

## B. Kolbenpumpen.

Der Druck wird durch hin- und hergehende Kolben oder fortlaufend bewegte beziehungsweise rotierende Platten ausgeübt. Für das Güteverhältnis der hierher gehörigen Maschinen ist die richtige Leitung des Wassers, sowie der dichte Schlufs der Röhren, Gefäße und Abschlufsorgane von besonderer Wichtigkeit, auch sollen Geschwindigkeitsänderungen möglichst vermieden werden oder doch nur allmählich eintreten. Meistens lassen sich diese Wasserhebemaschinen den Förderhöhen gut anpassen, so dafs Verlusthöhen nur ausnahmsweise vorkommen.

### 1. Kolbenpumpen mit geradlinig hin- und hergehender Bewegung.

§ 8. Allgemeines. Der Kolben wird dicht schließend in einem Cylinder (Pumpenstiefel) bewegt, nach welchem das Wasser durch das Saugrohr gelangt, um dann im Druckrohr gehoben zu werden, wobei der Wechsel des Abschlusses und der Kommunikation der Cylinderräume mit diesen Röhren durch Ventile bewirkt wird, deren Bewegung entweder vermöge der beim Hubwechsel des Kolbens eintretenden Änderung des Wasserdrucks zu beiden Seiten des Ventils selbstthätig geschieht, wozu die Hubventile sich eignen, oder durch einen Steuerungsmechanismus zwangsläufig vollzogen wird, wie dies bei Anwendung von Gleitventilen (Schiebern) notwendig ist.

Für die Konstruktion der Kolben bestehen als Typen der Scheibenkolben und der Taucherkolben. Ersterer schiebt sich passend in dem glatt cylindrisch ausgebohrten Pumpenstiefel, welcher durch

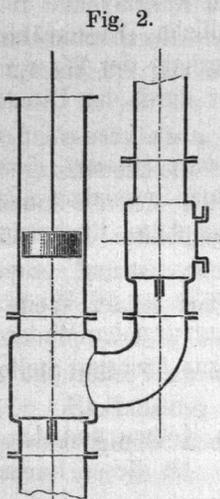


Fig. 2.

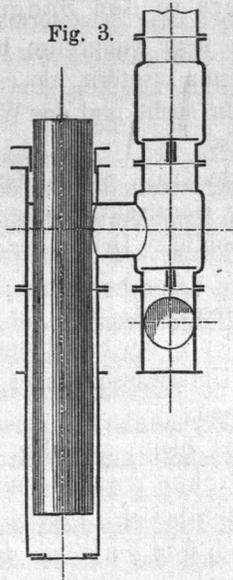


Fig. 3.

den Kolben in zwei Cylinderräume geteilt wird, siehe Fig. 2, letzterer hingegen, siehe Fig. 3, auch Plunsker- oder Mönchskolben genannt, ragt in länglich cylindrischer Gestalt in den meistens etwas weiteren und deshalb gewöhnlich rohwandig gelassenen Cylinder hinein. Behufs dichten Schlusses umschließt dieser an seinem offenen Ende den Taucherkolben gewöhnlich mit einer Stopfbüchse, während der Scheibenkolben mit der Dichtungseinrichtung selbst behaftet wird.

Sowohl die Scheibenkolben als die Taucherkolben können durchbrochen konstruiert werden, in welchem Falle sie zugleich als Ventilsitze dienen. Je nach-

dem die Mittellinien der Ventile und des Cylinders zusammen oder neben einander fallen, nennt man die Pumpen einaxig, zwei- oder mehraxig.

Man unterscheidet einfachwirkende und doppeltwirkende Pumpen, je nachdem pro Pumpenspiel nur während eines Kolbenwegs oder beim Hin- und Hergang des Kolbens Wasser gefördert wird.

Behufs gleichmäßigerer Bewegung des Wassers in den Röhren hat man auch Pumpen mit mehreren Kolben ausgeführt. Hierher gehört die Differentialpumpe, siehe S. 290, deren Kolbenstange des Ventilkolbens verstärkt und somit als Taucherkolben ausgebildet ist. Auf diese Weise wird durch die Druckröhren sowohl beim Aufgange als beim Niedergange des Kolbens Wasser getrieben, während allerdings das Ansaugen nur beim Aufgange des Kolbens stattfindet.

Eine gleichmäßige Bewegung des Wassers im Saugrohr und Druckrohr wird unter anderem dadurch erreicht, daß man zwei oder mehrere Ventilkolben in einem oder in zwei mit einander in Verbindung stehenden Cylindern sich in entgegengesetzten Richtungen bewegen läßt; siehe „Pumpen mit mehreren Kolben“, S. 288.

**§ 9. Theoretische Erörterungen.** Der veränderlichen Kolbenbewegung entsprechend wird die Geschwindigkeit des in der Pumpe und den zugehörigen Röhren befindlichen Wassers abwechselnd vergrößert und verringert. Für die theoretische Betrachtung der Pumpe ist es erforderlich, die auftretenden Beschleunigungen beziehungsweise Verzögerungen der Wasserbewegung zu berücksichtigen, wozu die Kenntnis des Gesetzes der Geschwindigkeitsänderungen der Kolbenbewegung erforderlich ist. Je nach Art der Pumpe ergibt sich dieses Bewegungsgesetz sehr verschieden, z. B. für eine direkt wirkende Dampfpumpe ohne Schwungmassen anders als bei einer durch Dampfmaschine mit Schwungrad und Kurbel betriebenen Pumpe, analog einer mittels Handhebel durch Menschenkraft bewegten Pumpe gegenüber einer durch Kurbel und Rädervorgelege betriebenen. Um jedoch einfache Formeln zu erhalten, welche für die gewöhnlichen in der Praxis vorkommenden Fälle genügende Genauigkeit bieten, sollen die oben angegebenen Geschwindigkeitsänderungen bei den folgenden Auseinandersetzungen zunächst nicht berücksichtigt werden.<sup>8)</sup>

#### a. Bewegung des Wassers in den Saugröhren.

Der Pumpenkolben übt auf die in dem Saugrohre befindliche Wassersäule keinen direkten Druck aus, sondern wirkt nur insofern, als er oberhalb der Wassersäule einen luftverdünnten Raum zu schaffen sucht und das Wasser durch den Druck der äußeren Atmosphären nachschieben läßt.

Der Luftdruck ist somit die begrenzte Kraft, welche das Wasser antreibt, dem Kolben zu folgen. Es muß daher bei der Konstruktion der Pumpen besonders auf die Größe dieser Kraft, d. h. auf den disponiblen Druck der Atmosphäre, Rücksicht genommen werden.

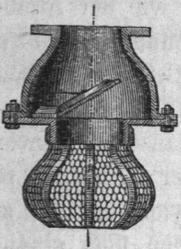
Dem Luftdrucke entspricht eine Wassersäule von der Höhe  $a = 10,336$  m. Diese Druckhöhe muß zur Überwindung aller in der Saugleitung auftretenden Widerstände + der Saughöhe (gemessen vom Unterwasserspiegel bis zur höchsten Stelle im Saugraume des Pumpencylinders) genügen.

Bei der tiefsten Stellung des Kolbens bleibt zwischen dem Kolben und dem Saugventil noch ein freier Raum, schädlicher Raum genannt. Ist dieser Raum nicht mit Wasser gefüllt, so kann die Pumpe bei der Inbetriebsetzung nur auf eine sehr geringe Höhe ansaugen, welche sich nach dem Verhältnis des schädlichen Raumes zum Hubvolumen der Pumpe (Kolbenquerschnitt mal Hub) richtet; man füllt daher in der Regel vor der Ingangsetzung der Pumpe diesen Raum mit Wasser an. Ein

<sup>8)</sup> Für den bestimmten Fall, daß die Bewegung des Pumpenkolbens durch eine sich mit gleichförmiger Umdrehungsgeschwindigkeit bewegende Kurbel geschieht, ist die Berechnung unter Berücksichtigung der Geschwindigkeitsänderungen durchgeführt in dem Werke von C. Fink: Theorie und Konstruktion der Brunnenanlagen, Kolben und Centrifugalpumpen, der Turbinen, Ventilatoren und Exhaustoren. 2. Aufl. Berlin 1878.

solches Anfüllen ist schon deshalb erwünscht, weil die Kolben und Ventile wohl wasserdicht, aber gewöhnlich nicht luftdicht schliessen. Bei längeren Saugleitungen ist es außerdem erforderlich, die ganze Leitung mit Wasser füllen zu können, zu welchem Zwecke man am Ende der Leitung noch ein besonderes Ventil anbringt, das sich konstruktiv mit dem zum Abhalten des Schmutzes dienenden Saugkorbe, siehe Fig. 4, meistens recht gut vereinigen läßt.

Fig. 4.



Bezeichnet man die wirkliche Saughöhe mit  $h$ , so wird die Bewegung in den Saugröhren durch eine Triebkraft, welche der Druckhöhe  $a - h$  entspricht, stattfinden können. Die maximale Geschwindigkeit des Wassers in den Saugröhren  $v_{\max}$  beträgt, wenn die Widerstände unberücksichtigt bleiben:

$$v_{\max} = \sqrt{2g(a-h)}.$$

Der Gesamtwiderstand setzt sich zusammen aus den Widerständen beim Eintritt des Wassers in das Saugrohr, beim Durchfließen des Saugrohres und beim Durchgange durch das Saugventil.

Für die entsprechenden Widerstandshöhen, d. h. die als Wassersäulen gemessenen einzelnen Widerstände, lassen sich zwar allgemeine Formeln aufstellen, doch enthalten dieselben stets Korrektionskoeffizienten, welche sich nur durch Versuche ergeben haben und abhängig sind von der Art der Ausführung, insbesondere von der Schärfe oder Abrundung der Kanten von Ventilen und Durchgangsquerschnitten, sowie von der Beschaffenheit der Innenfläche der Rohre, welche glatt oder rauh inkrustiert sein können. Die Widerstände wachsen mit der Geschwindigkeit des Wassers in den Röhren und zwar sind die Widerstandshöhen den betreffenden Geschwindigkeitshöhen proportional.

Da sich diese Widerstände nicht mit absoluter Genauigkeit ermitteln lassen und da außerdem eine Undichtigkeit der Saugröhren schwer zu finden ist und einen ungünstigeren Einfluß auf den Gang der Pumpe hat, als eine solche in den Druckröhren, so gilt als Regel, die Saugröhren thunlichst kurz und die Saughöhe so gering als möglich anzunehmen.

Die übliche Geschwindigkeit des Wassers in den Saugröhren beträgt 1 m, doch variieren die vorkommenden Geschwindigkeiten von 0,4 bis 2 m. Für möglichst vertikal ansteigende Saugröhren ist im Maximum eine Saughöhe von 7 bis 8 m zulässig, gemessen vom niedrigsten Stande des Wassers an der Zufußsstelle bis zum höchsten Stande des Pumpenkolbens. Bei langen Saugleitungen ist darauf zu achten, daß die Leitung vom Saugkorb bis zur Pumpe fortwährend ansteigt, damit sich an keiner Stelle Luft ansammeln kann.

Es empfiehlt sich, in der Nähe der Pumpe einen Saugwindkessel anzubringen, wodurch die Geschwindigkeitsänderungen des Wassers in der Saugleitung möglichst gering und unabhängig von den Geschwindigkeitsänderungen des Pumpenkolbens gemacht werden. Als Inhalt dieses Windkessels genügt das Hubvolumen der Pumpe.

Bei langen Saugleitungen läßt sich eine so große Saughöhe, wie oben angegeben, nicht erreichen, sondern in jedem einzelnen Falle müssen die durch die Reibung des Wassers in den Röhren entstehenden Druckhöhenverluste möglichst genau ermittelt werden. Für die Berechnung derselben sind von verschiedenen Hydraulikern Formeln aufgestellt worden, deren Resultate jedoch unter sich nicht übereinstimmen.<sup>9)</sup>

<sup>9)</sup> Ein Mangel dieser Formeln besteht meistens noch darin, daß auf die Beschaffenheit der Innenfläche der Röhren keine Rücksicht genommen wurde, sodafs dem ausführenden Ingenieur die Grundlage fehlt, die mit

In der nachfolgenden Abteilung b. dieses Paragraphen sind die Weisbach'schen Formeln benutzt.

b. Bewegung des Wassers in den Druckröhren.

Die in den Druckröhren befindliche Wassersäule wird direkt durch den Pumpenkolben bewegt. Man ist hier nicht an eine eng begrenzte Kraft, wie der Atmosphärendruck für die Bewegung des Wassers in den Saugröhren, gebunden, sondern kann das Wasser in den Druckröhren auf bedeutende Höhen fördern. Bei sehr großen Förderhöhen treten jedoch beim Hubwechsel leicht heftige Stöße auf, außerdem erfordern die Röhren und Gehäuse große Wandstärken und sind die Flanschen schwer dicht zu halten, aus welchen praktischen Gründen man nicht gern über 80 bis 120 m geht. Ausnahmsweise kommen auch Ausführungen mit Druckhöhen von über 200 m vor, doch ist es in solchen Fällen meistens eher ratsam, zwei Pumpen über einander anzuordnen, d. h. die Förderhöhe zu teilen.

Die üblichen Geschwindigkeiten sind dieselben wie bereits für die Saugröhren angegeben. Bei der Bestimmung fragt es sich hauptsächlich, welchen Arbeitsverlust man für die Überwindung der Reibungswiderstände in der Rohrleitung zulassen will.

Nach Weisbach berechnet sich, wenn  $l$  = Länge der Rohrleitung,  $d$  = Rohrdurchmesser,  $v$  = Geschwindigkeit des Wassers in den Röhren, die Widerstandshöhe  $h$  (in Metern) nach der Formel:

$$h = \left(0,01439 + \frac{0,009471}{\sqrt{v}}\right) \frac{l v^2}{d \cdot 2g} \dots \dots \dots 5.$$

Nimmt man einen bestimmten Druckhöhenverlust als zulässig an, so berechnet sich der erforderliche Durchmesser nach der Formel:

$$d = \left(0,01439 + \frac{0,009471}{\sqrt{v}}\right) \frac{l v^2}{h \cdot 2g} \dots \dots \dots 6.$$

Einen Druckhöhenverlust von 1% der Länge, also  $h = 0,01 l$  angenommen, ergeben sich die in der folgenden Tabelle angegebenen Werte.

Es ist  $h = 0,01 l$ , wenn

bei der Geschwindigkeit $v$ in m	der Rohrdurchmesser $d$ in m	bei der Geschwindigkeit $v$ in m	der Rohrdurchmesser $d$ in m
0,4	0,024	1,4	0,225
0,5	0,035	1,5	0,254
0,6	0,049	1,6	0,285
0,7	0,064	1,7	0,319
0,8	0,081	1,8	0,354
0,9	0,100	1,9	0,391
1,0	0,121	2,0	0,430
1,1	0,144	2,25	0,534
1,2	0,169	2,5	0,668
1,3	0,197	3,0	0,910

der Zeit fast bei allen Rohrleitungen vorkommenden mehr oder minder starken Veränderungen der Innenfläche (durch Ablagerungen, Inkrustation u. s. w.) zuverlässig in Rechnung zu bringen. Erst in neuerer Zeit sind von dem Verbands deutscher Architekten- und Ingenieur-Vereine Anstrengungen gemacht worden, die Druckhöhenverluste in geschlossenen Rohrleitungen nicht durch im Kleinen angestellte bloß wissenschaftliche Experimente, sondern durch eine ansehnliche Zahl bei bestehenden Wasserleitungen im Großen ausgeführter Versuche unter Berücksichtigung aller Nebenumstände genauer zu ermitteln. Für wichtigere Fälle muß hier auf die im Auftrage des Verbandes deutscher Architekten- und Ingenieur-Vereine von dem Hamburger Verein herausgegebene, von Ingenieur Iben bearbeitete Denkschrift „Druckhöhen-Verlust in geschlossenen eisernen Rohrleitungen“, Hamburg 1880, hingewiesen werden. — Eine übersichtliche geschichtliche Entwicklung der Widerstandsformeln bietet die Arbeit von Frank. „Die Formeln über die Bewegung des Wassers in Röhren.“ Civiling. 1881. S. 161. — Vergl. übrigens III. Kapitel (Wasserleitungen) des 3. Bands (2. Aufl.) des Handb. der Ing.-Wissensch.

Mit Hilfe dieser Tabelle läßt sich der Druckhöhenverlust für einen bestimmten Fall leicht ermitteln. Dieselbe zeigt gleichzeitig, daß für größere Rohrdurchmesser auch größere Geschwindigkeiten zulässig erscheinen.

Bei längeren Rohrleitungen ist es stets ratsam, den ökonomisch vorteilhaftesten Durchmesser zu berechnen, wobei man die für den größeren Druckhöhenverlust einer engeren Rohrleitung erforderlichen Betriebskosten mit dem Zinsbetrag der Mehrkosten einer weiteren Rohrleitung zu vergleichen hat.

Um eine möglichst gleichmäßige Wasserbewegung in der Druckrohrleitung zu erhalten, wird in der Nähe der Pumpe ein Druckwindkessel eingeschaltet. Bei kurzen Leitungen genügt ein Windkessel, dessen Luftinhalt gleich dem 2 bis 3fachen Inhalt des Hubvolumens der Pumpe ist; für lange Leitungen hingegen nimmt man den Inhalt 4 bis 6fach und bei städtischen Wasserkünsten wird bis auf das 15 und 20fache gegangen. Da die Luft der Windkessel vom Wasser allmählich absorbiert und fortgerissen wird, empfiehlt es sich, eine Einrichtung zu treffen, mittels welcher der Windkessel zeitweise wieder mit Luft gefüllt werden kann. Ferner ist bei größeren Windkesseln ein Wasserstandzeiger zweckmäßig.

c. Durchgang des Wassers durch die Ventile.

Die Hubventile der Pumpen bewegen sich entweder geradlinig in entsprechenden Führungen oder sind als Klappen drehbar an einem Bolzen angebracht, doch mögen fernerhin erstere kurzweg Ventile in der engeren Bedeutung dieses Wortes genannt werden. Die Durchströmungsöffnung sollte nie erheblich kleiner als der Querschnitt des Zuflußrohres gemacht werden; vorteilhaft ist es, diese Öffnung etwas größer anzunehmen.

Um mit Vermeidung heftigen Schlagens der Ventile einen raschen Abschluß zu erhalten, muß das Eigengewicht derselben der Durchfluggeschwindigkeit entsprechend bestimmt werden.

Nach Fink erhält man für Pumpen, welche mittelst einer Kurbel bewegt werden :

Mittlere Durchgangsgeschwindigkeit in m.	Ventilgewicht in kg pro qcm Ventilquerschnittsfläche.	Widerstandshöhe in m.
0,6	0,007	0,068
0,8	0,012	0,119
1,0	0,018	0,187
1,25	0,029	0,292
1,50	0,042	0,422
1,75	0,057	0,577
2,00	0,075	0,750

Hierbei ist die größte Geschwindigkeit  $\frac{\pi}{2}$  mal, die mittlere Durchgangsgeschwindigkeit und die dem Ventilwiderstand entsprechende Widerstandshöhe 1,5 mal so groß als die der größten Geschwindigkeit entsprechende Wassersäule angenommen.

Genau läßt sich der Widerstand, welchen das Wasser bei Durchgang durch die Ventile findet, allgemein nicht bestimmen, ebenso die Kraft, welche für das Öffnen der Ventile erforderlich ist, indem sich letztere wesentlich nach dem Verhältnis der Durchgangsöffnung zu der Größe der Sitzfläche richtet, jedoch hängt sie auch von dem Material des Ventils und Ventilsitzes, sowie von dem mehr oder weniger dichten Schluß der Berührungsflächen ab.

Den besten Aufschluß über den ganzen Vorgang gewähren die beim Betriebe der Pumpen mittels des Indikators aufgenommenen Diagramme. Für Pumpen sind zwar derartige Aufnahmen nicht so gebräuchlich wie bei Dampfmaschinen; um sich

aber einen genauen Einblick in die während des Hubes vorkommenden Druckschwankungen zu verschaffen, ist das Diagramm das geeignetste Mittel. Aus dem Diagramm sind für den Hin- und Hergang des Kolbens, d. h. für die Saugperiode und die Druckperiode, die Kolbenwege als Abscissen und die zugehörigen Pressungen des Wassers im Pumpencylinder als Ordinaten zu entnehmen. Als Beispiele mögen die nebenstehenden Diagramme dienen, welche an ein und derselben Pumpe bei verschiedenen Zuständen der Ventile aufgenommen wurden. Fig. 5

Fig. 5.

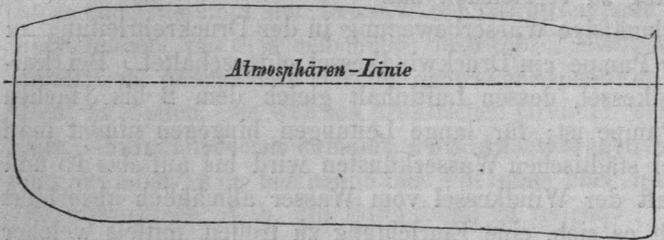
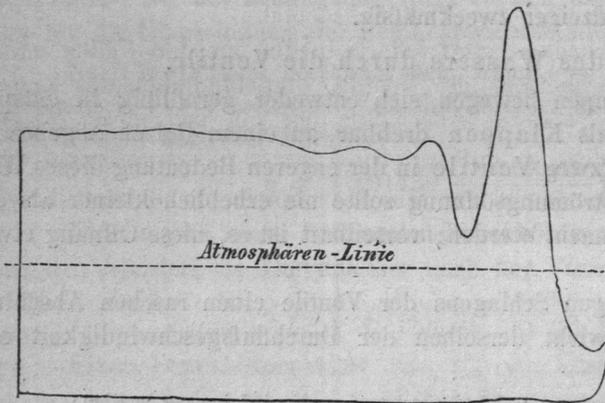


Fig. 6.



zeigt, daß die Ventile rasch schliessen und auch nur geringen Kraftüberschuss für das Anheben erfordern, während aus Fig. 6 das Gegenteil ersichtlich ist. Die Ventile waren bei der Aufnahme dieses Diagrammes nicht in guter Ordnung und schlugen sehr deutlich, während im vorhergehenden Fall nur ein ganz geringer Schlag zu bemerken war.

Der Hub der Ventile soll thunlichst klein gehalten werden; als größte zulässige Erhebung sind 45 mm anzunehmen, entsprechend einem Ventildurchmesser von etwa

120 mm. Für größere Durchmesser wird zweckmässig eine größere Anzahl einfacher Ventile angewendet oder man bedient sich der Ventile mit mehreren Sitzflächen, welche bei den „Pumpendetails“ noch zur Besprechung kommen.

Als größten zulässigen Durchgangsquerschnitt für eine einzelne Klappe nehme man 400 qcm an; bei größeren Klappen wird der Hub zu groß.

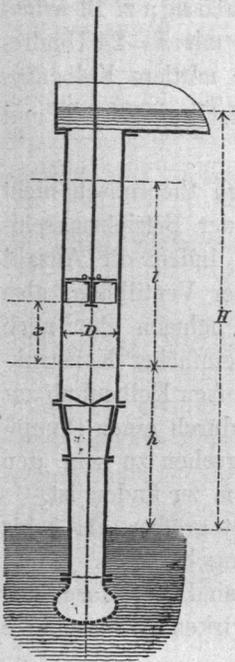
Die Durchgangsgeschwindigkeit für Ventile nimmt man nicht über circa 2 m, doch darf man bei Klappen nicht so hoch gehen; für diese empfiehlt Fink, die Durchgangsgeschwindigkeit nur gleich der Hälfte derjenigen für Ventile zu nehmen.

Besonders wichtig ist es, im Ventil beziehungsweise Klappengehäuse genügenden Raum für das durchströmende Wasser zu schaffen, wobei man die durch die Ventilkonstruktion bedingte Verengung der Querschnitte zu berücksichtigen hat.

Das richtige Funktionieren der Ventile bedingt wesentlich den guten Gang einer jeden Pumpe. Es ist deshalb nötig, die Ventile so anzuordnen, daß eine Untersuchung derselben, sowie eine Auswechslung schadhaft gewordener Teile, leicht geschehen kann. Gewöhnlich versieht man die Ventilgehäuse mit Deckeln oder Thüren, welche leicht zu öffnen sind und ein Herausnehmen der Ventile, ohne weiteres Auseinandernehmen der Pumpe selbst, gestatten. Bei tief stehenden Bergwerkspumpen ist es wichtig, die Ventile auch dann herausnehmen zu können, wenn die ganze Pumpe sich unter Wasser befindet, weshalb meistens an dieser Stelle eine einfache Hebepumpe aufgestellt wird, bei welcher ein Herausnehmen der Ventile von oben her am leichtesten auszuführen ist.

**§ 10. Berechnung der Dimensionen.** Die zu fördernde Wassermenge ist in der Regel sehr veränderlich; um auf alle Fälle sicher zu gehen, berechnet man die Pumpe für das grösste Quantum. Für geringere Lieferung wird die Kolbengeschwindigkeit reduziert oder mit Pausen gearbeitet. Diese können bei jedem Hube oder nach längeren Betriebsperioden eintreten. Die erstere Betriebsweise, mit Hubpausen, ist bei Pumpen üblich, welche mittelst Dampfmaschine ohne rotierende Bewegung betrieben werden, namentlich bei Bergwerkspumpen<sup>10)</sup> und erfordert kein grösseres Reservoir für die Ansammlung des zu fördernden Wassers, während ein solches bei der zweiten Einrichtung benötigt wird. In dem Folgenden soll auf Pausen keine Rücksicht genommen und das Maximalwasserquantum der Berechnung der Pumpe zu Grunde gelegt werden.

Fig. 7.



Eine einfach wirkende Pumpe, siehe Fig. 7, fördert theoretisch bei jedem Spiele, d. h. bei einem Auf- und Niedergang des Kolbens, ein Wasserquantum gleich dem Hubvolumen  $\frac{D^2 \pi}{4} l$ , worin  $D$  den Kolbendurchmesser und  $l$  den Hub der Pumpe bedeutet.

In Wirklichkeit wird jedoch in den meisten Fällen infolge langsamen Schliessens der Ventile, Undichtigkeiten der Kolbenliderung und anderer Abschlüsse nur ein Teil dieser Wassermenge gefördert, so dass pro Spiel nur  $\varphi \frac{D^2 \pi}{4} l$  gefördert wird. Macht die Pumpe in der Minute  $n$  Spiele, so fördert dieselbe pro Sekunde ein Wasserquantum:

$$Q = \varphi \frac{n}{60} \frac{D^2 \pi}{4} l \dots \dots \dots 7.$$

Demnach gilt für die doppelt wirkende Pumpe:

$$Q = \varphi \frac{n}{30} \frac{D^2 \pi}{4} l \dots \dots \dots 7^a.$$

(Bei genauer Rechnung ist noch der Querschnitt der Kolbenstange zu berücksichtigen.)

Der Erfahrungskoeffizient  $\varphi$  richtet sich nach der Beschaffenheit der Pumpe. Bei gewöhnlichen Kolbengeschwindigkeiten darf angenommen werden für vorzügliche Ausführung  $\varphi = 0,95$ , gute

Ausführung  $\varphi = 0,9$ , bei gewöhnlichen Pumpen  $\varphi = 0,8 - 0,85$ , bei roh gearbeiteten Pumpen  $\varphi = 0,75$ .

Die Geschwindigkeit des Kolbens ist bei manchen Pumpen, namentlich Bergwerkspumpen, beim Auf- und Niedergang verschieden.

Bezeichnet  $v_a$  die Aufgangsgeschwindigkeit,  $v_n$  die Niedergangsgeschwindigkeit,  $v_m$  die mittlere Geschwindigkeit, so erhält man die zu einem Spiele erforderliche Zeit  $= \frac{l}{v_a} + \frac{l}{v_n}$ , demnach als mittlere Geschwindigkeit:

$$v_m = \frac{2l}{\frac{l}{v_a} + \frac{l}{v_n}} = \frac{2 v_a v_n}{v_a + v_n} = \frac{2 l n}{60} \dots \dots \dots 8.$$

und für einfach wirkende Pumpen die sekundliche Wassermenge:

$$Q = \varphi \frac{v_m}{2} \frac{D^2 \pi}{4} \dots \dots \dots 9.$$

<sup>10)</sup> In den letzten Jahren sind von Ingenieur Kley in Bonn derartige Pumpen mit Hilfsrotation gebaut und sehr befriedigende Erfolge erzielt worden. — Vergl. Rühlmann. Allg. Maschinenlehre. Bd. IV. S. 681. — Prakt. Maschinenkonstr. 1878. S. 77. — Wochenschrift des Vereins deutsch. Ing. 1878.

Als grössten zulässigen Wert für die Aufgangsgeschwindigkeit  $v_a$  bei geringen Saughöhen wird 1,3 m gesetzt. Bei Saughöhen von 6—8 m darf man die Aufgangsgeschwindigkeit nicht gröfser als  $v_a = 0,4—0,5$  m annehmen. Die Niedergangsgeschwindigkeit wird  $v_n = 0,4—0,7$  m genommen. Soll die Pumpe durch eine Kurbel bewegt werden, so ist die Geschwindigkeit beim Auf- und Niedergang des Kolbens gleich. Die mittlere Geschwindigkeit bei  $n$  Umdrehungen der Kurbel pro Minute beträgt:

$$v_m = \frac{2ln}{60}.$$

Während des Hubes ist die Geschwindigkeit veränderlich, dieselbe wächst von 0 bis  $\frac{\pi}{2} v_m$  und nimmt dann wieder bis 0 ab. Die mittlere Geschwindigkeit wählt man zu  $v_m = 0,4$  bis 1 m.

Die gröfseren Werte der Kolbengeschwindigkeit sind nur bei grossem Kolbenhube, geringer Saughöhe und geringem Hube der Ventile zulässig; z. B. arbeiten die doppelt wirkenden Pumpen der Bremer Wasserwerke mit  $n = 24$  Umdrehungen der Kurbeln pro Minute, der Hub beträgt  $l = 1,5$  m, die mittlere Kolbengeschwindigkeit  $v_m = \frac{2 \cdot 1,5 \cdot 24}{60} = 1,2$  m. Der Hub der Ventile ist nur 25 mm und ein Schlagen derselben kaum zu bemerken.

Das Verhältnis des Kolbendurchmessers zum Hub läfst sich theoretisch nicht bestimmen, sondern richtet sich wesentlich nach der Anordnung der Betriebsmaschinen. Für die Wirkung der Pumpen ist grosfer Hub vorteilhaft, indem die Anzahl der Kolbenhübe dadurch verringert wird, ebenso die Anzahl der Ventilhübe, also auch die Abnutzung und der Effektverlust. Mit dem Kolbenhub nehmen aber auch die Dimensionen der Betriebsmechanismen zu. Sind diese von einfacher Konstruktion, so kann man, ohne die Anlage sehr zu verteuern, relativ grosfen Kolbenhub zur Anwendung bringen, wie denn auch bei Pumpen, welche direkt durch einen Dampfcylinder bewegt werden, ohne mit Balancier oder Hilfsrotation versehen zu sein, den Kolbenhub verhältnismäfsig am gröfsten, bis 4 und selbst 4,5 m zu finden ist.

Bei Anwendung rotierender Bewegung wird der Hub nicht gröfser als 1 bis 2 m genommen, für Balanciermaschinen ohne rotierende Bewegung bis 3 m.

Die üblichen Verhältnisse des Durchmessers zum Hube sind bei Maschinen mit Kurbelbewegung 1 zu 2 bis 3 oder höchstens 4. Bei direkt wirkenden Maschinen findet man das Verhältnis bis 1 zu 6.

Heben die Pumpen sehr grosfe Wasserquantitäten nur auf geringe Förderhöhe, wie z. B. die Fynjen'sche Pumpe, siehe S. 284, Fig. 40, Taf. XV, so giebt man denselben grosfe Durchmesser bei geringem Hube. Die Pumpen im Bremer Blocklande haben 2,440 m Durchmesser bei 1,525 m Hub und 0,6 m mittlerer Kolbengeschwindigkeit. Ebenso nimmt man bei Pumpen, welche durch Excenter betrieben werden, den Durchmesser gros und den Hub gering an, um nicht zu grosfe Excenter zu erhalten. Für die Konstruktion der Pumpen mit durchbrochenem Kolben hat man darauf zu achten, dafs überall der nötige Durchflufsquerschnitt für das Wasser vorhanden ist, und giebt dem Kolbenventil den Querschnitt der Röhren. Der Kolbendurchmesser ergibt sich mindestens etwa 1,6 mal so gros als der Rohrdurchmesser.

Im allgemeinen ist es für den Nutzeffekt der Pumpen günstig, die Dimensionen reichlich gros zu wählen und mit geringer Geschwindigkeit zu arbeiten. Die Anlagekosten werden aber dadurch erheblich vermehrt, aufserdem ist nicht immer Raum genug für die Aufstellung vorhanden, wie beim Bergbau, weshalb man oft mit kleinen Dimensionen auszukommen suchen mufs.

Die kleinsten Abmessungen ergeben sich zwar, wie bereits angegeben, für die doppelt wirkenden Pumpen, doch erfordern diese 4 Ventile, während für die einfach wirkenden Pumpen 2 Ventile genügen. Vorteilhafter erscheinen die doppelt wirkenden Pumpen in manchen Fällen noch wegen der gleichförmigeren Bewegung des Wassers in den Röhren und der gleichmäßigeren Betriebskraft beim Auf- und Niedergange des Kolbens.

Ähnlich wirkt die Differentialpumpe, siehe S. 290 u. Fig. 44, 45, Taf. XIV. Das Wasser im Druckrohr bewegt sich ebenso wie bei der doppelt wirkenden Pumpe, wenn der Querschnitt der verdickten Kolbenstange gleich dem halben Cylinderquerschnitt, der Durchmesser also 0,707 des Kolbendurchmessers genommen wird. Die Wasserhebung im Saugrohr hingegen erfolgt wie bei der einfach wirkenden Pumpe, ebenso sind nur 2 Ventile erforderlich. Durchmesser und Hub des Kolbens berechnen sich wie für eine einfach wirkende Pumpe.

**§ 11. Bestimmung der erforderlichen Betriebskraft.** Die Höhe der Wassersäule, welche dem Druck der Atmosphäre entspricht, mit  $a$  bezeichnet, erhält man für eine Saug- und Hebepumpe (unter Zugrundelegung der in Fig. 7 angegebenen Bezeichnungen) für den Aufgang des Kolbens die Wassersäule, welche der Pressung oberhalb des Kolbens entspricht:

$$h_a = H - (h + x) + a.$$

Die Wassersäule, welche der Pressung unterhalb des Kolbens entspricht:

$$h_s = a - (h + x).$$

Abgesehen von den Widerständen durch Reibung u. s. w. ist demnach die für den Aufgang des Kolbens (dessen Durchmesser  $D$  in m eingesetzt) erforderliche Kraft:

$$P = 1000 \cdot \frac{D^2 \pi}{4} (h_a + h_s) = 1000 \cdot \frac{D^2 \pi}{4} \cdot H.$$

Die für den Kolbenaufgang wirklich erforderliche Kraft  $P_a$  ist:

$$P_a = \frac{D^2 \pi}{4} \cdot 1000 (H + \beta_a), \dots \dots \dots 10.$$

wenn mit  $\beta_a$  die den Reibungswiderstand entsprechende Druckhöhe bezeichnet wird.

Beim Niedergang besteht zwischen der Pressung oberhalb und unterhalb des Kolbens, da das Kolbenventil geöffnet ist, nur eine geringe, dem Durchgangswiderstand des Wassers durch den Ventilkolben entsprechende Differenz und sind im übrigen nur die Reibungswiderstände zu überwinden.

Die Widerstandshöhe für den Niedergang des Kolbens mit  $\beta_n$  und die für den Niedergang des Kolbens erforderliche Kraft mit  $P_n$  bezeichnet, erhält man:

$$P_n = 1000 \cdot \frac{D^2 \pi}{4} \cdot \beta_n, \dots \dots \dots 11.$$

also für ein Kolbenspiel:

$$P_a + P_n = 1000 \cdot \frac{D^2 \pi}{4} \cdot (H + \beta_a + \beta_n).$$

$\beta_a + \beta_n = \beta$  gesetzt, wird die sekundliche Arbeitsstärke  $L$  in mkg bei  $n$  Kolbenspielen pro Minute:

$$L = \frac{(P_a + P_n) l \cdot n}{60} = 1000 \cdot \frac{l \cdot n}{60} \cdot \frac{D^2 \pi}{4} \cdot H \left(1 + \frac{\beta}{H}\right), \dots \dots \dots 12.$$

oder da

$$\frac{l \cdot n}{60} \cdot \frac{D^2 \pi}{4} = \frac{1}{\varphi} \cdot Q \text{ ist:}$$

$$L = 1000 \cdot \frac{1}{\varphi} \cdot Q \cdot H \cdot \left(1 + \frac{\beta}{H}\right) \dots \dots \dots 13.$$

Die Nutzarbeit, repräsentiert durch die Wasserförderung, beträgt:

$$L_o = 1000 \cdot Q \cdot H \dots \dots \dots 14.$$

Als Güteverhältnis d. h. als Verhältnis der geleisteten zur aufgewendeten Arbeit erhält man demnach:

$$\eta = \frac{L_e}{L} = \varphi \left(1 + \frac{\beta}{H}\right), \quad \dots \dots \dots 15.$$

somit die erforderliche Arbeitsstärke:

$$L = \frac{1}{\eta} \cdot 1000 Q \cdot H \quad \dots \dots \dots 16.$$

Ähnliche Rechnungen für die Druckpumpe und doppelwirkende Pumpe durchgeführt, liefern dasselbe Resultat. Das Güteverhältnis ist bedingt durch die Widerstandshöhe  $\beta$ ; diese ergibt sich aus den einzelnen Widerständen, welche beim Durchfließen der Röhren und Ventile überwunden werden müssen und durch die Reibung des Kolbens verursacht werden.

Mit Rücksicht auf die Umständlichkeit der speciellen Berechnung der verschiedenen Widerstandshöhen und die Notwendigkeit, dabei Erfahrungskoeffizienten verwenden zu müssen, welche nicht für alle Fälle zutreffend sein können, mögen nachfolgende Angaben dienen, welche für Veranschlagungsrechnungen genügen.

Man nehme für sehr vollkommene Pumpen  $\eta = 0,82-0,73$ , gute Pumpen  $\eta = 0,78-0,70$ , gewöhnliche Pumpen  $\eta = 0,72-0,64$ , roh ausgeführte Pumpen  $\eta = 0,66-0,58$ .

Der jedesmalige erste Wert von  $\eta$  gilt für kleine Geschwindigkeiten und große Förderhöhen, der zweite für große Geschwindigkeiten und kleine Förderhöhen; für zwischenliegende Fälle hat man entsprechende Zwischenwerte von  $\eta$  zu nehmen.

Bei längeren Rohrleitungen fällt  $\eta$  kleiner aus als oben angegeben und müssen die Widerstände der Bewegung des Wassers in den Saug- und Druckröhren besonders in Rechnung gebracht werden, wie in § 8 angegeben.

**§ 12. Die Art der Betriebskraft.** Meistens werden die Pumpen von Hause aus entweder für Handbetrieb oder für Elementarbetrieb gebaut, doch empfiehlt es sich in letzterem Falle, womöglich Vorsorge zu treffen, daß der Betrieb nötigenfalls durch Menschenkraft geschehen kann.

#### a. Handarbeit zum Betriebe der Kolbenpumpen.

Die Bewegung der Pumpen durch Menschenkraft<sup>11)</sup> geschieht am einfachsten in der Weise, daß man die verlängerte Kolbenstange benutzt, indem dieselbe mit einer Handhabe versehen wird, mittels welcher der Arbeiter den Kolben auf und ab schiebt, doch läßt sich mit einer solchen Einrichtung nur eine sehr geringe Leistung erzielen. Der Kolbenhub beträgt etwa 0,45 m, wenn der Pumpenzieher sitzend, und ungefähr 0,65 m, wenn er stehend arbeitet.

Besser eignet sich für die Übertragung der Kraft der Arbeiter der Hebel, welcher horizontal liegen und vertikal auf und ab schwingen, oder vertikal gerichtet sein und horizontal hin und her schwingen kann.

Im ersten Falle wird der Hebel Druckbaum, im letzteren Falle Schwengel genannt. Der Hub des Druckbaumes kann zu 1 bis 1,2 m angenommen werden, der Weg des Schwengels zu 0,8 bis 0,9 m. Die Geschwindigkeit der Bewegung beträgt bei beiden 0,8 bis 1,1 m. Als nützliche Leistung eines Arbeiters, ausgedrückt durch das Gewicht der pro Sekunde geförderten Wassermenge mal Hubhöhe, sind ungefähr 4,5 bis 5 mkg zu rechnen. Die üblichen Dimensionen der Pumpen sind 0,10 bis 0,15 m Durchmesser bei 0,2 bis 0,3 m Hub.

<sup>11)</sup> Vergl. „Animalische Motoren“ im 1. Teil des I. Kapitels, S. 16.

Die Zahl der für den Betrieb der Pumpe erforderlichen Arbeiter richtet sich nach der Förderhöhe. Das von einer einfachwirkenden Pumpe von 0,1 m Durchmesser und 0,2 m Hub bei 30 Kolbenspielen pro Sekunde gehobene Wasser in kg oder Litern berechnet sich mit Benutzung von Formel 7 zu:

$$G = 1000 Q = 1000 \cdot 0,9 \cdot \frac{30}{60} \frac{0,1^2 \pi}{4} \cdot 0,2 = 0,7065 \text{ kg.}$$

Die Förderhöhe, für welche 1 Arbeiter von 5 mkg Arbeitsstärke noch genügt, beträgt demnach bei der angenommenen Pumpe  $\frac{5}{0,7085} \cong 7 \text{ m.}$

Bei gröfserer Förderhöhe sind zweckmäfsig mehrere Arbeiter anzustellen, wenn das geförderte Wasserquantum nicht ein sehr geringes ist, so dafs man mit einer kleineren Pumpe auskommen kann.

Für eine gröfsere einfachwirkende Pumpe von 0,150 m Durchmesser und 0,3 m Hub beträgt bei 30 Kolbenspielen pro Minute das Wasserquantum pro Sekunde:

$$G = 1000 \cdot 0,9 \cdot \frac{30}{60} \frac{0,15^2 \pi}{4} \cdot 0,3 = 2,385 \text{ kg.}$$

Es genügt also hier 1 Arbeiter nur noch für eine Maximalförderhöhe von  $\frac{5}{2,385} = 2,09 \text{ m.}$

Die günstigste Ausnutzung der menschlichen Arbeitskraft findet beim Arbeiten an der Kurbel statt, wobei die Leistung eines Arbeiters pro Sekunde, ausgedrückt in der gehobenen Wassermenge mal Hubhöhe, zu 5 bis 5,5 mkg gerechnet werden darf. Den Radius der Handkurbel nehme man zu 0,35 bis 0,4 m an. Vorteilhaft ist es, ein Schwungrad anzubringen, dessen Durchmesser etwa 1 bis 1,5 m und dessen Gewicht circa 200 bis 300 kg beträgt. Die Höhenlage der Welle über dem Fußboden nimmt man = 0,9 bis 1 m. Als mittlere Geschwindigkeit im Kurbelkreis rechnet man 0,8 bis 1 m, die minutliche Umdrehungszahl demnach etwa 20 bis 30. Diese Tourenzahl erfordert keine Übersetzung durch Zahnräder, wenn man nicht an eine bestimmte Gröfse der Pumpe gebunden ist, zu deren direkten Betrieb die zur Verfügung stehende Kraft nicht ausreichen würde.

#### b. Pferde als Motoren für Pumpenbetrieb.

Die Übertragung der Arbeit geschieht durch ein Göpelwerk mit Rädervorgelegen oder Kettentransmissionen. Die Schwenkbäume, an welchen die Pferde meistens ziehend wirken, indem sie sich im Kreise herumbewegen, müssen mindestens 3 m, besser 4 m lang sein. Die Geschwindigkeit beträgt 0,9 m bei einer Zugkraft von etwa 40 kg.

Da sich sehr geringe Umdrehungszahlen ergeben, fällt die Transmission schwer aus und sind infolge dessen die Reibungswiderstände verhältnismäfsig bedeutend. Die reine Leistung eines Pferdes ausgedrückt in der pro Sekunde gehobenen Wassermenge  $\times$  Hubhöhe darf zu 20 mkg angenommen werden.<sup>12)</sup>

#### c. Elementarkraft für Pumpenbetrieb.

Unter den Elementarkräften ist es hauptsächlich die Dampfkraft<sup>13)</sup>, welche für den Betrieb der Pumpen zur Anwendung kommt.

Für kleine Anlagen, namentlich für Ent- und Bewässerungszwecke, sind auch Windräder im Gebrauch, im übrigen jedoch ist die Benutzung der Windkraft wegen deren Veränderlichkeit sehr beschränkt. An frei oder hochgelegenen Orten, welche dem Winde sehr ausgesetzt sind, können sie vermöge ihres billigen Betriebs gute Dienste leisten und sind in neuerer Zeit namentlich die Windmotoren nach Halladay's System<sup>14)</sup> für solche Fälle stark in Aufnahme gekommen.

<sup>12)</sup> Speziellere Angaben über die Arbeitsstärke der Pferde sind im 1. Teil des I. Kapitels dieses Bands enthalten.

<sup>13)</sup> Siehe I. Kapitel, 2. Teil, Dampfkessel und Dampfmaschinen.

<sup>14)</sup> Siehe I. Kapitel, 3. Teil, S. 112.

Wasserkraft eignet sich zum Pumpenbetrieb besonders für stationäre Anlagen und findet man Wassersäulenmaschinen, Wasserräder und Turbinen in Anwendung. Die Wahl unter diesen Betriebsmaschinen hängt von lokalen Verhältnissen ab, ebenso der Aufstellungsort von der Lage des benutzbaren Gefälles.

Im Bergbau werden hauptsächlich Wassersäulenmaschinen und Wasserräder angewendet, während Turbinen seltener vorkommen. Im Bauwesen kann nur in Ausnahmefällen Wasserkraft für Pumpenbetrieb benutzt werden, da sie selten zur Verfügung steht, die Anlagekosten hoch ausfallen und ein Versetzen der Kraftmaschine meistens äußerst umständlich sein würde.

Heißluftmaschinen und Gasmaschinen haben zwar ebenfalls zum Pumpenbetriebe Verwendung gefunden, jedoch bis jetzt meistens nur für solche Anlagen, bei denen man nicht gern einen Dampfkessel aufstellen will, wie z. B. bei Wasserkünsten in Gartenanlagen.

Für das Bauwesen ist Dampfkraft am wichtigsten, weshalb der Dampftrieb specieller betrachtet werden möge. Der Dampftrieb geschieht bei gewöhnlichen Bauten fast ausschließlich durch Lokomobilen, während im Bergbau, sowie für dauernden Betrieb stationäre Maschinen aufgestellt werden. Die letzteren werden bei größeren Anlagen mit allen für die Kohlenersparnis günstigen Vorrichtungen, also mit Expansions- und Kondensationsvorrichtungen, sowie Schutzmitteln gegen Abkühlung, ausgerüstet. In neuerer Zeit baut man derartige größere Maschinen vielfach nach Woolf'schem System und zwar mit rotierender Hilfsbewegung für die Erzielung des Hubwechsels und zur Ermöglichung höherer Expansionswirkung des Dampfes im Dampfcylinder, während früher meistens die sogenannten Cornwallmaschinen angewendet wurden.

Es sind dieses einfachwirkende Maschinen mit Balancier ohne rotierende Bewegung. Die Steuerung ist so eingerichtet, daß man nach jedem Hube eine Pause von längerer oder kürzerer Dauer eintreten lassen kann. Eine derartige Einrichtung bietet ein bequemes Mittel, bei veränderlichem Wasserzufluß demselben entsprechend die Leistung des Pumpwerkes innerhalb gewisser Grenzen zu regulieren; außerdem sichert man durch die Pausen einen guten Schluß der Pumpenventile. Der Pumpenkolben ist so schwer durch Gewichte belastet, daß der Niedergang und damit die Bewegung der Druckwassersäule selbstthätig erfolgt, während der Aufgang durch den Dampfdruck bewirkt wird. Eine genaue Hubbegrenzung haben die Cornwallmaschinen nicht und können bei Veränderlichkeit der Widerstände oder des Dampfdruckes heftige Stöße auftreten, weshalb die Wartung eine sehr aufmerksame sein muß.

Die Maschinen mit Hilfsrotation haben vermöge des Kurbelmechanismus genaue Hubbegrenzung, auch wird durch das Schwungrad die Unregelmäßigkeit in den treibenden und widerstehenden Kräften teilweise ausgeglichen, so daß Stöße und Brüche, auch bei weniger aufmerksamer Führung, nicht so leicht vorkommen. Für die Anwendung von Expansion sind diese Maschinen besser geeignet, da das Schwungrad ein bequemes Mittel für die Ausgleichung der veränderlichen Kräfte bietet, während bei den Cornwallmaschinen bedeutende hin- und hergehende Massen erforderlich sind. Diese Maschinen sind einfachwirkend, diejenigen mit rotierender Bewegung dagegen stets doppeltwirkend eingerichtet.

In neuerer Zeit hat man vielfach kleinere und größere doppeltwirkende Dampfumpwerke ohne rotierende Bewegung zur Ausführung gebracht, bei denen der Dampfkolben mit dem Pumpenkolben direkt durch eine gemeinsame Kol-

benstange verbunden ist. Die Cylinder sind gewöhnlich liegend angeordnet. Die Einfachheit der Konstruktion und das geringe Raumbedürfnis machen diese Maschinen für Bauzwecke besonders geeignet, auch für Bergbauzwecke finden sie selbst bei großen Förderhöhen als sogenannte unterirdische Wasserhaltungsmaschinen Anwendung.

Der Dampf wird in Leitungen, deren Länge oft sehr bedeutend ausfällt<sup>15)</sup>, der Maschine von oben zugeführt, dagegen kommt das sonst erforderliche Gestänge ganz in Wegfall. Ansehnliche Expansionsgrade sind bei Anwendung eines einzigen Dampfeylinders nicht zulässig, dagegen werden größere Anlagen nach Woolf'schem Princip mit hoher Expansion ausgeführt und mit Kondensation ausgestattet. Maschinen der zuletzt beschriebenen Art, sowie überhaupt solche, deren Dampf- und Pumpenkolben direkt verbunden sind, auch bei Benutzung einer rotierenden Hilfsbewegung, eignen sich besonders für größere Förderhöhen und bieten für Bauzwecke den schätzenswerten Vorteil, dass alle Transmissionsteile in Wegfall kommen.

Bei geringen Förderhöhen ist es zweckmäßig und im Bauwesen gebräuchlich, einfachwirkende Saug- und Hebepumpen anzuwenden. Für diese eignet sich eine direkte Verbindung der Dampf- und Pumpenkolben weniger, da die Kolbengeschwindigkeit für den Dampfeylinder zu gering, beziehungsweise die für die Dampfmaschine geeignete Kolbengeschwindigkeit für die Pumpe zu groß ausfällt, außerdem würden bedeutende Massen zur Ausgleichung der sehr veränderlich auftretenden treibenden und widerstehenden Kräfte, erforderlich sein. Es kommen in solchen Fällen zweckmäßig Riementransmissionen, Rädervorgelege, Kurbelmechanismen, Gestänge und Hebelwerke, einzeln oder in Verbindung mit einander, zur Anwendung. Als Kraftmaschinen dienen gewöhnlich Lokomobilen, in einzelnen Fällen werden festgestellte Lokomotiven oder auch stationäre Maschinen in Gebrauch genommen.

Über die Betriebskosten beziehungsweise die Nutzleistung der Dampfkraft in ihrer Anwendung zum Wasserheben sind vielfach Versuche angestellt worden. Für den Vergleich ist es am übersichtlichsten, wenn man bestimmt, wieviel cbm Wasser mit einem Brennmaterialaufwand von 1 kg Kohle<sup>16)</sup> 1 m hoch gehoben werden, wie dieses die folgenden Versuchsergebnisse zeigen.

1. Bremer Wasserwerk. Horizontale doppelwirkende Pumpen mit direktem Antrieb durch Maschinen mit rotierender Bewegung, Expansion und Kondensation. Förderhöhe 38 m; 2 doppelwirkende Pumpen zu 9 cbm pro Minute; Leistung pro 1 kg Kohlen: 93 cbm 1 m hoch.

2. Bremer Blockland. Finjen'sche Kastenpumpe; vergl. S. 284, Fig. 40, Taf. XV. Dampfmaschine mit Expansion und Kondensation. Förderhöhe im Mittel 1 m; 4 doppelwirkende Pumpen von circa 75 cbm pro Minute; Leistung pro 1 kg Kohlen: 60 cbm 1 m hoch.

3. Melchiorgrube in Schlesien.<sup>17)</sup> Dampfmaschine ohne Hilfsrotation (System Bauman) von Gebr. Decker. Förderhöhe 100 m; 1 doppelwirkende Pumpe für 0,9 cbm pro Minute; Leistung pro 1 kg Kohlen: 26 cbm 1 m hoch.

4. Alte Wasserhaltungsmaschine, betrieben durch eine Zwillingmaschine. Förderhöhe 100 m; 2 einfachwirkende Plunserpumpen zu 0,5 cbm pro Minute; Leistung pro 1 kg Kohlen: 19 cbm 1 m hoch.

5. Ölleitungspumpe in Ölheim. Dampfmaschine ohne Hilfsrotation, ausgeführt von Civilingenieur Neukirch. Länge der Leitung 10000 m; erforderliche Pressung 50 Atmosphären; 2 einfachwirkende Plunserpumpen zu 0,015 cbm pro Minute; Leistung pro 1 kg Kohlen: 25 cbm 1 m hoch.

<sup>15)</sup> Über Dampfleitungen und Druckverluste in denselben siehe II. Kapitel, S. 243.

<sup>16)</sup> Hierbei ist mittlere gute Qualität anzunehmen. In Lieferungskontrakten mit Maschinenfabriken wird die Qualität der Kohle, Bezugsort und Größenbeschaffenheit vorgeschrieben. Von besonderer Wichtigkeit ist der Gehalt an erdigen Bestandteilen (Aschengehalt).

<sup>17)</sup> Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1872, S. 545.

6. Nach Versuchen von Chaves<sup>17)</sup>: Kolbenpumpen für Bauzwecke.

- a. Betrieb durch stationäre Maschinen; geringste Leistung bei 12 m mittlerer Förderhöhe pro 1 kg Kohlen: 15 cbm 1 m hoch; maximale Leistung bei 55 m mittlerer Förderhöhe pro 1 kg Kohlen: 40 cbm 1 m hoch.
- b. Betrieb durch Lokomobile; geringste Leistung bei 12 m mittlerer Förderhöhe pro 1 kg Kohlen: 24 cbm 1 m hoch; maximale Leistung bei 44 m mittlerer Förderhöhe pro 1 kg Kohlen: 34 cbm 1 m hoch.

**§ 13. Einteilung der Kolbenpumpen hinsichtlich ihrer Bauart.** Zunächst sind nach der Art des Abschlusses der Wasserwege zu unterscheiden: Ventilpumpen und Schieberpumpen. Die erste Gruppe ist bei weitem die bedeutendere, und treten deren Ausführungen in großer Zahl und sehr verschiedener Gestalt auf, welche hauptsächlich durch die Ausbildung und Wirkungsweise der Kolben bedingt ist, weshalb auch hiernach die Einteilung geschehen und bei der Beschreibung der verschiedenen Bauarten in den nachfolgenden Paragraphen befolgt werden möge. Die zweite Gruppe ist so wenig verbreitet, daß hier auf weitere Unterabteilungen verzichtet werden kann. Für die Ventilpumpen ergibt sich folgende Einteilung:

- a. Einfachwirkende Pumpen mit einem Kolben:
  1. mit durchbrochenem Kolben,
  2. mit massivem Kolben.
- b. Doppeltwirkende Pumpen mit einem Kolben:
  1. ohne direkten Dampftrieb (Transmissionspumpen),
  2. Dampfpumpen.
    - α. Dampfpumpen mit Hilfsrotation,
    - β. Dampfpumpen ohne Hilfsrotation.
- c. Pumpen mit mehreren Kolben.

**§ 14. Einfachwirkende Pumpen mit durchbrochenem Kolben.** Die Pumpen dieser Gattung finden die ausgedehnteste Anwendung für kleinere Wasserquantitäten, namentlich bei Handbetrieb, während sie für Maschinenbetrieb nur in besonderen Fällen gebraucht werden. Die Ausführung geschieht sowohl in Holz wie in Eisen und bietet die Anfertigung so wenig Schwierigkeiten, daß in vielen Fällen gewöhnliche Handwerker damit beauftragt werden können, während die Herstellung aller übrigen Pumpen ohne Hilfsmaschinen nicht gut möglich ist.

**Bohlenpumpe;** Fig. 33, Taf. XIV. Das Kolbenrohr dieser Pumpe hat einen quadratischen Querschnitt. Die Wandungen bestehen aus vier an der inneren Seite recht glatt gearbeiteten zusammen gespundeten Bohlen, welche durch eiserne Bänder zusammengehalten werden. Die üblichen Dimensionen sind 150 bis 300 mm Weite; Bohlenstärke 50 bei 200 mm Weite; bei größeren Dimensionen nimmt man die Bohlen bis 75 mm dick.

Der Kolben und das Saugventil werden aus vollem Holze durchbrochen gearbeitet; die Ventile selbst sind Lederklappen, und dient zur Dichtung des Kolbens eine an den Kolbenkörper angenagelte Ledermanschette. Zur Dichtung des Saugventiles in dem Kolbenrohr wird eine Umwicklung mit Hanf angewendet. Statt des Holzkolbens kann man auch einen sogenannten Trichterkolben anwenden, siehe Fig. 19, Taf. XV, der sich besonders für sandiges Wasser gut eignet. Saugrohre finden bei den Bohlenpumpen seltener Anwendung, doch läßt sich ein solches in der Weise herstellen, daß man das Saugventil, in diesem Falle Stöckel genannt, rohrartig verlängert, wie in Fig. 35 angegeben.

<sup>17)</sup> Zeitschr. d. Ver. deutsch, Ing. 1865, S. 84.

Fig. 38 zeigt die Aufstellung zweier Bohlenpumpen, welche durch einen gemeinschaftlichen Druckbaum von Hand bewegt werden. Das untere Ende der Pumpen ist von einem Gehäuse umgeben, dessen Einströmungsöffnungen für das Wasser mit Drahtgittern versehen werden, um das Eindringen von Unreinigkeiten in die Pumpen zu verhindern. Für denselben Zweck finden auch Körbe aus Weidengeflecht oder Rahmenwerke aus Holz mit doppelten Wänden, deren Zwischenräume mit Moos ausgefüllt werden, Anwendung.

Die **Blechpumpe**, Fig. 34 u. 35, Taf. XIV, findet namentlich für geringe Wasserquantitäten bei geringer Hubhöhe Verwendung. Das cylindrische Kolbenrohr wird aus Weisblech hergestellt; der Kolben hat meistens die Form eines Lederbeutels, wird am unteren Ende durch einen kräftigen Nagel und am oberen Rande noch mit 3 oder 4 Riemen mit der hölzernen Kolbenstange verbunden. Ein solcher Kolben eignet sich sehr gut für sandiges Wasser, doch kann man damit nur auf geringe Höhen fördern. Bei der Aufstellung ist es üblich, das Kolbenrohr geneigt zu legen, um die Kolbenbewegung durch direktes Angreifen der Arbeiter an einem mit der Kolbenstange verbundenen Querstück leicht zu ermöglichen.

Die beiden vorhergehenden Pumpen, bei welchen sich die Wassersäule im wesentlichen über dem Kolben befindet, eignen sich nicht zum Saugen, sondern nur zum Schöpfen des Wassers.

Die **Topfpumpe**, Fig. 39 u. 40, Taf. XIV, wirkt nur saugend, da sich die ganze Wassersäule unter dem Kolben befindet, demnach beträgt die durch den Luftdruck begrenzte Förderhöhe derselben nicht über 6 bis 8 m. Die ganze Pumpe ist in Gußeisen ausgeführt. Als Saugröhren werden meistens gewalzte schmiedeiserne Röhren verwendet.

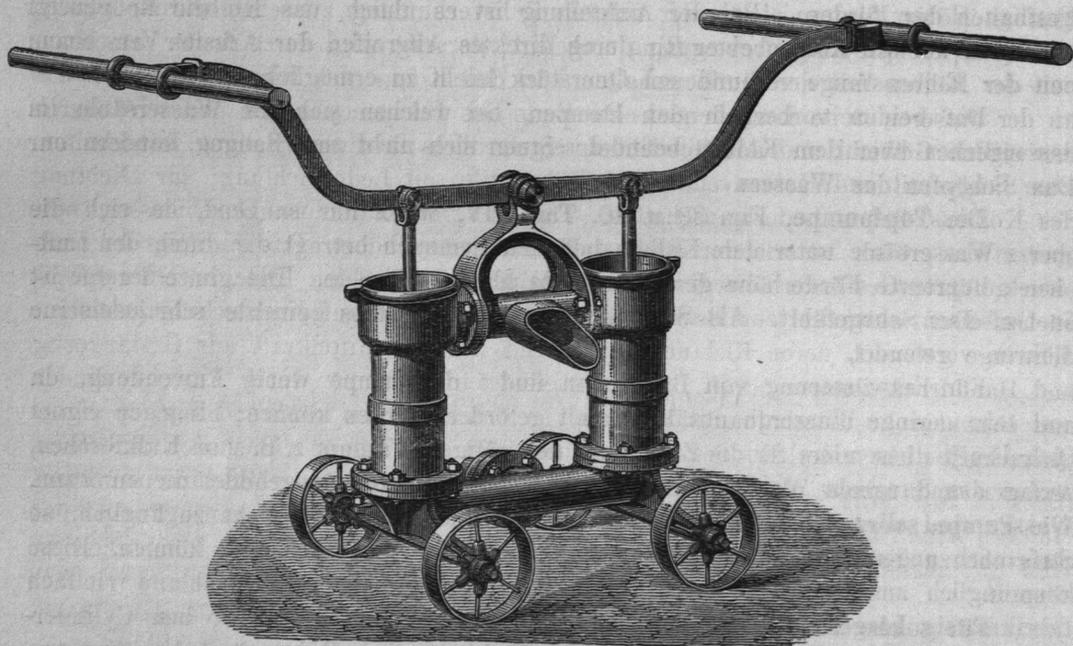
Für Entwässerung von Baugruben findet die Pumpe wenig Anwendung, da nur sehr geringe Wasserquantitäten damit gefördert werden können; hingegen eignet sich dieselbe besonders für die Zuführung des nötigen Wassers z. B. zum Kalklöschchen, wobei das Saugrohr als Rohrbrunnen (Abyssinierbrunnen) ausgebildet dienen kann. Die Pumpe selbst ist außerordentlich einfach und alle Teile leicht zugänglich, so daß auch ungeübte Arbeiter dieselbe zusammensetzen und nachsehen können. Diese ursprünglich amerikanische Konstruktion wird gegenwärtig in Deutschland vielfach fabrikmäßig hergestellt. Die üblichen Dimensionen sind 75 bis 105 mm Cylinderdurchmesser bei 85 bis 100 mm Hub und 25 bis 40 mm Rohrweite. Leistung pro Hub 0,3 bis 0,7 l.

**Einfachwirkende Handpumpe mit Stativ**; Fig. 51, Taf. XIV. Diese Saugpumpe ist der bequemen Aufstellung wegen mit drei, aus eisernen Stangen hergestellten Füßen versehen. Als Saugrohr dient ein Spiralschlauch, zur Fortleitung der Flüssigkeit wird ein gewöhnlicher Schlauch benutzt, zu deren Anbringung die Pumpe am unteren Ende sowie am Ausgußrohr mit entsprechenden Verschraubungen versehen wird. Die Ventile werden meistens kugelförmig hergestellt, aus einem Eisenkern mit Gummitüberzug bestehend. Derartige Pumpen eignen sich namentlich zum Fördern aus geringer Tiefe bei oft wechselnder Aufstellung, auch kann man damit sehr unreine Flüssigkeiten heben. Die üblichen Dimensionen sind: 120 mm Cylinderdurchmesser bei 230 mm Hub; Schlauch 50 bis 60 mm weit; Leistung circa 2,2 l pro Hub.

Die **Baupumpe**, Fig. 41, Taf. XIV, besteht aus zwei mit einander gekuppelten einfachwirkenden Saugpumpen, derart, daß die beiden Kolben abwechselnd zur

Wirkung kommen und die Bewegung des Wassers in den Röhren wie bei einer doppeltwirkenden Pumpe von demselben Durchmesser und Hube erfolgt. Die beiden Kolbenstangen sind mit einem doppelarmigen Druckbaume, welcher an seinen beiden Enden die nötigen Handhaben für eine grössere Anzahl Arbeiter bietet, verbunden. Durch diese Anordnung ist das Eigengewicht der bewegten Teile vollständig ausbalanciert. Diese sehr handliche Pumpe eignet sich besonders gut für Bauzwecke bei Förderhöhen, welche 8 m nicht überschreiten. Als Saugrohr kann ein Spiralschlauch verwendet werden. Vielfach wird die ganze Pumpe auf Räder gesetzt, in leicht transportabler Form findet sie namentlich bei Kanalisationsarbeiten, wo der Aufstellungsort sehr oft wechselt, häufig Verwendung. Die üblichen Dimensionen sind: Cylinderdurchmesser 130 bis 260 mm; Hub 250 bis 300 mm bei 50 bis 110 mm Rohrweite. Leistung 6 bis 27 l pro Doppelhub.

Fig. 8.



**Einfachwirkende Pumpe mit Maschinenbetrieb.** Fig. 43, Taf. XIV, zeigt die übliche Aufstellung von zwei gekuppelten grösseren einfachwirkenden Saugpumpen, deren Saugröhren in ihrer Länge derart veränderlich eingerichtet sind, dass sich der untere mit dem Saugkorb verbundene Teil teleskopartig über den oberen, mit der Pumpe fest verbundenen schiebt. Die Dichtung geschieht durch eine Stopfbüchse, die Aufhängung mittels Ketten. Diese Einrichtung ermöglicht es, mit den Saugröhren dem allmählichen Tieferwerden der Baugrube zu folgen. Die beiden Kolbenstangen werden durch ein gemeinschaftliches Kunstkreuz von der Maschine mittels zweier Zugstangen oder Drahtseile bewegt. Solche Aufstellungen waren früher zur Bewältigung grösserer Wassermengen aus Baugruben sehr gebräuchlich, doch sind dieselben in neuerer Zeit durch die Einführung der Centrifugalpumpen verdrängt worden.

Fig. 42 zeigt eine Pumpe für eine ähnliche Aufstellung wie Fig. 43, nur ist hier die Pumpe nicht oben aufgehängt, sondern am unteren Ende mit einem Fuss und deshalb mit seitlichem Saugrohr versehen. Die Pumpe lässt sich für grössere

Förderhöhen gebrauchen, wenn man den Pumpencylinder, wie in der Figur angedeutet, durch ein oder mehrere Steigröhren nach oben verlängert, in welchem Falle sie als Saug- und Hebepumpe wirkt. Es ist zweckmässig, die innere Weite der Steigröhren etwas gröfser als die des Cylinders zu nehmen, damit man den Pumpenkolben und das Saugventil bei vorkommenden Reparaturen leicht nach oben herausziehen kann, ohne die Pumpe im übrigen zu demontieren. Jedes der Ventile besitzt 4 Klappen, welche bei grofsen Dimensionen in dieser Anzahl erforderlich sind, um für die einzelnen Klappen nicht zu grofsen Hub zu erhalten.

**Einfachwirkende Tiefbrunnenpumpen.** Die in Fig. 54 bis 56, Taf. XIV, dargestellte Pumpe ist speciell für Rohrbrunnen konstruiert, bei welchen der Wasserspiegel wesentlich tiefer als 8 m unter der Oberfläche liegt. Das über Terrainhöhe hinausgeführte, den Brunnen bildende Rohr dient gleichzeitig als Pumpenständer. Um eine geringe Saughöhe zu erhalten, baut man die Pumpe möglichst tief ein. Zum Festhalten der Pumpe ist an der unteren Rohrverbindung zwischen die Rohrenden ein innen konisch ausgedrehter Ring eingelegt; derselbe wird durch festes Verschrauben der Röhren mit der Muffe gehalten. In den Konus des Ringes setzt sich das an der äufseren Seite konisch gedrehte Ende des Pumpencylinders und wird durch das eigene Gewicht und das Gewicht des Steigrohres in dieser Stellung festgehalten. Das Saugventil und Kolbenventil sind Hubventile mit Lederdichtung; zur Dichtung des Kolbens dienen Ledermanschetten. Das Steigrohr hat einen Durchmesser, welcher etwas gröfser ist wie der Radius des Pumpencylinders. Das im Steigrohr nach oben geführte Gestänge bewegt sich mit seinem abgedrehten Ende in einer Stopfbüchse. Der Schwengel zur Bewegung des Gestänges ist auf einer schräg gestellten Schwinge gelagert, deren Richtung annähernd mit der Mittelkraft aus Gestängezug und Handdruck zusammenfällt. Fig. 55 giebt einen Schnitt durch Pumpencylinder und Brunnenrohr unterhalb des Kolbens von unten gesehen, während Fig. 56 einen Querschnitt dicht unterhalb des Saugventiles zeigt. Die Pumpe eignet sich für kleine Anlagen und reines Wasser, bei gröfseren Ausführungen hingegen und unreinem Wasser sind vorzunehmende Reparaturen zu umständlich, da die ganze Pumpe mit Steigrohr zu Tage gefördert werden muß, um Kolben und Ventile nachsehen zu können.

Für solche Anlagen eignet sich die Pumpe Fig. 1, Taf. XV, besser, deren Steigrohr etwas weiter gehalten ist als der Pumpencylinder. Oberhalb des Kolbens befindet sich noch ein Standventil; dasselbe ist konisch in den Cylinder eingesetzt und wird durch den Wasserdruck gehalten. Die abgedrehte Kolbenstange geht durch das Ventil hindurch und wird mittels eines kleinen Lederstulpes abgedichtet. Durch die Anbringung des Standventiles wird bei grofsen Förderhöhen der Durchgang des Wassers durch das Kolbenventil erleichtert, da beim Niedergange des Kolbens das Standventil geschlossen ist und infolge dessen der Druck der Wassersäule nicht auf den Kolben wirkt. Bei geringer Saughöhe kann die Pumpe auch ohne Saugventil arbeiten. Dasselbe ist in derselben Weise wie das Standventil, nur mit etwas kleinerem Durchmesser, konisch in den Pumpencylinder eingesetzt und direkt mit dem Saugrohr verbunden. Dieses befindet sich innerhalb eines Rohres von der Weite des Steigrohres, so dafs der Zwischenraum beider Röhren einen Saugwindkessel bildet.

Die konischen Einsatzflächen der Ventilsitze sind der leichteren Dichtung wegen aus Lederringen hergestellt, während die Ventile selbst die Form eines Bechers haben, dessen Boden mit einer dichtenden Lederscheibe versehen ist.

Für die Dichtung des Kolbens dienen drei übereinander angebrachte Leder-manschetten. Indem sich diese von oben nach unten nacheinander abnutzen, wird eine wesentlich längere Dauer der Dichtung als bei einfacher Manschette erreicht. Der Kolben und die Ventile lassen sich zu Tage fördern, ohne das Steigrohr mit Pumpencylinder zu demontieren. Die Pumpe hat für Bohrlöcher auf Petroleum in Ölheim bei Peine vielfach Verwendung gefunden und mit gutem Erfolge sehr schlammiges Wasser gefördert.

Die **Brunnenpumpe**, Fig. 36, Taf. XIV, läßt sich nur für besteigbare Brunnen-schächte anwenden. Diese Pumpe hat die Eigentümlichkeit, daß das Steigrohr derselben gleich als Gestänge dient und daß mittels desselben der Pumpencylinder bewegt wird, während der Kolben fest steht. Derselbe bildet mit dem Saugrohr ein Ganzes und ist dieses mit einer größeren Flansche umgeben, welche für die Fundierung der Pumpe im Brunnen dient. Von der Flansche aus erhebt sich ein Rohr, welches den Pumpencylinder mit einigem Spielraum umgibt. Der mit Wasser gefüllte Spielraum verhindert, daß Luft an die Dichtungsfläche des Kolbens tritt. Der Kolben und die Ventile sind bei dieser Anordnung schwer zu kontrollieren und auszuwechseln.

**Pumpe mit direktwirkendem Taucherkolben.** Bei dieser in Fig. 60, Taf. XIV, in einfachster Konstruktion dargestellten Pumpe ist statt eines durchbrochenen Scheibenkolbens ein als Taucherkolben ausgebildetes Rohr zur Anwendung gekommen. Dieser Kolben hat an jedem Ende ein sich nach oben öffnendes Ventil, ist aufsen glatt abgedreht, von etwas größerer Länge als der Hub und wird von dem Pumpengestänge in einem glatt ausgebohrten Cylinder ohne weitere Dichtung auf und ab bewegt. So lange der Kolben genau in den Cylinder paßt, wird vermöge der großen Berührungsfläche beider wenig Wasser durch Undichtigkeit verloren gehen. Für andauernden Betrieb und namentlich bei sandigem Wasser entstehen jedoch leicht Undichtigkeiten, so daß es für solche Fälle besser ist, Stopfbüchsen-dichtung anzuwenden, wie in Fig. 57 bis 59 angegeben. Das Saugventil ist wie bei jeder anderen einfachwirkenden Pumpe angeordnet. Bei sehr geringer Saughöhe kann das untere Ventil des Kolbens in Wegfall kommen, da es nur zur Verminderung des schädlichen Raumes dient.<sup>19)</sup>

**§ 15. Einfachwirkende Pumpen mit massivem Kolben.** Diese Pumpen erhalten meist Plunserkolben, seltener Scheibenkolben, und finden zum Drücken des Wassers auf große Förderhöhen oder zur Erzeugung hoher Pressungen unter dem Namen Druckpumpen Verwendung, namentlich für Bergwerke, Wasserhaltungsmaschinen, Kesselspeisung und hydraulische Pressen.

**Plunserpumpe mit Kugelventilen;** Fig. 10, Taf. XV. Um Material zu sparen, ist der Kolben hohl hergestellt, doch hat der Hohlraum keinen Einfluß auf den Gang der Pumpe. Die Kolbendichtung erfolgt durch eine Stopfbüchse. Die Verbindung des Kolbens mit dem büchsenförmig umschließenden Gestänge kann durch Herausnehmen eines mit Handgriff versehenen Keiles gelöst werden, um bei kontinuierlicher Bewegung des Gestänges die Pumpe abzustellen. Das Saugrohr tritt unten seitlich in den Pumpencylinder, das Druckrohr zweigt sich oben dicht unter der Stopfbüchse ab. Diese Anordnung ist zweckmäßig, indem alle Luft aus der Pumpe leicht entweichen kann. Der Zwischenraum zwischen Kolben und Cylinder soll mindestens

<sup>19)</sup> Diese Pumpe ist in Amerika von Colson als Förderpumpe für Bergwerke konstruiert worden und findet sich beschrieben im Maschinenbauer. 1876, S. 185.

den Querschnitt des Druckrohres haben, da das Wasser diesen Raum passieren muß. Ein Kugelventil ist nur bei geringen Abmessungen zweckmäfsig, für grofse Querschnitte müssen mehrere Ventile angebracht werden.

**Drucksatz für ungleichmäfsige Förderung.** Die in Fig. 16, Taf. XV, dargestellte Pumpe, gewöhnlich Drucksatz genannt, findet beim Bergbau vielfach Verwendung. Die Förderhöhe beträgt thunlichst nicht über 140 m, in Ausnahmefällen jedoch bis 230 m; immerhin ist es günstiger, wenn die lokalen Verhältnisse es zulassen, bei so grofsen Förderhöhen mehrere Pumpen übereinander anzuordnen.

Der Kolben wird durch ein aus Holz oder Eisen hergestelltes Gestänge<sup>20)</sup> von der über Tage aufgestellten Dampfmaschine bewegt. Das Gestänge kann doppelt sein wie in Fig. 38, in welchem Falle dasselbe die Pumpe umfaßt, oder es ist einfach und liegt seitlich von der Pumpe, wobei die Bewegung des Pumpenkolbens mittels kräftiger eiserner Winkel, sogenannter Krums, erfolgt.

Bei dieser Verbindungsweise wird ein Biegemoment auf das Gestänge übertragen, welchem durch angebrachte Führungen entgegengewirkt wird. Das Gewicht des Gestänges bemifst man meistens so, dafs die Abwärtsbewegung des Pumpenkolbens und das Hinaufdrücken der Wassersäule selbstthätig erfolgt, d. h. dafs die Maschine nur das Heben des Gestänges zu besorgen hat, dementsprechend sie einfachwirkend gebaut wird.

Erst in neuerer Zeit ist es gelungen, Gestänge herzustellen, durch welche von der Maschine aus auch Druck übertragen werden kann. Derartige Gestänge werden durch doppeltwirkende Maschinen, meistens mit Hilfsrotation bewegt. Zur Vermeidung von Unglück bei eintretendem Gestängebruch bringt man Fanglager an, auf welche sich beim Bruch ein Krum auflegt und so das Weiterfallen des Gestänges verhindert. Sehr oft werden durch ein Gestänge mehrere übereinander aufgestellte Pumpen bewegt, denen das Wasser in den Höhen, in welchen es im Schachte auftritt, zugeführt wird. Es kann dabei vorkommen, dafs einzelne Pumpen aufsergewöhnlich grofse Wassermassen zu bewältigen haben, während von anderen das Wasser bereits fortgeschafft wurde. Diesen Fall hat man namentlich beim Abteufen zu beachten, indem sonst leicht die Gefahr eintritt, dafs die Pumpen Luft ansaugen und mit Luft arbeiten, wobei die Widerstände sich plötzlich erheblich verändern. Bei den bedeutenden Massen, welche sich in Bewegung befinden, treten dann heftige Stöße auf und Risse in den Ventilkörpern oder sonstige Brüche sind nicht selten die Folge davon.

Zur Beseitigung dieses Übelstandes ist in Fig. 16 ein einfaches Mittel angegeben, welches darin besteht, dafs man von dem Maschinenhaus aus mittels eines in dem Steigrohr abwärts geführten Drahtseiles, welches unten durch dünne Ketten mit den Druckventilklappen verbunden ist, diese Klappen hebt. Die im Steigrohr befindliche Wassersäule wirkt nun als Gegengewicht für das Gestänge, da das Saugventil bei der Bewegung des Kolbens geschlossen bleibt. Die Wassersäule bewegt sich entsprechend dem Gange des Kolbens auf und nieder. Der Aufgang des Kolbens wird durch das Gewicht der Wassersäule erleichtert, während die Kraft für den Niedergang dieselbe ist, wie bei voller Wirkung der Pumpe. Mit dieser Einrichtung hat man es in der Hand, bei gleichmäfsiger Bewegung des Gestänges die einzelnen Pumpen beliebig in und aufser Betrieb zu setzen, ohne grofsen Effektverlust und Wasserstöße befürchten zu müssen.<sup>21)</sup>

<sup>20)</sup> Vergl. II. Kapitel, S. 177.

<sup>21)</sup> Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1863. S. 187. Taf. VI.

**Plunserpumpe für sandige Flüssigkeiten.** Führt das Wasser sehr viel Sand, so läßt sich die Stopfbüchse schwer dicht halten, auch nutzt sich der Kolben bedeutend ab und bekommt bald Riefen, wenn nicht besondere Vorkehrungen getroffen werden.

Eine Einrichtung zur Verminderung dieses Übelstandes zeigt Fig. 9, Taf. XV. Neben der Pumpe, welche die sandige Flüssigkeit fördern soll, befindet sich noch eine zweite kleinere Pumpe, welche der großen nur reines Wasser dicht unter der Stopfbüchse zuführt.<sup>22)</sup> Der Cylinder erhält an dieser Stelle eine kleine Erweiterung, und wird durch das reine Wasser der große Pumpenkolben bei jedem Hube abgespült, so daß nur wenig Sand in die Stopfbüchse treten kann. Die beiden Kolben der Pumpen werden durch dasselbe Gestänge oder auch durch einen gemeinschaftlichen Balancier bewegt.

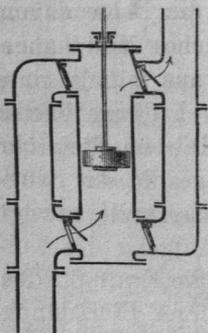
**Pumpe für schlammige Flüssigkeiten;** Fig. 3, Taf. XV. Es ist dieses eine einfachwirkende Saug- und Druckpumpe mit massivem Scheibenkolben. Die Kolbendichtung geschieht am besten durch zwei entgegengesetzt liegende Ledermanschetten. Der Pumpencylinder muß ausgebohrt sein und ist oben offen, so daß sich der Kolben sehr leicht herausnehmen läßt. Die Ventile sind ebenfalls leicht zugänglich, indem für das Abnehmen der Deckel nur je eine Schraube gelöst zu werden braucht.

Die Kolbenbewegung geschieht von Hand mittels eines Druckbaumes, welcher seine Drehaxe an dem Steigrohr findet; dieses ist zweckmäßig noch mit Knaggen für die Hubbegrenzung versehen.

Zur Befestigung der Pumpe dient eine zweiteilige Fundamentplatte, welche das Steigrohr umfaßt. Diese Einrichtung ermöglicht, die ganze Pumpe in der Höhenlage zu verschieben und den zeitweiligen Verhältnissen anzupassen.

**§ 16. Doppeltwirkende Pumpen mit einem Kolben. Allgemeines.** Die Kolben dieser Pumpen sind stets massiv, nie durchbrochen; beim Auf- und Niedergang derselben wird das gleiche Wasserquantum gefördert und sind gleiche Widerstände zu überwinden. Gegenüber den einfachwirkenden Pumpen erhalten sie bei der selben Leistung wesentlich kleinere Dimensionen, dagegen sind stets vier Ventile erforderlich, während bei den einfachwirkenden zwei genügen. Für Antrieb mittels Dampfkraft finden diese Pumpen die ausgedehnteste Anwendung, sowohl zum Heben großer Wasserquantitäten auf geringe Höhen (Finjen'sche Pumpe) als auch für größere Förderhöhen oder starke Pressungen (städtische Wasserkünste, Kesselspeisepumpen). Sehr oft wird die Pumpenkolbenstange direkt mit der Dampfkolbenstange verbunden, und erfolgt die Bewegung mit oder ohne Anwendung von Hülfsrotation. In letzterer Ausführung nennt man sie Dampfmaschinen. Die erste doppeltwirkende Pumpe wurde von dem Franzosen de la Hire 1716 erfunden. Nebenstehende Figur zeigt das System dieser Pumpe, welches zwar konstruktiv manche Vervollkommnung, sonst jedoch im wesentlichen keine Veränderung erfahren hat.

Fig. 9.



Während bei den einfachwirkenden Pumpen der Cylinder fast immer vertikal gestellt wird und in manchen Fällen oben offen sein konnte, so daß sich der

<sup>22)</sup> Die beiden Ventilkappen für die kleine Pumpe sind nicht angegeben; die eine befindet sich vor dem Anschluß des Saugrohres, die andere im Verbindungsrohr der beiden Pumpencylinder. Siehe Dingler's polyt. Journ. Bd. 207. S. 111.

Kolben ohne weiteres herausnehmen liefs, findet man bei den doppelwirkenden Pumpen den Cylinder sehr oft horizontal gelegt, namentlich bei der Ausbildung als Dampfpumpe; dabei mufs derselbe allseitig geschlossen sein und ist die Kolbenstange stets durch eine Stopfbüchse einzuführen.

### § 17. Doppeltwirkende Pumpen ohne direkten Dampfbetrieb (Transmissionspumpen).

**California Pumpe;** Fig. 52 u. 53, Taf. XIV. Von dem Amerikaner Hansbrow wurden derartige Pumpen 1862 in London zuerst ausgestellt.<sup>23)</sup> Die Pumpe erhält vier Klappenventile und zeichnet sich besonders durch geschickte Anordnung derselben aus. Die Sitzplatte der Druckventile bildet den Deckel für die Saugventilgehäuse. Zur Verbindung der Ventilgehäuse sind nur 2 Schrauben angebracht und genügt es, diese zu lösen, um die Ventile nachsehen zu können. Da die Dichtungsflächen recht groß ausfallen, wendet man in neuerer Zeit meistens eine gröfsere Zahl Verbindungsschrauben an. Auch in horizontaler Anordnung kommt die Californiapumpe häufig vor. Die Kolbenstange erhält oberhalb eine Führung und wird mittels einer gegabelten Lenkstange von einer Kurbel bewegt.

Die üblichen Gröfsen, in welchen derartige Pumpen ausgeführt werden, sind: 75 bis 200 mm Cylinderdurchmesser und 150 bis 400 mm Hub. Leistung pro Kolbenspiel (d. h. für Hin- und Rückgang des Kolbens) 1,2 bis 22 l. Rohrweite 40 bis 100 mm.

**Doppeltwirkende Schiffspumpe;** Fig. 37, Taf. XIV. Die Pumpe eignet sich hauptsächlich als Saugpumpe; alle Teile derselben sind derart angeordnet, dafs sie, ohne eine Schraube lösen zu müssen, herausgenommen, also irgend welche Unordnungen sehr leicht beseitigt werden können. Deshalb empfiehlt sich die Pumpe auch zum Fördern unreiner Flüssigkeiten. Die Ventile sind Kegelventile, welche sehr lange Führungen aber keine Hubbegrenzung haben und mit einem Handgriff zum Herausheben versehen sind. Der mit Stopfbüchse versehene Cylinderdeckel wird nur durch das eigene Gewicht und den Wasser- und Luftdruck an seiner Stelle gehalten, daher läfst sich der Kolben leicht herausnehmen. Für Schiffe hat die Pumpe vielfach Anwendung gefunden, weil es hier auf sehr gedrängten Bau und grofse Zuverlässigkeit besonders ankommt, für Bauzwecke weniger, obgleich sie auch hierfür recht wohl brauchbar sein würde.

Die **doppeltwirkende Schachtpumpe**, Fig. 50, Taf. XIV, ist für einen mittels Senkrohr abgeteuften Brunnenschacht von 590 mm Durchmesser zur Anwendung gekommen. Die Kanäle für die Wasserbewegung umgeben den Cylinder und haben im Querschnitt die Form eines halben Ringes. Als Saugventile dienen 2 halbkreisförmige Klappen, während als Druckventile 6 kleinere Klappen in das ringförmige Gehäuse eingebaut sind. Das Steigrohr geht vertikal nach oben; in demselben bewegt sich das mit Führungskörben versehene Gestänge. Für reines Wasser wird sich die Pumpe ganz gut eignen, bei unreiner Flüssigkeit dagegen das umständliche Auseinandernehmen als Übelstand ins Gewicht fallen.

Vorstehende Pumpe mit 263 mm Cylinderdurchmesser förderte bei 6 m Saughöhe und 47 m Druckhöhe 62 cbm Wasser pro Stunde, arbeitete also mit etwa 0,37 m mittlerer Kolbengeschwindigkeit.

**Horizontale Pumpe;** Fig. 11, Taf. XV. Der Kolben hat eine ungewöhnliche Längenausdehnung, ähnlich wie ein Plunscherkolben, und arbeitet ohne Dichtungsmaterial in dem genau ausgebohrten Cylinder. In den äufsersten Stellungen tritt

<sup>23)</sup> Prof. Werner in Darmstadt hat die Konstruktion später verbessert; siehe Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1870. S. 197.

der Kolben teilweise über den Cylinder hinaus in den Raum zwischen Saug- und Druckventil, wodurch der schädliche Raum verringert wird. Die Ventile, in Fig. 23 in gröfserem Maſsstabe angegeben, sind mit doppelten Gummiklappen versehen; die obere Klappe ist eine volle Scheibe, die untere dagegen ein Ring. Die Klappenfänger sind durchbrochen, damit bei festem Anliegen überall Luft an die Klappen treten kann und ein Festsaugen verhindert wird. Die Klappensitze sind rostartig gebildet, so dafs für den Durchgang des Wassers eine gröfsere Anzahl von Öffnungen entsteht, welche nicht grofs sein dürfen, damit die Gummipplatten sich nicht zu stark durchbiegen oder gar in die Durchgangsöffnung hineingedrückt werden. Für hohe Pressungen eignen sich solche Ventile nicht, dagegen gestatten sie grofse Geschwindigkeiten, da sie sich rasch schliefsen und nicht leicht schlagen.

**Finjen'sche Pumpe im Bremer Blocklande.** Die Schöpfanlage im Bremer Blocklande wurde im Jahre 1864 vollendet und besteht aus 4 Pumpen von der Konstruktion und Gröfse wie in Fig. 40, Taf. XV, angegeben. Die Pumpenanlage befindet sich in einem eisernen Gehäuse, welches einen Teil der Umdeichung des auszuschöpfenden Terrains bildet. Dieser Kasten wurde fast ganz aus Blechplatten, durch Winkeleisen verbunden, hergestellt und hat einen ebenen Boden, welcher auf einem Pfahlrost fundiert und mit demselben verankert ist. Zur Dichtung dient seitlich angeschütteter Beton.

Die Pumpen wurden in ihren Hauptorganen in Gufseisen ausgeführt und unter dem niedrigsten Binnenwasserstand eingebaut. Die Kolben sind innen hohl, die Wände ausgebaucht und so geformt, dafs das Gewicht des Kolbens annähernd dem des verdrängten Wassers gleichkommt.

Als Ventile sind eine grofse Anzahl eiserner mit Gummidichtung versehener Klappen in zwei vertikalen Wänden angebracht. Der Pumpencylinder ist in halber Höhe durch eine horizontale wasserdichte Mittelwand mit den Klappenwänden verbunden. Boden und Deckel befinden sich in genügender Entfernung von dem Cylinder, so dafs ein ausreichender Durchflufsquerschnitt für das Wasser geboten wird. Auferhalb der Klappenwände sind Schieber angebracht, um die Pumpenkammern von dem Aufsenwasser vollständig absperrern und trocken legen zu können. Diese Einrichtung genügt für eine Untersuchung der Pumpen, sowie für kleinere Reparaturen, doch ist es nicht möglich, falls sich die Bodenverbindungen mit dem Pfahlrost gelöst haben, eine gründliche Reparatur vorzunehmen, was als grofser Übelstand empfunden wird.

Zum Betrieb der Pumpen dient eine horizontale Zwillingsdampfmaschine mit Expansion und Kondensation, deren Kraft mittels Gestänge und Kunstkreuzen ohne Räderübersetzung übertragen wird. Je zwei Pumpen hängen an einem gemeinschaftlichen Kunstkreuz.

Durchmesser der Kolben 2,438 m; Hub 1,524 m; Förderhöhe bis 2 m; Geschwindigkeit 6 bis 8 Hübe (Auf- und Niedergang des Kolbens) pro Minute. Die Leistung pro Doppelhub beträgt für jede Pumpe circa 12 cbm.

Während einer längeren Zeit wurden im Durchschnitt mit der ganzen Anlage pro Sekunde 6 cbm Wasser im Mittel 1 m hoch gehoben, wobei sich ergab, dafs mit 1 kg Kohlen 60 cbm Wasser 1 m hoch gefördert waren. Hieraus resultiert für die Pferdekraft Nutzleistung ein Kohlenverbrauch von 4,2 kg.

Da die Pumpen mit ihren Klappenwänden unter dem niedrigsten Wasserspiegel liegen müssen, kommt die Fundierung in eine sehr tiefe Lage; auferdem mufs bei den bedeutenden Massen, welche sich mit öfterem Richtungswechsel in Be-

wegung befinden, alles sehr solid ausgeführt werden, wenn nicht Lockerungen und Brüche vorkommen sollen; dabei erhalten die Maschinen für den langsamen Gang verhältnismäßig große Dimensionen, und trägt dieses alles dazu bei, die Anlagekosten recht bedeutend werden zu lassen. Ein weiterer Nachteil ergibt sich für alle Fälle, in denen der Außenwasserstand durch Ebbe und Flut beeinflusst wird, daraus, daß man bei den geringen Förderhöhen während der Ebbezeit die Maschinenkraft nicht gehörig ausnutzen kann, da man über eine gewisse Hubzahl nicht hinausgehen darf.

Bezüglich des Kohlenverbrauches stellt sich die Anlage nicht so günstig, wie eine gute Kreiselpumpenanlage, während die Herstellungskosten etwa das dreifache betragen.

**§ 18. Dampfpumpen im allgemeinen.** Bei kleinen Wasserquantitäten, z. B. für Kesselspeisung, werden zwar Dampfpumpen auch einfachwirkend ausgeführt, doch besteht für alle größeren Anforderungen die Regel, die Pumpen doppelwirkend herzustellen, da hierbei die treibenden und widerstehenden Kräfte sich besser ausgleichen und bei demselben Raumbedarf sich eine erheblich größere Leistung ergibt. Konstruktiv bieten die einfachwirkenden nur die Eigentümlichkeit, daß die verstärkte Dampfkolbenstange meistens gleichzeitig als Plunsker Kolben der Pumpe dient; im übrigen ist die Anordnung wie bei den doppelwirkenden, und sollen hier nur die letzteren behandelt werden.

Wendet man volle Dampfzuführung an, so gleichen sich die Kolbendrücke des Dampf- und Pumpencylinders nahezu aus und ist nur dafür zu sorgen, daß der Hubwechsel zu rechter Zeit eintritt. Dies kann mit oder ohne Zuhilfenahme einer rotierenden Bewegung geschehen, dementsprechend man Dampfpumpen mit Hilfsrotation und ohne Hilfsrotation unterscheidet.

**§ 19. Dampfpumpen mit Hilfsrotation.** Durch die rotierende Bewegung einer Kurbel wird der Hub der Pumpe genau begrenzt, wobei durch Zuhilfenahme eines entsprechend großen Schwungrades etwa vorkommende Ungleichheiten der Kräfte überwunden werden können, so daß es möglich wird, im Dampfzylinder mit Expansion zu arbeiten. Die Steuerung geschieht, wie bei jeder gewöhnlichen Dampfmaschine, durch einen mittels Excenter bewegten Muschelschieber; nur bei größeren Anlagen werden noch besondere Expansionsschieber angebracht.

**Dampfpumpe mit Kurbelschleife.** Fig. 12 u. 13, Taf. XV, zeigen eine gebräuchliche Anordnung; der kastenförmige Fundamentkörper trägt in der Mitte zwei Lager für die gekröpfte Kurbelwelle und ist an beiden Enden als Deckel für Dampf- und Pumpencylinder ausgebildet, an welche die beiden Cylinder freitragend angeschraubt sind. Zwischen Dampf- und Pumpenkolbenstange ist eine Coulissee (Kurbelschleife) eingeschaltet, in welcher sich der von einem Gleitklotz umgebene Kurbelzapfen bewegt. In den beiden toten Punkten wird die Kraft zwischen Kurbelzapfen und Schleife ohne Biegemoment übertragen, in allen anderen Stellungen tritt ein solches auf und erreicht bei halbem Hube die maximale Größe.

Bei den üblichen Ausführungen mit geringer Expansion und leichtem Schwungrade machen sich die ungünstigen Wirkungen dieses Biegemomentes wenig bemerkbar.

Die kegelförmigen Hubventile sind sämtlich oberhalb des Cylinders derart angebracht, daß nur ein Deckel zu lösen ist, um alle Ventile nachsehen zu können. Fig. 13 zeigt den Anschluß von Saug- und Druckrohr.

**Dampfpumpe mit Kurbelstangen;** Fig. 17, Taf. XV. Die Übertragung der Kraft zwischen der Kolbenstange und der gekröpften Kurbelwelle erfolgt durch zwei Lenkstangen, welche zu beiden Seiten des Pumpenkörpers liegen. Dampfzylinder, Pumpe und Lager für die Kurbelwelle bilden mit der gemeinsamen Fundamentplatte ein Gufsstück. Die Saugventile sind unterhalb, die Druckventile oberhalb des Cylinders angeordnet, und erhalten die Saugventilgehäuse besondere seitlich liegende Deckel, während der Deckel der Druckventilgehäuse mit dem Windkessel ein Stück bildet.<sup>24)</sup> Die ganze Anordnung der Pumpe ist eine gute und eignet sich recht wohl auch für gröfsere Ausführungen.

**Wanddampfpumpe, System Brown.** Die in den Fig. 26 u. 27, Taf. XV, angegebene Konstruktion findet sich namentlich als Kesselspeisepumpe verbreitet. Der Bau ist ein sehr gedrängter, obgleich alle Teile gut zugänglich bleiben. Der Dampfzylinder und der Pumpenzylinder sind, durch ein Rahmenstück verbunden, in einem Stück gegossen.

Die Welle für die rotierende Bewegung findet ihre Lagerung in dem entsprechend ausgebildeten Deckel des Dampfzylinders und trägt an der vorderen Seite ein kleines Schwungrad mit Kurbelzapfen zum Angriff der Lenkstange, an der hinteren Seite eine kleine Kurbel zur Bewegung des Schiebers, zu welchem Zwecke die Schieberstange oben mit einer kleinen Kurbelschleife versehen ist. Dampf- und Pumpenkolbenstange bilden ein Ganzes und sind in der Mitte mit einem kleinen Kreuzkopf versehen, welcher durch eine besondere runde Führungsstange geführt wird und an der vorderen Seite einen Zapfen für die Lenkstange besitzt; wegen des einseitigen Angriffs derselben tritt in allen Kurbelstellungen ein Biegemoment auf, dessen schädliche Wirkung zwar bei voller Dampffüllung und leichtem Schwungrade weniger zur Geltung kommen, doch eignet sich die ganze Anordnung nur für kleine Ausführungen.

Alle vier Pumpenventile sind in einem gemeinschaftlichen, besonders angeschraubten Gehäuse untergebracht, und genügt für das Nachsehen die Öffnung eines, die Vorderwand bildenden Deckels. Für das Druckrohr sind zwei Stützen angegossen, so dafs man mit demselben je nach der Örtlichkeit rechts oder links abzweigen kann.

**§ 20. Dampfpumpen ohne Hilfsrotation.** Bei diesen Pumpen fehlt eine Hubbegrenzung durch feste Maschinenteile, wie solche bei Anwendung der Hilfsrotation durch die Kurbel bedingt ist. Der Hub wird nur durch den rechtzeitigen Wechsel des Dampfaus- und -eintritts begrenzt, und kommt bei ordnungsmäßigem Gange ein Anschlagen der Kolben an die Cylinderdeckel nicht vor. Es mufs also die Steuerung sehr präcis wirken, wobei es wesentlich darauf ankommt, dafs die hin- und hergehenden Massen sowie die Geschwindigkeiten derselben gering sind.

Diese Pumpen können mit geringeren Hubzahlen arbeiten, als solche bei Zuhilfenahme rotierender Bewegung sich erreichen lassen, worin ein Vorzug besteht, wenn sehr variable Wasserquantitäten zu fördern sind.

Die Steuerung wird eingeleitet durch Anschlag des Dampfkolbens oder eines mit der Kolbenstange verbundenen Armes. Der Raumbedarf ist für Anschlag mittels Dampfkolben am geringsten, da zwischen Dampf- und Pumpenzylinder nur Platz zum Verpacken der Stopfbüchse benötigt wird, während im anderen Falle der

<sup>24)</sup> Die in der Figur angegebene Mittelwand zwischen den Druckventilen sollte sich bis auf den Cylinder herunter fortsetzen.

Abstand beider Cylinder mindestens gleich der Hublänge sein muß. Die Schieberbewegung ist jedoch nicht direkt durch den anschlagenden Kolben zu bewirken, da der Schieber seine Bewegung fortzusetzen hat, nachdem der Kolben bereits zum Stillstand gekommen ist. Es muß also durch den Anschlag eine Kraft zur Wirkung gebracht werden, welche selbstthätig den Schieber veranlaßt, seinen erforderlichen Weg zu durchlaufen. Die übliche Methode besteht darin, diese Kraft mittels kleiner besonderer Dampfkolben auszuüben.

Im Dampfzylinder muß volle Füllung zur Anwendung kommen, wenn nicht mehrere Dampfkolben zur Ermöglichung der Expansion kombiniert werden. Die Vorteile der Dampfmaschinen ohne Hilfsrotation sind geringe Anlagekosten, geringer Raumbedarf, leichte Fundierung und rasche Aufstellung. Wegen des Fehlens aller Schwungmassen kann nicht leicht ein übergroßer Druck in der Pumpe vorkommen, da derselbe durch den Dampfdruck begrenzt ist. Die Pumpen eignen sich daher sehr gut zur direkten Bewegung von Flüssigkeiten in langen Rohrleitungen. Bei wachsendem Drucke geht die Pumpe langsamer und bleibt schließlich ganz stehen.<sup>25)</sup>

Für Bergbauzwecke sind Pumpen ohne Hilfsrotation vielfach als unterirdische Wasserhaltungsmaschinen ausgeführt worden, wobei jedoch das ganze Gestänge in Wegfall kommt, nur ein Dampfrohr erforderlich und das Steigrohr der Pumpe in den Schacht einzubauen ist. Der abgehende Dampf wird im Saugrohr der Pumpe kondensiert. Beim Abteufen von Schächten und beim Auspumpen ertränkter Gruben kann die Pumpe auf ein Gerüst gestellt werden, welches man an Ketten aufhängt, um mit der Pumpe dem Wasserspiegel leicht folgen zu können.

**Tangye-Pumpe.** Fig. 18, Taf. XV zeigt einen Schnitt durch den Dampfzylinder und das Ventilgehäuse der Pumpe. Die Bewegung des Schiebers geschieht durch zwei kleine Dampfkolben (Steuerkolben), welche ein Gufsstück bilden. Dieses umfaßt den Schieber rahmenartig an seiner hinteren Seite, so daß er sich zuverlässig an die Dichtungsflächen anlegen kann, jedoch von den Hin- und Herbewegungen des Kolbens abhängig ist. Die Bewegung der Steuerkolben wird kurz vor Vollendung des Hubes eingeleitet durch den Anschlag des Dampfkolbens an ein kleines Ventil, welches bei seiner Öffnung den Raum hinter dem betreffenden Steuerkolben mit der Auspuffseite des Dampfzylinders in Verbindung bringt, während der andere Kolben unter dem Drucke des frischen Dampfes steht. Infolge dieses Vorganges muß eine Verschiebung der Steuerkolben und damit der Hubwechsel eintreten, wenn der Dampfdruck zur Überwindung der auftretenden Reibungswiderstände genügt. Bei der Ingangsetzung der Pumpe ist gewöhnlich nicht gleich zu Anfang die volle Druckhöhe zu überwinden, da zunächst die Röhren gefüllt werden müssen. Man muß daher oft mit so geringem Dampfdrucke arbeiten, daß die Schieberbewegung nicht selbstthätig erfolgen kann. Für diesen Fall ist ein Handhebel angebracht, damit der Maschinenwärter die Schieberbewegung von Hand ausführen kann. Dieser Hebel ist jedoch nicht durch Bolzen mit dem Schieber verbunden, sondern drückt gegen zwei, um

<sup>25)</sup> Pumpen dieser Art sind in England und Amerika vielfach zur Ausführung gebracht und scheinen besonders in Amerika sehr beliebt zu sein.

In Deutschland hat sich die Firma Gebr. Decker & Comp. um die Einführung der Konstruktion Baumann verdient gemacht, während in England die Firma Tangye Pumpen nach dem System Cameron in ausgedehnter Weise fabriziert.

Vom Verfasser ist eine derartige Pumpe zum Transport von dickflüssigem Erdöl durch eine 10 000 m lange und 50 mm weite Rohrleitung mit Erfolg zur Anwendung gebracht worden.

etwas mehr als der Schieberhub von einander entfernt stehende Knaggen, so daß bei selbstthätigem Gange der Pumpe der Hebel in Ruhe bleibt. Für das gute Funktionieren der Steuerung kommt es wesentlich darauf an, daß der zugeführte Dampf trocken ist, indem bei nassem Dampfe infolge des vielen Kondensationswassers leicht Störungen eintreten. Der Pumpencylinder bildet mit dem Ventilgehäuse ein Ganzes. Die beiden Druckventile liegen über den Saugventilen, so daß je ein Saug- und ein Druckventil an einer vertikal durchgezogenen Stange ihre Führung finden und Stege für die Ventile in Wegfall kommen. Oberhalb jedes Ventils befindet sich ein Gummirohr, welches als Feder wirkt und einen raschen Schluß bewirkt. Die Dichtungsflächen der Ventilsitze sind mit Hartgummi bekleidet.

Fig. 28 u. 29 zeigen derartige Pumpen für vertikale Aufstellung. Das Ventilgehäuse mit den Ventilen ist ebenso wie bei der horizontalen Anordnung ausgeführt, nur befindet sich neben dem Pumpencylinder angegossen ein vertikales Rohr zur Verbindung der Ventilkammer mit dem unteren Cylinderende. Der Betrieb dieser vertikalen Pumpe kann ebenfalls durch einen Dampfzylinder ohne Hilfsrotation erfolgen. Diese Pumpen werden mit Pumpencylindern von 50 mm Durchmesser bei 250 mm Hub, bis 350 mm Durchmesser bei 1,200 m Hub und für Förderhöhen bis 300 m gebaut.

**Niagara Dampfpumpe;** Fig. 39, Taf. XV. Der Anschlag für die Einleitung der Umsteuerung des Dampfkolbens geschieht durch einen mit der Kolbenstange verbundenen Arm. Der Schieber bildet einen Rotationskörper (Kolbenschieber), welcher sich in einem ausgebohrten Cylinder genau passend bewegt und gleichzeitig als Hilfskolben für die Schieberbewegung dient. Der Schiebercylinder liegt, von Dampfkanälen umgeben, in einem cylindrischen Gehäuse. Die Gehäusedeckel treten mit abgedrehten genau passenden Vorsprüngen in den Schiebercylinder, so daß derselbe dadurch von den umgebenden Dampfkanälen abgeschlossen wird. Jeder der beiden Vorsprünge ist von oben nach unten durchbohrt. Die Schieberstange erhält an jeder Seite, wo sie die Bohrungen durchschreitet, oben und unten Abflachungen derart, daß in ihren äußersten Stellungen der Innenraum des Schiebercylinders rechts mit den unteren Dampfkanälen kommuniziert, während derselbe links mit den oberen in Verbindung steht und umgekehrt. Die unteren Dampfkanäle führen zur Ausströmung, die oberen werden mit frischem Dampf gefüllt; es bilden daher die Abflachungen der Schieberstange eine Vorsteuerung für den Schieberkolben, welcher sich entsprechend der Verschiebung der Stange bewegen muß. Außer dem Dampfdruck wirkt schließendlich die Schieberstange noch direkt auf den Schieber, indem ein auf derselben befestigter kleiner Kolben gegen Spiralfedern drückt, welche sich innerhalb des Schiebers befinden. Bei raschem Gange der Pumpe soll infolge der Massenbewegung der Anschlag der Stange allein für die Bewegung des Schiebers genügen, während bei langsamem Gange der Dampfdruck zur Geltung kommt. Der Dampfzylinder ist mit der Pumpe auf einer gemeinschaftlichen Grundplatte montiert. Die Wasserkanäle der Pumpe sind ganz ähnlich den Dampfkanälen einer Dampfmaschine angeordnet. Die vier Ventile befinden sich in einem gemeinsamen Gehäuse und genügt das Lösen einer in der Mitte durchgeführten Schraube für das Öffnen desselben.

**§ 21. Pumpen mit mehreren Kolben.** Die Kolben dieser Pumpen können entweder sämtlich massiv oder durchbrochen sein oder es werden massive und durchbrochene Kolben gleichzeitig angewendet.

**Doppeltwirkende Pumpen mit zwei Ventilkolben;** Fig. 25, Taf. XV. Die beiden Kolben bewegen sich in besonderen Cylindern, deren Axen nicht zusammenfallen, sondern etwa um den Cylinderdurchmesser gegeneinander versetzt liegen. Die beiden Cylinder sind durch ein Gehäuse für die Lagerung eines doppelarmigen zur Bewegung der Kolben dienenden Hebels zu einem Gufsstück vereinigt. Die Bewegung der beiden Kolben findet gleichzeitig, jedoch in entgegengesetzter Richtung statt. Sowohl beim Aufwärts- wie beim Abwärtsgange wird ein Wasserquantum theoretisch gleich dem Kolbenquerschnitt mal Hub gefördert, so daß die Wirkung der einer doppeltwirkenden Pumpe von demselben Cylinderdurchmesser und Hube entspricht. Die ganze Anordnung der Pumpe ist zwar sehr einfach, aber das Auseinandernehmen etwas umständlich.

**Rittingerpumpe.** Ähnliche Pumpen wurden zuerst vom Bergrat Althans 1836 unter dem Namen Perspektivpumpen für Wasserhaltung in Gruben zur Ausführung gebracht, später von Rittinger in etwas veränderter Form als einaxige Mantelkolbenpumpen mehrfach angewendet. Die in den Fig. 35—38, Taf. XV, angegebene Pumpe enthält zwei hohle Plunskerkolben von verschiedenen Durchmessern, deren Axen zusammenfallen, und welche von einem Cylinder mit Stopfbüchsen umgeben sind.

Die beiden Kolben stehen fest und zeigen die Fig. 35 u. 36 die Verbindung derselben, sowie die Anordnung der Wasserwege. Der Cylinder ist fest mit dem Gestänge verbunden und bewegt sich mit demselben auf und ab. Bei der Abwärtsbewegung wird ein Wasserquantum theoretisch gleich der Differenz der Kolbenquerschnitte mal Hub angesaugt, während die Wassersäule im Steigrohr in Ruhe bleibt. Bei der Aufwärtsbewegung wird dann das angesaugte Wasserquantum im Steigrohr gehoben, während im Saugrohr keine Wasserbewegung stattfindet. Die Leistung der Pumpe ist also gleich der einer einfachwirkenden Pumpe von demselben Hube und einem Kolbenquerschnitt gleich der Differenz der beiden Kolbenquerschnitte. Die lichte Weite des kleinen Kolbens muß gleich der Weite des Saugrohres sein und ergibt sich daraus bei gegebenem Wasserquantum leicht der Durchmesser des großen Kolbens. Die Pumpenanordnung beansprucht im Grundriß wenig Raum, dabei treten nur Zug- und Druckkräfte auf, weil durch die centrale Anordnung alle Biegemomente vermieden sind.

**Pumpe für sandiges Wasser (Priesterpumpe).** Diese in Fig. 14 u. 15, Taf. XV, angegebene Pumpe hat zwei Kolben, welche sich gleichzeitig in entgegengesetzten Richtungen bewegen. Die Kolben sind scheibenartig und von wesentlich kleinerem Durchmesser als die Cylinder, indem der Spielraum zwischen Kolben und Cylinder durch einen Lederring ausgefüllt wird, welcher sowohl mit dem Kolben wie mit dem Cylinder fest verbunden ist, so daß nur ein geringer Kolbenhub entsprechend der Elasticität des faltigen Lederringes stattfinden kann. Die Kolben werden durch die in zwei Lagern geführten Kolbenstangen getragen, damit zwischen ihnen und dem Cylinder keine Reibung stattfinden kann. Die entgegengesetzt gerichtete Bewegung der beiden Kolben wird durch zwei Hebel derart bedingt, daß für den Antrieb eine einfach hin- und hergehende Bewegung genügt.

Der Raum zwischen beiden Kolben steht durch Klappen mit dem Saug- und Druckrohr in Verbindung. Das Saugrohr liegt oben, das Druckrohr unten, damit die Kanäle für die Wasserbewegung ein Gefälle erhalten und Ablagerungen von Sand in denselben nicht leicht vorkommen können.

Das geförderte Wasserquantum und die Bewegung in den Röhren ist wie bei einer einfachwirkenden Pumpe von demselben Kolbendurchmesser und dem doppelten Kolbenhub. Die Anwendung zweier Kolben ist hier nur durch die elastische Verbindung zwischen Kolben und Cylinder veranlaßt, indem dieselbe nur sehr geringen Kolbenhub zuläßt. Diese Pumpe ist unter dem Namen Geert's Schlamm-pumpe mehrfach mit gutem Erfolge bei schlammigem und sandigem Wasser zur Anwendung gekommen.<sup>26)</sup>

**Differential-Pumpen.** Dieselben erhalten einen durchbrochenen und einen massiven Kolben; der letztere kann ein Plunser- oder auch ein Scheibenkolben sein. Fig. 44 u. 45, Taf. XIV, stellen beide Ausführungen dar. Die Wasserbewegung im Saugrohr erfolgt ebenso wie bei einer einfachwirkenden Pumpe mit durchbrochenem Kolben nur beim Aufwärtsgange des Kolbens, im Druckrohr findet dagegen sowohl beim Aufwärtsgange wie beim Niedergange Wasserförderung statt, und zwar ist das gehobene Wasserquantum beim Niedergang gleich dem massiven Kolbenquerschnitt mal Hub, beim Aufgang gleich der Differenz der Kolbenquerschnitte mal Hub. Hat der massive Kolben den halben Querschnitt des durchbrochenen, so ist die Wasserbewegung im Druckrohr wie bei einer doppeltwirkenden Pumpe von demselben Hube und einem Kolbendurchmesser gleich demjenigen des massiven Kolbens, dessen Durchmesser gleich 0,707 desjenigen des durchbrochenen Kolbens genommen wird.

Die Pumpen bieten bei längeren Druckleitungen gegenüber den einfachwirkenden Pumpen den Vorteil, daß sich bei demselben Durchmesser der Röhren eine geringere Durchfließgeschwindigkeit ergibt oder aber bei derselben Geschwindigkeit ein kleinerer Rohrdurchmesser angewendet werden kann, wodurch also Ersparnisse in den Betriebs- oder in den Anlagekosten erreicht werden. Gegenüber den doppeltwirkenden Pumpen ist der Umstand vorteilhaft, daß nur zwei Ventile nötig sind. Diese Ventile, sowie der Cylinder erhalten einen doppelt so großen Querschnitt wie bei einer doppeltwirkenden Pumpe; deshalb stellt sich für größere Wasserquantitäten eine doppeltwirkende Pumpe mit einem Kolben in den Anlagekosten günstiger.

**Stone's Pumpe,** Fig. 46 u. 47, Taf. XIV, wird von der Firma Stone & Comp. in Deptford speciell für Schiffszwecke gebaut und ist auf die Hauptanforderungen für solche Pumpen, nämlich große Leistungsfähigkeit, geringer Raumbedarf und leichte Zugänglichkeit der Ventile, besondere Rücksicht genommen.

Von den 4 Kolben, mit welchen die Pumpe ausgestattet ist, sind die beiden mittleren massiv und doppeltwirkend, die beiden anderen durchbrochen und einfachwirkend. Der obere durchbrochene Kolben und der untere massive erhalten eine gemeinschaftliche Kolbenstange, ebenso der obere massive und der untere durchbrochene Kolben. Die Bewegung der beiden Kolbenstangen findet durch zwei um 180° gegeneinander versetzte Kurbeln mittels Kurbelschleifen statt. Die durch den Druckraum der Pumpe gehende, doppelt gekröpfte Kurbelwelle findet ihre Lagerung in einem Gehäuse, welches die Führung für die Kurbelschleifen bildet und gleichzeitig als Windkessel für die Pumpe dient.

Die Kolbenstangen liegen nebeneinander, weshalb die Kolben excentrisch mit den Stangen verbunden werden müssen. Dieser einseitige Angriff der Kräfte wird sich bei Erzeugung starker Pressungen leicht nachteilig bemerklich machen, während bei geringen Förderhöhen die Stärken der einzelnen Teile sich den auftretenden

<sup>26)</sup> Revue industrielle. 1878. S. 71. — Dingl. polyt. Journ. 1878. Bd. 227.

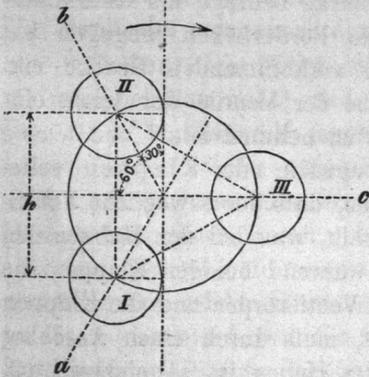
Kräften ganz gut anpassen lassen und nur eine einseitige Abnutzung der Kolbendichtungen zu befürchten ist, letzteres besonders bei dauerndem Betriebe. Aufser den beiden Ventilkolben sind nur 2 Ventile erforderlich, welche in seitlich angegossenen Gehäusen untergebracht sind und von aussen durch Öffnen eines Deckels leicht erreicht werden können. Das Nachsehen der Kolbenventile erfordert das Abnehmen der oberen Haube und das Herausheben der ganzen Welle mit den Kolben. Die Leistung der Pumpe ist gleich der von 6 einfachwirkenden Pumpen, welche denselben Kolbendurchmesser und Hub haben, das Raumbedürfnis also ein verhältnismässig sehr geringes.

Für Schiffszwecke werden die Pumpen mit allen ihren Teilen in der Regel aus Bronze hergestellt.

**Downton's Pumpe;** Fig. 48 u. 49, Taf. XIV. Ebenso wie die vorhergehende Pumpe ist auch diese speciell für Schiffszwecke konstruiert. Sie besitzt drei Ventilkolben, welche durch drei um  $120^\circ$  gegeneinander versetzte Kurbeln oder Excenter von gleichem Hube mittels Kurbelschleifen bewegt werden. Die drei Kolbenstangen liegen nebeneinander, und ist die mittlere mit dem untersten Kolben central verbunden, während die beiden anderen Kolben excentrische Kolbenstangen haben. Die Lagerung der Kurbelwelle ist ganz wie bei Stone's Pumpe. Aufser den Kolbenventilen sind keine Ventile an der Pumpe erforderlich.

Um ein Urtheil über die Leistung der Pumpe zu gewinnen, muss man beachten, dass ein Ventilkolben nur beim Aufwärtsgange Wasser für den Ausgufs liefern kann. Bewegen sich mehrere Ventilkolben in demselben Cylinder mit gleicher Geschwindigkeit aufwärts, so wirken dieselben wie ein einziger Kolben; bewegen sich dieselben mit ungleicher Geschwindigkeit, so wird nur von dem Kolben, welcher sich mit der grössten Geschwindigkeit bewegt, Wasser für den Ausgufs geliefert.

Fig. 10.



Bei einer Drehung der Kurbel vom Radius  $r$  um  $120^\circ$ , siehe Fig. 10, wird der Kolben I um  $h = 2r \times \sin 60^\circ$  gehoben, während der Kolben II zunächst um  $r - r \sin 60^\circ$  steigt und dann um  $r$  sich abwärts bewegt und Kolben III sich erst um  $r$  abwärts und dann um  $r - r \sin 60^\circ$  aufwärts bewegt.

Die Aufwärtsbewegung der Kolben II und III erfolgt, wie sich aus der Figur leicht erkennen lässt, mit geringerer Geschwindigkeit wie die des Kolbens I, weshalb für die Wasserförderung während der Drehung um  $120^\circ$  von  $a$  bis  $b$  nur der Kolben I in Betracht kommt. Dasselbe, was für das erste Drittel der Umdrehung für Kolben I gesagt ist, gilt beim

zweiten Drittel für Kolben II und beim dritten für Kolben III, so dass während einer Umdrehung  $3 \cdot 2r \sin 60^\circ$  oder  $6r \cdot 0,866 = 5,196 r$  wirksamer Kolbenweg zurückgelegt wird. Die Leistung dieser Pumpe entspricht also der von 2,598 einfachwirkenden Pumpen desselben Durchmessers. Die Wasserbewegung geschieht vergleichsweise sehr gleichförmig, indem ein konstanter Wasserdurchfluss stattfindet, dessen grösste und geringste Geschwindigkeit sich wie 2:1 verhalten, während bei den gewöhnlichen Pumpen die Durchflusgeschwindigkeit beim Hubwechsel gleich Null wird.

Um den verlorenen Kolbenhub zu verringern, werden statt der runden Kurbelzapfen Kurvenscheiben von der Form eines Bogendreiecks angewendet, oder auch die Kurbelschleifen, wie in Fig. 49 angegeben, gekrümmt, wodurch man den verlorenen Kolbenhub in den oberen Stellungen reduziert, in den unteren Stellungen hingegen tritt keine wesentliche Änderung ein, doch wirkt die Kolbenbewegung hier insofern günstig, als die Kolben etwas vor dem Zeitpunkte ihrer eigentlichen Wirksamkeit sich bereits mit der richtigen Geschwindigkeit bewegen. Gegenüber Stone's Pumpe hat die von Downton den Vorteil, daß ein stetiger Wasserdurchfluß durch die Pumpe stattfindet, während bei ersterer für jede Umdrehung zwei Stellungen vorkommen, bei denen der Wasserdurchfluß Null wird. Dagegen ist die letztere bei denselben Dimensionen erheblich leistungsfähiger, ferner sind nur zwei Kurbeln erforderlich und die Verbindung von Kolben und Stange ist nicht so einseitig wie bei der ersteren.

Die üblichen Dimensionen der Downton-Pumpen sind 140 bis 230 mm Cylinderdurchmesser und 110 bis 140 mm Hub.<sup>27)</sup>

**§ 22. Pumpendetails.** Als wesentliche Bestandteile der Pumpen sind im allgemeinen feste (Cylinder und Röhren) und bewegliche (Kolben und Ventile) zu unterscheiden.

**Cylinder und Röhren.** Die Cylinder werden meistens aus Gufseisen, seltener aus Bronze hergestellt, die Röhren in neuerer Zeit vielfach aus Schmiedeseisen, bei größeren Dimensionen jedoch auch oft aus Gufseisen. Die Verbindung der schmiedeisernen Röhren geschieht am einfachsten durch Muffen mit Gewinde, der gufseisernen durch Muffen mit dichtender Verpackung oder mittels Flanschen und Schrauben, für welche beide Verbindungsarten Normen aufgestellt sind, deren allgemeine Einführung mehr und mehr fortschreitet; vergl. IV. Kap. des III. Bd. des Handbuchs, 2. Aufl. Für alle gewöhnlich vorkommenden Fälle genügen die Wandstärken der Röhren, wie sie aus der Massenfabrikation hervorgehen und im Handel vorkommen, da schon die Art und Weise der Herstellung eine größere Wandstärke bedingt, als für die auftretenden Pressungen erforderlich ist. Für bedeutende Förderhöhen hingegen hat man die Wandstärke in jedem einzelnen Falle dem vorkommenden Drucke entsprechend zu berechnen, wobei vorzüglich in der Nähe der Ventile der leicht eintretenden Stöße wegen ein hoher Grad von Sicherheit zu nehmen ist.

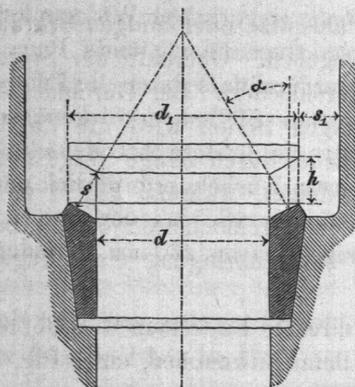
**Ventile.** Die Pumpenventile sind meistens Hubventile oder Klappen, seltener Gleitventile (Schieber). Stets ist dafür zu sorgen, daß der bewegliche Ventilkörper, das eigentliche Ventil, richtig auf seinen Sitz fällt, was bei den Hubventilen durch entsprechende Führung des Ventils erzielt wird, während bei den Klappen die Drehaxe die Funktion der Führung erfüllt. Damit der Ventilkörper und die Klappen nicht einen größeren Hub machen, als erforderlich ist, muß durch einen Anschlag für eine Hubbegrenzung gesorgt werden. Das Maß des Hubes ist so einzurichten, daß bei geöffnetem Ventil der Durchflußquerschnitt unter dem Ventile demjenigen des Ventilsitzes gleich kommt.

Die Dichtung der Sitzfläche kann direkt durch metallische Berührung exakt hergestellter Oberflächen oder auch durch elastische Zwischenlagen (Leder, Gummi oder Holz) erreicht werden. Bei metallischer Berührung führt man die Sitzflächen in der Regel konisch aus, weil hierbei der gute Schluß mittels Einschleifen sich

<sup>27)</sup> In Dingler's polyt. Journ. 1870. Bd. 197. S. 97 findet sich eine Abhandlung über diese Pumpe, welche jedoch betreffs der Leistung falsche Resultate enthält, dagegen ist in der Zeitschr. d. österr. Ing. u. Arch. Ver. 1872. S. 353 eine richtige Theorie der Pumpe gegeben.

leichter erreichen läßt, bei Anwendung von Zwischenlagen hingegen sind ebene Sitzflächen üblich. Bei Letzteren wird das Wasser mehr abgelenkt als bei konischen, dagegen erhalten diese einen größeren Hub, welcher um so größer wird, je stärker die Neigung der kegelförmigen Sitzfläche ist.

Fig. 11.



Nach den in nebenstehender Figur angegebenen Bezeichnungen erhält man gleiche Durchflussquerschnitte für

$$\frac{d^2 \pi}{4} \cong d \pi \cdot s \cong d_1 \pi \cdot s_1$$

oder  $s \cong \frac{d}{4}$  und  $s_1 \cong \frac{d}{d_1} s$ , ferner als Hub des Ventilkegels  $h = \frac{s}{\cos. \alpha}$ , also z. B. für  $\alpha = 45^\circ$ ,  $h = 0,35 d$ . Für die ebene Sitzfläche d. h.  $\alpha = 0$  wird  $h = 0,25 d$ .

Bei den Klappen läßt sich die Hubgröße nicht allgemein angeben, da dieselbe sich nach dem Verhältnis der Länge zur Breite richtet. Um einen kleinen Hub zu erhalten, muß man die Klappen schmal machen und läßt sich die Größe des Hubes, beziehungsweise Drehwinkels in jedem einzelnen Falle leicht bestimmen.

Ergibt sich für die Ventile ein größerer Hub als 45 mm (dieser dürfte etwa dem Durchmesser von 120 mm entsprechen), so sind Ventile mit mehreren Durchflußöffnungen anzuwenden, wie Ringventile, Glockenventile etc.

Bekleidet man die Klappen mit Leder, so kann die feste Drehaxe erspart werden, indem man das biegsame Leder gleich als Scharnier verwertet. Lederzwischenlagen sind jedoch nur für kaltes Wasser zweckmäßig; bei mäßiger Wärme sind Gummiklappen brauchbar, während man für heiße Flüssigkeiten nur metallische Dichtung benutzen kann. Auf Taf. XV sind mehrere ausgeführte Pumpenventile in größtem Maßstabe angegeben; einige derselben sind mit der Kolbenkonstruktion vereinigt.

**Kolben.** Die gebräuchliche Dichtung der Scheibenkolben besteht aus Lederstulpen; bei den Saug- und Hebepumpen genügt ein einzelner Stulp, wie in den Fig. 30 u. 31, Taf. XV, angegeben; für Druckpumpen und doppelwirkende Pumpen müssen zwei Stulpen angebracht werden, siehe Fig. 20. Die Lederstulpen nutzen sich rasch ab, wenn das Wasser Sand enthält, und bewährt sich in solchen Fällen geteertes Segeltuch besser. Die einzelnen Ringe werden aus dem Segeltuch ausgeschnitten, geteert, übereinander gelegt und mittels Schraube oder Keil zusammengepresst; eine solche Dichtung zeigt Fig. 32.

Auch dem Leder für Kolbendichtung und Ventile wird durch Tränken mit Teer größere Dauerhaftigkeit verliehen.

**§ 23. Rohrbrunnen.** Eine besondere Ausbildung hat in neuerer Zeit das Saugrohr bei den Rohrbrunnen erfahren, wo dasselbe gleichzeitig die Funktion eines Brunnens zu erfüllen hat. Einen solchen fertigen Brunnen stellt Fig. 2, Taf. XV, dar. Das Saugrohr ist mit einer besonders eingerichteten Spitze in den Boden bis in die wasserführenden Schichten eingetrieben und entnimmt hieraus direkt das von der Pumpe angesaugte Wasser.

Derartige Brunnen wurden zuerst von dem Engländer Norton in praktisch brauchbarer Form hergestellt und bei der Expedition nach Abyssinien in ausgedehntem Maße zur Anwendung gebracht.

Die Brunnen erwiesen sich als sehr brauchbar und finden sich gegenwärtig für viele Zwecke unter dem Namen „Abyssinierbrunnen“ oder „Abyssinische Brunnen“ in großer Zahl in Gebrauch. Die Röhren sind aus Schmiedeisen von guter Qualität gewalzt, und muß die Schweifung vollständig sein. Die üblichen Durchmesser betragen 30 bis 80 mm.

Das erste Rohrende endet mit einer kulpigen Stahlspitze oder einigen Schraubenwindungen, wie in den Fig. 4 bis 7, Taf. XV, angegeben. Oberhalb der Spitze wird das Rohr auf 400 bis 900 mm Länge siebartig durchlöchert. Der Durchmesser dieser Löcher beträgt 3 bis 6 mm. Für sehr feinkörnigen Boden wird die durchlöcherte Stelle noch mit einem feinen Metallgewebe, welches durch einige Ringe festgehalten wird, umgeben, wie in den Fig. 6 u. 7 angedeutet, während Fig. 4 u. 5 das siebartig durchlöcherte Rohr zeigen. Oberhalb der durchlöcherten Partie befindet sich eine Muffenverbindung, welche gleichzeitig zur Anbringung eines kugelförmigen Fußventils dient.

Die Herstellung des Brunnens geschieht durch direktes Eintreiben des Rohres in den Boden mittels Rammen oder durch Schrauben. Beim Einrammen, siehe Fig. 8, wird ein central durchbohrter Rammbar, welcher seine Führung an dem einzurammenen Rohr erhält, welches oben durch einen eisernen Dreifuß in senkrechter Lage erhalten wird und sich in demselben in vertikaler Richtung frei bewegen kann. Der Dreifuß trägt oben zwei Seilrollen für die Zugseile des Rammbaren. Um den Schlag desselben auf das Rohr zu übertragen, ist auf dasselbe eine kräftige Klemmvorrichtung fest aufgesetzt, gegen welche der Rammbar anschlägt.

Das Heben des Rammbaren geschieht durch zwei Arbeiter, welche an den Zugseilen angreifen. Ist das Rohr soweit eingetrieben, daß die Klemmvorrichtung den Boden erreicht, so wird dieselbe gelöst und an höherer Stelle wieder befestigt; hat ferner das obere Rohrende die Führung im Kopfe des Dreifusses passiert, so muß ein folgendes Rohr oder eine besondere Stange, welche das tiefer zu ramme Rohr gerade hält und als Führung für den Rammbaren dient, aufgesetzt werden.

Beim Eintreiben hat man von Zeit zu Zeit mittels eines Lotes zu untersuchen, ob etwa Erde in das Rohr eingedrungen ist, und dasselbe jedenfalls zu reinigen, wenn die eingedrungene Erde etwa bis zu 300 mm hoch im Rohr liegt. Hierzu dient eine Pumpe, deren Saugrohr nur circa 13 mm Durchmesser hat. Dieses Rohr wird in das Brunnenrohr hinuntergeführt, dann Wasser in das Brunnenrohr gegossen und die Erde durch Pumpen entfernt.

Trifft man mit dem Brunnenrohr Wasser in einer Tiefe an, welche geringer als die Saughöhe ist, so setzt man, wenn das Wasser etwa 1 m hoch im Rohr steht, eine Topfpumpe, Fig. 39 u. 40, Taf. XIV, auf das Rohr und beginnt zu pumpen, nachdem man, um das Ansaugen zu erleichtern, Wasser in die Pumpe gegossen hat. Das Grundwasser wird in den meisten Fällen rasch folgen, zunächst jedoch die angepumpte Flüssigkeit durch die gewaltsam durchbrochenen Bodenschichten getrübt sein; bei fortgesetztem Pumpen wird das Wasser klarer. Es empfiehlt sich, die Pumpe derart einzurichten, daß bei starkem Anheben des Schwengels Kolben und Saugventil sich öffnen, und die gehobene Wassersäule zurückfällt. Man hat es dann in der Hand, durch wiederholtes Heben und Fallenlassen der Wassersäule den Boden in der Nähe der kleinen Eintrittsöffnungen förmlich auszuwaschen, so daß an dieser Stelle nur größere Steine und Kies zurückbleiben, welche ein Filter für das

Wasser bilden. Das Arbeiten mit dieser Pumpe sollte so lange fortgesetzt werden, bis sich keine Trübung mehr im Wasser zeigt; alsdann kann die definitive Pumpe aufgesetzt werden und der Brunnen ist fertig.

Sollte bei dem ersten Pumpen soviel Sand in das Brunnenrohr dringen, daß kein Wasser mehr gefördert wird, so muß der Sand in der beschriebenen Weise mit der Reinigungspumpe entfernt werden.

Liegt der Wasserspiegel nur wenig tiefer als 8 m unter der Terrainoberfläche, so ist es am einfachsten, um die Röhre ein Loch zu graben, so daß die Pumpe in grössere Nähe des Wasserspiegels gebracht werden kann. Die Pumpe muß in diesem Falle als Hebepumpe ausgebildet werden. In vielen Fällen ist man im Stande auf die beschriebene Weise rasch einen leistungsfähigen Brunnen herzustellen.

Felsen und kompakte Steinschichten kann man mit dem Rohr nicht durchbrechen, doch hat man mit Erfolg feste Bodenarten, Mergel etc. damit passiert. Falls sehr feste Schichten in den Weg kommen, muß man mit Bohrapparaten arbeiten, aber in den meisten Fällen wird es ratsam sein, die Röhren wieder herauszuziehen und einen anderen Platz zu wählen.

Ähnliche Brunnen sind auch in der Weise hergestellt worden, daß man zunächst ein verrohrtes Bohrloch mit den üblichen Erdbohrern ausführte und darin das mit Filter versehene Saugrohr der Pumpe einbaute, doch gehört die Herstellung derartiger Brunnen ganz in das IX. Kapitel dieses Bands (Tiefbohrungen, Schachtabteufen und Abbohren von Stollen).

Die Leistungsfähigkeit eines Rohrbrunnens von 30 mm Durchmesser beträgt bis 48 l pro Minute, während in günstigen Bodenarten Brunnen von 80 mm Durchmesser 150 l, in Ausnahmefällen sogar 460 l geliefert haben.

Wird ein größeres Wasserquantum verlangt, so kann man mehrere Rohrbrunnen durch ein Hauptsaugrohr verbinden. Das letztere legt man am besten frostfrei unter die Erdoberfläche. In England sind solche Anlagen ausgeführt, bei denen 25 und 30 Rohrbrunnen durch ein gemeinschaftliches Hauptsaugrohr gekuppelt sind und stündlich an 270 cbm Wasser gefördert werden.<sup>28)</sup>

**§ 24. Schieberpumpen.** Der Abschluß und die Eröffnung der Wasserwege geschieht bei diesen Pumpen durch die Bewegung des Ventils nicht normal sondern parallel zur Dichtungsfläche; deshalb kann dieselbe auch nicht durch den Wasserdruck selbst erfolgen, sondern muß zwangsläufig durch den maschinellen Zusammenhang hervorgebracht werden. Aus letzterem Grunde läßt sich der rechtzeitige Abschluß und die präzise Eröffnung der Wasserwege stets sichern, auch können durch Verunreinigungen nicht leicht Störungen hervorgebracht werden, dagegen läßt sich ein so rasches Öffnen und Schließen wie bei den Hubventilen und Klappen nur durch einen sehr umständlichen Bewegungsmechanismus erreichen, welcher in den meisten Fällen nicht zweckmäßig sein würde. Für die Schieberpumpen ist ein rascherer Hubwechsel als für die Ventilpumpen zulässig; man kann daher mit kleineren Cylinderdimensionen auskommen, doch muß man, um diesen Vorteil auszunutzen, die Wasserwege dabei recht groß nehmen und erhält deshalb bei den üblichen Schieberkonstruktionen große Schiebergehäuse; außerdem kommt in Betracht, daß die Bewegung der Schieber erheblichen Kraftaufwand erfordert.

<sup>28)</sup> Näheres über Rohrbrunnen findet sich in Engineer. 1877 II. 23. Nov. und 21. Dez., sowie in einem Aufsätze von Prof. Sonne: Über Ausführung und Erfolg von Rohrbrunnen. Zeitschr. f. Bauk. 1880. S. 403.

**Oscillierende Schieberpumpe.** Bei dem bekannten Schmid'schen Motor<sup>29)</sup>, welcher auch als Pumpe gebraucht werden kann, wird das Schiebergehäuse ganz vermieden, indem der Schieberspiegel für die Wasserwege des oscillierenden Cylinders kreisförmig cylindrisch und konzentrisch zur Oscillationsaxe hergestellt ist und direkt auf dem passend ausgebildeten Spiegel der Zuführungswege gleitet. Die Verschiebung erfolgt durch die Oscillation des Cylinders, wobei der Luftdruck den Cylinder aufzupressen sucht, während der Wasserdruck entgegengesetzt wirkt. Durch sorgfältiges Einstellen der Justiervorrichtung kann man erreichen, daß die Schieberreibung sehr gering wird.

Diese Pumpe eignet sich sehr gut zum Antrieb mittels Riemen, giebt bei aufmerksamer Wartung einen guten Nutzeffekt und verspricht eine lange Dauer, wenn das zu fördernde Wasser nicht sandhaltig ist.

**Poillon's Transmissionspumpe;** Fig. 3, Taf. XVI. Die Wasserwege des Pumpencylinders sind ähnlich wie bei einem Dampfeylinder geformt, wobei der mittlere Kanal, welcher bei der Dampfmaschine für den Austritt dient, den Eintrittskanal für das Wasser bildet. Dieses wird von beiden Seiten durch die den Cylinder umgebenden Kanäle von unten zugeführt. Auf dem Schieber ruht eine Wassersäule, welche der gesamten Förderhöhe entspricht; daher ist derselbe zwar leicht dicht zu halten, erfordert jedoch bei größeren Förderhöhen für seine Bewegung bedeutende Kraft.

Der Antrieb der Pumpe erfolgt mittels Riemen auf eine zwei mal gelagerte Welle, welche außerhalb der Lager zwei mit Kurbelzapfen versehene Schwungräder trägt, von denen mittels zweier Schubstangen und eines Querhauptes die Bewegung auf die Kolbenstange der Pumpe übertragen wird. Für die von einer Gegenkurbel ausgehende Schieberbewegung dient eine Zwischenaxe mit zwei Hebeln. Diese Gegenkurbel ist um 90° gegen die Antriebskurbeln versetzt, so daß der Schieber sich in der äußersten Stellung befindet, während der Pumpenkolben in der mittleren steht. Der Windkessel mit Steigrohr sitzt direkt auf dem Schieberkastendeckel, wodurch das Auseinandernehmen sehr erschwert wird. Die Pumpe eignet sich für unreine, dicke, nicht sandhaltige Flüssigkeiten, doch werden sich die Anschaffungskosten verhältnismäßig hoch stellen.<sup>30)</sup>

**Schmid's Differentialpumpe;** Fig. 1 u. 2, Taf. XVI. Bei dieser Pumpe wirkt der Kolben auf der einen Seite als Motor, auf der anderen als Pumpe derart, daß mit einem größeren Wasserquantum von geringer Druckhöhe ein kleineres auf größere Höhe gehoben wird. An der Motorseite kommt die volle Kolbenfläche zur Geltung, während an der Pumpenseite nur eine Ringfläche wirkt, da der Kolben hier als Trunk ausgebildet ist. Abgesehen von den Reibungswiderständen verhalten sich die Pressungen umgekehrt wie die wirksamen Kolbenflächen, sodaß mit der abgebildeten Pumpe durch 3 Atmosphären Druck in der Zuführungsleitung, 6 Atmosphären Druck in dem Steigrohr der Pumpe erzeugt werden könnten. Die Wasserverteilung für Motor und Pumpe geschieht gemeinsam durch einen einfachen Muschelschieber. Das sämtliche Triebwasser fließt schließlich durch ein besonderes Rohr ab.

Der Schieber wird durch das Betriebswasser angepreßt, während der Druck der Pumpe denselben abzuheben sucht, so daß die Schieberreibung sehr gering ausfällt. Die Bewegung des Schiebers erfolgt durch Excenter und Hebel. Der Schieber-

<sup>29)</sup> Siehe II. Kap. S. 181 und Fig. 20 u. 21, Taf. XI.

<sup>30)</sup> Dingl. polyt. Journ. Bd. 215. 1875. S. 200. — Armengaud, Publ. ind. Vol. XXII. 1875. Pl. 41.

kasten ist vorteilhaft so eingerichtet, daß sich der Deckel abheben läßt, ohne eine Rohrverbindung lösen zu müssen.

Zur Einleitung des Hubwechsels der Kolben sind 2 Pumpen mittels einer Welle, deren Kurbeln unter  $90^\circ$  gegeneinander gerichtet sind, gekuppelt. Um eine gleichmäßige Wasserbewegung in den Röhren zu erhalten, sind vor und hinter der Pumpe Windkessel angebracht.

An Orten, welche Wasserversorgung haben oder natürliches Wassergefälle besitzen, eignet sich die Pumpe zur Wasserförderung auf hoch gelegene Punkte, sowie als Feuerspritze recht gut.

**Pumpe mit schraubenförmiger Kolbenbewegung;** Fig. 4 bis 7, Taf. XVI. Bei dieser von Weyhe in Bremen herrührenden patentierten Konstruktion sind Kolben und Schieber zu einem Ganzen vereinigt. Der Kolben führt bei seiner hin- und hergehenden Bewegung zugleich eine rotierende Bewegung aus. Erstere dient, wie bei jeder anderen Kolbenpumpe, zur Wasserförderung, während die Drehbewegung für den Abschluß der Wasserwege wirksam ist.

Der Kolben, Fig. 7, besitzt an jeder Seite ein Cylindersegment, welches mit geringer Überlappung über die beiden Wasserwege der Saug- und Druckseite reicht, siehe Fig. 5, so daß, da der Kolben doppelwirkend ist, stets ein Saug- und ein Druckkanal, an entgegengesetzten Seiten des Kolbens liegend, geöffnet sind.

Fig. 6 zeigt einen Horizontalschnitt durch diese Wasserwege. Die rotierende Bewegung des Kolbens wird mittels Riemenscheibe oder Kurbel auf die Kolbenstange übertragen, wobei die hin- und hergehende Bewegung durch eine schrägliegende Scheibe erzielt wird, welche mit der Kolbenstange fest verbunden und mit ihrem Rande zwischen zwei auf der Fundamentplatte gelagerten Rollen geführt ist. Eine halbe Umdrehung derselben entspricht in ihrer Wirkung derjenigen einer rechtsgängigen, die andere einer linksgängigen Schraube.

Die Konstruktion bedingt einen sehr kleinen Kolbenhub, während für den Abschluß der Wasserwege ein erheblicher Schieberweg zurückgelegt werden muß. Die Cylindersegmente, welche als Schieber wirken, werden während der Druckperiode durch den vollen Wasserdruck (Saughöhe plus Druckhöhe) an die Wandungen des Pumpencylinders gepreßt, während der Saugperiode hingegen wird der Schieber durch das Wasser im Steigrohr von der Dichtungsfläche abgedrückt, so daß hier Undichtigkeiten sehr leicht vorkommen werden.

Die Kolbendichtung erleidet bei dem bedeutenden Wege, welchen jeder Punkt derselben während eines Kolbenhubes zurücklegen muß, eine erheblich raschere Abnutzung als bei nur hin- und hergehender Bewegung. Ferner ist die Übertragung der Kraft für die hin- und hergehende Bewegung eine sehr ungünstige, da durch den einseitigen Angriff der Kräfte schädliche Pressungen in den Lagern und ungünstige Biegemomente für die Kolbenstange hervorgebracht werden.

Dabei ist die gleichzeitig hin- und hergehende und drehende Bewegung für den Antrieb sowohl durch Riemen als auch mit Handkurbeln sehr unbequem. Der Pumpencylinder erhält fast die dreifache Länge einer gewöhnlichen doppelwirkenden Pumpe von demselben Hube, so daß auch der Raumbedarf bedeutend ausfällt. Nach dem Vorstehenden muß diese Pumpenkonstruktion, welche zwar durch ihre Einfachheit der äußeren Erscheinung vorteilhaft wirkt, als nicht empfehlenswert bezeichnet werden.

**§ 25. Pumpen mit oscillierendem Kolben.** Die Kolben dieser Pumpen bewegen sich schwingend in einem cylindrischen Gehäuse, mit dessen Mittelaxe die Oscillationsaxe des Kolbens zusammenfällt. Der Kolben kann sowohl massiv als durchbrochen sein, doch fallen die Wasserwege bei durchbrochenem Kolben am günstigsten aus. Die ersten derartigen Pumpen wurden von dem Engländer Bramah 1785 konstruiert. In neuerer Zeit hat man namentlich in Amerika versucht, die Pumpen in praktisch brauchbarer Form herzustellen, wobei der Umstand günstig ist, daß für den Handbetrieb der Handhebel ohne weitere Zwischenglieder zur Kolbenbewegung benutzt, d. h. auf die Kolbenaxe gesteckt werden kann, ungünstig kommt die schwierige Kolbendichtung und der Umstand in Betracht, daß die Herstellung des cylindrischen Gehäuses nicht so leicht ist wie bei den gewöhnlichen Kolbenpumpen. Deshalb eignen sich diese Pumpen für hohe Pressungen nicht, besser zum Fördern auf mäßige Höhen oder nur als Saugpumpen.

Die in Fig. 9, Taf. XVI, angegebene Pumpe ist auch als Druckpumpe brauchbar. Der Handhebel liegt außerhalb und wird dabei eine Stopfbüchse für die Kolbenaxe erforderlich. Saug- und Kolbenventile sind Klappen; außerdem ist noch ein Kegelventil als Standventil angebracht.

Die Konstruktion Fig. 10 kann nur als Saugpumpe gebraucht werden. Der Kolben schwingt um eine fest mit dem Gehäuse verbundene Axe; der Handhebel liegt im Ausgußraum der Pumpe und lassen sich die am Kolben angebrachten Klappen ohne weiteres untersuchen.

## 2. Pumpen mit kontinuierlicher Kolbenbewegung.

**§ 26. Kapselpumpen.** Die Pumpen dieser Gattung arbeiten ohne Ventile mit kontinuierlicher Wasserförderung. Die Wasserbewegung wird bedingt durch zwei kombinierte Drehbewegungen oder durch Kombination einer Drehbewegung mit geradliniger Bewegung der an Stelle der Kolben wirkenden Scheiben und Platten. Im ersten Falle erhält das Gehäuse (die Kapsel) die Form zweier parallelen, sich durchdringenden Cylinder, in welchen die Kolben in entgegengesetzten Richtungen rotieren. Beispiele dieser Art sind die in den Fig. 8, 12, 14, 15, 17 u. 18 angegebenen Konstruktionen. Im zweiten Fall ist das Gehäuse einfach cylindrisch, die Drehbewegung excentrisch und wird durch diese Excentricität die Verschiebung einer oder mehrerer Platten hervorgebracht, welche bestimmt sind, den Saugraum und Druckraum zu trennen. Nach diesem Princip sind die in den Fig. 11, 13, 16 und 19 dargestellten Pumpen ausgeführt.

Die Kapselpumpen werden bereits von Schwenter 1636 und Leupold 1724 erwähnt, und soll eine solche Pumpe 1593 von dem Franzosen Servière zuerst erfunden worden sein. Die kontinuierliche Wasserbewegung ohne Ventile und der geringe Raumbedarf bei großer Leistungsfähigkeit, sowie die Abwesenheit aller komplizierten Antriebsmechanismen haben den Erfindungsgeist stets angeregt, die Konstruktion zu vervollkommen, und hat man vielfach versucht, das Princip auch für Dampfmaschinen zur Anwendung zu bringen, doch ist es bis jetzt noch nicht gelungen, eine haltbare Dichtung für die rotierenden Kolben herzustellen, so daß die Kapselpumpen auch gegenwärtig nur in vereinzelt Fällen Anwendung finden.

Die Schwierigkeit der Dichtung beruht darin, daß die Geschwindigkeit in der Dichtungsfläche eine bedeutende und nicht an allen Stellen gleiche ist, dementsprechend auch die Abnutzung nicht gleichmäßig erfolgt; dabei hat die Dichtungsfläche nicht

eine ununterbrochen kreisförmig cylindrische Gestalt, wie bei den Pumpen mit hin- und hergehenden Kolben, sondern bildet eine durch die Axen für die Drehbewegung unterbrochene rechteckige Figur. Das beste Resultat wird erzielt, wenn man die Dichtungsflächen möglichst groß hält und die Kolben ohne alles Dichtungsmaterial in ihren Gehäusen sich drehen läßt. Hier stellt sich die in Fig. 17 angegebene Konstruktion am günstigsten.

#### a. Kapselpumpen mit zwei rotierenden Kolben.

Die Form der Kolben für Kapselpumpen mit zwei rotierenden Bewegungen kann man als Verzahnung ansehen, doch fällt die Zähnezahzahl so gering aus, daß sich die geometrisch richtige Zahnform für die Kraftübertragung nicht eignet, für welche außerhalb des Gehäuses noch besondere Zahnräder auf den Axen der Pumpenkolben gesetzt werden, um die richtige Bewegung derselben mit möglichst geringer Reibung zu sichern. Die Kolben können sowohl mit gleicher wie verschiedener Winkelgeschwindigkeit rotieren. Von dem letzteren Falle zeigt Fig. 8 ein Beispiel, doch sind die Pumpen mit gleicher Umdrehungszahl ihrer Kolben verbreiteter.

Das Wasserquantum, welches durch eine Kapselpumpe pro Umdrehung der beiden Kolben gefördert wird, ergibt sich bei gutem Anschluß der Zahnformen theoretisch gleich dem Volumen zweier die beiden Kolben umhüllenden Cylinder abzüglich des Inhaltes der Kolben und etwa angebrachter fester Kerne. In Wirklichkeit fällt die Wasserförderung, je nach der größeren oder geringeren Dichtigkeit, kleiner aus, auch hat die Förderhöhe Einfluß auf die Wasserlieferung, da bei großer Druckhöhe das Wasser rascher durch die Undichtigkeiten dringt. Fig. 12 u. 14 zeigen Kolben mit je zwei Zähnen, doch sind diese beiden, von dem Amerikaner Root herrührenden Konstruktionen mehr für Gebläse als für Pumpen geeignet. Die durch Fig. 15 u. 18 angegebenen Formen mit Kolben von je 3 und 6 Zähnen finden sich in Amerika vielfach für Dampffeuerspritzen angewendet.

Die in Fig. 17 dargestellte Kapselpumpe rührt ebenfalls von einem Amerikaner, Behrens, her und wird gegenwärtig auch in Deutschland (von Meyer in Ärzten bei Hameln) gebaut. Diese Konstruktion unterscheidet sich von den vorhergehenden dadurch, daß jeder Kolben als ein einzelner Zahn ausgebildet ist, welcher um einen fest stehenden Kern rotiert. Durch diese Anordnung wird eine große Dichtungsfläche erreicht, die Drehaxe der Kolben kann aber nur einseitig gelagert werden, da die Kerne mit einer Stirnwand des Gehäuses fest verbunden sein müssen.

Derartige Pumpen eignen sich nach eigener Erfahrung des Verfassers recht gut zum Fördern größerer Wassermengen, auch bei starker Verunreinigung (Latrienininhalt), auf mätsige Höhen. Sandgehalt der Flüssigkeit wirkt jedoch sehr schädlich. Die Pumpen werden gebaut für Leistungen von 200—1000 l pro Minute bei 20 m Förderhöhe und einem angeblichen Wirkungsgrad von 0,8.

Fig. 8 zeigt eine deutsche Konstruktion, erfunden von Baron Greindl, gebaut von Soeding & v. d. Heyde in Hörde, Westfalen. Die beiden Kolben sind ungleich, der größere hat zwei Zähne, der kleinere nur einen Zahn, und macht dementsprechend letzterer zwei Umdrehungen während einer Umdrehung des größeren. Diese Drehbewegung wird durch ein außerhalb des Gehäuses angebrachtes Räderpaar gesichert. Der Anschluß der Kolben an die Gehäusewandungen ist ein guter, da die Berührung in einer größeren Fläche stattfindet, dagegen berühren sich die beiden Kolben nur in einer Linie.

Die Axen der Kolben können an beiden Seiten des Gehäuses gelagert werden. Die Wasserförderung findet nur durch den Kolben mit zwei Zähnen statt, während der andere Kolben bloß zum Abschluß der Wasserwege dient. Die Pumpe ist wie die vorhergehende in manchen Fällen brauchbar, die Dichtung zwar nicht so gut, dagegen die Lagerung eine bessere. Besonders hat sich der französische Maschinenbau derselben angenommen und in vortrefflicher Ausführung sowohl für bedeutende Entwässerungen von Ländereien und für Wasserversorgungen als auch in der Marine zu ausgedehnter Anwendung gebracht.

#### b. Kapselpumpen mit rotierender und geradliniger Kolbenbewegung.

**Wasserriegel.** Die Kapselpumpe, Fig. 13, Taf. XVI, soll nach Leupold die Erfindung eines englischen Prinzen Rupert (geb. 1609, gest. 1682) sein und wird Wasserriegel genannt. In dem ovalen Gehäuse ist einseitig ein rotierender Cylinder gelagert, so daß derselbe unten die Innenfläche berührt. In dem rotierenden Cylinder verschiebt sich eine Platte, welche sich mit ihrem ganzen rechteckigen Umfange an das Gehäuse anschließt und gleitend sich in einer diametralen Durchbrechung des rotierenden Cylinders bewegt.

Die Form des Gehäuses muß so gewählt werden, daß bei der Drehung die Platte stets mit den Wandungen in Berührung bleibt, deshalb darf das Gehäuse nicht kreisförmig cylindrisch sein. Eine solche Form läßt sich jedoch schwierig bearbeiten; dabei sind die Berührungsflächen klein, so daß die Dichtung große Schwierigkeiten macht; deshalb findet der Apparat als Pumpe gegenwärtig wohl nur selten Anwendung.

**Knott's rotierende Excenterpumpe;** Fig. 16, Taf. XVI. Diese Pumpe hat ein cylindrisches Gehäuse, in welchem central eine Welle gelagert ist. Auf dieser sitzt ein Excenter, dessen umgebender Ring mit einer Platte verbunden ist. Die Abmessungen sind so gewählt, daß der Excenterring bei der Drehung der Welle das Gehäuse stets mit einer bestimmten Stelle berührt. Ring und Platte bleiben bei ihrer Bewegung mit ihren Stirnflächen im Anschluß an den Böden des Gehäuses. Dabei schiebt sich die Platte in einem massiven Cylinder, welcher oberhalb im Gehäuse drehbar gelagert ist. Theoretisch wird von der Pumpe pro Umdrehung ein Wasservolumen gleich dem Inhalt des cylindrischen Gehäuses abzüglich des von dem Excenterring mit Platte eingenommenen Raumes gefördert.

Die Reibung des Ringes im Gehäuse ist teils rollend, teils schleifend; zwischen denselben, sowie in dem Führungscylinder der Platte werden nicht unbedeutende Reibungswiderstände auftreten, da sich diese Stellen nicht gut schmieren lassen.

**Bartrum & Powell's Komet-Pumpe,** Fig. 19, Taf. XVI, ist im Princip ebenso wie die vorhergehende konstruiert, jedoch mit Anwendung einer Kurbel statt des Excenters, wodurch die Reibungswiderstände reduziert werden. Die nach unten gelegte Platte dient gleichzeitig als Wasserweg und bietet bei eintretendem Wechsel der Wasserwege eine größere Dichtigkeit. Am Gehäuse befinden sich noch zwei Kammern, welche als Saug- und Druckwindkessel dienen, wodurch die Pumpe eine sehr einfache äußere Form erhält. Die Reibungswiderstände werden auch bei dieser Pumpe nicht unbedeutend sein und infolge dessen die Dichtungen sich rasch abnutzen.

**Manley's Pumpe**, Fig. 11, Taf. XVI, ist nach dem Princip des Wasserriegels konstruiert; nur dient hier nicht eine durchgehende Platte, sondern es sind 6 einzelne Riegel, welche sich in radialer Richtung in einem centralen massiven rotierenden Cylinder bewegen, angebracht. Der Cylinder ist excentrisch in dem Gehäuse gelagert. Die Verschiebung der Riegel findet hauptsächlich während der Periode statt, in welcher sie keinen Seitendruck erhalten, so daß die Reibungswiderstände für die Verschiebung gering ausfallen. Die Berührungsflächen der Platten mit dem Gehäuse sind nachstellbar, so daß ein guter Anschluß erreicht werden kann.

Der Cylinder mit den Riegeln erscheint wie ein Schaufelrad, welches in allen Stellungen an einer Seite mit Schaufeln besetzt ist, während dieselben an der entgegengesetzten Seite fehlen. Dieses Schaufelrad bietet die Trennungswände zwischen den Saug- und Druckkanälen dar.

Das Wasserquantum, welches pro Umdrehung gefördert wird, ist gleich der Schaufelzahl  $\times$  dem Raum, welcher von zwei Schaufeln in der äußersten Stellung begrenzt wird. Das erforderliche Drehmoment ist gleich dem Wasserdruck, welcher der ganzen Förderhöhe entspricht,  $+$  Reibungswiderstände  $\times$  größte Schaufelfläche  $\times$  Schwerpunktsabstand der Schaufelfläche von der Drehaxe. Bezüglich der Dichtung gilt das früher Gesagte, doch fallen die Reibungswiderstände etwas geringer als bei den vorhergehenden Pumpen aus.

Manley hat das Gehäuse mit Saug- und Druckwindkessel versehen. Der Antrieb der Pumpe erfolgt von einer ähnlich konstruierten rotierenden Dampfmaschine.<sup>31)</sup>

### C. Centrifugal- und Kreiselpumpen.

§ 27. **Wirkungsweise und Haupteigenschaften.** Bei den Kolben- und verwandten Pumpen wird die Arbeit zum Heben des Wassers wesentlich durch Druckwirkung verrichtet, wobei die vorkommenden Geschwindigkeitsänderungen erst in zweiter Linie eine Rolle spielen. Das Princip der Centrifugal- und Kreiselpumpen hingegen beruht auf Geschwindigkeitsänderungen; es erfordert deshalb eingehendere Untersuchung, um einen Einblick in die Wirkungsweise zu gewinnen. Die Herstellung brauchbarer Centrifugalpumpen gelang zuerst dem Engländer Appold 1848, während bereits 1732 Versuche gemacht und auch von Euler eine Theorie aufgestellt worden war.

Die Centrifugalpumpen heben das Wasser, indem eine mit gekrümmten Schaufeln besetzte rotierende Scheibe das zwischen denselben befindliche Wasser zwingt, im Druckrohre emporzusteigen, wobei das Wasser im Saugrohr nachzufolgen sucht, was jedoch nur bei Verhinderung des Luftzutritts möglich ist. Diese Wirkungsweise ist also genau entgegengesetzt derjenigen der Turbinen. Der Luftzutritt kann durch ein allseitig geschlossenes Gehäuse verhindert werden, in welchem die Scheibe mit den Schaufeln rotiert, oder dadurch, daß man die Pumpe ganz in das Wasser eintaucht, in welchem Falle ein geschlossenes Gehäuse nicht immer erforderlich ist und man nur für einen Abschluß des Oberwassers vom Unterwasser zu sorgen hat.

Die Axe des Schaufelrades kann horizontal oder vertikal angeordnet werden; es ist üblich, derartige Maschinen im ersteren Falle Centrifugalpumpen, im letzteren Kreiselpumpen zu nennen.

<sup>31)</sup> Dingl. polyt. Journ. Bd. 230. S. 454.