

B. Gesperrwerke mit Druckorganen.

§. 319.

Flüssigkeitsschaltwerke aus laufendem Gesperre.

Die Gesperre der Druckorgane sind die Ventile. Sie lassen sich *) in ganz dieselben zwei Hauptklassen theilen, wie die Gesperre aus starren Elementen, nämlich in:

laufende Gesperre, das sind die Hebungsventile, und
 ruhende Gesperre, das sind die Gleitungsventile.

Beispiele von den ersteren sind die Klappen, Kegelventile, Kugelventile, von den letzteren die Hähne, Dreh- und Flachschieber. Beide Ventilgattungen tragen dabei die Eigenschaften der Zahn- und der Reibungsgesperre gleichzeitig an sich, indem sie bei geringer Freilegung des Durchlasses die Flüssigkeit durch Reibung verzögern, bei völliger Freilegung aber nicht. Wir brauchen deshalb hier eine Trennung wie die der Reibungsgesperre von den Zahngesperren nicht zu machen.

Die Kolbenpumpen und Kolbenkraftmaschinen sind nun Gesperrwerke. Die Einführung dieser Betrachtungsweise**) in die Praxis scheint mir nicht mehr hinausgeschoben werden zu dürfen, da die Ausführungen in ihrer zunehmenden Vielartigkeit bei der älteren Auffassung nicht mehr zu überblicken sind. Die Ventildpumpen, die wir nunmehr hier behandeln wollen, sind Flüssigkeitsschaltwerke. Wir können bei ihnen die Wirkung durch die Schwere von derjenigen durch lebendige Kraft nicht wohl unterscheiden, da beide zu oft vereinigt auftreten.

Am ältesten ist die Schaltung von Luft, ältester Kolben der Membrankolben (S. 870) in Form eines Thierbalges, der auch dem betreffenden Geräth bei uns seinen Namen hinterlassen hat. Die Dienste eines Ventiles versah zuerst der menschliche Daumen, bei grösseren Blasebälgen die Ferse des Balgen-

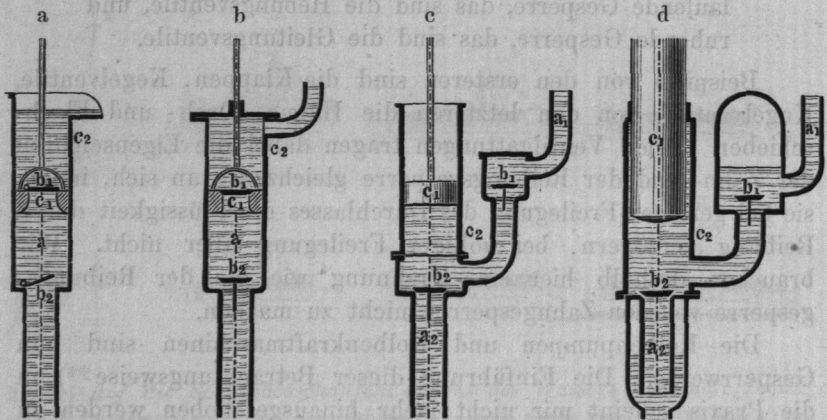
*) Wie ich in meiner „Theor. Kinematik“, S. 459 ff. gezeigt.

**) 1874 vom Verfasser zunächst für theoretische Untersuchungen veröffentlicht, Berl. Verhandlungen 1874, S. 228 ff., in seinen Vorlesungen bereits seit 1866 angewandt.

treters*); dann führten sich die Lederklappen ein. Bald wird der Kolben durch eine Platte versteift, so dass die Form der Priesterpumpe (Fig. 949) entsteht, später die unseres Blasebalges mit schwingender Platte; danach kommt der gleitende Scheibenkolben (äussere Dichtung), nach ihm, aber schon früh im vorigen Jahrhundert bekannt**), der Tauchkolben (innere Dichtung, vergleiche §. 310), worauf sich dann die zahlreichen Formabwandlungen, die heute im Gebrauch sind, bilden. Wir gehen zu Beispielen über.

Fig. 975. *a* gewöhnliche Saug- und Hebepumpe, Schaltwerk der in Fig. 749 dargestellten Gattung; *a* Druckorganstrom (welcher an die Stelle

Fig. 975.



des Rades *a* getreten ist), *b*₂ Sperrklinke in der Form des Saugventils, *c*₂ Leitung für Kolben und Wasser, *c*₁ anderer Sperrklinkenträger, als Kolben ausgeführt, *b*₁ andere Sperrklinke, das Steigventil. Das heraufgeschaltete Wasser fliesst oberhalb des Kolbens aus; soll dies hoch oberhalb geschehen, so muss das Leitungsrohr *c*₂ entsprechend hoch hinauf verlängert werden, mit ihm die, innerhalb seiner sich bewegende Kolbenstange. *b* Einrichtung für den Fall, dass die letztere Stange zugänglicher bleiben soll; eine Stopfbüchse, welche die Stange dicht umschliesst, ist hinzugekommen, das Steigrohr erhöht. *c* sogenannte Druckpumpe mit Scheibenkolben, *d* des

*) Die in ägyptischen Wandgemälden dargestellten Tretpälge haben wohl nicht, wie Wilkinson und Ewbank glauben, und nach ihnen Rühlmann annimmt (Allg. Maschinenlehre IV, S. 724), Klappventile, sondern erfahren Abschliessung mit der Ferse des Treters, wie noch heute in ganz nahe verwandten indischen Gebläsen; vergl. auch Wedding-Percy, Eisenhüttenkunde, Braunschweig 1864, S. 494 ff.; der indische Handblasebalg hat noch heute bloss den vom Daumen zu schliessenden Luftzugang.

**) S. Béliidor, Arch. hydraulique, Paris 1739, II, S. 62.

gleichem mit Tauchkolben. Hier ist auch das andere Ventil an das feststehende Gehäuse verlegt. Die Wassersäule a zerfällt nun in einen oberen und einen unteren Theil, a_1 und a_2 , von denen der untere beim Aufgang, der obere beim Niedergang des Kolbens verschoben wird. Das jedesmalige Stillsetzen der bewegten Wassermassen lässt leicht Stosswirkungen eintreten; um diese zu vermindern, hält man die Wassergeschwindigkeit klein, sucht auch öfter die Stösse durch Windkessel unschädlich zu machen. Bei d ist sowohl an der oberen, als an der unteren Wassersäule ein Windkessel angebracht.

Die dargestellten Pumpen heissen einfachwirkende, weil sie bei jedem ganzen Kolbenspiel eine einfache Füllung des Stiefels befördern. Unter einer Füllung wird hierbei ein Volumen gleich dem Produkt aus Kolbenfläche und Hublänge verstanden*). Die zwischen den Ventilen, dem Kolben und den Deckeln in der Regel noch vorhandenen, über den reinen Füllungsraum hinausgehenden Räume heissen die schädlichen Räume der Pumpe.

Gestaltet man den Kolben so, dass seine Gleitfläche einem Hohlkörper angehört, worauf die Gleitfläche des Stiefels die zugehörige Vollform erhalten muss, so entstehen bauliche Umgestaltungen, welche manchmal vortheilhaft sind.

*Fig. 976 (a. f. S.). a Pumpe von Muschenbroek (1762) für geringe Förderhöhen, b Donnadieu's Pumpe für grosse Förderhöhen, insbesondere für artesische Brunnen**). Bei letzterer Bauart erkennt man deutlich, dass der ehemalige Kolben festgestellt, dafür aber Kapsel und Rohr beweglich gemacht sind, wodurch aber das Wesen der Pumpe nicht geändert wird (vergl. Fig. 749). c Pumpe von Athans mit sogenanntem Perspektivkolben, von Fig. 975 a nur dadurch unterschieden, dass der Kolben länger gestreckt und durch seitliche Stangen von aussen statt durch eine axiale Stange von innen geführt wird***). d Abänderung von c, bei welcher die Hohlpackung dem Kolben statt der Kapsel gegeben ist.*

*) Bei kleineren und mittelgrossen Pumpen bedingen die Ventilbewegungen Verluste an Füllung, die mit wachsender Kolbengeschwindigkeit abnehmen. So betrug bei einer Versuchsreihe die Hubwassermenge bei 27 bis 40 minutlichen Spielen 92 Proz.

„ 50	„	95	„
„ 60	„	98	„

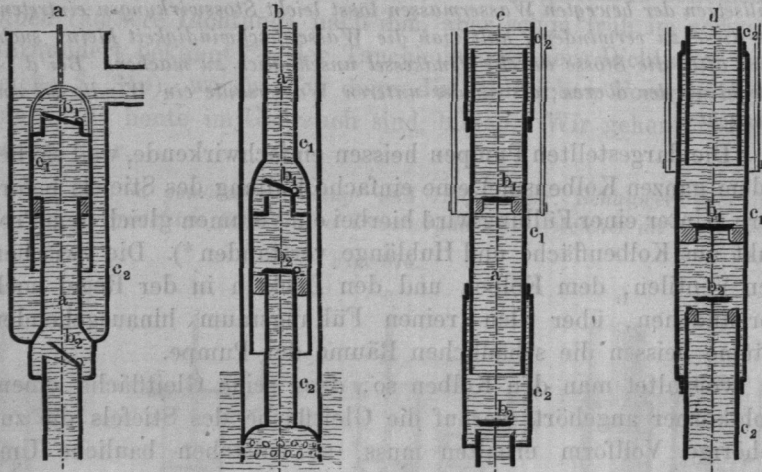
der theoretischen Füllung (König, Pumpen, Jena 1869, S. 40). Bei sehr grossen Pumpen übersteigt auch wohl die wirkliche Füllung die theoretische, so bei den 1 m weiten Pumpen auf Grube Bleyberg bis um 4 Proz. (Portefeuille John Cocquerill); die in Bewegung befindliche Wassersäule durchfliesst dann also das Saugventil auch noch nach dem Schluss des Kolbenniedergangs. S. auch Z. D. Ing. 1887 (Juni), S. 516.

***) S. Poillon, traité th. et prat. des pompes, Paris 1885, Taf. 27.

****) Vergl. auch die von den Spaniern Barufet u. Veciana neuerdings angegebene Pumpe mit ebensolchen Kolben bei Poillon a. a. O. S. 193, Taf. 33 u. 34.

In den unter Fig. 975 *a*, *b* und Fig. 976 *a* dargestellten Pumpen taucht die Kolbenstange beim Niedergehen in die Flüssigkeit ein und wirkt dadurch als Kolben, indem sie Wasser verdrängt, d. i. hebt.

Fig. 976.



sigkeit ein und wirkt dadurch als Kolben, indem sie Wasser verdrängt, d. i. hebt. Beim Aufwärtsgehen lässt sie darauf wieder Wasser an die von ihr verlassene Stelle treten. Sie ändert also an der Fördermenge nichts, treibt aber das Wasser so, dass die Pumpe auch beim Senken des Kolbens ausgiesst, obwohl in geringem Maasse. Man kann aber, wie schon früh an Schachtpumpen mit hohem, offenem Steigrohr gefunden wurde, durch Verdickung der Kolbenstange, oder Ausbildung derselben zu einem völligen Kolben, die beiden Antheile am Ausgiesen auch gleich machen. Die so erhaltene Pumpe kann man eine doppeltausgiesende, oder auch kurz Doppelpumpe nennen; sie besteht nämlich im Grunde aus zwei Pumpen, denen die Ventile gemeinsam sind. Hier einige Beispiele.

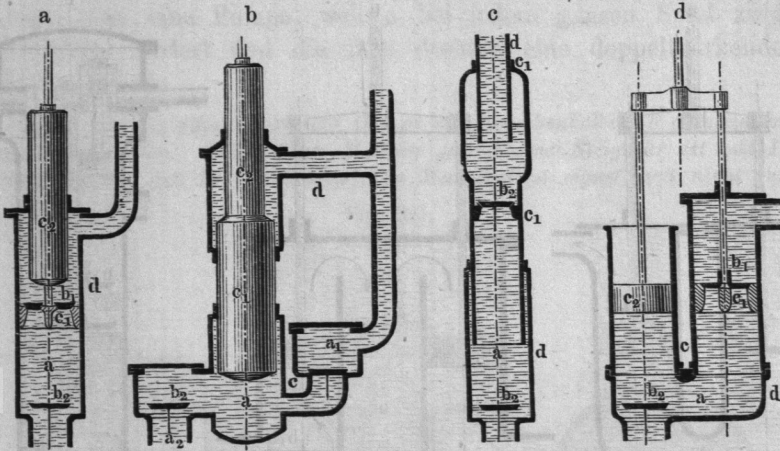
Fig. 977. *a* die Kolbenstange eines Scheibenkolbens c_1 ist zu einem Tauchkolben c_2 erweitert, dessen Querschnitt halb so gross ist, als der von c_1 ; wird, etwas zu gelehrt, auch Differenzialpumpe genannt. *b* beide Kolben als Tauchkolben gestaltet, die Ventile beide an das feste Gehäuse verlegt (Dubuc*). *c* beide Kolben als Perspektivkolben gebildet (Rättinger), für Grubenpumpen sehr geeignete Bauart; *d* der Hilfskolben als Scheibenkolben parallel zum Hauptkolben gesetzt (von Trevethik um 1802 angegeben**).

*) S. Poillon a. a. O. Taf. 7, Wasserwerk von Saigun.

**) S. Ewbank, Hydraulics and mechanics, New-York 1870, S. 280.

Beide Wassersäulen, die obere und die untere, bleiben beim Vor- und Rückschreiten des Gestänges in Bewegung, wenn man den Saugventilträger einer Hebepumpe ebenfalls als Kolben gestaltet. Der Mechanismus bildet dann eine Doppelschaltung

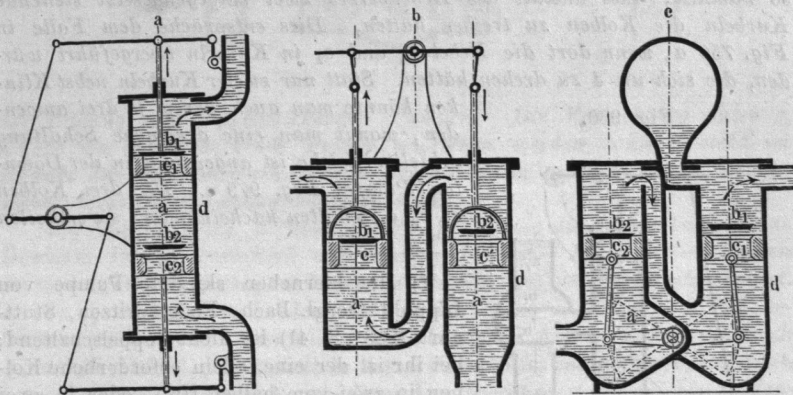
Fig. 977.



(vergl. S. 656), und die Pumpe wird wiederum eine doppelt-ausgessende oder Doppelpumpe.

Fig. 978. *a* doppeltschaltende Pumpe mit zwei gegen einander bewegten Ventilkolben- (wird Fourneyron zugeschrieben, ist aber weit älter); dieses

Fig. 978.



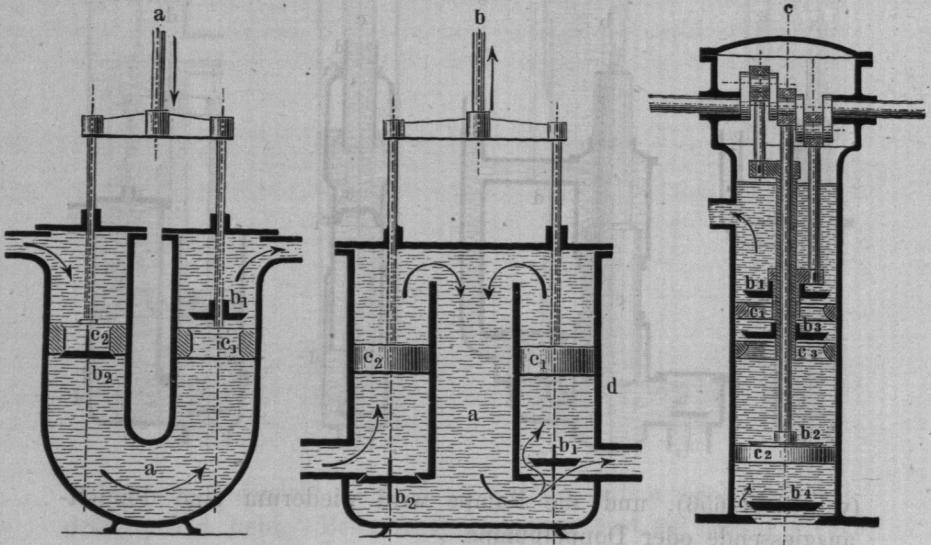
Wasserschaltwerk entspricht dem Zahnschaltwerk Fig. 750 a. Eben daselbe gilt von den Pumpen unter b und c, erstere von Stoltz*), letztere von Amos und Smyth**) angegeben. Fig. 979 a (a. f. S.) Vose'sche Pumpe; bei ihr

*) S. m. Theor. Kinematik, S. 462.

**) S. Poillon a. a. O. Taf. 29.

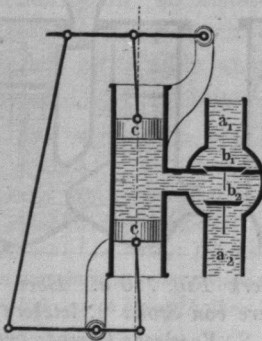
gehen die beiden Ventilkolben parallel. Diese Pumpe entspricht der Lagarousse-Schaltung, Fig. 750 b. Derartige doppeltschaltende Pumpen würden sich auch mit geschlossenen Kolben herstellen lassen, wenn Werth darauf zu legen wäre, z. B. in der unter b (vom Verf.) angegebenen Anordnung,

Fig. 979.



welcher sich noch andere hinzufügen liessen*). Die Fourneyron'sche Pumpe, Fig. 978 a, liesse sich bezüglich der Betriebsvorrichtung noch umgestalten, so nämlich, dass anstatt des Hebelwerkes zwei entgegengesetzt stehende Kurbeln die Kolben zu treiben hätten. Dies entspräche dem Falle in Fig. 750 a, wenn dort die Hebel c_1 und c_2 in Kurbeln übergeführt würden, die sich um 4 zu drehen hätten. Statt nur zweier Kurbeln nebst Klincken könnte man auch deren je drei anwenden, womit man eine dreifache Schaltung erhielte. Solche ist angewandt in der Downton-Pumpe, Fig. 979 e. Die drei Kolben c_1, c_2, c_3 schalten nacheinander; sie ertheilen

Fig. 980.



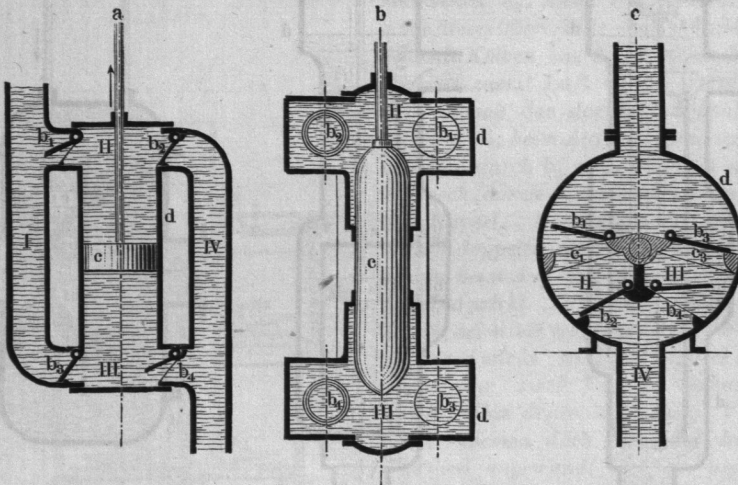
*) Die hierneben skizzierte Pumpe von Lippold (vergl. Bach, Feuerspritzen, Stuttgart 1883, S. 41) ist nicht doppeltschaltend; bei ihr ist der eine, allein erforderliche Kolben in zwei vom halben Hub, oder in zwei von demselben Hub, aber auf die Hälfte verkleinerten Querschnitt aufgelöst. Auch die Franklin'sche Doppelpumpe (s. König a. a. O. S. 55) hat diese, wohl keinen Vortheil gewährende Einrichtung.

dem Wasser im Steigrohr eine ziemlich gleichförmige Bewegung, wozu der die Kurbeln umschliessende Windkessel beiträgt; das Fussventil b_4 könnte zur Noth noch wegbleiben*).

Vereinigt man zwei vollständige Flüssigkeitsschaltwerke so mit einander, dass ihnen Kapsel und Kolben gemeinsam sind, so erhält man eine Pumpe, welche bei jedem ganzen Spiel zwei Füllungen fördert und die man deshalb eine doppeltwirkende Pumpe nennt.

Fig. 981. a doppeltwirkende Pumpe mit Scheibenkolben, b desgleichen mit Tauchkolben. Das beiden Hälften gemeinsame Steigrohr ist mit I, das Saugrohr mit IV bezeichnet. Der Ventilkolben eignet sich nicht gut

Fig. 981.



zur Bildung von doppeltwirkenden Pumpen. Die Vorrichtung unter c, welche als doppeltwirkende Pumpe angesehen werden kann, besteht im Grunde aus zwei einzelnen Pumpen, deren Kapseln c_1 und c_2 in ein gemeinsames Arbeitsstück zusammengezogen sind.

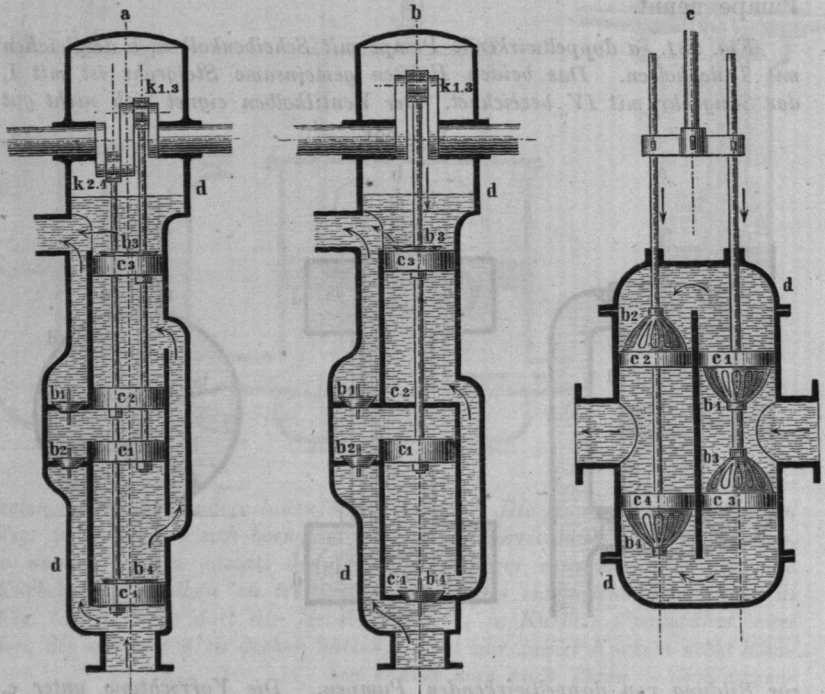
Fig. 982 (a. f. S.). a Stone'sche Pumpe**), wie die vorhin besprochene Downton-Pumpe wesentlich auf Schiffen benutzt. Es sind vier Kolben in zwei axial hintereinander liegenden Stiefeln von gleicher Weite benutzt. c_1 und c_3 sind fest verbunden und werden durch die Kurbel k 1. 3 betrieben, während die ebenfalls fest verbundenen Kolben c_2 und c_4 durch die zweite Kurbel, k 2. 4, welche der ersten gleich und entgegengesetzt ist, bewegt werden. Um das Verständniss der Bewegungen zu erleichtern, denken wir die Pumpe wie unter b so umgebaut, dass das Kolbenpaar c_2, c_4

*) Eingehendes über diese Pumpengattung s. Dingler's Journ. 1871, Haedicke, die mehrkurbelige Eincylinderpumpe.

**) S. Poillon a. a. O. Taf. 26.

feststeht und das andere, $c_1 c_3$, dafür durch eine Kurbel betrieben, welche die Summe der Armlängen aus dem vorigen Falle zur Länge hat. Dann ist an den Fördermengen nichts geändert; man erkennt aber nun deutlich die untere Pumpe als eine doppeltwirkende Druckpumpe, die obere als eine einfachwirkende Hebepumpe, wonach bei jeder Kurbeldrehung drei Füllungen gefördert werden, zwei beim Aufgang, eine beim Niedergang. Durch

Fig. 982.



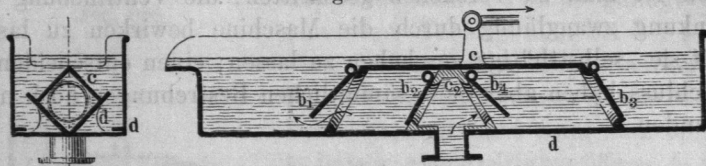
die von Stone angewandte Beweglichkeit von c_3 und c_4 wird die Förderung so umgestaltet, dass bei jeder halben Kurbeldrehung $\frac{3}{2}$ Füllungen gefördert werden; im Uebrigen ist die Pumpe ein Doppelschaltwerk. Fig. 982. c Audemar's Pumpe*). Hier sind zwei doppeltausgiessende, nämlich Vose'sche Pumpen (Fig. 979 a) zu einer doppeltwirkenden verbunden, obwohl die Stiefel nur zu ganz kleinem Theile den konaxialen Kolben gemein sind.

Die Norton'sche sogenannte V-förmige Pumpe, Fig. 983, ist eine doppeltwirkende Hebepumpe. Hier ist das aus dem verbundenen Kolben c_3 und c_4 gebildete Stück ruhend angebracht, die Kapsel mit den Steigventilen b_1 und b_3 beweglich gemacht. Man erkennt deutlich, wie wenig leicht es ist, die Hebepumpe zu einer doppeltwirkenden zu machen.

*) S. Poillon a. a. O. Taf. 6, S. 93.

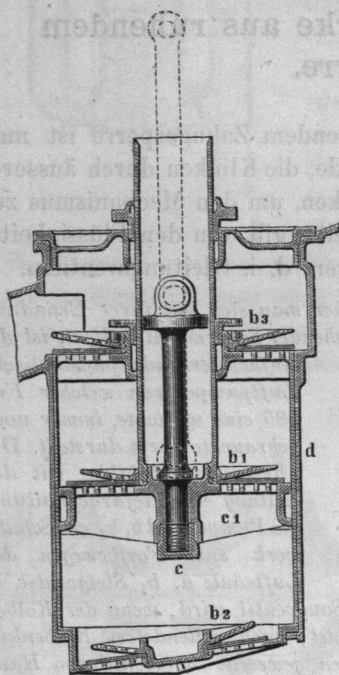
Eine doppeltwirkende Hebepumpe eigener Art ist die Wattische Dampfmaschinen-Luftpumpe, welche dazu dient, Niederschlagwasser und Luft

Fig. 983.



(nebst Wasserdunst) gleichzeitig dem Kondensator zu entziehen. In ihr sind zwei verschiedene Pumpen mit einander verbunden. Sie hat drei Ventile, nämlich ausser dem Kolben- und dem Saugventil, b_1 und b_2 , noch das Oberventil b_3 , siehe Fig. 984. Vermöge dieses Oberventils saugt der nieder-

Fig. 984.



gehende Kolben aus dem unteren Kapselraum zuerst Luft und Wasserdunst und danach das darunter befindliche Wasser an; beim Aufwärtsgang schafft er beide durch b_3 weg und saugt neues Gemisch durch b_2 in den Unterraum der Kapsel. Die Pumpe ist also insofern doppeltwirkend, als ihr Ventilkolben beim Auf- wie beim Niedergang saugend wirkt. Auf homogene Flüssigkeiten, seien sie tropfbar, seien sie gasförmig, wirkt sie nicht anders, als wenn nur zwei Ventile vorhanden wären. Das dritte, überzählige Ventil wird indessen doch hier und da mit Vortheil angewandt, sei es, um ein anderes Ventil zu entlasten (Fussventil am Saugrohr), sei es, um Leitungen abtrennbar zu machen (Speiseventil, genannt Rückschlagventil, an Dampfkesseln) u. s. w.

Die vorstehenden Beispiele werden für die Uebersicht über die aus laufendem Gesperre gebildeten Flüssigkeitsschaltwerke genügen. Wichtig ist es bei allen, sobald die zu fördernden Mengen gross sind, ein stossfreies Schliessen der Ventile zu erzielen, mit anderen Worten die Sperrklinken sanft eingreifen zu lassen. Dies bereitet auch bei den Gesperren aus starren Gebilden gewisse Schwierigkeiten (vergl. z. B. §. 240); ungleich grösser sind diese aber hier, wo oft gewaltige bewegte Massen abzufangen sind. Die Maschinenlehre befasst sich augenblicklich mehr als je mit den

einschlagenden Fragen *), an deren Beantwortung sich die Praxis durch Schaffung einer Menge von Ventilbauarten beteiligt hat. Auch ist man zu Versuchen geschritten, die Ventilhebung und -Senkung zwangläufig durch die Maschine bewirken zu lassen, statt sie „selbstthätig“ geschehen zu lassen; einen entscheidenden Abschluss haben aber diese sämtlichen Bestrebungen noch nicht gefunden.

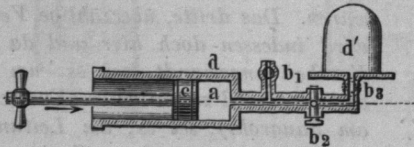
§. 320.

Flüssigkeitsschaltwerke aus ruhendem Gesperre.

Bei den Schaltwerken aus ruhendem Zahngesperre ist man genöthigt, wie in §. 255 gezeigt wurde, die Klinken durch äusseres Eingreifen auszulösen und einzurücken, um den Mechanismus zur Wirkung gelangen zu lassen. Dasselbe gilt von den Flüssigkeitsschaltwerken mit ruhenden Gesperren, d. i. Gleitventilen.

*Beispiel. Eine Pumpe, bei welcher man sich seit ihrer Erfindung durch Otto von Gerike**) mit Vorliebe ruhender Sperrungen bedient, ist die*

Fig. 985.



einfachwirkende physikalische Luftpumpe, von welcher Fig. 985 eine schlichte, immer noch gebrauchte Form darstellt. Der „Rezipient“ d' bildet mit der Leitung eine Tiefdruckhaltung, die Pumpe a c d b₁ b₂ ein Schaltwerk zum Fortbewegen der Luftsäule a. b₁ Steigventil, b₂

Saugventil, beide in Hahnform. Das Saugventil wird, wenn der Kolben angezogen werden soll, von Hand geöffnet, nach vollendetem Kolbenhub geschlossen, darauf das vorher geschlossen gewesene Steigventil von Hand geöffnet, um die von einwärts geführten Kolben verdrängte Luft abzulassen, worauf es wieder geschlossen wird; b₃ Luftzulasshahn mit Nebenbohrung.

*) S. z. B. die Untersuchungen von Fink in dessen „Konstruktion der Kolben- und Zentrifugalpumpen“, Berlin 1872, sodann die von Bach in dessen „Konstruktion der Feuerspritzen“, Stuttgart 1883, und namentlich in desselben Schriftstellers Abhandlungen in der Zeitschr. d. Deutschen Ingenieure, 1886 und 1887.

**) So und nicht „Guericke“ findet sich der Name unter frühen Bildnissen dieses ausgezeichneten deutschen Forschers geschrieben.