sehr guter Ausnutzung der Lichtquelle die aus der Kugelgestalt der Linsenoberflächen herrührenden Fehler weniger fühlbar, als dies beim einfachen Kondensor der Fall ist. G. Rodenstock in München erzeugt eine (aus einer konkav-konvexen und einer bikonvexen Linse bestehende) unsymmetrische Form eines Doppelkondensators, die sich durch große Lichtstärke auszeichnen soll, ferner einen Rechteckkondensor, dessen Vorteil Raumersparnis ist (vgl. [2]). Die beste Lichtausnutzung und auch noch andre Vorzüge eignen den dreiteiligen Kondensatoren (Tripelkondensoren, z. B. von Zeiß in Jena, Reichert in Wien u. a.), bei welchen den zwei plankonvexen Linsen noch eine (konkav-konvexe) Meniskuslinse hintangestellt ist. Sie werden bei großen Apparaten und Verwendung von punktförmigen Lichtquellen (Bogenlicht) immer mehr benutzt. Bei Benutzung flächiger Lichtquellen, wie Glühstrumpf u. s. w., erweist sich der dreiteilige Kondensor dem zweiteiligen als nicht überlegen, weil ein großer Teil des Lichtes, in die Objektivfassung strahlend, verloren geht. — Die Beleuchtungslinsen müssen aus farblosem Glase, schlieren- und blasenfrei hergestellt sein. Die Fassung soll ein Auseinandernehmen der Kondensorlinsen zur Reinigung der Gläser, ferner durch Anbringung von Luftlöchern Kühlung ermöglichen und endlich soll sie so locker sein, daß ein der Ausdehnung der erhitzten Linsen Rechnung tragender Spielraum vorhanden ist. Besondere Fassungen benutzen Busch in Rathenow, Voigtländer & Sohn in Braunschweig, Ernecke in Berlin, Müller & Wetzig in Dresden u. s. w. — Die hier und da an Stelle der Glaslinsen für den Kondensor empfohlenen Flüssigkeitslinsen sind bei sehr heißen Lichtquellen unbrauchbar. Die Benutzung zweier lichtzerstreuend wirkender Mattscheiben anstatt der Beleuchtungslinsen ergibt sehr geringe Helligkeit des Projektionsbildes. — Die Brennweite der Kondensoren beträgt gewöhnlich das Anderthalbfache des Linsendurchmessers. Die Größe des Kondensors ist abhängig von dem Formate der Projektionsdiapositive (Laternbilder). Man wählt in der Regel für 8,5 × 8,5 cm-Bilder Kondensoren mit einem Durchmesser von 10 cm, für 8,5 × 10 cm-Bilder solche von 12—13 cm, für 9 × 12 cm-Bilder solche von 14—15 cm Durchmesser. — Um die der Lichtquelle zunächst angeordnete, am stärksten der Erhitzung ausgesetzte Kondensorlinse vor dem Zerspringen (und dem Anschmelzen glühender, abspringender Kohlenteilchen bei Bogenlicht) möglichst zu bewahren, bringt man zwischen ihr und der Lichtquelle eine Hartglasscheibe oder eine Glimmerplatte (die aber leicht zerkratzbar ist und durch die bräunliche Farbe das Licht namhaft schwächt) an. Neuhauß empfiehlt, diese Schutzscheibe so in einer den Kasten trennenden, aber den auf den Kondensator fallenden Lichtkegel nicht etwa beschneidenden Wand zu fassen, daß dadurch vor den Kondensorlinsen eine abgeschlossene, durch Löcher gut lüftbare Kammer entsteht.

Bei großen Apparaten, namentlich wenn starkes elektrisches Bogenlicht (etwa über 15 Ampère) benutzt wird, ist die Anbringung einer **Kühlkammer** außerordentlich wichtig; fast unerläßlich, wenn die Laternbilder (deren manche, z. B. farbige, gegen die Hitze sehr empfindlich sind) längere Zeit im Apparate verbleiben müssen oder wenn mikroskopische Präparate projiziert werden sollen. Die Anbringung der Kühlkammer (z. B. einer mit planparallel geschliffenen und genau parallel gestellten Spiegelglaswänden versehenen, mit Wasser gefüllten Küvette) zwischen Lichtquelle und Kondensor, welche Anordnung gewiß den besten Schutz böte, ist aus mehrfachen Gründen praktisch nicht empfehlenswert. Häufiger wird die Kühlvorrichtung zwischen den Kondensorlinsen (in diesem Falle kann durch die leichte Entfernbarkeit der Kondensorvorderlinse bei physikalischen Versuchen sofort bewirkt werden, daß achsenparallele Strahlen den Apparat verlassen) oder zwischen Kondensor und Bildbühne angebracht. Die Dicke der Wasserschichte (man verwendet, wenn nicht fortwährende Erneuerung stattfindet, abgekochtes Wasser, um das Entstehen störender Luftblasen zu vermeiden; Zusätze zum Wasser sind nicht zu empfehlen) schwankt zwischen 3 bis 10 cm und mehr. Manche Firmen (z. B. Kohl in Chemnitz, Zeiß in Jena, Leybold in Cöln, Fueß in Berlin-Steglitz, Ebeling in Wien u. s. w.) sehen einen kontinuierlichen Wasserzu- und -ablauf vor. Die Plößlsche Kühlkammer war abschraubbar gefaßt. Warmbrunn, Quilitz & Co. in Berlin erzeugen billige „Kühlflaschen", welche aber nur außenseitig planparallel geschliffen werden können. Die Ruppertsche Kühlkammer besitzt zwei links und rechts angebrachte, mit dem Kühlgefäß kommunizierende Zirkulationskammern. Für die Demonstration von Lichtphänomenen (Beugungs-, Interferenz-, Polarisations-, Spektralerscheinungen u. s. w.) mittels des Projektionsapparates (vgl. [6]) konstruierte H. Krüß in Hamburg ein Beleuchtungssystem, dessen Linsen ununterbrochen von

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

kaltem Waſſer überrieſelt werden [1]. — Die Kühlkammern müſſen zerlegbar oder ſonſt ſo beſchaffen ſein, daß ſie auch innen geputzt werden können; ferner muß die Kittung verläßlich ſein, um ein Auslaufen des Waſſers zu verhindern. Bei geſchliffenen Spiegelglasſcheiben genügt das Kitten mit Talg, wenn die behufs Reinigung auseinander genommenen Wände wieder zuſammenzufügen ſind.

Die **Bildbühne** beſteht aus dem Rahmenträger (Bildbrücke) und dem eigentlichen Bildhalter, dem **Bildſchieber** (auch Bildrahmen, Bildſchlitten genannt). Um bei Apparaten mit großen Kondenſatoren ohne Lichtverluſt neben größeren auch kleinere Diapoſitive projizieren zu können, muß die Bildbühne ſo verſchiebbar ſein, daß die Diapoſitive ſtets in der Entfernung vom Kondenſor angeordnet ſind, in welcher der Durchmeſſer des Strahlenkegels gleich der Diagonale des Laternbildes iſt [1]. Die Verſchiebung erfolgt in der Regel am beſten mit Führungsleiſten, die durch Klemmſchrauben fixierbar ſind. Bei der einfachſten Form des Bildhalters, nämlich dem Schiebrahmen, iſt dieſer in der Bühne befeſtigt und es wird Glasbild um Glasbild von der einen Seite zwiſchen zwei Nuten eingeführt und dadurch zugleich immer ein ſchon projiziertes auf der andern Seite hinausgeſtoßen. Der gewöhnliche einfeitige Bildſchieber, in welchem von oben das Laternbild eingeſchoben wird, muß bei jedem Bilde herausgezogen, nach Entfernen des darin befindlichen bereits projizierten Bildes neu beſchickt und dann wieder hineingeſtoßen werden, was längere Pauſen bei jedem Bildwechſel verurſacht. Beim Rapidwechſler von Ed. Liefegang in Düſſeldorf wird wohl auch nur von einer Seite beſchickt, aber das Wechſeln geſchieht mit Hilfe eines Doppelſchlittens raſcher, weil beim Einſchieben des einen Bildes das projizierte von ſelbſt herauswandert. Am häufigſten wird der Wechſelrahmen (zweiſeitige Bildſchieber) benutzt. Er wird von beiden Seiten beſchickt, da er zwei Ausſchnitte (Rähmchen) beſitzt, von welchen abwechſelnd immer eines zur Wechſlung frei iſt. Federn oder über einen Keil gleitende Leiſten heben die Diapoſitive ſo weit aus dem Rahmen, daß ſie gefaßt werden können, oder die Glasbilder werden (z. B. bei den Wechſelrahmen von Unger & Hoffmann in Dresden u. a.) durch einen Eckausſchnitt eingeführt. Der von Plößl in Wien angewendete Vertikaldoppelſchieber ermöglicht leicht die Bedienung des Skioptikons durch eine Perſon. Der Velotrop von J. A. Gordes geſtattet die Wechſlung der vom den Apparat Bedienenden eingeſteckten Bilder durch den Vortragenden ſelbſt, welcher pneumatiſch mittels einer Schlauchleitung und eines Gummiballons jedesmal eine Sperrvorrichtung auslöſt. Der Ariſtotrop von Liefegang iſt als Magazin ausgeſtaltet, welches bis zu 80 Bildern auf einmal aufnimmt; der Transport erfolgt durch eine Kurbel, bei einer andern Form des Apparates, dem Autotrop, durch elektriſchen Antrieb, welcher fungiert, ſobald der Vortragende einen mit dem Apparate durch Schnurleitung verbundenen Kontaktknopf drückt. Dieſe Bilderwechſelvorrichtungen ſind naturgemäß ſehr teuer. Andre multiple Bildträger ſind gleichfalls magazinartig ausgebildet (z. B. der von Unger & Hoffmann in Dresden) oder ſind ſo beſchaffen, daß die Bilder in einer nach Art eines Leporelloalbums geſtalteten Halterkette, die durch die Bildbühne gleitet, eingeſteckt ſind (Simpſon, Thomſon u. ſ. w.). Der Drehſcheibendiapoſitivträger von F. Müller in Tübingen iſt mit vier Rähmchen verſehen und dreht ſich bei jeder Wechſlung um 90°. Die projizierten Bilder fallen nach unten heraus, während ſeitlich das neue Bild eingeſteckt wird. Dagegen wird die Richterſche Wechſeltrommel (von Zeiß in Jena gebaut) von oben beſchickt. Die Doppelſchieberwechſeleinrichtung von Berger beſteht aus zwei Doppelrahmen; beim Einſchieben des einen wird durch Zahnradüberſetzung der andre herausgeſtoßen. Die Scharfeinſtellung wird automatiſch für beide Schieber identiſch bewirkt. Auf dem einen oder andern der beſprochenen Konſtruktionsprinzipien beruhend, gibt es noch eine Unzahl von Bildſchiebern auf dem Markte. — Um Hoch- und Querbilder projizieren zu können, ſind bei den teuern Wechſelvorrichtungen die Rähmchen verdrehbar. Für die verſchiedenen Formate der Laternbilder müſſen beſondere Schieber oder Einlagerähmchen (Wechſelrähmchen) benutzt werden, die in den dann mit einem größeren Ausſchnitt verſehenen Schieber eingeſteckt werden. Im allgemeinen bewähren ſich bei der Projektion die einfacheren Bildſchieber am beſten.

Die **Kamera** (welche bei manchen Apparaten fehlt, was unzweckmäßig iſt; zumindeſt ſollen ſich an deren Stelle lichtdichte Vorhänge befinden) beſteht entweder aus einem ſtarren Metallrohre, das die Verbindung zwiſchen Bildbühne und Objektivträger herſtellt, oder aus einem Leder- oder Stoffbalgen, welcher mit Hilfe von Führungsleiſten und Klemmſchrauben verſtellbar iſt. Die Anwendung eines Balgens oder auch die eines teleſkopiſchen Tubus (Metallauszuges am Objektiv ſelbſt) geſtattet die Benutzung verſchiedener Objektive mit ungleicher Brennweite, was bei nicht ſtabilen Apparaten mitunter wichtig iſt.

Als **Projektionsobjektive** werden zumeiſt Linſenſyſteme nach der Art des Petzvalſchen Porträtobjektivs (vgl. a. Objektive, photographiſche) verwendet, wie ſie z. B. Buſch in Rathenow, Görz in Berlin, Reichert in Wien, Rodenſtock in München, Voigtländer in Braunſchweig und Zeiß in Jena verfertigen. Sehr gute Projektionsobjektive ſind auch die Voigtländerſchen Euriſkope und Anaſtigmate, die Görzſchen Extrarapidlynkeioſkope, Reicherts Solar, Rodenſtocks Projektionsanaſtignare (Monar und Fultar) und Projektionsanaſtigmate u. ſ. w. Die Projektionsobjektivſätze enthalten am Apparate raſch auswechſelbare Syſteme mit verſchiedener Brennweite, desgleichen die Revolverkopfobjektive (z. B. von Müller & Wetzig in Dresden in den Handel gebracht). Zu Projektionszwecken geeignete Objektive müſſen (um keine farbigen Bildränder auf dem Projektionsſchirm zu erhalten) achromatiſch, ferner (damit keine Bildverzerrung eintritt) aplanatiſch gut korrigiert ſein. Die übrigen, bei der Verwendung zu photographiſchen Aufnahmen ſehr ſtörenden Linſenfehler ſind hier von geringer praktiſcher Bedeutung; nur wenn flächige Lichtquellen benutzt werden (und bei epiſkopiſcher Projektion, ſ. unten), liefern vollkommen korrigierte Objektive ſchärfere, beſſere Bilder; ſonſt aber kann von ihnen

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

wegen ihres sehr hohen Preises abgesehen werden. Die Lichtstärke des Objektivs (das Verhältnis des Linsendurchmessers zur Brennweite) soll möglichst groß sein. Besonders wichtig ist dies bei Benutzung flächiger Lichtquellen; bei punktförmigen genügen wohl auch unter Umständen kurzgebaute Objektive mit kleinerem Linsendurchmesser. Wegen der großen Hitze am Orte der Einschnürung des vom Kondensor kommenden Strahlenkegels (namentlich, wenn eine Kühlkammer fehlt) sind Objektive mit unverkitteten Linsen vorteilhafter. Die Stellung des Objektivs soll in der Regel derart sein, daß Kondensor zusammen mit der ihm zunächst befindlichen Objektivlinse in der Blendenebene des Objektivs (also im Schnittpunkte der Strahlen) ein Bild der Lichtquelle erzeugen (Neuhauß, vgl. [1]). Zur Scharfeinstellung des Bildes muß die Objektivfassung mit Zahntrieb und Stellknöpfen versehen sein; Schiebehülsen sind schlecht. Der vom Kondensor kommende Lichtkegel soll die ihm zugewendete Objektivlinse „decken" (Pizzighelli); sonst ist die Randschärfe des Projektionsbildes mangelhaft, seine Helligkeit ungleichmäßig. Beide Forderungen, nämlich Schneiden der Strahlen in der Objektivblendenebene und genaue Deckung der Vorderlinse seitens des vom Kondensor kommenden Strahlenkegels, lassen sich nur erfüllen, wenn Objektivbrennweite und -linsendurchmesser günstig sind, was immer fast nur bei stabilen Apparaten möglich ist. Die Brennweite F des Objektivs ist abhängig von der Entfernung E des Projektionsschirms und der gewünschten Vergrößerung V des Laternbildes nach der Formel: $F = E : (V + 1)$. Die nachstehende Tabelle (nach Puttemans) gibt ein Bild der Beziehungen von Bildgröße, Schirmabstand und Objektivbrennweite.

Distanz zwischen Skioptikon und Schirm in Metern	Brennweite des Objektivs in Zentimetern													
	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	35
	Größe des Bildes in Metern auf dem Schirme für Diapositive von 75×75 mm													
2,0	1,50	1,25	1,07	0,93	0,83	0,75	0,68	0,62	0,57	0,53	0,50	0,47	0,44	0,42
2,5	1,87	1,56	1,33	1,17	1,00	0,93	0,86	0,78	0,72	0,66	0,62	0,58	0,55	0,53
3,0	2,25	1,87	1,60	1,40	1,25	1,12	1,02	0,93	0,85	0,80	0,75	0,70	0,66	0,64
3,5	2,62	2,18	1,87	1,64	1,45	1,31	1,29	1,09	1,00	0,93	0,87	0,82	0,77	0,75
4,0	3,00	2,50	2,14	1,86	1,66	1,50	1,36	1,24	1,14	1,06	1,00	0,94	0,88	0,84
4,5	3,37	2,81	2,41	2,10	1,84	1,68	1,53	1,40	1,30	1,20	1,12	1,05	0,99	0,96
5,0	3,74	3,12	2,66	2,34	2,00	1,86	1,70	1,50	1,44	1,32	1,24	1,16	1,10	1,06
5,5	4,12	3,43	2,94	2,57	2,29	2,06	1,80	1,71	1,58	1,47	1,38	1,28	1,21	1,17
6,0	4,50	3,74	3,20	2,80	2,50	2,24	2,04	1,86	1,70	1,60	1,50	1,40	1,32	1,28
6,5	4,87	4,05	3,47	3,04	2,70	2,43	2,21	2,02	1,85	1,73	1,62	1,52	1,43	1,39
7,0	5,24	4,36	3,74	3,28	2,90	2,62	2,38	2,18	2,00	1,86	1,74	1,64	1,54	1,50
7,5	5,62	4,68	4,01	3,50	3,11	2,81	2,55	2,33	2,14	1,99	1,87	1,75	1,65	1,60
8,0	6,00	5,00	4,28	3,72	3,32	3,00	2,72	2,48	2,28	2,12	2,00	1,88	1,76	1,68
9,0	—	5,62	4,82	4,20	3,74	3,36	3,06	2,80	2,60	2,40	2,24	2,10	1,98	1,92
10,0	—	—	5,32	4,68	4,00	3,72	3,40	3,12	2,88	2,64	2,48	2,32	2,20	2,12
12,0	—	—	—	5,60	5,00	4,48	4,08	3,72	3,40	3,20	3,00	2,80	2,64	2,56
14,0	—	—	—	—	5,80	5,24	4,76	4,36	4,00	3,72	3,48	3,28	3,08	3,00
16,0	—	—	—	—	—	6,00	5,44	4,96	4,56	4,24	4,00	3,76	3,52	3,36
18,0	—	—	—	—	—	—	6,12	5,60	5,20	4,80	4,48	4,20	3,96	3,84
20,0	—	—	—	—	—	—	—	6,24	5,76	5,28	4,96	4,64	4,40	4,25
25,0	—	—	—	—	—	—	—	—	7,20	6,60	6,20	5,85	5,51	5,35

Wichtig sind ferner die Beziehungen, welche zwischen Größe und Art des Kondensors und der Brennweite und dem Linsendurchmesser des Objektivs bestehen. Bei zwei Objektiven mit gleichem Linsendurchmesser, aber ungleicher Brennweite erfordert das längerbrennweitige einen Kondensor mit größerer Brennweite oder mit größerem Linsendurchmesser (Neuhauß). Um die günstigsten obenerwähnten Verhältnisse bei verschiedenen Brennweiten und Linsendurchmessern zu schaffen, ist die Verschiebung der Lichtquelle ein sehr geeignetes Mittel. Im allgemeinen sind langbrennweitige und lichtstarke (großen Linsendurchmesser besitzende) Objektive am besten, weil durch solche die günstigste Lichtausnutzung gewährleistet ist. — Um die Lampenhelligkeit in erhöhtem Maße ausnutzen zu können (welcher Aufgabe besonders der Tripelkondensor dient, s. oben), empfiehlt Martin (vgl. [7], 1908) die Anwendung eines Teleobjektivs; und zwar ist dieses umgekehrt anzuordnen, nämlich das positive Vorderglied dem Diapositiv zuzukehren (Projektionsteleobjektive erzeugen z. B. Busch in Rathenow und Rodenstock in München). — Ueber die Optik des Projektionsapparates s. Neuhauß [1] und Pfaundler [7], 1908. — Die Vergrößerung des Laternbildes soll über eine dreißigfache (linear) nur in Ausnahmsfällen (sehr große Säle, besonders starke Lichtquelle) getrieben werden, was bei der Auswahl des Objektivs hinsichtlich seiner Brennweite zu berücksichtigen ist. — Als Objektivverschluß bewährt sich eine gefaßte, in Scharnieren drehbar am Objektiv angebrachte Mattscheibe am besten. Bei den Doppelprojektionsapparaten zur Erzeugung von Nebelbildern (dissolving views), die aus zwei vollkommen gleichen über- oder nebeneinander angeordneten Skioptika (z. B. die von Müller & Wetzig in Dresden) bestehen, welche ihre Lichtkegel übereinstimmend auf den Schirm werfen, sind besondere Verschlüsse, sogenannte Diffolver, angebracht, mittels welcher das allmähliche Verschließen des einen Apparates gleichzeitig mit dem allmählichen Oeffnen des andern (zur Erzielung des im Ineinanderverschwimmen der gewechselten Bilder bestehenden Nebelbildereffekts) bewerkstelligt wird. Dreifache Apparate, die solchen und andern Spielereien dienen, heißen Agiofkope u. s. w.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Die Wahl der **Lichtquellen** ist fast immer von den örtlichen Verhältnissen, ferner davon abhängig, ob der Apparat wenigstens stets in den gleichen Lokalitäten benutzt wird oder ob er zu wandern hat. Gebraucht können werden: Oellampen, Petroleumlampen, Acetylengaslicht, Auersches Glühlicht (zur Glut gebracht durch Leuchtgas, vergastes Benzin, Petroleum oder Spiritus, Mitalicht genannt), Kalklicht, Zirkonlicht (wird teils empfohlen, Schmidt, teils verworfen, Neuhauß), elektrisches Glühlicht und elektrisches Bogenlicht. Magnesiumlicht ist wegen der starken Rauchentwicklung, des hohen Preises und des ungleichmäßigen Brennens des Metallbandes schlecht verwendbar. Nachstehende Tabelle (nach W. Sueß) gibt eine Uebersicht über die praktische Helligkeit verschiedener zu Projektionszwecken dienender Lichtquellen; die Werte sind relative, da sie wesentlich durch die Art der Kondensoren, die Aufstellung und Ausdehnung der Lichtquelle, die größere oder geringere Ausnutzung durch das Objektiv u. s. w. beeinflußt werden.

Lichtquellen	Lichtstärke der Lichtquellen in Hefnerkerzen	Lichtstärke im Projektionsapparat mit zweiteiligem Kondensor	Ausnutzung der Lichtstärke in Prozenten	Lichtstärke im Projektionsapparat mit dreiteiligem Kondensor	Ausnutzung der Lichtstärke in Prozenten
Petroleum-Dreidochtlampe	68	46	68	59	87
Stocks Patentpetroleumlampe	100	54	54	69	69
Spiritusglühlicht	237	178	75	194	82
Benzinglühlicht (kleiner Glühstrumpf)	93	78	84	83	89
Gasglühlicht	85	59	69	59	69
Acetylenlicht (zweiflammiger Brenner)	118	118	100	123	104
Acetylenlicht (vierflammiger Brenner)	186	115	62	133	72
Acetylenlicht (zweiflammiger Brenner mit Reflektor)	178	150	84	133	75
Acetylenlicht (vierflammiger Brenner mit Reflektor)	263	214	81	214	81
Kalklicht	705	680	96	792	112
Nernst-Projektionslampe	400	290	73	332	83
Elektrische Glühlampe mit Reflektor	237	178	75	171	72
Schwachstrombogenlampe	237	190	80	277	117
Starkstrombogenlampe	1210	840	69	1176	97

Für kleine Räume genügen elektrisches Glühlicht, Oel- oder Petroleumlampen, Auer- und Acetylenlicht, während für große Räume nur Kalklicht oder elektrisches Bogenlicht verwendet werden soll. Bei elektrischem Glühlicht sollen die üblichen Formen mit langen Glühfäden wegen der dann unvermeidlichen großen Ausdehnung der Lichtquelle nicht genommen werden. Vielmehr sind Lampen mit einem auf kleinem Raum zusammengedrängten, spiralig gewundenen Glühfaden mit einem Hohlspiegelreflektor oder am besten Projektions-Nernst-Lampen zu verwenden. Oel, desgleichen Petroleum, wird in besonders konstruierten Lampen mit zwei bis vier Dochten, deren Schmalseiten dem Kondensor zuzuwenden sind, gebrannt. Sehr gut ist die Stocksche Petroleumlampe. Sehr lästig ist bei den Petroleumlampen der unerträgliche Geruch, welcher entsteht, wenn die Lampe nicht sorgfältig gewartet und der Luftzug schlecht reguliert ist. Auerlicht, namentlich in Orten mit Leuchtgas, ist für Projektionen in kleinem Kreise und bei mäßiger Vergrößerung sehr geeignet. In neuerer Zeit wird versucht, auch das mit halbkugeligem Glühkörper versehene Graetzinlicht, ferner das Kramerlicht u. s. w. für Projektionszwecke zu adaptieren. Acetylengaslicht eignet sich gleichfalls nur für Projektion in kleinem Maßstabe. Seine Benutzung ist mitunter von sehr unangenehmem Geruche begleitet und erfordert stets lästige Reinigungsarbeiten. Es kommen für Projektionszwecke besondere Gasentwicklungsapparate (z. B. die von Liesegang in Düsseldorf, Müller & Wetzig in Dresden, Engelmann in Wien, Unger & Hoffmann in Dresden) in den Handel. Sehr vorteilhaft ist die Verwendung der Acetylendissous von Krücke in Wien, bei welchen das unter 12 Atmosphären Druck komprimierte, in Aceton gelöste Gas in mit Holzkohle und porösem Zement gefüllten Stahlflaschen gebrauchsfertig untergebracht ist. Ein zweiflammiger Brenner mit Reflektor ist ausreichend, weil mehrere Flammen (hintereinander angebracht; sie nebeneinander anzubringen verbietet die Ausdehnung) infolge Undurchlässigkeit der vorderen Flammen für das von den hinteren kommende Licht zwecklos sind. Die Verwendung des Drummondschen Kalklichtes stößt heute, da sehr verbesserte Einrichtungen hierfür vorhanden sind, auf so wenig Schwierigkeiten, daß es für Projektionen in großem Maßstabe als vorzügliche Lichtquelle gelten kann, sofern elektrisches Bogenlicht nicht zu Gebote steht. Die zur Versetzung des Kalkkörpers (gewöhnlich ein Kalkzylinder, der während des „Brennens" verschoben werden muß, weil Defekte entstehen) in Weißglut nötige, sehr heiße Stichflamme erhält man dadurch, daß man Sauerstoff (welchen man am besten fertig in stählernen „Bomben", z. B. von der Sauerstoffabrik Berlin, G. m. b. H., bezieht; über Selbstherstellung von Sauerstoff und Wasserstoff s. [3]) in brennenden Wasserstoff (dieser kann ebenfalls komprimiert in Stahlflaschen, welche sich von den mit Sauerstoff gefüllten durch andre Anstrichfarbe und verkehrtes Verschlußgewinde unterscheiden sollen), brennendes Leuchtgas, Gasolin, brennende Aether- oder Spiritusdämpfe einströmen läßt. Man benutzt besondere Sicherheitsbrenner, Vergaserdosen, Gasmischer u. s. w.; an den „Bomben" Reduzierventile, Arbeitsmanometer und Inhaltsmesser (viel verwendet wird der Kalklichtbrenner von Dräger). Die vorzüglichste Lichtquelle

für Projektionsapparate ſtellt unter allen Umſtänden das elektriſche Bogenlicht dar. Man kann eine der gewünſchten Vergrößerung entſprechende, faſt beliebig große Lichtſtärke erzielen, die Wartung iſt ſehr einfach, und endlich iſt dieſe Lichtquelle eine annähernd punktförmige. Hierbei iſt Gleichſtrom zur Speiſung dem Wechſelſtrom weit überlegen. Bei gleicher Stromſtärke liefert Gleichſtrom ein weit kräftigeres Licht, die Lampen brennen ohne Geräuſch, und man hat es nicht wie beim Wechſelſtrom mit zwei gleichſtark leuchtenden Kohlenſpitzen zu tun. Die ſpeziell für Projektionszwecke konſtruierten Bogenlampen ſind ſehr zahlreich und mannigfaltig. Im allgemeinen ſind Lampen mit Handregulierung denen mit Selbſtregulierung, welche Geräuſch verurſachen und gegen Stromſchwankungen ſehr empfindlich ſind, vorzuziehen. Von Bogenlampen mit automatiſcher Regulierung für Projektionszwecke wären die Hefner-Alteneckſche Kontaktlampe, die Schuckertſche Selbſtregulierlampe (an den großen Apparaten von Ernecke, dann von Fueß in Berlin, von Kohl in Chemnitz, Krüß in Hamburg, Leybold in Cöln u. a. oft benutzt) und die von Stöhrer in Leipzig zu nennen. Von Bogenlampen mit Handregulierung, welche zumeiſt für Gleichſtrom und Wechſelſtrom brauchbar ſind (bei automatiſcher Regulierung iſt dies nicht angängig), mögen die von Köhler in Münſterſtadt, Liefegang in Düſſeldorf, Müller & Wetzig in Dresden, Reichert in Wien Erwähnung finden. — Die Lampen ſollen dreierlei Stellvorrichtungen beſitzen: eine zum Stellen der Kohlen, eine zum Heben oder Senken der Lampe, endlich die dritte zum Verdrehen der Lampe um ihre vertikale Achſe. Mit großen Unbequemlichkeiten iſt die leider häufig anzutreffende Einrichtung verknüpft, daß behufs Regulierung der Lampe in den Kaſten ſelbſt hineingelangt werden muß. Die Stellſchrauben ſollen deshalb mit langen Spindeln außerhalb des Kaſtens geführt werden. Vorzüglich iſt die von Plößl in Wien, dann von Müller & Wetzig in Dresden u. a. angewendete, an der Außenſeite des Kaſtens herabhängende endloſe Schnur oder Kette (mit Friktionsrolle oder Zahnrad) zur Regulierung der Kohlenſtellung. Gleichſtromlampen ſtellt man zumeiſt ſchräg, mit etwas vorgezogener unterer Kohle (alſo der negativen Homogenkohle), damit der das hauptſächlichſte Licht ſpendende Krater der oberen poſitiven Dochtkohle ſich derart bildet, daß die Ausſtrahlung gegen den Kondenſor möglichſt günſtig ſich geſtaltet. Um dies faſt vollkommen zu erreichen, ordnen an einzelnen Apparaten Leitz in Wetzlar, Reichert in Wien (ferner Goldhammer und Ariſton, dann Bechſtein bei ihren Lampen) die poſitive Dochtkohle vollkommen horizontal und die negative unten rechtwinklig vertikal an. — Die Stromſtärke ſchwankt zwiſchen 1,5 Ampère bei den Liliputlampen (z. B. von Krüß in Hamburg in beſonderen Apparaten mit kurzbrennweitigen Beleuchtungslinſen verwendet) bis zu etwa 60 Ampère, welche in ſehr großen Sälen für „Rieſenprojektionen“ notwendig werden. — Die Lichtquelle ſoll genau in die optiſche Achſe der Beleuchtungslinſe zu liegen kommen. Sehr günſtig für die Lichtverhältniſſe iſt es, wenn die Lichtquelle im Brennpunkte der ihr zunächſt befindlichen Beleuchtungslinſe (Hinterlinſe) eines zweiteiligen Kondenſors, bei einem einteiligen in einer der doppelten Brennweite gleichen Entfernung angeordnet iſt. Die gute Zentrierung der Lichtquelle iſt ungemein wichtig; andernfalls iſt das Projektionsfeld ungleich erleuchtet. Steht die Lichtquelle zu weit nach links oder nach rechts, zu hoch oder zu niedrig, ſo zeigen ſich an den entſprechenden Seiten der Lichtſcheibe auf dem Schirme ſichelförmige bläuliche Schattenhalbringe; ſteht ſie dem Kondenſor zu nahe, gibt es im Lichtkreiſe ein dunkleres bläuliches Zentrum oder einen Ring, ſteht ſie zu weit ab von den Beleuchtungslinſen, einen rötlichen, ringförmigen Randſchatten.

Der beſte **Projektionsſchirm** für Auffichtsprojektion iſt eine gegipſte oder mattweiß geſtrichene Saalwand. Iſt eine ſolche nicht vorhanden, benutzt man in der Regel nahtloſe Schirtingvorhänge, die bis zu 6 × 6 m Größe erhältlich ſind. Solche aus Leinwand ſind ſehr teuer. Zum Spannen dienen zuſammenlegbare Geſtelle oder bei ſehr großen Schirmen Spannwinden, welche eventuell elektromotoriſch betrieben werden. Nur bei kleinen Schirmen genügt die einfache, durch eine Stange beſchwerte Rolle. Zur Erhöhung der Reflexionsfähigkeit beſtreicht man die Vorhänge auf beiden Seiten mit Zinkweißleimfarbe (z. B. Waſſer 10, gequollener weißer Leim 1, Glyzerin 1, Zinkweiß 2) und überpudert vor völligem Trocknen mit feinſtgeſchlämmter Kreide. Gut verwendbar iſt auch weißes Kupferdruckpapier, das man auf Stoff ſpannt. Auf der blanken Seite verſilberte Mattſcheiben können wegen des ſehr hohen Preiſes und des großen Gewichtes nur hie und da bei kleinem Formate in Betracht kommen. Für Theaterzwecke wird das Bild mitunter auf weißen Waſſerdampf u. dergl. projiziert. — Für durchfallende Projektion (welche ſehr ungünſtig iſt) mit hinter dem Schirme aufgeſtelltem Apparat beſteht der Schirm aus Pausleinen, Mattglas, mit Paraffin oder dergl. getränktem Papier u. ſ. w.

Die **Projektionsbilder** ſind in dreierlei Format üblich: 1. 8,2 × 8,2 oder 8,5 × 8,5 cm, ſogenanntes engliſches Format, welches am weitaus häufigſten benutzt wird; 2. 8,5 × 10 cm, ſogenanntes franzöſiſches Format, das ſeltener anzutreffen iſt, obwohl es wegen mannigfacher Vorteile von einigen der bedeutendſten Firmen als Normalformat angenommen wurde; 3. 9 × 12 cm, welche Größe als deutſches Format einzuführen man vielfach beſtrebt iſt (vgl. [1], [2], [7] 1900, ferner Herfner, „Skioptikon“ 1904). — Laternbilder für alle möglichen, den verſchiedenen Unterrichtsfächern oder der Unterhaltung dienenden Vorführungen werden in umfangreichem Maße gewerbsmäßig von vielen Firmen verkauft oder auch verliehen (ſ. Literaturnachweis und [2]). — Seit der Erfindung der Photographie benutzt man faſt ausſchließlich photographiſch erzeugte Diapoſitive als Laternbilder. Hierbei ſind die gewöhnlichen Bromſilbergelatinetrockenplatten wegen des verhältnismäßig groben Korns und der nicht glasklaren Lichter ſchlecht geeignet. Auch Kollodium- und Albuminplatten werden ſeltener gebraucht. Zumeiſt verwendet man die von vielen Firmen erzeugten Diapoſitivplatten mit Chlorbromſilbergelatineemulſion (das Verhältnis vom Chlorſilber zum Bromſilber kann derart variiert werden, daß man kontraſtreich, hart oder zart, weich kopierende Platten erhält) oder der weniger empfindlichen Chlorſilbergelatineemulſion (dieſe erfordert wegen ihrer außerordentlichen Lichtdurchläſſig-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

keit Schutz gegen die Entſtehung von Lichthöfen; ſehr gut ſind die Ifolarplatten der Aktiengeſellſchaft für Anilinfabrikation in Berlin). Am beſten iſt es, die Originalaufnahme im Format des Laternbildes zu machen, damit man danach unmittelbar ein ſolches durch einfaches Kopieren erhalten kann. Zu dieſem Zwecke legt man das fertige Negativ in einen photographiſchen Kopierrahmen, die Bildſeite nach oben, und darauf mit der Schichtſeite die Diapoſitivplatte, ſtellt das Ganze etwa 50 cm vor einer Petroleumlampe, einem Auerbrenner oder einer elektriſchen Glühlampe in einer Dunkelkammer auf und läßt dieſes Licht je nach der Empfindlichkeit der Diapoſitivplatte, Helligkeit des Lichtes und Dichte des Negativs 2—100 Sekunden wirken, indem man zuerſt den Kopierrahmen mit dem zu kopierenden Bilde mit einem ſchwarzen Pappdeckel zudeckt, den man, wenn alles in Ordnung iſt, plötzlich wegnimmt, um das Licht wirken zu laſſen, und ebenſo plötzlich wieder vorſetzt, wenn die Expoſition vorbei iſt. Die durch das Negativ in dieſer Weiſe belichtete Platte wird dann in der herkömmlichen Weiſe entwickelt (ſ. Photographie, ferner [11]—[15]) und fertiggemacht, das Format, wenn nötig, zugeſchnitten und am beſten durch Aufdecken einer gleichgroßen dünnen Spiegelſcheibe geſchützt. Beide Scheiben (ſie ſollen dünn und ſtets gleichdick ſein, um zu vermeiden, daß fortwährend bei der Projektion neuerlich ſcharf eingeſtellt werden muß; zur Verhinderung des Entſtehens Newtonſcher Farbenringe empfiehlt ſich das Zwiſchenlegen eines Papierrähmchens; ausgezeichnet iſt das Verkitten beider Platten mit Kanadabalſam, welches auch das Anlaufen der Bilder unmöglich macht) klebt man mittels ſchmaler Stoffſtreifen zuſammen. Aufnahmen, größer als 9×12 cm, müſſen photographiſch verkleinert werden, was wenig günſtig iſt. Wichtig iſt bei Herſtellung ſolcher poſitiver Bilder für das Skioptikon die richtige Expoſitionszeit. Dieſelbe muß ſo lang ſein, daß das Licht auch durch die dunkeln Stellen des Negativs dringen und die darin ſichtbaren Einzelheiten wiedergeben kann. Auf der andern Seite darf aber die Belichtung keine zu lange ſein, ſonſt dringt das Licht auch durch die Stellen, die im Poſitiv hell bleiben ſollten, ſo daß dieſe an Transparenz einbüßen. — Die Laternbilder, namentlich die auf Chlorbromſilbergelatineplatten, können leicht braun, grün, blau und in verſchiedenen Nuancen getont werden. Es gibt auch Auskopierplatten mit Chlorozitratemulſion; ferner können Laternbilder mittels Chlorſilberkollodiumauskopierpapier mit abziehbarer Schicht (die Kopien werden in derſelben bequemen Weiſe wie ſonſt hergeſtellt und auf die mit Eiweiß dünn übergoſſenen Glasplatten wie Abziehbilder abgezogen), mittels Pigmentdrucks (ſ. d.), der Pinatypie (ſ. d.) u. ſ. w. erzeugt werden. — Lackieren der Bildſchicht macht dieſe haltbarer und brillanter. — Laternbilder können auch mittels Glasradierung (ſ. Radierverfahren), ferner durch Bezeichnen und Bemalen von Pauspapier, Gelatinefolien, fein doucierten oder lackierten (Maſtix 5, Dammar 8, Alkohol 30) Glasplatten oder aus fixierten unbelichteten photographiſchen Trockenplatten gewonnen werden. Für große Auflagen desſelben Sujets werden Seidenpapier- (nachher mit Kanadabalſam durchſichtig zu machen), Gelatine- oder Celluloidblättchen bedruckt. Abziehbilder gebraucht man gewöhnlich nur für als Spielzeug dienende Laternen. Die Intenſität (Dichte) der Laternbilder hat ſich nach der Lichtſtärke des Projektionsapparates zu richten. Für lichtſchwache Inſtrumente (Petroleumſkioptika) bedarf man dünner, mehr durchſcheinender Bilder, erheblich dichterer für Knallgas, noch dichterer für elektriſches Licht. Das Kolorieren von Skioptikonbildern verlangt Uebung in der Verwendung von Farben. Am bequemſten ſind die in Waſſer löslichen Teerfarben: Azorubin, Waſſerblau, Malachitgrün, Patentblau, Erythroſin, Indigokarmin, Eoſin, Pikrinſäure, Martinsgelb u. ſ. w., welche mit etwas Gummi verſetzt auf die Gelatineſchicht des Bildes aufgetragen werden. Oefters iſt es angezeigt, die Schicht vorher durch eine Minute langes Eintauchen in Waſſer anzufeuchten, dann mit Löſchpapier abzutrocknen und nachher zu kolorieren oder die Platten in einem 5prozentigen Formalinbade zuerſt zu härten und dann nach völligem Trocknen mit filtrierter Eiweißlöſung, der Ammoniak zugeſetzt wurde, zu übergießen. Das Kolorieren wird ſehr ſtark bei Films für Kinematographen benutzt.

Für die **Projektion in natürlichen Farben** kommen die nach dem Dreifarbenſyſteme (ſ. Dreifarbenphotographie) mittels Pigmentdrucks (ſ. d.) oder Pinatypie (ſ. d.) erzeugten Diapoſitive, dann nach Jolys Verfahren erzeugte Farbenbilder oder Autochromdiapoſitive (ſ. Photographie und [14]) zunächſt in Betracht. Die letztgenannten geben die vollkommenſten Reſultate, können leider aber nur bei ſehr ſtarker Lichtquelle mit Erfolg verwendet werden. Auf additivem Wege ſind ſehr ſchöne Bilder durch die Verwendung eines aus drei kompletten Laternen kombinierten Projektionsapparates (die Achſen der drei Laternen müſſen auf dem Projektionsſchild zuſammenfallen), wie ihn Lumière, Miethe und Donath (gebaut von Ernecke in Berlin) u. ſ. w. konſtruierten, dann des Ivesſchen Chromomegaſkops (vgl. Chromoſkop) mit nur einer Lichtquelle zu erreichen. Die Projektion Woodſcher Bilder, bei welchen die Interferenz-(Schein-)farben durch Beugung zuſtande kommen, ferner die von Lippmannſchen (ſ. Photographie) kommt nur ſehr ſelten in Frage.

Für **ſtereoſkopiſche Projektion** kommen die Methoden, bei denen mittels eines Doppelprojektionsapparates die beiden Halbbilder (links und rechts) nebeneinander auf den Schirm geworfen und dieſe von den Beſchauern durch Benutzung von Stereoſkopbrillen betrachtet werden, wegen der Koſtſpieligkeit kaum in Betracht. Desgleichen auch andre, bei welchen noch kompliziertere (vgl. [7]) Apparate und Vorgänge notwendig ſind. Am einfachſten durchführbar iſt noch die Methode mit Anaglyphen. Zwei Glasſtereoſkopbilder, das eine in roter, das andre in blauer Farbe mittels des Pigmentdrucks verfertigt, werden auf ein und dieſelbe Stelle projiziert. Es zeigt ſich dem unbewaffneten Auge ein wirres Durcheinander von roten und blauen Bildſtellen; ſobald man aber eine Brille aufſetzt, die links aus rotem, rechts aus blauem Glaſe beſteht, ſo erſcheinen die blauen Teile hinter dem blauen Glaſe weiß, machen alſo gar keinen Eindruck, die roten Teile dagegen kräftig ſchwarz. Ebenſo erſcheinen die roten Bildſtellen durch rotes Glas als weiß, die blauen dagegen kräftig ſchwarz. Hat man demnach das rechte Stereobild rot gefärbt und ſetzt auf das rechte Auge ein blaues Glas, ſo ſieht dieſes nur das für das rechte Auge beſtimmte

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Bild. Hat man dagegen das für das linke Auge bestimmte Bild blau gefärbt und betrachtet es durch ein vor das linke Auge gehaltenes rotes Glas, so sieht das linke Auge nur das linke Stereobild.

Die **episkopische Projektion**, auch megaskopische genannt, das ist die von undurchsichtigen Gegenständen, hat in neuerer Zeit eine Wichtigkeit erlangt, die nicht immer ganz gerechtfertigt erscheint. Gewisse Vorzüge, die man an ihr rühmt, sind nicht stichhaltig (z. B. der der Billigkeit, weil die Anfertigung von Diapositiven entfallen könne; dieser Umstand wird durch die hohen Brennkosten der notwendigen sehr starken Lampe, die mangelhafte Deutlichkeit des Bildes u. s. w. mehr als wettgemacht). In der Regel läßt man bei der episkopischen Projektion das Licht durch einen entsprechend gewinkelten Spiegel auf den undurchsichtigen Gegenstand fallen, und die von diesem reflektierten Lichtstrahlen wirft das Objektiv auf den Schirm. Der große Lichtverlust, der hierbei fast immer stattfindet, läßt die episkopische Projektion nur bei Verwendung sehr starken Bogenlichtes, guter Kondensoren und sehr lichtstarker, vollkommen korrigierter (daher sehr teurer) Objektive rätlich erscheinen. Zu vielen der größeren Skioptika kann auch eine Einrichtung für die Projektion undurchsichtiger Gegenstände (Episkopvorsätze) bezogen werden. Es kommen zweierlei Prinzipe zur Anwendung: 1. der schräg aufrechtstehende Gegenstand wird durch das vom Kondensor kommende Licht unmittelbar beleuchtet und vom Objektiv abgebildet (Megaskop), oder 2. das parallele, von einem schräggestellten Spiegel kommende Licht trifft auf den horizontal liegenden Gegenstand, welcher es nach oben in das vertikal angeordnete Objektiv reflektiert; das aus diesem austretende optische Bild wird schließlich von einem schräggestellten Spiegel auf den Schirm geworfen (Episkop). — Beim sowohl für diaskopische wie namentlich für episkopische Projektion bestimmten Epidiaskope von Zeiß in Jena, das sich durch sehr große Lichtstärke auszeichnet, wird das Licht einer horizontal angeordneten Bogenlampe (für 30—50 Ampère) auf einen parabolischen Neusilberhohlspiegel (beide von Körting & Mathiesen in Leutzsch-Leipzig) und von diesem achsenparallel nach vorn durch die große Kühlkammer (mit stetem Wasserwechsel und 15 l Inhalt) auf einen Spiegel I, von diesem auf den horizontal liegenden Gegenstand (Zeichnung, Papierbild u. s. w.) geworfen, der es in das oben vertikal befindliche Objektiv reflektiert, um schließlich von einem Bildumkehrspiegel auf den Schirm projiziert zu werden. Für Projektionen im durchfallenden Lichte wird der Spiegel I zurückgeschoben; das Licht fällt dann von ihm steil nach abwärts auf einen ganz unten befindlichen Spiegel samt Rauchglas, von ihm steigt es wieder vertikal empor durch eine horizontal liegende Plankonvexlinse und das darübergelegte Diapositiv zum Objektiv. Der Apparat läßt bei episkopischer Projektion eine 37fache, eine noch weit höhere Vergrößerung bei diaskopischer zu, ist dagegen für die Vorführung physikalischer Versuche oder mikroskopische Projektion nicht verwendbar. Dagegen sind der „große Projektionsapparat" derselben Firma sowie die großen, von vielen der im Literaturnachweise angeführten Firmen gebauten Universalprojektionsapparate für diaskopische, episkopische, mikroskopische Projektionen, ferner zumeist auch (kombiniert mit einer optischen Bank, Mikroskopansätzen, Spaltschirmen, Prismen, Galvanoskop, Polarisator und Analysator u. s. w.) für die Vorführung von optisch-physikalischen und chemischen Versuchen verwendbar. Endlich sind eine Menge den genannten Sonderzwecken dienender Spezialapparate im Handel erhältlich. — Bei der Projektion von Vorgängen, die sich in Gefäßen, welche mit Flüssigkeiten gefüllt sind, abspielen (die Küvetten werden an die Stelle der entfernten Bildbühne, knapp vor dem Kondensor gebracht) und ähnlicher nur aufrecht anordenbarer Objekte soll ein Umkehrprisma benutzt werden, damit das Projektionsbild richtig ist. — Ueber die Verwendung des Projektionsapparates in den verschiedenen Lehrfächern s. [2]. — Zur Vorführung lebender Bilder erzeugen M. Kohl in Chemnitz, Müller & Wetzig und Unger & Hoffmann in Dresden, Ed. Liesegang in Düsseldorf u. s. w. Kinematographvorsätze, die an jedem Projektionsapparat angebracht werden können. Vgl. a. Kinematograph.

Literatur: [1] Neuhauß, R., Lehrbuch der Projektion, 2. Aufl., Halle a. S. 1908. — [2] Hassak, Karl, und Rosenberg, Karl, Die Projektionsapparate, Laternbilder und Projektionsversuche in ihren Verwendungen zum Unterricht, Wien 1907. — [3] Liesegang, Paul, und Berghoff, V., Die Projektionskunst für Schulen, Familien und öffentliche Veranstaltungen, 11. Aufl., Leipzig 1906. — [4] Stein, Die optische Projektionskunst im Dienste der exakten Wissenschaften, Halle a. S. 1887. — [5] Kalß, A., und Illenberger, Th., Der Projektionsapparat mit Episkop als Lehrmittel für Volks- und Bürgerschulen, Wien 1907. — [6] Classen, J., Zwölf Vorlesungen über die Natur des Lichts, Leipzig 1904. — [7] Eder, J. M., Jahrbuch für Photographie und Reproduktionsverfahren, Halle a. S. 1887 ff. — [8] Wolf-Czapek, K., Die Kinematographie, Dresden 1908. — [9] Liesegang, F. Paul, Handbuch der praktischen Kinematographie, Leipzig 1907. — [10] Schmidt, H., Anleitung zur Projektion photographischer Aufnahmen und lebender Bilder, Berlin 1901. — [11] Schnauß, Hermann, Diapositive, 4. Aufl., Dresden 1903. — [12] Mercator, G., Die Diapositivverfahren, Halle a. S. 1897. — [13] Hanneke, Die Herstellung von Diapositiven, Berlin 1904. — [14] Hübl, Artur Freiherr v., Theorie und Praxis der Autochromplatte, Halle a. S. 1908. — [15] Eder, J. M., Rezepte und Tabellen für Photographie, 7. Aufl., Halle a. S. 1908. — [16] Leblanc, Réné, Les projections lumineuses à l'école, aux cours du soir et en famille, Paris 1904. — [17] Trutat, E., Traité général des projections, Paris 1902. — Vgl. ferner die Kataloge von: F. Ebeling in Wien, F. Ernecke in Berlin, Heinr. Ernemann in Dresden, R. Fueß in Berlin-Steglitz, R. Hüttig & Sohn in Dresden, Joh. Jersche in Graz, Max Kohl in Chemnitz, Internationale Kinematographengesellschaft in Berlin, H. Kretzschmar in Dresden, A. Krüß in Hamburg, R. Lechner in Wien, E. Leitz in Wetzlar, E. Leybolds Nachf. in Cöln, Ed. Liesegang in Düsseldorf, Meßters Projektion in Berlin, Gebr. Mittelstraß in Magdeburg, Müller & Wetzig in Dresden, A. Pichlers Witwe & Sohn in Wien, C. Reichert in Wien, G. Rodenstock in München, F. Schmidt & Haensch in Berlin, Dr. F. Stödtner in Berlin, Dr. Stöhrer & Sohn in Leipzig, Romain Talbot in Berlin, Unger & Hoffmann in Dresden, Voigtländer & Sohn in Braunschweig, Karl Zeiß in Jena. *A. W. Unger.*

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Projektionsebene, f. Projektionslehre.

Projektionslehre, derjenige Teil der angewandten Geometrie, welcher lehrt, die Projektion eines im Raume befindlichen Gebildes auf eine beſtimmte Ebene (die Projektionsebene, Pr.-Eb.) zu beſtimmen (ſ. a. Abbildung, Geometrie, darſtellende).

Techniſch wichtig ſind die folgenden Projektionsarten:

1. Man verbindet die ſämtlichen Punkte eines Gegenſtandes mit einem im Raume beliebig gewählten Punkte und ermittelt die Durchſchnittspunkte aller Verbindungslinien mit der Projektionsebene. Man erhält eine Zentralprojektion des Gegenſtandes auf die Projektionsebene. Der Punkt, durch den alle die vorhin genannten Verbindungslinien hindurchgehen, heißt das Projektionszentrum, die Verbindungslinien ſind die Projektionsſtrahlen oder die Projizierenden.

2. Man zieht durch alle Punkte des Gegenſtandes parallele Projektionsſtrahlen zu einer vorgegebenen Richtung und beſtimmt die Schnittpunkte dieſer Linien mit der Projektionsebene. Man erhält eine Parallelprojektion des Gegenſtandes, und zwar eine rechtwinklige oder orthogonale, wenn die Projektionsſtrahlen ſenkrecht auf der Projektionsebene ſtehen, und eine ſchiefwinklige oder klinogonale, wenn dies nicht der Fall iſt.

Rechtwinklige Parallelprojektion. Zur Beſtimmung der Projektion eines Gegenſtandes genügt eine Projektionsebene; denn in dieſem Falle hat man nur nötig, von allen Punkten des Gegenſtandes Senkrechte zur Projektionsebene zu fällen und deren Fußpunkte in derſelben Reihenfolge zu verbinden, wie die Punkte im Raume verbunden ſind; man erhält hierdurch eine rechtwinklige Projektion des Gegenſtandes auf die Projektionsebene. Umgekehrt iſt aber durch eine einzige Projektion eines Gegenſtandes deſſen Lage im Raume noch nicht beſtimmt; hierzu iſt vielmehr noch nötig, entweder den Abſtand einer Anzahl ſeiner Punkte von der Projektionsebene oder aber noch eine zweite rechtwinklige Projektion desſelben Gegenſtandes auf eine zweite Projektionsebene zu kennen. Beide Arten des Projektionsverfahrens finden in der Tat Verwendung. Bei dem erſtgenannten Verfahren gibt man ſich jeden Punkt im Raume durch ſeine rechtwinklige Projektion auf eine Projektionsebene und außerdem ſeinen Abſtand von der letzteren, wobei für dieſen Abſtand noch zu bemerken iſt, nach welcher Seite der Projektionsebene er abgetragen werden muß. Dieſe Projektionsmethode findet praktiſche Verwendung bei Terraindarſtellungen, z. B. in topographiſchen Karten, indem man ſich den darzuſtellenden Gegenſtand durch gleichweit voneinander abſtehende, zur Projektionsebene parallele Ebenen durchſchnitten denkt und die Projektionen dieſer Schnittlinien herſtellt. Man erhält dann in der Projektionsebene eine Reihe von Linien, mittels welcher ſich auf die Geſtalt des Gegenſtandes ſchließen läßt. Den Abſtand eines Punktes von der Projektionsebene drückt man entweder durch eine Strecke oder aber durch eine Maßzahl aus, und man nennt dieſe die Kote des Punktes. In Fig. 1 iſt durch eine Anzahl von horizontalen Schnitten ein Terrainabſchnitt dargeſtellt. Dieſe Schnitte heißen Niveaulinien, und zwar, weil die Entfernungen ihrer Ebenen untereinander gleich ſind, äquidiſtante Niveaulinien. Die ihnen beigefügten Zahlen bezeichnen die Abſtände der Ebenen der Niveaulinien von der Projektionsebene. Mittels einer vertikalen Schnittebene iſt ein Profil durch den Terrainabſchnitt dargeſtellt.

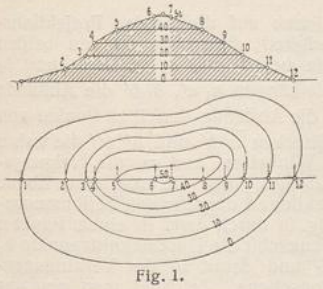


Fig. 1.

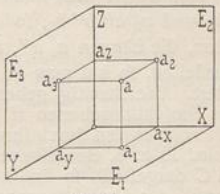


Fig. 2.

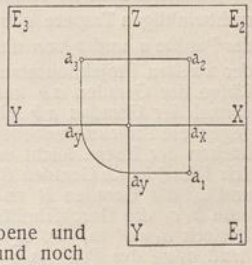


Fig. 3.

Hat man zwei Projektionsebenen, ſo erhält man von einem Gegenſtand auf jeder Projektionsebene eine rechtwinklige Projektion, und es läßt ſich hieraus auf die Lage des räumlichen Gegenſtandes zu den Projektionsebenen ſchließen. Iſt z. B. ein Punkt a (Fig. 2) im Raume gegeben und ſind a_1 und a_2 ſeine Projektionen auf die Projektionsebenen E_1 und E_2, ſo denkt man ſich die beiden Projektionsebenen in eine einzige Ebene, die Zeichnungsebene, gelegt (Fig. 3); dann erſcheint die Schnittlinie der beiden Projektionsebenen als die Projektionsachſe X, und die beiden Projektionen a_1 und a_2 eines Punktes a im Raume liegen auf einer Senkrechten zur X-Achſe. Dabei bezeichnen die Entfernungen der Projektionen a_1 und a_2 von der X-Achſe die Entfernungen des Punktes a von den Projektionsebenen E_2 und E_1, und zwar gibt die Strecke $\overline{a_1 a_x}$ den Abſtand des Punktes a von der zweiten, die Strecke $\overline{a_2 a_x}$ den Abſtand von a von der erſten Projektionsebene an. Hierbei iſt es üblich, die erſte Projektionsebene E_1 als horizontal, die zweite Projektionsebene E_2 als vertikal vorauszuſetzen. Man bezeichnet die Projektion eines Gegenſtandes auf die Projektionsebene E_1 als ſeine Horizontalprojektion oder ſeinen Grundriß, die Projektion auf E_2 aber als die Vertikalprojektion oder den Aufriß. Manchmal benutzt man zur näheren Darſtellung eines Gegenſtandes noch eine dritte Projektionsebene E_3, welche auf den beiden Projektionsebenen ſenkrecht ſteht und dann Seitenebene oder Kreuzrißebene heißt; die Projektion auf ſie iſt ein Seitenriß oder ein Kreuzriß des Gegenſtandes (ſ. Fig. 2 und 3).

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Die Elemente der Darſtellung durch Projektion ſind der Punkt, die gerade und die krumme Linie, die ebene Fläche und der von ebenen oder krummen Flächen begrenzte Körper. — Ein Punkt projiziert ſich ſtets wieder als ein Punkt, eine Gerade in der Regel wieder als Gerade, falls ſie auf einer Projektionsebene ſenkrecht ſteht, als ein Punkt. Eine krumme Linie hat im allgemeinen als Projektion wieder eine krumme Linie; nur wenn die Kurve eben iſt und ihre Ebene ſenkrecht zu einer Projektionsebene ſteht, iſt die Projektion auf dieſe Ebene geradlinig. Die Projektion eines Körpers iſt gebildet durch einen beſtimmten Teil der Projektionsebene, die Begrenzungslinie der Projektion bildet den ſcheinbaren Umriß des Körpers. Bei der ebenen Fläche wird man im allgemeinen von einer eigentlichen Projektion nicht ſprechen können, weil, wenn die Ebene gegen beide Projektionsebenen beliebig geneigt iſt und als unbegrenzt vorausgeſetzt gedacht wird, jeder Punkt der Projektionsebene als Projektion eines Punktes der Ebene angeſehen werden kann. Nur wenn die Ebene auf einer Projektionsebene ſenkrecht ſteht, kann ihr Schnitt mit dieſer Ebene als Projektion auf letztere aufgefaßt werden. Iſt die Ebene gegen beide Projektionsebenen beliebig geneigt, ſo wird ihre Lage gegen die Projektionsebene feſtgeſetzt werden durch gewiſſe Beſtimmungsſtücke, welche ihr angehören. Solche Beſtimmungsſtücke ſind beiſpielsweiſe drei nicht in einer geraden Linie liegende Punkte, zwei ſich ſchneidende oder zwei parallele Gerade, eine Gerade und ein nicht auf ihr liegender Punkt u. ſ. w.

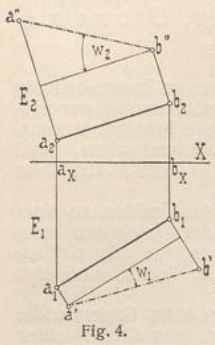


Fig. 4.

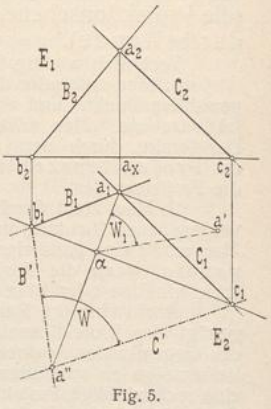


Fig. 5.

In der Fig. 4 iſt eine Gerade $a\,b$ durch ihre Projektionen auf die beiden Projektionsebenen E_1 und E_2 dargeſtellt; es unterliegt keiner Schwierigkeit, ihre Lage zu den beiden Projektionsebenen zu ermitteln. Konſtruiert man nämlich die bei a_1 und b_1 bezw. a_2 und b_2 rechtwinkligen Trapeze $a_1\,a'\,b'\,b_1$ und $a_2\,a''\,b''\,b_2$, ſo daß die Längen $\overline{a_1\,a'}$, $\overline{b_1\,b'}$ die Abſtände der Punkte a und b von der erſten, die Längen $\overline{a_2\,a''}$, $\overline{b_2\,b''}$ die Abſtände derſelben Punkte von der zweiten Projektionsebene darſtellen, ſo hat man in den Strecken $\overline{a'\,b'}$ und $\overline{a''\,b''}$ die wahre Länge der Geraden $a\,b$ konſtruiert. Gleichzeitig geben die Winkel w_1 und w_2 die Neigungswinkel der Geraden $a\,b$ mit den Projektionsebenen E_1 und E_2 an. Auch die Lage einer Ebene gegen die Projektionsebenen läßt ſich aus den durch ihre Projektionen dargeſtellten Beſtimmungsſtücken der Ebene leicht ermitteln. Iſt z. B. eine Ebene (ſ. Fig. 5) durch zwei in einem Punkt a ſich ſchneidende Geraden B und C dargeſtellt, ſo findet man zunächſt die Durchſchnittspunkte b_1 und c_1 der Geraden B und C mit der Projektionsebene E_1 und damit in der Verbindungslinie $b_1\,c_1$ die Durchſchnittslinie der Ebene mit der Projektionsebene. Zeichnet man nun das Dreieck $a_1\,\alpha\,a'$ ſo, daß $a_1\,\alpha$ ſenkrecht zu $b_1\,c_1$ und $a_1\,a'$ parallel zu $b_1\,c_1$ und gleich dem Abſtand $a_2\,a_X$ des Punktes a von der Projektionsebene E_1 iſt, ſo ſchließen die Linien $a'\,\alpha$ und $a_1\,\alpha$ bei α den Winkel W_1 der Ebene $B\,C$ mit der Projektionsebene E_1 ein. Denkt man ſich außerdem die Ebene $B\,C$ um ihre Schnittlinie $b_1\,c_1$ mit der Projektionsebene E_1 in letztere umgelegt, ſo kommt der Punkt a nach a'' in die Verlängerung von $a_1\,\alpha$ zu liegen, ſo daß $\overline{\alpha\,a''} = \overline{a\,\alpha'}$ iſt, und die beiden Linien B', C', welche durch b_1 und c_1 hindurchgehen, ſchließen denſelben Winkel W ein wie die Winkel B und C im Raume.

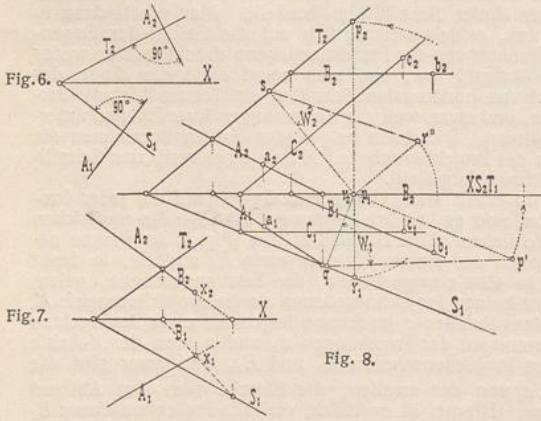


Fig. 6.

Fig. 7.

Fig. 8.

Eine bequeme Darſtellung der Ebene iſt jene durch ihre Spuren, d. h. durch ihre Schnittlinien S und T mit den Projektionsebenen (ſ. Fig. 6). Soll in der Ebene eine Gerade angenommen werden, ſo kann man eine ihrer Projektionen, z. B. den Aufriß A_2, beliebig wählen, während ihr Grundriß A_1 durch Projizieren zu beſtimmen iſt. Beſondere Geraden der Ebenen ſind die Spurparallelen, von welchen es zwei Scharen gibt; die eine Schar, von welcher B eine Gerade darſtellt, läuft parallel zur erſten, die andre Schar, zu welcher die Gerade C gehört, iſt parallel zur zweiten Spur. Die Geraden der Ebene können benutzt werden, um Punkte in der Ebene zu zeichnen. Wählt man z. B. den Punkt a_1 auf A_1 beliebig, ſo iſt a_2 auf A_2 beſtimmt; ſo gehören auch die Punkte b und c, weil auf den Geraden B und C liegend, der Ebene an. Der Schnittpunkt einer Geraden A mit einer Ebene (ſ. Fig. 7) beſtimmt ſich in einfacher Weiſe, indem man die eine Projektion der Geraden, z. B. A_2 als Aufriß B_2 einer Geraden B der Ebene auffaßt und ihren Grundriß B_1 ermittelt, welcher A_1 im Grundriß x_1 des Schnittpunktes x der

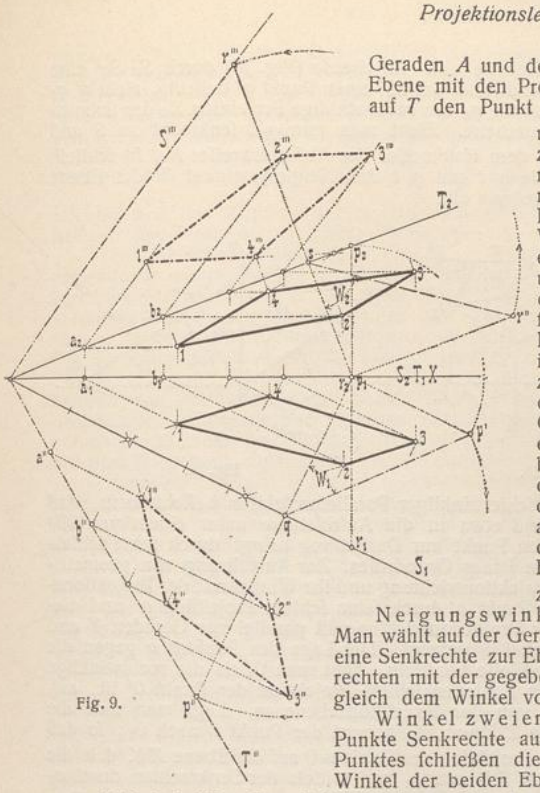


Fig. 9.

Geraden A und der Ebene trifft. Den Neigungswinkel einer Ebene mit den Projektionsebenen ermittelt man, indem man auf T den Punkt p wählt (ſ. Fig. 6), $p_1 q$ ſenkrecht zu S_1 und $p_1 p'$ parallel zu S_1 und gleich $p_1 p_2$ zieht. Die Verbindungslinie $p' q$ ſchließt mit $p_1 q_1$ den Neigungswinkel W_1 der Ebene mit der Grundrißebene ein. Mittels des Punktes r iſt in dem Dreieck $r_2 s r''$ der Winkel W_2 der Ebene mit der Aufrißebene ermittelt worden. Stehen die Projektionen A_1 und A_2 einer Geraden A bezw. normal zu den Spurrichtungen der Ebene (ſ. Fig. 8), ſo ſteht die Gerade A ſelbſt normal zur Ebene. Die Beſtimmung der wahren Geſtalt einer in der Ebene liegenden Figur geſchieht auf zweierlei Art; entweder durch Umlegung der Ebene um ihre erſte Spur S_1 in die Grundrißebene, oder um T_2 in die Aufrißebene. Dabei wählt man auf der zweiten bezw. erſten Spur einen Punkt p bezw. r der Ebene, beſtimmt deſſen Umlegung in die betreffende Projektionsebene, wodurch auch die Umlegungen der übrigen Punkte der Ebene beſtimmt ſind. Nebenſtehende Fig. 9 zeigt dieſes Verfahren; hierbei iſt z. B. $a_1 \cdot 1 = a'' \cdot 1'' = a_2 1'''$ u. ſ. w.

Neigungswinkel einer Geraden mit einer Ebene. Man wählt auf der Geraden einen Punkt willkürlich, fällt von ihm eine Senkrechte zur Ebene und ermittelt den Winkel dieſer Senkrechten mit der gegebenen Geraden; ſein Komplementswinkel iſt gleich dem Winkel von Gerade und Ebene.

Winkel zweier Ebenen: Man fällt von einem beliebigen Punkte Senkrechte auf beide Ebenen. Je nach der Wahl des Punktes ſchließen dieſe Senkrechten einen Winkel gleich dem Winkel der beiden Ebenen oder deren Supplementswinkel ein.

Schiefwinklige Parallelprojektion. Bei der ſchiefwinkligen Parallelprojektion ſind die Projektionsſtrahlen gegen die Projektionsebene nicht normal gerichtet, ſondern unter einem beliebigen Winkel gegen dieſe geneigt. Um in ſchiefer Projektion geometriſche Konſtruktionen durchführen zu können, bedient man ſich verſchiedener Verfahrungsarten. Man wählt z. B. (Fig. 10) parallel zur Projektionsebene eine zweite Ebene, die Abſtandsebene E_a, in beliebigem Abſtande von der Projektionsebene und gibt ſich deren Abſtand $p_2 p$ von der Projektionsebene durch den in der Projektionsebene um den Punkt p_2 mit dem Abſtand $p_2 p$ beſchriebenen Kreis K_a, den Abſtandskreis (vgl. Fig. 11). Gibt man ſich außerdem die ſchiefwinklige Projektion p' des in der

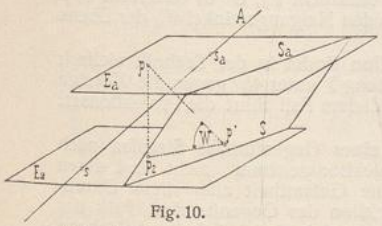


Fig. 10.

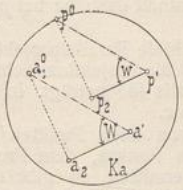


Fig. 11.

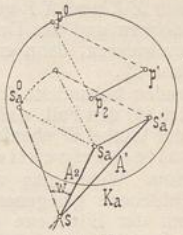


Fig. 12.

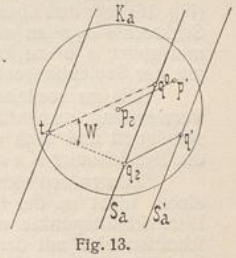


Fig. 13.

Abſtandsebene liegenden Punktes p, ſo iſt durch $p_2 p'$ die Projektionsrichtung beſtimmt. Die durch p_2 zu $p_2 p'$ gezogene Senkrechte ſchneidet den Abſtandskreis K_a in einem Punkte p_0, deſſen Verbindungslinie $p_0 p'$ mit $p_2 p'$ den Winkel W der Projektionsrichtung mit der Projektionsebene einſchließt. Die Darſtellung eines Punktes a (Fig. 11) geſchieht durch ſeine rechtwinklige und ſchiefwinklige Projektion a_2 bezw. a' auf die Projektionsebene, wobei die Verbindungslinie $a_2 a'$ ſtets parallel zur Verbindungslinie $p_2 p'$ ſein muß. Zeichnet man nun das Dreieck $a_2 a' a_0$ ähnlich und ähnlich gelegen dem Dreieck $p_2 p' p_0$, ſo gibt die Strecke $a_2 a_0$ den Abſtand des Punktes a von der Projektionsebene an. Zur Darſtellung von Geraden und Ebenen benutzt man deren Durchſchnitte mit der Abſtandsebene E_a, indem man deren ſchiefe Projektionen als bekannt vorausſetzt und außerdem die Durchſchnitte dieſer Gebilde mit der Projektionsebene als gegeben annimmt. Iſt z. B. eine Gerade A (Fig. 12) durch ihren Durchſchnitt s mit der Projektionsebene und die ſchiefe Projektion s_a' ihres Schnittes mit der Abſtandsebene E_a gegeben, ſo erhält man, wenn man $s_a' s_a$ gleich und gleich gerichtet $p' p_2$ zieht, in $s s_a$ die rechtwinklige Projektion A_2 der Geraden. Zieht man nun in s_a zu A_2 die Senkrechte $s_a s_a^0$ gleich dem Halbmeſſer des Abſtandskreiſes K_a, ſo ſchließt die Verbindungslinie $s_a^0 s$ mit $s_a s$ den Neigungs-

winkel W der Geraden mit der Projektionsebene ein. Ist ebenso (Fig. 13) durch $S_a\ S_a'$ eine Ebene in schiefer Projektion dargestellt, so wählt man auf S_a' einen Punkt q' beliebig, zieht $q'\ q_2$ gleich und gleich gerichtet $p'\ p_2$, so geht durch q_2 die rechtwinklige Projektion S_a der Schnittlinie der gegebenen Ebene mit der Abstandsebene. Zieht man nun $q_2\ t$ senkrecht zu S und macht $q_2\ q^0$ gleich dem Halbmesser des Abstandskreises K_a, so schließt die Verbindungslinie $q_0\ t$ mit $q_2\ t$ den Neigungswinkel W der Ebene mit der Projektionsebene ein.

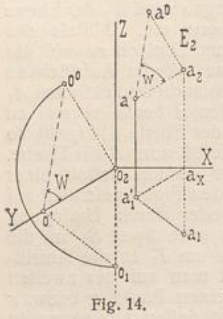


Fig. 14.

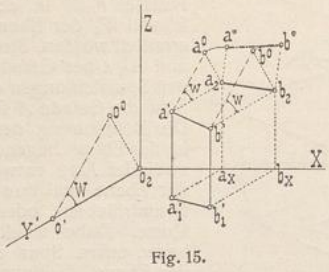


Fig. 15.

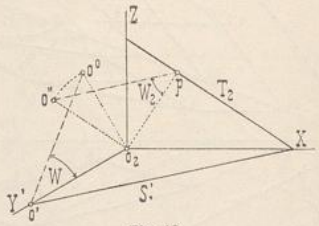


Fig. 16.

Ein andres Darstellungsverfahren in schiefwinkliger Parallelprojektion besteht darin, daß man einen Gegenstand mit seinem Grundriß etwa in die Aufrißebene unter einem von 90° verschiedenen Winkel W projiziert und jeden Punkt zur Darstellung bringt durch seine schiefe Projektion auf die Projektionsebene und die seines Grundrisses. Zur Ausführung von geometrischen Konstruktionen muß dann noch die Projektionsrichtung und ihr Winkel mit der Projektionsebene bekannt sein. In der Fig. 14 ist ein Punkt a durch seine schiefe Projektion a' und diejenige a_1' seines Grundrisses gegeben. Die Projektionsrichtung ist parallel zur Geraden Y und gegen die Projektionsebene unter dem Winkel W geneigt. Die Lage des Punktes a gegen die Projektionsebene läßt sich nun in einfacher Weise ermitteln. Faßt man 0_2 als die rechtwinklige Projektion eines Punktes 0 auf der Geraden Y, dessen schiefe Projektion der Punkt $0'$ ist, auf, so gibt $0_2\,0^0$ den Abstand des Punktes 0 von der Projektionsebene an. Legt man nun die Ebene XY um die Gerade X in die Ebene ZX um, so kommt der Punkt 0 nach 0_1, so daß $0_2\,0_1 = 0_2\,0^0$ ist, und 0_1 ist die rechtwinklige Projektion des Punktes 0 auf die Ebene XY, d. h. die Projektionsebene E_1; aus a' und a_1' bestimmt sich nun a_2 und mittels der Senkrechten durch a_2 zu $a'\ a^2$ und der Parallelen durch a' zu $0'\,0^0$ der Abstand $\overline{a_2\,a^0}$ des Punktes a von der Projektionsebene E_2. Die rechtwinklige Projektion a_1 ergibt sich in zweifacher Weise, entweder durch Abtragen der Strecke $\overline{a_2\,a^0}$ nach $a_x\,a_1$ oder durch Ziehen der Parallelen $a_1'\,a_1$ zu $0'\,0_1$. Handelt es sich um die Ermittlung der Lage einer Geraden zur Ebene, so geschieht dies ebenfalls in einfacher Weise. Man verschafft sich zunächst (Fig. 15) die rechtwinkligen Projektionen a_2 und b_2 der Punkte a und b; hierauf ihre Abstände $a_2\,a^0$ und $\overline{b_2\,b^0}$ von der Projektionsebene. Mittels des Trapezes $a_2\,a''\,b''\,b_2$ ergibt sich dann die wahre Länge $\overline{a''\,b''}$ der Geraden $a\,b$ und ihr Neigungswinkel zur Projektionsebene. — Ist eine Ebene durch ihre Schnittlinie T_2 und S_1' (Fig. 16) mit den Ebenen XZ und XY gegeben, so hat man nur von dem Punkte o_2 zu T_2 die Senkrechte $o_2\,p$ zu zeichnen und das Dreieck $o_2\,p\,o''$, $o_2\,p$ senkrecht T_2, $o''\,o_2$ senkrecht $o_2\,p$ und gleich $o_2\,o^0$ zu konstruieren, dann enthält dasselbe bei p den Neigungswinkel W_2 der Ebene mit der Projektionsebene E_2.

Die im vorstehenden behandelte schiefe Parallelprojektion findet in der Technik vielfach Verwendung, namentlich für den Fall, daß die Projektionsrichtung Y unter 45° gegen die X-Achse geneigt ist und auch der Winkel W ebenfalls 45° beträgt. In diesem Fall führt die Projektionsart die Bezeichnung Kavalierperspektive.

Zentralprojektion. Wenn man von allen Punkten eines Gegenstandes Strahlen nach einem nicht in der Bildebene gelegenen Punkte, dem Projektionszentrum, zieht und deren Durchschnittspunkte mit der Bildebene ermittelt, so gibt die Gesamtheit aller dieser Durchschnittspunkte mit der Bildebene in letzterer die Zentralprojektion des Gegenstandes. Fällt das Projektionszentrum mit dem Auge des Beobachters zusammen und befindet sich die Bildebene zwischen dem Gegenstande und dem betrachtenden Auge, so heißt in diesem Falle die Zentralprojektion eine Zentralperspektive des Gegenstandes. — Die Zentralprojektion eines Punktes ist also wieder ein Punkt, jene einer Geraden im allgemeinen wieder eine Gerade, und nur dann, wenn die Gerade durch das Projektionszentrum selbst geht, ein Punkt. Bei einer unbegrenzten Ebene kann man von einer Zentralprojektion im eigentlichen Sinne nicht sprechen, es wird vielmehr die ganze Bildebene als die Zentralprojektion einer Ebene aufgefaßt werden können. Zur Feststellung der Lage der Ebene gegen die Bildebene genügt es, eine Anzahl von Bestimmungsstücken der Ebene durch Zentralprojektion darzustellen. Ist man imstande, die Elemente Punkt, Gerade und Ebene durch Zentralprojektion darzustellen, so kann damit auch die Zentralprojektion eines jeden Gegenstandes hergestellt werden, der aus den genannten Elementen zusammengesetzt ist. — Ist nun a (s. Fig. 17) ein Punkt im Raum, o das Projektions-

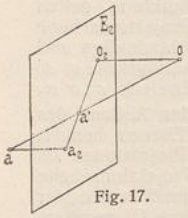


Fig. 17.

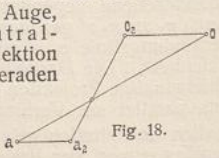


Fig. 18.

zentrum, E_2 die Bildebene, so ergibt sich die Zentralprojektion a' von a, indem man die rechtwinklige Projektion a_2 von a mit der rechtwinkligen Projektion o_2 des Zentrums (Hauptpunkt) verbindet und diese Verbindungslinie mit dem Strahle $o\,a$ durchschneidet. Als Bildebene wird in der Regel die Aufrißebene gewählt: es liegt dann die Zentralprojektion eines Punktes a stets auf der Verbindungslinie seines Aufrisses a_2 (s. Fig. 18) mit dem Augpunkte, und ist der innere Teilungspunkt der Strecke $\overline{a_2\,o_2}$, der diese in dem Verhältnis $\frac{\overline{a_2\,a}}{\overline{o_2\,o}}$ teilt. Hierbei bezeichnet $\overline{a_2\,a}$ den Abstand des in Rede stehenden Punktes von der Bildebene und $\overline{a_2\,o}$ den Abstand des Zentrums von dieser Ebene oder die Distanz.

Die Zentralprojektion einer Geraden (z. B. A, Fig. 19) ist bestimmt durch die Zentralprojektionen zweier Punkte in ihr; als solche Punkte wählt man zweckmäßig einerseits ihren Durchschnittspunkt A_S, d. h. ihre Spur mit der Bildebene, anderseits den Schnittpunkt A_Q' eines Parallelstrahles zu der Geraden durch das Zentrum o mit der Bildebene; letzteren Punkt bezeichnet man als die Flucht der Geraden. Die Verbindungslinie $o_2\,A_Q'$ ist hierbei parallel zur rechtwinkligen Projektion A_2 der Geraden. Alle zur Geraden A parallelen Geraden besitzen den nämlichen Parallelstrahl; folglich haben die Zentralprojektionen von parallelen Geraden den Fluchtpunkt gemeinsam. Stehen die Geraden zur Bildebene senkrecht, so fällt ihr Fluchtpunkt mit dem Hauptpunkt zusammen; sind die Geraden unter 45° zur Bildebene geneigt, so liegen ihre Fluchtpunkte auf einem Kreise, der den Hauptpunkt als Mittelpunkt und die Distanz als Halbmesser besitzt und Distanzkreis heißt. Sind die Geraden zur Bildebene parallel, so sind auch ihre Zentralprojektionen parallel.

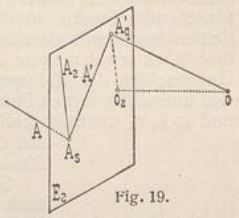


Fig. 19.

Ist nun (Fig. 20) A_S die Spur, A_Q' die Flucht einer Geraden A, so gibt die Verbindungslinie $A_S\,A_Q'$ die Zentralprojektion A' von A: der Aufriß A_2 ist parallel zu $o_2\,A_Q'$. Zieht man zu $o_2\,A_Q'$ die Senkrechte $\overline{o_2\,o_0}$ gleich der Distanz, so stellt die Verbindungslinie $o_0\,A_Q'$ den mit der Ebene $o\,o_2\,A_Q'$ in die Bildebene umgelegten Parallelstrahl zur Geraden A dar und der Winkel w bezeichnet den Neigungswinkel der Geraden A mit der Bildebene. Die Umlegung der Geraden A in die Bildebene geht durch A_S parallel zu $o^0\,A_Q'$. Sind also $a'\,b'$ zwei Punkte auf der Zentralprojektion A' von A, so schneiden die Verbindungslinien $o_0\,a'$ und $o_0\,b'$ auf A_0 die Punkte $a_0\,b_0$ aus, deren Entfernung voneinander gleich ist der wahren Länge der Strecke $a\,b$. Der Punkt o_0, d. i. das umgelegte Zentrum, heißt der Teilungspunkt der Geraden A. Zur Geraden A gehören unzählig viele Teilungspunkte; sie liegen alle auf einem um A_Q' als Mittelpunkt mit einem Halbmesser gleich $A_Q'\,o_0$ beschriebenen Kreise, dem Teilungskreise von A. Wählt man auf diesem Kreise einen beliebigen Punkt o'' und zieht durch A_S eine Parallele A'' zu $o''\,A_Q'$, so liefern die Strahlen $o''\,a'$ und $o''\,b'$ auf A'' (A'' fällt im vorliegenden Falle mit A_2 zusammen) ebenfalls die wahre Länge von $\overline{a\,b}$. Würde man $\overline{a_0\,b_0}$ in eine beliebige Anzahl gleicher oder in einem bestimmten Verhältnisse zueinander stehender Teile teilen, so lieferten die Verbindungslinien dieser Teilungspunkte mit o_0 auf A' die Zentralprojektionen

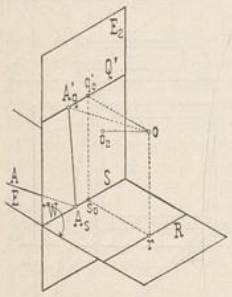


Fig. 21.

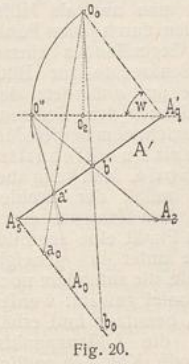


Fig. 20.

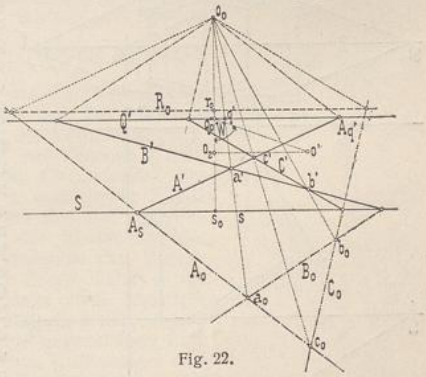


Fig. 22.

der Teilungspunkte. — Eine unbegrenzte Ebene wird in zentraler Projektion bestimmt durch die Zentralprojektionen von zweien ihrer Geraden; als solche Gerade wählt man zweckmäßig die Schnittlinie S (Fig. 21) der Ebene mit der Bildebene, d. h. ihre Spur und die Schnittlinie Q' einer Parallelebene zu ihr durch das Zentrum. Letztere Linie Q' heißt die Flucht der Ebene. Eine Ebene wird also dargestellt durch Spur und Flucht. Steht die Ebene senkrecht zur Bildebene, so geht ihre Flucht durch den Hauptpunkt. Eine beliebige Gerade A der Ebene hat ihre Spur A_S in der Spur S und ihre Flucht A_Q' in der Flucht Q' der Ebene. Ist durch $S\,Q'$ (s. Fig. 22) eine beliebige Ebene zentralprojektivisch dargestellt, so läßt sich in einfacher Weise sowohl ihr Neigungswinkel mit der Bildebene bestimmen als auch die Ebene selbst mit allen in ihr liegenden Punkten und Linien in die Bildebene umlegen, wodurch sich die wahre gegenseitige Lage dieser Elemente gegeneinander ermitteln läßt. Fällt man nämlich durch o_2 die Senkrechte $o_2\,q_0'$ zu Q', macht $o_2\,o'$ parallel zu Q' und gleich der Distanz, so ist in dem rechtwinkligen Dreieck $o_2\,q_0'\,o'$ der Winkel W gleich dem Neigungswinkel der Ebene $S\,Q'$

zur Bildebene. Legt man die Parallelebene Q' in die Bildebene um, ſo kommt das Zentrum nach o_0 und die Verbindungslinien von o_0 mit den Punkten der Flucht Q' geben die umgelegten Parallelſtrahlen zu den Geraden der Ebene. Für die Gerade A' iſt alſo $o_0 A_q'$ der umgelegte Parallelſtrahl, und es wird die Umlegung A_0 der Geraden ſelbſt parallel zu $o_0 A_q'$ durch A_S zu ziehen ſein. So iſt auch B_0 die Umlegung von B, ebenſo C_0 jene von C u. ſ. w., entſprechend iſt durch das Dreieck $a_0 b_0 c_0$ die wahre Geſtalt des Dreiecks $a b c$, deſſen zentrale Projektion durch $a' b' c'$ dargeſtellt iſt, gegeben.

Ein ebenes Gebilde und ſeine Zentralprojektion, desgleichen die Umlegung des Gebildes und die Zentralprojektion ſtehen in einem beſtimmten geometriſchen Zuſammenhange, der dadurch charakteriſiert iſt, daß den Punkten des einen Gebildes Punkte des andern ſo zugeteilt ſind, daß die Verbindungslinien entſprechender Punkte durch einen feſten Punkt hindurchgehen, während den Geraden des einen Gebildes Gerade des andern ſo entſprechen, daß entſprechende Gerade auf einer feſten Linie S (Fig. 22) ſich ſchneiden. Dieſen Zuſammenhang nennt man zentriſche Kollineation (ſ. d.); der feſte Punkt, durch welchen die Verbindungslinien entſprechender Punkte hindurchgehen, heißt das Kollineationszentrum, die Gerade, auf welcher ſich entſprechende Gerade ſchneiden, heißt die Kollineationsachſe. Außer der Kollineationsachſe S ſind noch zwei weitere Achſen Q' und R_0, beide parallel zu S, vorhanden; ſie heißen die Gegenachſen der Kollineation und haben die Eigenſchaft, daß die auf ihnen liegenden Punkte den unendlich fernen Punkten des andern Gebildes entſprechen. In Fig. 6 ſind die Figuren $a' b' c'$ und $a_0 b_0 c_0$ zentriſch kollineare Figuren mit S als Kollineationsachſe, o_0 als Kollineationszentrum und den Achſen Q' und R_0 als Gegenachſen. Entſprechende Punkte ſind alſo $a' a_0$, $b' b_0$ u. ſ. w., entſprechende Gerade $a' b'$, $a_0 b_0$, $a' c'$, $a_0 c_0$ u. ſ. w.

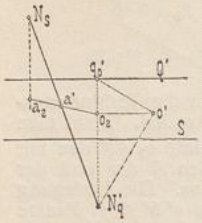


Fig. 23.

Sämtliche Normalen zu einer Ebene ſind zueinander parallel, ſie beſitzen ſomit in zentraler Projektion einen gemeinſamen Fluchtpunkt, den Normalenfluchtpunkt der Ebene; er liegt (ſ. Fig. 23) auf der Normalen durch den Hauptpunkt zur Flucht der Ebene und außerdem auf der Normalen durch o' zu $q_0' o'$. Iſt der Normalenfluchtpunkt N_q' einer Ebene beſtimmt, ſo iſt damit auch das Ziehen von Normalen zur Ebene durch gegebene Punkte ermöglicht. Die Normale durch a' (ſ. Fig. 23) zur Ebene $S Q'$ geht durch N_q', ihre Spur N_S liegt auf der Parallelen durch a_2 zu $N_q o_v$.

Im vorſtehenden ſind die Mittel angegeben zur Löſung aller Aufgaben der Projektionslehre mittels zentraler Projektion. Zur Herſtellung der zentralen Projektion eines Körpers bedient man ſich im allgemeinen ſtets des Verfahrens, daß man durch jeden ſeiner Punkte zwei gerade Linien zieht und deren zentrale Projektionen beſtimmt, der Schnittpunkt der letzteren gibt die Zentralprojektion des Punktes. — Die Konſtruktionen der Zentralprojektion und der Zentralperſpektive weichen im weſentlichen nicht voneinander ab; es ſoll deshalb im folgenden nur von den letzteren geſprochen werden.

Bei der **Zentralperſpektive** beſteht in der Regel die Aufgabe darin, einen durch Grund- und Aufriß gegebenen Gegenſtand für eine beſtimmte Ebene als Bildebene und für einen Punkt vor derſelben als Auge bezw. Zentrum zentralperſpektiviſch darzuſtellen. Benutzt man nun als Hilfsgeraden durch jeden Punkt des Gegenſtandes einmal die Senkrechte zur Bildebene und außerdem den Strahl nach dem Zentrum, ſo bezeichnet man dieſe Methode als Durchſchnittsmethode. Man kann aber auch anſtatt der Strahlen nach dem Zentrum durch jeden Punkt eine zur Bildebene unter 45° geneigte Gerade, die außerdem noch horizontal gewählt werden kann, benutzen und erhält dann die Diſtanzpunktsmethode. Kommen endlich an einem darzuſtellenden Objekte ein oder mehrere Syſteme von parallelen Geraden vor, wie dies z. B. an jedem Gebäude der Fall iſt, ſo wird man ſich die Zentralprojektionen dieſer Parallelen verſchaffen und hiernach die Zentralprojektionen der einzelnen Punkte des Körpers erhalten. Die hierauf ſich gründende Methode heißt die Fluchtpunktsmethode. — Bei den Darſtellungen in Zentralperſpektive bezeichnet man die Spur G (vgl. Fig. 24) der Horizontalebene als Grundlinie, die Flucht H als Horizont, der Hauptpunkt heißt Augpunkt. In Fig. 24 iſt ein Körper durch Grund- und Aufriß dargeſtellt. E_1 bezeichnet den Grundriß der Bildebene, o_1 und o_2 ſind Grund- und Aufriß des Auges. Der Körper befindet ſich in paralleler Stellung zur Bildebene; die Perſpektive a' des Punktes a iſt mittels der Durchſchnittsmethode ermittelt

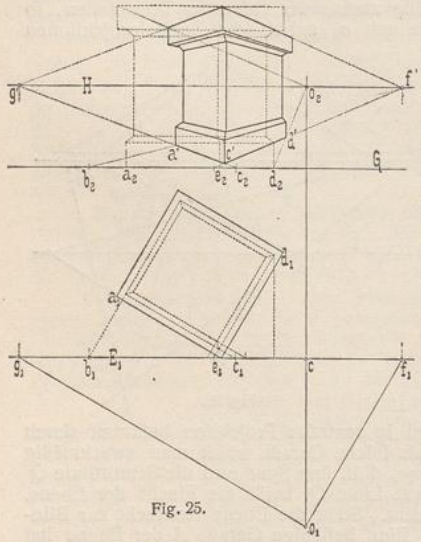


Fig. 25.

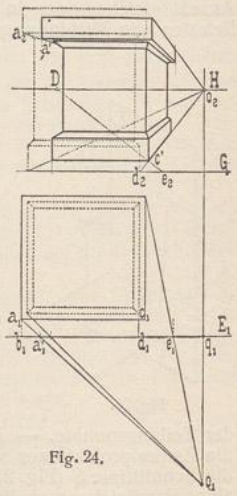


Fig. 24.

worden, der Strahl nach dem Zentrum durch a liefert im Grundriß den Punkt a_1', dem im Aufriß die Perſpektive a' entſpricht. Mittels der Diſtanzpunktsmethode iſt der Punkt c' beſtimmt worden. Durch c_1 ſind die beiden Geraden $c_1 d_1$ und $c_1 e_1$, erſtere ſenkrecht, letztere unter 45° zur Bildebene gezogen worden; ihnen entſprechen die Perſpektiven $d_2 o_2$ und $e_2 D$ (D = Diſtanzpunkt), die ſich in c' ſchneiden.

Der in Fig. 25 dargeſtellte Körper zeigt die Konſtruktion mittels der Fluchtpunktsmethode. Es ſind hier für die auftretenden Horizontalen die Fluchtpunkte f' und g' ermittelt worden. Durch jeden Punkt des Körpers, z. B. a, gehen zwei horizontale Kanten des Körpers, deren Perſpektiven man mittels der Durchſchnittspunkte b und c dieſer Kanten mit der Bildebene und der Fluchtpunkte f' und g' ermittelt. Will man nur eine der horizontalen Körperkanten für einen Punkt des Körpers benutzen, ſo kann man als zweite Gerade etwa eine Senkrechte zur Bildebene verwenden, wie dies z. B. für den Punkt d geſchehen iſt.

Reliefprojektion. Statt der ebenen Zentralprojektion eines Gegenſtandes kann man ſich auch eine räumliche Abbildung desſelben verſchaffen, wenn man auf jedem das Zentrum enthaltenden Projektionsſtrahl einen Punkt ſo wählt, daß derſelbe mit dem Zentrum, dem Raumpunkte und ſeiner Zentralprojektion ein Doppelverhältnis von konſtantem Werte $= \Delta$ bildet. Dieſe ſo beſtimmten Punkte erfüllen dann ein zweites, räumliches Gebilde, welches man als die zentriſch-kollineare Verwandte des erſteren bezeichnet. Iſt das Original ein Körper, ſo iſt im allgemeinen auch die zentriſch-kollineare Verwandte desſelben ein Körper, den man als das Modell oder als das Relief des erſten Körpers bezeichnen kann. Die Projektion dieſes Reliefs auf die Projektionsebene heißt die Reliefprojektion des Körpers. — Aus vorſtehender Definition folgt, daß einem Punkt wieder ein Punkt, einer das Zentrum nicht enthaltenden Geraden oder Ebene wieder eine Gerade oder Ebene entſpricht. Die in der Projektionsebene liegenden Gebilde entſprechen ſich ſelbſt. Der vorſtehend charakteriſierte Zuſammenhang zwiſchen den Punkten, Geraden und Ebenen des Raumes bezeichnet man als räumliche Zentralkollineation und nennt die Ebene der ſich ſelbſt entſprechenden Gebilde die Kollineationsebene, das Zentrum das Kollineationszentrum. Da die unendlich fernen Punkte des Raumes in einer Ebene liegen, ſo entſprechen ihnen wieder die Punkte einer Ebene, welche parallel zur Kollineationsebene gerichtet iſt. Gehören die unendlich fernen Punkte dem Originalſyſteme an, ſo liegen die ihnen entſprechenden Punkte im Relieffyſtem in einer Ebene Q'' (Fluchtebene oder Gegenebene, Fig. 26); gehören ſie dem Relieffyſtem an, ſo liegen die Originalpunkte in einer zur Kollineationsebene E' parallelen Ebene R (Verſchwindungsebene oder zweite Gegenebene). Für jeden das Kollineationszentrum o enthaltenden Strahl, auf welchem ein Paar entſprechender Punkte $a\,a''$ liegen, finden die folgenden Doppelverhältnisgleichheiten ſtatt: $(a\,a'', o\,a') = (q\,q'', o\,a') = (r\,r'', o\,a') = \Delta$. Hieraus folgt die Beziehung: $\frac{\overline{q''\,a'}}{\overline{q''\,o}} = \frac{\overline{o\,r}}{\overline{a'\,r}}$, woraus ſich ergibt, daß die Ebene Q'' gerade ſo weit von der Kollineationsebene E abſteht, wie die Ebene R vom Zentrum o. Das Doppelverhältnis Δ, das dem einfachen Teilverhältnis gleich iſt, nach welchem die Fluchtebene Q'' bezw. die Verſchwindungsebene R den Abſtand zwiſchen Kollineationsebene E' und Zentrum o teilt, heißt das charakteriſtiſche Doppelverhältnis oder die Charakteriſtik der räumlichen Zentralkollineation. — Jede das Zentrum enthaltende Ebene ſchneidet auch zwei zentriſchkollineare ebene Syſteme mit der gleichen Charakteriſtik Δ aus, für welche die Schnittlinien der Ebene mit der Kollineations- bezw. mit der Gegenebene Kollineationsachſe und Gegenachſe ergeben. Eine das Zentrum nicht enthaltende Ebene liefert durch ihren Schnitt mit den räumlichen Syſtemen gleichfalls zwei zentriſch-kollineare Syſteme, für welche die Achſen der Kollineation die Schnittlinie der Ebene mit der Kollineationsebene bezw. den Gegenebenen ſind. Doch iſt hierbei der Wert der Charakteriſtik der ebenen Kollineation verſchieden von dem Charakteriſtikwert der räumlichen Kollineation.

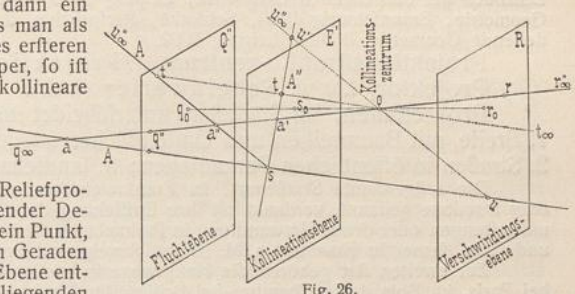
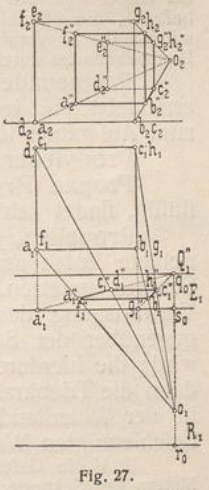


Fig. 26.


Fig. 27.

Die zentriſche Kollineation räumlicher Syſteme hat insbeſondere für die Technik eine Bedeutung, wenn das Kollineationszentrum und der Körper, deſſen zentriſch-kollineare Verwandte beſtimmt werden ſoll, auf verſchiedenen Seiten der Kollineationsebene liegen. Denkt man ſich dann das Zentrum erſetzt durch das Auge des Beſchauers, ſo erblickt dasſelbe in der zentriſch-kollinearen Verwandten des Körpers eine räumliche Abbildung desſelben, alſo gewiſſermaßen ein Modell oder ein Relief des Körpers. Dieſen beſonderen Fall der räumlichen Zentralkollineation bezeichnet man als Reliefperſpektive, im Gegenſatz zu der gewöhnlichen Linearperſpektive, bei welcher ein Körper zentral in die Bildebene projiziert wird.

Bei der Reliefperſpektive entſpricht dem ganzen, hinter der Bildebene liegenden Raume, Originalraum, der zwiſchen Bild- und Fluchtebene gelegene Raum als Bildraum. Die Darſtellungen der Reliefperſpektive erfolgen durch Grund- und Aufriß. — So iſt in Fig. 27 das

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Relief eines Würfels im Grund- und Aufriß wiedergegeben. Die Charakteriſtik $\frac{\overline{o_1 r_0}}{o_1 s_0} = \Delta$ beträgt ein Drittel. Die Kollineationsebene fällt mit der vertikalen Projektionsebene zuſammen. — Der Reliefpunkt eines Punktes a beſtimmt ſich im Grundriß mittels der beiden Geraden $a_1 o_1$ und a_1', q_0; der Aufriß a_2'' liegt auf $a_2 o_2$ und auf der Projizierenden durch a_1''.

Literatur: Bezüglich der eigentlichen Zentralprojektion ſ. Literatur über darſtellende Geometrie. Werke über Zentralperſpektive ſind: Schreiber, G., Maleriſche Perſpektive, Karlsruhe 1854; Tilſcher, Syſtem der Perſpektive, Prag 1867; Peſchka und Koulny, Freie Perſpektive, Hannover 1868; Hauck, G., Die ſubjektive Perſpektive, Stuttgart 1879; für die Reliefperſpektive ſind bemerkenswert: Poudra, Traité de perspective relief, Paris 1862; Staudigel, Grundzüge der Reliefperſpektive, Wien 1868; Burmeſter, Grundzüge der Reliefperſpektive, Leipzig 1883; Berger, G., Die Lehre der Perſpektive, Leipzig 1898; Conz, G., Lehrbuch der Perſpektive, Stuttgart 1902; Delabar, Die Polar- und Parallelperſpektive, Freiburg 1905; Dietzel, Die Elemente der Perſpektive, Leipzig 1902; Vonderlinn, Perſpektive, Leipzig 1908; Seeberger, G., Prinzipien der Perſpektive und deren Anwendung, 8. Aufl., München 1905; Weishaupt, H., Axonometrie und Perſpektive, Leipzig 1903; Döhlemann, K., Projektive Geometrie, Leipzig 1903; Geyger, Lehrbuch der darſtellenden Geometrie, Leipzig 1906; Müller, R., Leitfaden der darſtellenden Geometrie, Braunſchweig 1903, Schlotke, Perſpektive, 2. Aufl., Leipzig 1902; Haußner, Darſtellende Geometrie, 3 Bde., Leipzig 1902. *Vonderlinn.*

Projektionsſtrahl, -zentrum, ſ. Projektionslehre.

Projektor, ſ. v. w. Scheinwerfer (ſ. d.).

Promenaden. Im Städtebau unterſcheidet man drei Arten von Promenaden: 1. Breite, mit Baumreihen und Gartenflächen ausgeſtattete innerſtädtiſche Straßen; 2. Straßen in öffentlichen Parkanlagen; 3. landſchaftlich verſchönerte Außenwege.

Die erſtgenannte Straßenart, in Frankreich Avenues und Boulevards, in Italien Corso oder Stradone genannt, verdankt oft ihre Entſtehung der Schleifung und Bebauung alter Stadtumwallungen oder deren Umwandlung in Parkanlagen, ſo beiſpielsweiſe in Baſel, Mainz, Aachen und Cöln, ferner in Frankfurt a. M., Braunſchweig und Bremen.

Zur zweiten Art gehören die Hauptwege in großen Stadtparks, ſo im Bois de Boulogne bei Paris, im Bois de la Chambre bei Brüſſel, im Tiergarten zu Berlin; bekannte Beiſpiele aus Italien ſind die Promenadenſtraßen (passegio) des Monte Pincio und des Gianicolo zu Rom ſowie der Cascine und des Viale dei Colli zu Florenz.

Bieten ſolche Straßenanlagen zugleich ſchöne Ausſichten dar, ſo gebraucht man wohl den Namen Panoramaſtraßen (Stuttgart, Florenz, Genua, Nizza). Dieſe leiten über zu der dritten obengenannten Art von Promenaden, den landſchaftlich verſchönerten Außenwegen, wie ſie beſonders bei engliſchen Städten zum Uebergang in die freie Landſchaft, auf dem Kontinent an Flußufern oder am Seeſtrande ſich ausbreiten (Coblenz, Düſſeldorf, Hamburg, Danzig, Oſtende). Eine der großartigſten Außenpromenaden, zugleich Panoramaſtraße, verſpricht der Wiener Wald- und Wieſengürtel zu werden, der die ganze Landſeite der Stadt am Gehänge der Hügel umziehen ſoll. In den nordamerikaniſchen Städten iſt man in vorbildlicher Weiſe beſtrebt, die öffentlichen Parkanlagen durch zuſammenhängende Züge von Promenadenſtraßen miteinander in Verbindung zu ſetzen, die ſtädtiſche Bebauung alſo nach allen Richtungen mit Promenaden zu durchziehen. *J. Stübben.*

Promenadendeck eines Paſſagierdampfers, ein oberhalb des Brückendecks errichtetes und teilweiſe an der Bordwand nur durch Stützen getragenes Deck zum Aufenthalt für Kajütspaſſagiere. *T. Schwarz.*

Pronyſcher Zaum, ſ. Dynamometer, Bd. 3, S. 196.

Propan (Propylwaſſerſtoff) C_3H_8, farbloſes brennbares Gas, bei -17^0 flüſſig, findet ſich im Erdöl und verhält ſich ähnlich wie Aethan (ſ. d.).

Propeller, diejenigen Apparate, welche die von der Schiffsmaſchine verrichtete Rotationsarbeit aufnehmen und in Schubarbeit zur Fortbewegung des Schiffes umſetzen. Ihre Wirkſamkeit beſteht in der Hauptſache darin, daß beim Vorwärtsgang des Schiffes durch den Propellerſchub dem umgebenden Waſſer gegenüber der Schiffsgeſchwindigkeit eine Beſchleunigung nach hinten erteilt wird; die hierdurch entſtehende Rückwirkung nach vorne — Reaktion — bildet dann die Triebkraft des Schiffes. Bei gleichförmiger Geſchwindigkeit des Schiffes iſt der Widerſtand desſelben gleich der Reaktion, welche mit der Menge des beſchleunigten Waſſers und mit der Größe der Beſchleunigung wächſt.

Iſt V die Geſchwindigkeit des vom Propeller nach hinten geworfenen Waſſerſtroms in Metern pro Sekunde, v die Geſchwindigkeit des Schiffes, ſo iſt $V - v$ die Geſchwindigkeitszunahme oder Beſchleunigung des Waſſers. Iſt ferner F in Quadratmetern der Querſchnitt des Waſſerſtroms, γ das Gewicht von 1 cbm Waſſer, ſo iſt die Maſſe M des vom Propeller nach hinten geworfenen Waſſerſtroms $M = F\gamma V : g$ und mithin die Reaktion $R = M(V - v) = F\gamma V(V - v) : g = W$, dem Widerſtand des Schiffes.

Die Differenz zwiſchen der Geſchwindigkeit des Propellers oder des von demſelben nach hinten geworfenen Waſſerſtroms und der Geſchwindigkeit des Schiffes: Die Differenz zwiſchen Ein- und Austrittsgeſchwindigkeit des den Propeller paſſierenden Waſſers, d. h. das Zurückweichen des Waſſers vor dem Druck des Propellers wird Slip oder Rücklauf (s) genannt.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

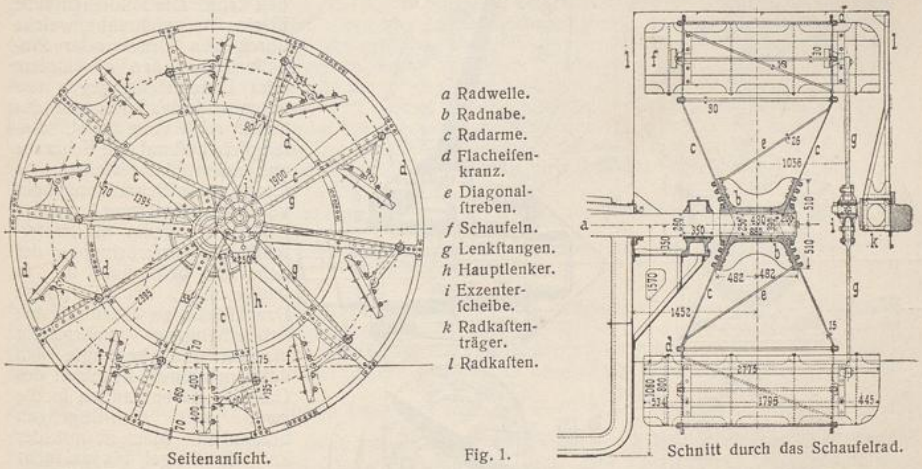
Es ist demnach $s = V - v$ in Metern pro Sekunde oder, bezogen auf jeden Meter des Propellerweges, $(V - v) : V$ und demnach für 100 m Propellerweg, d. h. in Prozenten ausgedrückt $s\,\% = 100\,(V - v) : V$.

Die zurzeit für Dampfschiffe gebräuchlichen Propulsionsmethoden lassen sich in folgende drei Gruppen teilen: 1. Reaktionspropeller; 2. Schaufelräder; 3. Schrauben.

1. **Die Reaktions- oder Wasserstrahlpropeller** haben nur eine vorübergehende Bedeutung gewonnen. Bei denselben wird das Wasser durch im Innern des Schiffes liegende Pumpen bezw. Turbinen angesaugt und mit gesteigerter Geschwindigkeit durch zwei an den Schiffsseiten mündende Ausstoßrohre ausgeworfen. Beim Vorwärtsgang sind die Ausflußöffnungen nach hinten, beim Rückwärtsgang nach vorne gerichtet. — Obwohl das Wasser ohne seitliche Ablenkung nach hinten geworfen wird, so war die mit diesen Propellern erzeugte Wirkung doch eine geringe, da das Wasser fast mit der doppelten Schiffsgeschwindigkeit durch die Rohre getrieben werden muß. Es entstehen daher erhebliche Kraftverluste beim Eintreten des Wassers in die Rohrleitung, durch die Reibung desselben an den Rohrwandungen und die Stöße in den Biegungen der Rohre sowie durch das Mitschleppen des im Schiff befindlichen Wassers. In neuester Zeit ist von Zeuner [10] ein Turbinenpropeller mit Kontraktor entworfen, welcher die obigen Mängel teilweise beseitigt und für kleine Flußschiffe günstige Resultate ergeben hat. Auch Thornycrofts Schraubenturbine, eine Kombination von Schraube und Turbine, hat sich für flachgehende Flußschiffe gut bewährt [6]. Der Hydromotor, ein Reaktionspropeller mit Pulsometerbetrieb, hat es zu keiner Bedeutung gebracht [1], [2], [6], [9], [10].

2. **Das Schaufelrad,** welches anfänglich der verbreitetste Propeller auch für Ozeandampfer war, wird jetzt fast ausschließlich nur für flach gehende Flußdampfer und auf See für Postdampfer für kurze Strecken verwendet, da es an Wirksamkeit verliert, wenn in bewegter See die beiden Räder verschieden eintauchen oder bei längeren Reisen durch den Kohlenverbrauch die Eintauchung der Schaufel sich ändert. — Man unterscheidet Räder mit festen bezw. mit beweglichen Schaufeln. Erstere, welche den Vorzug großer Solidität und Einfachheit haben, verwendet man vorzugsweise für Räder mit großem Durchmesser, bezw. bei langsam gehenden Flußdampfern und Schleppern. Ihr Nutzeffekt ist wegen der mehr oder minder flachen Ein- und Austauchung der Schaufeln und der hierdurch auftretenden Erschütterungen gering. Für Postdampfer und schnell laufende Raddampfer bevorzugt man Räder mit beweglichen Schaufeln welche ruhiger und mit größerem Nutzeffekt arbeiten.

Die Schaufelräder bestehen im allgemeinen aus einer auf der Radwelle aufgekeilten gußeisernen Nabe, welche mit zwei oder drei scheibenartigen Rippen versehen ist, an welchen eine Anzahl schmiedeeiserner Arme oder Speichen befestigt sind. Außen sind dieselben durch Flacheisenkränze und durch Diagonalstreben und Anker verbunden. Die festen Schaufeln, meist aus Holz gefertigt, sind zwischen den Flacheisenkränzen an den Armen befestigt. Für kleine Räder, bei denen Ein- und Austrittswinkel sehr flach werden würden, verwendet man teilweise eiserne geteilte Schaufeln, welche in einem Winkel zueinander und zur Radwelle stehen und deren Flächen schraubenförmig gebogen sind. Die Schaufeln tauchen hierdurch allmählich ins Wasser und arbeiten demnach ohne erhebliche Erschütterungen [7].



a Radwelle.
b Radnabe.
c Radarme.
d Flacheisenkranz.
e Diagonalstreben.
f Schaufeln.
g Lenkstangen.
h Hauptlenker.
i Exzenterscheibe.
k Radkastenträger.
l Radkasten.

Seitenansicht. Schnitt durch das Schaufelrad.

Fig. 1.

Die beweglichen Schaufeln sind an den Radarmen drehbar gelagert und je mit einem schmiedeeisernen Arm versehen. An diesen greifen Lenkstangen an, welche mit dem andern Ende an einer zur Radwelle exzentrisch gelagerten Scheibe befestigt sind, und zwar ist eine Lenkstange, der sogenannte Haupt- oder Königslenker, fest mit der Scheibe verbunden, während die übrigen in Gelenken beweglich sind. Die Exzenterscheibe ist meist an dem äußeren Radkastenträger befestigt, und die Radwelle ist einseitig an der Schiffswand auf einem konsolartigen Ausbau gelagert. Je nach der Richtung der Schaufel beim Wassereinen- und -austritt entstanden die Räder von Buchanan, Oldham und Morgan. Die modernen Räder sind eine Kombination der beiden letzteren Räder. Die Richtung der Schaufeln bei der Ein- bezw. Austauchung

entſpricht im allgemeinen der Stellung der Schaufeln eines Rades mit feſten Schaufeln, aber von doppelt ſo großem Durchmeſſer. Der Mittelpunkt des exzentriſchen Zapfens ergibt ſich aus der Richtung der Schaufeln und der Länge der Schaufelhebel = 0,6 Schaufelhöhe. Das Stroudley-Rad, welches neuerdings bei den den Kanal befahrenden Poſtdampfern allgemein verwendet wird, hat eine kleinere Exzentrizität, wodurch die ein- und austretenden Schaufeln etwas ſteiler zu ſtehen kommen und demnach faſt gar kein Waſſer mit herumreißen (Fig. 1) [1]—[3], [6], [8], [9], [12], [19].

Der effektive Durchmeſſer der Schaufelräder, gemeſſen von Mitte zu Mitte zweier gegenüberliegender Schaufeln, ergibt ſich aus der Umfangsgeſchwindigkeit V des Rades und der Umdrehungszahl pro Minute $n = 30$ bis 50 zu $D_e = V \cdot 60 : \pi n$. Iſt v die Schiffsgeſchwindigkeit in Metern pro Sekunde und s die Größe des Slips, ſo wird $D_e = (v + s)\,60 : \pi n$ oder mit Bezug auf die Geſchwindigkeit in Knoten K [1], [2]: $v = \frac{1852 \cdot K}{60 \cdot \pi n}\left(\frac{100 + s\,\%}{100}\right)$. Der Slip in Prozenten iſt bei Rädern mit feſten Schaufeln 15—30 %, bei Rädern mit beweglichen Schaufeln 12—20 % und berechnet ſich nach $s\,\% = 100\,(\pi n D_e - 60\,v) : \pi n D_e$. Der innere Durchmeſſer muß, damit die Schaufeln an ihrem inneren Rand keine geringere Geſchwindigkeit wie das Schiff beſitzen und hierdurch Widerſtände entſtehen, größer ſein als $1852 \cdot v : \pi n \cdot 60$. Man ſetzt daher $D\,\mathrm{min} = 1{,}1$ bis $1{,}15 \cdot 1852 \cdot v : \pi n \cdot 60$. Der Durchmeſſer der Räder muß jedoch auch mit Bezug auf Freibordhöhe und Eintauchungstiefe der Schiffe bemeſſen werden. Das Areal der Schaufeln A beſtimmt man aus $A = \xi J H P : D_e$, worin $J H P$ die Anzahl der indizierten Pferdeſtärken der Maſchine angibt. ξ iſt für Räder mit feſten Schaufeln = 0,005—0,007, mit beweglichen Schaufeln = 0,008—0,01. Die Entfernung der Schaufeln auf dem Kreiſe des effektiven Durchmeſſers iſt 0,9—1,2 m, für Flußſchiffe bis 0,7 m, bei beweglichen Schaufeln bis zu 1,9 m. Es ſollen möglichſt drei Schaufeln zugleich eintauchen. Das Verhältnis der Länge (l) zur Breite (b) der Schaufeln beträgt für ſchnelle Seeraddampfer $b = 0{,}43 \cdot l$, für Revierraddampfer $b = 0{,}23$ bis $0{,}3 \cdot l$, für Flußraddampfer $= b = 0{,}17$ bis $0{,}24\,l$ und zwar paſſen die größeren Breiten für die Räder mit feſten Schaufeln. Die Eintauchungstiefe des oberen Schaufelrandes wählt man für große Schiffe 0,5—0,7, für mittlere Schiffe 0,1—0,5 m, für kleine 0,05—0,15 m [1], [2], [6], [13]. — Der Einbau der Räder im Schiff erfolgt entweder an den Schiffsſeiten (Seitenräder), am Heck (Heckräder) oder innerhalb des Schiffes (Mittelräder); letztere Konſtruktion iſt veraltet. Die Seitenräder ſind die gebräuchlichſten, erhöhen aber mit dem ſie ſchützenden Radkaſten ſehr die Schiffsbreite. Für Kanäle und Flüſſe werden daher Heckräder zur Bedingung.

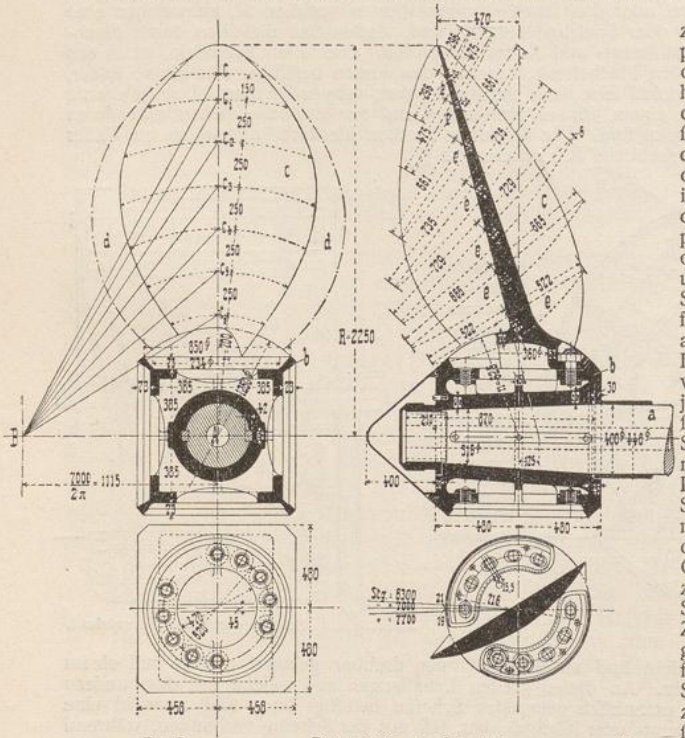


Fig. 2.
a Schraubenwelle.
b Schraubennabe.
c Schraubenflügel.
d Abgewickelte Fläche des Flügels.
e Querſchnitte des Flügels.

Durchmeſſer der Schraube	4,5 m
Mittlere Steigung	7,0 „
Größte Steigung	7,7 „
Kleinſte Steigung	6,3 „
Projektionsfläche von vier Flügeln	5,74 qm
Projektionsfläche: Kreisfläche	0,361 „
Abgewickelte Fläche von vier Flügeln	7,73 „

3. Die **Schiffsſchraube** iſt zurzeit der wirkſamſte Propeller zum Treiben der Schiffe, da der von derſelben nach hinten geworfene Waſſerſtrom den größten Querſchnitt beſitzt und die Beſchleunigung desſelben leicht geſteigert werden kann. Die Schiffsſchraube iſt eine Druckſchraube, welche durch den Druck oder Propellerſchub, den die hintere oder Druckfläche gegen das umgebende Waſſer ausübt, das Schiff nach vorn treibt. Anfänglich beſtand die Schraube aus einem Blatt, welches die Länge eines Schraubenganges von großer Steigung hatte. Da jedoch der Raum im Hinterſchiff zur Unterbringung der Schraube beſchränkt iſt, ſo mußte man, um die nötige Druckfläche zu erhalten, den Schraubengang mehrgängig machen und begnügte ſich dann mit einem Bruchteil des Ganges. Es entſtanden ſo die zwei- und mehrflügeligen Schrauben. Man iſt mit der Zahl der Flügel bis zu ſechs gegangen, doch ſind zurzeit faſt nur drei- und vierflügelige Schrauben in Anwendung. Die zweiflügelige Schraube erweiſt ſich freilich mit Bezug auf die Geſchwindigkeit des Schiffes am vorteilhafteſten, doch wirkt dieſelbe im Seegang ungünſtig und erzeugt heftige Stöße. Anderſeits beanſpruchen fünf-

und fechsflügelige Schrauben größere Reibungs- und Verdrängungsarbeit. Die Wirkſamkeit der Schiffsſchraube iſt von ſo mannigfachen Umſtänden abhängig, teilweiſe mit Bezug auf die Schiffsform, teilweiſe bezüglich der Maſchinenleiſtung, daß ſich genaue Formeln zur Beſtimmung der Schraubenelemente nicht feſtſetzen laſſen. Die Hauptdimenſionen ſowie die Form der Schraube ergeben ſich daher meiſt nach empiriſchen Formeln und praktiſchen Regeln.

Der Durchmeſſer der Schraube (D), d. h. der Durchmeſſer des von den Flügelſpitzen beſchriebenen Kreiſes (Schraubenkreis) und die Steigung (h), d. h. die Ganghöhe des Schraubengangs bilden die Katheten eines rechtwinkligen Dreiecks, des Steigungsdreiecks, deſſen Hypotenuſe die Leitlinie der Schraube iſt. Der der Steigung gegenüberliegende Winkel heißt der Steigungswinkel α, und es iſt $\operatorname{tg}\alpha = \text{Steigung} : \text{Umfang} = h : \pi D$ (Fig. 2).

Die Steigung der Schraube iſt entweder konſtant — die Hypotenuſe des Steigungsdreiecks iſt dann eine Gerade —, oder ſie iſt variabel — die Hypotenuſe iſt dann eine gebrochene oder gekrümmte Linie. Bei der peripherial oder axial veränderlichen Steigung vergrößert ſich dieſelbe von der eintretenden Flügelkante zur austretenden. Die Richtlinien der hinteren, auf das Waſſer drückenden Fläche des Flügels werden gebrochene Linien, und die Steigung an der eintretenden Kante entſpricht der wirklichen Fortbewegung des Schiffes, d. h. der um die Größe des Slips verringerten Steigung, diejenige an der austretenden Kante der ganzen Steigung. Auf dieſe Weiſe werden die Stöße des Flügels im Waſſer vermindert. Bei den Flügeln mit radial veränderlicher Steigung haben die nach der Nabe zu gelegenen Flügelteile eine geringere Steigung als die nach dem Umfang liegenden. Dieſe Anordnung bezweckt, die Zentrifugalbewegung des Waſſers von der Nabe nach außen möglichſt einzuſchränken, um Wirbelbildungen zu vermeiden. Bei Schrauben mit peripherial und radial veränderlichen Steigungen bleibt die Eintrittsſteigung von der Nabe bis zur Flügelſpitze konſtant, die Austrittsſteigung wird jedoch in den nach dem Umfang zu gelegenen Flügelſchnitten größer als die Eintrittsſteigung, in den nach der Nabe zu gelegenen Teilen kleiner als jene [1]. — Die Größe der Steigung beſtimmt ſich einerſeits nach dem Durchmeſſer der Schraube, anderſeits nach der Umdrehungszahl der Maſchine und der Schiffsgeſchwindigkeit; die Berechnung erfolgt mit Hilfe des Slips. Man unterſcheidet ſcheinbaren und tatſächlichen Slip; erſterer iſt der Unterſchied zwiſchen der berechneten Geſchwindigkeit des Schraubenwaſſers und der wirklichen Geſchwindigkeit des Schiffes, letzterer iſt der Unterſchied zwiſchen der berechneten und wirklichen Geſchwindigkeit des Schraubenwaſſers; er iſt ſtets größer als der ſcheinbare Slip, da die Schraube meiſt in einem Vorſtrom arbeitet, welcher dem Schiffskörper nachſtrömt. Der Vorſtrom wird um ſo größer, je völliger das Hinterſchiff iſt; ſeine Einwirkung auf die Schraube iſt um ſo größer, je mehr dieſe an den Stellen des ſtärkſten Vorſtroms arbeitet, ſie iſt ſomit größer bei Einſchraubenſchiffen als bei Zweiſchraubenſchiffen. Im allgemeinen iſt die Vorſtromgeſchwindigkeit $U = 0{,}05$ bis $0{,}30\,V$. Der tatſächliche Slip (s_t) iſt dann $s_t\,\% = V - (v - U) : V$ und der ſcheinbare Slip (s) $s\,\% = s_t\,\% - U : V$. Iſt der tatſächliche Slip ſehr klein und der Vorſtrom verhältnismäßig groß, ſo kann es vorkommen, daß der ſcheinbare Slip negativ wird, ein Zeichen eines ungünſtigen Schraubenantriebs [6], [13]—[15].

Der Wirkungsgrad (η_s) der Schraube iſt gleich der nützlichen Arbeit des axialen Schubes durch effektive Leiſtung, alſo $\eta_s = N_n : N_e$. Er ſchwankt zwiſchen 40 und 70 %, wobei die kleineren Werte für kleine Schiffe mit Maſchinen von hoher Umdrehungszahl und mit kleinen Schrauben gelten (Motorboote), die größeren für größere Schiffe mit größeren Schrauben mäßiger Umlaufszahl. Der Wirkungsgrad iſt ferner abhängig von dem Durchmeſſerverhältnis ($D : h$), von der Form der abgewickelten Fläche (A) ſowie von dem tatſächlichen Slip [14], [15]. Bei Schiffen mit ſehr kleinen Schrauben und ſehr hoher Umdrehungszahl — Schiffe mit Dampfturbinenantrieb — kann der Wirkungsgrad ferner durch die ſogenannte Kavitation der Schraube ſehr verringert werden [6], [21]. Das Durchmeſſerverhältnis ($D : h$) wählt man zwiſchen 0,6 und 1,1. Die abgewickelte Fläche A iſt im allgemeinen gleich 0,3 bis 0,45 der Schraubenkreisfläche; der tatſächliche Slip beträgt 15—20 % [6] [13]—[18].

Die Berechnung des Schraubendurchmeſſers erfolgt meiſt nach der empiriſchen Formel $D = K_1 \sqrt[5]{\frac{JHP}{\left(\frac{n \cdot h}{100}\right)^3}}$, worin n die Umdrehungszahl pro Minute, JHP die indizierte Pferdeſtärke und K_1 eine Konſtante = 0,87 bis 1,38 iſt, wobei die kleineren Werte für völlige und langſame, die größeren für ſcharfe und ſchnelle Schiffe gelten [2], [3], [13], [14]. Der Durchmeſſer wird ferner nur ſo groß gewählt, daß die Umfangsgeſchwindigkeit der Flügelſpitzen 50 m pro Sekunde nicht überſteigt; auch muß die Tauchung der Flügelſpitzen unter Waſſer mindeſtens 0,3 bis 0,6 m betragen. Die abgewickelte Fläche wird empiriſch berechnet aus $z \cdot A = K_2 \sqrt{\frac{JHP}{n}}$, worin z die Zahl der Flügel und K_2 eine Konſtante darſtellen, deren Wert zwiſchen 1,8 für völlige und langſame Schiffe und 0,5 für ſcharfe und ſchnelle Schiffe ſchwankt. Der Flächendruck auf die Flügelfläche darf 0,3 bis 0,9 kg/qcm nicht überſchreiten, wobei die kleineren Werte wieder für völlige und langſame, die größeren für ſcharfe und ſchnelle Schiffe gelten. Für Schleppdampfer muß die abgewickelte Fläche mit Rückſicht hierauf größer gewählt werden, da zum Schiffswiderſtand des Schleppers noch derjenige des zu ſchleppenden Schiffes hinzukommt [13], [14].

Eine zeichneriſche Darſtellung der Schiffsſchraube iſt in Fig. 2 wiedergegeben. Die Steigungsdreiecke für die einzelnen Radien ABC, ABC_1, ABC_2 u. ſ. w. ſind in ihren Seitenlängen im Verhältnis vom Umfang zum Radius der Flügelſchnitte, d. h. um $1 : 2\pi$ reduziert. AB iſt daher $= h : 2\pi$ und für alle Radien, d. h. radial konſtant. Da die Querſchnitte der Flügel auf der Druckſeite von einer Geraden begrenzt ſind, ſo iſt auch die peripheriale Steigung

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

konſtant. Die gekrümmten Begrenzungslinien ſind durch die Wandſtärken des Flügels bedingt und ſtimmen mit dem ſchwarzen Teil des Längsſchnitts überein [17], [20].

Die Zahl der Schraubenformen iſt eine erhebliche; doch haben ſich nur wenige in der Praxis bewährt. Dieſelben ergeben ſich in der Hauptſache aus der Geſtalt der Erzeugungslinie, d. h. derjenigen Seite der Querſchnittsfigur des Schraubenganges, welche die Druckfläche erzeugt. Erſtere iſt bei den meiſten Schrauben eine Gerade und ſteht entweder ſenkrecht — gewöhnliche Schraube — oder geneigt — neue franzöſiſche Schraube — zur Achſe. Im erſteren Fall entſteht als Druckfläche der Schraube eine rechtwinklige Schraubenfläche, im andern Falle eine ſchiefe Schraubenfläche. Die Erzeugungslinie iſt bisweilen auch eine gekrümmte Linie, und zwar entweder in der Achſenebene eine Kurve und in der Projektionsebene eine Gerade (Griffith- und Thornycroftſchraube) oder umgekehrt. Die Hirſchſchraube beſitzt eine Erzeugungslinie doppelter Krümmung, welche ſich in beiden Ebenen als Kurve darſtellt. Die gewöhnliche oder mathematiſche Schraube iſt eine Schraube mit konſtanter Steigung und abgerundeten Flügelenden. Sie findet am meiſten für volle Schiffsformen und mäßige Geſchwindigkeit Verwendung (Fig. 2). Die neue franzöſiſche Schraube hat konſtante Steigung und gerade Erzeugungslinie. Die Mittellinien der Flügelflächen bilden in der Projektionsebene archimediſche Spiralen. Der vorangehende Teil iſt in die Mitte der Flügelflächen verlegt. Die Mangin-ſchraube beſteht aus zwei hintereinander auf einer Nabe befeſtigten zweiflügeligen mathematiſchen Schrauben. Sie hat vornehmlich in der franzöſiſchen Marine für Kreuzer Verwendung gefunden. Die Hauptmerkmale der Griffith-ſchraube beſtehen in einer verhältnismäßig großen kugelförmigen Nabe, deren Durchmeſſer gleich zwei Dritteln des Schraubenradius iſt, ferner in der geringen Flügelbreite an den Enden. Die Spitzen der Flügel ſind um etwa $^1/_{24}\,D$ nach vorn gebogen (Fig. 3). Die Hirſchſchraube hat Flügel mit peripherial und radial veränderlicher Steigung, und die Erzeugungslinie in der Projektionsebene iſt eine archimediſche Spirale. Die Flügel bilden dementſprechend ſtark gekrümmte Flächen, deren Spitzen bei der Rotation den Teilen an der Nabe vorangehen. Hierdurch ſoll die Zentrifugalbewegung des Waſſers vermindert und eine möglichſt geſchloſſene Waſſerſäule nach hinten geworfen werden (Fig. 4). Die Thornycroftſchraube hat im beſonderen für Torpedoboote gute Reſultate ergeben. Sie beſitzt eine in der Achſenebene nach hinten geneigte und konvexe Erzeugungslinie; die Flügelform ähnelt in der Horizontalprojektion der Griffithſchraube. Die Steigung iſt an der ein- und austretenden Kante konſtant. Der Nikipropeller des Großherzogs Friedrich Auguſt von Oldenburg beſitzt eine längere Nabe, auf welcher die Flügel in axialer Richtung etwas verſetzt ſind [16].

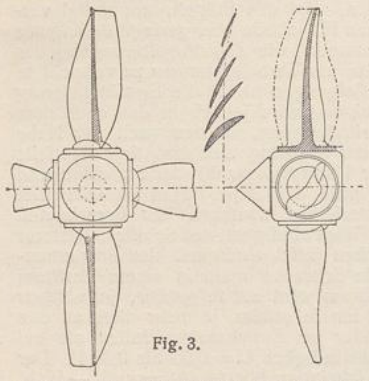


Fig. 3.

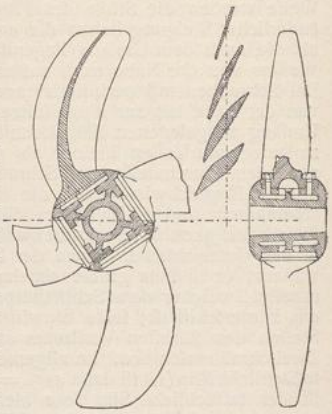


Fig. 4.

Das Material der Schrauben iſt Gußeiſen, Mangan- oder Phosphorbronze, Stahlguß oder geſchmiedeter Stahl. Letzteres Material wird vorzugsweiſe für Torpedofahrzeuge verwendet, und es werden die geſchmiedeten Flügel in die aus Stahlguß gefertigte Nabe mittels Schwalbenſchwanzes eingeſetzt und feſtgekeilt. Die gegoſſenen Schrauben beſtehen bei den kleineren Durchmeſſern aus einem Stück; größere Schrauben beſtehen aus einer gegoſſenen Nabe, auf welcher die einzelnen Schraubenflügel mittels Stifts oder Kopfſchrauben bezw. durch Keile befeſtigt werden. Zu dieſem Zweck erhalten die Flügel einen Flanſch mit länglichen Löchern für die Befeſtigungsſchrauben, ſo daß durch eine kleine Drehung der Flügel auf der Nabe die Steigung in engen Grenzen verändert werden kann (Fig. 2). Die Propellerflügel werden durch Schubkraft, Tangentialkraft ſowie Zentrifugalkraft beanſprucht, und jedes Flügelelement kann hiernach auf Feſtigkeit berechnet werden [14], [21]. Für überſchlägliche Berechnungen nimmt man an, daß der indizierte Schub pro Flügel in der Mitte der Flügelbreite in der Entfernung von $0{,}7\,D/2$ von der Wellenmitte angreift. Die Stärke an der Spitze variiert bei Bronze von 6 bis zu 20 mm, bei Gußeiſen von 15 bis zu 30 mm [13].

Die Schrauben kommen als Einzelſchrauben oder als Doppel- oder mehrfache Schrauben zur Verwendung. Die Einzelſchrauben werden am Hinterſchiff im Schraubenrahmen zwiſchen Hinter- und Ruderſteven gelagert. Für Kreuzer, welche längere Strecken unter Segel zurücklegen ſollen, pflegt man die Schraube in einem Heberahmen zu lagern, welcher beim Segeln die Schraube in den Schraubenbrunnen hebt und ſo dem ſtörenden Einfluß des Waſſers entzieht. Für kleinere Kreuzer bevorzugt man die Bevisſchraube, bei welcher die Schraubenflügel mittels einer in der hohlen Schraubenwelle gelagerten Stange ſo gedreht werden können, daß die beiden Schraubenflügel faſt parallel zur Längsſchiffsachſe ſtehen. Für Motorboote finden zum Umſteuern Drehflügelpropeller von Meißner Verwendung.

Literatur: [1] Busley, Die Schiffsmaſchine, Kiel 1886. — [2] Seaton, A manual of marine engineering, London 1895. — [3] Sennett, The marine steam engine, London 1882. — [4] Bourne, J.,

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

The screw propeller, London 1867. — [5] Burgh, N. P., A practical treatise on modern screw propulsion, London 1891. — [6] Barnaby, Marine propellers, London 1900. — [7] Flamm, Verſuche mit Schaufelrädern neuer Konſtruktion für Raddampfer, Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1894. — [8] Riehn, Ueber die Wirkungsweiſe der Schaufelräder und der Schrauben bei Dampfſchiffen, ebend. 1884. — [9] Pollard, J., und Dudebout, A., Théorie du navire, Paris 1894. — [10] Busley, C., Turbinenpropeller mit Kontraktor, Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1894. — [11] Müller, W., Die Schiffsmaſchine, Braunſchweig 1908. — [12] Haack, R., und Busley, C., Die techniſche Entwicklung des Norddeutſchen Lloyds und der Hamburg-Amerikaniſchen Paketfahrt-Aktiengeſellſchaft, Berlin 1893. — [13] „Hütte", des Ingenieurs Taſchenbuch, Berlin 1905. — [14] Bauer, G., Berechnung und Konſtruktion der Schiffsmaſchinen und Keſſel, Berlin 1908. — [15] Taylor, D. W., Resistance of Ships and Screw Propulsion, New York 1908. — [16] Achenbach, Die Schiffsſchraube, Kiel 1906/07. — [17] Wilda, Die Schiffsmaſchinen, Hannover 1905. — [18] Durand, The Resistance and Propulsion of Ships, New York 1898. — [19] Bienaymé, Les machines marines, Paris 1887. — [20] Klamroth, Leitfaden für den Unterricht in der Maſchinenkunde, Berlin 1907. — [21] Berlin, L. E., Machines marines, Paris 1899. *T. Schwarz.*

Proportion, eine Gleichung, bei der auf beiden Seiten ein Verhältnis ſteht, z. B. $a:b=c:d$. Hieraus folgt $ad=bc$ und durch Auflöſung $a=\frac{bc}{d}$. a und d heißen äußere, b und c innere Glieder der Proportion.

Man darf die inneren, ebenſo auch die äußeren Glieder der Proportion vertauſchen. Vertauſcht man die linksſtehenden, ſo muß man auch die rechtsſtehenden vertauſchen. Der Hauptumformungsſatz für Proportionen lautet: Iſt $a:b=c:d$, ſo iſt auch:

$ma+nb:pa+qb=mc+nd:pc+qd$, ſpeziell $a+b:a-b=c+d:c-d$

(korreſpondierende Addition und Subtraktion). Eine Proportion heißt ſtetig, wenn die inneren Glieder gleich ſind, z. B. $a:b=b:c$. Sind mehrere Quotienten einander gleich, ſo entſteht eine fortlaufende Proportion: $a:b:c:d:\ldots=a':b':c':d':\ldots$

Literatur: Wrobel, Die arithmetiſchen und geometriſchen Verhältniſſe oder Proportionen, Roſtock 1885. *Wölffing.*

Proportion der Kunſtwerke, das Verhältnis der einzelnen Teile zu den übrigen und dem Ganzen [1].

Schon im hohen Altertum war man beſtrebt, Konſtruktionsmethoden zu ſuchen, die es ermöglichen, ſchöne Verhältniſſe hervorzubringen [2], [3]. Auch glaubte man früher dieſe Methode in dem ſogenannten goldenen Schnitt (ſ. d.) gefunden zu haben [4] und hiernach ſchöne Verhältniſſe an Werken der Baukunſt, der Skulptur und Kleinkunſt herſtellen zu können. In neuerer Zeit gibt Aug. Thierſch [5] eine Theorie über Herſtellung von ſchönen Verhältniſſen und ſtellt als Baſis derſelben die ſtetige Proportion überhaupt ſowie die Aehnlichkeit der Figuren auf. Er findet, daß ſich in den beſten Bauwerken aller Zeiten nachweiſen laſſe, daß ſich die Grundform wiederholt, indem die einzelnen Teile durch ihre Anordnung und Form ſtets einander ähnliche Figuren bilden.

Literatur: [1] Schuler, Die Harmonie in der Baukunſt, Hannover 1891. — [2] Heußlmann, E., Théorie des proportions appliquées dans l'architecture etc., Paris 1866. — [3] Viollet-le-Duc, Dictionnaire raisonné de l'architecture etc., Bd. 2, Paris 1864, S. 532. — [4] S. Literatur unter Goldener Schnitt. — [5] Handbuch der Architektur, 4. Teil, 1. Halbband; Die architekton. Kompoſition; Die Proportion in der Architektur von Aug. Thierſch. *Weinbrenner.*

Proportionale Widerſtände feſter Körper. Bezüglich proportionaler Widerſtände unterhalb der Elaſtizitätsgrenze ſ. Elaſtizitätsgeſetz, Elaſtizitätsmodul, Zugelaſtizität, Druckelaſtizität, Schubelaſtizität, Torſionselaſtizität, Verſchiebungsarbeit, Torſionsarbeit, Biegungsarbeit u. ſ. w. Im folgenden handelt es ſich um beliebige Widerſtände. — Auf Grund bekannter Beziehungen und experimenteller Ermittlungen kam Kick 1879 zu der Annahme, welche er ſpäter „Geſetz der proportionalen Widerſtände" nannte: „Die Arbeitsgrößen A, A_1, welche zur übereinſtimmenden Formänderung zweier geometriſch ähnlicher und materiell gleicher Körper erfordert werden, verhalten ſich wie die Volumen V, V_1 oder Gewichte G, G_1 dieſer Körper". [6], S. 1, [3], S. 257. Es ſoll alſo ſein:

$$A:A_1=V:V_1=G:G_1=1:a^3, \qquad 1.$$

unter $1:a$ das Verhältnis der linearen Dimenſionen beider Körper verſtanden. Uebereinſtimmende Formänderungen ſind dabei ſolche genannt, welche zwei Körper geometriſch ähnlicher Anfangsformen zu ebenſolchen Endformen führen. Verſchiedenheit des Materials kann auch durch mechaniſche Behandlung, Härten, Gußhaut u. ſ. w. bedingt ſein. Die Geſchwindigkeiten der Formänderungen ſind als gleich vorausgeſetzt, doch ſollen kleine Differenzen keinen merklichen Einfluß ausüben [6], S. 2, 74, 87. Die Temperatur iſt konſtant angenommen.

Als zweite Form des Geſetzes führt Kick an [6], S. 2: „Die Drücke oder Preſſungen P, P_1, die zur übereinſtimmenden Formänderung zweier geometriſch ähnlicher und materiell gleicher Körper erfordert werden, verhalten ſich wie die korreſpondierenden Querſchnitte F, F_1 oder die Oberflächen O, O_1 der gepreßten Körper":

$$P:P_1=F:F_1=O:O_1=1:a^2. \qquad 2.$$

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Als dritte Form wird von ihm gegeben [6], S. 4: „Körper beſtimmten Materiales und beſtimmter Form bedürfen zu einer beſtimmten Formänderung oder Teilung einer Arbeitsgröße A, welche gleich iſt dem Produkte aus dem Körpergewichte G und der für die Gewichtseinheit desſelben Materiales bei geometriſch ähnlicher Grundform und übereinſtimmender Formänderung oder Teilung benötigten Arbeitsgröße A_1:

$$A = G A_1. \qquad 3.$$

Nach 2. würden z. B. für geometriſch ähnliche prismatiſche Probeſtäbe, welche durch gleichmäßig auf die Endquerſchnitte verteilte Kräfte gezogen oder gedrückt werden (ohne Ausbiegung) übereinſtimmende Deformationen entſtehen, wenn die Bedingung erfüllt iſt $P : P_1 = F : F_1 = 1 : a^2$. Insbeſondere ſollten dann bei Zugproben die Bruchdehnung und Bruchkontraktion im Verhältniſſe $1 : a$ ſtehen, die Prozentwerte dieſer Dehnungen bezw. Kontraktionen alſo gleich ſein („Barbas Aehnlichkeitsgeſetz“, [4], S. 690, [6], S. 12, 51, [22]) und wie bei Zugproben auch bei Druckproben die Bruchbelaſtungen proportional den Quadraten homologer Seiten ſein, die Bruchſpannungen gleiche Werte haben („Vicats Aehnlichkeitsgeſetz“ [1], S. 210, [6], S. 13, 48).

Das Geſetz der proportionalen Widerſtände, ſoweit es durch Verſuche genügende Beſtätigung findet (ſ. insbeſondere [6], S. 43, [8], vgl. [2], [9]—[24]), iſt von Bedeutung für die mechaniſche Technologie, indem ſich danach aus Experimenten im kleinen ein Urteil über den ungefähren Kraft- oder Arbeitsbedarf im großen gewinnen läßt (vgl. Fließen feſter Körper). Sodann folgt daraus, daß behufs zweckentſprechender Vergleichung von Verſuchsreſultaten betreffend die Wirkung äußerer Kräfte auf feſte Körper die Probeſtücke von gleichen Dimenſionen oder wenigſtens geometriſch ähnlich ſein müſſen, was auch durch die Konferenzen für einheitliche Prüfungsmethoden (Bd. 3, S. 398) beſchloſſen wurde [7]. Auch für den Zuſammenhang zwiſchen den elaſtiſchen Deformationen von Modell und Ausführung bei Baukonſtruktionen liefert das Geſetz Anhaltspunkte, indem Steiner auf Grund der bekannten Ausdrücke für die Verſchiebungsarbeit (ſ. d.) von Fachwerken und gebogenen Stäben (bei konſtantem Elaſtizitätsmodul, konſtanter Temperatur und ohne Arbeitsleiſtung der Reaktionen während der Verſchiebungen) ausſprechen konnte [5], [6], S. 37: „Die Deformationsarbeiten, welche notwendig ſind, um geometriſch ähnliche elaſtiſche Stabſyſteme oder beliebig gekrümmte Stäbe gleichen Materials innerhalb der Elaſtizitätsgrenze ſo zu deformieren, daß ſie auch nach der Deformation geometriſch ähnlich bleiben, verhalten ſich wie die Volumen oder Gewichte der Syſteme.“ Um auf die Deformationsverhältniſſe eines Trägers T aus denjenigen eines Modells T_1 zu ſchließen, deſſen lineare Abmeſſungen $1/a$ derjenigen von T ſind, hätte man alſo die Belaſtungen von T_1 $1/a^2$ ſo groß als für T zu wählen, im Falle $a = 100$ beiſpielsweiſe 1/10 kg für jede Tonne. Für die Deformationen durch die Eigengewichte gilt alſo der ausgeſprochene Satz nicht, da letztere ſich wie $1/a^3$ verhalten. Für elaſtiſche Deformationen unter den Vorausſetzungen der erwähnten Ausdrücke für die Verſchiebungsarbeit erſcheint das „Geſetz der proportionalen Widerſtände“ durch die Steinerſche Ableitung bewieſen, während ſich ein allgemeiner Beweis nur unter nicht kontrollierbaren Bedingungen geben ließ [6], S. 33, ſo daß um ſo mehr weitere Verſuche darüber erwünſcht wären, inwieweit die fraglichen Sätze annähernd zutreffen. Auf Gußeiſen beiſpielsweiſe ſind ſie nicht ohne Einſchränkung anwendbar, wie neuerdings wieder Verſuche von Reuſch [19] ergaben, der daraus folgende Schlüſſe für Gußeiſenprüfung zog: „1. Die Probeſtäbe ſind in ungeteilten Kaſten ohne Gußnaht herzuſtellen. 2. Die Probeſtäbe ſind von unten zu gießen. 3. Bei Vorſchrift einer beſtimmten Biegungsfeſtigkeit iſt der Querſchnitt bezw. die Stärke des Stabes gleichfalls vorzuſchreiben, wobei die Stärke des Probeſtabes möglichſt der Stärke des Gußſtückes, das unterſucht werden ſoll, anzupaſſen iſt. 4. Den Probeſtäben iſt ein kreisrunder Querſchnitt zu geben. Bei den 1904 vom Verein deutſcher Eiſengießereien aufgeſtellten Vorſchriften für die Lieferung von Gußeiſen [23] iſt auf dieſe Ergebniſſe tunlichſt Rückſicht genommen.

Literatur: [1] Vicat, Recherches expérimentales sur les phénomènes physiques qui précèdent et accompagnent la rupture ou l'affaisement d'une certaine classe des solides, Annales des ponts et chaussées 1833, II, S. 201. — [2] Baufchinger, Experimentelle Unterſuchungen über die Geſetze der Druckfeſtigkeit, Mitteilungen aus dem Mech.-techn. Laboratorium zu München, Heft 6, 1876. — [3] Kick und Pollack, Beiträge zur Kenntnis der Mechanik weicher Körper, Dingl. Polyt. Journ. 1879, Bd. 234, S. 257, 345 (ſ. a. Zeitſchr. d. Oeſterr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1880, S. 51). — [4] Barba, Etude sur les allongements des métaux après rupture, Mémoires de la société des ingénieurs civils 1880, I, S. 682, 749. — [5] Steiner, Die Deformationsarbeit elaſtiſcher feſter Körper, Flüſſigkeiten und Gaſe, Dingl. Polyt. Journ. 1884, Bd. 251, S. 289. — [6] Kick, Das Geſetz der proportionalen Widerſtände und ſeine Anwendungen, nebſt Verſuchen über das Verhalten verſchiedener Materialien bei gleichen Formänderungen ſowohl unter der Preſſe als dem Schlagwerk, Leipzig 1885. — [7] Beſchlüſſe der Konferenzen zu München 1884 und Dresden 1886 über einheitliche Prüfungsmethoden für Bau- und Konſtruktionsmaterialien, München 1887; hierzu Baufchinger, Mitteilungen aus dem Mech.-techn. Laboratorium zu München, 22. Heft, 1894, S. 233, 308; 23. Heft, 1895, S. 96. — [8] Kick, Neuere Beſtätigungen des Geſetzes der proportionalen Widerſtände, Dingl. Polyt. Journ. 1889, Bd. 272, S. 500. — [9] Tetmajer, Einfluß der Form und der Größe der Querſchnittsflächen auf den Ausfall der Zerreißproben, Mitteilungen der Anſtalt zur Prüfung von Baumaterialien in Zürich, 4. Heft, 1890, S. 285. — [10] Martens, Ueber Materialproben durch Schlagverſuche, Mitteilungen der Berliner Verſuchsanſtalten, 1891, S. 1, 53, 140. — [11] Baufchinger, Einfluß der Geſtalt der Probeſtäbe auf die Ergebniſſe der Zugverſuche, Mitteilungen aus dem Mech.-techn. Laboratorium zu München, 21. Heft, 1892, S. 9. — [12] Kick, Die Prinzipien der mechaniſchen Technologie und der Feſtigkeitslehre,

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

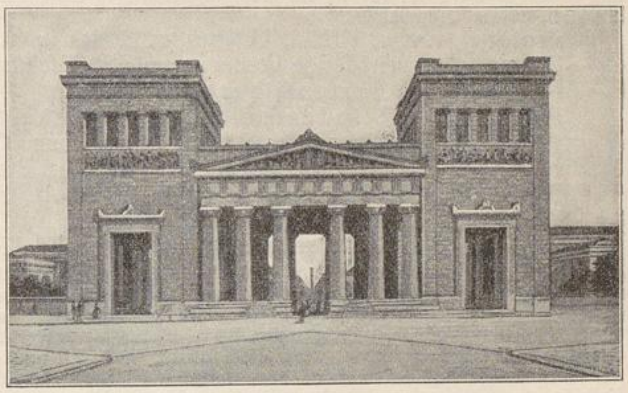
Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1892, S. 278, 919. — [13] Brandt, Ueber den Einfluß der Stabform auf die Dehnung bei Zerreißproben, Zeitschr. d. Oesterr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1893, S. 528. — [14] Martens, Vorversuche über die Festigkeitseigenschaften von Kupfer, Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1894, S. 1545 (ausführlicher in Mitteilungen der Berliner Versuchsanstalten 1894, S. 37). — [15] Martens, Ueber den Einfluß der Körperform auf die Ergebnisse von Druckversuchen, Mitteilungen der Berliner Versuchsanstalten 1896, S. 133. — [16] Rejtö, Die innere Reibung der festen Körper als Beitrag zur theoretischen mechanischen Technologie, deutsch von Gaul, Leipzig 1897, S. 1, 18, 69 u. s. w. (s. a. Rejtö, Rationelle Durchführung der Materialprüfung auf Grund des Gesetzes der Kraftvermittlung und der inneren Reibung, Baumaterialienkunde 1900, 1901). — [17] Martens, Handbuch der Baumaterialienkunde für den Maschinenbau, Berlin 1898, S. 95, 101, 109, 134, 147, 159, 171, 195, 259, 262, 263 u. s. w. — [18] Meyer, O., Ueber den Einfluß der Form und Dimensionen der Probestäbe auf die Ergebnisse der Zugversuche, Mitteilungen d. Technol. Gewerbemuseums in Wien 1902, S. 21. — [19] Reusch, Einfluß der Form und Herstellungsweise von gußeisernen Probestäben auf deren Festigkeit, „Stahl und Eisen" 1903, S. 1185 (s. a. 1904, S. 1256, 1258, und 1905, S. 422). — [20] Ludwik, Technologische Studie über Blechbiegung, ein Beitrag zur Mechanik der Formänderungen, Techn. Blätter 1903, S. 133. — [21] Ders., Zugversuche mit Flußeisen, ebend. 1904, S. 1. — [22] v. Tetmajer, Die angewandte Elastizitäts- und Festigkeitslehre, Leipzig 1904, S. 187. — [23] Vorschriften für die Lieferung von Gußeisen, „Stahl und Eisen" 1900, S. 1255 (s. a. 1905, S. 404, 415). — [24] Meyer, O., Versuche, betreffend die Klarlegung des Einflusses, welchen die Querschnittsform der Probestäbe auf die Ergebnisse von Zugversuchen ausübt, Baumaterialienkunde 1905, S. 327, 337. *Weyrauch.*

Proportionalitätsgrenze, s. Elastizitätsgrenze, Dehnung (auch Zugelastizität, Druckelastizität u. s. w.), ferner Zerreißversuch.

Proportionen, konstante und multiple, s. Atomtheorie.

Proportionsgrenze, s. v. w. Proportionalitätsgrenze.

Propyläen, die hallenartigen Prachttore der Griechen, die den Zugang zu den geheiligten Tempelbezirken vermittelten. Die bekanntesten sind die von der Akropolis zu Athen und jene von Eleusis; diesen nachgebildet das von König Ludwig I. 1846/60 errichtete Prachttor in München (s. die Figur). *Weinbrenner.*



Propyläen zu München.

Propylit, s. Andesit.

Prospekt, in der Kunst, die Darstellung von Gesamtansichten von Straßen, Plätzen oder Häusergruppen; in Rußland versteht man darunter die schönen, breiten, geradlinigen Straßen (Petersburg). — In der Literatur die Darlegung eines Unternehmens (Bau, Buch, Maschine u. s. w.). *Weinbrenner.*

Proszenium, im römisch-griechischen Theater, der Ort, der sich zwischen den vortretenden Flügeln des Bühnenhauses erstreckte; es war der Raum, wo tatsächlich gespielt wurde (s. Theater). Im modernen Theater heißt Proszenium der Raum zwischen der Bühne und dem Zuschauerraum, der vom Orchester eingenommen zu werden pflegt. *Weinbrenner.*

Protalbinpapier, von M. Jolles und L. Lilienfeld 1897 in Wien erfundenes photographisches Kopierpapier, das mit Chlorsilberemulsion, deren Bindemittel aus einem Pflanzeneiweißkörper besteht, versehen ist.

Während Eieralbumin zur Herstellung von photographischem Emulsionspapier nicht verwendbar ist, gelingt dies gut mit Nucleoproteiden, die bei geeignetem Verfahren aus Pflanzeneiweißsubstanzen als schwefelfreie, in Alkohol lösliche und gegen Silbernitrat indifferente Produkte zu gewinnen sind. Für das Protalbinpapier (auch Phosphalbinpapier genannt) kommt ein Maisproteid zur Verwendung. Die Emulsion für Protalbinpapier zeigt den Typus der sonst für Celloidinpapier (s. d.) üblichen. Die Empfindlichkeit und die Gradation (erzielbare Tonabstufung beim Kopieren, ob reich an Abstufungen, ob mit harten oder weichen Uebergängen) der Schicht des Protalbinpapiers stehen zwischen denen des Albumin- und denen des Celloidinpapiers. Alkalische Goldbäder dürfen zum Tonen (s. Photographie und Tonbäder) nicht verwendet werden, weil Alkalien schädlich auf die Schicht einwirken; man benutzt deshalb

Rhodangoldbäder, bleihaltige Tonfixierbäder (ſ. d.) u. ſ. w. Auf Protalbinpapier hergeſtellte Bilder ſind ſehr widerſtandsfähig gegen mechaniſche Verletzung und gegen Feuchtigkeit; ſie beſitzen Glanz, laſſen ſich gut fatinieren und vergilben weit weniger als gewöhnliche Albuminkopien. (Vgl. Eder, J. M., Ausführl. Handbuch der Photographie, 4. Teil, 2. Aufl., Halle a. S. 1899.) *A. W. Unger.*

Proteinſtoffe, ſ. Eiweißſtoffe.

Protektor, ſ. v. w. Schützenwächter; ſ. Weberei. Vgl. a. Schloß.

Protodoriſch wird die Säulenform genannt, die ſich an den Vorhallen der Felſengräber zu Beni-Haſſan (ſ. die Figur) in Mittelägypten vorfindet.



Felſengrab zu Beni-Haſſan.

Dieſe Bauten entſtanden vor Ende des dritten Jahrtauſends vor Chriſtus. Die äußere Geſtaltung der Säule mit flacher Kanellierung ſowie das wagerecht auflagernde Gebälk zeigen große Verwandtſchaft mit der griechiſch-doriſchen Ordnung. *Weinbrenner.*

Protogin, ein granitiſches Geſtein (Protogingranit), das neben dem dunkeln Biotit noch ein hellgrünes, glimmerartiges Mineral (Sericit, Chlorit) in großen Lamellen führt und durch eine annähernd parallele Anordnung derſelben in vielen Fällen das Geſtein ſchiefrig macht (Protogingneis).

Bildet im Zentralſtock der Alpen (Montblanc, Gotthard, Aarmaſſiv u. ſ. w.) mächtige Gebirge. Verwendung zu Straßenbaumaterial (Pflaſterung und Kleinſchlag), auch zu Hoch- (Sockel) und Brückenbauten. Arkeſin, ein protogingneisartiges Geſtein mit viel lichtgrünem Glimmer und Talk in den Zentralalpen. *Leppla.*

Prototyp, ſ. v. w. Urbild, Urtypus, z. B. das internationale Meterprototyp.

Protze, der zweiräderige Vorderwagen der Geſchütze und Munitionswagen.

Prouſtit, ſ. v. w. Arſenſilberblende (ſ. d.).

Proviantamt, ſ. Bodenſpeicher, Lagerhäuſer und Siloſpeicher.

Proviantlaſt, an Bord der Schiffe, Raum zum Verſtauen des Proviants. Man verteilt den Proviant in die Trocken-, Fleiſch-, Brot- und Spirituslaſt.

P.S., ſ. v. w. Pferdeſtärke = 75 kg/m; ſ. Arbeit, Bd. 1, S. 268.

Pſeudochryſolith, ſ. Gläſer, natürliche.

Pſeudomorphoſe (Pſeudokriſtall), eine Kriſtallform, die der Subſtanz, die ſie bildet, nicht zukommt, ſondern von einer andern Subſtanz entlehnt iſt.

Wenn z. B. Serpentin in der Kriſtallform des Olivins, aus welchem er entſtanden iſt, auftritt, ſo bildet er eine Pſeudomorphoſe nach Olivin. Sie entſteht in der Regel durch chemiſche Veränderung und Neubildungen unter Beibehaltung der urſprünglichen Form. Man unterſcheidet: 1. Paramorphoſe, wenn die Subſtanz ſelbſt ſich nicht chemiſch verändert, ſondern nur eine Umlagerung oder andre Orientierung ihrer Molekel erleidet, z. B. wenn kohlenſaurer Kalk in der Kalkſpatform in Aragonit übergeht; 2. Umwandlungspſeudomorphoſe, wenn die urſprüngliche Subſtanz chemiſch verändert wird oder ganz verſchwindet und eine andre in ihre Form tritt. *Leppla.*

Pſeudoſkopiſche Erſcheinungen, Täuſchungen über Geſtalt, Richtung oder Größe von Figuren und Gegenſtänden infolge unwillkürlicher Befangenheit bei Beurteilung des Geſehenen.

Ein Quader mit ungleichen Dimenſionen erſcheint uns meiſt größer als ein gleichgroßer Würfel; von zwei gleichhohen Zimmern halten wir das größere für niedriger als das kleinere; von den beiden Hälften einer geraden Linie erſcheint die eine größer, wenn man ſie in Unterabteilungen teilt; Sonne oder Mond erſcheinen größer nahe am Horizont als hoch am Himmel, weil wir uns vom Himmel die Vorſtellung eines flachen Gewölbes machen und auf dieſes als Hintergrund die Sonne und den Mond projizieren. Jedes gute Gemälde ſoll die Täuſchung erwecken, als ob das auf der Fläche Dargeſtellte auch nach der Tiefe ausgedehnt wäre. Die von Müller-Leyer [1] entdeckte Täuſchung, daß zwei gerade Linien verſchieden lang erſcheinen, wenn an den Enden derſelben gleichlange Schenkel unter ſchiefen Winkeln gezogen werden, aber an beiden Linien in entgegengeſetzten Richtungen, hat eine ganze Literatur hervorgerufen, die man in [2] angegeben findet.

Literatur: [1] Du Bois-Reymonds Archiv für die geſamte Phyſiologie 1889, Suppl. S. 263. — [2] Beiblätter zu den Annal. f. Phyſ. u. Chem. 18, S. 116, 1894, u. 19, S. 795, 1895. *Aug. Schmidt.*

Pſilomelan (Hartmanganerz, ſchwarzer Glaskopf, Braunit), Mineral, waſſerhaltiges Manganſuperoxyd, wenn rein $H_2MnO_4 + H_2O$ (77—94 % MnO_2, außerdem beträchtliche Mengen an Baryumoxyd oder Kali und Manganoxydul).

Kriſtallform unbekannt; meiſt traubig, nierig und ſchalig. Blauſchwarz, matt ſchimmernd, Strich bräunlichſchwarz und glänzend; undurchſichtig; Härte 5½—6; ſpez. Gew. 4,0—4,3. Schwer ſchmelzbar und beim Glühen Sauerſtoff, beim Erwärmen Waſſer abgebend. Löslich in Salzſäure unter Chlorentwicklung. Vielfach mit Braunſtein zuſammen vorkommend in Gängen

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

und wie dieſer verwendet zur Darſtellung von Chlor und Sauerſtoff; ferner wird Pfilomelan zur Herſtellung farbiger Gläſer und Glaſuren gebraucht, endlich in der Porzellan- und Fayencemalerei. *Leppla.*

Pfychrometer, ſ. Feuchtigkeitsmeſſer.

Ptomaine (Leichenalkaloide), eine Reihe von organiſchen Baſen, die ſich bei der Fäulnis der Eiweißſtoffe infolge der Wirkung beſonderer Bakterien bilden und daher in verweſenden Leichenteilen angetroffen werden.

Sie ſind zum Teil äußerſt giftig, zum Teil nicht giftig und zeigen in ihren Reaktionen viele Aehnlichkeiten mit den Pflanzenalkaloiden. Einige von ihnen ſind nicht nur in ihrer Konſtitution aufgeklärt, ſondern auch bereits künſtlich dargeſtellt worden, wie das Cholin $C_5H_{15}NO_2$, das Neurin $C_5H_{13}NO$, das Tetramethylendiamin oder Putrescin $C_4H_{12}N_2$, das Pentamethylendiamin oder Kadaverin $C_5H_{14}N_2$ u. ſ. w. Von beſonderem Intereſſe unter den von Fäulniserregern erzeugten Stoffen iſt das von Fauſt iſolierte Bakteriengift, das Sepſin $C_5H_{14}N_2O_2$, das als Träger der für faulende Maſſen charakteriſtiſchen toxiſchen Wirkungen anzuſehen iſt. Fauſt ſtellte das Sepſin in Form des kriſtalliſierenden Sulfats dar.

Literatur: Brieger, Ueber Ptomaine, Berlin 1885/86; Beilſtein, Handbuch der organ. Chemie, Hamburg und Leipzig 1893, 3. Aufl., Bd. 1, S. 1156 ff.; Hammarſten, O., Lehrbuch der phyſiologiſchen Chemie, Wiesbaden 1907. *Bujard.*

Pud, ruſſiſches Gewicht = 40 ruſſiſche Pfund = 16,38 kg.

Puddeln, Puddeleiſen, -maſchine, -ofen, -prozeß, -ſchlacke, -ſtahl, ſ. Schweißeiſen, Schweißſtahl.

Puddingſtein, ſ. Konglomerat.

Puddle, Tonſchlag, Lettenſchlag, Tonhinterfüllung, auch Miſcherde bezeichnend, ein ſchichtenweiſe aufgetragener und geſtampfter Tonkörper zur Bildung eines waſſerdichten Abſchluſſes auf Bodenflächen, in Bodenſchlitzen, in Erddämmen oder hinter Mauern, auf bezw. vor welchen eine Waſſeranſammlung ſtattfindet.

Ein gewiſſer Sandzuſatz zum Ton erſcheint günſtig. Nach Verſuchen von Wollny [1] erzielt man durch ein Vermiſchen, Puddeln, des Tones mit 10—20% Sand die größte Waſſerundurchläſſigkeit, und nach Unterſuchungen von Schelten [2] macht ein Sandzuſatz von 15—18% die Miſchung am feſteſten, widerſtandsfähigſten. In jedem Falle muß der Puddle gegen die direkte Einwirkung von Luft und Waſſer geſchützt werden, und zwar geſchieht dies in der Regel durch eine entſprechend dicke Ueberdeckung bezw. Umſchüttung mit gewöhnlicher Erde. Bei kleinen Erddämmen, wie z. B. häufig bei Schiffahrtskanälen (ſ. d.), ſtellt man in der Mitte, im Kern derſelben, den Tonſchlag als einen etwa 0,4 m dicken, vertikal ſtehenden Erdkörper her, der auch als Puddlewand, Puddlewall, Puddledamm, Tonkern bezeichnet wird. Bei hohen Staudämmen aus Erde bekommt die der engliſchen Ausführungsweiſe entſprechende mittlere Puddlewand (clay puddle) an der Krone 1,5—4,0 m Stärke und nach abwärts jederſeits einen Anzug (Böſchung) von $^1/_{12}$—$^1/_{24}$. Behufs vollkommenen, waſſerdichten Abſchluſſes wird ein ſolcher Tonkern auch mit vertikalen Wänden im ausgehobenen Schlitze bis auf die undurchläſſige Felsſchicht eingelegt.

Literatur: [1] Wollny, Forſchungen auf dem Gebiete der Agrikulturphyſik, 1891, Bd. 14, S. 22. — [2] Ueber Güte und Widerſtandsfähigkeit von Deichmaterialien, Zeitſchr. f. Bauweſen 1877, S. 351.

Puddler, ſ. Schweißeiſen, Schweißſtahl.

Puddlewand, ſ. Puddle.

Puder, Pudern bezeichnet in der Gießerei das Einſtauben der Sandformen. Es hat entweder den Zweck: 1. das Zuſammenbacken von Teilen einer Sandform, die wieder getrennt werden müſſen, zu verhindern, wozu man Ziegelmehl oder trockenen Sand verwendet, die aus einem Gazebeutel aufgeſtäubt werden, oder 2. das Anhaften (Anbrennen, Anfritten) des Sands an das Gußſtück zu vermeiden oder den Gußſtücken eine ſchöne gleichmäßige Farbe zu verleihen, wozu man feines Koks-, Holzkohlen-, Graphitpulver, Aſche, Stärkemehl, Lycopodium, Lycodin u. a. benutzt. Vgl. a. Stärkefabrikation. *A. Widmaier.*

Pudergold, echtes Gold in feinſt verteiltem Zuſtande, namentlich für Porzellanmalerei.

Pülpe, der bei der Kartoffelſtärkefabrikation entſtehende Abfall; ſ. Stärkefabrikation. Pülpefänger, ſ. Zuckerfabrikation.

Pülvlage, ſ. Packwerk, Bd. 6, S. 792.

Pürgen, ſ. Broſchieren, Lederfärberei.

Pütten, 1—1,5 m tiefe Gruben auf dem Vorlande der Seedeiche, aus denen die Gewinnung der Deicherde erfolgt (vgl. Seedeiche). Um die Wiederaufſchlickung der Pütten zu befördern, läßt man zwiſchen ihnen 4—6 m breite Dämme, ſogenannte Speckdämme, ſtehen. *Frühling.*

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Püttingsſchienen, eiſerne Schienen, welche mit ihrem unteren Ende mittels der Püttingsbolzen an der Außenhaut des Schiffes befeſtigt ſind und mit dem oberen Teil ſich gegen die Rüſten lehnen. Am oberen Ende tragen ſie ein Auge, in das die Jungfern zum Setzen der Wanten des Maſtes eingreifen. *T. Schwarz.*

Pütze, ein Eimer mit Taubügel für den Reinigungsdienſt an Bord.

Puffer, alle federnden, mit Anſchlagplatten verſehenen Maſchinenteile.

Bei Eiſenbahnfahrzeugen dienen die Puffer zur Abſchwächung der Stöße beim Verſchieben und während der Fahrt. Für die ſchweren langen Perſonenwagen, wie ſolche zurzeit in Schnellzügen laufen, genügt die einfache Federung nicht, und werden die Puffer behufs ruhiger und ſicherer Fahrt der Wagen durch die Bahnkrümmungen mit je zwei Federn verſehen und noch durch Ausgleichhebel miteinander verbunden; vgl. a. Eiſenbahnwagen, Bd. 3, S. 337. *A. Birk.*

Pulſion (Pulſionsventilation, Drucklüftung), ſ. Lüftung geſchloſſener Räume, Bd. 6, S. 237.

Pulſometer, ſ. Pumpen, S. 285.

Pult, Tiſch mit ſchräger Platte.

Pultdach, ſ. Dach, Dachſtuhl, Bd. 2, S. 489, 514 und 526.

Pulver, jede Subſtanz in feiner Verteilung, beſonders Schießpulver; vgl. Geſchoßtreibmittel, Munition, Sprengſtoffe.

Pulveriſieren, ſ. Zerkleinern, Zerkleinerungsmaſchinen, Mühlen.

Pulvermagazin (Pulverturm), Gebäude zur ſicheren Aufbewahrung des Schießpulvers oder eines andern Sprengſtoffs, wobei dieſer gegen Feuchtigkeit geſchützt und vor einer Exploſion bewahrt werden muß. Zu dieſem Zweck ſind Fußböden und Mauern hohl zu richten, der Innenraum mit Holz zu täfern ſowie eine Blitzableitung anzubringen.

Die ſogenannten Friedensmagazine ſind leicht in Riegelfach, von bewohnten Stätten etwa 1 km entfernt, zu erbauen und mit einem Erdwall oder hoher Hecke zu umgeben. In ſolchen wird die zum Gebrauch fertige Munition aufbewahrt, ſeltener ganze Pulverfäſſer. Die in den Feſtungen erbauten Kriegsmagazine ſind bombenſicher in Stein und Stampfmauerwerk erſtellt und, ſoweit ſie noch benutzt werden, den neueren Anforderungen entſprechend gegen die Durchſchlagskraft der Geſchoſſe in den Decken verſtärkt. Die Trockenheit ſucht man durch Mauerwerk mit Luftkanälen und durch einen hohlliegenden Fußboden, deſſen Balkenlage auf Pfeilern aufruht, zu erreichen. Der Zugang erfolgt durch einen Vorraum mit einer ſeitlich angelegten Eingangstüre. Die in neuerer Zeit erbauten Magazine ſind ganz in Beton hergeſtellt, wobei Fußboden und Wände in Stampfmauerwerk mit ummantelten Lüftungsrohren oder Iſolierſchichten verſehen, die Gewölbe aber in verſtärktem Eiſenbeton erſtellt werden. Wegen der Exploſionsgefahr ſoll nur Material von geringem ſpezifiſchen Gewicht, das vollſtändig zerſtäubt oder in kleine Stücke bricht, zur Verwendung kommen, was bei Bims- oder leichtem Schlackenbeton der Fall iſt. Eiſen iſt in beſchränktem Maße zu verwenden. Als Beiſpiele mögen die in Fig. 1—6 dargeſtellten, von Wayß & Freytag in Neuſtadt a. H. ausgeführten Magazine dienen. Bei dem freiſtehenden Magazin zu Rottweil (Fig. 1—3) beſteht das tragende Gerippe aus zehn Eiſenbetonſäulen, die mittels eines Träger-

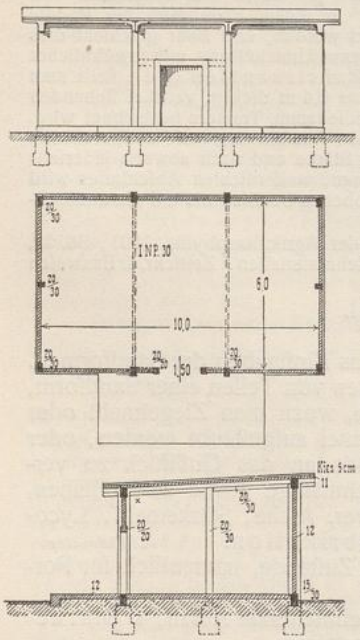
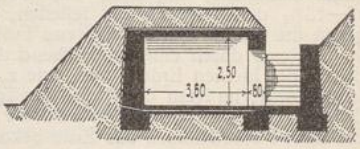
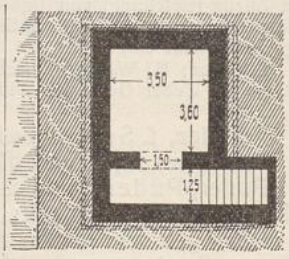


Fig. 1—3. Pulvermagazin der Vereinigten Köln-Rottweiler Pulverfabriken, Zweigniederlaſſung Rottweil.





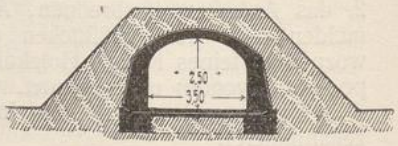


Fig. 4—6. Dynamitmagazin der Pfälziſchen Pulverfabriken A.-G. in St. Ingbert.

kranzes in Eisenbeton unter sich verbunden sind. Die 11 cm starke Decke, die zwischen diesem und zwei querliegenden Trägern in drei Felder eingespannt ist, besteht aus Bimsbeton mit Eisendrahteinlagen; darüber liegt Dachpappe mit einer 5 cm starken Kiesschichte überdeckt. Die Umfassungswände und der Fußboden sind in Stampfmörtel ohne Eiseneinlagen 12 cm stark erstellt. Das unterirdische Magazin für Dynamit in St. Ingbert (Fig. 4—6) ist innen vollkommen wasserdicht verputzt und ringsum durch Asphaltfilzplatten gegen Eindringen von Feuchtigkeit geschützt. *Weinbrenner.*

Pulverzüge, s. Eisenbahnbetrieb V, Eisenbahnverkehr III.

Pumpen, Maschinen zur Hebung von Flüssigkeiten. Die zahlreichen Pumpenarten unterscheiden sich nach der Art der Flüssigkeitsförderung in 1. Schöpfwerke, bei welchen die Flüssigkeit in Gefäße geschöpft und in diesen gehoben wird. 2. Schöpfwerke mit treibenden Flächen, Kolbenpumpen, Saugheber, Luftdruckapparate und Schraubenpumpen, Gasdruckapparate, Pulsometer und Dampfwasserheber; bei diesen Pumpenarten wird die Hebung durch einen auf die Flüssigkeit ausgeübten Druck mittels einer bewegten, gegen den Flüssigkeitsbehälter nicht dicht oder dicht abschließenden Fläche, durch den Druck der Atmosphäre oder gepreßter Luft, gespannter Gase oder gespannten Dampfes erzeugt. 3. Schöpfwerke mit Wurfbewegung, Schleuder- und Kreiselpumpen, hydraulische Widder und Wasserstrahlpumpen, Luftstrahlpumpen, Injektoren und Dampfstrahlpumpen. Hierbei erfolgt die Flüssigkeitshebung dadurch, daß der Flüssigkeit durch rasche Bewegung des Flüssigkeitsbehälters selbst oder durch ein im feststehenden Behälter sich schnell drehendes Schaufelrad oder durch einen Strahl von Druckwasser, gepreßter Luft oder gespanntem Dampf eine gewisse Geschwindigkeit erteilt wird, so daß die dadurch erzeugte lebendige Kraft der Flüssigkeit die bei der Hebung auftretenden Widerstände überwindet.

Wenn in der Sekunde Q cbm Flüssigkeit vom spezifischen Gewicht γ (Gewicht von 1 cbm) auf die Höhe H in Metern zu heben sind, so ist die hierbei zu leistende Nutzarbeit in Pferdestärken $N = Q H \gamma : 75$. Die Betriebsarbeit der Pumpe beträgt dann $N_p = Q H \gamma : 75 \eta$, wenn η den Wirkungsgrad (Nutzeffekt) der Pumpe bedeutet. — Die in der Sekunde tatsächlich geförderte Flüssigkeitsmenge wird fast durchgängig etwas geringer sein als diejenige Menge, welche in der gleichen Zeit aus dem Flüssigkeitsbehälter in die Pumpe eintritt, da ein Teil der Flüssigkeit infolge der Bauart der Pumpe oder durch Undichtheiten u. s. w. wieder zurückläuft; der Quotient aus der tatsächlich geförderten und der in die Pumpe eintretenden Menge ist der Lieferungsgrad μ (quantitativer oder volumetrischer Wirkungsgrad oder Nutzeffekt). Werte von η und μ für die verschiedenen Pumpenarten s. unten.

Schöpfwerke.

Eimer, Wurfschaufeln, Becherwerke, Kettenpumpen, Wasserschnecken, Schöpfräder, Wurfräder, Pumpräder finden zum Teil noch im Bauwesen, zum Teil auch in landwirtschaftlichen Betrieben Verwendung. Eimer, an einem Bügel, an einer Stange oder mittels Kette oder Seil gehalten, werden in die zu schöpfende Flüssigkeit eingetaucht und gehoben, bei den Ziehbrunnen durch einen Haspel. Zum Ausschöpfen von Baugruben u. dergl. wird die Wurfschaufel benutzt, die mittels eines Stils von 1 bis 1,5 m Länge gehandhabt oder als Schwungschaufel (Wasserwippe) in einem Gerüst aufgehängt und durch ein Seil oder eine Stange bewegt wird. Selten wird der Wipptrog verwendet, ein flaches, mit einem Bodenventil versehenes Gefäß, das auf einem Bock drehbar gelagert ist; beim Eintauchen fließt Flüssigkeit durch das Ventil in den Trog, beim Heben tritt sie in ein an der Lagerstelle angebrachtes Abflußgerinne. Dem Becherwerk (s. d.) ähnlich ist das Eimer- oder Kastenwerk (Eimerkette, Eimer- oder Kastenkunst, Noria); die aus Holz oder Blech hergestellten Gefäße sind an einer oder zwei endlosen Ketten oder Seilen befestigt, welche über eine Trommel oder ein Triebstockrad oder über Kettenscheiben gelegt und durch diese bewegt werden; bei geneigter Aufstellung müssen die Ketten auch unten über Rollen gelegt werden; die Gefäße sind unbeweglich oder drehbar an der Kette befestigt. Im zweiten Fall hängen sie sich stets lotrecht, wodurch ein vorzeitiges Ausgießen der geschöpften Flüssigkeit vermieden wird. Geschwindigkeit der Eimerkette bis zu 1 m in der Sekunde; übliche Hubhöhe bis zu 3 m; Wirkungsgrad etwa 0,6—0,7; Verwendung zum Heben unreiner, schlammiger Flüssigkeiten, gelegentlich auch zur Bewässerung von Ländereien. Statt der Gefäße sind bei der Kettenpumpe (Schaufel- oder Scheibewerk, Schaufel- oder Scheibekunst, Püschelkunst) Scheiben oder Kolben in eine Kette ohne Ende eingeschaltet und werden damit in einem Rohr von rundem oder rechteckigem Querschnitt, bei stark geneigter Aufstellung auch wohl in einem oben offenen Gerinne bewegt. Fig. 1 zeigt die von Bastier angegebene Bauart; die treibende Scheibe faßt die Scheiben durch Aussparungen ihres Kranzes. Die Scheiben werden bei sorgsamer Ausführung mit Lederscheiben oder Kautschukdichtung zum dichten Anliegen an die eiserne Röhre versehen; ältere Anordnungen zeigen die Verwendung ausgepolsterter Kugeln oder Kissen. Anwendung bei Hubhöhen bis zu 3 m; Steigrohrweite 0,12—0,15 m; Scheibenabstand 0,8—1 m; Geschwindigkeit der Kettenbewegung 0,9—1,2 m in der Sekunde. Verwendung zur Förderung dickflüssiger Substanzen, wie Jauche, Teer, Schlempe u. dergl. Der kaum noch angewendeten archimedischen Schnecke,

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

einer mit dem unteren Ende in die zu hebende Flüſſigkeit eingetauchten, mit geneigter Drehachſe gelagerten, ſchraubenförmig gewundenen Röhre iſt die Waſſerſchnecke nachgebildet ([1], S. 12, Tonnenmühle); eine oder mehrere, aus Holz oder Blech hergeſtellte Schraubenflächen ſind um eine in Drehung verſetzte Achſe angeordnet und von einem zylindriſchen Mantel umgeben. Bei der Waſſerſchraube ([1], S. 28) fällt dieſer Mantel weg und die Schraubenflächen bewegen ſich mit kleinem Spielraum in feſtſtehendem Gerinne. Bei beiden Pumpenarten treiben die mit dem unteren Ende eingetauchten Schraubenflächen durch ihre Drehbewegung aufwärts nach dem Ausfluß. Verwendung im großen für Entwäſſerungsanlagen (vielfach in Holland) für Hubhöhen bis 4,5 m; Neigungswinkel der Drehachſe gegen die Wagerechte gewöhnlich 30°; Durchmeſſer der Schraube bis zu 1,75 m, Schraubenlänge bis zu 10 m; Neigungswinkel der Schraubenfläche im mittleren Zylinder gewöhnlich 30°; Wirkungsgrad je nach der Ausführung 0,75—0,9. — In verſchiedenen Formen, gewöhnlich zur Bewäſſerung von Ländereien, wird das Schöpfrad (Eimer-, Zellen- oder Kaſtenrad) angewendet. Das chineſiſche Schöpfrad (Fig. 2) iſt mit röhrenförmigen, das fränkiſche Schöpfrad (Fig. 3) mit kegelförmigen Kübeln am Umfang verſehen; Fig. 4 zeigt die bewegliche Aufhängung von Eimern am Radkranz; andre Räder, deren Kranz zu Zellen

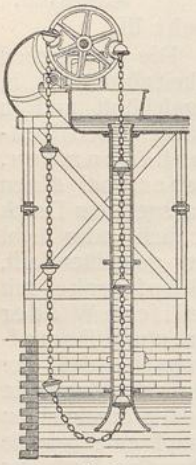


Fig. 1.

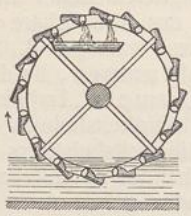


Fig. 2.



Fig. 2a.

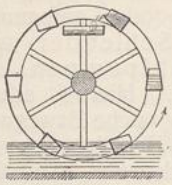


Fig. 3.



Fig. 4.

ausgeſtaltet iſt, ſ. [1], S. 10. Kaum mehr angewendet werden das Trommelrad (Tympanum, [1], S. 10) und das Schneckenrad, bei welchem das gehobene Waſſer an der Welle zum ſeitlichen Abfluß gelangt. Durchmeſſer der Schöpfräder gewöhnlich 5—8 m, Umfangsgeſchwindigkeit ungefähr 1 m; Antrieb vielfach durch ein damit verbundenes Waſſerrad oder mittels Göpels. Die Wurf- und Pumpräder ſind mit ebenen oder gekrümmten Schaufeln verſehen, die bei der Drehung des Rades in das Innen- oder Unterwaſſer (Polder)

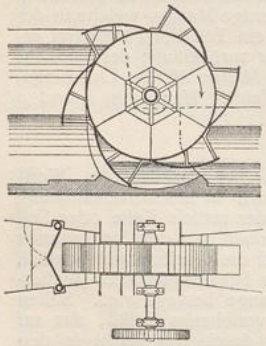


Fig. 5.

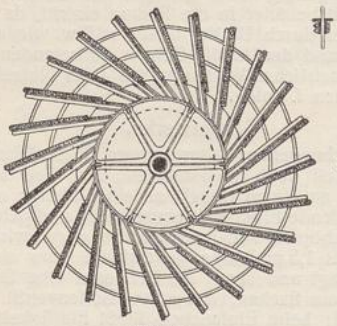


Fig. 6.

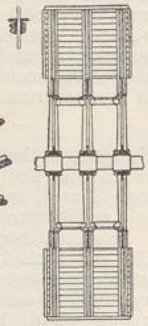


Fig. 6a.

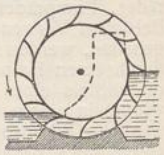


Fig. 7.

tauchen und dieſes in einem Gerinne (Aufleiter) aufwärts in den Abfluß des Ober- oder Außenwaſſers (Mahlbuſen) ſchieben. Das Zurücklaufen des gehobenen Waſſers wird durch möglichſt dichten Anſchluß der Schaufeln an das Gerinne und durch geeignete Schaufelform oder geſchloſſenen inneren Radkranz vermieden. Fig. 5—7 zeigen Ausführungsformen: Schaufelform von Overmars (Fig. 5), von Malmedie (Fig. 6), von Rijk (Fig. 7); gebräuchlicher Raddurchmeſſer 5—10 m, Radbreite 1—3 m, Umfangsgeſchwindigkeit 1—2,5 m; Nutzeffekt je nach Güte der Ausführung 0,5—0,7; quantitativer Wirkungsgrad 0,8—0,95; Verwendung insbeſondere bei großen Be- und Entwäſſerungsanlagen mit Antrieb durch Dampfmaſchinen, z. B. in Holland, Norddeutſchland. Näheres in [1], über alte Ausführungen in [2], über neuere Schöpfwerksanlagen Norddeutſchlands in [3] und [4].

Kolbenpumpen.

Bei Kolbenpumpen erfolgt die Hebung der Flüſſigkeit durch Saug- oder Druckwirkung oder durch beides. Ueber Saugwirkung ſ. [1], S. 36 ff. und S. 107. Die Saugwaſſerſäule wird bewegt durch den Luftdruck A. (Der normale Barometerſtand von 76 cm Queckſilberſäule entſpricht einer Waſſerſäule $A = 10{,}33$ m.) Zu überwinden iſt die Saughöhe H_s (in Metern) vom tiefſten Waſſerſpiegel bis zum höchſten Punkte des eigentlichen Pumpenraumes (ſ. Fig. 8) und ferner die Widerſtandshöhe h_w (in Metern), die den hydrauliſchen Widerſtänden einſchließlich dem Beſchleunigungswiderſtand der Waſſermaſſen entſpricht. Die überſchüſſige Waſſerſäule $A - H_s - h_w$ muß > 0 ſein. — Bei andern Flüſſigkeiten als Waſſer iſt die Saughöhe mit dem

ſpezifiſchen Gewicht zu multiplizieren, um H_s in Metern Waſſerſäule zu erhalten. Für heiße Flüſſigkeiten iſt ferner von A der der Temperatur entſprechende Dampfdruck abzuziehen. Die Zuführung der Flüſſigkeit zur Pumpe bei ſaugender Wirkung erfolgt durch das Saugrohr (Saugleitung) oder, falls die Flüſſigkeit durch ihr eignes Gewicht einfließt, durch ein Fall- oder Zuflußrohr; die Weiterführung bis zum Ausfluß während der Druckwirkung erfolgt durch das Druck- oder Steigrohr (Druck- oder Steigleitung). Förderhöhe iſt der ſenkrechte Abſtand des Flüſſigkeitsſpiegels im Behälter, aus dem die Flüſſigkeit entnommen wird, und der Achſe der Ausgußmündung oder des Flüſſigkeitsſpiegels im Behälter, in welchen das Druckrohr mündet, ſofern in beiden Behältern gleicher Luft-, Gas- oder Dampfdruck herrſcht [18]. Je nach der Bewegungsart des Kolbens werden unterſchieden Pumpen mit 1. gerade hin und her gehendem Kolben, 2. ſchwingendem (oſzillierendem), 3. drehendem (rotierendem) und 4. ſchraubenförmig bewegtem Kolben.

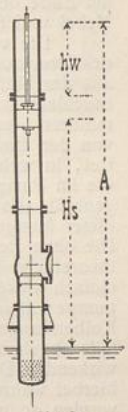


Fig. 8.

Pumpen mit geradlinig hin und her gehendem Kolben. Nach der Art des Kolbens unterſcheidet man Scheibenkolben-, Ventilkolben- und Tauch- oder Plungerkolbenpumpen. Hinſichtlich der Wirkungsweiſe einfach wirkende, doppelt wirkende und Differentialpumpen. Bei den erſteren wird während eines einfachen Hubes entweder nur geſaugt oder nur gedrückt, bei den doppelt wirkenden Pumpen findet bei jedem einfachen Hub Saug- und Druckförderung gleichzeitig ſtatt und bei den Differentialpumpen wird nur während des einen der beiden Hübe geſaugt, aber während beiden in die Druckleitung gefördert. Die Gehäuſe moderner Pumpen werden im allgemeinen als Körper von größter Widerſtandsfähigkeit gegen innere Preſſung und geringſtem Widerſtand gegen die zu fördernde Flüſſigkeit ausgebildet und ſetzen ſich dementſprechend aus Hohlzylindern und -kugeln oder dieſen möglichſt ähnlichen Körpern zuſammen (ſ. Fig. 14). Sogenannte Kaſtenpumpen mit flachen Wandungen werden nur für niedere Drücke und dann ausgeführt, wenn ſich beſondere Vorteile in der Herſtellung und Raumerſparniſſe ergeben.

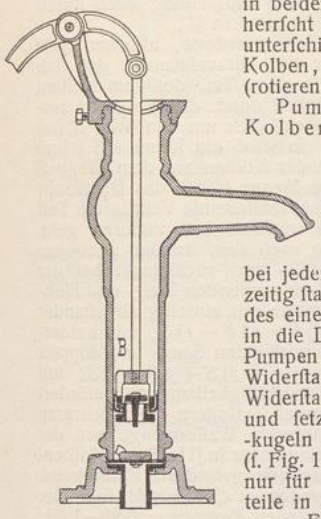
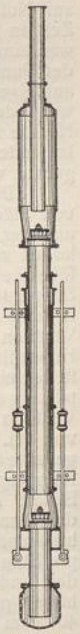


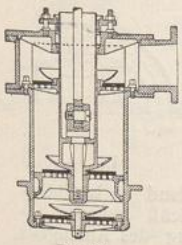
Fig. 9.

Für haus- und landwirtſchaftliche Zwecke wird die mit durchbrochenem Kolben verſehene einfach wirkende Saug- und Hubpumpe häufig angewendet; die einfachſte Form bildet die hauptſächlich in Holz hergeſtellte Bohlenpumpe, deren Körper aus vier zuſammengeſpundeten Bohlen beſteht; bei andern Arten dieſer als Hof- oder Straßenpumpe für die Förderung kleiner Waſſermengen auf kleine Höhen häufig aufgeſtellten Pumpe wird der Zylinder als durchbohrter, auch wohl mit einem Metallrohr ausgebüchſter Holzpfoſten, ferner aus Weißblech oder in Gußeiſen hergeſtellt. Letztere Bauart zeigt Fig. 9. Solche Pumpen werden gewöhnlich von Hand mit einem Schwengel getrieben und haben kein Druckrohr, ſondern an den Zylinder ſchließt ſich unmittelbar der Ausguß an. Der Kolben B (vgl. Fig. 9) iſt mit einem Ventil oder einer Klappe, ferner gewöhnlich mit Lederſtulpendichtung verſehen. Wenn der Saugwaſſerſpiegel tiefer als 6—7 m unter dem Ausguß liegt, ſo wird der Pumpenzylinder verſenkt aufgeſtellt (vgl. Fig. 20); der Ständer bildet dann das zum Ausguß führende Steigrohr (ſ. Arbeitszylinder, Bd. 1, S. 292). Vgl. a. Jauchepumpen.

Zwillingspumpen, beſtehend aus zwei einfachwirkenden Scheibenkolbenpumpen, welche in eine gemeinſchaftliche Druckleitung fördern, werden vielfach bei Spritzen angeordnet (ſ. Feuerſpritze, Bd. 3, S. 772, und [6]), ferner als Handpumpen auf Schiffen (ſ. [5]). Auch drei und vier Pumpen werden aus gleichem Grunde miteinander vereinigt.

Einfach wirkende Saug- und Druckpumpen mit Tauch- (Plunger-, Mönch-) kolben werden beſonders zur Ueberwindung großer Förderhöhen, z. B. als Druckſätze bei der Waſſerhaltung in Bergwerken (ſ. Pumpenzylinder, Fig. 1) oder bei größerem Gegendruck, z. B. als Keſſelſpeiſepumpen, Pumpen für hydrauliſche Preſſen (ſ. Probierpumpe, S. 247) angewendet. Zur Erzielung der Doppelwirkung läßt man die Plungerkolben in zwei voneinander getrennten Pumpenkörpern arbeiten; bei jedem einfachen Kolbenweg wird dann auf der einen Seite des Kolbens angeſaugt, auf der andern die vorher eingeſaugte Waſſermenge in das Steigrohr gedrückt; hierzu iſt auf jeder Kolbenſeite je ein Saug- und ein Druckventil nötig; dieſe können auch in mehrere zerlegt werden, um kleineren Ventilhub zu erhalten (vgl. Pumpenventile, Fig. 13). Durchbrochene, mit Ventil verſehene Tauchkolben ſind nach der Bauart von Rittinger und Althanns zur Waſſerhaltung in Bergwerken (ſ. Fig. 2, Pumpenzylinder und Fig. 18) angewendet worden; neuerdings werden ſie wohl kaum mehr für dieſen Zweck gebaut. Als Handſpritze findet die Rittingerpumpe noch Anwendung. Näheres in [1], S. 309. Fig. 10 zeigt eine Rittinger-Schachtpumpe nach der Ausführung von Haniel & Lueg.


Fig. 10.


Fig. 11.

Durch gleichzeitige Verwendung eines Plunger- und eines Scheibenkolbens kann Doppelwirkung im Steigrohr erzielt werden. Fig. 11 zeigt die Anordnung einer Luftpumpe für Kondenſationsdampfmaſchinen; beim Kolbenaufgang wird angeſaugt und zugleich das über dem Scheiben-

kolben ſtehende Waſſer gehoben; beim Niedergang findet keine Saugwirkung ſtatt, dagegen drückt der niedergehende Plungerkolben eine gewiſſe Waſſermenge in das Steigrohr.

Längere Saug- und Druckleitungen müſſen bei Ueberſchreitung einer gewiſſen Hubzahl der Pumpen mit Saug- bezw. Druckwindkeſſeln verſehen werden. Näheres über deren Größe und Einfluß in [1], S. 87 ff. Ueber Luftfüllapparate für dieſelben ſ. [1] und [28]. — Zur Fernhaltung der in der zu fördernden Flüſſigkeit etwa enthaltenen Unreinigkeiten von der Pumpe wird häufig am Ende des Saugrohrs ein ſiebähnlicher Saugkopf (Saugkorb) angebracht. Wenn beim Aufhören des Pumpens die Flüſſigkeitsſäule im Saugrohr gehalten werden ſoll, ſo wird am Ende desſelben ein ſelbſttätig wirkendes, behufs Entleerung der Saugleitung auch durch Hebel und Stange zu öffnendes Fußventil (ſ. d.) angeordnet. Näheres in [1].

Die von einer Kolbenpumpe innerhalb einer beſtimmten Zeit geförderte, alſo am Ende des Druckrohrs ausſtrömende Flüſſigkeitsmenge ergibt ſich unter der Vorausſetzung, daß ſich aus der Flüſſigkeit nicht Luft, Gaſe oder Dämpfe abſcheiden, die einen Teil des vom Kolben durchlaufenen Raumes ausfüllen und daher den Zutritt der Flüſſigkeit durch das Saugrohr vermindern, aus folgendem: Wenn ein Kolben vom Querſchnitt F (qm) ſich um den Weg S (m) von der Einmündung des Saug- oder Zuflußrohres wegbewegt, ſo wird ein Raum FS (cbm) frei, in welchen Flüſſigkeit eintreten kann; verdrängt anderſeits der Kolben auf dem Wege S die im Pumpenzylinder vorhandene Flüſſigkeit, ſo wird dabei die Menge FS in das Druckrohr gepreßt, alſo nach dem Ausfluß gehoben, ſofern nicht durch zu ſpät ſchließende Ventile ein Teil dieſer Menge wieder zurückläuft oder durch Undichtheiten u. ſ. w. Flüſſigkeit verloren geht. Die ohne Berückſichtigung dieſer Beeinträchtigung der Förderung nach dem Ausfluß gehobene theoretiſche Flüſſigkeitsmenge iſt bei einem Doppelhub (Kolbenhin- und -rückgang): bei der einfach wirkenden Saug- und Druckpumpe: $M = FS$; bei der einfach wirkenden Saug- und Hubpumpe: $M = FS$; bei der doppelt wirkenden Saug- und Druckpumpe mit einſeitig abgehender Kolbenſtange vom Querſchnitt f nach Fig. 9: $M = FS + (F - f)S = (2F - f)S$; mit beiderſeits abgehender Kolbenſtange: $M = 2(F - f)S$; bei der einfach wirkenden Saug- und doppelt wirkenden Druckpumpe mit Tauchkolben vom Querſchnitt f: $M = (F - f)S + fS = FS$; ſoll hierbei während jedes einfachen Hubes im Druckrohr die gleiche Flüſſigkeitsmenge gefördert werden, ſo muß $f = F : 2$ ſein. — Für Pumpen mit zwei oder mehreren Zylindern oder mehreren zuſammenwirkenden Kolben wird ſich die Berechnung der geförderten Waſſermenge aus der Betrachtung der Wirkung jedes einzelnen Kolbens ergeben; Beiſpiele hierfür in [1]. Bei n Kolbenſpielen (Doppelhübe) in der Minute iſt die in der Sekunde tatſächlich geförderte Flüſſigkeitsmenge in Kubikmetern unter Berückſichtigung des Lieferungsgrades μ: $Q = \mu n M : 60$. Der Wert μ iſt bei zweckmäßig gebauten und in gutem Zuſtand erhaltenen Pumpen = 0,95—1,00; bei Anwendung unzweckmäßiger Ventile, ſchlechter Inſtandhaltung ſowie für die Förderung heißer Gaſe oder Dämpfe abgebenden Flüſſigkeiten kann μ bedeutend kleiner werden. Wird der Kolben von einer mit gleichförmiger Umdrehungsgeſchwindigkeit V laufenden Kurbel angetrieben, ſo wächſt die Kolbengeſchwindigkeit auf dem Weg S von Null bis zum Wert V und ſinkt wieder auf Null. — Als mittlere Kolbengeſchwindigkeit wird der Wert $S : t$ bezeichnet, wenn t die Zeit in Sekunden bedeutet, während welcher der Kolben den Hub S zurücklegt. — Bei Anwendung zu großer Kolbengeſchwindigkeit kann eine Beeinträchtigung in der Wirkungsweiſe der Pumpe durch Störung im Spiel der Ventile ſowie dadurch eintreten, daß die im Saugrohr aufſteigende Flüſſigkeit dem Kolben nicht zu folgen vermag oder die im Druckrohr ſich bewegende Flüſſigkeitsſäule vom Kolben oder innerhalb der Druckleitung abreißt; Näheres in [1]. Neuere Ausführungen zeigen $v_m = 1$ bis 2 m bei n bis zu 100; jedoch ſind auch ſchneller laufende Pumpen ($v_m = 3$ m und darüber, $n = 200$ und mehr) als beſondere Spezialkonſtruktionen gebaut worden.

Beſondere Bedeutung haben die Pumpenanlagen der Waſſerverſorgungen und Kanaliſationen von Städten und größeren Bezirken, von Fabriken der chemiſchen und andern Großinduſtrien und der Waſſerhaltungen im Bergbau [17]. Um weſentliche Erſparniſſe an Anlage- und Betriebskoſten zu ermöglichen, ſowie größere Betriebsſicherheit zu erzielen, hat hier in den 1880er Jahren Riedler erſtmals mit Anwendung geſteuerter Pumpenventile die Möglichkeit einer weſentlichen Steigerung der Arbeitsgeſchwindigkeit dargetan [15], [17]. In der Folge wurden auch mit nur federbelaſteten Ventilen an zweckmäßig konſtruierten Pumpen hohe Hubzahlen bei ruhigem Gange erreicht. Fig. 12 und 13 ſtellen eine liegende Differentialplungerpumpe mit geſteuerten Ventilen dar. Fig. 14 zeigt eine von G. Kuhn in Stuttgart-Berg gebaute doppelt wirkende Plungerpumpe heutiger Bauart für Waſſerwerke, die normal mit 50 Doppelhüben pro Minute 250 cbm pro Stunde auf 70 m fördert und auf 80 Doppelhübe pro Minute mit 400 cbm pro Stunde geſteigert werden kann ([1], S. 346 ff.). Die vom Ueberſchuß des Luftdruckes über den Saugwiderſtand zu beſchleunigende Waſſermaſſe zwiſchen Saugwindkeſſel und Pumpenraum iſt tunlichſt reduziert. — Die Ventile ſind mehrſpaltig, gut geführt und federbelaſtet. Zur Vermeidung des Anſaugens

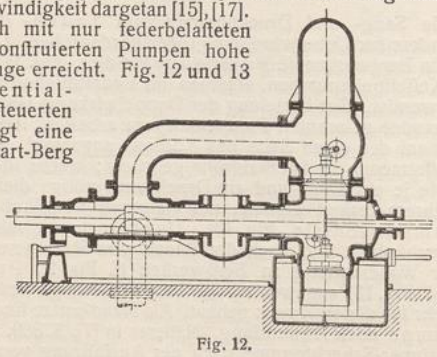


Fig. 12.

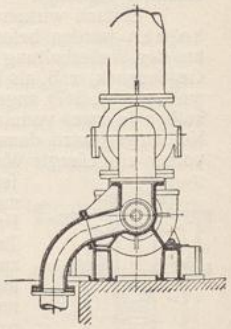


Fig. 13.

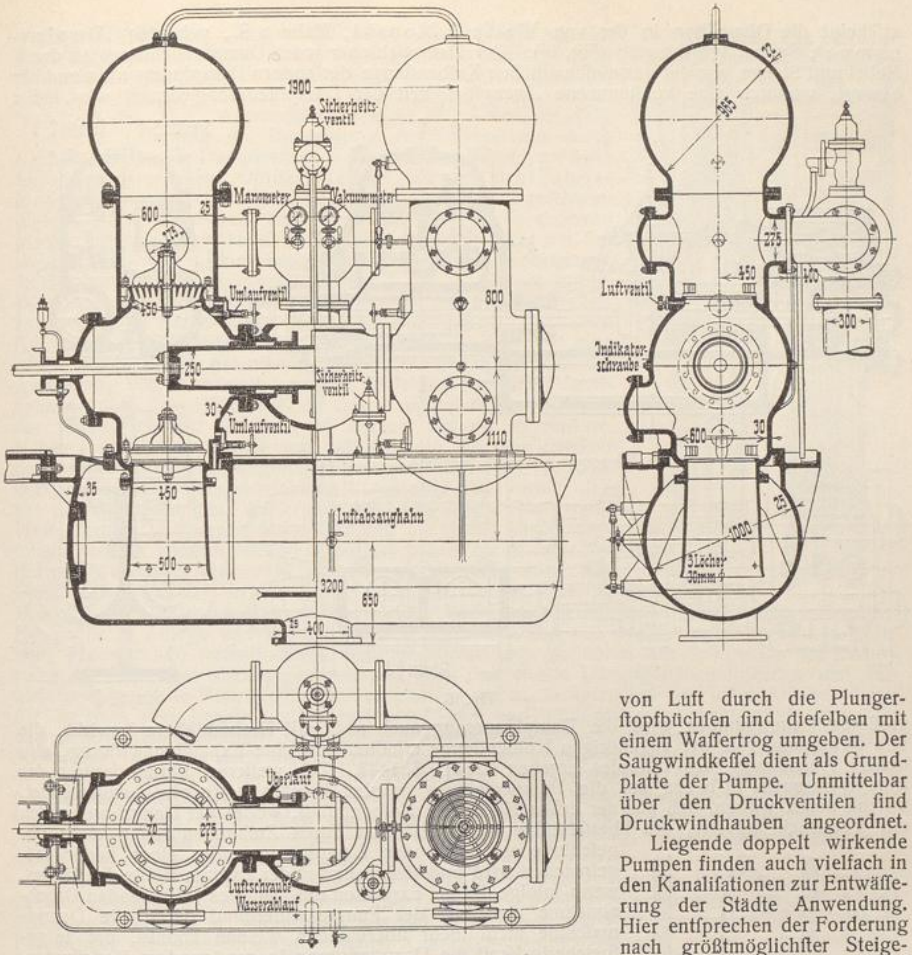


Fig. 14. Druckpumpe des Waſſerwerks zu Frankfurt a. d. O.
(Gebaut von G. Kuhn G. m. b. H. in Stuttgart-Berg.)

von Luft durch die Plungerſtopfbüchſen ſind dieſelben mit einem Waſſertrog umgeben. Der Saugwindkeſſel dient als Grundplatte der Pumpe. Unmittelbar über den Druckventilen ſind Druckwindhauben angeordnet.

Liegende doppelt wirkende Pumpen finden auch vielfach in den Kanaliſationen zur Entwäſſerung der Städte Anwendung. Hier entſprechen der Forderung nach größtmöglichſter Steigerung der Arbeitsgeſchwindigkeit im Bedarfsfalle und Unempfindlichkeit gegen etwa in die Pumpe gelangende Feſtkörper, weil letztere reichlichen Hub zum Durchgang verlangen, die geſteuerten Ventilklappen mit Sicherheitsfedern im Steuerungsgeſtänge nach Riedler in ganz beſonderem Maße ([17] Kanaliſationen, S. 9 ff. und S. 15.). Zur Erzielung des bei Kanaliſationspumpen anzuſtrebenden ſauberen Betriebes arbeiten die Plungerkolben in inneren Stopfbuchſen beſonderer Konſtruktion, [17], S. 13, oder man wendet Scheibenkolben mit Lederdichtung an, die ſich hier gut bewährt haben; vgl. [17], S. 22.

Der Antrieb der Kolbenpumpen erfolgt durch Menſchen, Tiere oder Kraftmaſchinen; im letzteren Falle wird die treibende Maſchine, als welche jede Art von Motor angeordnet werden kann, unmittelbar mit der Pumpe verbunden oder dieſe durch eine vom Motor bewegte Transmiſſion betätigt.

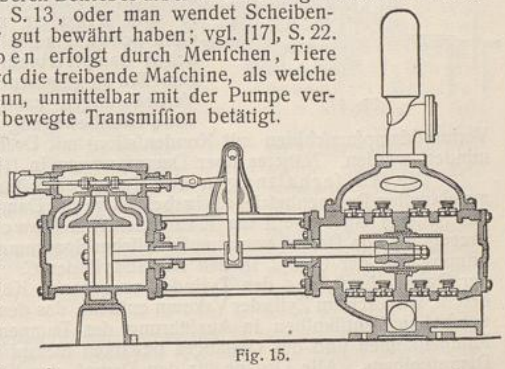


Fig. 15.

Die unmittelbare Verbindung der Pumpe mit einer treibenden Dampfmaſchine gibt die ſogenannten Dampfpumpen, die mit und ohne Kurbelgetriebe ausgeführt werden. Die Vereinigung einer oder mehrerer Pumpen mit einer ein- oder mehrzylindrigen Dampfmaſchine führt zu zahlreichen Anordnungen; Näheres in [1]. Bei ſolchen direkt wirkenden Dampfpumpen muß die Bewegung der Steuerung der Dampfmaſchine von der Kolbenſtange oder dem Dampfkolben abgeleitet werden, wofür zahlreiche Konſtruktionen angegeben und ausgeführt worden ſind. Die zuerſt von der Worthington Pumping Engine Co. und jetzt auch von mehreren andern Fabriken gebaute Steuerung iſt in Fig. 15 veranſchaulicht; es ſind hierbei zwei Dampfpumpen nebeneinander geſtellt. Klarer

erſcheint die Dispoſition in der von Weiſe & Monski, Halle a. S., gebauten „Duplexpumpe", Syſtem Worthington (Fig. 16). Der Dampfſchieber jeder Dampfmaſchine wird durch Hebel und Stange von der gemeinſchaftlichen Kolbenſtange der andern Dampfpumpe hin und her bewegt, wodurch eine vollkommene Zwangläufigkeit der Dampfſteuerung erzielt wird. Bei

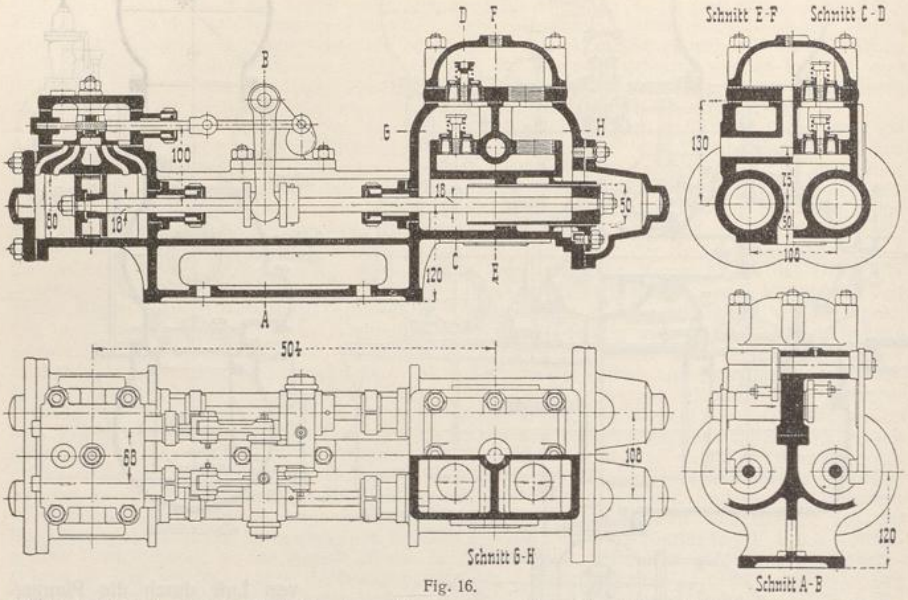


Fig. 16.

größeren Dampfpumpen wird die Dampfſteuerung auch noch mit Drehſchiebern bewirkt, die ihre Bewegung von der zugehörigen Kolbenſtange erhalten und eine Expanſionswirkung, alſo beſſere Ausnutzung des Dampfes ergeben [21 a], S. 1443. Zur weiteren Verminderung des Dampfverbrauchs in bezug auf die Pumpenleiſtung werden Kraftausgleicher angewendet, welche derart wirken, daß auf der erſten Hälfte des Kolbenhubes, wobei der Dampf weſentlich mit Volldruck arbeitet, die überſchüſſige Kraft desſelben durch Zuſammenpreſſen einer abgeſchloſſenen Luft- oder Dampfmenge oder einer Feder aufgeſpeichert wird und daß dann auf der zweiten Hälfte des Hubes, wenn infolge der bei Expanſion des Dampfes entſtehenden Druckabnahme desſelben der Pumpenwiderſtand durch die Dampfmaſchine nicht mehr überwunden werden könnte, die aufgeſpeicherte Kraft die Dampfwirkung in genügendem Maße unterſtützt. Solche Apparate ſind von H. A. Hülſenberg in Freiberg und Worthington angegeben worden. Ohne Expanſionsſteuerung und Kraftausgleicher und bei Benutzung von nur einzylindrigen Dampfmaſchinen können die Dampfpumpen ohne Drehbewegung faſt nur mit Volldruck des Dampfes arbeiten, brauchen alſo im Verhältnis zur Pumpenleiſtung ſehr viel Dampf; ſo fand Riedler an unterirdiſchen Waſſerhaltungsmaſchinen ohne Schwungrad ſelten unter 30 kg, oft aber über 60 kg ſtündlichen Dampfverbrauch für eine Pferdeſtärke der Pumpleiſtung, gemeſſen an gehobenem Waſſer. Unter Anwendung der genannten Verbeſſerungen kann der Dampfverbrauch bei Dampfpumpen ohne Drehbewegung ebenſo wie bei guten Dampfpumpen (mit Verbunddampfmaſchinen mit Kondenſation) mit Drehbewegung bis auf 8 kg und weniger vermindert werden. Näheres über Dampfpumpen in [1].

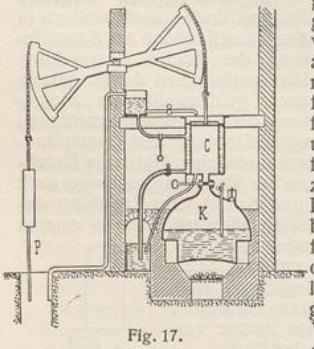


Fig. 17.

Die Waſſerhaltungen der Bergwerke ſind als die Grundlagen für den Ausbau des maſchinellen Pumpenbetriebes, insbeſondere der Dampfpumpmaſchinen, anzuſehen. Fig. 17 zeigt das Schema einer zuerſt um 1712 errichteten Newcomen-Waſſerhaltung. *K* iſt der Keſſel zur Erzeugung von Dampf von atmoſphäriſcher Spannung; durch eine von Hand geſteuerte Schieberöffnung tritt der Dampf in den Arbeitszylinder *C*. Nach Abſchluß des Dampfſchiebers wird der Dampf durch das den Zylinder umgebende Kühlwaſſer allmählich zum Kondenſieren gebracht, wodurch im Zylinder Vakuum entſteht, das den Kolben abwärts und das Pumpengeſtänge *P* nebſt dem Ventilkolben in Ausführung des Pumpenhubes aufwärts zieht. Die Gewichte der Pumpenkolben und des Geſtänges bewirken hierauf ihren Niedergang bezw. den Aufgang des Dampfkolbens. Alle Organe für den Dampf, das Kühlwaſſer und den Austritt des Waſſers aus dem Zylinder wurden von Hand geſteuert. Ausführliche Beſchreibung dieſer erſten Maſchinen, die weitere Ausbildung derſelben durch Hornblower u. a. ſ. [49], S. 5 ff. Die verwendeten Pumpen hatten Ventilkolben, die ſpäter durch den geeigneteren Plungerkolben verdrängt

wurden [49], S. 51 ff. Aus dieſer Entwicklung entſtand die alsdann allgemein verbreitete Cornwallmaſchine, eine direkte Hubmaſchine ohne Kurbel und Schwungrad, die bei Beginn der Waſſerverſorgung der Städte durch Dampfbetrieb auch vielfach für dieſen Zweck zur Anwendung gelangte [22], S. 834, [36], [49].

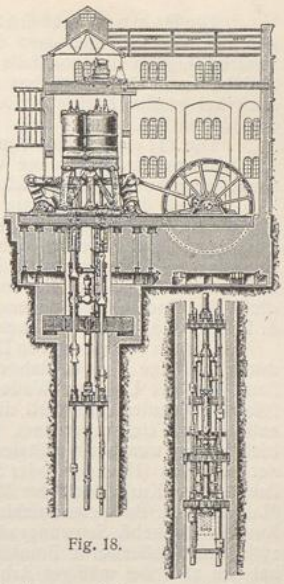


Fig. 18.

Zur Sicherung der Begrenzung des Kolbenhubes durch Kurbeltrieb und um Dampferſparnis durch Ermöglichung größerer Expanſion zu erzielen, wurden Geſtängewaſſerhaltungsmaſchinen mit Schwungrad ausgeführt. Die Arbeitsgeſchwindigkeit dieſer Maſchinen war durch die größtenteils enormen Maſſen der Pumpengeſtänge im Schacht, die keine oder nur unweſentliche Druckbeanſpruchungen erfahren durften, ſehr begrenzt, ſo daß die Anzahl der Doppelhube nur 8—15 pro Minute betrug. Die Dimenſionen und Koſten einer ſolchen obertägigen Waſſerhaltungsanlage waren daher im Verhältnis zur Leiſtung ſehr hoch [16], [17], [36], S. 7, [49], S. 103, 124 und 144 ff. Fig. 18 ſtellt eine große Waſſerhaltungsmaſchine mit zweifacher Expanſion nach der Ausführung von Haniel & Lueg in Düſſeldorf dar. Die Dampfzylinder ſind ſtehend, direkt auf das Pumpengeſtänge wirkend, der Kurbeltrieb mit Schwungrad ſeitlich liegend angeordnet. Neben den großen Koſten war mitunter die Betriebsſicherheit durch Brüche der Pumpengeſtänge beeinträchtigt [40], S. 1549. Die obertägigen Geſtängemaſchinen boten aber den Vorteil, daß bei einem plötzlichen Waſſereinbruch der Betrieb der unter Waſſer ſtehenden Pumpen fortgeſetzt und die Grube wieder entſümpft werden konnte. Deſſenungeachtet haben ſie an ihrer Bedeutung weſentlich verloren. Später ging man dazu über, die Dampfpumpmaſchinen in der Grube ſelbſt aufzuſtellen. Infolge Wegfalls der Geſtängemaſſen waren größere Arbeitsgeſchwindigkeiten und damit weſentliche Erſparniſſe in Anlage und Betrieb möglich. Trotzdem daß mit einem von vornherein in Rechnung genommenen weſentlicheren Spannungsabfall von mehreren Atmoſphären in der Dampfzuleitung gegenüber obertägigen Anlagen ganz bedeutende Dampfgeſchwindigkeiten und verhältnismäßig kleine Rohrdurchmeſſer zu erzielen waren, zeitigten bei den erſten Anlagen dieſer Art die nach alten Regeln viel zu weit bemeſſenen und infolgedeſſen große Abkühlungsverluſte und den Maſchinenbetrieb gefährdende Kondenswaſſermengen ergebenden Dampfzuleitungen Mißerfolge, die aber nach dieſen Erfahrungen hierauf vermieden wurden [17], [30], [38], S. 29.

Außer Dampf führte ſich auch Preßwaſſer als Betriebskraft für unterirdiſche Waſſerhaltungsmaſchinen mit gutem Erfolge ein. Dieſe Anlagen haben den gleichen Vorteil wie die Geſtängemaſchinen, nämlich den, daß ſie auch unter Waſſer ohne Anſtand weiterarbeiten können. Als Mißſtand wird der verhältnismäßig ſchnelle Verſchleiß der unter hohem Waſſerdruck arbeitenden Steuerungsteile empfunden [24], [38], S. 34 ff.

Die Vorteile des Betriebes durch elektriſchen Strom, der über Tage erzeugt wird und deſſen Zuführung in den Schacht gegenüber Dampf oder Preßwaſſer weſentlich einfacher, betriebsſicherer und billiger iſt, veranlaßten Spezialkonſtruktionen von Kolbenpumpen, die bei hohem Förderdruck zu verhältnismäßig hohen Umdrehungszahlen befähigt waren und damit den Forderungen direkten elektriſchen Antriebes gut entſprachen. Eine Expreßpumpe der Konſtruktion Riedler-Stumpf zeigen [1], S. 329 ff., [17] und [43], S. 1036 und 1396. Hier iſt als Beſonderheit die horizontale Anordnung des Saugventils, konzentriſch zum Kolben, bemerkenswert. Die Schlußbewegung des Ventils wird beim Hubwechſel durch die gleichſinnige Kolbenbewegung unterſtützt bezw. eingeleitet. Indeſſen wurden auch raſchlaufende Pumpen mit den bisherigen normalen Ventilanordnungen in gedrungener Konſtruktion gebaut. Zu erwähnen ſind die Bauarten von Haniel & Lueg, Ehrhardt & Sehmer und Klein, Schanzlin & Becker [37], [38], S. 59. Die Pumpe von Bergmans (Maſchinenbauanſtalt Breslau, G. m. b. H.), Fig. 19, arbeitet mit einem kleinen Hilfswindkeſſel *w* im Raum zwiſchen den doppelt angeordneten Druckventilen. Bei Beginn des Druckhubes der einfach wirkenden Pumpe findet die Druckzunahme auf den Kolben nicht plötzlich, ſondern unter dem Einfluß des immer dichter werdenden Luftkiſſens in *w* allmählich ſtatt. Der Hubwechſel iſt dementſprechend ſanft, und die Pumpe, die ſich in vielen Ausführungen gut bewährte, iſt zu hoher Arbeitsgeſchwindigkeit und direktem elektriſchen Antrieb befähigt [1], S. 333. — Auf ähnlichem Prinzip beruht die Konſtruktion von Steuer [33], bei der indeſſen, im Gegenſatz zu Bergmans, die Arbeit zum Komprimieren der bei jedem Hube anzuſaugenden, die Pumpe paſſierenden Luftmenge verloren geht.

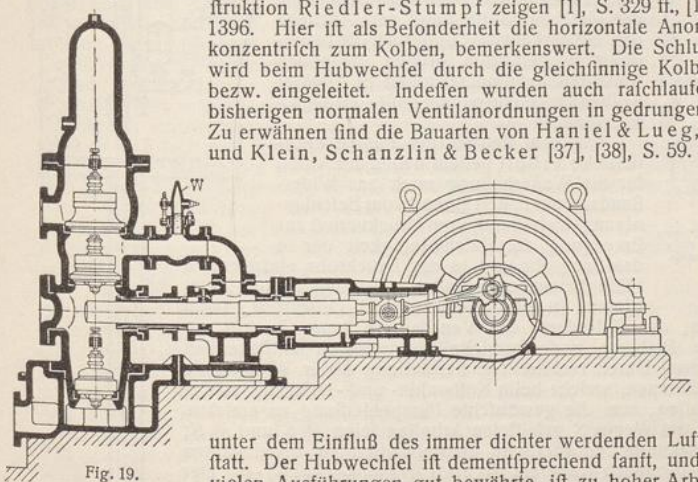


Fig. 19.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Die Pumpen mit Gutermuth-Klappen, welch letztere aus besonders dünnem Metall gefertigt, von sehr geringem Gewicht sind und die eigne Spannung für die Schlußbewegung besitzen, eignen sich ebenfalls in außerordentlichem Maße zu hohen Arbeitsgeschwindigkeiten und haben in Dauerbetrieben 400 und mehr Doppelhübe pro Minute gestattet, wobei der Gang, auch bei großen Förderdrücken, vollkommen ruhig und sanft war. S. [1], S. 322, und [21 b], S. 932 und 934.

Die Orvopumpe von Ortenbach & Vogel in Bitterfeld ist eine Differentialpumpe in Zwillingsanordnung ohne Ventile, bei der die Steuerung, die durch die Arbeitskolben bewirkt wird, hohe Arbeitsgeschwindigkeiten gestattet. Näheres s. [1], S. 319, und [34].

Durch die unmittelbare Verbindung einer Wassersäulenmaschine mit einer Pumpe entsteht die Wasserdruckpumpe, die auch mit oder ohne Drehbewegung ausgeführt wird; Wassermotor und Pumpe werden dann wie bei den Dampfpumpen gekuppelt oder derart vereinigt, daß das zum Antrieb verwendete Kraftwasser auf die eine Seite des Kolbens wirkt, während die andre Seite desselben die Saug- und Druckwirkung der Wasserförderung ausführt. Pumpen dieser Art sind in verschiedener Bauart von Schmid, Mikula, Roux, Kröber ([29] und [49], S. 177 ff.) u. a. angegeben worden (s. a. Wassermotoren).

Die Anordnung von Dampfpumpmaschinen für Wasserwerke u. dergl. wird im allgemeinen durch die Lage des tiefstabgesenkten Saugwasserspiegels zum Terrain- bezw. zum Hochwasserstand (bei der Lage am Wasser) gegeben. Ist die Tieflage bezw. Absenkung des Saugwasserspiegels bedeutend, so wird die Pumpe zwecks Sicherung noch zulässiger Saugwiderstandshöhe entsprechend tief angeordnet, während die Antriebmaschine in Terrainhöhe verbleibt. Der Antrieb erfolgt nun bei vertikalen Maschinen durch direkte Kupplung der Kolbenstangen. — Bei der normalen (Hammer- oder Schiffs-)Maschine kann die Verbindung der beiderseitigen Kolbenstangen den Kurbeltrieb der Maschine umfassen. Vielfach wird auch, was kostspieliger ist, die Maschine als Balanciermaschine mit abseits der Dampfzylinder- und Pumpenachse liegender Kurbelachse nebst Schwungrad ausgebildet. Die Anordnung der letzteren über den Dampfzylindern (Wasserwerke Frankfurt a. M.-Hinkelstein und Cassel-Neumühle) ist seltener zu finden, hat sich aber bei mäßiger Arbeitsgeschwindigkeit auch gut bewährt (s. [1], Taf. XI, [17], S. 78 ff., und [26]). Von liegenden Dampfmaschinen wird der Antrieb tiefstehender Pumpen entweder mittels Kunstkreuzen oder Winkelhebeln, die von den verlängerten Dampfkolbenstangen angetrieben werden, bewirkt, oder das freie Ende der Maschinenkurbelwelle dient zu einem Kurbeltrieb (s. [1], Taf. VI und VII, [17], S. 96 ff.). Die Vermeidung gelenkiger Uebertragungsglieder nach den Pumpenkolben trägt zur Erreichung ruhigen Ganges und größerer Betriebssicherheit bei. Auch der mechanische Nutzeffekt erhöht sich hierdurch. Zur Wahrnehmung dieser Vorteile sowie der weiteren, die liegende, direkt gekuppelte Pumpmaschinen hinsichtlich leichterer Montage, Kontrolle und Bedienung bieten, werden mitunter selbst sehr hohe Baukosten nicht gescheut [25], S. 4. Weitere mannigfache Antriebsarten von Wasserwerks- und Wasserhaltungsmaschinen vgl. [1], [17], [20], [21 a], S. 1443, [22], [23], [27], S. 1029 ff., und [49], S. 174, 222 und 247 ff.

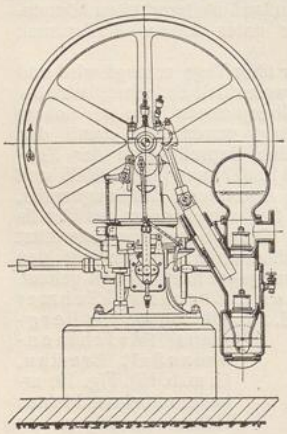


Fig. 20.

Der Antrieb von Kolbenpumpen durch Gas-, Benzin-, Dieselmotore u. s. w. erfolgt in der Regel durch Riemen mit entsprechender Uebersetzung, seltener durch Zahnräder; doch kommen auch direkte Antriebe vor, wie in Fig. 20 eine Deutzer Ausführung zeigt. Fig. 21 stellt eine Tiefbrunnen- oder Bohrlochpumpe der gleichen Fabrik nebst dem Antriebe dar. Bemerkenswert sind noch die neuerdings ausgeführten großen liegenden Kanalisationspumpmaschinen in direkter Kolbenstangenkupplung mit Großgasmaschinen.

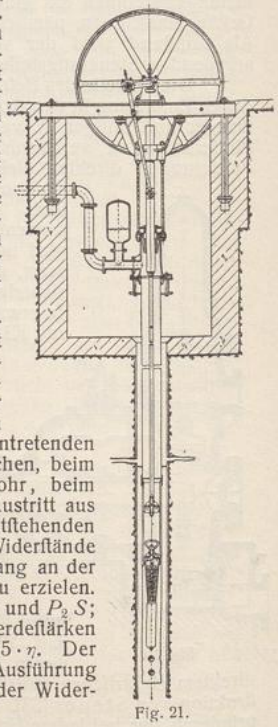


Fig. 21.

Die zum Betrieb der Pumpe erforderliche Arbeit besteht neben der Arbeit für die Wasserhebung noch aus Widerstandsarbeiten, herrührend vom Beschleunigungswiderstand, vom Druckverlust zur Erzeugung der Geschwindigkeit der in das Saugrohr und in das Druckrohr eintretenden Flüssigkeitsmengen und von den schädlichen, beim Eintritt in das Saugrohr und Druckrohr, beim Durchfluß der Leitungen, des Zylinders, der Ventile und beim Austritt aus dem Druckrohr infolge Reibung und Querschnittsänderungen entstehenden hydraulischen Widerständen. Durch rechnerische Feststellung dieser Widerstände lassen sich die Kräfte bestimmen, welche beim Kolbenhin- und -rückgang an der Kolbenstange wirken müssen, um die gewünschte Pumpenleistung zu erzielen. Die von ihnen während des Weges S geleisteten Arbeiten seien $P_1 S$ und $P_2 S$; dann ist die in der Sekunde erforderliche Betriebsarbeit in Pferdestärken $N_p = (P_1 + P_2)\, S n : 75 \cdot 60$; nach früherem ist auch $N_p = Q H \gamma : 75 \cdot \eta$. Der mechanische Nutzeffekt guter Kolbenpumpen kann je nach Größe und Ausführung bis zu 0,95 angenommen werden. Näheres über die Berechnung der Widerstände und der Betriebsarbeit in [1].

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Bei Betrieb von Wafferpumpen durch gute Dampfmafchinen mit Auspuff kann verlangt werden, daß zu einer Nutzleiftung von 1 PS., gemeffen am geförderten Waffer, nicht mehr als 9—13 kg Dampf in der Dampfmafchine ftündlich verbraucht werden; bei Verbundmafchinen mit Kondenfation und großen Wafferwerkspumpen wird ein Dampfverbrauch von 8—10 kg erzielt. Bei Anwendung von Dampfüberhitzung reduzieren fich diefe Werte noch um ca. 20 %.

Die Koften für Brennftoffe ftellen fich bei Heißdampfbetrieb, unter Annahme von 230 ℳ pro 10 t Kohle im Keffelhaus und bei ca. achtfacher Verdampfung pro 1 cbm auf 1 m Höhe gefördertes Waffer

a) bei einer modernen direkt gekuppelten Wafferwerksmafchine mit zweifacher Expanfion und Kondenfation von ca. 200 Pumpen-PS. auf 0,007—0,008 ₰;

b) bei einer direkt wirkenden Pumpmafchine mit einfacher Expanfion und ohne Kondenfation von ca. 20 Pumpen-PS. auf 0,013—0,015 ₰. Hierbei find die Wärmeverlufte in den Betriebspaufen nicht eingerechnet und ift eine gute Inftandhaltung der Anlagen vorausgefetzt.

Für Explofionsmotoren ftellen fich nach Angabe der Gasmotorenfabrik Deutz die Brennftoffkoften für 1 cbm auf 1 m Höhe gefördertes Waffer

bei Verwendung von	Spiritus	à 19,00 ℳ	pro	100 kg	auf	0,03 —0,033 ₰
„ „ „	Petroleum	„ 18,00 „	„	100 „	„	0,029—0,031 „
„ „ „	Benzin oder Benzol	„ 16,00 „	„	100 „	„	0,022—0,028 „
„ „ „	Leuchtgas	„ 10,00 „	„	1 cbm	„	0,021—0,032 „
„ „ „	Anthracit	„ 3,00 „	„	100 kg	„	0,004—0,007 „
„ „ „	Koks	„ 2,50 „	„	100 „	„	0,005—0,008 „

Bei einem ca. 50-PSe-Diefelmotorpumpwerk mit Riemenbetrieb ftellt fich obiger Wert auf 0,008—0,009 ₰.

Unter Umftänden werden an den Pumpen noch angebracht: Vorrichtungen zur Meffung des Drucks und der Füllung der Windkeffel (Manometer, Wafferftandzeiger), Vorrichtungen zur Füllung und zum Entleeren des Zylinders und der Leitungen, zum Abftellen (felbftätige Abftellvorrichtungen bei Pumpen, welche nach Entleerung oder Füllung eines Behälters, ferner bei Preßpumpen, welche nach Heben des Akkumulatorgewichts felbftätig außer Wirkung kommen follen), zur Regelung der geförderten Flüffigkeitsmenge. Ueber die Leiftungsregler von Weiß-Bafel, Stumpf und Tolle f. [1], S. 277 ff., und [48]. Proell-Dresden hat einen Achsregler als Leiftungsregler, von energifcher Wirkung innerhalb weiter Arbeitsgrenzen, ausgebildet.

Die Prüfung der Pumpen auf die Güte der Herftellung und Einrichtung kann fich erftrecken: 1. auf Unterfuchung der Dichtheit des Zylinders, der Leitungen und der Ventile dadurch, daß die Pumpe in trockenem Zuftande bei abgefchloffenem Saugrohr und dann bei abgefchloffenem Druckrohr angetrieben und durch Manometer beftimmt wird, ob das erzielte Vakuum bezw. die im Druckrohr entftehende Luftverdichtung einige Minuten erhalten bleibt. Anftatt der Druckprobe mit Luft wird auch die Probe mit Flüffigkeitsfüllung (wie bei der Keffelprüfung) vorgenommen; 2. auf Ermittlung der geförderten Flüffigkeitsmenge (durch Meffung derfelben) und des Lieferungsgrades μ; 3. auf Ermittlung der Betriebsarbeit (durch Meffung der Leiftung der treibenden Kraftmafchine) und des Wirkungsgrades η; 4. auf Unterfuchung der Vorgänge im Zylinder und der Ventilbewegung mittels des Indikators. Näheres hierüber in [1], S. 390 ff., [8], [32] und [35].

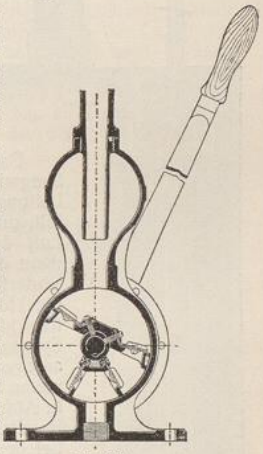


Fig. 22.

2. **Pumpen mit fchwingendem (ofzillierendem) Kolben (Flügelpumpen).** Die Wirkung derfelben entfpricht derjenigen der Pumpen mit geradlinig bewegtem, hin und her gehendem Kolben. Die Pumpen werden einfach, doppelt und vierfach wirkend, mit gefchloffenem oder durchbrochenem Kolben gebaut. Fig. 22 zeigt eine von G. Allweiler in Radolfzell für Hand- und Kraftantrieb hergeftellte Pumpe, bei welcher der beiderfeits mit Klappen verfehene Kolben (in Fig. 22 durch einen Handhebel) fchwingend um eine Achfe bewegt wird; im zylindrifchen Gehäufe find noch zwei Saugklappen angebracht. Bei jeder Schwingung wirkt nur die Hälfte des zweiflügeligen Kolbens, faugt an und hebt eine gewiffe Flüffigkeitsmenge in das mit Windkeffel verfehene Steigrohr. Vierfache Wirkung wird bei den auch von Allweiler gebauten, von Abrahamfon angegebenen Pumpen erzielt; Zeichnung und Befchreibung in [4a]. Andre Arten von Pumpen mit fchwingendem Kolben fowie Angaben über die Ermittlung der geförderten Flüffigkeitsmenge und der erforderlichen Betriebsarbeit in [1].

3. **Pumpen mit ftetig drehendem (rotierendem) Kolben (Würgelpumpen)** werden mit ein, zwei und drei Triebwellen in zahlreichen, oft recht komplizierten Formen ausgeführt, von denen nur wenige eine praktifche Bedeutung gewonnen haben. Am häufigften werden Pumpen mit zwei parallelen Drehachfen gebaut, die nach Art der Kapfelwerke (f. d.) zwei Stirnräder enthalten, deren zufammenarbeitende Zähne bei ihrem Auseinandergehen die Saugwirkung erzeugen und bei ihrer Berührung die zwifchen ihnen befindliche Flüffigkeit nach dem Druckrohr verdrängen. Die Stirnräder werden ein- oder mehrzähnig ausgeführt. Die Bauart von Greindl mit zwei zweizähnigen Rädern f. [1], S. 427. Ein drei- und ein vierzähniges Rad enthalten die von C. H. Jäger in Leipzig und von der Eilenburger Eifengießerei und Mafchinenfabrik A. Monski ausgeführten Pumpen der Bauart Fig. 23. Hier berühren fich jedoch die Zahnflanken beider Räder nicht, fondern der Abfchluß zwifchen Saug- und Druckraum wird dadurch erzielt, daß das Rad *A* mit feinen Zahnköpfen an der Ausfparung eines feftftehenden Kerns *C* vorbeifchleift. Pumpen mit zwei fich fchneidenden Achfen werden nach der Angabe

von Enke von der Maſchinenfabrik Penig i. S. gebaut. Drei Triebwellen beſitzt die in Fig. 24 dargeſtellte Pumpe, welche von der Maſchinenfabrik vorm. Klein, Schanzlin & Becker in Frankental hergeſtellt wird. Die Pumpen mit ſtetig drehendem Kolben werden zur Förderung kleinerer Flüſſigkeitsmengen, insbeſondere dickflüſſiger Stoffe, angewendet; große Druckhöhen

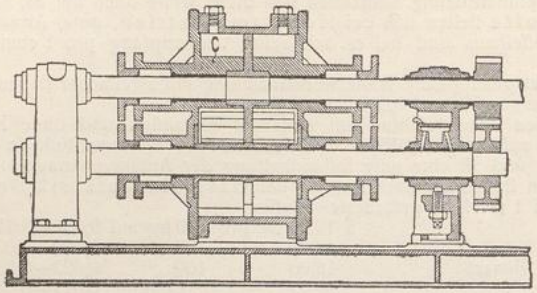


Fig. 23.

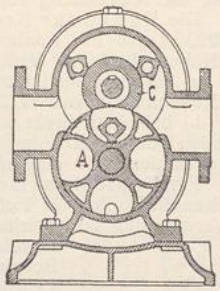
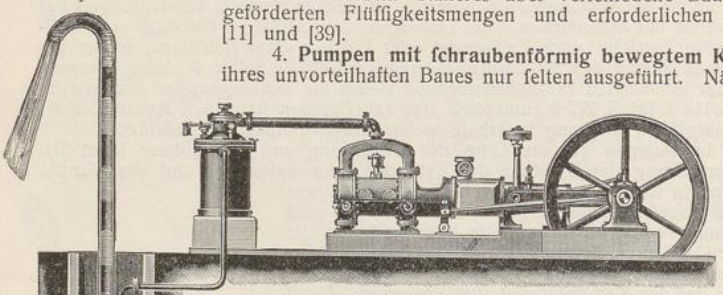


Fig. 23a.

können wegen der Schwierigkeit der Abdichtung der Kolben und als ſolche wirkenden Zahnräder nicht überwunden werden. Der Antrieb erfolgt bei kleineren Ausführungen durch Handkurbel, bei größeren durch Riemen oder Keilräder oder auch durch unmittelbar damit gekuppelte Dampfmaſchinen oder Elektromotoren. Näheres über verſchiedene Bauarten, Ermittlung der geförderten Flüſſigkeitsmengen und erforderlichen Betriebsarbeit in [1], [11] und [39].

4. **Pumpen mit ſchraubenförmig bewegtem Kolben** werden wegen ihres unvorteilhaften Baues nur ſelten ausgeführt. Näheres in [1] und [11].



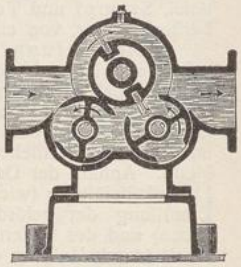


Fig. 24.

Saugheber.

Das Heben von Flüſſigkeiten ausſchließlich durch Saugwirkung wird dadurch bewirkt, daß aus der Leitung, durch welche die Flüſſigkeit gefördert werden ſoll, oder aus einem mit der Leitung in Verbindung gebrachten Behälter die Luft durch eine Pumpe abgeſaugt wird. Der Druck der Außenluft treibt dann die Flüſſigkeit durch die Leitung, ſofern erſterer die dabei entſtehenden Widerſtände zu überwinden vermag. Bei Förderung von Waſſer wird alſo die Höhe, auf welche es durch die Saugwirkung gehoben werden kann, ſtets kleiner als 10 m ſein. Mit Einrichtungen ſolcher Art ſind die nach den Syſtemen von Shone, Liernur und Berlier ausgeführten Entwäſſerungsanlagen verſehen (ſ. Kanaliſationsſyſteme, Bd. 5, S. 356). Auch das in vielen Städten übliche Entleeren der Abortgruben durch Einſaugen der Jauche in Abfuhrtonnen beruht auf der erwähnten Saugwirkung. Die ausſchließliche Benutzung des Drucks der Atmoſphäre zur Flüſſigkeitsförderung findet ferner bei dem in den verſchiedenſten Größen zur Anwendung kommenden Saugheber (ſ. Heber, Bd. 5, S. 3, und Rohrleitungen) ſtatt.

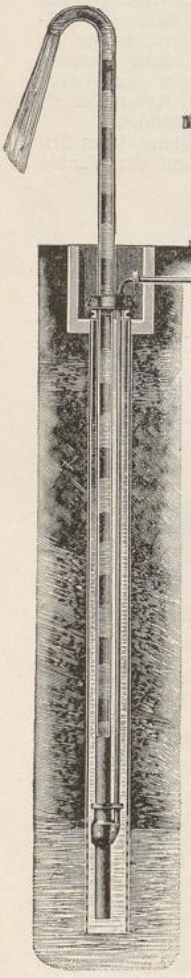


Fig. 25.

Luftdruckpumpen.

Die Förderung von Flüſſigkeiten durch den Druck komprimierter Luft erfolgt durch Vorrichtungen, die mit beſonders erzeugter Preßluft arbeiten, oder durch ſolche, in denen letztere zugleich erzeugt wird. Zu den Hebewerken erſterer Art gehören die in neuerer Zeit zur Waſſerhebung aus engen Bohrbrunnen von größerer Tiefe angeordneten Einrichtungen, bei welchen komprimierte, durch eine beſondere Luftverdichtungspumpe erzeugte Luft durch ein zweites, bis unter den Waſſerſpiegel geführtes Rohr in das Brunnenrohr eingeblaſen wird. Hierbei wird das Gleichgewicht zwiſchen dem das Brunnenrohr umgebenden Grundwaſſer und dem im Rohr nunmehr mit den aufſteigenden Luftblaſen durchſetzen, alſo ſpezifiſch leichteren Waſſer geſtört, ſo daß ein Aufſteigen des letzteren im Rohr entſteht.

Die Maſchinenbauanſtalt A. Borſig, Berlin-Tegel, führt dem Brunnenrohr (Fig. 25) die Druckluft ſo zu, daß ſie am ganzen Umfang desſelben eintritt. Das Luftrohr wird innerhalb des Brunnenrohrs oder neben demſelben niedergeführt. Nach der Angabe von Borſig ſoll man mit einem

Förderrohr von 75 mm Weite durchſchnittlich 400 l, mit einem Rohr von 205 mm 3700 l Waſſer in der Minute fördern können; in der Regel werden für 1 l geförderten Waſſers ungefähr 1,5—1,9 l atmoſphäriſche Luft verbraucht, die nach der Tiefe des Brunnens auf einen entſprechenden Druck verdichtet werden muß. Dieſe Luftdruckpumpen geſtatten auch die Förderung ſand- und ſchlammhaltiger Flüſſigkeiten und Säuren und haben daher durch obige Firma eine große Verbreitung gefunden. Ferner empfiehlt ſich die Verwendung von Mammutpumpen bei großen Förderhöhen unter Terrain wegen des Fortfalles weiter gemauerter Brunnen, deren Anlagekoſten bei zunehmender Tiefe ſchnell wachſen, weiter bei großer Entfernung der Pumpen von den Waſſerentnahmeſtellen ſowie auch zum Abteufen von Bohrrohren in ſchwimmendem Gebirge. — Auch zum Baggern und bei Preßluftgründungen iſt die Mammutpumpe mit Erfolg verwendet worden. Iſt die zu fördernde Flüſſigkeit bis zu erheblicher Höhe über die Sohle des Maſchinenhauſes zu pumpen, ſo wird zweckmäßig ein Zwiſchenbehälter in den Boden gelegt, in den die Mammutpumpe ausgießt. Von dem Zwiſchenbehälter aus fördern dann Kolbenpumpen die Flüſſigkeit auf die gewünſchte Höhe. Näheres über Konſtruktion und Anwendung ſ. [1], S. 513 ff., [31] und [47].

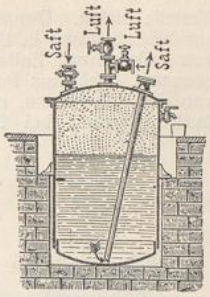


Fig. 26.

Als Luftdruckpumpe kennzeichnen ſich auch die Bierdruckapparate (Bd. 2, S. 28) und der Saftheber (Montejus), der in Fig. 26, die keiner weiteren Erläuterung bedarf, dargeſtellt iſt. Aehnliche Einrichtung zeigen Apparate, welche nach den Bauarten von Laurent und Keſtner zur Hebung von Säuren u. dergl. in chemiſchen Fabriken vielfach angewendet werden (nähere Angaben in [1] nach dem Bulletin de la société d'encouragement 1885, S. 547, und der Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1894, S. 1281). Auch zur Waſſerhaltung in Bergwerken und zur Hebung der Spüljauche an den Tiefpunkten von Entwäſſerungsanlagen ſind Luftdruckpumpen, letztere insbeſondere nach der Bauart von Shone (ſ. Bd. 5, S. 356) zur Anwendung gekommen. Dieſe Apparate geben keine gleichmäßige Förderung, ſondern die Flüſſigkeit wird ruckweiſe im Steigrohr bewegt, indem ein Behälter durch Einlaſſen von Flüſſigkeit gefüllt und dann durch Einlaſſen von Druckluft entleert wird und dieſes Spiel ſich fortſetzt. Hierzu ſind an den mit dem Behälter verbundenen Leitungen Steuerungseinrichtungen notwendig, welche beim Saftheber mit der Hand, bei den andern Apparaten ſelbſttätig geöffnet und geſchloſſen werden. Hebewerke, in welchen auch die Preßluft erzeugt wird, finden ſelten Anwendung und ſind gewöhnlich nach dem Prinzip des Heronsbrunnens (ſ. d.) gebaut, bei welchem die Verdichtung der Luft durch Waſſerdruck erfolgt. Letzteres geſchieht auch bei der Spiralpumpe. Näheres in [1] und [13]. — Der Wirkungsgrad der Luftdruckpumpe iſt klein, wenn die treibende Preßluft nur mit ihrem Volldruck ausgenutzt wird, da nach vollbrachter Wirkung die Luft mit dieſem Druck ausbläſt, alſo ein erheblicher Arbeitsverluſt entſteht. Die Ausnutzung der Druckluft wird erheblich verbeſſert, wenn auch die Expanſionswirkung verwertet wird. Bei der erwähnten Mammutpumpe iſt dies bis zu einem gewiſſen, bei den andern genannten Einrichtungen nur in geringem Grade der Fall. Näheres über die Berechnung der Luftdruckpumpen in [1], S. 477.

Gasdruckpumpen.

Flüſſigkeitsförderung durch den Druck geſpannter Gaſe findet ſich in der Natur bei den Geiſern, Sprudelquellen, Erdölſpringbrunnen u. dergl. Komprimierte Kohlenſäure wird neuerdings zur Entleerung von Bierfäſſern (ſ. Bierdruckapparate) häufig verwendet. Die Hebung von Flüſſigkeiten durch Gasdruck findet ferner bei den Gasſpritzen (Extinkteurs, Minimaxapparate, ſ. Bd. 3, S. 780, und Bd. 6, S. 440) ſtatt.

Dampfdruckpumpen.

Der Druck geſpannten Waſſerdampfes wird zur Flüſſigkeitshebung in verſchiedenen Apparaten benutzt. Am einfachſten iſt der vorgenannte Saftheber (Montejus). Bei ſelbſttätigen Keſſelſpeiſevorrichtungen wird der Keſſeldampf benutzt, um aus einem auf dem Keſſel aufgeſtellten Behälter das zur Verdampfung notwendige Waſſer in den Keſſel in dem Maße fließen zu laſſen, wie es zur Einhaltung des normalen Waſſerſtandes notwendig iſt. Die meiſten Bauarten der Kondenſationswaſſerableiter (Kondenſationstöpfe, Dampfwaſſerableiter, Automaten, Selbſtleerer), deren Hauptzweck darin beſteht, das in Dampfleitungen oder Dampfgefäßen durch Kondenſation des Dampfes ſich niederſchlagende Waſſer ſelbſttätig zu entfernen, ergeben zugleich eine durch den Dampfdruck ſtattfindende Hebung des abgeſchiedenen Waſſers in eine beſondere Ableitung. Wenn der Dampf mit der zu hebenden Flüſſigkeit nicht in Berührung gebracht werden darf, ſo kann eine Membrane dazwiſchen angeordnet werden, welche den Druck des Dampfes auf die Flüſſigkeit überträgt. Solche Membranepumpen werden von Haußmann in Burg bei Magdeburg gebaut und zur Förderung von Flüſſigkeiten der verſchiedenſten Art verwendet. Von den übrigen, in zahlreichen Formen vorgeſchlagenen Dampfwaſſerhebern haben nur die Pulſometer größere Bedeutung erlangt. — Wie bei den meiſten der erwähnten Dampfdruckpumpen entſteht bei den Pulſometern außer der durch den Dampfdruck bewirkten Druckwirkung auch eine Saugwirkung durch die Kondenſation des Dampfes und die dadurch bewirkte Reduktion der Preſſung unter die atmoſphäriſche. Die Pulſometer können einfach oder doppelt wirkend gebaut werden; im erſteren Fall iſt nur ein Gefäß angeordnet, in dem die Saug- und Druckwirkung nacheinander erfolgt, im andern Fall ſind zwei ſolcher Gefäße derart vereinigt, daß in dem einen Flüſſigkeit angeſaugt und gleichzeitig im andern die beim vorhergehenden Spiel angeſaugte Flüſſigkeit nach dem Steigrohr gedrückt wird. Einfach wirkende Pulſometer werden jetzt kaum mehr gebaut, da ſie gegenüber den doppelt wirkenden keine

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Vorteile bieten. Doppelt wirkende Pulſometer werden dagegen häufig angewendet, beſonders zur Waſſerhaltung in Bergwerken, bei Eiſenbahnwaſſerſtationen, als Schiffspumpen, zum Füllen von Reſervoiren, Entleeren von Behältern, Auspumpen von Baugruben, Betrieb von Springbrunnen, auch zum Pumpen von unreinen Flüſſigkeiten. Die verſchiedenen Bauarten, welche von den Fabrikanten, z. B. M. Neuhaus & Co. in Berlin-Luckenwalde, Gebr. Körting, A.-G. in Körtingsdorf bei Hannover, Hannoverſche Zentralheizungs- und Apparatebauanſtalt in Hainholz-Hannover, K. Eichler in Berlin, Koch, Bantelmann & Paaſch in Buckau-Magdeburg, Schäffer & Budenberg in Buckau-Magdeburg, M. Greeven & Co. in Crefeld, Klein, Schanzlin & Becker in Frankental eingehalten werden, unterſcheiden ſich im weſentlichen durch die Konſtruktion der Einrichtungen (Steuerung), welche ſelbſttätig den Dampf in die Kammern des Pulſometers und die zu hebende Flüſſigkeit in dieſe und in das Steigrohr treten laſſen. Fig. 27 zeigt den Pulſometer von Gebr. Körting A.-G. Der mit Abſperrventil *V* verſehene Dampfzutritt *D* wird durch eine Pendelklappe ſelbſttätig geſteuert. Neben den Kammern K_1 und K_2, an deren Hals Luftventile *L* angebracht ſind, befinden ſich die Saugklappen *G* und Druckklappen *H* und die Anſchlüſſe *R* und *S* des Saug- und Druckrohrs. Eine Neuerung bildet die aus zwei Einſpritzröhren *E* und einem Verteilungsorgan *U* beſtehende Einſpritzvorrichtung, die nur ſo lange Waſſer in die eine Kammer treten läßt, als es zur Dampfverdichtung notwendig iſt. Gleichzeitig tritt durch die andre Röhre *E* Waſſer in den damit verbundenen Windkeſſel *W*, aus dem es wieder zurückſpritzt, wenn das Verteilungsorgan ſelbſttätig umgeſteuert hat. Neuerdings bauen die Genannten auch Pulſometer, bei denen die Einſpritzſteuerung fortfällt und jede Kammer mit einem beſonderen Windkeſſel verbunden iſt, aus dem das Waſſer zurückfließt, ſobald die Druckperiode aufhört. Andre Konſtruktionen ſ. in den Katalogen der obengenannten Firmen. Die Pulſometer werden in verſchiedenen Größen, etwa bis zu 10 cbm Flüſſigkeitsförderung in der Minute, gewöhnlich kleiner, gebaut. Bei Förderung von kaltem Waſſer und Verwendung von trockenem Dampf kann eine Saughöhe bis zu 8 m (im günſtigſten Fall) erzielt werden. Die erreichbare Druckhöhe hängt vom Dampfdruck ab. Im allgemeinen wird man nicht über 50 m gehen, zur Ueberwindung größerer Förderhöhen werden entſprechend mehrere Pulſometer übereinander aufgeſtellt. Gegenüber der Dampfpumpe braucht der Pulſometer erheblich mehr Dampf (bei Verſuchen iſt im beſten Fall eine Leiſtung von 7000 mkg für 1 kg Dampf erzielt worden). Billigkeit und Einfachheit bezw. raſche Ausführung der Anlage empfehlen dann, wenn die mit 1—2° pro 10 m Förderhöhe zu rechnende Erwärmung des geförderten Waſſers zuläſſig iſt, die Pulſometer beſonders für proviſoriſche Waſſerhebungen.

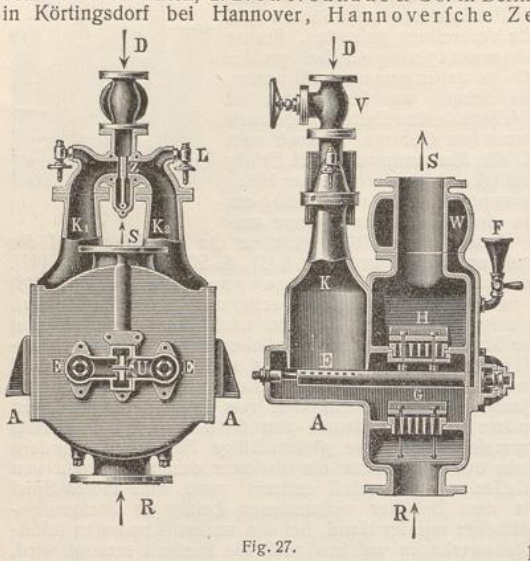
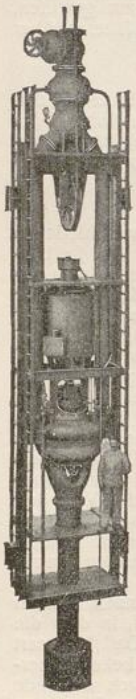


Fig. 27.


Fig. 28.

Zentrifugalpumpen.

Die Wirkungsweiſe der Zentrifugal-, Kreiſel- oder Schleuderpumpen beruht darauf, daß durch raſche Drehung eines von einem Gehäuſe umgebenen Schaufelrades die von dieſem erfaßte Flüſſigkeit durch die Zentrifugalkraft eine derartige Druck- und Geſchwindigkeitsſteigerung erfährt, daß eine Förderung der Flüſſigkeit eintritt. — Lotrechte Anordnung der Welle findet man zuweilen bei ortsfeſten Anlagen mit geringen Förderhöhen, wie z. B. bei

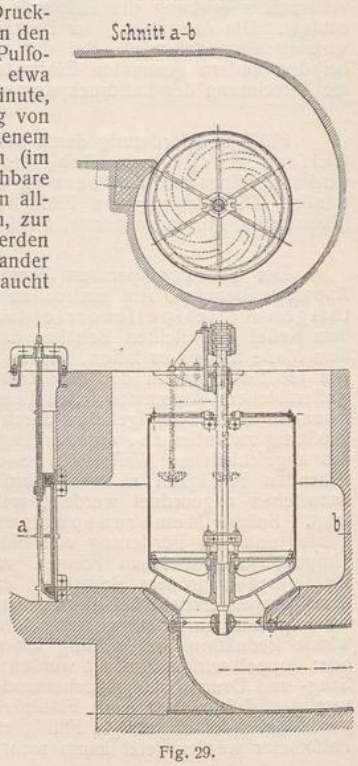


Fig. 29.

Kanalpumpwerken oder Entwäſſerungsanlagen aus Gründen des Antriebes oder der beſſeren Waſſerführung und Wirkungsweiſe. Außerdem aber noch bei den elektriſch betriebenen Senkpumpen der Abteufanlagen und Waſſerhaltungen im Bergbau, woſelbſt der Motor unmittelbar über der Pumpe angeordnet iſt und das Ganze an Seilen bequem geſenkt und gehoben werden kann (ſ. Fig. 28) [1], S. 467 u. 489. — Mit lotrechter Welle iſt die in Fig. 29 veranſchaulichte Schleuderpumpe verſehen, welche in dieſer von Neukirch in Bremen angegebenen Bauart mehrfach bei großen Entwäſſerungsanlagen ausgeführt worden iſt. — Sonſt gilt die liegende Achſenanordnung als normal. — Doppelſeitiger Einlauf des Saugrohres ergibt Aufhebung des einſeitigen Achſendruckes und kleineren

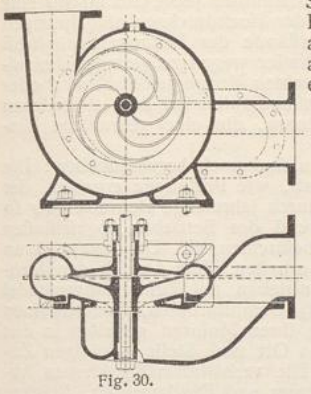


Fig. 30.

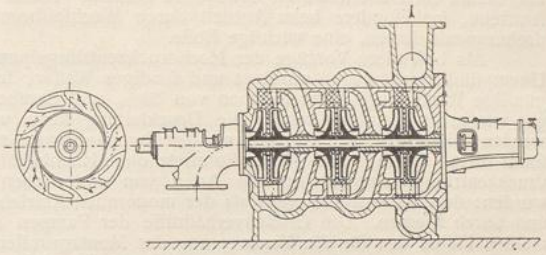


Fig. 31.

Innendurchmeſſer des Rades ([1], S. 462). Infolge der kontinuierlichen Strömung und des Wegfalles von Saugventilen ſind im Betriebe Saugwiderſtandshöhen bis zu 8 m zu erzielen, aber mit Vorſicht anzuwenden. — Die Zentrifugalpumpen werden als Niederdruck- und Hochdruckzentrifugalpumpen ausgeführt.

Fig. 30 zeigt eine von Möller & Blum in Berlin ausgeführte einfache Niederdruckzentrifugalpumpe, bei der das durch das ſeitlich angeſchloſſene Saugrohr zufließende Waſſer von einer Seite in das Rad tritt und dieſes am ganzen Umfang verläßt, um durch das ſpiralförmig anſchließende Gehäuſe nach dem oben anzuſetzenden Steigrohr abzufließen. Die Schaufeln ſind rückwärts gekrümmt; das ſeitlich offene Schaufelrad kann, ohne daß das Gehäuſe vom Fundamentrahmen abgeſchraubt zu werden braucht, nach Abnahme des Deckels herausgenommen werden.

Die neueren Beſtrebungen im Maſchinenbau, die bisher übliche hin und her gehende Bewegung zahlreicher Maſchinenkonſtruktionen in eine drehende umzuformen, um auf dieſe Weiſe die Drehbewegung der elektriſchen Maſchinen bei Erhaltung eines möglichſt hohen Wirkungsgrades direkt nutzbar zu machen, war von großem Einfluß auf die Entwicklung der früher weniger beachteten Zentrifugalpumpe zur Hochdruckzentrifugalpumpe. Dieſe unterſcheiden ſich von den Niederdruckzentrifugalpumpen im weſentlichen durch die Anordnung eines Leitapparates [45], mittels deſſen der Nutzeffekt der Pumpe bedeutend gehoben wird. Waren früher an Niederdruckzentrifugalpumpen 15—20 m Förderhöhe ſchon eine Leiſtung, ſo wurde es durch Einführung des Leitapparates — ähnlich dem Leitrade der Turbinen, daher auch die Benennung Turbinenpumpen — möglich, mit einem Flügelrade auf ſehr große Förderhöhen zu kommen (bis über 100 m) und einen beſſeren Nutzeffekt zu erreichen. Die erſte derartige Hochdruckzentrifugalpumpe war von Gebr. Sulzer in Winterthur 1896 in Genf ausgeſtellt; ſie hob 3 Minuten/cbm auf 45 m Höhe bei 900 Umdrehungen pro Minute.



Fig. 32.

Für größere Förderhöhen werden mehrere Räder hintereinander geſchaltet (Fig. 31) und ſolche Pumpen alsdann als mehrſtufige Turbinenpumpen bezeichnet, die ebenfalls zuerſt von Gebr. Sulzer in Winterthur ausgebildet und außer für Waſſerverſorgungszwecke von dieſer Firma erſtmals als Waſſerhaltungspumpen im Bergbau mit beſtem Erfolge angewendet wurden [21a], S. 1448, [40] und [41]. Seitdem hat die Anwendung mehrſtufiger Turbinenpumpen, weil ſich dieſelben in vorteilhafter Weiſe für elektriſchen Antrieb eignen, für Waſſerhaltungszwecke eine zunehmende Verbreitung gefunden. Fig. 31 zeigt eine ſechsfache Hochdruckzentrifugalpumpe genannter Firma nach neuerem Patent. Fig. 28 ſtellt eine Abteufpumpe obiger Firma dar, die bei 1025 Umdrehungen pro Minute 16 Minuten/cbm auf 45 m Widerſtandshöhe fördert und hierbei einen Wirkungsgrad von 83% ergab. Fig. 32 zeigt die Anordnung einer von Gebr. Sulzer in Winterthur ausgeführten Waſſerhaltung, bei der von nur einer Pumpſtation aus durch zwei Stück vierſtufige Sulzer-Pumpen mit 1040 Umdrehungen pro Minute 7,8 cbm gegen 524 m Widerſtandshöhe gefördert werden [41]. Weitere Ausführungen ſ. [20], S. 1185. — Verſchiedene Syſteme, von denen Worthington-Jäger hervorgehoben werden, ſind in [20], S. 1183, ſchematiſch dargeſtellt. Außerdem bauen mehrere Maſchinenfabriken ihre eignen Konſtruktionen; die von Pröll zeichnet ſich ebenfalls durch einen guten Nutzeffekt aus. Außer andern Einzelheiten wurde bei den Hochdruckzentrifugalpumpen der ſorgfältigen Lagerung und der Aufhebung der Axialdrücke beſondere Beachtung zugewendet.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Während bei den einfachen Rädern letztere sich durch Anwendung doppelten Einlaufes ergibt, wird sie bei mehrstufigen Pumpen in verschiedener Weise erreicht: Gebr. Sulzer ordnen die Räder paarweise symmetrisch an (vgl. Fig. 31). Bei Borsig arbeiten die Räder durch eine Trennungswand in zwei symmetrische Gruppen geteilt. Beide Arten der Ausgleichung bedingen stets eine gerade Anzahl der Räder. Diese Einschränkung entfällt bei den Konstruktionen von Jäger und von Rateau. — Da bei gegebenen Verhältnissen jeder Umlaufzahl eine bestimmte Förderhöhe entspricht, ist es bei der Berechnung der Hochdruckzentrifugalpumpen nötig, neben der geodätischen Förderhöhe die Reibungswiderstände der Leitungen möglichst genau zu ermitteln, da sonst der Fall eintreten kann, daß das Wasser wegen zu geringer Umlaufzahl nicht auf die beabsichtigte Höhe oder nicht in der gewünschten Menge gefördert wird oder umgekehrt ein Ueberschuß an Druckhöhe entsteht. Dieser Umstand spielt bei dem elektrischen Antriebe, insbesondere beim Antrieb durch Wechselstrommotoren, die eine gebundene Umdrehungszahl haben, eine wichtige Rolle.

Als besondere Vorzüge der Hochdruckzentrifugalpumpen sind noch hervorzuheben: Die Unempfindlichkeit gegen unreines und sandiges Wasser, so daß, wie Prüfungen ergaben, der günstige Wirkungsgrad der Pumpen von 80 % und darüber durch jahrelange Betriebsdauer so gut wie nicht beeinflußt wird. Die Druckleitung kann während des Betriebes abgeschlossen werden, ohne daß eine Gefährdung der Pumpenorgane zu befürchten ist. Die Pumpe kann somit direkt in ein geschlossenes Rohrnetz ohne Hochbehälter arbeiten. Zum Antrieb der Hochdruckzentrifugalpumpen sind alle Arten von motorischen Antrieben mit Erfolg angewendet worden: durch Elektromotoren (als der modernsten Antriebsart), Dampfturbinen, Wasserturbinen und durch Riemen. Die Größenverhältnisse der Pumpen und ihrer Motoren gestatten in den meisten Fällen den für die Verringerung der Montagekosten an Ort und Stelle wichtigen Zusammenbau beider Maschinen auf gemeinsamer Grundplatte. Die verhältnismäßig kleinen Abmessungen ergeben große Ersparnisse an Anschaffungskosten, Raum und Fundamenten. Letztere Umstände sind besonders für Gruben von großer Wichtigkeit. Die Wartung ist äußerst gering. Ein Verschleiß ist kaum wahrnehmbar. — Die Erstellung der Kraftzentrale über Tage an einem beliebigen Orte, die einfache Einführung der elektrischen Energie in die Gruben war neben den aufgeführten Vorzügen ausschlaggebend, daß die Hochdruckzentrifugalpumpe im Bergbau dominierend geworden ist.

Bemerkenswert sind ferner die Zentrifugalpumpen zur Bewältigung sehr großer Mengen für Bewässerungszwecke, die von Dampfmaschinen normaler Arbeitsgeschwindigkeit entweder vermittelst direkter Kupplung oder Riemen und Seilen angetrieben werden. Zum Beispiel lieferten Gebr. Sulzer in Winterthur für Aegypten die maschinellen Einrichtungen zu Bewässerungsanlagen, bei denen unter anderm je eine durch eine liegende Dreifachexpansionsmaschine angetriebene Zentrifugalpumpe folgende Daten aufweist: Manometerförderhöhe 22,4 m, Fördermenge 3000 l/sec, theoretische Leistung 895 PS., indizierte Leistung der Dampfmaschine 1355 PS; Umläufe pro Minute 110, Füllung des Hochdruckzylinders 0,33 und Verbrauch an Kohle von 8000 W.E. Heizwert für 1000 cbm gehobenes Wasser 68 kg. Näheres hierüber s. [42]. In Dockbetrieben und im Schiffsdienst kommen ebenfalls Zentrifugalpumpen mit großen Fördermengen zur Verwendung [5], wie auch mitunter in städtischen Kanalisationen [19] und bei Wasserversorgungen. Die Berechnung der Zentrifugalpumpen s. [1], S. 434 ff., [7] und [14].

Die Förderhöhe kann bei Hochdruckzentrifugalpumpen nach Angaben von Sulzer für beliebig große Wassermengen und bei sehr großen Druckrohrlängen bis zu 800 m ansteigen. — Die Geschwindigkeit im Saugrohr kann bei kurzer Saugleitung bis zu 2,5 m angenommen werden. Die Geschwindigkeit im Druckrohr wird wesentlich von dessen Länge abhängen, da bei sehr langen Leitungen und großer Geschwindigkeit ein erheblicher Leitungsverlust entsteht; man wird daher die Geschwindigkeit von rund 1 m annehmen und dann nachrechnen, ob der Arbeitsverlust noch in zulässigen Grenzen bleibt. Die Schaufelform kann sehr verschieden genommen werden; Fink [7] empfiehlt eine nach einer archimedischen Spirale zurückgekrümmte, Rittinger eine schwach rückwärts gekrümmte, Herrmann [14] eine vorwärts gekrümmte Schaufel; über die bei diesen Formen sich ergebenden Vor- und Nachteile s. [1]. Der Wirkungsgrad η ergibt sich bei kurzen Leitungen zu 0,5–0,7, unter recht günstigen Verhältnissen und guten Ausführungen bis über 0,8. — Das Förderquantum ist, besonders bei mittleren und größeren Förderhöhen, nach unten begrenzt. Bei mäßigen Förderhöhen können durch entsprechend bemessene und konstruierte Zentrifugalpumpen, wie gezeigt, ganz bedeutende Wassermassen bewältigt werden. Zentrifugalpumpen aus Steinzeug s. [1], S. 468. Ferner lassen sich alle Schleuderpumpen auch zur Förderung unreiner, schlammiger oder sandiger Flüssigkeiten verwenden [4]. — Schraubenpumpen finden selten Anwendung. Näheres s. [1], S. 468.

Wasserstrahlpumpen mit gleichförmiger Wirkung s. Strahlapparate, mit stoßweiser Wirkung s. Widder, hydraulischer, und [11a]; Dampfstrahlpumpen (Elevatoren, Ejektoren, Injektoren) s. Strahlapparate. Vgl. a. Dampfkesselspeiseapparate.

Literatur: [1] Hartmann-Knoke-Berg, Die Pumpen, 3. Aufl., Berlin 1906. — [2] Rühlmann, Allgemeine Maschinenlehre, 2. Aufl., Bd. 4, S. 308, Leipzig 1888. — [3] Post, Wasserwirtschaft in den norddeutschen Seemarschen, Zeitschr. d. Arch. u. Ing.-Ver. zu Hannover 1894, Heft 4. — [4] Post, Ueber die verschiedenen Arten von Dampfschöpfwerken zur Entwässerung von Niederungen, Zeitschr. f. Bauwesen 1894, S. 267 u. 395. — [4a] Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1892, S. 1021. — [5] Busley, Die Schiffsmaschine, 3. Aufl., Kiel und Leipzig 1901. — [6] Bach, Konstruktion der Feuerspritzen, mit Anhang: Die allgemeinen Grundlagen für die Konstruktion der Kolbenpumpen, Stuttgart 1883. — [7] Fink, Theorie und Konstruktion der Brunnenanlagen, Kolben- und Zentrifugalpumpen, 2. Aufl., Berlin 1878. — [8] Riedler, Indikatorversuche an Pumpen und Wasserhaltungsmaschinen, München 1881. — [9] Jeep, Der Bau der Pumpen und Spritzen, 2. Aufl., Leipzig 1891. — [10] Hoppe, Die Ventilpumpen oder die Lehre von der Bewegung

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

felbſttätiger Ventile. — [11] Poillon, Traité théorique et pratique des pompes et machines à élever les eaux, Paris 1885. — [11 a] Berthot, P., Traité de l'élévation des eaux, Paris 1893. — [12] Björling, Pumps and pump motors, London 1895. — [13] Herrmann-Weisbach, Ingenieur- und Maſchinenmechanik, 1881, 3. Teil, 2. Abteilung. — [14] Herrmann, Graphiſche Theorie der Turbine und Kreiſelpumpen, Berlin 1887. — [15] Riedler, Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1890, S. 537. — [16] Derſ., ebend. 1893, S. 955. — [17] Derſelbe, „Schnellbetrieb“ 1899. — [18] „Hütte“, d. Ing. Taſchenbuch 1902, Bd. 1, S. 1153 ff. — [19] Mueller, Otto H., Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1897, S. 8. — [20] Derſ., ebend. 1905, S. 981. — [21 a] Gutermuth, ebend. 1901, S. 1441. — [21 b] Derſ., ebend. 1904, S. 932 und 934. — [22] Schröder, ebend. 1902, S. 785. — [23] Derſ., ebend. 1907, S. 925. — [24] Frölich, ebend. 1900, S. 1712. — [25] Derſ., ebend. 1904, S. 3. — [26] Vacherot, ebend. 1899, S. 769. — [27] Schiele, ebend. 1892, S. 1001. — [28] Die Waſſerverſorgung von La Chaux-de-Fonds, ebend. 1888, S. 662. — [29] Kröber, ebend. 1895, S. 1069. — [30] Joſſe, ebend. 1895, S. 364. — [31] Derſ., ebend. 1898, S. 981. — [32] Baum und Hoffmann, ebend. 1904, S. 1829. — [33] Expreßpumpe, Patent Steuer, ebend. 1904, S. 483. — [34] Vogel, ebend. 1904, S. 536. — [35] Stodola, ebend. 1898, S. 197. — [36] Bavier, v., ebend. 1900, S. 1. — [37] Ehrhardt, ebend. 1901, S. 1642. — [38] Gerdau, ebend. 1899, S. 29. — [39] Kammerer, ebend. 1905, S. 1040. — [40] Heerwagen, ebend. 1901, S. 1549. — [41] Herzog, Schweiz. Elektr.-Zeitſchr. Nr. 38. — [42] Huber, Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1908, S. 42. — [43] Dubbel, ebend. 1902, S. 839. — [44] Derſ., ebend. 1904, S. 1003. — [45] Grun, ebend. 1907, S. 543. — [46] Biel, ebend. 1908, S. 442. — [47] Guillery, Organ für die Fortſchritte des Eiſenbahnweſens 1907, S. 239. — [48] Weiß, Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1891, S. 1065. — [49] Davey, Henry, Pumping Machinery, London 1905.

F. Becher.

Pumpendampfer, ein mit leiſtungsfähigen Kreiſelpumpen ausgerüſteter Dampfer für Bergungszwecke (ſ. Bergungsdampfer).

Pumpenkolben ſind teils einfach wirkend als Tauch-, Ventil- und Differentialkolben, teils doppelt wirkende Tauch- und Scheibenkolben.



Fig. 1.

Pumpenkolben erhalten meiſt gußeiſerne Körper und als Liderung Eiſen- oder Metallringe, Holz, Leder oder Hanf. Zur Förderung von Flüſſigkeiten, die das Eiſen angreifen, ſo auch bei Seewaſſer, überzieht man gußeiſerne Kolben mit Bronze, wenn man nicht gar das Ganze in Bronze ausführt. Gewöhnlich fertigt man wenigſtens die Schraubenmuttern aus Bronze. Für Säuren und Laugen benutzt man auch vollſtändig aus Steinzeug hergeſtellte Pumpen mit glattgeſchliffenen Kolben (vgl. Pumpenventile, Fig. 1). Die Abbildungen zeigen Beiſpiele der Ausbildung. Fig. 1 kleiner Tauchkolben (Plunſcher- oder Mönchskolben) für eine Speiſepumpe; Fig. 2 ein größerer, doppelt wirkender Tauchkolben, der durch eine oder zwei Stopfbüchſen geht (ſ. Bd. 2, S. 585); Fig. 3



Fig. 2.

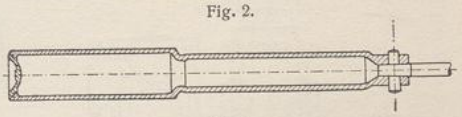


Fig. 3.

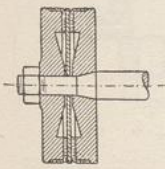


Fig. 4.

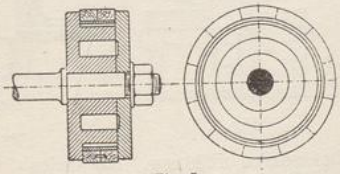


Fig. 5.

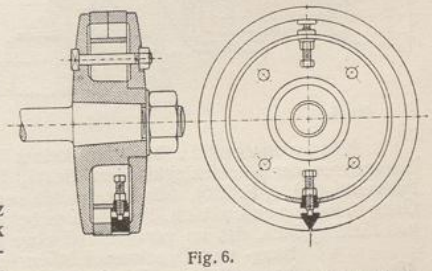


Fig. 6.

Differentialkolben, deſſen Ringfläche als Differenz der beiden Querſchnitte dauernd unter dem Druck des geförderten Waſſers ſteht, ſo daß durch „hydrauliſches Gegengewicht“ der Druck für Hin- und Rückgang ausgeglichen wird. Ueber die Berechnung der Wandſtärke ſ. Preßkolben. Fig. 4 Scheibenkolben mit doppelter Ledermanſchette mit Blechzwiſchenlage, geeignet für (nicht ſaures) Waſſer gewöhnlicher Temperatur bis zu 50 m Hubhöhe. Fig. 5 Scheibenkolben mit Holzſegmenten (Ahorn, Eiche, Pappel) und Stahlfederring für Kondenſationsluftpumpen. Fig. 6 Kolben für kaltes und heißes Waſſer, Dampf, Luft u. ſ. w. mit Rotgußringen, deren Enden durch einen Keil von weichem Meſſing geſperrt werden, wobei die Stellſchrauben für beide Ringe diametral gegenüber in einem geſchloſſenen, federnden Stahl-

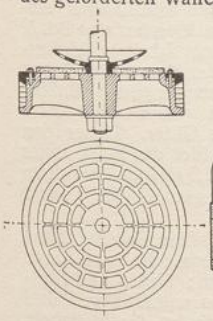


Fig. 8.

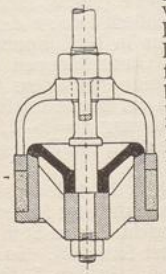


Fig. 7.

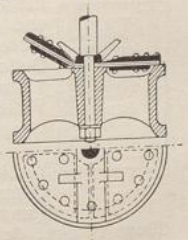


Fig. 9.

ringe ſitzen. Rotgußringe ſind nur für Pumpen mit längeren Stillſtänden und für ſaures Grubenwaſſer nötig. Gewöhnlich nimmt man gußeiſerne, ſelbſtſpannende Ringe wie für Dampfkolben (Bd. 2, S. 589). Fig. 7 Ventilkolben mit nachſtellbarer Hanfſeilpackung für kaltes und warmes Waſſer. Fig. 8 Kolben mit Weichpackung für Kondenſationsluftpumpen (ſ. Bd. 5, S. 592, und Bd. 6, S. 256) mit einer Gummiſcheibe über der gegitterten Sitzfläche. Fig. 9 Pumpenkolben mit einer armierten Lederkappe über halbkreisförmigen Oeffnungen und mit Liderung durch eine Filzeinlage, außen umwickelt mit geteertem Segeltuch, das gegen ſandiges Waſſer widerſtandsfähiger iſt als Leder. *Lindner.*

Pumpenſatz, ſ. Waſſerhebung.

Pumpenſood, ein Gehäuſe für Schiffspumpen, welches die Saugrohre der Pumpen umſchließt und dieſelben vor Beſchädigung durch die Ladung ſchützt.

Pumpenventile ſperren als ſelbſttätige Rückſchlagventile die Förderleitung vor und hinter dem Pumpenraum ab.

Man unterſcheidet Hub- und Klappenventile, ferner Gewichtsventile, die nur vermöge ihres Eigengewichtes in der Flüſſigkeit auf dem Sitz aufruhen, und Federventile mit elaſtiſcher Niederhaltung. Saug- und Druckventile werden in der Schlußſtellung außer durch ihre Belaſtung auch durch den Flüſſigkeitsdruck von der geſamten Förderhöhe aufgepreßt. Tellerventile haben ebene Sitzflächen, Kugel- und Kegelventile ſchräge Ringflächen. Die Dichtung erzielt man bei Metall durch Aufſchleifen; Gummi und Leder halten unter dem Druck dicht, ſolange das Material elaſtiſch bleibt. Ueber die Eignung verſchiedener Liderungen ſ. Pumpenkolben.

In Fig. 1 ſind Kugelventile als Saug- und Druckventile einfachſter Form an einer aus Steinzeug [12] gefertigten Pumpe dargeſtellt. Die rund geſchliffenen Kugeln, 1,4—1,5 mal ſo groß wie die Sitzweite, ſind unter fortwährendem Drehen auf den Sitz geſchliffen und werden durch einen Ventilfänger im Hub beſchränkt. Für Schwefelſäurepumpen benutzt man auch Gußeiſenkugeln mit Bleimantel, für ſchlammige Flüſſigkeiten mit Gummimantel, ſonſt auch maſſive Metallkugeln. Im Betriebe halten Kugelventile nicht vollkommen dicht, werden aber, auch bei unreinen Flüſſigkeiten, niemals ganz undicht.

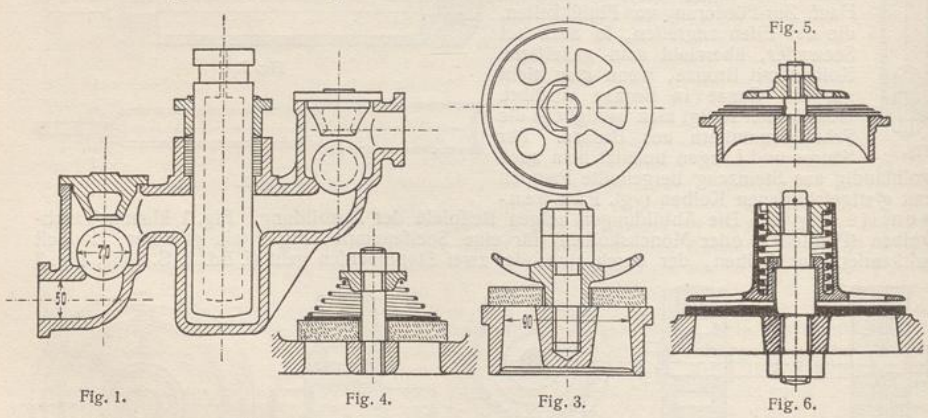


Fig. 1. Fig. 4. Fig. 3. Fig. 5. Fig. 6.

Klappenventile bedürfen keiner beſonderen Führung. Als Gelenk dient ſtatt des Scharnieres der Rückſchlagklappen (Bd. 5, S. 503) die biegſame Klappe ſelbſt, wie bei dem Fußventil (Bd. 4, S. 225). Mit Eiſenplatten verſteifte Lederklappen eignen ſich nur für langſamen Gang (ſ. Pumpenkolben, Fig. 7). Eine beſondere Art bilden die Gutermuthklappen (Fig. 2) von Meſſingblech, das im geraden Teil etwa 1 mm ſtark, im gerollten, federnden $^1/_2$ mm ſtark iſt.

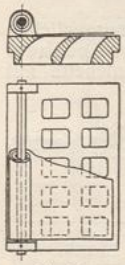


Fig. 2.

Saug- und Druckventil laſſen ſich in einen kegelig eingeſetzten Ventilkörper einbauen [10]. — Eine rechteckige Gummiklappe iſt in dem Kondenſator Bd. 5, S. 592, enthalten. — Die runde Gummiklappe (Fig. 3) biegt ſich kugelſchalenförmig auf bis an den Klappenfänger und ſchließt infolge der dem Stoff eignen Elaſtizität ſchnell und ſanft. Sie wird beſonders in Naßluftpumpen (Bd. 6, S. 256) und auch ſonſt ſehr häufig verwendet [13]. Gummiklappen von $h = 1{,}3$—2 cm Stärke liegen am Rande mit 5—15 mm Randbreite auf einem Gitter. Ueber den Oeffnungen von annähernd a cm Länge und b cm Breite erleidet die Platte unter p Atmoſphären Ueberdruck eine zuläſſige Spannung $s = 2$—2,5 kg/qcm in kaltem Waſſer, bezw. $s = 0{,}5$ kg/qcm in 30—40° warmem Waſſer, gemäß der Formel $s = p\, b^2/h^2\, 2\,(1 + (b/a)^2)$.

An dem Plattenventil (Fig. 4) hebt ſich die federbelaſtete Scheibe ohne Verbiegung und erfordert daher nicht ſo gutes elaſtiſches Material; ſie kann durch Gewebeeinlagen verſtärkt werden, auch aus verſchiedenem Stoff: Weich- und Hartgummi, Filz, Leder und Blech zuſammengeſetzt ſein [13]. So enthält Fig. 5 drei dünne Bleche, deren untere ſtellenweiſe durchbrochen ſind. In Fig. 6 findet die Platte ein federndes Widerlager [13].

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Ringventile laſſen die Flüſſigkeit am äußern und innern Rande durchſtrömen, wobei die Führung des Ringes die Abſtrömung nicht hindern darf. Fig. 7 zeigt eine Weiterbildung des Corlißventils [1], das aus einem Blechring von Bronze, Flachfeder und vierflügeligem Halter beſteht. Hier iſt der Ring mit unten vorſtehenden Schleifrändern und durchbrochenem Zylinderaufſatz gegoſſen, der dem Ringe eine beſſere Führung gibt und gelegentlich auch abgebrochene Federſtücke abfangen kann. An dem ſogenannten Glockenventil, Fig. 8 (ſ. Bd. 3, S. 8), liegt der innere Sitzrand tiefer, mit Rückſicht auf die Strömung und den Anſchluß der Rippen; zur Dichtung ſind Vulkanfiberringe eingelegt. Das Ringventil (Fig. 9), von denen 100 Saug- und 100 Druckventile zu einer Pumpe gehören [15], führt ſich mit einer langen Hülſe auf einer Spindel in wagerechter Lage, wobei berückſichtigt iſt, daß der Schwerpunkt nahe in die Mitte der Tragfläche fällt.

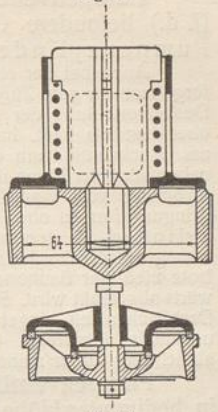


Fig. 7.

Fig. 8.

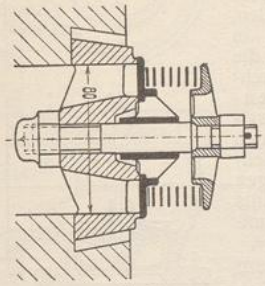


Fig. 9.

Mehrfache Ringventile geben die erforderliche Durchgangsfläche bei geringem Hub frei, weshalb man ſie bei großen Waſſermengen anwendet [5], [8], [9], falls man ſich nicht zu einer großen Zahl kleiner Ventile [1] entſchließt. In Fig. 10 ſind die Ringe mit ſechs Rippen und der Führungshülſe in einem Stück gegoſſen. Dagegen enthält Fig. 11 einzelne

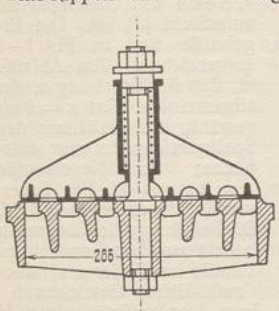
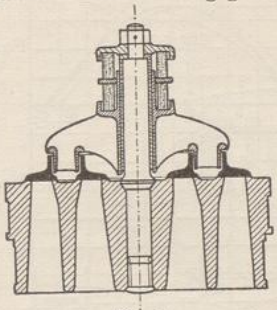


Fig. 10.


Fig. 11.

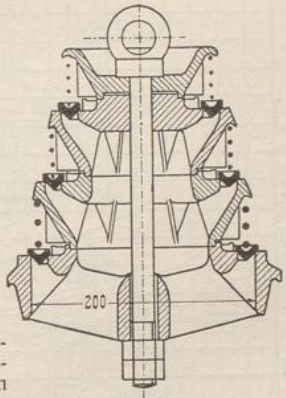


Fig. 13.

Ringe, geführt durch einen gemeinſamen Halter mit Gummirohrfeder, wobei ein im Spalt eingeklemmter Fremdkörper nicht ſämtliche Ringe verhindert, ſich aufzuſetzen. Ringe mit kegelförmigen Sitzflächen laſſen ſich nur einzeln dicht ſchleifen. Am Fernisventil (Fig. 12) nimmt der untere Ringteil den Druck auf, während das Leder die Abdichtung bewirkt, der obere Ringteil aber zur Führung in dem Halter dient; Rillen in der Sitzfläche des unteren Ringteils laſſen beim Oeffnen des Ventils den Waſſerdruck bis unter die Lederdichtung dringen. Am Stufenventil (Etagenventil) liegen die Ringe übereinander, entweder in gleicher Größe oder, der Strömung angepaßt, nach oben zu verjüngt, wie in dem Pyramidenventil (Fig. 13) von C. Hoppe. Das Ventil von Körting (Fig. 14) trägt mehrere mit kegeligen Sitzflächen verſehene Gummiringe, die ſich beim Oeffnen ein wenig ausweiten und durch eigne Elaſtizität zurückfedern.

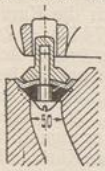
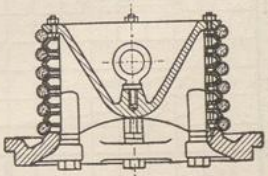


Fig. 12.

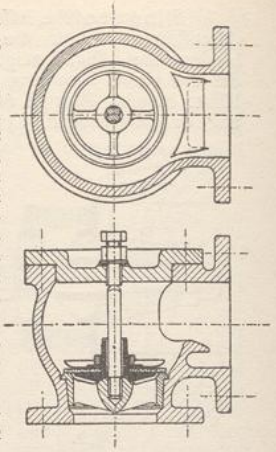

Fig. 14.

Geſteuerte Ventile nach Riedler [7] werden gleichzeitig mit dem Kolbenauslauf bis nahe auf den Sitz niedergedrückt, ſo daß ſie unmittelbar nachher abſchließen können, ohne hart aufzuſchlagen, ſelbſt bei hohem Ventilhub und ſchnellem Gang der Pumpe. Als einfache Tellerventile erſetzen ſie die mehrfachen Ringventile. Die äußere Steuerung von der Welle bis zu dem zwangläufig bewegten Widerlager des Ventils erſchwert den Bau und die Unterhaltung der Pumpmaſchine, veranlaßt auch Störungen beim Einklemmen eines feſten Körpers im Ventil, ſo daß nach der Erfahrung die Vorzüge durch die Nachteile übertroffen werden. Vgl. die Literatur unter Pumpen.

Literatur: [1] Mueller, O. H., Das Pumpenventil, Leipzig 1900. — [2] Bach, C., Verſuche über Ventilbelaſtung und -widerſtand, Berlin 1884. — [3] Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1886, S. 421—1063; 1887, S. 41—67. — [4] Ebend. 1893, S. 381—386. — [5] Ebend. 1902, S. 661—669. — [6] Ebend. 1904, S. 1093—1188, und Forſchungsarbeiten, Heft 30. — [7] Ebend. 1905, S. 485—622. — [8] Ebend. 1885, S. 502—585, und 1890, S. 537—636. — [9] 1886, S. 935—940. — [10] Ebend. 1904, S. 932. — [11] Ebend. 1905, S. 1030. — [12] Ebend. 1905, S. 1303. — [13] Ebend. 1905, S. 1935—2105. — [14] Ebend. 1907, S. 931. — [15] Ebend. 1907, S. 1226. — [16] Ebend. 1908, S. 780—786. *Lindner.*

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Pumpenventilgehäuse bilden an manchen Pumpen (s. d.) besondere Gußstücke, an andern einen Teil des Pumpenzylinders (s. d.).



Auch bei der einfachsten Form (s. Pumpenventile, Fig. 1) sorgt man für gute Zugänglichkeit des Ventils durch einen besonderen Deckelverschluß, der in Rücksicht auf die Bearbeitung meist gerade über dem Sitz liegt. Im Saugventilkasten darf sich kein Luftsack bilden, am Druckventil kann der Deckel als Haube ausgeführt werden. In nebenstehender Figur ist das Gehäuse kugelförmig ausgebildet, um die Strömung vom Ventilspalt nach oben abzulenken und um Durchdringungsformen ohne Biegungsspannungen zu erzielen (s. Pumpenzylinder). In dem mit trompetenartiger, oben abgeflachter Erweiterung anschließenden Druckstutzen ist ein Wehr so eingesetzt, daß trotz niedriger Bauhöhe die Strömung am Ventil nicht sogleich seitwärts abgelenkt wird. Kleinere Ventilsitze werden in schlank kegeligen Drehflächen fest eingetrieben und vor dem Aufschleifen des Ventils nochmals überdreht. Größere Sitze spannt man mit Rundgummiabdichtung durch mehrere Schrauben fest. *Lindner.*

Pumpenventilgleichgewicht besteht, wenn an dem in bestimmter Höhe schwebenden Ventil der Belastung eine gewisse Intensität der Strömung entspricht.

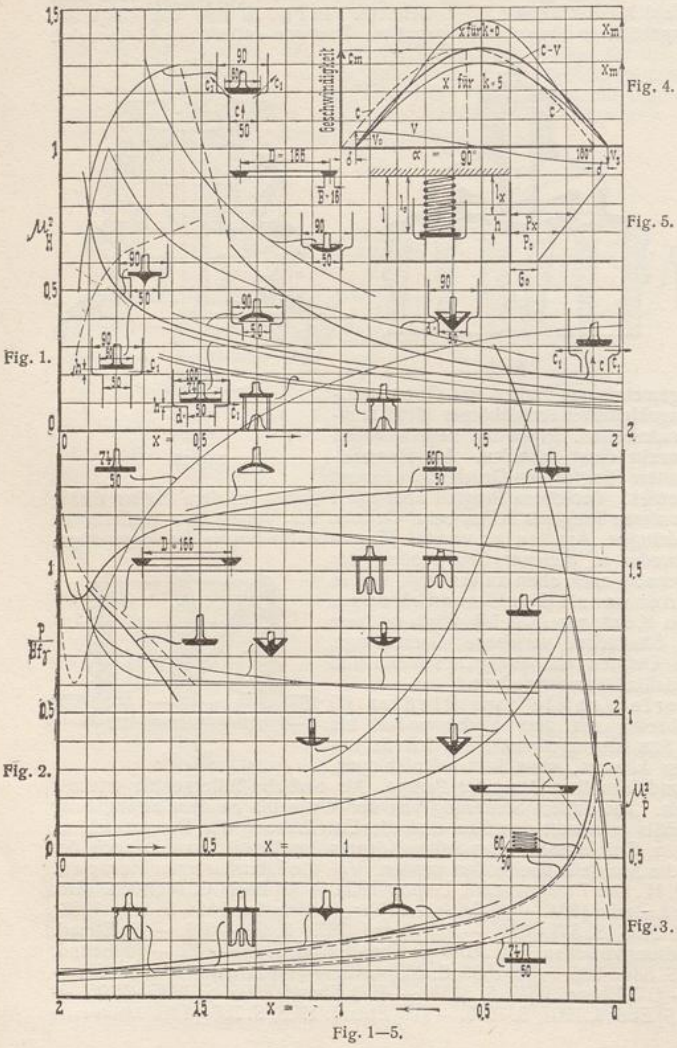


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3. Fig. 4. Fig. 5.

Fig. 1—5.

Durch Versuche mit verschiedenen Ventilformen hat v. Bach das Gleichgewicht untersucht [2], [3]. Die Ergebnisse sind in Fig. 1—3 aufgezeichnet. Als Abszisse ist, statt der Erhebung h, der allgemeinere Wert $x = h\,u/f$ gewählt, das Verhältnis des Spaltquerschnittes zur Sitzfläche; für Kegelventile $x = h\,u\,\cos\alpha/f$. Für Tellerventile ist dabei $x = 4\,h/d$. Die Belastung P in Kilogramm besteht aus dem Gewicht des Ventils im Wasser und einer zusätzlichen Gewichtsauflage. Der Wasserüberdruck H in Metern $W\,s$ äußert auf die Fläche f in Quadratmetern mit $\gamma = 1000$ kg/cbm den Druck $H\,f\,\gamma$. Nach Fig. 2 ist für das Tellerventil von 74 mm Plattengröße über 50 mm Sitzweite $P = H\,f\,\gamma$ nur bei $x = 0{,}2$, bei höherer Ventilstellung aber größer, und es scheint, daß sich die Kurve dem Grenzwert $(74/50)^2 = 2{,}2$ nähert. Offenbar breitet sich der Flüssigkeitsdruck H bei zunehmender Erhebung auf eine Fläche aus, die größer als f ist, indem er eigentlich bis an die äußere Kante allmählich abnimmt. Bei sehr geringer Erhebung, kleiner als $x = 0{,}2$, wirkt der Strahl, indem er sich zwischen den Sitzflächen von innen nach außen ausbreitet, saugend, so daß hier P kleiner als $H\,f\,\gamma$ erscheint. Ebenso für die andern Ventilformen. An Kegelventilen wird P durchweg kleiner als $H\,f\,\gamma$, weil hier der Wasserdruck schon bis an den Rand der Unterfläche f abfällt. Die gestrichelte Kurve gilt für ein

Kegelringventil nach Klein [7]. — Soweit die Ordinaten mit x wachsen, wäre das Gleichgewicht labil, wenn nicht der Strömungsdruck bei einer kurzen Bewegung des Ventils nach oben relativ stark abnähme und auf das sinkende Ventil stärker wirkte.

In bezug auf die Spaltgeschwindigkeit c_1 gilt $H = c_1^2/2g\mu H^2$ und $P/f\gamma = c_1^2/2g\mu P^2$. Die Werte von μH^2 sind in Fig. 1, für μP^2 in Fig. 3 nach [2] berechnet und eingezeichnet. Sie verhalten sich wie $P : H f \gamma$. Aus Ventilerhebungsdiagrammen von einer Pumpe mit federbelastetem Tellerventil von 60 auf 50 mm hat Berg die Werte für μP berechnet und in [6] angegeben; die hiernach in Fig. 3 gestrichelte Kurve zeigt eine sehr gute Uebereinstimmung mit der aus v. Bachs Versuchen entnommenen Kurve für das gleiche Tellerventil. Bei den Kegel- und Kugelventilen erreichen die Ausströmkoeffizienten Werte über 1, was sich daraus erklärt, daß die Energie der schräg aufwärts gerichteten Strömung sich oberhalb des Ventils zum großen Teil wieder in Druckhöhe umsetzt, wogegen bei den Tellerventilen der Strahl senkrecht gegen die zylindrische Gehäusewand stößt, so daß seine Energie verloren geht.

Kegelventile mit ebener Unterfläche führen den Strahl nur bei geringen Erhebungen in der Richtung der Kegelfläche (Fig. 1, links oben), bei größeren Erhebungen (über den Sitz hinaus) geht die Strömung plötzlich in diejenige der Tellerventile über (Fig. 1, rechts unten).

Lindner.

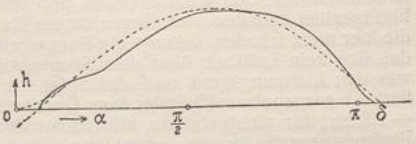
Literatur f. Pumpenventile.

Pumpenventilhub ist in seinem Verlauf maßgebend für die Geschwindigkeit, mit der eine Pumpe arbeiten darf, ohne zu schlagen.

Die Erhebung beginnt durch den Eröffnungsstoß, den v. Bach mittels eines Indikators mit gespannt gehaltener Feder gemessen hat [3]. Der plötzliche Ueberdruck erteilt dem Ventil eine Anfangsgeschwindigkeit, die gleich der augenblicklichen Strömung des Wassers im Ventil ist, um so höher, je größere Geschwindigkeit der Kolben nach Ueberschreitung des Totpunktes schon angenommen hat. Die Verspätung, gemessen durch den Kurbelwinkel δ (s. Pumpenventilgleichgewicht, Fig. 4) ist bedingt durch den verspäteten Abschluß des mitarbeitenden Ventils und noch etwas größer, wenn der Pumpenzylinder elastisch nachgibt oder Luft enthält, schon wenn er mit dem federnden Indikator in Verbindung steht [6].

Die Berechnung des Ventilspieles sei für eine Pumpe mit Kurbelantrieb ohne Rücksicht auf den Einfluß der Pleuelstange durchgeführt, alle Maße in Metern. Die Kolbenfläche F, der Hub $2R$ und die Drehgeschwindigkeit $\omega = 2\pi n/60 = 0{,}1\,n$ fördert sekundlich $Q = FR\omega/\pi$ und bewirkt bei der Kolbengeschwindigkeit $R\omega \sin\alpha$ im Ventilsitz f die Strömung c mit dem Höchstwert $c_m = FR\omega/f$, dem Durchschnittswert $2c_m/\pi$ und jeweilig $c = c_m \sin\alpha$. Das Ventil beginnt mit $v_0 = c_m \sin\delta$ und steigt mit der Geschwindigkeit v, die nach Hubmitte negativ wird, bis es mit $v_s = -c_m \sin\delta$ im Winkel δ jenseits des Totpunktes wieder auf den Sitz trifft. Die Verspätung ergibt sich daraus, daß das Ventil selbst (wie ein beweglicher Kolben) das Wasser verdrängt und — bei stillstehendem Pumpenkolben — die Menge fv durch den Spalt hindurchlassen muß. Dabei fließt aber im Spalt das Wasser niemals zurück, sondern wegen der Ventilbelastung immer von unten nach oben durch, mit der Geschwindigkeit c_1. Es ist in jedem Augenblick $fc - fv = hu c_1$. Unter der Annahme, daß c_1 konstant ist, läßt sich mit $v = dh/dt$ die Gleichung integrieren, und man erhält, in Uebereinstimmung mit der Theorie von Westphal [4] und der Rechnung von Müller [1], für das Ventil eine Sinusbewegung mit $h = h_m \sin(\alpha - \delta)$, $v = v_0 \cos(\alpha - \delta)$ und der Beschleunigung $dv/dt = -h\omega^2$. Die Beschleunigung bedingt einen geringen Unterschied zwischen der Belastung und dem Wasserüberdruck, der sich jeweils dementsprechend einstellt.

Setzt man dem Pumpenventilgleichgewicht gemäß $c_1 = \mu P \sqrt{2gP/f\gamma}$ veränderlich ein, so darf man für v den vorigen Verlauf beibehalten, ähnlich wie Berg [6] mit einer kleinen Abweichung rechnet. Man erhält mit $x = hu/f$ die Bewegungsgleichung $c_m \cos\delta \sin(\alpha - \delta) = c_1 x$. Nach Fig. 3 im Art. Pumpenventilgleichgewicht sei näherungsweise $\mu P^2 = 1/(1 + 5x)$ für das Tellerventil und $\mu P^2 = \sqrt{0{,}5 + 4x}$ für das Kegelventil angenommen, ferner $P = P_0(1 + kx)$ gesetzt und $c_0 = \sqrt{2gP_0/f\gamma}$. P_0 ist die Belastung des Ventils in der Schlußstellung und besteht aus dem Gewicht des Ventils in der Flüssigkeit und dem Druck der Feder bei der Länge l_0 (Fig. 5 auf S. 292). Bei der Erhebung auf h Meter wächst der Federdruck um $100\,Ch$, wenn C in Kilogramm/Zentimetern die Federkonstante angibt; (nach Bd. 3, S. 659 ist mit den dortigen Bezeichnungen in Zentimetern $C = P/f$, z. B. für die zylindrische Schraubenfeder von rundem Messingdraht mit $E = 1\,000\,000$ ist $C = 6000\,d^4/nr^3$). Dagegen vermindert sich die wirksame Ventilbelastung mit der Erhebung wegen des Beschleunigungsdruckes $-mh\omega^2$, wobei in Rücksicht auf das mit dem Ventil zu verzögernde Wasser die Masse $m = P_0/g$ statt G/g gerechnet werden mag. Hiernach wird $P = P_0 + 100\,Ch - P_0 h\omega^2/g$, folglich $k = (f/u)\,[100\,C/P_0 - (n/30)^2]$. Für das Beispiel in [5] ist $C = 50$ und $k = 0{,}25$. Wenn ein Tellerventil den Wert $k = 5$ hätte und der Verlauf eine Sinusbewegung in der Bewegungsgleichung, wäre $c_1 x = c_0 x \sqrt{1 + kx}/\sqrt{1 + 5x} = c_0 x$. Statt dessen ergibt sich für $k = 0$ eine in der Mitte überhöhte Linie (Fig. 4 auf S. 292). In vorstehender Figur ist der wirkliche Verlauf im Vergleich mit der gestrichelten Sinuslinie aufgezeichnet [3], [5], [6]. Sobald das Ventil von der Linie der Gleichgewichtslagen abweicht, treten starke Druckdifferenzen, besonders infolge der veränderten Strömung auf, die es pendelnd der normalen Lage zuführen. Feste Hubbegrenzungen sind dabei unnötig und störend [3].



Die größte Erhebung h_m bezw. x_m findet sich, indem man in der Bewegungsgleichung $\cos\delta$ und $\sin(\alpha - \delta) = 1$ setzt. Für $k = 5$ wird $x_m = c_m/c_0$; für ein Gewichtsventil mit $k = 0$ ist $c_m/c_0 = x_m/\sqrt{1 + 5x_m} = 0{,}2 - 0{,}25 - 0{,}33 - 0{,}4$ für $x_m = 0{,}33 - 0{,}45 - 0{,}7 - 0{,}9$.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Für den Verſpätungswinkel erhält man, indem man die Bewegungsgleichung nach der Zeit differentiiert, $\operatorname{tg}\delta = f\omega/u\,c_0$, und zwar nach [4] 2—6°.

Aus Verſuchen mit gewichtsbelaſteten Pumpenventilen folgert v. Bach [3], daß die Grenze des Ventilſchlages proportional $FR\omega^2/P_0$ iſt, und Berg gibt für mäßige Federbelaſtung an [6], daß die Höhenlage des Ventils am Totpunkt bei $\alpha = \pi$, nämlich $x_\pi = (c_m/c_0)\cos\delta\sin\delta$ oder $(c_m/c_0)\operatorname{tg}\delta = 0{,}016$ werden darf, alſo $u\,c_0^2 > 20\,Q\,n$. Weſtphal [4] ſtellt auf Grund von Betriebserfahrungen als Bedingung für ſchlagfreien Ventilſchluß auf, daß die Schlußgeſchwindigkeit nicht größer als 0,1 m/sec ſein ſoll, woraus folgt $u\,c_0 \geq \pi\,Q\,n$ oder $h_m \leq 1/n$.

Eine Ausnahme von der Theorie macht das im Pumpenventilgehäuſe (S. 292) gezeichnete, noch nicht ausgeführte Ventil, weil es ſich bereits im Totpunkt auf ſeine Tragfläche in der Mitte auffetzen kann, während die Lederliderung am Spalt das vom Kolben zuletzt noch angeſaugte oder verdrängte Waſſer eben noch durchläßt. Fernisventile und biegſame Gummiklappen kommen ihm darin nahe.

Literatur ſ. Pumpenventile. *Lindner.*

Pumpenventilmaße ſind nach der Theorie über den Pumpenventilhub (ſ. d.) nicht eindeutig beſtimmt, ſondern noch nach andern, praktiſchen Rückſichten zu wählen.

Die freie Fläche f qm im Sitz ergibt ſich für die von der einzelnen Pumpenſeite ſekundlich geförderte Waſſermenge $Q = FR\omega/\pi = c_m f/\pi$, unter Annahme von c_m zu 1—2 m/sec, auch noch darunter zur Verminderung der Widerſtandsverluſte bei Saugventilen und darüber bei großer Druckhöhe. Im allgemeinen wird f mit dem Querſchnitt der Stutzen oder Rohre übereinſtimmen. Nach der Bauart der Pumpenventile richtet ſich das Verhältnis f/u. Für z Plattenventile mit je 20% Verſperrung durch Rippen iſt $f = z\,0{,}80\,\pi\,d^2/4$ und $u = z\,\pi\,d$, alſo $f/u = d/5$, z. B. 0,01—0,02 m für 50—100 mm Weite. Für Ringventile iſt $f = B\,\pi\,(D_1 + D_2 + \ldots) = B\,u/2$ und $f/u = B/2$, z. B. 0,01—0,02 m für 20—40 mm Ringweite im Sitz.

Weiter hat man $c_0 = \sqrt{2\,g\,P_0/f\,\gamma}$ im Verhältnis zu c_m nach zwei nebeneinander beſtehenden Bedingungen anzunehmen: zur Vermeidung von Ventilſchlägen ſoll $c_m/c_0 < u/f\,n$ ſein; außerdem ſoll die größte Ventilerhebung nicht größer als f/u werden. Für den letzteren Zweck genügt die einfache Annäherung $c_m/c_0 < 0{,}4 + 0{,}1\,k$ für Tellerventile und $c_m/c_0 < 1{,}5 + 0{,}25\,k$ für Kegelventile. Um c_0 nicht größer als nötig zu erhalten, kann man dieſe Ausdrücke $= u/f\,n$ ſetzen und daraus k berechnen, jedoch nur in den Grenzen zwiſchen 0 und 6 annehmen. Zu k gehört die Federkonſtante C kg/cm $= 0{,}01\,P_0\,(k\,u/f + (n/30)^2)$. Falls aber dieſe gegeben oder angenommen iſt, ermittelt man umgekehrt hierzu die Größe von k und hat danach c_m/c_0 nach den beiden angegebenen Rückſichten zu berechnen und den kleineren Wert beizubehalten. Je größer c_0 ausfällt, um ſo größer wird der Ventilwiderſtand $P_0/f\,\gamma = 0{,}1$—$0{,}5$—1—2 m *Ws* für $c_0 = 1{,}4 - 3 - 4{,}5 - 6$ m/sec. Hiernach findet man die Federſpannung (Fig. 5 auf S. 292) aus $100\,(l - l_0)\,C = P_0 - G_0$, und kann den Pumpenventilhub (ſ. d.) nachrechnen.

Die Breite des Dichtungsrandes läßt ſich wohl $b = \beta\,(f/u)$ ſetzen, ſo daß für p Atmoſphären Geſamtbelaſtung des Ventils durch den der Förderhöhe entſprechenden Flüſſigkeitsdruck und die Eigenbelaſtung der Flächendruck $k = p/\beta$ wird. Bei verſchiedenem Material gilt je für das weichere: für Phosphorbronze $\beta = 0{,}3 \sim 0{,}2$ und $k < 200$ kg/qcm, für Rotguß $\beta = 0{,}4 \sim 0{,}3$ und $k < 150$, für Gußeiſen $\beta = 0{,}6 \sim 0{,}4$ und $k < 80$, für Leder und Gummi $\beta = 0{,}7 \sim 0{,}5$ und $k < 30$ kg/qcm. Einfache Metallventile erhalten z. B. 5 — 7,5 — 10 mm Randbreite für 50 — 100 — 150 mm Weite. Rings um den Teller ſoll im Gehäuſe mindeſtens der Querſchnitt f frei bleiben, ſo daß die Gehäuſeweite 1,8 d bis 1,6 d wird. *Lindner.*

Pumpenzylinder ſind, je nach der Bauart der Pumpen, entweder ausgebohrte Zylinder für Scheiben- oder Ventilkolben oder zylinderähnliche Gefäße mit Stopfbüchſe für Tauchkolben, je mit weiten Uebergängen zu den Ventilen.

Als Beiſpiel großer Pumpenzylinder für Bergwerke, nach Ausführung der „Gutehoffnungshütte“ A.-G. in Oberhauſen, zeigt Fig. 1 eine Druckpumpe von 570 mm Kolbendurchmeſſer und 3800 mm Hub für 100 m Druckhöhe mit Ventilen und Rohren in einer zweiten Achſe, Fig. 2 Anſicht und Schnitt der einachſigen Rittinger-Pumpe von 1000 mm Durchmeſſer und 2825 mm Hub für 40 m Druckhöhe. Fig. 3 zeigt als Gegenſtück den Zylinder einer Riedlerſchen Expreßpumpe [2] von 700 mm Länge für 180/150 mm Kolbendurchmeſſer und 150 mm Hub bei 200 m Druckhöhe mit 300 Umdrehungen pro Minute, darüber den Druckventilkaſten. Pumpen für Flüſſigkeiten erhalten, im Gegenſatz zu Dampf- und Luftzylindern, große „ſchädliche Räume“, die hier nicht ſchaden, ſolange die Pumpe nicht etwa Luft enthält. Um ſo mehr achtet man darauf, daß ſich kein Luftſack über dem Saugventil, im Zylinder oder unter dem Druckventil bildet, was den Lieferungsgrad und das Spiel der Ventile ungünſtig beeinfluſſen würde. Die Wandſtärke δ ausgebohrter Zylinder vom Durchmeſſer D beträgt (wie bei Dampfzylindern) $\delta = 0{,}02\,D + 1{,}5$ cm; für nichtgebohrte, alſo auch nicht nachzubohrende Zylinder genügt $0{,}02\,D + 1{,}0$ cm; Preßpumpenzylinder für hohen Druck ſind beſonders zu berechnen (ſ. Preßzylinder). Die ſeitlichen Uebergänge zu den Ventilen ſind mit reichlichen Abrundungen anzuſchließen, um die Strömungsverluſte zu mindern; dabei iſt zu beachten, daß das Waſſer genügenden Strömungsquerſchnitt im Zylinder bis zum Kolbenboden findet, etwa ſo bemeſſen, daß die Zylinderweite gleich der Summe aus Kolbendurchmeſſer und Stutzenweite wird, falls die Stutzen nicht am Ende des Zylinders ſitzen.

Ueberall, wo eine zylindriſche Rohr- oder Gefäßwand durch eine Seitenöffnung unterbrochen wird, hört die tangentiale Kraftübertragung auf [3], auch wenn die Zylinderwand (wie an dem Domanſchluß von Dampfkeſſeln [1]) mit einer oder mehreren kleinen Oeffnungen durchgeführt iſt. An Pumpenzylindern können ſogar ſichtbare Formänderungen jedesmal beim Druck-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

wechfel auftreten. Nur eine geradlinig durchgehende Verankerung würde die Durchdringung entlaften. Meift begnügt man fich damit, die Wandftärke reichlich zu nehmen, und fpannt in befonderen Fällen (Fig. 3) Schrauben feitlich der Durchdringung in Augen des Gußftückes feft ein. Am zweckmäßigften wählt man Kugelform, befonders für Ventilgehäufe, fowie an Kreuzftücken von Rohren für hohen Druck.

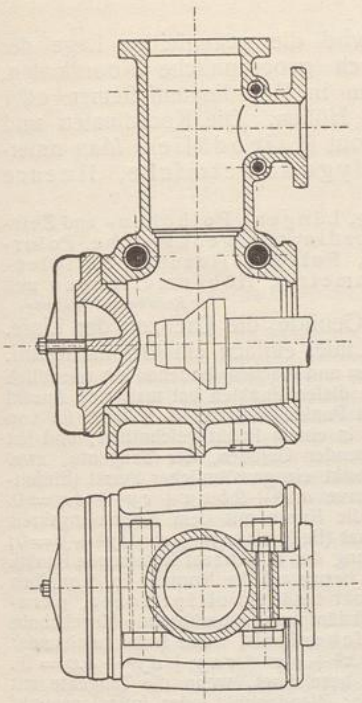


Fig. 3.

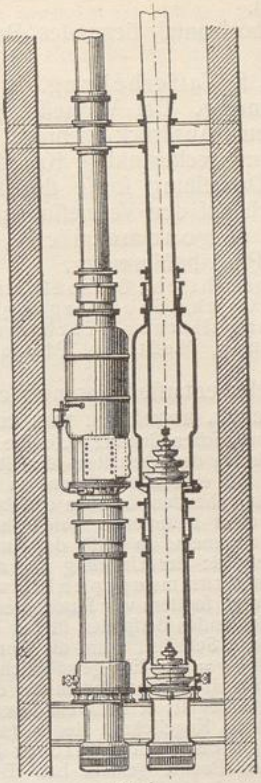


Fig. 2.

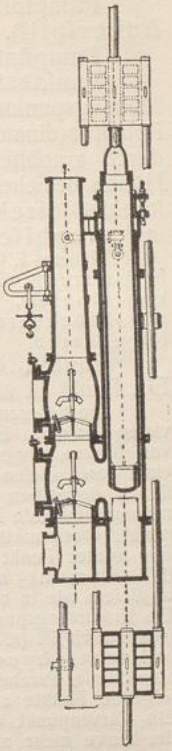


Fig. 1.

In Ermanglung von Unterfuchungen über die Feftigkeit von Durchdringungsformen fei hier zur Beurteilung der Spannungen bei innerem Druck die Berechnung eines elliptifchen Ringes (Fig. 4) als Durchdringung zweier gleichweiter Zylinder durchgeführt. Für ein Element (Fig. 5) von der Länge $d\,l = \varrho\,d\,\tau$ und der Breite 1 gelten die Gleichgewichtsbedingungen: in radialer Richtung $p\,d\,l + d\,V = 2\,S \sin d\,\tau/2$; tangential $d\,S + V \sin d\,\tau = 0$; drehend $d\,M = V\,d\,l$. Die refultierende Gleichung $p\,d\,M + S\,d\,S + V\,d\,V = 0$ läßt fich vom Endpunkt der großen und kleinen Halbachfe aus integrieren, wobei zu fetzen ift: $S_a = a\,p$, $S_b = b\,p$, $V_a = V_b = 0$ und $S^2 + V^2 = c^2\,p^2 = (x^2 + y^2)\,p$. Man erhält $(M - M_a)\,2/p = a^2 - x^2 - y^2$ und $(M - M_b)\,2/p = b^2 - x^2 - y^2$. Um die Löfung der Aufgabe zu ermöglichen, fei angenommen, daß der Ort für $M = 0$ für eine Schar konfokaler Ellipfen eine Hyperbel fei, die eine große Ellipfe diefer Art in der Mitte des Quadranten trifft und eine flache (Fig. 4) im Abftande $e/\sqrt{3}$ wie bei einem geraden Träger. Die Gleichung diefer Linie $x_0^2 - y_0^2 = (a^2 - b^2)/3$ gilt gleichzeitig mit der Ellipfengleichung für $M = 0$. Hiermit folgt $M_a = -\,p\,(2\,a^2 + b^2)\,(a^2 - b^2)/6\,(a^2 + b^2)$ und $M_b = p\,(a^2 + 2\,b^2)\,(a^2 - b^2)/6\,(a^2 + b^2)$.

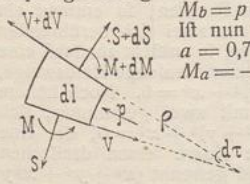


Fig. 5.

Ift nun für ein Rohr von d cm Weite $a = 0{,}7\,d$ und $b = 0{,}5\,d$, fo wird $M_a = -\,p\,d^2/14{,}4$ und $M_b = p\,d^2/18$. Die Biegungsfpannungen in dem Ringe von der Breite 1 und der Stärke δ cm addieren fich in jedem Falle mit den Zugfpannungen $\sigma_a = ap/\delta$, bezw. $\sigma_b = bp/\delta$, wobei die Gefamtfpannungen bei normalen Rohrftücken mit $p = 10$ Atmofphären über 1000 kg/qcm fteigen. — Wenn aber in der Durchdringung auch die axialen Rohrfpannungen wirkfam auftreten, ftreben fie, entgegen zur Wirkung des Flüffigkeitsdruckes, dahin, die große Achfe zu ftrecken, die kleine zu verkürzen. Ein entfprechend durchgeführter Berechnungsgang liefert $M_a = p\,d^3/63$ und $M_b = -\,p\,d^3/29$. Jedenfalls werden fich die Biegungsmomente auf eine gewiffe Breite feitwärts der Durchdringungslinie verteilen, auch wenn die Kanten nicht abgerundet find.

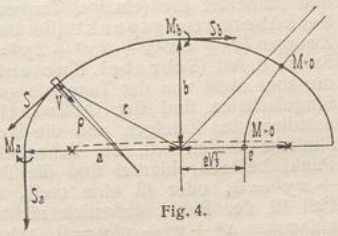


Fig. 4.

Daher können ſich dieſe Momente mit den vorigen einigermaßen ausgleichen, ſo daß nur Zugſpannungen verbleiben, die rund anderthalb- bezw. zweimal ſo hoch ſind wie im geraden Rohr.

Literatur: [1] Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1894, S. 868. — [2] Ebend. 1901, S. 1445. — [3] Ebend. 1907, S. 994. *Lindner.*

Pumpſpill, horizontal liegendes Bratſpill mit Pumpenhebelantrieb (vgl. Ankerſpill).

Pumpſtation, ſ. Waſſerhebung.

Punktbeſtimmung. Bei Vermeſſungen wird die gegenſeitige Lage der Meſſungspunkte zum Ausdruck gebracht durch geographiſche Koordinaten, Polarkoordinaten und rechtwinklige Koordinaten in Koordinatenſyſtemen oder durch graphiſche Darſtellung ſowie durch die Höhen. Die Koordinaten und Höhen beziehen ſich auf den Vermeſſungshorizont (ſ. Geodäſie). Man unterſcheidet direkte, trigonometriſche, polygonometriſche, lineare und graphiſche Punktbeſtimmung.

Näheres ſ. Geographiſche Ortsbeſtimmung, Längen-, Polhöhen- und Zeitbeſtimmung, Geodätiſche Uebertragung, Koordinaten, geodätiſche, Polarkoordinaten, Triangulierung, Tachymetrie, Polygoniſierung, Buſſolenzug, Stückvermeſſung, Meßtiſch, Photogrammetrie, Höhenmeſſungen und Nivellieren. *(† Reinhertz) Hillmer.*

Punkte, die elementarſten geometriſchen Gebilde, die Grenzen der Linie. Ein Punkt iſt aber auch, abgeſehen von einer Linie, einfach ein Ort im Raum.

Die höheren geometriſchen Gebilde, d. h. die Kurven und Flächen, beſtehen aus unendlich vielen Punkten. Hinſichtlich des Verhaltens derſelben in dieſen Punkten hat man eine Anzahl von Namen eingeführt. Iſt eine ebene Kurve in einem Punkte einfach, d. h. wird ſie von einer durch dieſen Punkt gehenden Geraden daſelbſt nur in einem Punkt geſchnitten, und hat ſie in demſelben mit einer beſtimmten durch ihn gehenden Geraden, der Tangente, zwei zuſammenfallende Punkte gemein, ſo heißt der Kurvenpunkt ein gewöhnlicher Punkt (Einfeitpunkt, Ovalpunkt). Beiſpiel: der Urſprung für die Kurve $a x^2 + 2 b x y + c y^2 + d x = 0$. Ein ſolcher Punkt heißt Krümmungspunkt, wenn die Kurve mit dem Krümmungskreis (ſ. Krümmung) nicht drei, ſondern vier Punkte gemein hat (Beiſpiel: $x y^2 + x^2 + y^2 + y = 0$; in dieſem wie in allen folgenden Beiſpielen iſt der Urſprung der in Betracht kommende Punkt). Ein Krümmungspunkt heißt Scheitel, wenn die Kurve in bezug auf die Normale in demſelben ſymmetriſch iſt (z. B. $x^2 + y = 0$). Ein gewöhnlicher Punkt heißt ein elliptiſcher, parabeliſcher, hyperboliſcher, je nachdem der daſelbſt fünfpunktig berührende Kegelſchnitt eine Ellipſe, Parabel, Hyperbel iſt; er heißt ein ſextaktiſcher Punkt, wenn ſechs aufeinander folgende Punkte auf einem Kegelſchnitt liegen (z. B. $a x^3 + b x^2 + c x y + d y^2 + e x = 0$). Ein Kurvenpunkt wird als charakteriſtiſcher Punkt bezeichnet, wenn die Tangente mit der Kurve mehr als zwei Punkte gemein hat. Beiſpiele: Wendepunkt oder Inflexionspunkt ($x^3 + y = 0$); Flachpunkt oder Undulationspunkt ($x^4 + y = 0$); Wendeflachpunkt ($x^5 + y = 0$), in welchen die Tangente mit der Kurve bezw. 3, 4, 5 Punkte gemein hat. In einem charakteriſtiſchen Punkte durchdringt die Kurve die Tangente, wenn die Zahl ihrer gemeinſamen Punkte mit dieſer ungerade iſt; andernfalls nicht. Ein Kurvenpunkt heißt ein mehrfacher, wenn jede Gerade durch denſelben die Kurve in mehr als einem Punkt ſchneidet. Charakteriſtiſche Punkte und mehrfache Punkte heißen zuſammen auch ſinguläre Punkte. In einem zweifachen oder Doppelpunkt (Knoten) exiſtieren zwei Tangenten, d. h. Gerade, welche die Kurve in drei zuſammenfallenden Punkten ſchneiden. Beim gewöhnlichen Doppelpunkt ſind dieſe reell (z. B. $x^3 + y^3 + x y = 0$). Derſelbe heißt Inflexions- bezw. Doppelinflexionsknoten, wenn eine der Tangenten bezw. beide in vier zuſammenfallenden Punkten ſchneiden (z. B. $x^3 + y^4 + x y = 0$, bezw. $x^4 + y^4 + x y = 0$). Sind die Tangenten imaginär, ſo heißt der Doppelpunkt ein iſolierter oder konjugierter Punkt (Einſiedler) (z. B. $x^3 + x^2 + y^2 = 0$). Fallen endlich beide Tangenten zuſammen, ſo entſteht zunächſt eine Spitze I. Art (Rückkehrpunkt) (z. B. $x^3 + y^2 = 0$). In dieſem iſt der Krümmungskreis unendlich klein. Die Kurve beſteht aus zwei zuſammenlaufenden Halbzweigen, zwiſchen welchen die Tangente verläuft. Iſt dagegen die Krümmung endlich und ſchneidet die (einzige) Tangente in vier aufeinander folgenden Punkten, ſo entſteht ein Selbſtberührungspunkt (Berührungsknoten), die Kurve beſteht aus zwei ſich berührenden Zweigen ($x^4 + 3 x^2 y + 2 y^3 + 2 y^2 = 0$). Oskulieren ſich dieſe Zweige, ſo entſteht zunächſt eine Spitze II. Art (Schnabel, Knotenſpitze). Die Kurve hat zwei zuſammenlaufende Halbzweige, die aber nicht von der Tangente getrennt werden. Beiſpiel $(x^2 + y)^2 + x^5 = 0$. Noch höhere Singularitäten ſind der Oskulationsknoten $(x^2 + y)^2 x^6 = 0$ mit zwei getrennten, ſich oskulierenden Zweigen und die Berührungsknotenſpitze $(x^2 + y)^2 + x^7 = 0$, die eine ähnliche Geſtalt wie die Schnabelſpitze beſitzt. Weiter kann die Kurve einen dreifachen Punkt beſitzen; hierbei ſind die Tangenten entweder alle reell und getrennt ($x^4 + y^4 + x^2 y + x y^2 = 0$, oder iſt eine reell, die andern imaginär $x^4 + y^4 + x^2 y + y^3 = 0$; in dieſem Fall iſt der Punkt äußerlich nicht von einem gewöhnlichen verſchieden), oder fallen zwei zuſammen $x^4 + y^2 + x^2 y = 0$, oder fallen endlich alle drei zuſammen, wodurch ein Spitzpunkt oder Bikuſpidalpunkt entſteht $x^4 + y^3 = 0$. Die Krümmung der Kurve iſt in einem ſolchen Punkt unendlich groß, wodurch er ſich weſentlich von einem gewöhnlichen unterſcheidet. Von Punkten, in welchen die Tangente in fünf aufeinander folgenden Punkten, ſchneidet, ſeien noch erwähnt: ein Doppelpunkt: der Rückkehrflachpunkt ($x^5 + y^2 = 0$) eine Spitze mit unendlich kleiner Krümmung; ein dreifacher Punkt: der Wendeſpitzpunkt

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

($x^5+y^3=0$), in welchem die Krümmung trotz der Inflexion unendlich groß iſt, und ein vierfacher Punkt, der Rückkehrſpitzpunkt ($x^5+y^4=0$), eine Spitze, bei welcher ſich beide Halbzweige ſehr raſch von der Tangente entfernen. Von den bemerkenswerten Punkten der Flächen ſind die paraboliſchen Punkte zu erwähnen, in welchen die Tangentialebene mit der Fläche eine Kurve mit Spitze gemein hat (z. B. $x^3+y^2+z=0$); ferner die Kreis- oder Nabelpunkte, in welchen die Indicatrix ein Kreis iſt und durch welche mehr als zwei Krümmungslinien gehen (z. B. $x^3+y^3+z^3+x^2+y^2+z=0$). Die zweifachen Flächenpunkte werden als Knotenpunkte bezeichnet; das Tangentialgebilde (d. h. das Erzeugnis derjenigen Geraden, welche mit der Fläche in höherer Berührung als eine gewöhnliche Gerade ſtehen) iſt ein Kegel zweiter Ordnung (z. B. $x^3+xy+z=0$). Zerfällt dieſer Kegel in ein Ebenenpaar, ſo entſteht ein biplanarer Knotenpunkt (z. B. $x^3+y^3+z^3+xy=0$); artet er in eine Doppelebene aus, ſo kommt ein uniplanarer Knotenpunkt zuſtande (z. B. $x^3+y^3+z^2=0$). Beſondere ſinguläre Punkte kommen noch auf den mehrfachen Kurven der Flächen vor. Hat eine Fläche eine Doppelkurve, d. h. eine Kurve, deren jeder Punkt ein (biplanarer) Knotenpunkt iſt, ſo kommen auf dieſer vereinzelte Punkte, ſogenannte Pinchpunkte, Kuſpidalpunkte oder Zwickpunkte vor, in welchen der biplanare Knotenpunkt in einen uniplanaren übergegangen iſt. Die beiden Mäntel der Doppelkurve berühren ſich in demſelben. Auf einer Rückkehrkurve der Fläche berühren ſich zwei Mäntel der letzteren, ohne ſich über dieſelbe hinaus fortzuſetzen; ſie beſteht aus lauter uniplanaren Knotenpunkten derart, daß die Tangentialebene die Fläche in einer Kurve mit dreifachem Punkt und zwar mit zuſammenfallenden Tangenten ſchneidet. Auf derſelben kommen Clofepunkte vor, in denen die Tangentialebene in einer Kurve mit vierfachem Punkt ſchneidet, und Offpunkte, d. h. dreifache Flächpunkte, in welchen das Tangentialgebilde ein Kegel dritter Ordnung mit Rückkehrkante iſt.

Literatur: [1] Salmon, G., Analytiſche Geometrie der höheren ebenen Kurven, deutſch von Fiedler, 2. Aufl., Leipzig 1882, S. 31—84; 278—283. — [2] Clebſch, Vorleſungen über Geometrie, herausgegeben von Lindemann, I, Leipzig 1876, S. 319—359. — [3] Hagen, G., Synopſis der höheren Mathematik, II, Berlin 1894, S. 187—198. — [4] Reuſchle, Praxis der Kurvendiskuſſion, I, Stuttgart 1886, S. 31—51. — [5] Halphen, Sur les points singuliers des courbes algébriques, Paris 1879. — [6] Köſtlin, Ueber die Singularitäten ebener algebraiſcher Kurven, Dresden 1895. — [7] Mancheſter, Ueber Singularitäten ebener Kurven, Tübingen 1891. — [8] Geck, Ueber die ſingulären Punkte algebraiſcher Flächen, Tübingen 1900. — [9] Wölffing, Die ſingulären Punkte der Flächen, Dresden 1896.

Wölffing.

Punktieren, in den graphiſchen Betrieben, der Vorgang, die zu bedruckenden Papierbogen mittels Löcher, die an genau beſtimmten Stellen im Papier und teilweiſe auf der Form (beim Stein- und Kupferdruck u. ſ. w.) vorgeſtochen werden, auf fixierten Nadeln beim Einbringen in die Preſſe zu ſtecken, um ein genaues Paſſen der einzelnen Druckformen untereinander zu erzielen.

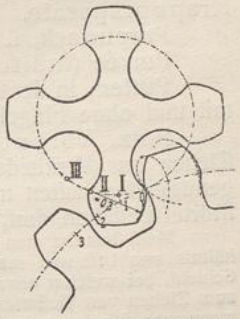
Beim Druck auf den modernen Schnellpreſſen (vgl. Buchdruck-, Kupferdruck-, Lichtdruck- und Steindruckmaſchinen) wurde das Punktieren durch Anlegevorrichtungen, die den Bogen ſtets gleichmäßig an dieſelbe Stelle ſchieben (Bogenſchieber, ſ. a. Bogenanlegeapparate), größtenteils überflüſſig.

A. W. Unger.

Punktiermanier, ſ. Kupferſtecherkunſt, Lithographie.

Punktiernadel, -rad, -ziehfeder, ſ. Reißzeug.

Punktverzahnung enthält als wirkſame Fußkurve eines Zahnes nur einen im Teilkreiſe liegenden Punkt und als zugehörige Kopfkurve des Gegenzahnes die Epicykloide, welche beim Abwälzen des Teilkreiſes auf dem Gegenteilkreiſe von jenem Punkte beſchrieben wird.



Sie entſteht aus der Cykloidenverzahnung, wenn man den Rollkreis von gleicher Größe wie den Teilkreis annimmt, ſo daß er in dieſem nicht rollen kann, ſondern ſeinen Berührungspunkt an derſelben Stelle des Teilkreiſes feſthält. Wählt man an beiden Rädern Punktverzahnung, anſtatt die Kopfkurve des erſten und die Fußkurve des zweiten Rades nach andern Zahnformen zu bilden, ſo hat man doppelte Punktverzahnung (ſ. die Figur). Die auszuführende Zahnlücke wird am kleinſten, wenn man ſie dem gefährlichen Wege des Gegenzahnkopfes anpaßt, alſo als verlängerte Epicykloide für den äußerſten Punkt der Zahnkurve des eingreifenden Kopfes bildet. — Die Eingriffslinie, welche ſonſt der Rollkreis darſtellt, fällt hier mit dem Teilkreiſe zuſammen. Praktiſch iſt die Punktverzahnung kaum zu brauchen, da die Reibung der ſcharfen Kante auf der Kopfkante notwendig ſchnelle Abnutzung herbeiführt. Man findet ſie bei Trieblingen von nur vier Zähnen in Wagenwinden. Erweitert man den Punkt zu einem Kreiſe, ſo erhält man die Triebſtockverzahnung (ſ. d.).

Lindner.

Punzen (in der Metallbearbeitung), ſ. Gravieren (Bd. 4, S. 619), Molettiermaſchine (Bd. 6, S. 467), Treiben, Ziſelieren; (in der Buchdruckerei und Schriftgießerei), ſ. Bunzen.

A. Widmaier.

Purbeckſchichten, die oberſten Schichten der oberen weißen Juraformation (Malm) in England und Norddeutſchland, weſentlich aus hellen oolithiſchen Kalkſteinen mit Flinteinlagerungen und Mergel beſtehend.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Die Kalkſteine (Purbeckmarmor) geben ein vorzügliches Hochbaumaterial (St. Paul in London). Manche Schiefertone der tiefſten Lagen ſind reich an Bitumen und werden zur Aſphaltgewinnung benutzt. *Leppla.*

Purple heart, ſ. Nutzhölzer, Bd. 6, S. 698.

Purple ore (Purpurerz), Bezeichnung für die gereinigten (ausgelaugten) Kiesabbrände (ſ. d. und Schwefelſäure), wegen des hohen Eiſengehalts (meiſtens 60—65%) zur Roheiſendarſtellung (ſ. Roheiſen) im Hochofen verwendet. Ueber ihre chemiſche Zuſammenſetzung vgl. Ledebur, A., Handbuch der Eiſenhüttenkunde, Bd. 1, 5. Aufl., Leipzig 1907, und andre Lehrbücher der Eiſenhüttenkunde. *A. Widmaier.*

Purpur der Alten, jene in allen Schattierungen von Hellblau bis Tiefviolett auf Woll- und Seidengeweben entwickelte wertvolle echte Farbe des Altertums, zu deren Erzeugung gewiſſe Seeſchnecken (Murex brandaris und M. trunculus) benutzt wurden.

Die Erfinder der Purpurfärberei ſcheinen die Phönizier geweſen zu ſein, in deren Hauptſtadt Tyros dieſe Induſtrie zu beſonderer Blüte gelangte, wenn auch an allen Geſtaden des Mittelmeers ſchon frühzeitig Purpurfärbereien entſtanden. Das Färben geſchah nach Plinius in der Weiſe, daß die zerquetſchten oder in Stücke geſchnittenen Schnecken, mit Salz beſtreut, in einen heißen Keſſel geworfen wurden. Nach Abſonderung des farbigen Saftes der Tiere wurden dann die Fleiſchteile entfernt und die zu färbenden Stoffe in die heiße klare Flotte eingetaucht und mit ihr völlig durchtränkt. Die Entwicklung der Farbe erfolgte jedoch erſt durch Verhängen der Gewebe an der Luft auf Grund eines Oxydationsvorganges. Dies Verfahren erinnert lebhaft an die Küpenfärberei; offenbar iſt der Farbſtoff in dem Saft der Schnecken als Leukoverbindung vorhanden, welche, von der Faſer aufgenommen, durch Sauerſtoffabſorption in den unlöslichen Farbſtoff übergeht. In der Tat haben A. und G. Negri aus dem Saft von Purpurſchnecken, welche ſie an den Küſten Italiens ſammelten, Indigo hergeſtellt. Hiernach würde der Purpur der Alten ein durch roten Farbſtoff nuanciertes Küpenblau ſein. Dieſer ebenfalls iſolierte rote Farbſtoff beſitzt nach Schunck mit Indigblau eine gewiſſe Analogie. Verſchieden vom Indigblau wie Indigrot, teilt er mit dieſem die Sublimierbarkeit, die Fähigkeit, eine Küpe zu geben, und zeichnet ſich durch größere Widerſtandsfähigkeit gegen Oxydationsmittel aus. Da das farbſtoffliefernde Organ der Schnecke auffallende Mengen organiſcher Schwefelverbindungen produziert, ſo ſcheint es nach Friedländer [3] nicht ausgeſchloſſen, daß dieſer Farbſtoff mit dem ſynthetiſchen Thioindigorot verwandt oder gar identiſch iſt. Seines hohen Preiſes wegen war der Purpur in den älteſten Zeiten im Beſitz der Herrſcher, der höchſten Würdenträger und Prieſter, ſpäter wurde er immer allgemeiner angewendet, im byzantiniſchen Reich wurde er von neuem das Abzeichen der Majeſtät und deren nächſten Umgebung. Der beſchränkte Abſatz ließ jedoch die Purpurfärberei immer mehr zurückgehen, und im 12. Jahrhundert erloſch dieſe Induſtrie für immer.

Literatur: [1] Schützenberger, Die Farbſtoffe, Berlin 1873, Bd. 1, S. 395. — [2] Witt, Chemiſche Technologie der Geſpinſtfaſern (Bolleys Technologie Bd. 48, V. 2. 1), S. 16. — [3] Zeitſchr. für angew. Chemie 1906, S. 619. *R. Möhlau.*

Purpur, franzöſiſcher, ſ. Farbſtoffe, pflanzliche, Bd. 3, S. 641.

Purpurblau, ſ. v. w. Indigopurpur; ſ. Indigokarmin.

Purpurin, ſ. Farbſtoffe, künſtliche organiſche, Bd. 3, S. 626, und Krapppräparate.

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

Purrée (Indiſchgelb), ſ. Kobaltgelb.

Putten, in der Architektur (Skulptur, Malerei), Kindergeſtalten, meiſt Engel mit und ohne Flügel.

Putz, Verputz, Abputz, Bewurf, Bemörtelung, die an Wandflächen zur Verkleidung und zu ihrem Schutz angebrachte Mörtelmaſſe, die genügend anhaften muß und nicht ſtark ſchwinden, alſo aus nicht zu fettem Mörtel beſtehen darf, da ſich ſonſt Riſſe bilden würden.

Meiſt benutzt man für den erſten Bewurf einen Mörtel mit mittelgrobem Sand im Verhältnis von 1:2 und macht den Bewurf nur 5 mm ſtark. Auf dieſe erſte folgt eine zweite Schicht, bei welcher etwas weniger Sand genommen wird, und zum letzten Bewurf, beſonders zum Ziehen von Geſimſen, verwendet man feineren Sand. Riſſe werden am beſten vermieden, wenn man für den erſten Bewurf Zement im Verhältnis von etwa 1:4, dem äußerſten im Verhältnis von 1:20 zuſetzt [1]. Bües [2] befürwortet die Verwendung einer einzigen, etwa 15 mm ſtarken Schicht. Als mittlere Stärke des Putzes ſind 13—15 mm anzuſehen, als obere Grenze gelten 20—25 mm, als unterſte 10 mm [3], S. 89. Zur Verwendung kommen Luftmörtel ſowie hydrauliſcher Zement- und Kalkzementmörtel. Lehm- und Gipsmörtel können nur in vor Feuchtigkeit vollkommen geſchützter Lage verwendet werden, ebenſo iſt Luftmörtel an Stellen, wo fortdauernde Feuchtigkeitsübertragungen ſtattfinden (z. B. an Sockelmauern), nicht brauchbar.

Je nachdem der Putz auf Mauerwerk oder auf Wänden, welche Holzteile enthalten (Fachwerkwände) oder an Holzdecken aufgetragen wird, ſind die Bedingungen für die Auftragung verſchieden.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Beim Mauerwerk (Mauerputz) muß ein möglichſt vollkommenes Austrocknen und Setzen der Mauer abgewartet werden. Ferner iſt die zu putzende Mauer ſorgfältig von Staub und die Fugen ſind von loſen Mörtelſtücken zu reinigen, worauf beim gewöhnlichen Putz zunächſt die Fugen „beſtochen“ werden und ein erſter dünner Bewurf erfolgt. Um beim zweiten Bewurf eine ebene lotrechte Fläche zu erhalten, werden Lehrſtreifen in lotrechten Abſtänden von 1,5—1,75 m und wagerechten Entfernungen von 1—1,25 m verputzt, die mit Hilfe des Richtſcheites eingelotet und eingerichtet werden. Zwiſchen dieſen wird der Putzmörtel mit der Kelle von der Tünchſcheibe angetragen, durch das in die Höhe bewegte Richtſcheit abgeſtreift und mittels der Kartätſche glattgerieben. Bei gekrümmten Flächen müſſen die Reibebretter die entſprechende Krümmung beſitzen. Am beſten eignen ſich für den Verputz Backſteinmauern, beſonders wenn die Lagerfugen nicht vollfugig gemauert wurden. Auf Bruchſteinmauern haftet der Putz um ſo beſſer, je mehr Fugen vorhanden ſind und je rauher und poröſer die Bruchſteine ſind. Auf Lehmſteinmauern ſowie auf Gußmauern haftet Kalkmörtel ſchlecht. Bei inneren Wänden wird hier daher häufig Lehmmörtel, bei äußeren Mauerflächen Zementmörtel verwendet, wobei die Mauerflächen durch Spicken mit Ziegelbrocken, durch Ueberziehen mit einem Strohlehmbewurf oder durch Anbringen von Backſteinſchichten in gewiſſen Abſtänden für das beſſere Anhaften des Mörtels geeignet gemacht werden. Bei Erneuerung des Putzes muß nach Entfernung der alten Schicht beim Backſteinmauerwerk ein Abreiben der Backſteine, beim Bruchſteinmauerwerk ein Ueberarbeiten der Mauerfläche mit dem ſcharfen Hammer oder der Zweiſpitze ſtattfinden.

Bei Fachwerkwänden werden an der Außenſeite der Gebäude meiſt nur die Gefache verputzt. Bei Innenflächen von Fachwerkwänden ſowie bei verſchalten Deckenflächen wird das Holz zur Anhaftung des Mörtels meiſt berohrt, wobei 9—12 mm ſtarke Schilfſtengel mittels Drahts und Rohrnägeln, in Abſtänden, die ihrer Stärke entſprechen, am Holz befeſtigt werden. Des ſchnelleren Abbindens wegen ſetzt man hier häufig dem erſten Bewurf etwas Gips zu. Wo Schilfrohr ſchwer zu haben iſt, behilft man ſich häufig mit Stroh oder mit aufgeriſſenen Ruten von Weiden-, Erlen-, Haſelnuß- oder Eichenholz, die aufgenagelt werden. Die ungeeignetſte Art bei Fachwerkwänden, die Holzflächen rauh und dadurch zum Feſthalten des Mörtels geeignet zu machen, beſteht im Aufhauen, Aufpicken oder Schuppen desſelben mittels der Axt oder mit einem ſcharfen Mauerhammer; vgl. [3], S. 200.

Man unterſcheidet ein-, zwei-, drei- und vierſchichtigen Putz, je nach der Anzahl der aufeinander folgenden Mörtellagen. — Der verſchiedenen Behandlungsweiſe entſprechend gibt es außer dem vorhin beſprochenen gewöhnlichen Putz noch folgende Arten: 1. Rapputz, die Berappung oder der rauhe Bewurf. Dieſer erfolgt in dünner Schicht über die ganze Ausdehnung der Mauer mittels der Kelle. Die Oberfläche wird mit der Kelle geglättet oder rauh gelaſſen, und zwar bisweilen in der Weiſe, daß die Kellenwürfe Häufchen bilden (Kraus-, Tüpfel- oder Häufchenputz). — 2. Der geſtippte, geſtäppte oder Beſenputz iſt ein Rapputz, deſſen Oberfläche mit einem ſtumpfen Beſen vor dem Feſtwerden „geſtippt“ oder „geſtupft“ wird, ſo daß ſie ein gleichmäßig gekörntes Ausſehen erhält. — 3. Der Kieſelbewurf wird erhalten, wenn auf dem Rapputz ein Bewurf mit einem Mörtel ausgeführt wird, welchem geſiebte Kieſel von der Größe einer Haſelnuß beigemengt wurden. — 4. Der Spritzbewurf oder Beſenbewurf ergibt ſich, wenn beim gewöhnlichen Putz der zweite abgerieben und ein dritter aus einem dünnen, mit Farbe abgetönten Mörtel aus Kalk mit nicht zu feinem Quarzſande in der Weiſe ausgeführt wird, daß er mit einem ſtumpfen Beſen durch Anſchlagen an ein in der linken Hand gehaltenes Holz an die Wand geſpritzt wird. — 5. Der feine Putz wird wie der gewöhnliche hergeſtellt, jedoch wird der zweite Bewurf mit der Kartätſche abgerieben und darauf ein dritter, aus etwas fetterem, mit ganz feinem Sande hergeſtellten Mörtel beſtehender Bewurf aufgebracht, der mit nur leicht angedrücktem Reibebrettchen abgerieben wird. — 6. Unter Stuck werden ſehr verſchiedenartige Mörtel verſtanden, die ſich, wenn mit Gips hergeſtellt, weſentlich nur für das Innere der Gebäude eignen, aus Kalk, Sand, Marmorſtaub und Ziegelmehl jedoch auch vielfach, namentlich in Italien, geſchliffen und poliert als Marmornachahmung für Faſſaden verwendet werden (Stucco a lucido, Marmorino, Scaliolo u. ſ. w.); vgl. [3], S. 95, [5].

Literatur: [1] Handb. d. Architektur, Bd. 1, 1. Hälfte, 2. Aufl., Darmſtadt 1895, S. 140. — [2] Deutſche Bauztg. 1874, S. 179. — [3] Handb. d. Architektur, 3. Teil, Bd. 2, Heft 1, Darmſtadt 1891, S. 85 u. 200. — [4] Der Tüncher, Stubenmaler, Stukkator und Gipſer, Leipzig 1866, S. 162 ff.; Notizbl. d. Arch.-Ver. zu Berlin 1847, neue Folge, Bd. 1, S. 15. *L. v. Willmann.*

Putzbau, Bauweiſe mit außen verputzten Flächen, im Gegenſatz zu Werkſtein- und Backſteinbauten.

Putzeiſen, eiſernes Werkzeug, etwa 20 cm lang, mit einem ſpitzen und einem breiten Ende, zum Nachbeſſern von Gips- oder Zementgeſimſen.

Putzen, a) Reinigen der Gußſtücke vom Formmaterial, ſ. Eiſengießerei, Bd. 3, S. 366, und Sandſtrahl; b) Reinigen von Maſchinen und Maſchinenteilen von anhaftendem Schmutz, Oel u. ſ. w.; man verwendet hierzu Werg, Putzwolle (Putzfäden), Putzlappen, Putzpapier; vgl. hierüber Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1895, S. 1555 (Vergleich verſchiedener Putzmaterialien und Reinigung gebrauchter Putzwolle u. ſ. w.); c) Reinigen von Gebrauchsgegenſtänden durch Schleif- und Poliermittel, ſ. Putzmittel. *A. Widmaier.*

Putzen (Butzen, Lochputzen), ſ. Lochen, Lochmaſchinen.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Putzlatten (Pliesterlatten) und **Putzleisten.** Erstere kommen zur Anwendung, wenn der Deckenputz nicht auf berohrter Schalung erfolgt. Dabei werden die am besten mit trapezförmigem Querschnitt hergestellten Latten mit der breiteren Trapezseite nach unten gekehrt, in gleichmäßigen Abständen von 2 cm so unter jeden Deckenbalken genagelt, daß der Stoß der Latten im Verbande angeordnet erscheint. Auch bei Holz- und Fachwerkwänden können derartige Pliesterlatten zur Anbringung des Putzes benutzt werden. — Putzleisten kommen bei Tür- und Fensteröffnungen im Innern der Gebäude zum Abschluß der Putzschicht zur Verwendung, um die Holzbekleidung der betreffenden Maueröffnung glatt ansetzen zu können. *L. v. Willmann.*

Putzmaschine, eine Reinigungsmaschine für Getreide, sonst eine Maschine zum Putzen der Griese oder Dunste.

Die Aufgabe ist eine doppelte: Ausscheiden der beigemengten feinen Schalensplitter (Flugkleie) und Trennung nach der Güte, d. h. je nach dem, ob an einem Körperchen die Mehl- oder die Schalenteile überwiegen. Das Putzen der groben, schweren Griese geschieht durch Einführung eines Windstroms in das herabrieselnde Material, das der leichteren Griese und Dunste durch eine Vereinigung von Wind- und Siebwirkung. Die Griesputzmaschinen beruhen alle auf der Anordnung eines vielfach in Fächer geteilten Gehäuses, in das die Griese kaskadenartig herabrieseln und in dem ein meist schräg aufwärts steigender Luftzug erzeugt wird. Das Vorbild für die meisten heutigen Ausführungsarten der Dunstputzmaschine bildet die sogenannte „Reform" der Mühlenbauanstalt Gebr. Seck in Dresden. Ueber einer wagerechten oder annähernd wagerechten Siebbespannung liegen rostartig gelagerte Rinnen. Ein von unten nach oben steigender Luftstrom hebt die leichteren Teilchen vom Siebe ab und reißt sie vermöge der Verengung des Durchgangsquerschnitts zwischen zwei Rinnen und mit der dadurch erhöhten Windgeschwindigkeit nach oben. Die schwereren von diesen mitgerissenen Teilchen lagern sich in den Rinnen ab, die leichteren gehen mit dem Wind in eine Ablagerungskammer oder werden ihm durch Filtrierung entzogen. *Arndt.*

Putzmesser, s. Holzhobelmaschine.

Putzmittel, Substanzen, dazu bestimmt, die Oberfläche von Gebrauchsgegenständen von Staub, Schmutz, Fett, Oxyd u. dergl. durch Abreiben mit denselben zu reinigen und ihnen ihr früheres glänzendes Aussehen wiederzugeben. Die Putzmittel wirken mechanisch oder chemisch oder gleichzeitig mechanisch und chemisch.

Zu den mechanisch wirkenden Putzmitteln gehören alle Körper organischer oder anorganischer Natur, die schleifend wirken. Zu den chemischen Putzmitteln gehören namentlich Säuren, welche die auf den Metallgegenständen gebildeten Oxydschichten auflösen. Die chemisch und mechanisch wirkenden Putzmittel bestehen aus Alkalien, scharfen organischen Säuren, in Verbindung mit einem pulverförmigen Körper. — Je feiner poliert der zu putzende Gegenstand ist, um so feiner muß auch das Putzmittel sein, denn dieses wirkt, sobald die Oxydschicht entfernt ist, auch angreifend auf die Politur, somit zerstörend auf den Glanz, was nicht beabsichtigt wird. Bei Gold und Silber genügt in den meisten Fällen schon Abreiben mit einem wollenen Lappen, Bürsten mit einer Seifenlösung oder sehr feinem Kalk (Wiener Kalk, Putzkalk, d. i. Aetzkalk durch Aufnahme von Kohlensäure teilweise verändert), Kalktuff, wogegen andre Metalle, wie Kupferlegierungen, Messing und Kanonenmetall, schärfer wirkende Putzmittel benötigen (Moderstein, Kieselsinter, Kieseltuff, Infusorienerde, Brillantine, Levantinerpulver [eine Tripelart], Papierkohle). Sehr scharf wirkende Putzmittel sind die vulkanischen Aschen und Erden, wie Paulilipptuff, Peperan, Laterit, Lapilli, die bimssteinartigen Charakter tragen. Zu den schärfsten Putzmitteln gehören Bimsstein, Schmirgel, Pyrop (ein Magnesia-Tongranat von dunkelroter Farbe), die jedoch nur auf sehr verrostetem Eisen in Anwendung kommen.

Dem Gebrauche nach lassen sich die Putzmaterialien einteilen in Gold- und Silber-, Neusilber-, Messing- und Kupfer-, Eisen- und Stahl- und Glasputzmittel, ihrer äußeren Form nach in: 1. Putzpulver (meist feinpulverige, mineralische Stoffe, wie Tripel, Kalk, Kreide, Moderstein, Infusorienerde, kieselhaltige Materialien, Papierkohle, Schmirgel, gebranntes Hirschhorn, Eisenoxyde [Polierrot], Ziegelmehl, Ton, für sich allein oder in verschiedener Komposition gemischt, auch wohl mit geringen Mengen pulverisierter Weinsäure, Zitronensäure versetzt), verschiedene Namen (Silber-, Messingputzpulver, Brillantine u. s. w.) führend. 2. Putzseifen, das sind Verbindungen von Seifen mit einem der genannten Putzpulver, als Silberseife, Putzseife u. s. w. im Handel. Sandseife ist mit feinem Sand gemischte Seife, die zu groben Putzzwecken, zum Scheuern von Holz u. s. w. dient. 3. Putzpasta und Putzsalbe, Silberputzpasta, Gemenge von Vaseline, Talg, Oel mit Putzpulvern, weiß und rot, oder aus Eisenoxyden, Ziegelmehl u. s. w. bestehend, mit Myrbanöl parfümiert. 4. Putzkugeln, Silberkugeln, Putzpulver mittels eines Bindemittels in Formen gebracht, ähnlich den Putzseifen. 5. Putzsteine, in Formen mit oder ohne Bindemittel stark zusammengepreßte Putzpulver (auch als Putzpatrone in Zylinderform im Handel). 6. Putzlappen, grobes Baumwollgewebe mit verdünntem Wasserglas imprägniert oder in Wasser, in dem Putzpulver fein verteilt, getaucht, ausgewunden und getrocknet. Bei einem Teil der Käufer ist diese, bei dem andern jene Form beliebt. Putzleder sind sämisch gegerbte Schaf-, Reh- und Ziegenfelle, die zum Putzen von blanken Metallen, Glas u. dergl. dienen. Putzmaschinen sind Vorrichtungen, meistens aus einer Schmirgel-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

oder Holzscheibe mit Lederbekleidung und einer Bürste, die in rotierende Bewegung versetzt werden, bestehend, zum Putzen von Messern und Gabeln. Flüssige Putzmittel, wie Messingwasser, Kupferwasser, sind verschieden zusammengesetzt, wie z. B. eine Lösung von Oxalsäure in Wasser mit Bimssteinmehl gemischt, verdünnte Schwefelsäure mit Schmirgel, Bimsstein und Ziegelmehl u. s. w. Da die festen Substanzen sich sehr rasch zu Boden setzen, muß man die Flaschen, in denen diese Putzmittel verkauft werden, immer gut aufschütteln, weil sie sonst nicht genügend wirken. Vgl. Wahlburg, Schleif-, Polier- und Putzmittel, 2. Aufl., Wien 1898. *Andés.*

Putzmühle, s. Getreidereinigungs- und -sortiermaschine.

Putzpulver, s. Putzmittel.

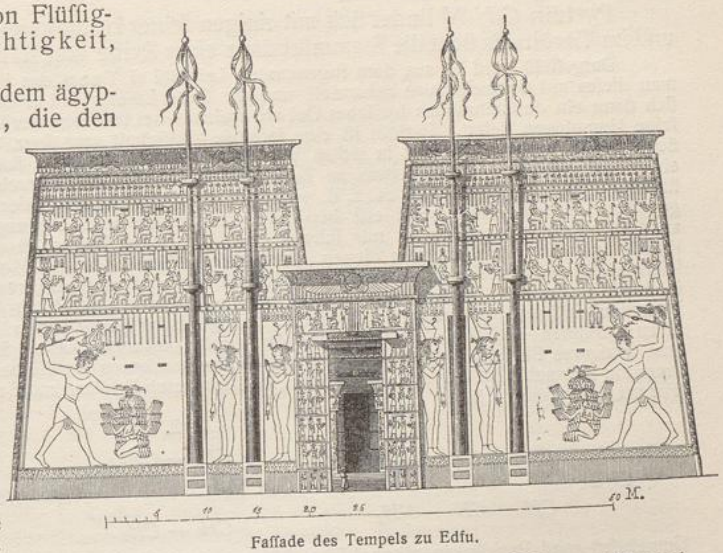
Putztrommel, s. Polieren und Sandstrahl.

Puzzolan (Pausilipptuff), s. Polieren, Putzmittel und Zement.

Pyknit, s. Topas.

Pyknometer, s. v. w. Piknometer (s. Meßwerkzeuge); über ein Instrument zur Bestimmung von Flüssigkeitsdichten, s. Dichtigkeit, Bd. 2, S. 748.

Pylonen, in dem ägyptischen Tempelbau, die den Eingang bildenden und zugleich schützenden mächtigen Turmbauten (s. die Figur).

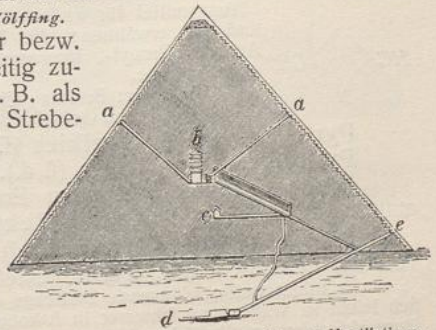


Fassade des Tempels zu Edfu.

Zwischen den steil aufsteigenden, oben wagerecht abgeschlossenen Flächen mit Inschriften und Reliefdarstellungen versehen, ist der enge Portalbau eingestellt, zu dem Fluchten von Kolossalstatuen, Obelisken oder Sphynxen hinführten. Als Festschmuck dienten hohe Masten mit Wimpeln. *Weinbrenner.*

Pyramide, ein Polyeder, begrenzt durch ein n-seitiges Polygon (Grundfläche) und durch n Dreiecke (Seitenflächen), deren Basen die Seiten der Grundfläche und deren Spitze ein fester Punkt (Spitze der Pyramide) außerhalb der Ebene der Grundfläche ist. Die Entfernung der Spitze von der Grundfläche heißt Höhe. Jeder Schnitt der Pyramide mit einer zur Grundfläche parallelen Ebene (Parallelschnitt) ist ein zur Grundfläche ähnliches Polygon. Eine dreiseitige Pyramide, begrenzt von vier Dreiecken, heißt Tetraeder. Eine Pyramide heißt regulär, wenn die Grundfläche ein reguläres Polygon und die Verbindungslinie der Spitze mit dem Mittelpunkt der Grundfläche auf dieser senkrecht steht. Der Inhalt der Pyramide von der Grundfläche G und der Höhe h ist $\frac{1}{3} G h$. Eine zur Grundfläche parallele Ebene teilt die Pyramide in eine kleinere Pyramide und einen Pyramidenrumpf. Sind G und G' die Grundflächen des letzteren, h seine Höhe, so ist dessen Inhalt $h : 3 (G + \sqrt{G G'} + G')$. *Wölffing.*

Pyramide, 1. im Hochbau ein Körper bezw. Bauteil, der sich von breiter Basis mehrseitig zuspitzt und als oberste Endigung dient, z. B. als Turmhelm, als Fiale (s. d.) bei gotischen Strebepfeilern oder als bekrönender Abschluß an Giebeln; 2. älteste, auf uns gekommene Baudenkmale (ca. 3000 v. Chr.) von außerordentlicher Größe, von den ägyptischen Königen als Grabdenkmale errichtet.



Durchschnitt der Cheopspyramide. *a* Ventilationsöffnungen. *b* Grabkammer. *c* Königinkammer. *d* Grabkammer des Königs. *e* Eingang.

Der Kern bestand aus an der Sonne getrockneten Ziegeln oder Bruchsteinen, war in Stufen aufgeführt und wurde außen verkleidet mit den härtesten Steinarten, wie Granit, Syenit oder Basalt, die glatt gemeißelt und poliert wurden. Im Innern führt, von der Nordseite ausgehend, ein schmaler

Gang zu den Grabkammern, die ſich teils in der Mitte des Baues, teils unter demſelben in Felſen eingehauen befinden. Die Pyramide des Chufu (Cheops, ſ. die Figur S. 301) iſt eines der gewaltigſten Bauwerke. Seine Scheitelhöhe beträgt 156 m (etwa Cölner Dom oder Münſter zu Ulm), die Grundfläche = 248 m im Geviert. Literatur ſ. unter Bauſtile (Bd. 1, S. 631). *Weinbrenner.*

Pyramidendach (Zeltdach), ſ. Dach, Bd. 2, S. 489 und 505.

Pyrargyrit, ſ. v. w. Antimonſilberblende (ſ. d.).

Pyrheliometer, Inſtrument von Pouillet [1] zur Meſſung der von der Sonne zugeſtrahlten Wärme, ebenſo wie Herſchels und Violles Aktinometer [2]. Während bei dieſen Inſtrumenten und andern die Geſamtwärmewirkung gemeſſen wird, dient das Bolometer (ſ. d.) von Langley zur Meſſung der Intenſität der einzelnen Wellenlängen im Spektrum.

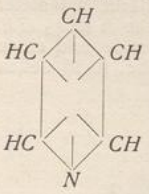
Literatur: [1] Schmid, Lehrbuch der Meteorologie, Leipzig 1880. — [2] Kämtz, Lehrbuch der Meteorologie, Bd. 3, Halle 1836. *Großmann.*

Pyridin C_5H_5N findet ſich mit einigen ſeiner Homologen im Steinkohlenteer und im Tieröl. Es ſtellt die Stammſubſtanz einer Reihe von Alkaloiden (ſ. d.) vor.

Dargeſtellt wird es aus dem ſogenannten Leichtöl (ſ. Teer) des Steinkohlenteers, indem man dieſes mit Schwefelſäure behandelt und die ſaure Löſung mit Soda verſetzt. Es ſcheidet ſich dann ein dunkelbraunes baſiſches Oel ab, welches bei fraktionierter Deſtillation Pyridin und ſeine Homologen liefert. Pyridin iſt eine farbloſe Flüſſigkeit vom ſpez. Gew. 1,0033 bei 0°; es ſiedet bei 115°, iſt mit Waſſer in jedem Verhältnis miſchbar, reagiert ſtark alkaliſch und beſitzt einen ſehr charakteriſtiſchen (etwas an Tabaksqualm erinnernden) Geruch. Es iſt eine ſehr beſtändige Verbindung; ſo wird es z. B. von ſiedender Salpeterſäure oder Chromſäure nicht angegriffen. Schwefelſäure wirkt erſt bei hoher Temperatur unter Bildung einer Sulfoſäure ein; auch die Halogene greifen es nur ſchwer an. Von ſeinen Salzen iſt das Ferrocyanat ſchwer löslich und kann zur Reinigung dienen. Das ſalzſaure Salz bildet mit Platinchlorid ein in Waſſer leicht lösliches Doppelſalz, welches beim Kochen unter Abgabe von zwei Molekülen Salzſäure in die in Waſſer ſehr ſchwer lösliche gelb gefärbte Verbindung $(C_6H_5N)_2PtCl_4$ übergeht. Dieſes Verhalten wird zum Pyridinnachweis benutzt. Bezüglich der ſynthetiſchen Darſtellung des Pyridins iſt zu erwähnen, daß dieſe auf verſchiedenen Wegen geſchehen kann. Es entſteht z. B., wenn man ſalzſaures Pentamethylendiamin (Formel 1) der trockenen Deſtillation unterwirft, zunächſt Piperidin (Formel 2), d. i. Hexahydropyridin, das ſich durch Erhitzen mit Schwefelſäure zu Pyridin (Formel 3) oxydieren läßt:

1. $H_2C\begin{cases}CH_2-CH_2-NHCHHCl\\CH_2-CH_2-NH_2\end{cases}$ 2. $=CH_2\begin{cases}CH_2-CH_2\\CH_2-CH_2\end{cases}NH$ 3. $=HC\begin{cases}H\ H\\C-C\\C-C\\H\ H\end{cases}N$

Umgekehrt wird Pyridin in alkoholiſcher Löſung durch Natrium leicht zu Piperidin reduziert. Piperidin iſt eine farbloſe Flüſſigkeit von eigentümlichem pfefferartigem Geruch und ſtark baſiſchen Eigenſchaften. Es findet ſich in Verbindung mit Piperinſäure im Pfeffer in Form des Alkaloides Piperin. Die Anzahl der iſomeren Subſtitutionsprodukte führen hier ebenſo wie beim Benzol zu dem Schluß, daß an jedes Kohlenſtoffatom ein Waſſerſtoffatom gebunden ſein muß. Auch die ſonſtige Analogie mit dem Benzol berechtigt dazu, eine analoge Bindungsweiſe im Pyridin anzunehmen. Oxydationsmittel greifen wie beim Benzol nur die Seitenkette an; Pyridin ſowie Benzol geben mit Schwefelſäure Sulfoſäuren, die durch Erhitzen mit Kali in Hydroxylverbindungen verwandelt werden. Die Struktur des Pyridins iſt demnach:



Es muß als ein Benzol aufgefaßt werden, in dem eine *CH* Gruppe durch *N* (Stickſtoff) erſetzt iſt.

Ausgedehnte Anwendung findet das Pyridin als Denaturierungsmittel für Alkohol und mediziniſch als Mittel gegen Aſthma. Techniſch wird es als Löſungsmittel für waſſerfreie Mineralſalze verwendet. Von ſeinen Homologen ſind zu erwähnen: die Methylpyridine $C_5H_4N(CH_3)$ oder Picoline, die Aethyl-, Propyl-, Iſopropyl- und Allylpyridine, ferner die Dimethylpyridine oder Lutidine.

Literatur: Buchka, Chemie des Pyridins, Braunſchweig 1889/91; Bericht d. Deutſch. Chem. Geſellſch., Berlin, XVII, 315, XIX, 2694, XX, 2655. *Meyger.*

Pyrit, ſ. v. w. Schwefelkies (ſ. d.).

Pyritoide, ſ. v. w. Kieſe (ſ. d.).

Pyroelektrizität, die beim Erwärmen oder Abkühlen mancher Kriſtalle auftretende Elektrizität (Kriſtallelektrizität).

Pyrogallusſäure (Pyrogallol), ein dreiwertiges Phenol (ſ. d.) von der nebenſtehenden Zuſammenſetzung.

$C_6H_3\begin{matrix}OH\ (1)\\OH\ (2)\\OH\ (3)\end{matrix}$ Pyrogallusſäure.

Es bildet weiße, glänzende Blättchen oder Nadeln, die bei 132° ſchmelzen, ſich leicht in Waſſer und ſchwerer in Alkohol und Aether löſen. Die Pyrogallusſäure abſorbiert in alkaliſcher Löſung ſehr energiſch Sauerſtoff, wobei ſie ſich bräunt und zu Kohlendioxyd, Eſſigſäure und braunen Subſtanzen oxydiert wird. Ebenſo reduziert ſie die Edelmetalle aus ihren Löſungen und wird hierdurch ſelbſt in Eſſigſäure und Oxalſäure umgewandelt.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Das Pyrogallol entſteht aus ſeiner Karbonſäure, der Gallusſäure, durch Erhitzen derſelben für ſich oder beſſer mit Waſſer auf 210°. Die Gallusſäure zerfällt dabei in Kohlendioxyd und Pyrogallusſäure, die ſublimiert. Iſomer mit dem Pyrogallol ſind Phloroglucin und Oxyhydrochinon.

Gallusſäure $C_6H_2\begin{matrix}COOH\ (1)\\OH\ (3)\\OH\ (4)\\OH\ (5)\end{matrix}$ Phloroglucin $C_6H_3\begin{matrix}OH\ (1)\\OH\ (3)\\OH\ (5)\end{matrix}$ Oxyhydrochinon $C_6H_3\begin{matrix}OH\ (1)\\OH\ (2)\\OH\ (4)\end{matrix}$

Die Pyrogallusſäure findet wegen ihrer reduzierenden Eigenſchaften als Entwickler Anwendung in der Photographie, ferner als kosmetiſches und Arzneimittel. In der Gasanalyſe, bei phyſiologiſchen Verſuchen u. ſ. w. wird ſie zur Abſorption von Sauerſtoff verwendet.

Literatur: Beilſtein, Handbuch der organiſchen Chemie, Hamburg und Leipzig 1896, 3. Aufl., Bd. 2, S. 1010; Schmidt, Pharm. Chemie, Organ. Teil, Braunſchweig 1902. *Bujard.*

Pyrographie, ſ. Holzbrandtechnik.

Pyrokollodium, Bezeichnung für die von der ruſſiſchen Heeresverwaltung zur Herſtellung von rauchloſem Pulver benutzte Pyroxylinſorte, welche bei einem Gehalt von ca. 12,3% Stickſtoff in Aetheralkohol ohne vorhergehendes Aufquellen vollkommen löslich iſt. *C. Häußermann.*

Pyrolusit, ſ. v. w. Braunſtein (ſ. d.).

Pyrometer, Thermometer für hohe Temperaturen.

Der Bereich des Queckſilberthermometers erſtreckt ſich noch über den Siedepunkt des Queckſilbers (357°) hinaus. Indem man den Raum des Thermometergefäßes über dem Queckſilberfaden nicht luftleer herſtellt, ſondern mit Stickſtoff- oder Kohlenſäuregas füllt, wird durch den Gasdruck das Sieden verzögert und bei genügend ſchwerer Schmelzbarkeit des Glaſes kann man Queckſilberthermometer bis 550° gebrauchen. Es ſteht zu hoffen, daß bald die Herſtellung von Quarzglasthermometern mit Queckſilber gelingen wird, die den Bereich des Queckſilberthermometers noch etwas erhöhen und ſeinen Gebrauch bei hoher Temperatur durch ihre ſchwere Zerbrechlichkeit erleichtern würden.

Alle der Temperaturbeſtimmung über 500—550° dienenden Vorrichtungen bezeichnet man als Pyrometer; doch wird der Name teilweiſe auch unterhalb dieſer Grenze gebraucht. Das **Queckſilberpyrometer** von G. A. Schultze in Berlin-Charlottenburg hat ein Gefäß aus Jenenſer Borſilikatglas 59 III und enthält im Raume über dem Queckſilber eingepreßte Kohlenſäure von 20 Atmoſphären Druck; das Queckſilberfederpyrometer von J. C. Eckardt in Stuttgart-Cannſtatt hat ein Gefäß aus Stahl mit eiſernem Schutzrohr. Vom Gefäß führt ein ſtählernes Kapillarrohr, nach Wunſch eine biegſame, bis zu 50 m lange Leitung bildend, zu einer Stahlrohrfeder. Der Ausdehnungsdruck des Queckſilbers hat das Beſtreben, das Stahlrohr zu ſtrecken, und überträgt ſich von dem federnden Rohr auf das Zeigerwerk; die Teilung geht bis 500°.

Für die Ermittlung der Glühtemperaturen ſtehen der Wiſſenſchaft und noch mehr der Technik verſchiedene Mittel zu Gebote. Die Technik hat ja häufig kein Bedürfnis, die Temperaturen nach dem wiſſenſchaftlichen Maße in Graden zu meſſen, ſie begnügt ſich vielfach mit den Unterſchieden von 1. beginnender Glut, 2. dunkler Rotglut, 3. Kirſchrot, 4. Orangerot, 5. Gelbglut, 6. Weißglut, 7. blendende Weißglut (Blauglut), ohne nach den entſprechenden Temperaturzahlen 1. 525°, 2. 700°, 3. 900°, 4. 1100°, 5. 1200°, 6. 1300°, 7. 1500° zu fragen. Oder ſie hat ihre beſonderen, dem einzelnen Betrieb eigentümlichen Temperaturmerkmale. In der Toninduſtrie hat ſich ein eigentümliches Verfahren mit beſonderem Temperaturmaß ausgebildet und allmählich eingebürgert, das den Vorzug hat, vom Arbeiter ohne wiſſenſchaftliche Vorbildung leicht ausgeübt zu werden: das Verfahren der Temperaturprüfung mittels Segerkegeln. Das chemiſche Laboratorium von Seger & Cramer G. m. b. H. in Berlin, ſtellt aus ſyſtematiſch zuſammengeſetzten Silikatmaſſen numerierte kleine Körper her in Form ſchlanker dreiſeitiger Pyramidchen, die eine Stufenfolge der Schwerſchmelzbarkeit darſtellen und die Temperaturen zwiſchen ſchätzungsweiſe 590° und 2030° in 60 Stufen teilen. Diejenigen Kegel, welche für die zu prüfende Temperatur in Betracht kommen, werden in Reihe auf einer Schamotteplatte bezw. in dazu hergeſtellter Kapſel in den mit Schaukanal verſehenen Ofen eingeſetzt. Der durch Fig. 1 bezeichnete Zuſtand läßt z. B. erkennen, daß die Ofentemperatur zwiſchen Nr. 8 und Nr. 9 liegt, denn Nr. 7 iſt ganz niedergeſchmolzen, Nr. 8 berührt mit der Spitze den Boden, Nr. 9 beginnt nur zu erweichen. Vom Standpunkt der Wiſſenſchaft kann man gegen dieſes Verfahren den Einwand erheben, daß neben der Temperatur auch die Zeit ein das Schmelzen der Kegel bedingender Faktor ſei; vom Standpunkt der Technik wird man in dieſem Umſtand einen Vorzug erblicken, weil auf das Brennen der Tonwaren auch der Faktor Zeit von ebenſo großem Einfluß iſt. Man wird aber darauf verzichten, eine beſtimmte Segerkegelnummer mit einer genau beſtimmbaren Temperatur zu bezeichnen.



Fig. 1.

Einen gleichen Einwand kann man gegen ein länger eingeführtes Pyrometer, dasjenige von Wedgewood, erheben. Hier werden Tonzylinder beſtimmter Größe und gleicher Beſchaffenheit der zu beſtimmenden Temperatur ausgeſetzt. Alsdann wird ihr Durchmeſſer, der ſich durch das Schwinden des Tons verkleinert, an zwei auf einer Meſſingplatte befeſtigten konvergierenden Meſſingſtäben mit Teilung beſtimmt.

In mannigfacher Weiſe wird die ungleiche Ausdehnung der Metalle durch die Wärme zur Herſtellung von Pyrometern verwertet. Bordas Pyrometer beſteht aus einem Platin- und einem Kupferſtreifen, die an einem Ende vernietet ſind, Muſchenbrock übertrug die Aus-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

dehnung von Metallſtäben auf Hebel, Räderwerk und Zeiger. Allen ſolchen Apparaten haftet der große Nachteil an, daß die Metalle, wenn ſie großen Temperaturdifferenzen ausgeſetzt werden, ſich bleibend verziehen, ſo daß die Teilungen der Inſtrumente ſteter Nachprüfung bedürfen, wenn nicht ganz unbrauchbar werden.

Am beſten haben ſich die **Graphitpyrometer** bewährt, wie ſolche von Steimle & Hartung in Quedlinburg oder von der obengenannten Firma Eckardt hergeſtellt werden. Im Boden eines Eiſenrohrs iſt ein Graphitſtab befeſtigt, deſſen Ausdehnungsdifferenz gegen das eiſerne Rohr durch Hebel und Geſtänge auf das Zeigerwerk übertragen wird (Fig. 2). Die Teilung geht je nach Beſtimmung bis 400, 600 oder 1000°. Das Pyrometer wird von letzterer Firma auch mit Selbſtregiſtrierung verſehen, ſo daß es den Verlauf des Temperaturzuſtandes für den Lauf eines Tages aufzeichnet.



Fig. 2.

Verſchiedene andre Wirkungen der Wärme auf die Naturkörper werden zur Pyrometrie verwertet. In J. Wiborghs **Thermophon** [1] iſt es die Wärmeleitung. Kleine Tonzylinder von 2,8 cm Länge und 2 cm Durchmeſſer enthalten in ihrem Innern eine bei beſtimmter Temperatur explodierende Maſſe in Metallkapſel, die durch eine ſchwache Detonation den Moment anzeigt, zu dem die Mitte des Zylinders in die Exploſionstemperatur verſetzt wurde. Je höher die den Zylinder umgebende Temperatur, um ſo kürzer iſt die Zeit vom Einſetzen des Thermophons bis zur Detonation. F. Müller (Geißlers Nachf.) in Bonn liefert die aus beſtimmter Schamottemaſſe beſtehenden Zylinder in Schachteln von 50 Stück zur Temperaturbeſtimmung von 300 bis 2000° mit Gebrauchsanweiſung und Temperaturtabelle zum Preis von 13 ℳ. In Quinckes akuſtiſchem Pyrometer [2] wird die mit der Luftdichte veränderliche Wellenlänge eines Tons beſtimmter Höhe zur Temperaturbeſtimmung benutzt. Mittels eines Interferenzapparates aus feuerfeſten Röhren wird die Länge der Welle eines Stimmgabeltons ermittelt. D. Berthelot [3] benutzt die Aenderung des optiſchen Brechungsvermögens der Gaſe zur Ermittlung ihrer Verdünnung in hoher Temperatur und damit der Temperatur. Auch eine neuerdings empfohlene Art der Temperaturmeldung mag hier erwähnt werden. Salze verſchieden aber ſicher beſtimmter hoher Schmelzbarkeit können die Erreichung ihrer Schmelztemperatur in einem Raume anzeigen, wenn man die getrennten Teile einer Stromleitung zwiſchen die Salzprobe einbettet, ſo daß beim Schmelzen Stromleitung eintritt und eine Alarmklingel ertönt (Wildermanns Jahrbuch der Naturwiſſenſchaften 1908, S. 117).

Beſonders aber ſind es fünf weitere Wirkungen der Wärme, die für die wiſſenſchaftliche und für die techniſch-exakte Temperaturbeſtimmung verwertet werden: der mit der Temperatur wachſende Druck der Gaſe bei gleichbleibendem Volumen, das mit der Temperatur veränderliche elektriſche Leitungsvermögen, die mit der Temperatur veränderliche Spannung der Kontaktelektrizität ſich berührender Körper, die mit der Temperatur veränderliche Lichtemiſſion glühender Körper und der mit der Temperatur ſteigende Wärmeinhalt.

Unter den Körpern ſind es die Gaſe und unter dieſen der Waſſerſtoff, welchen gleiche zugeführte Mengen von Wärme gleiche Volumzunahmen bei konſtantem Druck erteilen bezw. gleiche Druckzunahmen bei konſtantem Volumen und zwar mit einer ideal geſetzmäßigen Genauigkeit. Das **Luftthermometer**, beſonders das **Waſſerſtoffthermometer** dient daher als Normalthermometer, auf welches, ſoweit möglich, die Teilung der andern Thermometer zurückzuführen iſt. Von dem freilich für den techniſchen Gebrauch beſonders als Pyrometer ganz ungeeigneten Inſtrument nach der von Jolly [4] ihm gegebenen Einrichtung mag Fig. 3 eine Vorſtellung geben. An einer vertikalen Säule mit Teilung ſind zwei Schlitten verſchiebbar, welche zwei durch einen Kautſchukſchlauch kommunizierende Röhren *A* und *B* tragen. Die Röhre *B* ſetzt ſich in ein zweimal (horizontal und vertikal) umgebogenes Kapillarrohr *K* fort, welches in das ſamt der Kapillaren mit trockenem Waſſerſtoff gefüllte kugelige Gefäß *V* mündet, das aus ſchwer ſchmelzbarem Glas geblaſen iſt und etwa 50 ccm hält. Die Röhren *A* und *B* ſamt dem Schlauch enthalten Queckſilber, deſſen Stand in *B* an einer innen im Rohr angeſchmolzenen Spitze *S* aus ſchwarzem Glas genau eingeſtellt werden kann. Bei den Verſuchen wird das Gefäß *V* bis zur nächſten Biegung der Kapillare zuerſt in ſchmelzendes Eis und dann in den Raum gebracht, deſſen Temperatur zu ermitteln iſt. Vor dem Verſuch hat man durch Queckſilberfüllung und Wägung den Raum *V* des Ballons und den Raum der Kapillare bis zur Marke *S* genau ermittelt. — Aus den beiden Queckſilberſtänden der Röhre *A* über der Marke *S* bei der Temperatur 0° und bei der zu meſſenden Temperatur, unter Berückſichtigung des Barometerſtandes, der Gefäßausdehnung, der Temperatur des Verſuchsraums berechnet ſich dann die geſuchte Temperatur. Dabei iſt der Verſuch nicht auf die Anwendungsgrenze des Glasthermometers beſchränkt, auf 550°. Man ſtellt für höhere Temperaturen das Gefäß aus Porzellan her mit angeſetztem Kapillarrohr. Bei 1400° erweicht auch das Porzellan und die außen aufgeſchmolzene Glaſur ſchon bei 1100°. Um das Durchbrechen des Glaſes durch die Glaſur zu verhindern, muß daher für Temperaturen über 1100° die Füllung des Gefäßes anfänglich mit Gas von geringem Druck mit Queckſilberſtand in *A* niederer als in *B* vorgenommen werden. Für noch höhere Temperaturen haben Holborn und Wien in der Phyſikaliſchen Reichsanſtalt

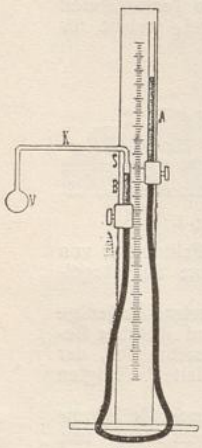


Fig. 3.

Verſuche mit Gefäßen aus noch ſchwerer erweichender Tonmaſſe gemacht, ohne die aus der Poroſität der nur außen glaſierbaren Maſſen entſpringenden Fehler ganz zu überwinden. Neuerdings haben Holborn und Day ſich wieder den Platiniridiumgefäßen zugewendet, die man früher verlaſſen hatte, weil das Platin ſich für Gaſe bei hoher Temperatur durchläſſig zeigte. Man fand, daß dieſe Eigenſchaft zwar für Waſſerſtoff und für Sauerſtoff zutrifft, nicht aber für Stickſtoff, doch ſind heutzutage die optiſchen Methoden pyrometriſcher Meſſung, welche unten zu beſprechen ſind, ſo gut auf exakte Geſetze begründet, daß die Erhöhung des Bereichs des Luftpyrometers über die jetzt erreichte Grenze von 1800° entbehrlich iſt.

Ein zweites der wiſſenſchaftlich wertvollen Prinzipien pyrometriſcher Meſſung, das auch zu techniſch wertvollen Apparaten geführt hat, iſt die **Temperaturbeſtimmung aus der elektriſchen Leitfähigkeit.** Die metalliſchen Leiter der Elektrizität erhöhen ihren Widerſtand mit ſteigender Temperatur. Unter den feuerbeſtändigeren Metallen zeichnet ſich das Platin durch ſeinen großen Temperaturkoeffizienten aus, und man iſt imſtande, aus der veränderlichen Größe des Widerſtands einer Widerſtandsrolle aus Platin, welche der zu meſſenden Temperatur ausgeſetzt wird, die Temperatur mit ſehr großer Genauigkeit abzuleiten, weil die Widerſtandsbeſtimmungen ſehr großer Schärfe fähig ſind. Nur hat ſich die Hoffnung, den Meßbereich bis nahe an den Schmelzpunkt des Platins auszudehnen, alſo etwa bis 1800°, nicht beſtätigt, weil die als Iſoliermittel dienenden feuerfeſten Materialien, Metalloxyde, in umgekehrtem Verhalten der metalliſchen Leiter, ihre Iſolierfähigkeit bei hoher Temperatur erniedrigen. Man beſchränkt daher den Meßbereich, der nach unten ſich bis zu den niederſten Temperaturen erſtreckt, nach oben auf unter 1000°, um ſo eher, da man für höhere Temperaturen das andre nachher zu beſchreibende Meßprinzip verwertet.

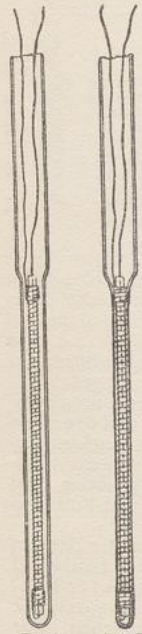


Fig. 4.

Fig. 5.

Hartmann & Braun A.-G. in Frankfurt a. M. beſchränken ihre Widerſtandsthermometer, welche die Meßſchärfe der feinſten Queckſilberthermometer erreichen, auf 500°. W. C. Heraeus in Hanau gibt der Platinſpirale einen ganz vorzüglichen Schutz ſowohl gegen chemiſche als gegen mechaniſche Veränderungen. Ein Stäbchen aus Quarzglas, ausgezeichnet durch ſchwere Schmelzbarkeit und ſehr kleinen Ausdehnungskoeffizienten, wodurch es vor Zerſpringen bei raſchen Temperaturwechſeln bewahrt bleibt, wird mit dem Platindraht umwickelt (Fig. 4) und alsdann in ein dünnwandiges Röhrchen aus demſelben Stoffe eingeſchoben, worauf dieſes dicht auf das Stäbchen aufgeſchmolzen wird, ſo daß der Widerſtandsdraht, ganz in Quarz eingebettet, ſich nahe der Oberfläche befindet (Fig. 5). Ein dickeres Quarzrohr, das die Fortſetzung des erſteren bildet, enthält, durch Kapillaren iſoliert, die Zuleitungsdrähte aus Silber. Der Meßbereich geht bis 900°. Die Länge der Spirale wird je nach Bedarf verſchieden gewählt; in der Regel hat der wirkſame Teil des Pyrometers eine Länge von 40 mm bei 4 mm äußerem Durchmeſſer, der Widerſtand bei 0° beträgt 50 Ohm.

Es iſt ein unſchätzbarer Vorzug der elektriſchen Pyrometer, daß die Meßvorrichtung und der bei den Widerſtandspyrometern nötige Stromerzeuger (Akkumulatoren) durch beliebig lange Stromleitung vom erhitzten Apparate getrennt werden können, daß ſie Fernbeobachtung von bequemem Orte aus geſtatten. Der Meßapparat von Heraeus iſt eine Wheatſtoneſche Brücke, deren Galvanometer direkt die Temperatur abzuleſen geſtattet, wenn durch angebrachte Reguliervorrichtung dafür geſorgt wird, daß die Brücke unter der richtigen Stromſpannung ſteht. Der Anzeigeapparat von Hartmann & Braun iſt von der Spannung des Meßſtromes unabhängig und eignet ſich daher auch zu kontinuierlicher Temperaturanzeige und damit zur Selbſtregiſtrierung mittels Uhrwerks. Bei nichtkontinuierlicher Anzeige kann derſelbe Meßapparat mittels Umſchaltern mit einer beliebigen Anzahl an verſchiedenen Orten aufgeſtellter Pyrometer verbunden werden.

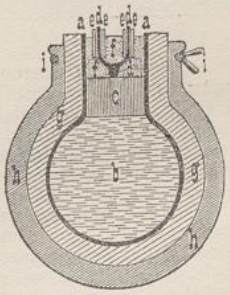


Fig. 6.

Von größerem Umfang als bei den Widerſtandspyrometern iſt der Meßbereich bei den **thermoelektriſchen Pyrometern.** Die an der Kontaktſtelle zweier verſchiedener Metalle auftretende und mit der Temperatur der Kontaktſtelle veränderliche Potentialdifferenz bildet im geſchloſſenen Stromkreis die Urſache von Thermoſtrömen, deren Stromſpannung mit der Temperaturdifferenz der Kontaktſtellen (Lötſtellen) veränderlich iſt. Der Meßapparat iſt daher hier nicht ein Widerſtandsmeſſer (Ohmmeter), ſondern ein Spannungsmeſſer, Voltmeter bezw. Millivoltmeter mit direkter Temperaturanzeige. Er gibt die Differenz der Temperaturen des Pyrometers und des Anzeigeapparats, wenn die Anſchlußklemmen des Pyrometers auf gleicher Temperatur erhalten werden. Der um die Entwicklung der Pyrometrie hochverdiente franzöſiſche Gelehrte und Techniker Le Chatelier [5] hat als die für hohe Temperaturen geeignetſte Metallkombination das Platin und das Platinrhodium (eine Legierung von Platin mit 10% Rhodium) eingeführt, die als Drähte durch Schmelzung ihrer Enden zum Kügelchen, der Lötſtelle, verbunden ſind. In Fig. 6 iſt ein ſolches Pyrometer dargeſtellt. Es bezeichnet darin *a* ein Kugelrohr aus Porzellan oder feuerfeſtem Ton, *b* eine Füllung der Kugel mit metalliſchem Wolfram und Holzkohle, die ein Zuſammenſinken des Kugelrohres verhindern ſoll, *c* einen Aſbeſtpfropfen, *d d* die Drähte des Thermoelements, *d''* die Lötſtelle desſelben, *e* zwei Pfeifentonrohre, *f* eine Aſbeſtumwicklung der letzteren, *g* eine Aſbeſtumwicklung des Kugelrohrs und *h* eine Aſbeſtkappe, die das ganze Inſtrument umgibt und durch eine Aſbeſtſchnur *i* gehalten iſt.

Vereinfachungen und wichtige Vervollkommnungen verdankt das Pyrometer Le Chateliers den Gelehrten Holborn und Wien von der Phyſikaliſch-techniſchen Reichsanſtalt. Nach deren Angaben hat Heraeus in Hanau dem Inſtrument die durch Fig. 7 erläuterte Form gegeben, die z. B. zur Meſſung der Temperatur von Oel- und Bleibädern ſich eignet (Länge des vertikalen Teils 60 cm). Bei der Verwendung für flüſſige Metalle, Silber, Bronze, Meſſing, Eiſen u. ſ. w., wird das Porzellanſchutzrohr von einem Graphitrohr umgeben. Von Stahl wird das letztere angegriffen, kann aber ausgewechſelt werden wie auch die dem Zerſpringen ausgeſetzten Porzellanrohre. Für Temperaturen bis 1200° empfiehlt die Firma ſtatt der Porzellanſchutzrohre ſolche aus Quarzglas. Als Maß der Genauigkeit geben Holborn und Wien an, daß bei 1000° der Fehler den Wert von ±5° nicht überſteige. Die Grenze der Verwendbarkeit dürfte bei 1800° liegen.

Ueber thermoelektriſche Pyrometer von Heraeus mit einem Meßbereich bis 2100°, aus Iridium und Iridium-Ruthenium als Kontaktmetallen, berichtet der Art. Feuerfeſtigkeit, Bd. 3, S. 763. Hartmann & Braun in Frankfurt a. M., die für Temperaturen bis 600° ihr ſehr empfindliches Conſtantan-Silberthermoelement empfehlen, haben für ſehr hohe Temperaturen bis 1600° gleichfalls das Syſtem Le Chatelier. Zur Iſolation der beiden Drähte dienen entweder Rohre aus der von der Berliner Porzellanmanufaktur hergeſtellten ſchwer ſchmelzbaren Marquardtſchen Maſſe, die aber gegen Stoß und raſche Temperaturwechſel zu ſchützen ſind, oder eine von der Firma hergeſtellte beſondere Armatur aus feuerfeſtem Material, die aus mehreren von einem feſten Metallſtab durchſetzten und durch eine Mutterſchraube und ſtarke Feder zuſammengehaltenen Rohrſtücken beſteht. Ueber 1100° wird der untere Teil des aus Nickel beſtehenden Metallſtabs durch Platin erſetzt, unter 1000° kann man eine Armatur aus ovalem Mannesmannrohr, mit Serpentinknopf und Anſchlußklemmen benutzen. Für geſchmolzene Metalle wird eine Quarzgraphitarmatur empfohlen, Quarzglas mit Graphitrohr umgeben.

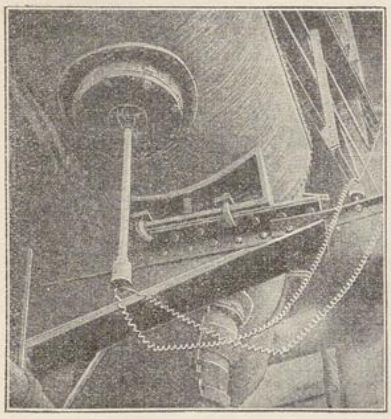


Fig. 8.

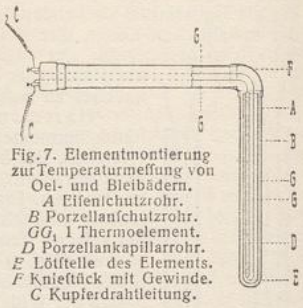


Fig. 7. Elementmontierung zur Temperaturmeſſung von Oel- und Bleibädern.
A Eiſenſchutzrohr.
B Porzellanſchutzrohr.
GG$_1$ Thermoelement.
D Porzellankapillarrohr.
E Löſtelle des Elements.
F Knieſtück mit Gewinde.
C Kupferdrahtleitung.

Neben den genannten Firmen iſt Keiſer & Schmidt in Berlin für Thermoſtrompyrometer zu nennen. Dieſe Firma wie auch Hartmann & Braun in Frankfurt a. M. und Siemens & Halske in Berlin liefern die als Meßapparate dienenden Galvanometer zur direkten Ableſung der Temperaturen. Fig. 8 zeigt eine mit thermoelektriſchem Pyrometer armierte Heißwindleitung eines Hochofens, von Siemens & Halske eingerichtet. Die Pyrometer ſamt Meßapparaten werden von der Phyſikaliſch-techniſchen Reichsanſtalt geprüft und mit Prüfungsſchein verſehen.

Das weiteſttragende Prinzip der Pyrometrie iſt das **optiſche**, es reicht von der dunkeln Rotglut bis zu den höchſten Temperaturen. Die alte Uebung der Feuerarbeiter, den Stärkegrad der Glut aus deren Farbe zu beurteilen, bildete die Aufforderung, mit Photometer (ſ. d.) und Spektralapparat wiſſenſchaftlich den Zuſammenhang zwiſchen der abſoluten Temperatur T und der Strahlungsintenſität J, letztere je nach Wellenlänge λ der Strahlung, feſtzuſtellen. Zur Zeit, wo das thermoelektriſche Pyrometer durch die Phyſiker der deutſchen Reichsanſtalt ſeine weitere Vervollkommnung erfuhr, hatte ſich Le Chatelier [6] dem neuen Prinzip zugewandt. Er ſtellte eine freilich mit den Geſetzen von Stefan und Wien nicht übereinſtimmende mathematiſche Beziehung zwiſchen J und T auf und begründete auf ſeine Formel ein optiſches Pyrometer, ein Photometer, das Pellin in Paris herſtellt, mittels deſſen z. B. die Temperatur der Sonne zu 7600° beſtimmt wurde.

Eine nach den Geſetzen der Lichtemiſſion gemachte Temperaturbeſtimmung eines Körpers iſt indeſſen nur zutreffend für vollkommen ſchwarze Körper, die, wie annähernd der Ruß, Strahlen aller Wellenlängen gleichmäßig und vollſtändig abſorbieren. Auch die glühenden Wände eines Hohlraums, wenn auch von nicht vollkommen ſchwarzer Beſchaffenheit, verhalten ſich wie ſchwarze Körper, ſo daß alſo die Temperatur eines Feuerraums (Heizraums) mit dem optiſchen Pyrometer richtig beſtimmt wird. Für Körper von nicht vollkommen ſchwarzer Oberfläche nennt man die mit dem optiſchen Pyrometer beſtimmte Temperatur ihre ſchwarze Temperatur, zum Unterſchied von der mehr oder weniger abweichenden wahren Temperatur.

Theoretiſch durch Anwendung der Strahlungsgeſetze von Stefan und Wien und praktiſch durch Ausbildung bequemer photometriſcher Methoden des Meſſens wurde das optiſche Pyrometer weitergebildet durch J. Paſchen und H. Wanner [7] und durch Holborn und Kurlbaum [8]. Die Beziehung zwiſchen T und J bekommt die Form $J = c_1 \lambda^{-5} e^{-\frac{c_2}{\lambda T}}$, wo c_1 und c_2 Konſtante ſind, die F. Paſchen [9] experimentell beſtimmt hat. Es iſt alſo $\log J$ eine lineare Funktion des reziproken Wertes von T, wodurch ſich die Eichung der auf beſtimmte

Spektralgebiete λ einzuſtellenden photometriſchen Meßapparate einfach geſtaltet. Wanners Pyrometer iſt ein Spektralphotometer, das die Intenſität einer beſtimmten Spektralfarbe des zu prüfenden glühenden Körpers mit derjenigen eines Glühlampenbügels von bekannter, durch Stromſtärke und Spannung beſtimmter Temperatur vergleicht. Bei dem optiſchen Pyrometer von Holborn und Kurlbaum wird von dem glühenden Körper durch eine Linſe ein reelles Bild entworfen in der Ebene des glühenden Kohlebügels einer viervoltigen Glühlampe. Beides wird durch ein Okular mit rotem Glaſe betrachtet unter Regulierung der Stromſtärke, bis bei gleicher Helligkeit das Bild des Glühfadens auf ſeinem Hintergrunde verſchwindet. Ein Ampèremeter läßt die Temperatur ableſen. Da die Temperatur der Glühlampe zur Schonung der Lampe nicht über 1500°, beſſer nur bis 1200° geſteigert werden ſollte, iſt eine Vorrichtung zur Lichtſchwächung des entworfenen Bildes angebracht, ſo daß das Temperaturgebiet, über das ſich der Meßbereich des optiſchen Pyrometers erſtreckt, von 600° an nach oben unbegrenzt iſt. Dieſes optiſche Pyrometer wird hergeſtellt von Siemens & Halske A.-G., Wernerwerk in Berlin, deren Proſpekt das Schaltungsſchema (Fig. 9) gibt. Die einzigen der Abnutzung unterworfenen Teile dieſes vervollkommneten Apparats ſind die Glühlampe und die Akkumulatoren. Erſtere kann nicht willkürlich erneuert werden. Es ſind daher jedem Apparat zwei Erſatzlampen beigegeben, zuſammen mit ihren Prüfungsſcheinen. Gleichfalls hierher gehört die Erwähnung zweier Pyrometer von Fery, da ſie ebenfalls, das eine thermoelektriſch, das andre als Ausdehnungspyrometer die Wärmeſtrahlen glühender Körper zur Temperaturbeſtimmung benutzen, alſo die „ſchwarze Temperatur" liefern. Bei beiden werden die Strahlen durch einen Hohlſpiegel in deſſen Fokus geſammelt, wo ſich bei dem einen ein aus zwei Bändern von Eiſen und Konſtantan gebildetes Thermoelement befindet, bei dem andern eine Art Bordaſches Thermometer (ſ. oben). Vgl. darüber [10] und [11].

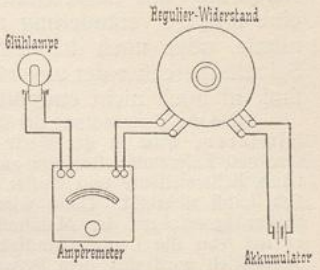


Fig. 9. Schaltungsſchema für das optiſche Pyrometer.

Zum Schluß ſei noch ein in vielen Fällen bequemes Verfahren zur Beſtimmung hoher Temperaturen erwähnt, das **kalorimetriſche** (vgl. die Beſchreibung des Waſſerkalorimeters im Art. Brennſtoffe, Bd. 2, S. 282). Das an ſich wenig genaue Verfahren leidet noch durch die Veränderlichkeit der ſpezifiſchen Wärme mit ſteigender Temperatur, wofür ſichere Geſetze noch zu ermitteln ſind. Bequem zu handhabende Kalorimeter liefert G. A. Schultze, Berlin SW.

Literatur: [1] Oeſterr. Zeitſchr. für Berg- und Hüttenweſen 1896, S. 405. — [2] Annalen der Phyſik 1899, 68, S. 66. — [3] Comptes rendus 1898, 126, S. 410 und 473. — [4] Winkelmann, Handbuch der Phyſik, Breslau 1896, 2. 2, S. 16. — [5] Journal de Phys. 1887, (2) 6, S. 26. — [6] Ebend. 1892, (3) 1, S. 185, und Comptes rendus 1892, 114, S. 737. — [7] Phyſik. Zeitſchr. 1899, 1, S. 226; 1901, 3, S. 112. — [8] Ebend. 1902, 3, S. 187. — [9] Sitzungsber. der Berliner Akademie 1899, S. 405—420. — [10] Preisverzeichnis Nr. 39 (Juni 1906) der engl. Cambridge Scientific Instrument Co. Ltd. — [11] Journal de phys., 6, 1907, S. 889, und Zeitſchr. für Inſtrumentenkunde, 28, 1908, S. 189.

A. Schmidt.

Pyrometrie, optiſche, ſ. Photometrie, S. 126.

Pyrometriſcher Heizeffekt, ſ. Brennſtoffe, Bd. 2, S. 281.

Pyrop, ſ. Granat.

Pyropapier (Sprengpapier) wird erhalten, indem man ungeleimtes Papier einige Minuten lang in einer Miſchung von Salpeterſäure und Schwefelſäure liegen läßt, worauf man dasſelbe herausnimmt, durch Waſchen mit Waſſer und verdünntem Ammoniak entſäuert und ſchließlich trocknet. Es brennt infolge ſeines Gehalts an Nitrocelluloſe raſch ab, ohne Rauch zu entwickeln.

Pyrophore (Selbſtzünder), Körper, die ſich von ſelbſt an der Luft entzünden. Die Urſache des Selbſtentzündens beruht auf der Leichtigkeit, ſich mit Sauerſtoff zu verbinden, welcher Vorgang durch ſehr poröſe Beſchaffenheit der Körper erleichtert wird. Solche Pyrophore ſind gewiſſe Metalle in ſehr fein verteiltem Zuſtand, ferner geglühter Brechweinſtein, mit Zuckerkohle geglühter Alaun (Hombergs Phosphor); auch Zinkäthyl, Phosphorwaſſerſtoff u. ſ. w. ſind Körper, welche ſich an der Luft von ſelbſt entzünden. — Vgl. a. Gasbeleuchtung.

C. Häußermann.

Pyropiſſit, Wachskohle, Mineral, foſſiler Kohlenwaſſerſtoff. Derbe, lockere, zerbröckliche oder auch, wenn feucht, geſchmeidige, weiche Maſſe von gelber oder brauner Farbe; matt; ſpez. Gew. 0,9; ſehr leicht zu pechähnlicher Maſſe ſchmelzend und leicht verbrennend mit weißer Flamme. Teilweiſe in Aether löslich, liefert trocken deſtilliert Paraffin. Tritt in mächtigen Schichten in der Braunkohle der Provinz Sachſen auf und wird gewonnen und zur Paraffinbereitung benutzt.

Leppla.

Pyrotechnik, ſ. v. w. Feuerwerkerei (ſ. d.).

Pyroxen, ſ. v. w. Augit (ſ. d.).

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Pyroxyline, Sammelname für alle noch die urſprüngliche Struktur aufweiſenden Einwirkungsprodukte der Salpeterſäure auf Baumwolle und ähnliche Faſermaterialien, während die durch Auflöſen dieſer Rohſtoffe in Salpeterſäure und darauffolgendes Fällen dieſer Löſungen mit Waſſer erhältlichen Präparate als Xyloidine bezeichnet werden. Von der Vorausſetzung ausgehend, daß die den Hauptbeſtandteil der Baumwolle u. ſ. w. bildenden Celluloſemoleküle in Berührung mit Salpeterſäure unter Waſſerabſpaltung eſterifiziert werden, ohne eine ſonſtige Veränderung zu erleiden, nennt man die Pyroxyline auch Celluloſenitrate oder noch häufiger Nitrocelluloſen. Ob jedoch die Pyroxyline Salpeterſäureeſter der unveränderten Celluloſe oder der Hydro- bezw. Oxycelluloſe ſind, iſt noch nicht endgültig feſtgeſtellt.

Die die Umwandlung der Baumwolle in Pyroxylin bezweckende Operation, das ſogenannte Nitrieren, wird in der Weiſe ausgeführt, daß man das zuvor ſorgfältig gereinigte und getrocknete Faſermaterialien eine auf einer beſtimmten Temperatur gehaltene Miſchung von Salpeterſäure, Schwefelſäure und Waſſer einträgt, worauf man das ganze einige Zeit (2—8 Stunden) ſich ſelbſt überläßt. Dann wird das Nitriergut von der Abfallſäure getrennt, mit kaltem Waſſer gewaſchen, im Mahlholländer zerkleinert und ſo oft mit Waſſer ausgekocht, bis es frei von die Lagerbeſtändigkeit des fertigen Produkts beeinträchtigenden Subſtanzen iſt. Schließlich wird das dem Pyroxylin anhaftende Waſſer durch Alkohol verdrängt oder durch Abpreſſen und Trocknen bei ca. 45° entfernt. In Berührung mit einer Flamme oder mit einem glühenden Gegenſtand, durch den elektriſchen Funken und beim Erhitzen auf 180° ſowie unter Umſtänden auch durch Stoß oder Schlag entzünden ſich die Pyroxyline und verpuffen dann im loſen Zuſtand und an der Luft mehr oder weniger lebhaft, ohne einen nennenswerten Rückſtand zu hinterlaſſen. Entzündet man Pyroxylin im komprimierten Zuſtand und innerhalb eines geſchloſſenen Gefäßes, ſo findet unter den Erſcheinungen der Exploſion ein Zerfall in Kohlenſäure, Kohlenoxyd, Stickgas und Waſſerdampf ſtatt und kann der dabei auftretende Gasdruck bis auf ca. 15000 Atmoſphären anſteigen.

Außer in Waſſer und in verdünnten Säuren ſind die Pyroxyline auch in Aether, Benzol, Benzin u. ſ. w. unlöslich. Dagegen löſen ſie ſich ausnahmslos in Aceton, Eſſigäther und Amylacetat auf, wobei mehr oder weniger viskoſe Flüſſigkeiten entſtehen. Bei Gegenwart geringerer Mengen eines Löſungsmittels findet nur ein Aufquellen der Faſern unter Bildung einer Gelatine ſtatt. Nach dem Verflüchtigen des Löſungsmittels hinterbleibt eine zuſammenhängende, amorphe, durchſichtige oder weiße Maſſe, in welcher ſich die von einer Stelle aus eingeleitete Entzündung ſehr viel langſamer fortpflanzt als in dem urſprünglichen Pyroxylin, wiewohl die Zerſtörung der organiſierten Struktur keine Veränderung der chemiſchen Zuſammenſetzung zur Folge hat.

Je nach dem Konzentrationsgrad der Nitrierſäure und den beim Nitrieren eingehaltenen Temperaturen reſultieren Pyroxyline von verſchiedenem Stickſtoffgehalt und von verſchiedenem Verhalten gegen beſtimmte Löſungsmittel, insbeſondere gegen eine Miſchung von 1 Teil Alkohol mit 2—10 Teilen Aether.

Diejenigen Pyroxyline, welche zwiſchen 11—12,5 % Stickſtoff enthalten und dabei in der Aether-Alkoholmiſchung ganz oder doch größtenteils löslich ſind, nennt man in der induſtriellen Praxis Kollodiumwollen; die ſtickſtoffreicheren und in der Aether-Alkoholmiſchung größtenteils unlöslichen Pyroxyline ſtellen dagegen die Schießbaumwolle im engeren Sinn des Wortes dar.

Pyroxyline werden in allen Kulturſtaaten fabrikmäßig erzeugt und beziffert ſich die jährliche Totalproduktion auf mehrere Millionen Kilogramm zum Preis von 3—4 *M.* pro 1 kg. Wenn auch die eigentliche Schießwolle heute nur noch zum Laden von Seeminen und Torpedos benutzt und daher in beſchränkten Quantitäten hergeſtellt wird, ſo iſt dagegen der Bedarf an Kollodiumwollen ein um ſo größerer, indem dieſe einer ſehr vielſeitigen Verwendung fähig ſind und außer auf Kollodium und Zaponlack hauptſächlich auf rauchloſe Pulver, auf Kunſtſeide nach dem Verfahren von de Chardonnet, auf photographiſche Films, auf Sprengſtoffe verſchiedener Art ſowie auf Celluloid verarbeitet werden. S. a. Sprengſtoffe.

Literatur: Abel-Pleuß, Unterſuchungen über Schießbaumwolle, Berlin 1907; Escales, R., Die Schießbaumwolle (Nitrocelluloſen), Leipzig 1905; Bernardou, J., Smokeless Powder, Nitrocellulose and Theorie of the Cellulose Molekul, New York 1901; Plach, Die gepreßte Schießwolle, Pola 1891.

C. Häußermann.

Pyrrhoſiderit, ſ. v. w. Goethit (ſ. d.).

Pyrrhotin, ſ. v. w. Magnetkies (ſ. d.).

Pyrrol, ſ. Teer.

Pythagoräiſche Zahlen heißen drei Zahlen, wenn die Quadratſumme der beiden kleineren gleich dem Quadrat der größeren iſt; z. B. 3, 4, 5, weil $9 + 16 = 25$, ebenſo 5, 12, 13 u. ſ. w. — Lehrſatz des Pythagoras, ſ. Dreieck, Bd. 3, S. 98.

Literatur: [1] Gauß, Ueber die pythagoräiſchen Zahlen, Bunzlau 1894. — [2] Kosmik, K., Pythagoräiſche Dreiecke und diesbezügliche Vierecke, Mähriſch-Weißkirchen 1906. *Wölffing.*

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN