

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.

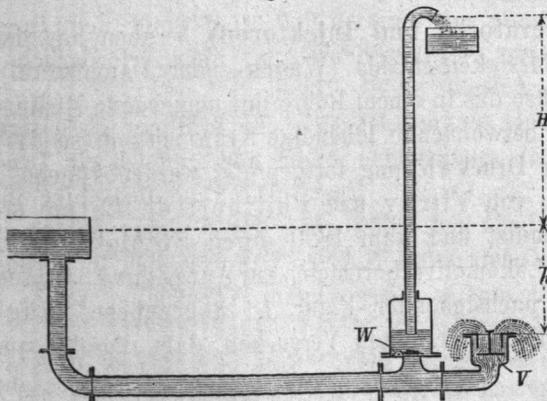
Doppelte Schraubenpumpe; Fig. 31, Taf. XVI. Diese von dem Amerikaner Follansbee konstruierte, 1876 auf der Weltausstellung in Philadelphia ausgestellte Pumpe ist mit mehreren Kreiseln versehen, deren Schaufeln schraubenförmig gebogen sind. Dieselben bewegen sich in einem mehrfach gekrümmten Rohre, so 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.

Die theoretische Behandlung dieses Vorganges kann nur mit Benutzung von Erfahrungsresultaten durchgeführt werden, welche nicht für alle Fälle zutreffend sind, weshalb hier davon abgesehen werden möge.³⁵⁾

Nach Versuchen von Eytelwein findet sich das Güteverhältnis:

$$\eta = 1,12 - 0,2 \sqrt{\frac{H}{h}}, \text{ wonach sich die folgende Tabelle ergibt:}$$

Höhenverhältnis $\frac{H}{h}$	1	2	3	4	5	6	8	10	12	15	20
Güteverhältnis η	0,920	0,837	0,774	0,720	0,673	0,630	0,555	0,488	0,427	0,345	0,226

Bezeichnen Q und Q_1 die durch das Sperrventil abfließende und die geförderte Wassermenge in cbm pro Sekunde, so berechnet sich der Durchmesser des Leitungsrohres d in mm:

$$d = 40 \sqrt{Q + Q_1} \dots \dots \dots 28.$$

Die Länge l desselben muß dem Steigrohre angemessen sein und findet sich in Metern:

$$l = H + 0,3 \cdot \frac{H}{h} \dots \dots \dots 29.$$

Das Sperrventil soll den Querschnitt des Leitungsrohres bieten und das Gewicht desselben klein gehalten werden; dasselbe kann, ohne den Gang zu beeinträchtigen, unter Wasser liegen. Günstig ist es, die Ventile möglichst nahe bei einander anzuordnen. Der Durchmesser des Steigrohres darf gleich dem halben Durchmesser der Zuleitungsrohren genommen werden, ist jedoch nicht von wesentlichem Einfluß.

Der Windkessel erhöht die Leistung des Apparates und vermindert die Erschütterungen; man nehme den Inhalt desselben etwa gleich demjenigen des Steigrohres. In den Figuren 39 u. 40, Taf. XVI, sind zwei gebräuchliche Ausführungen hydraulischer Widder angegeben; die üblichen Gröfsen haben Leitungsrohren von 12 mm bis 64 mm Durchmesser und sind geeignet für ein Triebwasserquantum von 1 l bis 100 l pro Minute. Die Förderwassermenge läßt sich mit Benutzung der Eytelwein'schen Tabelle berechnen. Der hydraulische Widder bewährt sich als recht brauchbarer Wasserhebungsapparat für kleine Anlagen von Wasserversorgungen und Bewässerungen, ist jedoch nur da anwendbar, wo Quellwasser oder ein Bach mit etwas Gefälle zur Verfügung steht. Die Wartung und Unterhaltung ist leicht und nicht mit erheblichen Kosten verknüpft.

§ 33. Die Strahlpumpen (Elevatoren und Injektoren) beruhen auf der Verwendung eines kontinuierlichen Flüssigkeitsstrahls (Wasser- oder Dampfstrahl), welcher bei seinem Austritt aus einer Düse das in einem Rohre ihn umgebende Medium fortreißt, indem er demselben die ihm beiwohnende lebendige Kraft mitteilt, so daß Wasser oder Luft angesaugt und unter Druckwirkung fortgepreßt werden können.

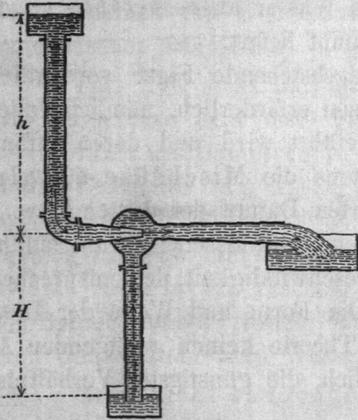
Das Princip wurde bereits 1570 von Vitruv und Philibert de Lorme erkannt, später zur Grubenventilation benutzt und kam 1820 durch Stephenson in epochemachender Weise im Blasrohr für Lokomotivschornsteine zur Anwendung. James Thomson konstruierte 1852 die in nachstehender Figur 18 angegebene Saugstrahlpumpe und fand bei den von ihm angestellten Versuchen, daß dieselbe am

³⁵⁾ Näheres siehe Navier. Résumé des Leçons sur l'application de la mécanique, II. Part. und Weisbach's Ingenieur- und Maschinen-Mechanik, 2. Abt, II. Aufl, S. 1015.

günstigsten arbeitete, wenn die Saughöhe h etwa 0,9 des Gefälles H betrug. Der Wirkungsgrad ergab sich in diesem Falle zu 0,18.

In veränderter Form brachte Nagel den Apparat zur Entwässerung der Baugrube für eine Turbinenanlage unter Benutzung des vorhandenen Gefälles und des

Fig. 18.



bedeutenden Wasserquantums in Anwendung. Mittels der recht zweckmäßigen Einrichtung wurde der Wasserspiegel einer Baugrube von 24,3 m Länge und 5,6 m Breite in einer halben Stunde um 2,4 m gesenkt. Das Gefälle betrug 1,8 m, die Saughöhe bis 2,4 m. Wie Fig. 43 u. 44, Taf. XVI, zeigen, fließt das Aufschlagwasser durch einen Kanal, dessen Querschnitt an einer Stelle sehr stark eingezogen ist. Gerade oberhalb dieser Stelle befindet sich für den Saugkanal eine Klappe, welche sich mittels eines außerhalb auf der Axe angebrachten Hebels öffnen und schliessen läßt. Das mit großer Geschwindigkeit durch den Kanal fließende Wasser zieht nach Öffnen der Klappe den Inhalt des Saugrohrs nach

sich. Falls die Saughöhe nicht zu groß ist, findet eine kontinuierliche Förderung statt, so lange Wasser durch den Kanal strömt.

Die Bedienung ist sehr leicht und eine Abnutzung nicht zu befürchten, der Nutzeffekt jedoch bleibt ein geringer, weshalb die Anwendung auf specielle Fälle, in denen eine vorhandene Wasserkraft sich nicht besser ausnutzen läßt, beschränkt bleiben wird.³⁶⁾

Von den Gebr. Körting in Hannover, welche sich speciell mit der Herstellung von Strahlapparaten beschäftigen, werden auf demselben Princip beruhende sogenannte Wasserstrahl-Elevatoren hergestellt. Die größeren Apparate sind für Entwässerung von Bergwerken bei vorhandener Wasserkraft, die kleineren zum Entleeren von Kellern und Baugruben an Orten bestimmt, welche Wasserleitungen besitzen.

Nach dem Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung, Novemberheft 1880, wurden mit 2,36 cbm Druckwasser und 25 m Gefälle 3,19 cbm Wasser 1,5 m hoch gehoben, entsprechend einem Wirkungsgrad von 0,08. Ebenso wurden mit 2,36 cbm Druckwasser und 27 m Gefälle 0,72 cbm 9,08 m hoch gehoben, entsprechend einem Wirkungsgrad von 0,12.

Bei einem Preise von 0,10 Mark pro cbm Druckwasser stellen sich die Kosten für 1 cbm 1 m hoch zu heben, auf 0,0348 Mark oder für die geleistete Pferdekraft pro Stunde auf 9,396 Mark.

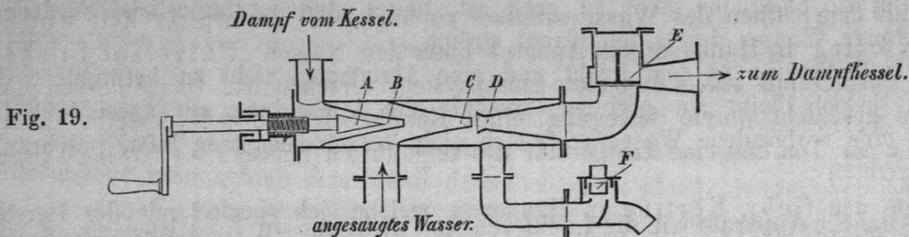
Wegen der sehr hohen Betriebskosten ist die dauernde Anwendung dieser Apparate nicht anzuraten, hingegen kann ihr Gebrauch für vorübergehende Leistungen recht zweckmäßig sein, da die Aufstellung von Pumpen mit Handbetrieb ungefähr ebensoviel Kosten verursacht.

Statt des Wasserstrahls wurde von Giffard 1850 zuerst ein Dampfstrahl zur Wasserförderung und zwar zum Speisen von Dampfkesseln benutzt. Dieser Apparat hat seitdem vielfache Veränderungen in den Details erfahren und ist gegenwärtig unter dem Namen Injektor sehr verbreitet. Hier findet nicht allein eine Mischung der ausströmenden und angesaugten Flüssigkeit statt, wie bei der Wasserstrahlpumpe, sondern der ausströmende Dampf wird bei der Mischung mit dem angesaugten Wasser

³⁶⁾ Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1866, S. 122.

vollständig kondensiert. Die hierdurch bedingte Dichtigkeitsänderung bewirkt, daß das Wasser beim Injektor mit erheblich größerer Geschwindigkeit durch die Düse strömt, als wenn dasselbe durch einen der Dampfspannung entsprechenden Druck hindurch getrieben würde. Durch die geeignete Wahl der Düsenform kann die Geschwindigkeit vergrößert und verringert werden, und ist man im stande, den Apparat so einzurichten, daß mittels des Dampfstrahls das Wasser angesaugt und in den Dampfkessel getrieben wird, welcher den Betriebsdampf liefert.

Die Einrichtung des Injektors wird durch nachstehende Figur verdeutlicht. Für den Durchgang der Flüssigkeiten sind drei Düsen erforderlich, nämlich erstens die Dampfdüse *B*, durch welche der Dampf eingeführt wird und deren Öffnung durch einen Konus *A* reguliert werden kann; zweitens die Mischdüse *C*, welche das Gemisch von angesaugtem Wasser und kondensiertem Dampf der dritten Düse *D*, Überdruck- oder Aufnahmedüse genannt, in einem geschlossenen Strahl zuführt. Innerhalb der Leteren verringert sich allmählich die Geschwindigkeit, dementsprechend diese Düse annähernd parabolisch geformt wird. Die Form und Weite der Düsen wird jedoch sehr verschieden ausgeführt, indem die Theorie keinen genügenden Anhalt für die Konstruktion derselben giebt. Es ist üblich, die günstigsten Verhältnisse durch Versuche zu bestimmen.



Bei dem Injektor von Giffard war die Dampfdüse und der darinliegende Konus verschiebbar, um das Ansaugen zu erleichtern. Diese doppelte Bewegung macht jedoch in der Ausführung Schwierigkeiten, aus welchem Grunde bei den neueren Konstruktionen allgemein die dritte Düse fest gelegt wird. Die Spindel mit dem Konus ist für saugende Injektoren durchweg beibehalten, während dieselbe für nicht saugende in Wegfall kommen kann.

Zwischen der Mischdüse und der Aufnahmedüse erhält das Gehäuse einen Auslaß für die Flüssigkeit, welche namentlich beim Ansetzen (Ingangsetzen) des Injektors nicht in den Kessel gelangen kann. Damit keine Luft in den Raum treten kann, wird das Auslaßrohr durch das Überlaufventil *F* geschlossen. Hinter der Aufnahmedüse wird ein Rückgangsventil *E* angebracht, um bei Störungen oder beim Abstellen die bereits geförderte Flüssigkeit nicht wieder zurücktreten zu lassen.

Verbesserte Injektor Konstruktionen sind namentlich von Kraufs, Schau, Friedmann, Dreyer, Schäffer und Körting geliefert und damit Apparate geschaffen worden³⁷⁾, welche erheblich sicherer funktionieren und leichter zu bedienen sind als die früheren. Der Dampfverbrauch stellt sich wesentlich höher als bei einer Dampfpumpe heraus, und wird dieses Verhältnis um so ungünstiger, je niedriger die Dampfspannung des zu speisenden Kessels ist. Bei den Lokomotiven, welche stets mit hoch gespannten Dämpfen arbeiten, sind zur Kesselspeisung die Pumpen von den Injektoren ganz verdrängt worden, während bei stationären Anlagen noch vielfach

³⁷⁾ Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1872, S. 110.

Pumpen im Gebrauche sind und die Injektoren nur als zweite Speisevorrichtung angebracht werden, welche gebraucht wird, wenn die Maschine still steht.

Die ungünstige Ausnutzung der als Wärme im Dampfe enthaltenen Arbeit kommt bei Speisung mittels kalten Wassers weniger in Betracht, da in diesem Falle die im Dampfe enthaltene Wärme größtenteils dem Kessel wieder zugeführt wird. Bei Maschinen mit Kondensation und solchen mit Vorwärmern wird eine Pumpe ökonomischer arbeiten.

Taf. XVI stellt in Fig. 45 einen vereinfachten saugenden Injektor dar. Die Dampfdüse liegt fest, dagegen ist der Konus der Spindel durchbohrt, sodass beim Öffnen des Dampfventils, vor dem Zurückziehen des Konus bereits soviel Dampf Zutritt findet, als zum Ansaugen benötigt wird. Das Überlaufventil ist erforderlich, wenn die Saughöhe mehr als 1,5—2 m beträgt. Beim Ingangsetzen hat man die Spindel zunächst langsam zurückzudrehen, bis etwas Wasser aus dem Überlaufrohr abläuft. Dies ist ein Zeichen, dass das Wasser angesaugt wird. Hierauf dreht man die Spindel weiter zurück, bis der Injektor speist, und reguliert so lange, bis aus dem Überlaufrohr kein Wasser mehr entweicht.

Beim nicht saugenden Injektor kommt die Spindel ganz in Wegfall, die Regulierung findet am Wasserzufluss und am Dampfventil statt, und ist beim Ingangsetzen mit dem Öffnen des Wasserzuflusses zu beginnen. In neuerer Zeit wird von Gebr. Körting in Hannover ein Apparat unter dem Namen „Universal-Injektor“ gebaut, welcher mit einem doppelten Düsensystem versehen ist. Das Anlassen dieses Injektors geschieht durch Bewegung eines Handhebels und soll derselbe für eine Saughöhe bis 7 m und eine Temperatur des zugeführten Wassers bis 70° noch brauchbar sein.

Ähnliche Apparate wie die Injektoren sind nicht nur zur Kesselspeisung, sondern auch allgemeiner zur Wasserförderung unter den Namen Ejektoren oder Dampfstrahl-Elevatoren in Anwendung. Speziell für Dampfschiffe bieten dieselben im Falle der Gefahr als Leckpumpen große Vorteile, da man erhebliche Wassermassen in kurzer Zeit damit bewältigen kann. Der Dampfverbrauch ist allerdings bedeutend, kommt aber hier gegenüber der Einfachheit und Betriebssicherheit nicht sehr in Betracht, da ein großes Dampfquantum zur Verfügung steht.

Zwei derartige Apparate sind durch die Fig. 41 u. 42, Taf. XVI, dargestellt. Dieselben werden für ein Wasserquantum von 0,02 cbm bis 5 cbm pro Minute gebaut und erhalten dabei Dampfrohre von 20 bis 150 mm Durchmesser. Auch zur Förderung von Schlamm und Sand sind die Apparate mit besonderer Düsenform in Anwendung gekommen und können in einzelnen Fällen zum Reinigen tiefer Brunnen von eingedrungenem Triebssand, beim Fundieren von Brückenpfeilern und ähnlichen Arbeiten, welche nur kurze Zeit dauern, bei denen man daher bezüglich des Dampfverbrauches nicht sehr sparsam zu sein braucht, mit Vorteil Verwendung finden, wie dies z. B. auch bei der Ingangsetzung der Centrifugalpumpen für das Anfüllen derselben mit Wasser zutrifft.

Zur dauernden Wasserförderung sind die Apparate nur in solchen Fällen zweckmäßig, bei denen man Gelegenheit hat, die bei der Förderung des Wassers durch den Dampf auf dasselbe übertragene Wärme nutzbar zu machen, wie solches z. B. in Wasch- und Badeanstalten vorkommt. In anderen Fällen stellen sich die Betriebskosten wesentlich größer heraus als bei gewöhnlichen Dampfpumpen.

Auf der priv. österr. Nordwestbahn, Station Czaslau, wurden Versuche mit einem solchen Apparat nach Friedmann'schem System gemacht und dabei im Mittel 0,11 cbm Wasser pro Minute 16 m hoch gehoben. Es ergab sich, daß mit 1 kg Kohlen 1,52 cbm 1 m hoch gehoben wurden, während eine gewöhnliche Dampfmaschine mit 1 kg Kohlen 33 cbm 1 m hoch förderte. Die Leistung des Brennmaterials betrug also bei Anwendung einer Dampfmaschine das 22fache gegenüber dem Dampfstrahl-Elevator.³⁸⁾

§ 34. Wasserhebung mit direktem Dampfdruck (Pulsometer). Bei derartigen Wasserhebemaschinen wird das bei der Kondensation des Dampfes auftretende Vakuum zum Ansaugen und die Expansivkraft des Dampfes zum Drücken des Wassers auf größere Höhen benutzt. Die ersten derartigen Einrichtungen wurden von Savery 1698 erfunden und zur Ausführung gebracht, doch wurden dieselben wegen des großen Kohlenverbrauches von den verbesserten Dampfmaschinen verdrängt. In neuerer Zeit hat das Princip vielfach zur Ausführung verbesserter Apparate Veranlassung gegeben, und gehört zu diesen auch der allbekannte Pulsometer, während bereits seit längerer Zeit zum Heben des Saftes in den Zuckerfabriken sogenannte Montejus, welche auf demselben Princip beruhen, sich in dauernder Anwendung befinden.

Die Wirkung derartigen Apparate ist ähnlich der von Kolbenpumpen und sind ebenso wie bei diesen Saug- und Druckventile erforderlich. Der Raum zwischen beiden Ventilen steht mit einem größeren Gefäße in Verbindung. Denkt man sich dieses Gefäß mit Wasser gefüllt und von oben Dampf einströmend, so wird der Dampf das Wasser zu verdrängen suchen und sich bei der Berührung mit dem Wasser und den Gefäßwänden teilweise kondensieren. Je geringer diese Kondensation ist, um so vorteilhafter wird der Apparat arbeiten.

Nachdem das Wasser verdrängt und der Dampfzufluß abgesperrt ist, wird sich der in dem Gefäß enthaltene Dampf kondensieren und das dadurch entstehende Vakuum eine Füllung des Gefäßes mit Wasser veranlassen. Findet die Kondensation während dieser Periode rasch statt, so wird das Gefäß in kurzer Zeit gefüllt sein und das Spiel kann um so eher wieder beginnen. Außerdem üben währenddem die immerhin nicht ganz zu vermeidenden Undichtheiten einen geringeren Einfluß aus, weshalb in diesem Falle die Saughöhe größer genommen werden kann.

Die Bedingungen, unter denen man die günstigsten Resultate erzielt, sind also: geringe Kondensation des Dampfes während der Periode der Dampfeinströmung und rasche möglichst vollkommene Kondensation, nachdem der Dampf abgesperrt ist; dabei muß der Dampfdruck der Förderhöhe angemessen sein, da ein zu hoher Dampfdruck sich nicht ausnutzen läßt, denn eine erhebliche Expansion kann nicht stattfinden und ein zu geringer Druck hebt das Wasser nicht auf die verlangte Höhe.

Bei den Pulsometern sind zwei Apparate, welche abwechselnd arbeiten, verbunden, so daß die Wasserbewegung in den Röhren wie bei einer doppelt wirkenden Pumpe geschieht. Dabei ist der Wechsel der Dampfwege selbstthätig eingerichtet und findet die Wirkung ohne äußerlich sichtbare Bewegung statt.

Der in Fig. 46, Taf. XVI, angegebene Apparat wurde von Rittinger für den Tagebau einer Braunkohlengrube ausgeführt. Derselbe hebt bei drei Spielen

³⁸⁾ Zeitschr. d. österr. Ing. u. Arch. Ver. Bd. XXII. 1870. S. 136. — Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. Bd. IX. 1865. S. 237.

pro Minute circa 6 cbm Wasser 38 m hoch; die größte Saughöhe beträgt dabei 7,5 m und der Dampfdruck 4 Atmosphären. Die Form ist der eines Drucksatzes sehr ähnlich. Saug- und Steigrohr von 300 mm Durchmesser, sowie die Ventile sind ganz in derselben Weise angeordnet, nur ist der Plunsker Kolben mit Gestänge u. s. w. in Wegfall gekommen und statt dessen ein cylindrisches Gefäß aus Kesselblech von circa 1 m Durchmesser und 3,16 m Höhe aufgestellt. Auf dem Deckel des Gefäßes befinden sich drei Ventile, von denen eines für Dampfeinströmung, das zweite für Dampfausströmung und das dritte zur Einspritzung von Wasser dient, welches aus dem Steigrohr entnommen wird.

In dem Cylinder befindet sich ein hölzerner Schwimmer, welcher auf einer in der Mitte befindlichen Stange gleitet. Diese ist mit zwei Ringen versehen, welche in den äußersten Stellungen des Schwimmers diesem als Anschlag dienen. Die Stange ist in einer Stopfbüchse durch den Deckel geführt und mit einer Hubbegrenzung versehen, so daß eine größere Bewegung derselben nicht stattfinden kann, dagegen werden die äußersten Stellungen des Schwimmers dem die Steuerung besorgenden Arbeiter durch diese Stange äußerlich sichtbar. Unter dem Einspritzventil befindet sich eine tellerartige Platte zur Zerteilung des Einspritzwassers.

Das Anlassen des Apparates erfolgt, indem man das Steigrohr teilweise mit Wasser füllt, dann werden beide Dampfventile geöffnet und Dampf durch den Cylinder geblasen, um alle Luft aus demselben zu entfernen; nachdem dieses geschehen, schließt man beide und öffnet das Einspritzventil. Infolge der Kondensation saugt nun der Apparat das Wasser durch das Saugrohr an. Nach erfolgtem Anschlag des Schwimmers oder auch etwas früher wird das Einspritzventil geschlossen und das Dampfeinlaßventil geöffnet, wonach der auf die Wasseroberfläche wirkende Dampfdruck das Wasser durch das Steigrohr emporreibt, da Saug- und Druckventil sich bei der wechselnden Spannung im Cylinder ganz wie beim Hubwechsel einer Pumpe schließen und öffnen. Ist das gesamte Wasser aus dem Cylinder verdrängt, so wird das Dampfeinlaßventil geschlossen und das Dampfauslaßventil geöffnet, der gespannte Dampf entweicht und das Ventil wird wieder geschlossen, sobald der im Cylinder befindliche Dampf nur die Atmosphärenspannung hat. Alsdann wird das Einspritzventil wieder geöffnet und das Spiel beginnt von neuem.

Die Steuerung geschieht von Hand; zwar würde es auch möglich sein, eine selbstthätige Steuerung einzurichten, doch wird für sehr veränderliche Wassermengen die Handsteuerung vorgezogen, mit welcher man im Stande ist, die Hubzahl beliebig zu verringern, so daß zwischen den Hübten Pausen von kürzerer oder längerer Dauer eintreten.

Die Anlagekosten eines solchen Apparates stellen sich erheblich geringer wie die einer durch Dampfmaschine betriebenen Pumpenanlage, andererseits wird der Dampfverbrauch jedenfalls erheblich größer sein, indessen fehlen hierüber Mitteilungen von Erfahrungsergebnissen.⁹⁹⁾

Hall's Pulsometer; Fig. 50 u. 51, Taf. XVI. Die Übertragung der Kraft des Dampfes auf das Wasser geschieht bei diesem Apparat abwechselnd in zwei Gefäßen von flaschenförmiger Gestalt, deren Hälse gegeneinander geneigt sind, und wird die Kommunikation zwischen beiden durch das abwechselnd rechts und links anliegende und abschließende Kugelventil verhindert, über welchem sich die Dampfzuleitung be-

⁹⁹⁾ Zeitschr. d. österr. Ing. u. Arch. Ver. XXII. Jahrg. 1870. S. 50 u. 134.

findet. Die beiden Sitzflächen des Kugelventils haben einen Neigungswinkel von ungefähr 45° , so daß es nur einer sehr geringen Kraft bedarf, um die Kugel von einer Seite zur anderen zu bewegen. Dieses Ventil dient abwechselnd als Dampfeinlaßventil und Abschluß für die beiden Gefäße. Zwischen den Hälsen ist ein Saugwindkessel angeordnet und am unteren Ende der Gefäße befinden sich für jedes derselben ein Saug- und ein Druckventil. Die letzteren findet man entweder als Klappen oder als Kugelventile ausgeführt.

Der Saugwindkessel ist mit einem selbstthätig arbeitenden Luftenlaßventil versehen. Denkt man sich die beiden Gefäße und die Röhren mit Wasser gefüllt und Dampf einströmend, so wird derselbe in eines der Gefäße eintreten und das Wasser in das Steigrohr drücken, wobei die allmähliche Querschnittserweiterung in den Hälsen der Gefäße insofern günstig wirkt, als der Dampf die Oberfläche des Wassers nicht in einem heftigen Strahl trifft und somit keine Wirbel veranlaßt.

Nachdem das Wasser bis auf einen geringen Teil entfernt ist, tritt der Dampf in das Steigrohr, wodurch heftige Wirbelbewegung und Kondensation des Dampfes veranlaßt werden. Infolge der hiermit verbundenen Druckverminderung wechselt das Kugelventil seinen Sitz und der frische Dampf tritt in das andere Gefäß, während nun in dem ersten Ansaugen des Wassers stattfindet.

Mit dem Wasser tritt aus dem Windkessel Luft in das Gefäß, wodurch die Kondensation verzögert und das Vakuum verringert wird. Diese Verzögerung der Kondensation ist erforderlich, damit die Zeitdauer für das Füllen des ersten Gefäßes gleich derjenigen für das Entleeren des zweiten wird. Durch das Beharrungsvermögen des einströmenden Wassers wird der Druck in dem ersten Gefäß erhöht, während im zweiten gleichzeitig die Entleerung beendet ist und die Kondensation beginnen muß. Die so in beiden Gefäßen gleichzeitig auftretenden Druckveränderungen veranlassen den Sitzwechsel des Kugelventiles und damit Öffnen und Schließen der Saug- und Druckventile, wie bei dem Hubwechsel einer zweicylindrigen einfach wirkenden Pumpe.

Im zweiten Gefäß findet alsdann der soeben für das erste Gefäß beschriebene Vorgang statt, während in letzterem der einströmende Dampf nicht direkt das Wasser, sondern eine über demselben befindliche Luftschicht trifft; diese vermindert während der Druckperiode als schlechter Wärmeleiter die Kondensation des Dampfes. Durch Regulierung des Luft- und Dampfventiles hat man es in der Hand, die Saug- und Druckperioden mit einander in Einklang zu bringen, doch sind dabei die Saughöhe und Druckhöhe ebenfalls von Einfluß.

Der Dampfdruck wird um 1 bis 1,5 Atmosphären höher als die Pressung, welche der Druckhöhe entspricht, angenommen. Die Saughöhe kann circa 4 m, die Druckhöhe bis 30 m betragen; bei größerer Förderhöhe sind mehrere Apparate übereinander aufzustellen.

Nach Angabe von Schaltenbrand⁴⁰⁾ beträgt die Temperaturerhöhung des geförderten Wassers bei regelmäßigem Gange $2-2\frac{1}{2}^\circ$, kann jedoch auf $3-4^\circ$ steigen. Nach den Versuchen der Königl. Maschinen-Direktion in Wilhelmshaven wurden bei 6 m Förderhöhe und 0,2 cbm Förderquantum pro Minute mit 1 kg Dampf 1,17 cbm Wasser 1 m oder mit 1 kg Kohlen circa 8,2 cbm Wasser 1 m hoch gehoben; bei 10 m Förderhöhe und 0,23 cbm Förderquantum pro Minute mit 1 kg Dampf 1,79 cbm Wasser 1 m oder mit 1 kg Kohlen 12,53 cbm Wasser 1 m hoch gehoben.

Nach Eichler⁴¹⁾ wurden mit einem Pulsometer bei einer Förderhöhe von 29 m pro Minute

⁴⁰⁾ Schaltenbrand. Der Pulsometer. Berlin 1877.

⁴¹⁾ Eichler. Die Anwendung des Pulsometers. Berlin 1878.

0,810 cbm Wasser und zwar mit 1 kg Dampf 2,65—3,14 cbm Wasser 1 m hoch oder mit 1 kg Kohlen 18,55—21,98 cbm Wasser 1 m hoch gehoben.

Der Kohlenverbrauch stellt sich also nicht so ungünstig heraus wie beim Dampfstrahl-Elevator, jedoch größer als derjenige einer Pumpe; hingegen ist die Aufstellung des Pulsometers eine bequemere und der Raumbedarf ein geringer, und kann die Anwendung desselben in manchen Fällen, namentlich wenn die dem Wasser mitgeteilte Temperaturerhöhung sich verwerten läßt, oder für temporäre Anlagen zweckmäßig sein.

Die Form des Pulsometers, sowie die Anordnung der einzelnen Organe desselben kann sehr verschieden sein. Beispielsweise hat Hall allein in Amerika 29 verschiedene Patente genommen, welche sich auf Pulsometer d. h. Dampfvakuum-Pumpen beziehen. So zeigen Fig. 47 u. 48, Taf. XVI, eine andere Form eines derartigen Apparates, welcher in Amerika unter dem Namen Aquameter gebaut wird und sich von dem Pulsometer nur in der äußeren Form und der Anwendung doppelter Scheibenventile statt des Kugelventiles für den Wechsel der Dampfwege unterscheidet.

Auch in Deutschland werden ähnliche Apparate vielfach gebaut; zu diesen gehört auch die kolbenlose Zweikammer-Dampfpumpe von Schäffer & Budenberg in Magdeburg, bei welcher sich nach einem Versuche die Förderleistung pro 1 kg Dampf zu 3 cbm Wasser 1 m hoch oder pro 1 kg Kohlen zu 21 cbm Wasser 1 m hoch ergeben hat. Die Förderhöhe betrug 8 m, das Förderquantum 0,6 cbm pro Minute.

Das **Syphonoid**, Fig. 49, Taf. XVI, wie der Erfinder Hambruch diesen Apparat nennt, unterscheidet sich von den vorhergehenden Einrichtungen dadurch, daß die Kondensation des Dampfes in einem besonderen Gefäße geschieht. Um dieses zu erreichen, sind zwei vertikal gestellte Röhren von verschiedener Länge unten durch einen Krümmer verbunden. Das längere Rohr steht durch ein Klappenventil mit dem Saugrohr und durch ein zweites Klappenventil mit einem Gehäuse in Verbindung, welches zum Steigrohr führt. In diesem Gehäuse befindet sich der Kondensator, welcher durch eine sich nach unten öffnende Klappe mit dem längeren vertikalen Rohr kommuniziert.

Das kurze vertikale Rohr ist innen mit Holz oder einem anderen schlechten Wärmeleiter ausgefüllt, und befindet sich in demselben ein Schwimmer, welcher durch Anschlag auf das Steuerventil wirkt. Dieses ist auf dem Deckel des Rohres angebracht und so eingerichtet, daß durch dasselbe entweder frischer Dampf einströmt oder der im Rohr befindliche Dampf in den Kondensator geführt wird.

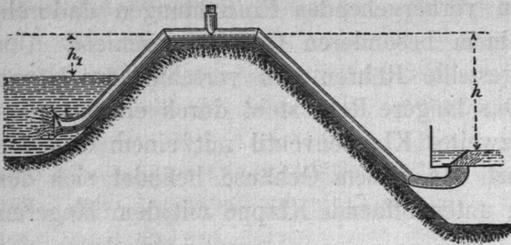
Denkt man sich zunächst die Röhren mit Wasser gefüllt und Dampf einströmend, so wird der Schwimmer hinunter gedrückt und das in dem längeren vertikalen Rohre befindliche Wasser dem Steigrohr zugeführt. Hat der Schwimmer seine tiefste Stellung erreicht, so findet die Umsteuerung statt, der frische Dampf wird abgesperrt und der im kurzen Rohr befindliche Dampf dem Kondensator zugeführt. Durch das nun eintretende Vakuum wird Wasser aus dem Saugrohr angesaugt und der Schwimmer gehoben, bis in der höchsten Stellung der Anschlag und damit die Umsteuerung erfolgt, so daß der eben beschriebene Vorgang von neuem stattfindet.

Der Apparat bietet im Princip gegenüber dem Pulsometer Vorteile, da die Abkühlung des einströmenden Dampfes geringer ausfällt und keine Luft für die Verlängerung der Saugperiode zugeführt zu werden braucht, dagegen ist der Raumbedarf ein größerer und die Details des Apparates scheinen noch der Verbesserung zu bedürfen, welche an den Pulsometern infolge sehr vieler Versuche bereits in ausgedehntem Maße angebracht sind.

In recht zweckmäßiger Weise kann das durch Kondensation des Dampfes sich bildende Vakuum zur **Entleerung der Latrinengruben** für städtischen Betrieb benutzt werden, indem man den Vakuumapparat gleichzeitig als Transportgefäß ausbildet. Man hat denselben als einen cylindrischen allseitig geschlossenen Kessel aus Eisenblech von circa 1 m Durchmesser und 3 m Länge gebaut, welcher auf einem Untergestell mit 4 Rädern ruht und von zwei Pferden transportiert wird. Oben ist der Kessel mit einem Dampfabsperrenteil und unten mit einer Abschließung zum Einlassen des Latrininhaltes versehen. An der Station, auf welcher die Verarbeitung oder Aufbewahrung der Fäkalien stattfindet, ist ein kleiner Dampfkessel für die Füllung des Apparats mit Dampf aufgestellt. Dieser kondensiert sich auf dem Wege zur Arbeitsstelle, wo die Spiralsaugschläuche ohne weiteres angeschraubt werden können. Die Füllung geschieht vollkommen geruchlos in circa 5 Minuten.⁴²⁾

§ 35. Heber. Der Heber ist ein gebogenes Rohr, durch welches zwei Gefäße mit verschiedenem Flüssigkeitsniveau in Verbindung gebracht werden. Derselbe kann nicht als Wasserhebungsapparat, sondern nur zum Transport des Wassers bei vorhandenem Gefälle dienen, welches bei zwischenliegenden Anhöhen oder anderen lokalen Hindernissen nicht direkt benutzt werden kann. Das Rohr mit Wasser gefüllt angenommen und die dem Atmosphärendruck entsprechende Wassersäule mit a bezeichnet, ergibt sich, siehe Fig. 20, von dem Steigrohr her an der höchsten

Fig. 20.



Stelle der Druck $a - h_1$, von dem Fallrohr her der Druck $a - h$. Die Differenz beider ist die Druckhöhe, welche das Wasser durch das Rohr treibt, also

$$a - h_1 - (a - h) = h - h_1$$

und die entsprechende theoretische Wassergeschwindigkeit

$$v = \sqrt{2g(h - h_1)}.$$

Durchfluß kann demnach nur dann stattfinden, wenn $h > h_1$ ist. h_1 muß $< a$ sein, da das Wasser bei absoluter Luftleere nicht höher als $a \cong 10$ m steigen kann; außerdem kann auch durch eine Fallhöhe h größer als a kein Einfluß auf die Wasserbewegung ausgeübt werden, da bei Anwendung einer größeren Fallhöhe sich luftleere Räume im Rohr bilden würden.

Die größte theoretische Geschwindigkeit bei gegebener Steighöhe ist

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

Die Widerstände, welche das Wasser beim Durchfluß durch die Röhren zu überwinden hat und dessen Geschwindigkeit reduzieren, sind in jedem einzelnen Falle, wie bei den Saugröhren der Pumpen angegeben wurde, zu ermitteln.

Die Röhren für Heberanlagen müssen gut dicht sein, da das Eindringen von Luft den Betrieb leicht stören kann; ferner sind Einrichtungen erforderlich, um die Röhren bei der Inbetriebsetzung mit Wasser füllen zu können. Dies geschieht direkt, indem man sowohl Steigrohr, wie Fallrohr an der Mündung mit einem Absperrventil versehen und an der höchsten Stelle des Lagerrohres, welches das Steigrohr mit dem Fallrohr verbindet, eine Füllöffnung benutzt.

⁴²⁾ Derartige Apparate sind vom Verfasser mehrfach mit gutem Erfolge zur Anwendung gebracht worden.

Es empfiehlt sich, dem Lagerrohr vom Steigrohr bis zum Fallrohr eine geringe Steigung zu geben, damit etwa mitgerissene oder eingedrungene Luft sich an dieser Stelle sammelt. Zur Entfernung derselben dient am besten eine kleine Luftpumpe, welche man auch zum Füllen des Hebers benutzen kann. In diesem Falle sind die beiden Ventile an den Mündungen nicht erforderlich, dagegen ist an irgend einer Stelle der Rohrleitung ein Ventil zur Regulierung der Geschwindigkeit anzubringen.

Die Mündungen des Steigrohrs und des Fallrohrs müssen unter dem niedrigsten Wasserspiegel liegen, damit keine Luft in die Röhren treten kann. Der Abschluss des Sperrventiles einer im Betriebe befindlichen Heberanlage soll sehr langsam geschehen, damit nicht durch die in Bewegung befindliche Wassermasse heftige Stöße hervorgerufen werden.

Für Bauzwecke mit Ausnahme des Bergbaues finden die Heber wohl selten Anwendung, und richten sich deren Details nach den lokalen Verhältnissen.⁴³⁾

§ 36. Wahl der geeigneten Art der Wasserhebung für die im Bauwesen vorkommenden Aufgaben unter Berücksichtigung der Anlage- und Betriebskosten. Um unter den vielen vorhandenen Wasserhebungsmaschinen eine geeignete Wahl treffen zu können, ist es, abgesehen von den örtlichen Verhältnissen, erforderlich, die zu hebende Wassermenge und die Förderhöhe, sowie die ungefähre Dauer der ganzen Schöpferarbeit zu kennen. Die Förderhöhe läßt sich in jedem einzelnen Falle leicht bestimmen, doch wird dieselbe meistens variabel sein. Über die ungefähre Dauer lassen sich ebenfalls gewöhnlich leicht Anhaltspunkte gewinnen, dagegen ist die Bestimmung der zu hebenden Wassermenge meistens schwieriger und nur nach den unter ähnlichen Verhältnissen gemachten Ausführungen schätzungsweise möglich. Hierbei ist es stets ratsam, die Wassermenge reichlich groß anzunehmen, damit man nach vorgekommenen Betriebspausen die Baugrube rasch wieder trocken legen kann, und eignen sich in diesen Fällen besonders solche Pumpen, mit welchen bei anfänglich geringer Förderhöhe die zur Verfügung stehende Betriebskraft vollständig ausgenutzt werden kann.

Nach Köpcke⁴⁴⁾ waren beim Bau der steuerfreien Niederlage in Harburg aus einer dicht umschlossenen Baugrube, bei Triebsandboden ohne größere Quellen, einer Tiefe von 3,8 m unter dem äußeren Wasserstande und einer Grundfläche von 1374 qm, pro Minute durchschnittlich 2,25 cbm Wasser auszuschöpfen, also pro qm Grundfläche 1,7 l Wasser pro Minute um 3,8 m zu heben.

Nimmt man an, daß der Wasserzufluß proportional der Wurzel aus der Druckhöhe ist, so erhält man als minutliche Wassermenge pro qm Baugrube:

bei 1 m Druckhöhe	0,87 l	bei 3 m Druckhöhe	1,51 l
„ 1,5 „	1,06 „	„ 3,5 „	1,63 „
„ 2 „	1,23 „	„ 4 „	1,74 „
„ 2,5 „	1,37 „		

Das vorstehende Beispiel zeigt, wie man in jedem gegebenen Falle aus in der Nähe der Baustelle gemachten Beobachtungen den mutmaßlichen Wasserzufluß bestimmen kann.

Hat man sich in dieser Weise ein Urteil über die Wassermenge, die Förderhöhe und die Zeitdauer der Schöpferarbeit gebildet, so ist es zunächst nötig, eine Ent-

⁴³⁾ Näheres findet sich darüber in: v. Hauer. Die Wasserhaltungsmaschinen der Bergwerke. S. 768 und in Weisbach's Ing.- u. Maschinen-Mechanik. III. Teil. 2. Abt. Braunschweig. 1881. S. 1042.

⁴⁴⁾ Siehe Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover. 1860. S. 263.

scheidung über die anzuwendende motorische Kraft zu treffen. Nur selten steht Wasserkraft zu Gebote, und wird man in den meisten Fällen zwischen der Anwendung von Handarbeit und Dampfmaschinenbetrieb zu wählen haben, da Göpelwerke für Schöpfarbeiten nur in Ausnahmefällen vorteilhafte Verwendung finden.

Die tägliche Förderleistung eines Arbeiters darf man im Mittel zu 180 cbm 1 m hoch annehmen; bei einem Taglohn von 2,70 M. kostet also das cbm Wasser durch Handarbeit 1 m hoch zu heben 1,5 Pf. Bei Anwendung von Dampfmaschinen und zweckmäßigen Pumpen ist anzunehmen, daß mit 1 kg Kohlen 30—40 cbm Wasser 1 m hoch gefördert werden.

Die Kosten von 1 kg Kohlen zu 1,5 Pf. gerechnet, ergibt sich, daß die Kosten des Brennmaterialverbrauches einer Dampfmaschine nur $\frac{1}{30}$ des Lohns für Handarbeit betragen. Außerdem erwachsen zwar für die Dampfmaschine noch Betriebskosten durch die erforderliche Wartung und Ölung der Maschine, doch betragen letztere nicht mehr als 10 bis 15% des Geldaufwands für Brennmaterial. Die Kosten der Wartung sind bei größeren und kleineren Maschinen annähernd gleich und können zu 7 M. pro Tag zu 24 Arbeitsstunden angenommen werden.

Hiernach stellen sich die Betriebskosten bei Hand- und Dampfmaschinenbetrieb annähernd gleich, wenn pro Tag zu 24 Arbeitsstunden 480 cbm Wasser 1 m hoch zu heben sind.

Die Anlagekosten sind für Maschinenbetrieb erheblich größer als bei Handbetrieb, und muß in jedem speciellen Falle untersucht werden, ob erstere sich genügend verzinsen und amortisieren. Allgemeine Angaben hierüber haben für die Praxis wenig Wert, da sie bei den nicht unbedeutenden Preisschwankungen und dem wesentlichen Einfluß der speciellen Verhältnisse auf die Kosten nicht genügende Genauigkeit besitzen können. Übrigens ist es ja leicht, in gegebenen Fällen sich von Maschinenfabrikanten Preiscourante und genaue Anschläge zu verschaffen. Bei allen ausgedehnteren Schöpfarbeiten wird man konstatieren können, daß der Maschinenbetrieb billiger ausfällt als Handbetrieb, während bei geringeren Anforderungen, namentlich bei oft wechselnder Arbeitsstelle, der Handbetrieb den Vorzug verdient.

Göpelbetrieb wird in Fällen eingerichtet, bei denen die Leistung für Handbetrieb reichlich groß ist, dagegen die Anschaffung einer Dampfmaschine wegen zu kurzer Betriebszeit nicht gerechtfertigt erscheint, oder vielleicht auch der Transport der Maschine und des Brennmaterials zur Baustelle mit besonderen Schwierigkeiten verknüpft ist.

Oft wird die Wahl der Betriebskraft noch dadurch erleichtert, daß Maschinen bereits vorhanden oder leihweise zu haben sind.

Hat man sich hierüber entschieden, so bleibt noch übrig, die Wasserhebungsmaschine zu wählen. Für Handbetrieb eignet sich, wenn nicht die für Anwendung der Wurfchaufel und des Handeimers angegebenen Verhältnisse vorliegen, bei kleinen Förderhöhen bis 1 m und größerer Wassermenge die Wasserschnecke recht gut, während bei kleinen Wassermengen die Bohlen- oder Blechpumpen Anwendung finden. Für Förderhöhen bis 8 m ist die zweicylindrige einfach wirkende Saugpumpe, Baupumpe genannt, siehe S. 278, sehr geeignet, dagegen müssen bei größeren Förderhöhen je nach Umständen Druck- oder Hebepumpen aufgestellt werden. Bei der Auswahl hat man namentlich auf leichte Zugänglichkeit aller arbeitenden Teile Wert zu legen.

Bei Maschinenbetrieb eignet sich für fast alle im Bauwesen vorkommenden Fälle die Centrifugalpumpe am besten, während für geringe Förderhöhen und große Wassermengen, z. B. bei Entwässerung von Ländereien, Kreiselpumpen vorzuziehen sind, da die Wasserwege dabei kurz und weit gehalten werden können, so daß die bei geringen Förderhöhen leicht einen erheblichen Procentsatz bildenden Widerstandshöhen gering ausfallen; außerdem werden sich die Anlagekosten in den meisten Fällen niedriger stellen als bei Centrifugalpumpen.

Die Betriebskosten einer guten Centrifugalpumpe werden selten mehr als die einer Kolbenpumpe betragen. Dabei ist man im stande, sehr unreines Wasser zu fördern, ohne viele Reparaturen befürchten zu müssen, und kann durch Veränderung der Umdrehungszahl das Wasserquantum erheblich variieren, ein Vorteil, der bei den praktischen Ausführungen sehr hoch anzuschlagen ist, selbst wenn man den damit verbundenen größeren Kohlenverbrauch berücksichtigt.

Um diesen Vorteil gehörig ausnutzen zu können, sind die Röhren der Pumpe recht weit zu halten. Bei gleicher Leistungsfähigkeit betragen die Anschaffungskosten erheblich weniger als für Kolbenpumpen, und sind die für die Aufstellung und den Antrieb erforderlichen Einrichtungen leichter und billiger zu beschaffen. Gegenüber der Wasserschnecke und Wasserschraube bieten die Centrifugalpumpen ähnliche Vorteile, außerdem lassen sie sich den Wasserständen bei veränderlichen Förderhöhen leichter anpassen.

Für Flüssigkeiten, welche durch die beigemengten gröberen Verunreinigungen ein Verstopfen der Radkanäle bewirken könnten, empfiehlt es sich, Centrifugalpumpen mit einseitigem Einlauf anzuwenden, welche so eingerichtet sind, daß man durch Öffnen eines Deckels das Schaufelrad untersuchen kann, ohne die Rohrverbindungen lösen zu müssen. Die gebräuchlichen Centrifugalpumpen sind für Förderhöhen bis 10 m geeignet, doch baut man auch derartige Pumpen mit besonders großem Schaufelrade für Förderhöhen bis 30 m.

Bei einer richtig konstruierten Centrifugalpumpe, betrieben durch eine gut ausgeführte Lokomobile, kann man annehmen, daß mit 1 kg westfälischer Förderkohle 40 bis 60 cbm Wasser 1 m hoch gehoben werden. In einzelnen Fällen, namentlich beim Bergbau, würde die Aufstellung von Centrifugalpumpen schwierig oder auch ganz unmöglich sein, und hat man dann von den Kolbenpumpen Gebrauch zu machen, auch kann die Verwendung von Pulsometern, Dampfstrahl-Elevatoren oder Wasserstrahlpumpen geeignet sein.

Litteratur.

- Schwarz. Der Grundbau. Berlin 1865.
 Hagen. Handbuch der Wasserbaukunde. 1. Teil. 2. Bd. 3. Aufl. Berlin 1869.
 Redtenbecher. Resultate für den Maschinenbau. 5. Aufl. Mannheim 1869.
 Rühlmann. Allgemeine Maschinenlehre. IV. Bd. Braunschweig 1875.
 Mannlicher. Pumpen und Feuerlöschapparate. Bericht über die Weltausstellung in Philadelphia. Wien 1877.
 Fink. Theorie und Konstruktion der Brunnenanlagen, Kolben- und Centrifugalpumpen, der Turbinen, Ventilatoren und Exhaustoren. 2. Aufl. Berlin 1878.
 J. von Hauer. Die Wasserhaltungsmaschinen der Bergwerke. Leipzig 1879.
 Encyclopédie Rorét. Fabricant de Pompes et de Machines pour élever les eaux. Paris 1881.
 Weisbach. Ingenieur- und Maschinen-Mechanik. III. Teil. 2. Abt. 2. Aufl. Braunschweig 1881.

Kolbenpumpen.

- Hagen. Trockenlegung des Harlemer Meeres. Erbkam's Zeitschr. f. Bauw. 1860.
 Apparat zur Sicherung des Effektes der Hübe u. s. w. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1860. S. 178.
 Decker. Universal-Dampfmaschine. Maschinenb. 6. Jahrg. 1871. S. 341.
 Downton-Pumpe. Dingl. polyt. Journ. 1870 III. S. 97 u. 1873 II. S. 113. — Zeitschr. d. österr. Ing. u. Arch. Ver. 1872. S. 353.
 Schmid's oscillierende Pumpe. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1872. S. 592.
 Hochdruckpumpe für Wasserwerke. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1874. S. 92.
 Schmid's oscillierende Pumpe. Dingl. polyt. Journ. 1874 I. S. 329.
 Weyhe's Rotationspumpe. Dingl. polyt. Journ. 1876 IV. S. 113.

Schachtpumpen.

- Kattwinkel. Schachtpumpenanlage. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1863. S. 540.
 Pumpen zum Abteufen von Schächten. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1864. S. 531.
 Pumpen mit hydrostatischem Gestänge. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1865. S. 153.
 Schachtpumpe. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1865. S. 400.
 Salaba. Theorie der Wasserhaltungsmaschinen nach dem System Sims-Kley. Zeitschr. d. österr. Ing. u. Arch. Ver. 1871. S. 279.
 Betriebsresultate einer unterirdischen Wasserhebungsmaschine. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1872. S. 550.
 Reuleaux. Über die neueste Entwicklung des Baues und der Anwendung der Dampfmaschinen. Dingl. polyt. Journ. 1873 III. S. 234. — Deutsche Ind. Ztg. 1873. S. 285.
 Illek. 500pferdige Wasserhaltungsmaschine am Ubuschachte der Rossitzer Bergbaugesellschaft. Civiling. 1876. S. 161.
 Rittinger'sche Pumpe. Dingl. polyt. Journ. 1876 II. S. 408.
 Pumpe der Erin Colliery. Engineer 1876 II. S. 238 u. 239.

Centrifugal- und Kreiselpumpen.

- Fink'sche Centrifugalpumpen mit einigen Abänderungen von Möller & Blum. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1868. S. 385, contra S. 642.
 Werner. Theorie der Kreiselpumpe. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1869. S. 243.
 Monographie über Centrifugalpumpen. Armengaud. Publication industr. Bd. 19. 1869. S. 287—334. Taf. 23—24.
 Theorie von Linnenbrügge. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1870. S. 5 u. 97.
 Grove. Vortrag über Centrifugalpumpen und deren Anwendung bei Bauten. Zeitschr. d. Hannov. Arch. u. Ing. Ver. 1870. S. 236.
 Moll. Theorie und Konstruktion der Centrifugalpumpen. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1871. S. 299.
 Über Centrifugalpumpen von Thomson. Maschinenb. 1871. S. 376.
 Grove. Konstruktion und Theorie der Centrifugalpumpen. Ann. du Genie civil. 1872.
 Centrifugalpumpen zum Wasserheben. Maschinenb. 1873. S. 384. — Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1873.
 Einfluß der Förderhöhen auf die Konstruktion der Centrifugalpumpen. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1873. S. 449.
 Gieseler. Beitrag zur Theorie der Centrifugalpumpen. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1875. S. 689.

Hydraulische Widder, Dampfstrahl- und Wasserstrahlpumpen.

- Dampfstrahlpumpe zur Entwässerung der Steinkohlengrube Iduna. Dingl. polyt. Journ. 1864 III. S. 477. — Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1865. S. 236.
- Nagel's Wasserstrahlpumpe etc. nebst Theorie von Werner. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1866. S. 122.
- Berndt. Messungen mit einem Nagel'schen Wassersaugeapparat. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1869. S. 407.
- Wasserhebung mittels des Friedmann'schen Injektors. Zeitschr. d. österr. Ing u. Arch. Ver. 1870. S. 136.
- Hydraulische Widder. Prakt. Masch. Konstr. 1870. S. 290.
- Rosenkranz. Über Injektoren. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1872. S. 110.
- Couquet & Bock in Hannover. Dampfstrahlapparate mit centralem Eintritt des Dampfes in dünnen Schichten. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1878.

Verschiedene Wasserhebemaschinen. Betriebskosten.

- Wasserhebung auf der Schleusenbaustelle bei Hohensathen. Erbkam's Zeitschr. f. Bauw. 1853. S. 565 mit Taf. 83 u. 84.
- Bemerkungen über verschiedene jetzt gebräuchliche Wasserhebemaschinen zur Entwässerung von Ländereien mit besonderer Berücksichtigung der Centrifugalpumpen. Erbkam's Zeitschr. f. Bauw. 1859. S. 79.
- Einige Pumpenkonstruktionen für Dampfschiffe. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1864. S. 536.
- Treuding. Über Ent- und Bewässerung von Ländereien. Zeitschr. d. Hann. Arch. u. Ing. Ver. 1864—65.
- Versuche mit verschiedenen Pumpen. Resultate. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1865. S. 84.
- Wasserhebungsmaschinen für temporäre und definitive Zwecke (Kettenpumpe, Centrifugalpumpe). Artizan. 1865. S. 146.
- Apparat zur Wasserhebung. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1865. S. 502.
- Referate über Pumpen. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1870. S. 196 u. 784. — Zeitschr. d. Hann. Arch. u. Ing. Ver. 1878. S. 98 u. 1876. S. 461, 466, 569.
- Wiebe. Das Pumprad, eine neue Wasserhebemaschine. Erbkam's Zeitschr. f. Bauw. 1872. S. 252.
- Kosten der Wasserhebung. Techn. Blätter. 1872. S. 58. — Dingl. polyt. Journ. 1872 III. S. 417.
- Die Pumpen auf der Wiener Weltausstellung. Prakt. Masch. Konstr. 1874. S. 220, 236, 251. Mit Abb. — Engng. 1873 II. S. 31.
- Graindel's Rotationspumpe. Dingl. polyt. Journ. 1874 II. S. 454.