

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.³¹⁾

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.

³¹⁾ Dingl. polyt. Journ. Bd. 230. S. 454.

Während bei den seitherigen Pumpenkonstruktionen einer bestimmten Umdrehungs-, beziehungsweise Hubzahl stets ein bestimmtes Wasserquantum unabhängig von der Förderhöhe entsprach, sind bei diesen Maschinen die drei Größen „Geschwindigkeit, Wassermenge und Förderhöhe“ von einander abhängig und zwar derart, daß eine bestimmte Förderhöhe eine bestimmte minimale Umdrehungszahl erheischt. Das geförderte Wasserquantum verringert oder vermehrt sich mit der Umdrehungszahl der Centrifugalpumpe, jedoch nicht proportional derselben. Sinkt die Tourenzahl unter ein bestimmtes Maß, so wird überhaupt kein Wasser mehr gefördert; es ist deshalb zulässig, während des Ganges der Pumpe das Druckrohr derselben ganz abzusperren, ohne Brüche befürchten zu müssen. Verringert sich die Förderhöhe, so wird bei derselben Umdrehungszahl ein größeres Wasserquantum geliefert.

Für jede Förderhöhe stellt sich der Wirkungsgrad bei einer bestimmten Umdrehungszahl am günstigsten. Diese Umdrehungszahl ist proportional der $\sqrt{\text{Förderhöhe}}$ und richtet sich nach der Form der Schaufeln.

Nach der Theorie und nach den gemachten Versuchen wirken gekrümmte Schaufeln am günstigsten. Die Formen werden bei den Ausführungen stark variiert, doch stehen bei der verhältnismäßigen Neuheit dieser Pumpen bis jetzt nicht viele, mit genügender Genauigkeit und den verschiedenen Schaufelformen unter gleichen Umständen gewonnene Versuchsergebnisse zu Gebote, um ein endgültiges Urteil über die beste Schaufelform fällen zu können.

Zur Erzielung eines guten Wirkungsgrades der Pumpen ist es besonders wichtig, die Wasserwege so zu formen, daß die Geschwindigkeitsänderungen allmählich und ohne Wirbelbewegungen erfolgen. Hauptsächlich hat man für den Ein- und Austritt des Wassers in und aus den von den Schaufeln gebildeten Kanälen eine vorteilhafte Gehäuseform zu wählen.

Der Einlauf in die Schaufeln kann radial erfolgen, in diesem Falle sind nur alle Ecken gehörig abzurunden, siehe Grove's Centrifugalpumpe, Fig. 26 u. 27, Taf. XVI, oder es wird dem Wasser vor dem Eintritt eine kreisende Bewegung mitgeteilt, zu welchem Zwecke dann spiralförmige Einlaufgehäuse anzubringen sind, siehe Fink's Centrifugalpumpe, Fig. 33 u. 34.

Beim Austritt hat man dafür zu sorgen, daß die einzelnen aus dem Rade kommenden Wasserfäden mit allmählicher Geschwindigkeits- und Richtungsänderung dem Druckrohre zugeführt werden. Für den radialen Durchgang durch das Schaufelrad genügt bei gehörig rückwärts gekrümmten Schaufeln ein spiralförmiges Gehäuse, wie auf Taf. XVI bei fast allen Centrifugalpumpen angegeben. Gehäuseformen wie in den Fig. 20, 23, 25, welche als Reservoir das Rad umgeben und ein Weiterrotieren des eingeschlossenen Wassers gestatten, sind nicht günstig. Statt eines spiralförmigen Gehäuses kann auch ein Leitschaukelapparat um das Rad gelegt werden, siehe Fig. 32, doch wird dadurch der Apparat komplizierter.

Das Schaufelrad kann an einer oder an beiden Seiten mit Schaufeln versehen werden. Die einseitige Ausführung ist einfacher, doch wird dabei die Axe des Rades entsprechend der Fläche desselben und der Förderhöhe belastet, wenn nicht besondere Vorkehrungen getroffen werden.

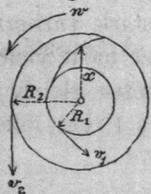
Eine derartige Kreiselpumpe, die sich für nicht sehr große Förderhöhen eignet, zeigt Fig. 28. Hier ist das Kreisellrad mit einem Blechcylinder, welcher bis über den Wasserspiegel reicht, wasserdicht verbunden, durch dessen Auftrieb der Axen-

druck verringert und ein Schwimmen des Kreisels bedingt wird. Bei dieser Konstruktion sind zugleich alle Stopfbüchsen vermieden.

Wendet man geschlossene Gehäuse an, so ist bei einseitiger Ausführung eine Stopfbüchse, welche zweckmäfsig an der Druckwasserseite angeordnet wird, erforderlich. Die eintretenden Undichtigkeiten dieser Stopfbüchse haben auf den guten Gang der Pumpe wenig Einfluß, da nur ein geringer Wasserverlust dadurch verursacht werden kann. Unangenehmer sind Undichtigkeiten der Stopfbüchsen bei doppelter Ausführung, da in diesem Falle dieselben im Saugkanal liegen müssen, so daß Luft in die Pumpe treten kann. Zur Verhinderung dieses Übelstandes hat man die Stopfbüchsen mit dem Druckwasser in Verbindung gebracht, wie in Fig. 22 angegeben.

§ 28. Theorie der Centrifugalpumpen. Eine vollständige Theorie der Pumpen läßt sich am besten in Verbindung mit der Theorie der Turbinen geben, worauf hier verzichtet werden muß, doch sollen (nach Grove) zur Bestimmung der Hauptdimensionen die erforderlichen Grundlagen gewonnen werden.

Fig. 12.



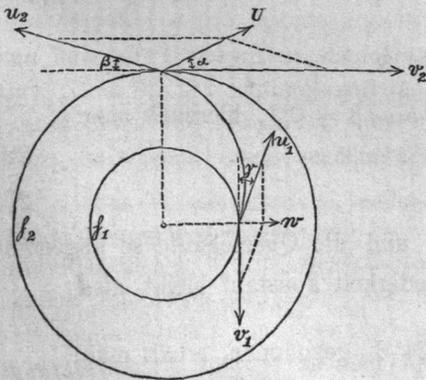
Die auf das Wasserteilchen vom Gewichte q im Abstände x von der Drehaxe wirkende Kraft ist bei einer Winkelgeschwindigkeit w :

$$\frac{q}{g} \frac{x^2 \cdot w^2}{x} = \frac{q}{g} \cdot x w^2,$$

demnach die beim Durchlaufen des Rades, siehe Fig. 12, verrichtete mechanische Arbeit:

$$\int_{R_2}^{R_1} \frac{q}{g} x w^2 dx = \frac{q}{g} \frac{w^2}{2} (R_1^2 - R_2^2) = \frac{q}{2g} (v_1^2 - v_2^2),$$

Fig. 13.



und die entsprechende Druckhöhe: $y = \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g}$.

Es sei die Saughöhe = h , die Förderhöhe = H , die absolute Eintrittsgeschwindigkeit = w , deren Komponenten v_1 und u_1 , die absolute Austrittsgeschwindigkeit = u , deren Komponenten v_2 und u_2 , die als Wassersäule gemessene Druckhöhe beim Eintritt = h_1 , die Druckhöhe beim Austritt = h_2 , die Ausflußgeschwindigkeit aus dem Druckrohr = c , der Atmosphärendruck = a ; ferner die Widerstandshöhe für das Saugrohr = δ_1 , das Rad = δ_2 , für das Druckrohr = δ_3 .

Nach diesen Bezeichnungen ergibt sich:

$$\left. \begin{aligned} \frac{w^2}{2g} + h_1 &= a - h - \delta_1 \\ \frac{u_2^2}{2g} + h_2 &= \frac{u_1^2}{2g} + h_1 + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} - \delta_2 \\ \frac{c^2}{2g} + a &= \frac{u^2}{2g} + h_2 - (H - h) - \delta_3 \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots 17.$$

$\delta = \delta_1 + \delta_2 + \delta_3$ gesetzt, erhält man:

$$\frac{w^2}{2g} + \frac{u_2^2}{2g} + \frac{c^2}{2g} = \frac{u^2}{2g} + \frac{u_1^2}{2g} + \frac{v_2^2}{2g} - \frac{v_1^2}{2g} - H - \delta$$

$$2gH \left(1 + \frac{\delta}{H} + \frac{c^2}{2gH}\right) = u^2 - u_2^2 + v_2^2 - w^2 + u_1^2 - v_1^2, \dots \dots \dots 18.$$

wobei nach Fig. 13: $u_2^2 = u^2 + v_2^2 - 2u v_2 \cos \alpha$.

Wendet man keinen inneren Leitkurvenapparat an, läßt also das Wasser radial eintreten, so ist: $u_1^2 = v_1^2 + w^2$, also:

$$g H \left(1 + \frac{\beta}{H} + \frac{c^2}{2gH} \right) = u v_2 \cos \alpha .$$

$$\frac{u}{v_2} = \frac{\sin \beta}{\sin(\alpha + \beta)} \text{ und hiernach:}$$

$$u = \sqrt{g H \left(1 + \frac{\beta}{H} + \frac{c^2}{2gH} \right) \frac{\sin \beta}{\cos \alpha \sin(\alpha + \beta)}} \dots \dots \dots 19.$$

$$\left. \begin{aligned} v_2 &= \sqrt{g H \left(1 + \frac{\beta}{H} + \frac{c^2}{2gH} \right) \frac{\sin(\alpha + \beta)}{\cos \alpha \sin \beta}} \\ &= \sqrt{g H \left(1 + \frac{\beta}{H} + \frac{c^2}{2gH} \right) 1 + \tan \alpha \cot \alpha \beta} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots 20.$$

Die Ausfluggeschwindigkeit c nimmt man zu 1,5—2 m. Die Widerstände sind ähnlich wie bei den Turbinen, so dafs

$$\frac{\beta}{H} = 0,42 \cdot \frac{c^2}{2gH} = \underline{0,03} \text{ gesetzt werden darf.}$$

Der zum Betriebe der Pumpe erforderliche Effekt (sekundliche Arbeitsstärke in Meterkilogrammen) ist für Q cbm geförderttes Wasser pro Sekunde:

$$E = 1000 Q \left(H + \beta + \frac{c^2}{2g} \right) + \text{Zapfenreibung} \dots \dots \dots 21.$$

Für nicht ungünstige Verhältnisse kann

$$E = 1,5 \cdot 1000 Q H \dots \dots \dots 21^a.$$

angenommen werden; dazu ist erforderlich u klein zu halten und die Schaufelform, sowie die Querschnitte der Wassermenge richtig zu wählen.

Es möge Winkel $\alpha = 36^\circ 34'$ oder $\tan \alpha = 0,5$, $\sin \alpha = 0,447$, $\cos \alpha = 0,894$, angenommen werden, so dafs

$$\frac{\frac{u^2}{2g}}{H} = \frac{1}{m} \cong \underline{3}.$$

Dann ergibt sich abgerundet: $\beta = 16^\circ 42'$ und $\tan \beta = 0,3$, hiernach also:

$$u = 0,6 \sqrt{2gH} \dots \dots \dots 22.$$

und

$$v_2 = 1,4 \sqrt{2gH} \dots \dots \dots 23.$$

Das Verhältnis der Radien soll $\frac{R_2}{R_1} = 2$ und die Querschnitte so angenommen werden, dafs die radiale Durchfluggeschwindigkeit konstant bleibt, also

$$u \sin \alpha = w = v \cdot \tan \gamma$$

$$\tan \gamma = 0,386 \text{ und } \gamma = 21^\circ 6' \text{ genommen, erhält man:}$$

$$w = 0,28 \sqrt{2gH} \dots \dots \dots 24.$$

Sowohl der Eintrittsquerschnitt als auch der Austrittsquerschnitt des Rades muß dieser Geschwindigkeit entsprechen; beide sind durch die Schaufeln unterbrochene Ringflächen.

Die Zahl der Schaufeln i kann

$$i = \frac{10 R_1}{0,1 + \frac{R_1}{4}} \text{ angenommen werden.}$$

Die Dicke der Schaufeln richtet sich nach dem Material, aus welchem das Rad hergestellt wird. Für Bronze und Schmiedeisen nehme man 4 mm, für Gußeisen 7 mm als Minimalstärke.

Durch die Schaufelstärke verringern sich die Kanalquerschnitte auf circa 0,8 des vollen Ringquerschnittes.

Die maximale Schaufelhöhe B_1 im Innern ergibt sich gleich $\frac{R_1}{2}$, also der innere Querschnitt des Rades annähernd:

$$0,8 \cdot 2 R_1 \pi \cdot \frac{R_1}{2} = \frac{Q}{w} \quad \text{oder}$$

$$R_1 = \sqrt{\frac{1}{0,8 \pi} \cdot \frac{Q}{w}} \cong 0,64 \sqrt{\frac{Q}{w}} \dots \dots \dots 25.$$

Die äußere Schaufelhöhe B_2 ist $\cong 0,6 B_1$ zu nehmen, da beim Austritt eine Kontraktion der Wasserstrahlen stattfindet und die Schaufelstärke hier den Querschnitt mehr verengt als im Innern.

Nach den so berechneten Dimensionen kann man die Verzeichnung des Rades vornehmen und muß alsdann kontrollieren, ob die verlangten Querschnitte vorhanden sind. Für die Schaufelform sind die Ein- und Austrittswinkel gegeben.

Die Schaufelkurve kann ein Kreisbogen sein und erstreckt sich etwa über $\frac{1}{4}$ des Rades, d. h. innerhalb eines Winkelraums von circa 90° .

Die Form des Gehäuses ergibt sich als eine Evolvente, deren Grundkreis einen Radius = $R_2 \sin \alpha = 0,447 R_2$ hat, wenn man die Breite des Gehäuses etwa 0,7 der äußeren Schaufelbreite nimmt. Dieses Gehäuse würde sehr groß ausfallen, und verwandelt man deshalb die sich ergebenden rechteckigen Querschnitte in kreisförmige. Der größte sich ergebende Durchmesser des Gehäusequerschnittes ist bei einseitiger Ausführung etwa 0,45, bei doppelter 0,64 des äußeren Schaufelraddurchmessers.

Will man das Rad an beiden Seiten mit Schaufeln versehen, so kann man das Ganze als zwei Pumpen, von denen jede die Hälfte des verlangten Wasserquantums fördert, ansehen und dem entsprechend die Berechnung durchführen. Die Umdrehungszahl n pro Minute ergibt sich aus der Umfangsgeschwindigkeit:

$$v_2 = 1,4 \sqrt{2gH}$$

$$\frac{n}{60} \cdot 2 R_2 \cdot \pi = v_2 = 1,4 \sqrt{2gH}$$

$$n = 9,55 \frac{v_2}{R_2} = 13,37 \frac{\sqrt{2gH}}{R_2} \dots \dots \dots 26.$$

Das Wasserquantum, welches eine nach den angegebenen Verhältnissen gebaute Pumpe liefert, ist:

$$Q \cong 0,17 R_2^2 \sqrt{2gH} \dots \dots \dots 27.$$

für einseitige Ausführung und

$$Q \cong 0,34 R_2^2 \sqrt{2gH} \dots \dots \dots 27^a.$$

für doppelte Ausführung.

Die angegebene Wassermenge ändert sich erheblich, wenn bei gleichbleibender Förderhöhe die Umdrehungszahl variiert oder bei gleichbleibender Umdrehungszahl die Förderhöhe verändert wird. Die letzte Eigenschaft macht die Pumpen besonders geeignet für Entwässerung im Ebbe- und Flutgebiet, indem man im stande ist, die Zeit der geringen Förderhöhe gut auszunutzen.

Das Güteverhältnis der Pumpe wird allerdings ein geringeres, wenn man dieselbe mit einer größeren Umdrehungszahl laufen läßt, als sich für die geringe Förderhöhe theoretisch ergibt, doch ist der Vorteil, daß man ein großes Wasserquantum bei geringem Gegendruck fortschaffen kann, bei weitem überwiegend, wenn man von vornherein für genügend große Wasserwege gesorgt hat. Man kann die vorhandene Maschinenkraft erheblich besser ausnutzen als bei jeder anderen Wasserhebungsmaschine.

§ 29. Konstruktion der Centrifugalpumpen.

a. Centrifugalpumpen mit einseitigem Einlauf.

Coignard's Centrifugalpumpe; Fig. 20 u. 21, Taf. XVI. Die Schaufeln des Rades liegen zwischen zwei Ringen, welche außen vom Druckwasser umgeben sind und so genau in das Gehäuse passen, daß ein genügender Abschluß des Druckwassers vom Saugrohr ohne Dichtungsmaterial hergestellt wird. Die Schaufeln sind bis zur Radnabe fortgeführt, durch welche Anordnung der axiale Druck aufgehoben wird, und dienen zur Übertragung der Drehkraft. Das Gehäuse ist konzentrisch zum Schaufelrade. Die Ausströmung findet unten statt, doch befindet sich oben eine Verbindung zur Abführung der Luft. Zu demselben Zweck sind auch Kanäle nach der Nabe des Rades geführt.

Die Stopfbüchse für die Betriebswelle liegt im Druckwasser. Die Antriebsscheibe liegt zwischen zwei Lagern, so daß die Stopfbüchse durch den Riemenzug nicht leidet. Für das Anfüllen und Entleeren sind besondere Verschraubungen am Gehäuse angebracht. Der Bau der Pumpe ist ein solider, doch läßt sich das Lager in der Nähe des Schaufelrades nicht schmieren und geht in dem konzentrischen Gehäuse mit der Richtungsänderung der Wasserbewegung beim Eintritt in das Druckrohr Arbeit verloren.

Centrifugalpumpe mit einseitigem Einlauf; Fig. 35 u. 36, Taf. XVI. Die Radschaufeln befinden sich zwischen zwei parallelen Wänden, sind jedoch nicht bis zur Mitte geführt. Das Rad ist bis auf den Saugrohrquerschnitt ganz von Druckwasser umgeben und übt deshalb nur einen geringen Axendruck aus. Die Stopfbüchse liegt im Druckwasser. Die Schaufelform ist ähnlich derjenigen des Versuchsrades von Rittinger ausgeführt, wobei die Umdrehungszahl gering ausfällt, doch verläßt das Wasser das Rad mit großer Geschwindigkeit und haben sich daher nur Wirkungsgrade von 0,27—0,43 ergeben.

Es wird auch bei dieser Pumpe kein größerer Nutzeffekt erwartet werden dürfen.³²⁾

Grove's Centrifugalpumpe; Fig. 26 u. 27, Taf. XVI. Diese Pumpe ist im ganzen nach den schon erläuterten Principien konstruiert. Die Schaufeln sind nicht eingeschlossen, sondern auf eine Scheibe gesetzt und rotieren an einer Seite direkt an der Gehäusewand. Diese Einrichtung bietet den Vorteil, daß die Herstellung und Kontrolle des Schaufelrades eine leichtere ist, als bei beiderseits eingeschlossenen Schaufeln; außerdem wird der Wasserverlust ein geringer, da zwischen den Endflächen der Schaufeln und dem Gehäuse nicht leicht eine rückläufige Bewegung des Wassers stattfinden kann. Der Axendruck wird dagegen größer als bei den vorher angegebenen Konstruktionen. Die Schaufeln sind sämtlich nicht bis zur Mitte geführt, und entspricht ihre Form dem radialen Eintritt des Wassers. Das spiralförmige Gehäuse schließt sich an einer Stelle ganz an das Rad an, so daß ein Fortrotieren des Wassers in demselben nicht möglich ist.

b. Centrifugalpumpen mit radialem doppelten Einlauf.

Die Fig. 22 bis 25, Taf. XVI, zeigen zwei derartige Pumpen; bei beiden liegen die Radschaufeln zwischen geschlossenen Ringflächen, und wird das ganze Rad vom Druckwasser bis zum inneren Radius umgeben, an welcher Stelle die

³²⁾ Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1875. S. 689. — Prakt. Maschinenkonstrukteur. 1880. S. 67.

Ringflächen genau in das Gehäuse eingepaßt sind. Der Abschluß des Druckwassers vom Saugrohr findet ohne weiteres Dichtungsmaterial statt. Die Gehäuse sind mittels einer vertikalen Flanschenverbindung aus zwei symmetrischen Hälften zusammengeschaubt. Die Verzweigung des Einlaufs, die „Hosenröhren“, für die Zuführung des Wassers bilden mit den Gehäusehälften je ein Gußstück.

Die Stopfbüchsen für die Triebwelle liegen im Saugraum, und ist bei deren Konstruktion in Fig. 22, Taf. XVI, für Zuführung von Druckwasser gesorgt. Bei beiden Pumpen sind die Stopfbüchsen in entsprechende Gehäuseöffnungen eingesetzt, so daß man sich durch Herausnehmen derselben einen Einblick in das Innere verschaffen kann und das umständliche Auseinandernehmen der Gehäuse vermieden wird. Der Gehäuseraum für das aus dem Rade strömende Wasser umgibt dessen äußere Ringseitenflächen, so daß eine etwaige excentrische Gestalt desselben keinen großen vorteilhaften Einfluß auf die Wasserbewegung haben könnte. Diese Gehäuseform ergibt zwar minimalen Raumbedarf, dagegen wird die Leitung des Wassers verschlechtert.

Diese beiden Centrifugalpumpen unterscheiden sich im wesentlichen durch die Form der Schaufelräder und die verschiedene Verbindung des Gehäuses mit der Grundplatte.

c. Centrifugalpumpen mit doppeltem spiralförmigen Einlauf.

In den Fig. 33 u. 34, Taf. XVI, ist eine derartige von Prof. Fink konstruierte Centrifugalpumpe angegeben. Die Schaufeln des Rades befinden sich zu beiden Seiten einer in der Mitte durchgehenden Scheibe und bewegen sich frei innerhalb der Gehäusewandungen. Die Krümmung der Schaufeln ist eine sehr starke, und erstrecken sich dieselben bis zur Nabe hin.

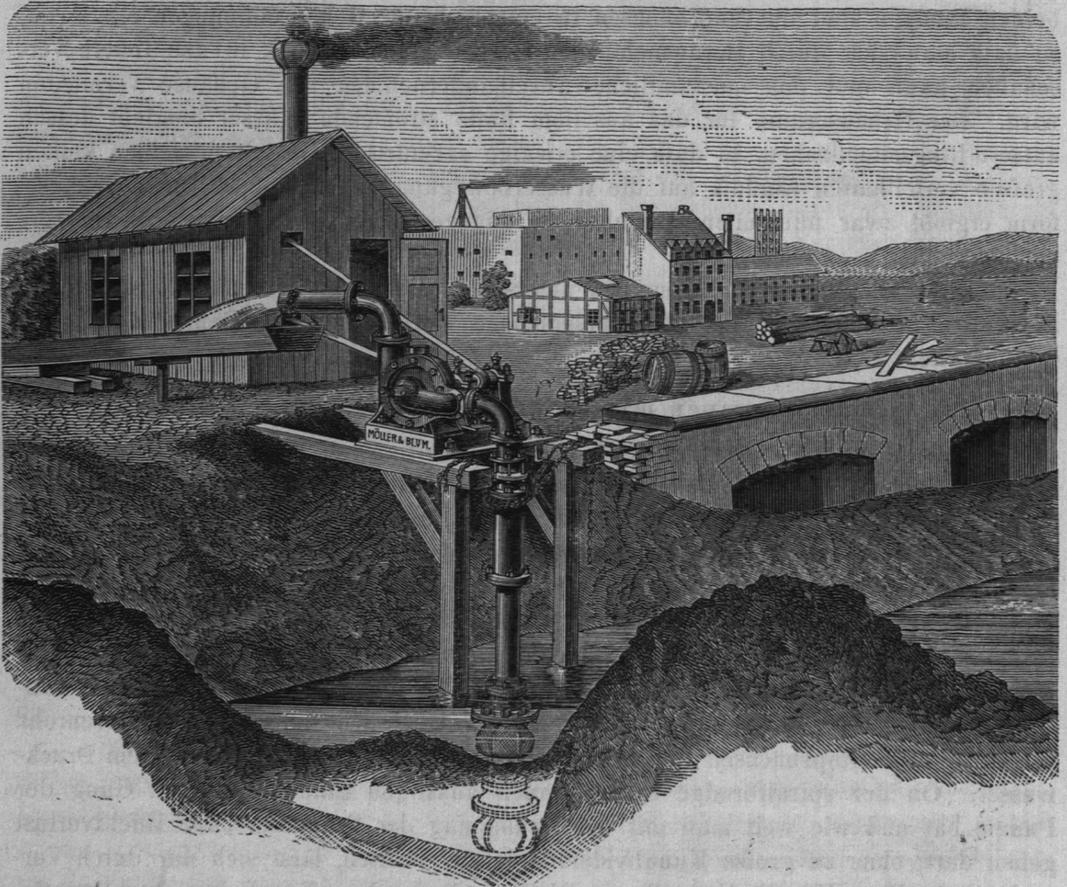
Das Gehäuse besteht aus zwei symmetrischen, mittels Flanschenverbindung zusammengeschaubten Hälften und bietet sowohl für den Einlauf, wie für die Ausströmung dem Wasser spiralförmige Wege. Die beiden Wasserwege für den Einlauf werden durch ein besonderes (in der Zeichnung nicht angegebenes) Hosenrohr vereinigt. Die Stopfbüchsen liegen im Saugraum, ohne Verbindung mit dem Druckwasser. Ob der spiralförmige Einlauf einen günstigen Einfluß auf den Gang der Pumpe hat und wie weit man mit der Krümmung der Schaufeln ohne Effektverlust gehen darf, ohne zu große Kanalwiderstände zu erhalten, läßt sich nur durch Versuche feststellen. Für die Herstellung und Kontrolle ist das offene Schaufelrad günstig, ebenso die Gehäuseform für die Bewegung des dem Rade entströmenden Wassers.

§ 30. Verwendbarkeit, Aufstellung und Inbetriebsetzung der Centrifugalpumpen. Die Centrifugalpumpen erhalten im allgemeinen selbst für große Wassermengen vergleichsweise geringe Dimensionen. Der gebräuchliche Antrieb mittels Riemen ist sehr bequem, und die Fundierungen fallen, da nur geringe Zugkräfte in einer Richtung auftreten, leicht aus. Wegen des Fehlens aller Ventile und Dichtungsmaterialien in den Wasserwegen ist man im stande, sehr unreine Flüssigkeiten damit zu fördern, wobei der Verschleiß gering ist und die Betriebskosten bei guter Ausführung sich innerhalb gewisser Grenzen nicht ungünstiger stellen als bei den Kolbenpumpen, dagegen sind die Anlagekosten wesentlich geringer.

Die Anwendbarkeit wird begrenzt durch die Größe des Wasserquantums und der Förderhöhe. Geringe Wasserquantitäten und große Förderhöhen ergeben kleine Dimensionen des Schaufelrades und große Umdrehungszahlen. Die Tourenzahl kann nicht

beliebig gesteigert werden, weil der Riemen bei großen Geschwindigkeiten durch die Centrifugalkraft von der Scheibe abgehoben wird und daher nicht genügend Kraft auf die Welle übertragen kann; außerdem wird die Abnutzung eine stärkere und muß dabei die Wartung eine aufmerksamere sein. Für kleine Wassermengen ergeben sich so geringe Dimensionen für das Schaufelrad, daß die Ausführung schwierig wird und beim Betriebe leicht Verstopfungen der kleinen Radkanäle vorkommen.

Fig. 14.



Die kleinste Wassermenge ist etwa

0,180	cbm	pro	Minute	bei	2	m	Förderhöhe
0,250	"	"	"	"	4	"	"
0,400	"	"	"	"	10	"	"

Die größte Förderhöhe der gewöhnlichen Centrifugalpumpen beträgt 10 m, doch werden dieselben auch für Förderhöhen bis 30 m und mehr gebaut, in welchem letzteren Falle die Anwendung besonders großer Schaufelräder zu empfehlen ist. Die zulässige minutliche Umdrehungszahl beträgt für kleine Pumpen von 50 mm Rohrdurchmesser etwa 2000, für große Pumpen von 450 mm Rohrdurchmesser etwa 600.

Für Bauzwecke kommen die äußersten Grenzen selten in Frage, und ergibt sich daher die Centrifugalpumpe fast durchweg als die geeignetste aller Wasserhebemaschinen, welche gegenwärtig bekannt sind. Der Antrieb erfolgt gewöhnlich durch eine Lokomobile und darf man annehmen, daß bei richtig gewählten Verhältnissen mit 1 kg Kohlen 40 bis 60 cbm Wasser 1 m hoch gehoben werden.

Für die Aufstellung genügt es meistens, in der Baugrube einige Pfähle einzurammen, dieselben zu verholmen und die Pumpe darauf zu befestigen. Die Lokomobile wird in der Nähe auf genügend hohem Terrain aufgestellt und bei längerem Betriebe mit einer Bretterbude umgeben. Die Abführung des gehobenen Wassers kann in hölzernen Rinnen geschehen, wie der vorstehende Holzschnitt, Fig. 14, eine derartige vollständige Aufstellung zeigt.

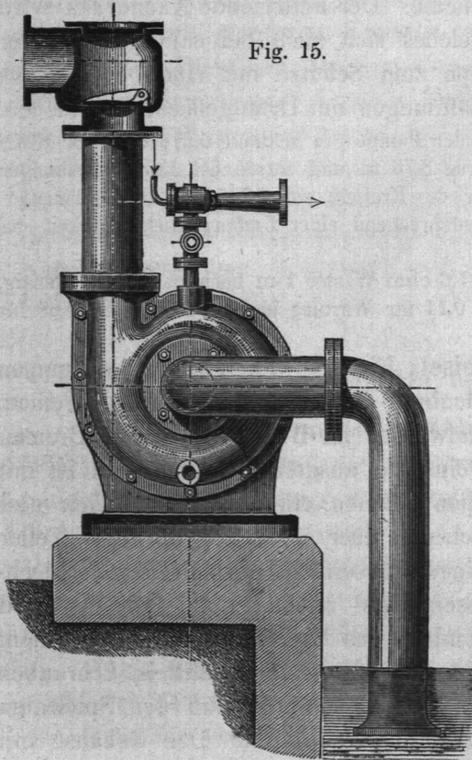


Fig. 15.

Um die Pumpen in Betrieb zu setzen, ist es zunächst erforderlich, das Saugrohr und Gehäuse mit Wasser anzufüllen, wobei eine kleine Saughöhe günstig ist.

Für das Anfüllen durch Einschütten von Wasser muß das Gehäuse mit einer Verschraubung zum Aufsetzen eines Trichters und das Saugrohr mit einem Fußventil versehen sein. Diese immer etwas lästige Arbeit wird vermieden, wenn man oben auf dem Gehäuse einen Ejektor anbringt und im Druckrohr eine Klappe, welche sich von außen durch einen Hebel bewegen läßt.

Eine derartige Anordnung stellen beistehende Figuren 15 u. 16 dar. Der Ejektor entfernt bei geschlossener Klappe mittels eines Dampfstrahls die Luft in einigen Minuten aus der Pumpe; sobald derselbe Wasser fördert, kann dieselbe in Betrieb gesetzt werden. Die Klappe im Druckrohr öffnet sich dann selbstthätig und wird hierauf mit dem Hebel ganz zurückgestellt, um dem Wasserdurchgang möglichst wenig Hindernis entgegenzusetzen. Mit Hilfe dieser einfachen Einrichtung kann man die Pumpe jederzeit in wenigen Minuten in Betrieb setzen, wobei das Fußventil und die durch Verstopfen desselben nicht selten hervorgerufenen lästigen Arbeiten und Betriebsstörungen ganz in Wegfall kommen.

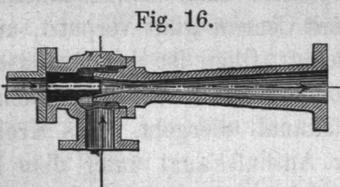


Fig. 16.

§ 31. Kreiselpumpen. Diese Pumpen sind mehr für stabile Anlagen, große Wassermengen und kleine Förderhöhen geeignet. In der Regel wird das Schaufelrad unter dem niedrigsten Wasserstande angebracht, so daß gar keine Saughöhe vorhanden ist und die Pumpe ohne Vorbereitung jederzeit in Betrieb gesetzt werden kann. Der Einlauf wird meistens einseitig ausgeführt, doch findet man auch Anlagen mit doppeltem Einlauf, durch welchen jedoch der Bau und die Kontrolle der Pumpe erschwert wird.

Kreiselpumpe mit Leitschaufeln. Die in den Fig. 32, 37 u. 38, Taf. XVI, angegebene Pumpe ist für Grundbauten an der schwarzen Elster 1854 mit Erfolg zur Anwendung gekommen.³⁹⁾ Der Kreiselliegt unter dem niedrigsten Wasserspiegel;

³⁹⁾ Erbkam, Zeitschr. f. Bauwesen, 1855, S. 107.

die Wasserzuführung geschieht nur von unten. Die Schaufeln sind auf eine konische Scheibe gesetzt und haben die in Fig. 38 angegebene Form; sie bewegen sich mit ihren Endflächen frei über den passend geformten Wandungen des Gehäuses. Dieses ist konzentrisch zum Kreisel und enthält dicht oberhalb desselben einen Leitschaufelapparat von der in Fig. 37 gezeichneten Gestalt eingebaut.

Die in dem Druckrohr nach oben geführte Kreiselradspindel trägt oberhalb des Ausgusses für den Antrieb eine Riemenscheibe. Der auftretende Axendruck wird durch das untere Fußlager aufgenommen, welches sich auch bei sandigem Wasser gut gehalten haben soll, doch war die Pumpe zum Schutze mit einem Korbe aus Weidengeflecht umgeben und an den Eintrittsöffnungen mit Drahtgeflechten versehen.

Nach den Angaben von Roeder wurden mit der Pumpe pro Sekunde 0,278 cbm im Mittel 1,88 m hoch gefördert. Die Maximalförderhöhe betrug 3,76 m und wurde bei 135 Umdrehungen pro Minute noch Wasser gefördert. Der Durchmesser des Kreisels war 0,785 m. Die Maximalgeschwindigkeit betrug 498 Umdrehungen pro Minute entsprechend einer Umfangsgeschwindigkeit des Kreisels von 20,468 m.

Die Kosten der Wasserförderung betragen für 11,6 cbm Wasser 1 m hoch zu heben 1 Pfennig, wovon circa 0,47 für Brennmaterial (Holz und Torf), 0,14 für Wartung und Schmiere etc., 0,39 für Abnutzung und Amortisation entfallen.

Kreiselpumpe mit schwimmendem Kreisel; Fig. 28—30.³⁴⁾ Derartige Pumpen sind für Entwässerung in Ohmstede bei Oldenburg und Hasenbüren bei Bremen, sowie zur Bewässerung mit städtischem Kanalwasser im Blocklande bei Bremen mit Erfolg zur Anwendung gekommen. Das einseitig ausgeführte Kreiselrad ist mit Schaufeln versehen, welche mit einer konischen Scheibe ein Gußstück bilden und sich an ihrer unteren Seite mit geringem Spielraum über einem kegelförmigen Teller bewegen. Das Kreiselrad besitzt oberhalb einen wasserdicht anschließenden Blechcylinder, welcher bis über den höchsten Wasserspiegel reicht. Beim Betriebe wird durch den Auftrieb des Cylinders ein Schwimmen des Kreisels bedingt und dient derselbe gleichzeitig als Schwungrad für die Dampfmaschine. Mittels Schrauben läßt sich das Kreiselrad auf der Spindel verschieben, so daß man den Spielraum zwischen den Schaufeln und dem Teller genau justieren kann. Das Gehäuse mit den Wasserwegen ist mit Ausnahme des eisernen Tellers unter den Schaufeln ganz in Mauerwerk ausgeführt, geräumig gehalten und mit Cement glatt verputzt, um dem Durchgange des Wassers wenig Widerstand zu bieten. Oben ist das Gehäuse offen und hat eine brunnenartige Form. Für die Ausströmung aus dem Kreisel dient eine spiralförmige Erweiterung, welche in den Ausfluskanal übergeht. Das Kreiselrad liegt unter dem niedrigsten Wasserstande und der Ausfluskanal unter dem Druckwasserspiegel, so daß ein Anfüllen für die Inbetriebsetzung nicht erforderlich ist und das Wasser nicht unnötig gehoben wird.

Über das brunnenartige Gehäuse erstreckt sich ein kräftiger gußeiserner Balken, welcher das Fundament der Dampfmaschine bildet und zugleich ein Drucklager, siehe Fig. 30, für die Spindel des Kreisels trägt. Die Dampfmaschine läßt sich in der einfachsten Form ohne Hebel für die Bewegung der Schieber und Speisepumpe ausführen. Die Vorteile der Konstruktion beruhen hauptsächlich in geringen Anschaffungs- und Betriebskosten, verbunden mit geringem Verschleiß, sowie bequemer Wartung und Kontrolle.

Bei einer amtlichen Probe der Anlage in Ohmstede, welche nach längerer Betriebszeit stattfand, ergab sich, daß bei der geringen Förderhöhe von 0,79 m (gemessen im Abfluß- und Zuflußgraben) mit 2 Pumpen 2,56 cbm Wasser pro Sekunde geliefert und dabei 103 kg westfälische

³⁴⁾ Konstruktion des Verfassers. D. R. P. No. 1665.

Förderkohlen stündlich gebraucht wurden. Hiernach wurden mit 1 kg Kohlen 71 cbm Wasser 1 m hoch gehoben.

Die Dampfmaschinen arbeiten ohne Kondensation. Die Pumpen waren für je $0,6 \text{ cbm}$ Wasser bei 2 m Förderhöhe konstruiert, und zeigt sich bei dieser Probe, in wie günstiger Weise man mittels der Kreiselpumpen die Zeit der niedrigen Wasserstände zum Fortschaffen großer Wassermengen ausnutzen kann.

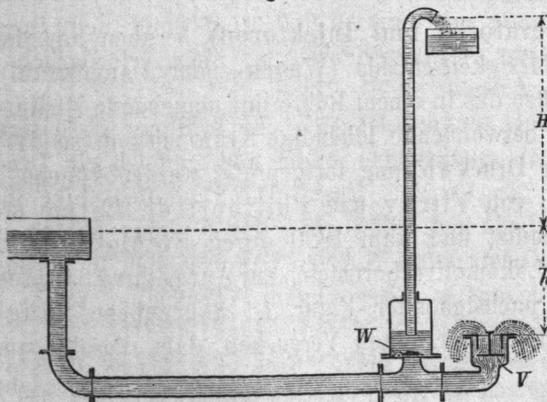
Doppelte Schraubenpumpe; Fig. 31, Taf. XVI. Diese von dem Amerikaner Follansbee konstruierte, 1876 auf der Weltausstellung in Philadelphia ausgestellte Pumpe ist mit mehreren Kreiseln versehen, deren Schaufeln schraubenförmig gebogen sind. Dieselben bewegen sich in einem mehrfach gekrümmten Rohre, so daß stets zwei übereinander liegende Kreisel sich in entgegengesetzter Richtung drehen, weshalb dieselben abwechselnd auf zwei vertikale Spindeln, welche in entsprechender Weise ihren Antrieb erhalten, aufgekeilt sind. Die Schraubenrichtung der Schaufeln ist bei den übereinander liegenden Kreiseln ebenfalls entgegengesetzt; daher wirken diese in Bezug aufeinander wie Leitschaukeln. Über die Betriebskosten ist nichts Näheres angegeben, doch wird sich die gewöhnliche Centrifugal- oder Kreiselpumpe wohl günstiger stellen.

D. Verschiedene Maschinen und Vorrichtungen für Wasserförderung.

§ 32. **Der hydraulische Widder oder Stofsheber.** Mittels des hydraulischen Widders, 1796 von Montgolfier erfunden, wird die lebendige Kraft des mit einem vorhandenen Gefälle in einer Rohrleitung fließenden Wassers (Triebwasser) zur Hebung eines Teils desselben verwertet. Die verfügbare Wassermenge, welche ein gegebenes Gefälle durchsinkt, dient zur Hebung einer kleineren Wassermenge auf größere Höhe. Hierbei findet stets ein beträchtlicher Arbeitsverlust statt, welcher um so bedeutender ausfällt, je größer die Differenz zwischen Gefälle und Förderhöhe ist.

Das Princip des Apparates wird durch nebenstehende Figur 17 erläutert; es sind zwei Ventile V und W vorhanden, von denen sich das eine vermöge des eigenen Gewichts selbstthätig öffnet, das andere ebenso schließt. Das erstere wird Sperrventil, das zweite Steigventil genannt. Wenn das Wasser unter dem Drucke der Wassersäule h mit entsprechender Geschwindigkeit durch das offene Sperrventil V ausfließt, wird es dieses gleichzeitig zu schließsen suchen, während das Steigventil W unter dem Drucke der Förderwassersäule steht. Der Schluß

Fig. 17.



des Sperrventiles findet statt, sobald der Druck, welcher durch die Geschwindigkeit des Wassers beim Durchfließen auf die untere Seite des Ventils ausgeübt wird, größer ist als das Eigengewicht desselben. In der Leitungsröhre hat sich alsdann in Form lebendiger Kraft des fließenden Wassers eine gewisse mechanische Arbeit angesammelt, vermöge welcher nun das Steigventil W geöffnet und so lange Wasser in den Windkessel und die Steigröhre eintreten wird, bis die vorhandene mechanische Arbeit aufgezehrt ist.

treten wird, bis die vorhandene mechanische Arbeit aufgezehrt ist.