

## 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 Ventilpumpen, 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-

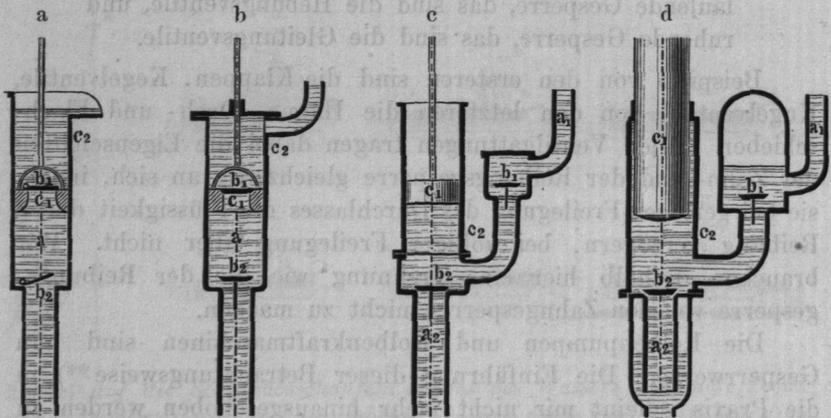
\*) Wie ich in meiner „Theor. Kinematik“, S. 459 ff. gezeigt.

\*\*) 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*<sub>2</sub> Sperrklinke in der Form des Saugventils, *c*<sub>2</sub> Leitung für Kolben und Wasser, *c*<sub>1</sub> anderer Sperrklinkenträger, als Kolben ausgeführt, *b*<sub>1</sub> andere Sperrklinke, das Steigventil. Das heraufgeschaltete Wasser fliesst oberhalb des Kolbens aus; soll dies hoch oberhalb geschehen, so muss das Leitungsrohr *c*<sub>2</sub> 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	"

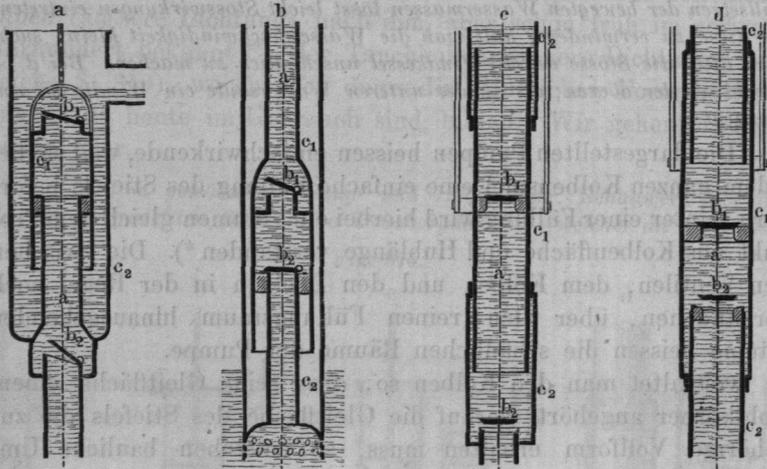
der theoretischen Füllung (König, Pumpen, Jena 1869, S. 40). Bei sehr grossen Pumpen übersteigt auch wohl die wirkliche Füllung die theoretische, so bei den 1 m weiten Pumpen auf Grube Bleyberg bis um 4 Proz. (Portefeuille John Cocquerill); die in Bewegung befindliche Wassersäule durchfliesst dann also 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 doppeltaugende, oder auch kurz Doppelpumpe nennen; sie besteht nämlich im Grunde aus zwei Pumpen, denen die Ventile gemeinsam sind. Hier einige Beispiele.

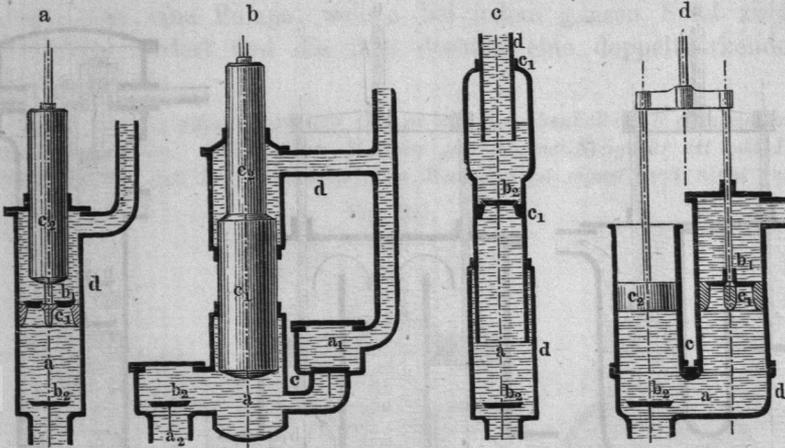
Fig. 977. *a* die Kolbenstange eines Scheibenkolbens  $c_1$  ist zu einem Tauchkolben  $c_2$  erweitert, dessen Querschnitt halb so gross ist, als der von  $c_1$ ; wird, etwas zu gelehrt, auch Differenzialpumpe genannt. *b* beide Kolben als Tauchkolben gestaltet, die Ventile beide an das feste Gehäuse 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

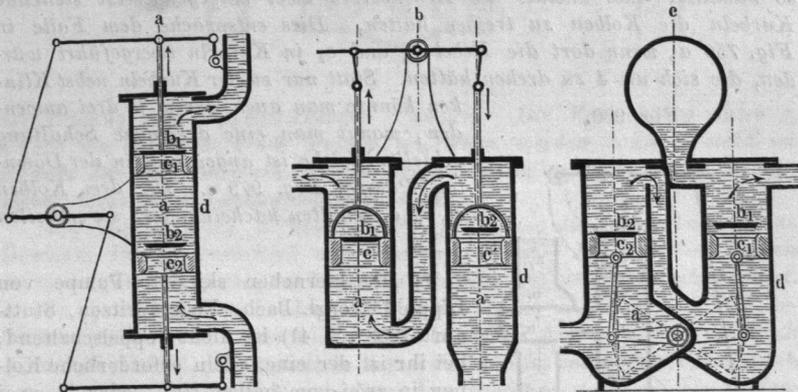
Fig. 977.



(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.



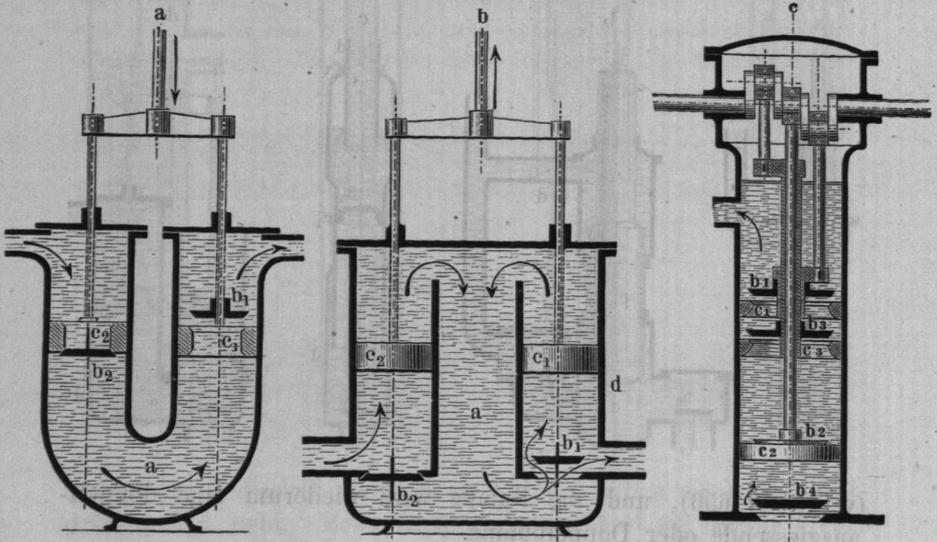
Wasserschaltwerk entspricht dem Zahnschaltwerk Fig. 750 a. Eben daselbe gilt von den Pumpen unter b und c, erstere von Stoltz\*), letztere von Amos und Smyth\*\*) angegeben. Fig. 979 a (a. f. S.) Vose'sche Pumpe; bei ihr

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

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

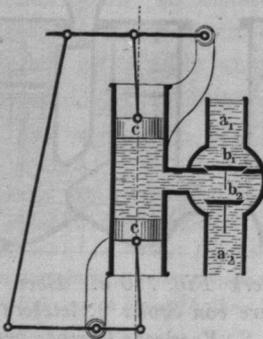
gehen die beiden Ventilkolben parallel. Diese Pumpe entspricht der Lagarousse-Schaltung, Fig. 750 b. Derartige doppelschaltende Pumpen würden sich auch mit geschlossenen Kolben herstellen lassen, wenn Werth darauf zu legen wäre, z. B. in der unter b (vom Verf.) angegebenen Anordnung,

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 Down-ton-Pumpe, Fig. 979 e. Die drei Kolben  $c_1, c_2, c_3$  schalten nacheinander; sie ertheilen

Fig. 980.



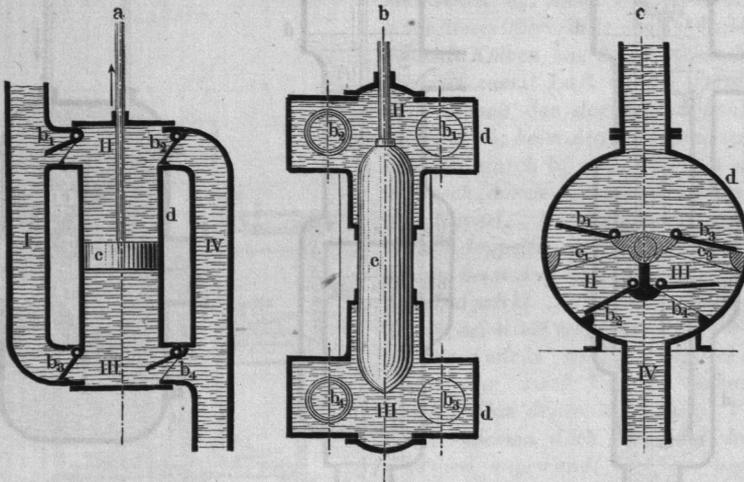
\*) Die hierneben skizzierte Pumpe von Lippold (vergl. Bach, Feuerspritzen, Stuttgart 1883, S. 41) ist nicht doppelschaltend; bei ihr ist der eine, allein erforderliche Kolben in zwei vom halben Hub, oder in zwei von demselben Hub, aber auf die Hälfte verkleinerten Querschnitt aufgelöst. Auch die Franklin'sche 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.

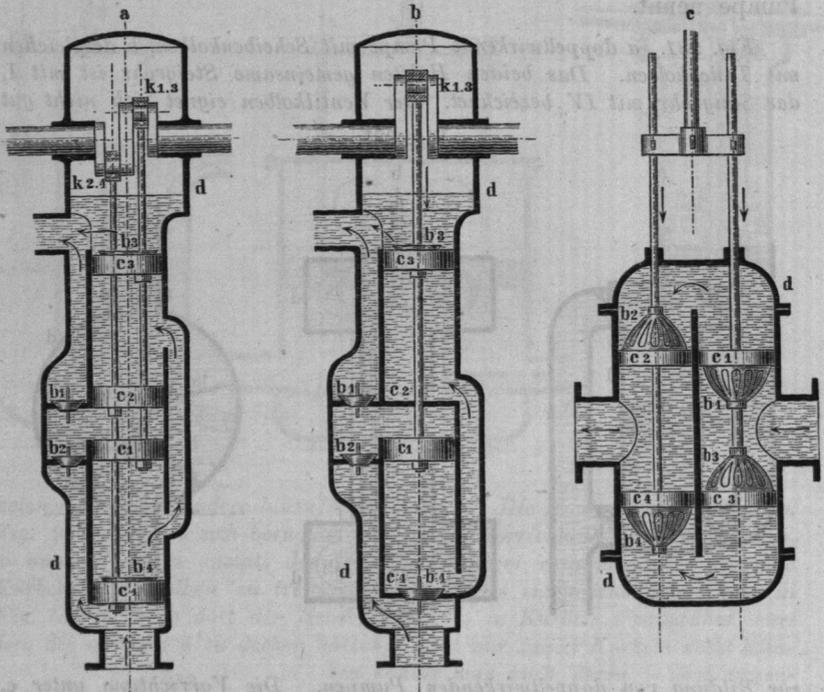
Fig. 982 (a. f. S.). a Stone'sche Pumpe\*\*), wie die vorhin besprochene Downton-Pumpe wesentlich auf Schiffen benutzt. Es sind vier Kolben in zwei axial hintereinander liegenden Stiefeln von gleicher Weite benutzt.  $c_1$  und  $c_3$  sind fest verbunden und werden durch die Kurbel  $k$  1. 3 betrieben, 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.



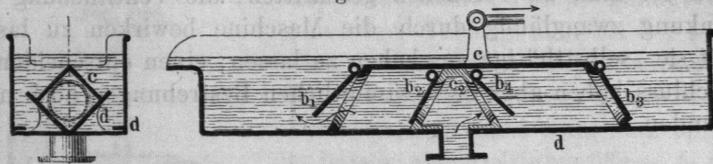
die von Stone angewandte Beweglichkeit von  $c_3$  und  $c_4$  wird die Förderung so umgestaltet, dass bei jeder halben Kurbeldrehung  $\frac{3}{2}$  Füllungen gefördert werden; im Uebrigen ist die Pumpe ein Doppelschaltwerk. Fig. 982. c Audemar's Pumpe\*). Hier sind zwei doppeltausgiessende, nämlich 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.

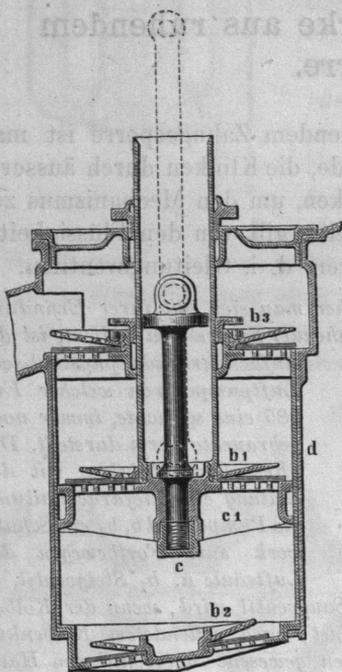
Eine doppeltwirkende Hebepumpe eigener Art ist die Wattische Dampfmaschinen-Luftpumpe, welche dazu dient, Niederschlagwasser und Luft

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.

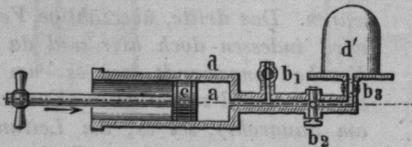
## §. 320.

### 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 b<sub>1</sub> b<sub>2</sub> ein Schaltwerk zum Fortbewegen der Luftsäule a. b<sub>1</sub> Steigventil, b<sub>2</sub>*

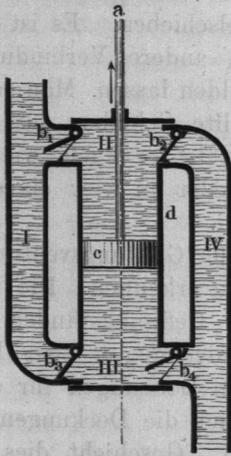
*Saugventil, beide in Hahnform. Das Saugventil wird, wenn der Kolben angezogen werden soll, von Hand geöffnet, nach vollendetem Kolbenhub geschlossen, darauf das vorher geschlossen gewesene Steigventil von Hand geöffnet, um die von einwärts geführten Kolben verdrängte Luft abzulassen, worauf es wieder geschlossen wird; b<sub>3</sub> 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.

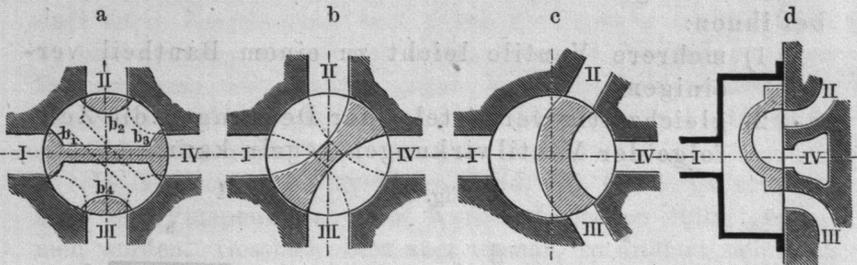
Es macht keine grossen Schwierigkeiten, die Gleitungsventile bei der einfachwirkenden Pumpe zu verbinden, ja auch bei der doppelwirkenden Pumpe gelingt dies unschwer. Verfolgt man bei der schon oben besprochenen doppelwirkenden Pumpe aus laufendem Gesperre das Ventilspiel, so sieht man, dass  $b_1$  und  $b_4$  immer gleichzeitig zu öffnen,  $b_2$  und  $b_3$  aber unmittelbar vorher gleichzeitig zu schliessen sind, und ebenso umgekehrt. Die Aufgabe der vier Ventile stellt sich dabei so dar, dass die vier Räume *I* bis *IV* abwechselnd in den Verkehr *I* — *II* und *III* — *IV*, oder *I* — *III* und *II* — *IV* zu setzen sind. Hierfür können aber die vier Ventile, wenn sie Gleitungsventile sind, fest mit einander verbunden, zu einem Bauteil vereinigt werden. Dies kann

Fig. 986.



z. B. so geschehen, wie es Fig. 987 *a* zeigt: sie bilden dann vier Stege in dem Schlüssel eines Hahnes, des sogenannten Vierweghahnes. Wie der Schlüssel gezeichnet ist, verschliesst er alle vier Wege, was den Endstellungen des Kolbens entspricht. Dreht

Fig. 987.



man ihn aber um  $45^\circ$  z. B. nach rechts in die punktirte Lage, so steht *I* mit *III*, *II* mit *IV* in Verkehr; dreht man ihn aus der Anfangslage ebenso weit nach links, so ist *I* mit *II*, *III* mit *IV* verbunden. Die Stege  $b_2$  und  $b_4$  können nun aber auch weggelassen werden, ohne dass diese Wirkung aufhört, siehe unter *b*, die Kanäle *II*, *IV* und *III* auch näher zusammengelegt werden, wie unter *c*. Dann wird aber die Ausbohrung bei und

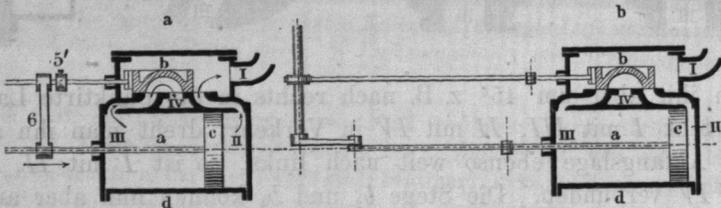
dicht neben *I* auch überflüssig, und es kann ausserdem der Krümmungshalbmesser der noch übrig gebliebenen Gleitfläche beliebig gross, ja unendlich gross gemacht werden, wie unter *d*. Die letztere, so überaus einfache Form der vereinigten vier Ventile führt bekanntlich den Namen Muschelschieber. Es ist einleuchtend, dass sich auch noch manche andere Verbindungsformen der vier oder auch mehr Ventile bilden lassen. Man sollte aber nicht vergessen, dass der dargestellte Schieber aus vier Ventilen besteht; für die Dampfmaschine ist er auch, wie bekannt, in letzten beiden Jahrzehnten wieder in vier einzelne, und zwar Hebungsventile, aufgelöst worden.

Eine merkwürdige Eigenthümlichkeit der Gleitventile ist auch an den Figuren *a* und *d* deutlich zu erkennen. Die Verschlussflächen greifen beiderseits über die Oeffnungsränder hinaus; man nennt diese Vorsprünge Ueberdeckungen oder kurz Deckungen. Es ist aber leicht, die beiden Deckungen für denselben Kanal unter sich verschieden, ja auch die Deckungen für verschiedene Kanäle ungleich herzustellen. Geschieht dies, so finden die Eröffnungen und Verschlüssungen der Kanäle nicht mehr gleichzeitig, sondern nacheinander statt.

Von den beiden hier hervorgehobenen Eigenthümlichkeiten fehlt die letztere gänzlich, die erstere beinahe gänzlich den Hebungsventilen. Die ausgezeichnete Anwendbarkeit der Gleitventile in allen Flüssigkeitssperwerken beruht in den genannten beiden Besonderheiten, dass man bei ihnen:

- 1) mehrere Ventile leicht zu einem Bautheil vereinigen,
- 2) gleichzeitig vermittelst der Deckungen die Zeitfolge der Ventilwirkungen regeln kann.

Fig. 988.



Eine mit Schiebventilen ausgerüstete Pumpe nennt man wohl Schieberpumpe; eine solche stellt Fig. 988 *a* schematisch

dar. Hier ist, wie vorhin, *I* als Kanal für die Drucksäule, *IV* als derjenige für die Saugsäule gedacht. Nothwendig ist für die Schieberpumpen eine Vorrichtung zum Betriebe des Schiebers, mit diesem zusammen die „Steuerung“ bildend. Diese kann auf vielerlei Weise eingerichtet werden.

Am leichtesten scheint die Schieberbetrieung mittelst eines Vorstosses 6 auf der Kolbenstange zu gelingen, welcher kurz vor Hubschluss bei 5', oder dem Gegenstück 5'', verstellend auf den Schieber einwirkt. Das Verfahren ist nahe verwandt mit dem in der Zahnschaltung, Fig. 753, angewandten. Es hat aber hier den Mangel, dass der Kolben sich schnell bewegen muss, um den Schieber jedesmal über seine Mittellage hinaus in die andere Endstellung zu werfen.

Der Uebelstand lässt sich vermeiden durch Einschaltung eines Kippspannerwerkes (Fig. 742 und Fig. 743, s. auch §. 239), welches vom Kolbenvorstoss nur jedesmal in die Kipplage zu schieben wäre.

Auf etwas einfachere Weise gelangt man aber zum Ziel, wenn man den Kehrschub des Pumpenkolbens mittelst Kurbelgetriebes einer umlaufenden Triebwelle entnimmt, s. Fig. 988 *b*; denn alsdann kann durch eine Nebenkurbel, Exzenter, die Schieberverstellung in stetiger Kehrbeugung bewirkt werden. Diese Steuerungsart ist öfter angewandt, namentlich bei Luftdruckpumpen <sup>\*)</sup>, Bessemergebläsen <sup>\*\*)</sup> u. s. w. Beachtet man noch, dass die erforderlichen Verstellungen des Vierweghahnes, Fig. 987, statt durch Kehrdrehung auch durch Fortdrehung herbeigeführt werden können, so erkennt man, dass bei Anwendung eines Drehschiebers oder Hahnes sogar die Kehrschubbewegung des Exzentergetriebes wegfallen und durch gleichförmige Fortdrehung ersetzt werden kann.

In dem soeben besprochenen Falle, Fig. 988 *b*, ist zum Betrieb des Pumpenkolbens ein Kurbelgetriebe zu Hülfe genommen worden. Geschieht dies aber einmal, so eröffnet sich auch der Weg, Theile des Kurbelgetriebes zu Theilen der Pumpe, nämlich zu Kapsel, Kolben und Ventilen, zu gestalten, was vorhin nicht geschehen war, aber gut möglich ist. Gewisse Theile werden als Kolben, andere als Kapsel ausgebildet werden kön-

<sup>\*)</sup> Siehe z. B. Zeitschr. Deutscher Ingenieure, 1885, S. 929 ff.; Weiss, Trockene Schieberkompressoren und Vakuumpumpen.

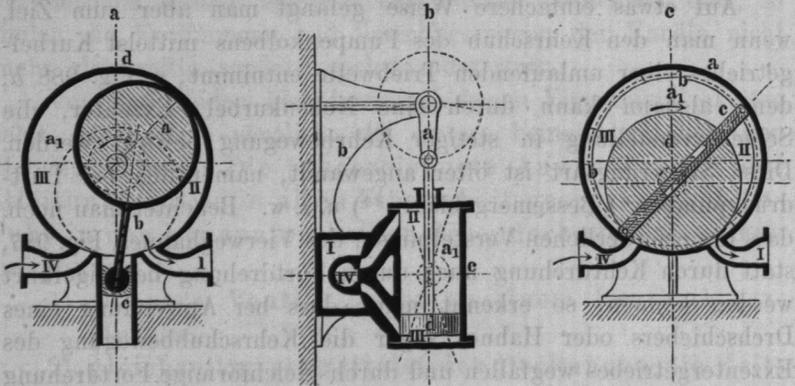
<sup>\*\*)</sup> Siehe die Schiebergebläse von Thomas u. Laurent bei Weisbach-Herrmann, Bd. III, 2, S. 1089.

nen, mit anderen Worten aus dem Kurbelgetriebe Kapselwerke zu bilden sein. Diesen Weg hat die Maschinenpraxis sehr lebhaft betreten\*); nur wenige der zahlreichen möglichen Formen haben sich indessen als praktisch werthvoll erwiesen. Es folgen hier drei Beispiele.

*Fig. 989. a* Kurbelkapselwerk aus dem Schubkurbelgetriebe, Pattison's Pumpe. Die Kurbel *a* ist zu einem Exzenter erweitert, die Pleuelstange *b* zum Kolben umgebildet, der mit der cylindrischen Kapsel *d* stets in einer Linie am Umfang, in einer Fläche an jeder der Seitenwände in Berührung steht. In der dargestellten Lage steht Raum II mit I und III mit IV in Verbindung, in der punktirten Lage des Kolbens aber III mit I, und danach wieder II mit I und III mit IV und so abwechselnd weiter. Diese Wechsel des Verkehrs der Kanäle bewirkt der Kolben durch seine auf einander folgenden Stellungen selbst; er wirkt gleichsam auch als Schieber, so dass besondere Ventile entbehrlich sind.

*b* Kurbelkapselwerk aus der sogenannten schwingenden Kurbelschleife. Das Stück *c* des Getriebes, welches in Fig. 989 a eine ganz untergeordnete

Fig. 989.



Bedeutung hat, ist hier zur Kapsel ausgebildet\*\*); seine Schwingungen gegen *b* gestatten, zwischen *b* und *c* das Verhältniss von Schieber und Schieberspiegel, oder Hahnschlüssel und Hahngehäuse zu verwirklichen; dabei sind die Kanäle II und III von Fig. 987 in den Hahnschlüssel selbst verlegt. Die Pumpe aus der schwingenden Kurbelschleife hat manche Anwendungen als Wasserpumpe gefunden.

*c* Beale'sche Gaspumpe, aus der sogenannten rotirenden Kurbelschleife gebildet zu denken. Der Getriebetheil *c*, welcher soeben zur Kapsel aus-

\*) Siehe meine Theor. Kinematik, wo ich über 90 Kurbelkapselwerke zunächst überhaupt als solche nachgewiesen und sodann nach bestimmten kinematischen Gesichtspunkten geordnet habe.

\*\*) Vergl. meine Theor. Kinematik, S. 295 ff.

gebildet erschien, ist hier als Kolben gebildet, überdies zweimal angewandt. Die Räume II und III werden, ohne dass besondere Ventile nöthig wären, bei der Drehung von *d* abwechselnd mit I und IV in Verkehr gesetzt. Grosse und schöne Ausführungen der Beale'schen Pumpe sind in den Leuchtgaswerken in ausgedehntem Gebrauch.

In den angeführten Fällen und der grossen Reihe verwandter, die sich noch anschliessen liessen, ist sehr bemerkenswerth, dass die Sperrung der Flüssigkeit immer durch Gleitungsventile geschieht. Der Verwendung dieser letzteren in gewöhnlichen Wasserpumpen scheint der Umstand im Wege zu stehen, dass die dem Wasser etwa beigemengten Unreinigkeiten die Gleitflächen rasch angreifen. Wo indessen klares Wasser zu fördern ist, möchte doch zu überlegen sein, ob die Schiebventile nicht weit mehr zu verwenden wären, als bis jetzt geschieht. Jedenfalls ist es doch auffällig, wenn einerseits aus der Praxis heraus betont wird, die Schiebventile wirkten in Pumpen so vorzüglich \*), während man andererseits die weitgehendsten Anstrengungen macht, die Pumpen mit Hebungsventilen von den Schlägen und Stössen, welche letztere bei raschem Gang verursachen, zu befreien. Man hat zu dem Ende eine ungezählte Menge von Ventilformen erdacht, hat das einzelne Hubventil aufgelöst in mehrere, viele, ja bis zu Hunderten an der Zahl \*\*), womit man den Grundsatz der Theilgesperre, §. 242, auf die Druckorgane überträgt, hat zwangläufige Führung der Hebungsventile vorgeschlagen und ausgeführt, hat schwierige, weitläufige Ermittlungen bezüglich der Gewichte, Federbelastungen u. s. w. der Ventile angestellt \*\*\*), ohne indessen den gewünschten Erfolg sicher erzielt zu haben. Wo Trinkwasser, also ganz reines Wasser, zu fördern ist, käme doch

\*) Poillon in seinem mehrfach angeführten Werke sagt z. B.: „Da Hebung und Fall der Klappen in diesem (Schieber-) Pumpensystem durch automatische Oeffnung und Schliessung von Durchlässen ersetzt ist, ohne dass die lebendige Kraft der Flüssigkeit im mindesten einzugreifen hat, um die Wirkungen zu sichern, so begreift man ohne Mühe, dass ein solches Pumpensystem gestattet, mit bedeutend grösseren Geschwindigkeiten zu arbeiten, als mit Hubventilen oder Klappen.“ Er spricht dann aber von der zu befürchtenden grossen Abnützung der Gleitflächen und hält schliesslich dafür, dass die Schieberpumpe kaum zu zahlreichen Anwendungen berufen sein möge.

\*\*) Vergl. Riedler, Ueber Konstruktionsgrundlagen der Pumpen- und Gebläseventile, Zeitschr. d. Deutschen Ingenieure, 1885, S. 502 ff.

\*\*\*) Vergl. Bach, Konstr. der Feuerspritzen, auch dessen interessante Versuche zur Klarstellung der Beweise selbstthätiger Pumpenventile, Zeitschrift d. Deutschen Ingenieure, 1886, S. 421 ff.

bei den Gleitungsventilen die Abnutzungsfrage nicht so störend in Betracht, wie schon durch die Wassersäulenmaschinen erwiesen ist. Dennoch bemerkt man ein Vorgehen in der Richtung der Gleitventilpumpen nicht, so dass vollgültige Vergleiche nicht vorliegen; der Beweis fehlt also zur Zeit noch, dass die letztere Pumpengattung zweifellos unpraktisch wäre.

Andererseits muss es wieder Wunder nehmen, wenn vereinzelte Anwendungen von Gleitungsventilen in Pumpen gleichsam Erstaunen hervorrufen, und man, wenn man ihre Zweckmässigkeit erkennt, sie wie etwas ganz Neues bespricht\*). Die Verschiedenheit der Wirkung auf Wasser von derjenigen auf Luft mag bei Erwägung dieser Widersprüche in Rechnung zu setzen sein; indessen ist es ja bekannt, dass auch bei Gebläsen, trotz der geringen Masse der zu fördernden Flüssigkeit, die Hebungsventile manchmal heftig schlagen. Es scheint hiernach jedenfalls rathsam, die Untersuchungen auch nach der zweiten Seite auszudehnen.

Die Pumpen unter Fig. 989 *a* und *c* werden gewöhnlich rotirende, also Drehpumpen genannt, eine Bezeichnung, mit der man es nicht genau nehmen darf, indem z. B. bei *a* der eigentliche Kolben eine schwingende, keine drehende Bewegung macht, während bei *b* trotz dem anderen Namen die Bewegung auch durch Drehung eingeleitet wird, überdies die Zahl der beweglichen Theile dieselbe ist wie bei *a*. Andere sogenannte rotirende Pumpen hat man aus den Kurvenschubgetrieben gebildet, und zwar schon im 17. Jahrhundert. Ein in das Pumpengehäuse radial eintretender Riegel dient als Sperrklinke und wird durch einen kurvenförmig profilirten Körper aus- und einwärts geführt. Hierhin gehören der sogenannte Wasserriegel, die Samain'sche, die Stoltz'sche Pumpe und viele andere\*\*). Letztere hat keine Lederdichtungen, nur Metallschluss, und ist deshalb in Italien und

\*) In dem vorhin angeführten Artikel von Weiss heisst es S. 930 zunächst von den Hebungsventilen: „Endlich ist noch selbstredend der so lästige Verschleiss an den Ventilen um so grösser, je grösser die Umdrehungszahl der Maschine ist“, und dann weiter: „die zu beschreibende Konstruktion beseitigt nun auf einen Schlag die Uebelstände, welche die Leistungsfähigkeit gewöhnlicher Ventilpumpen herabmindern: Die anstandslose Zulässigkeit eines beliebig raschen Ganges wird bewirkt dadurch, dass statt der selbstthätigen (Hub-) Ventile zur Steuerung ein zwangsläufiger Schieber verwendet wird.“

\*\*\*) Eine Reihe derselben findet man bei Poillon a. a. O.

Frankreich namentlich als Wein- und Baumölpumpe sehr zahlreich vertreten; auch bei uns wendet man als Wein- und Bierpumpen mit Vorzug solche Drehpumpen an.

Die unleugbare Vorliebe, welche man den rotirenden oder Drehpumpen, die auf Schaltwerk beruhen, entgegenbringt, hat einen guten Hintergrund. Angeblich will man Kraftverluste vermeiden, die aber nicht stattfinden; im Grunde ist es das Bestreben, die Bewegung der von der Pumpe geförderten Flüssigkeitssäule gleichförmig zu machen; daher auch die Bauarten Fig. 982 und Fig. 989. Dass diese Gleichförmigkeit nur angenähert erzielt werden kann, liegt im Wesen des zu Grunde liegenden Mechanismus; dieser ist eben ein Schaltwerk, d. i. ein absetzend wirkendes Getriebe, und unterscheidet sich dadurch ganz bestimmt in den erzeugten Bewegungen von den Laufwerken. Die erwünschte Gleichförmigkeit der Flüssigkeitsströmung glaubt man zu erzielen, indem man die durch Laufwerk betriebenen Theile recht unmittelbar wirken lässt, womit sie aber noch keineswegs wie im Laufwerk wirken. Dass man durch Verbindung von Schaltwerken ohne jedes Mitwirken von Laufwerk zu dem ins Auge gefassten Ziele gelangen kann, wird sich weiter unten (S. 933 ff.) zeigen.

## §. 321.

**Hemmwerke für Druckorgane.**

Den Schaltwerken für Druckorgane stehen die Hemmwerke für solche Organe gegenüber, und zwar ganz so, wie dies bei den Gesperrwerken aus starren Gebilden der Fall ist. Das aus §. 258 hier (a. f. S.) wiederholte Zahngesperre wurde zum Hemmwerk dadurch, dass wir die Sperrung von  $a$  durch  $b$  zeitweilig lösten und wieder schlossen. Ist nun, Fig. 991, das Sperrstück  $a$  ein Druckorgan, z. B. Wasser, wobei letzteres entweder bei  $H$  mit einer Hochdruckhaltung, oder bei  $T$  mit einer Tiefdruckhaltung, oder mit beiden zugleich im Verkehr steht, so wird durch zeitweiliges Lüften und Wiederschliessen des Ventils  $b$  die Vorrichtung zu einem Hemmwerk gemacht. Mit einem solchen kann man dem Druckorgan  $a$  mechanische Arbeit zwangläufig entziehen. Die Hemmweite ist aber dabei nicht nach Zahntheilungen

abmessbar, sondern kann, wie bei den Reibungsgesperren, beliebig klein und gross gemacht werden.

Die Anwendungen der Hemmwerke mit Flüssigkeiten sind grundsätzlich dieselben, wie bei den Gesperrwerken aus starren Gebilden, nur haben sie praktisch eine theilweise andere Bedeutung. Wir können zwar auch wieder klar unterscheiden zwischen Uhrhemmwerken einerseits und Krafthemmwerken andererseits; allein die Krafthemmwerke sind hier ganz überwiegend die praktisch wichtigeren, weshalb wir sie auch zuerst behandeln wollen. Sodann treten hier auch diejenigen Hemmungen sehr in den Vordergrund, bei welchen die Wirkungen unperiodisch stattfinden, welche also von der Form sind, die schon durch die einfache Einrichtung Fig. 991 versinnlicht wird, wo Sperr- und Hemmzeit durch

Fig. 990.

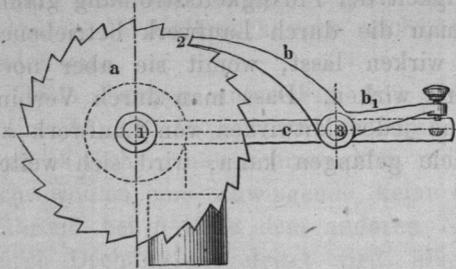
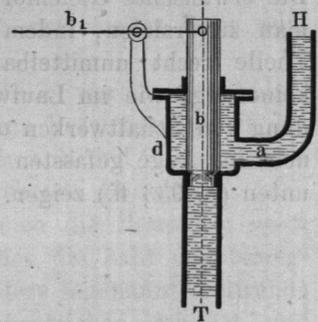


Fig. 991.



Menschenhand geregelt werden; bei den Hemmwerken aus starren Gebilden finden sich hierzu nur sehr selten Beispiele. Die uhrenartig wirkenden Hemmungen aus Druckorgan dienen ebenfalls zum Messen, aber nicht wie jene in §. 258 zum Messen von Zeit, sondern zum Messen von Rauminhalten oder kurz von Raum. Was endlich die Stellhemmungen in dem Sinne von §. 259 betrifft, so dienen diese hier wesentlich nur als Krafthemmwerke.

Hiernach empfiehlt es sich, im Folgenden zu unterscheiden:

- |                                       |                   |
|---------------------------------------|-------------------|
| a) unperiodische                      | } Krafthemmwerke, |
| b) periodische                        |                   |
| c) Stellhemmungen als Krafthemmwerke, |                   |
| d) Messungshemmwerke,                 |                   |

die wir nun einer gedrängten Uebersicht zu unterwerfen haben.

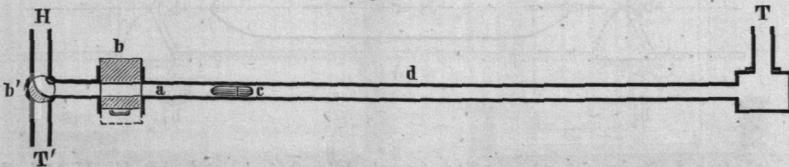
## A. Unperiodische Krafthemmwerke aus Druckorgan.

§. 322.

## Flüssigkeitshemmwerke für Lastenförderung.

Ein im Grundsatz der einfachen Form Fig. 991 entsprechenden Hemmwerk ist der Mechanismus der Felbinger'schen Rohrpost, in Fig. 992 schematisch dargestellt. Bei *H* steht das Rohr *d* mit einer Lufthochdruckhaltung, bei *T* mit einer desgleichen Tief-

Fig. 992.



druckhaltung in Verbindung, *b'* Schieber, ruhendes Gesperre, hier geöffnet dargestellt; der Kolben *c*, welcher in Form einer ledernen Büchse ausgeführt ist und die zu befördernden Briefe, Telegramme, Karten enthält, wird die Leitung entlang getrieben. Bei einer eingleisigen Endstrecke fällt die Tiefdruckhaltung *T* am Ende weg oder kann doch wegfallen, während aber eine solche *T'* mittelst Ventiles *b'* an der Station zur Linken statt *H* einzuschalten ist, sobald einwärts gefördert werden soll. Man kann dann nach innen, von rechts nach links, mit blossem Tiefdruck, nach aussen mit blossem Hochdruck arbeiten. Die Bedeutung der Rohrpost ist bekannt\*).

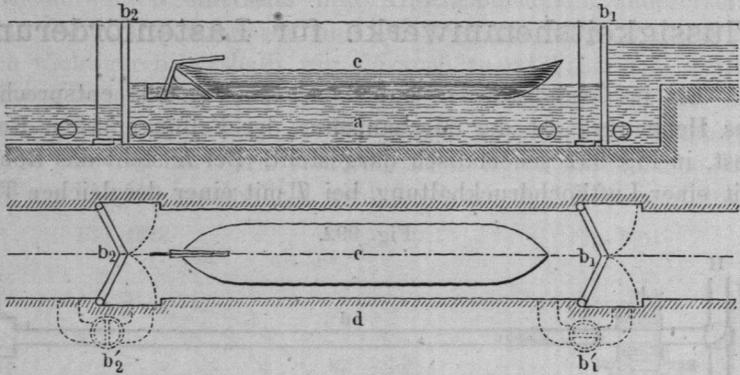
Ein Lufthemmwerk mit Tiefdruckhaltungen war die sogenannte atmosphärische Eisenbahn, erfunden 1834 durch Pinkus, praktisch durchgeführt etwas später durch Clegg und Samuda in England; auf der Kingston-Dalby-Bahn arbeitete man mit  $\frac{1}{6}$  at Spannung im Tiefdruckhalter; zur Zeit ist das System ausser Gebrauch.

Will man mit Hemmwerk einen Kolben vor- und rückwärts in derselben Leitung treiben, so reicht das eine Ventil in Fig. 991

\*) Das Berliner Rohrpostnetz umfasst gegenwärtig (1887) 42,3 km.

nicht aus, es muss wenigstens noch ein zweites zu Hülfe genommen werden, wie sich bei Fig. 992 schon zeigte. Ein so ausgerüstetes Flüssigkeitshemmwerk von ausserordentlicher praktischer Bedeutung haben wir in der Schiffahrtsschleuse, welche Fig. 993 schematisch vorführt, zu erblicken.

Fig. 993.



Die Leitung ist oben offen (vergl. Fig. 945 b und c); die Ventile  $b_1$  und  $b_2$  sind meist als laufende Gesperre, und zwar gern als doppelte Klappen, die Schleusenthore, ausgeführt; kleinere Nebenventile  $b'_1$  und  $b'_2$  gestatten, durch die sogenannten Umläufe das Ablassen von Wasser langsam beginnen zu lassen. Das zu befördernde Schiff  $c$  stellt den Kolben dar, welcher als Schwimmer gestaltet ist (vergl. Fig. 950 c). Soll aufwärts gefördert werden, so bildet  $b_1$  das Hemmungsventil, wenn abwärts,  $b_2$ .

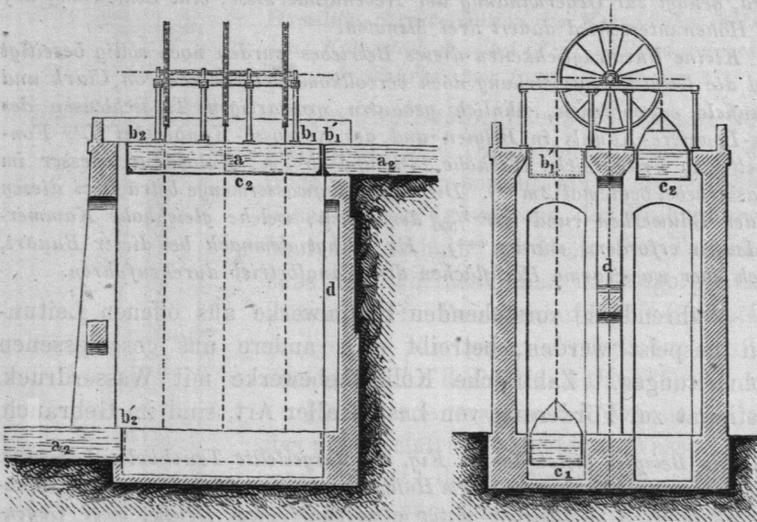
Diese üblichen Schiffahrtsschleusen, so überaus nützlich sie sind, stehen im Wirkungsgrad sehr tief, da sie statt der vom Schiff verdrängten Wassermasse plus einer Zuthat für Spielräume, womit ausgereicht werden könnte, gleich die ganze Schleusenkammer voll Aufschlagwasser für jede Hebung und auch Senkung erfordern. Daher sind niedrige Schleusen vortheilhafter als hohe. Man hat aber durch bessere Einrichtung die Wassergeudung beseitigt.

Denkt man sich zunächst den Dienst verdoppelt, durch zwei nebeneinander liegende Schleusen betrieben, so kann das herabsinkende Schiff ein nahe gleich schweres heben, nur müsste das zwischen den beiden Schwimmböden befindliche kraftübertragende Mittel wie gewichtslos wirken und den Krafrichtungswechsel von  $180^\circ$  gestatten. Hierzu eignen sich aber sowohl Zug- als Druckorgane.

Bei der Green'schen Schleuse im Grand-Western-Kanal in England, 1840 erbaut, sind Zugorgane, Ketten, als Kraftübertrager benutzt, siehe

Fig. 994. Die Schiffe sind in Gefäße oder Tröge  $c_1 c_2$  gesetzt, welche bei  $b_1$  und  $b_2$  mit Klappen verschlossen und wasserdicht an Ober- und Unterhaupt angeschlossen werden; die Haltungen selbst haben bei  $b_1'$  und  $b_2'$

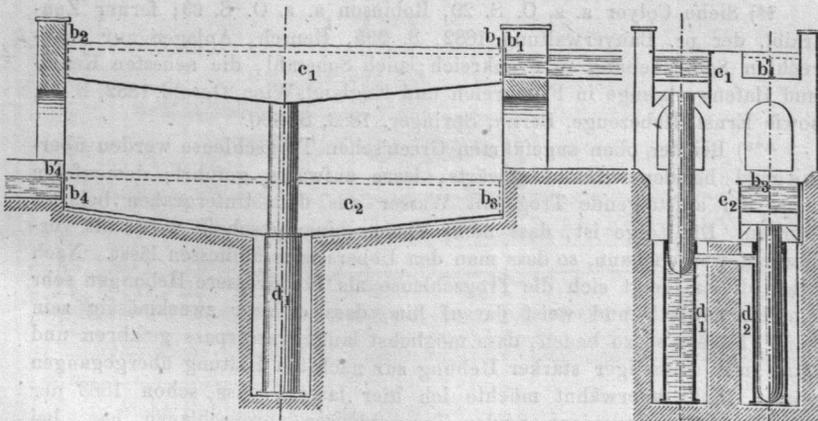
Fig. 994.



ebenfalls Verschlussklappen. Eine geringe Mehrbelastung des zu senkenden Troges macht den andern aufwärts gehen\*).

Später hat Edwin Clark zuerst 1875 bei Aderton im Merseykanal die Kette durch ein Druckorgan, das Kettengetriebe durch einen Wasserhebel ersetzt, wie Fig. 995 andeutet. Hier zeigt sich deutlich die S. 871 besprochene

Fig. 995.



\*) Vergl. Weisbach-Herrmann's Mechanik, Thl. III, 2, 2. Aufl., S. 633.

*Vertauschbarkeit von Seil- oder Kettenrolle und Wasserhebel. Die Schleusentröge  $c_1$  und  $c_2$  werden durch Tauchkolben von 3' Durchmesser getragen, sind 75' lang und 15½' breit im Lichten \*). Eine Wasserschicht von 6" Höhe, welche durch das Hemmungsventil dem sinkenden Trog zugeführt wird, genügt zur Ueberwindung der Nebenhindernisse; eine Schleusung auf 50' Höhenunterschied dauert drei Minuten.*

*Kleine Unzuträglichkeiten dieses Betriebes wurden noch völlig beseitigt und die Gewichtsausgleichung noch vervollkommenet bei den von Clark und Stanfield entworfenen, ähnlich gebauten grossartigen Trogsschleusen des La-Louvière-Kanals in Belgien und des Neufossé-Kanals bei Les Fontinettes in Frankreich; Hubhöhe 13¼ und 15½ m; Kolbendurchmesser im Wasserhebel beidemal 2m \*\*). Die Aufschlagwassermenge beträgt bei diesen beiden Bauwerken rund nur 1/500 derjenigen, welche gleichhohe Kammer-schleusen erfordern würden\*\*\*). Es gelingt demnach bei dieser Bauart, auch über wasserarme Hochflächen den Kanalbetrieb durchzuführen.*

Während die vorstehenden Hemmwerke aus offenen Leitungen gespeist werden, betreibt man andere aus geschlossenen Rohrleitungen. Zahlreiche Kolbenhebwerke mit Wasserdruck, bestimmt zur Förderung von Lasten aller Art, sind im Gebrauch.

*Ein Beispiel bietet das in Fig. 996 dargestellte Tauchkolbenhebwerk. Die beiden Ventile sind in einem Hahn b vereinigt (vergl. S. 907). H Hochdruckleitung, A Abflussrohr unter atmosphärischem Druck, zwei Gegengewichte G an Ketten gleichen das Gewicht des austauchenden Kolbens aus;*

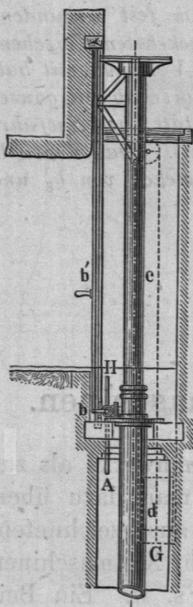
\*) Siehe des ausführenden Ingenieurs Duer Beschreibung in den Transactions of the Institution of C. Engineers 1876; dann: Colyer, Hydraulic, steam and hand power lifting machinery, London, Spon, 1881, S. 17; auch Robinson, Hydraulic power and hydraulic machinery, London, Griffin & Co. 1887, S. 64.

\*\*) Siehe Colyer a. a. O. S. 29, Robinson a. a. O. S. 69; ferner Zentralbl. der pr. Bauverwaltung 1882, S. 395, Hensch, Anlagen zur senkrechten Schiffshebung in Frankreich; auch Schemfil, die neuesten Kanal- und Hafenwerkzeuge in Frankreich und England, Wien, Gerold, 1882, S. 15, sowie Ernst, Hebezeuge, Berlin, Springer, 1883, S. 630.

\*\*\*) Bei der oben angeführten Green'schen Trogsschleuse werden überwiegend beladene Kähne abwärts, leere aufwärts geführt; demzufolge muss der aufsteigende Trog mit Wasser aus dem Untergraben belastet werden. Die Folge ist, dass mehr Wasser hinaufgeschafft wird, als verbraucht werden kann, so dass man den Ueberschuss abfliessen lässt. Nach allem diesem zeigt sich die Trogsschleuse als für grössere Hebungen sehr empfehlenswerth und weist darauf hin, dass es sehr zweckmässig sein kann, Kanäle so zu bauen, dass möglichst lange wasserpäss gefahren und dann mit einmaliger starker Hebung zur nächsten Haltung übergegangen wird. Nicht unerwähnt möchte ich hier lassen, dass schon 1863 der schweizerische Ingenieur Seyler Trogsschleusen vorgeschlagen hat, bei denen er aber statt des Wasserhebels einen pneumatischen oder Lufthebel als Kraftübertrager anwenden wollte.

der hoch oben anlangende Kolben schliesst durch Anstossen an das Ventilgestänge *b'* den Wassereinfluss. Neuere Hebewerke dieser Art, bis in grossartige Abmessungen gehend, sind in verwandter Art ausgeführt, z. B. ein grosser, für Personenbeförderung bestimmter Doppelaufzug an der Hamilton-Street-Station der Merseybahn in London; Kolbenhub daselbst  $87\frac{1}{3}'$ , Kolbendurchmesser 18", jede Fahrkammer fasst 50 Personen\*).

Fig. 996.

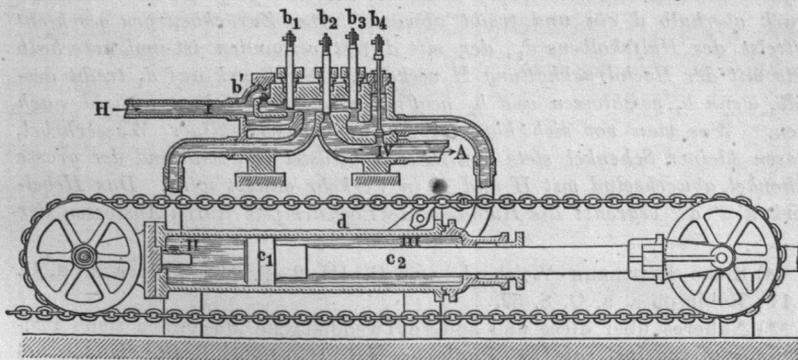


Die Tauchkolbenhebwerke bieten übrigens praktische Unbequemlichkeiten in den Gegengewichten sowohl, als in der erforderlichen tiefen Versenkung der Kolbenkapsel. Man hat deshalb an Stelle des Tauchkolbens den Scheibenkolben mit Zugorgantrieb namentlich für Personenaufzüge in Benutzung gezogen. Ein ganz vorzüglicher Aufzug dieser Art ist der Otis-Aufzug\*\*).

Für Krane mancherlei Art ist sodann das mit Hochdruck arbeitende Wasserhemmwerk zuerst durch Armstrong eingeführt und dann von ihm und Anderen ausgebildet worden, u. a. auch für die Bessemerwerke, wo die Wasserkrane bekannte, unentbehrliche Hilfsmittel bilden.

Ein Beispiel eines Kranhemmwerkes Armstrong'scher Bauart zeigt Fig. 997. Hier wird der Kolben doppeltwirkend benutzt; wir finden des-

Fig. 997.



\*) Siehe Robinson a. a. O., S. 80.

\*\*\*) Vergl. Zeitschr. Deutscher Ing. 1885, S. 739; auch Robinson a. a. O. S. 84.

halb auch die vier Ventile  $b_1 b_2 b_3 b_4$  aus Fig. 986 wieder vor; nur werden sie, um das Ganze als Hemmwerk, und zwar unperiodisch, wirken zu lassen, durch äusseres Eingreifen einzeln gestellt. Bei I tritt Hochdruckwasser ein, bei IV findet Abfluss in die Atmosphäre statt; der Tauchkolben  $c_2$  hat einen halb so grossen Querschnitt, als der mit ihm fest verbundene Kolben  $c_1$  (vergl. Fig. 946 e), und wirkt auf einen umgekehrten Flaschenzug. Öffnet man, wie gezeichnet,  $b_1$  und  $b_3$ , so findet Vorschub mit halber Kraft statt; öffnet man  $b_1$  und  $b_4$ , so geschieht Vorschub mit ganzer Kraft; öffnet man  $b_2$  und  $b_3$ , so findet Rückschub statt, herbeigeführt durch die Belastung der Flaschenzugkette (Gegengewicht). Das Ventil  $b'$  ist ein Sicherheitsventil, welches bei alleinigem Offenstehen von  $b_3$  und rascher Senkung der Kranlast zur Wirkung kommt\*).

## §. 323.

## Wasserhemmwerke in Arbeitsmaschinen.

Nachdem sich so und ähnlich die Wasserhemmwerke als zur Lastenhebung trefflich geeignet erwiesen, ging man dazu über, sie für Arbeitsmaschinen zu verwerthen. Mit ausgezeichnetem Erfolg geschah dies namentlich durch Tweddell für Nietmaschinen (vergl. S. 155), Durchstösse, Biegemaschinen u. s. w. Ein Beispiel aus dieser Maschinengattung sei angeführt.

Fig. 998 Hemmwerkbetrieb an einer Tweddell'schen Lochmaschine\*\*).  $d$  Kolben des Hemmwerks,  $b_1 b_2$  seine beiden Ventile, von denen das eine mit der Hochdruckhaltung  $H$ , das andere mit dem atmosphärischen Abfluss  $A$  verkehrt. Wird  $b_1$  mittelst des Hebels  $e$  geöffnet, so tritt Hochdruck oberhalb  $d$  ein und treibt abwärts. Das Zurückbewegen geschieht mittelst des Hilfskolbens  $d_1$ , der mit  $d$  fest verbunden ist und unterhalb stets mit der Hochdruckhaltung  $H$  verkehrt. Der Druck auf  $d_1$  treibt deshalb, wenn  $b_1$  geschlossen und  $b_2$  geöffnet wird, den Kolben alsbald nach oben. Was man vor sich hat, ist ein ungleichschenkliger Wasserhebel, dessen kleiner Schenkel stets von  $H$  aus belastet ist, während der grosse Schenkel abwechselnd mit  $H$  und  $\blacktriangle$  in Verkehr gesetzt wird. Das Hebelwerk  $d' d'' d'''$  begrenzt die Hublänge des Lochstempels durch Anstossen der

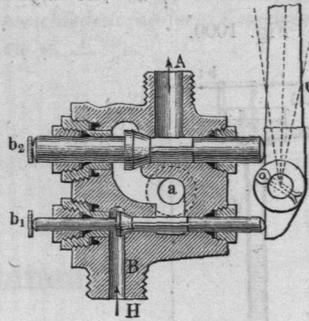
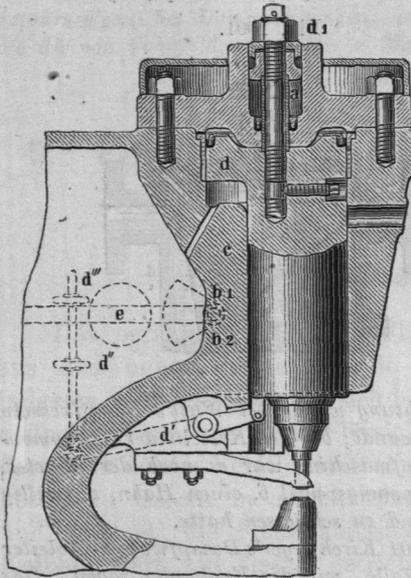
\*) Siehe Herrmann-Weisbach a. a. O. III, 2, S. 240; Colyer a. a. O. S. 11; Robinson a. a. O. S. 52.

\*\*) Näheres über diese und andere Tweddell'sche Maschinen siehe Proceedings of the Inst. of Civ. Engineers LXXIII, 1883, S. 64; danach bei Robinson a. a. O. S. 99 ff. Siehe ferner Engineer 1885, Juli, S. 88, und August, S. 111; auch Revue industrielle 1884, S. 5, 1885, S. 493, und Mechanics 1865, S. 272; eine kurze Mittheilung auch Zeitschr. Deutscher Ing. 1886, S. 452.

verstellbaren Vorstösse  $d''$  und  $d'''$  an den Ventilhebel  $e$ , durch welche Anstossungen derselbe stets in die Mittellage getrieben wird. Ähnliches geschah

Fig. 998.

Fig. 999.



beim Hebwerk Fig. 996; wir erkennen hier den Ansatz zum selbstthätigen Weiterbetrieb des Hemmwerkes. Fig. 999 stellt eine der Formen dar, in welchen Tweddell die Ventilvorrichtung  $b_1 b_2$  ausführt.

Die vorstehende Anwendung des Wasserdruckes erinnert an die hydraulische Presse. Indessen ist bei dieser der Vorgang ein völlig anderer, indem sie nämlich ein Schaltwerk ist, während die besprochenen Vorrichtungen Hemmwerke sind und alle hiermit zusammenhängenden Vortheile gewähren, vor allem den raschen Betrieb, die leichte Aus- und Einsetzung, die Gedrängtheit der Anordnung, die Betreibung durch Ferntrieb u. s. w. Wegen aller dieser Vorzüge sind die technologischen Anwendungen der Druckorganhemmwerke in rascher Zunahme begriffen.

### §. 324.

## Druckorganhemmwerke zur Flüssigkeitsförderung.

Auf die Benutzung unperiodischer Druckorganhemmungen zur Flüssigkeitsbewegung in Maschinen ist man schon ziemlich früh gekommen; gegenwärtig wendet man ihr erneute Aufmerksamkeit zu.

Ein bemerkenswerthes Beispiel liefert der fast vergessene Brindley'sche Kesselspeiser, Fig. 1000, dessen Haupteinrichtung mit dem Schema in Fig. 991 übereinstimmt. Die bedarfsgemässe Eröffnung des Ventils  $b$  geschieht durch den Schwimmer  $c$ , Schliessung durch das Gegengewicht  $c_1$  (vergl. S. 870).

Fig. 1000.

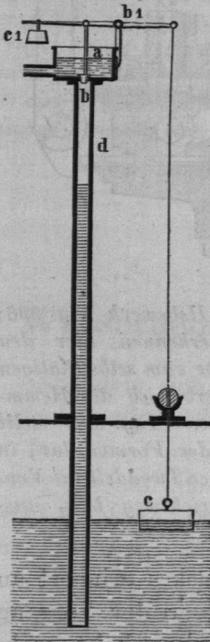
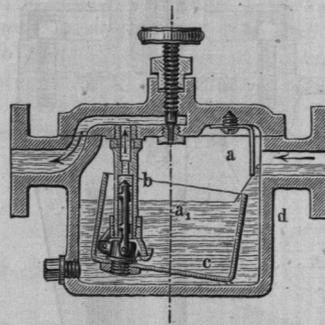


Fig. 1001.



Die Einrichtung wurde bei Watt's Dampfkesseln zuerst angewandt; bei den Kesseln der Newcomen'schen Dampfmaschine war es noch der Wärter, der das Hemmungsventil  $b$ , einen Hahn, zeitweilig zu öffnen und zu schliessen hatte.

Fig. 1001 Kirchweger's Dampfwater - Ableiter oder Dampffalle, wie die Engländer sagen. Das Hemmventil  $b$  wird durch den Schwimmer  $c$  geöffnet wie vorhin, doch mit dem Unterschied, dass der Schwimmertopf, sobald er durch das, über seinen Rand fließende Wasser bis zu einer gewissen Höhe gefüllt ist, plötzlich sinkt und das Ventil  $b$  dadurch

ganz öffnet. Die Ventilbetreibung geschieht also durch ein Spannwerk, welches durch die Schwimmeranfüllung gespannt und schliesslich ausgelöst wird. Das gasförmige Druckorgan  $a$  treibt darauf das tropfbare  $a_1$  aus\*).

Vor der Einführung der mit dieser Art Spannwerk arbeitenden Dampffallen waren solche mit langsam auslösendem Schwimmer, wie der aus Fig. 1000, schon vortheilhaft bekannt geworden, namentlich der von Tulpin in Rouen\*\*); auch Neuere haben denselben Grundsatz festgehalten, so Handrick in Buckau\*\*), Püschel in Dresden, Dehne in Halle u. A.

Verwandte Hemmwerke dienen zum Entlassen von Luft aus Dampfleitungen, auch zum Entfernen von Wasser und Luft mittelst einer und

\*) Die Kirchweger'sche Dampffalle hat mancherlei Ausführungsformen erhalten; die oben gezeichnete ist die von Losenhausen in Düsseldorf. In England ist die Dampffalle von Mac Douglas, auf ganz ähnlichem Grundsatz wie die Kirchweger'sche beruhend, sehr verbreitet. Auf dieselbe Grundlage haben Gebr. Körting in Hannover eine vollständige Pumpe, von ihnen Schwimmerpumpe genannt, ausgebildet. D. R. P. Nr. 36 332.

\*\*) Siehe Scholl's Führer des Maschinisten, 10. Aufl., S. 493 ff.

derselben Vorrichtung, so das Entwässerungsventil von Andreae\*), das von Kuhlmann, das von Klein in Frankenthal u. s. w.

Weitere Beispiele von Hemmwerken der vorliegenden Gattung sind die sogenannten Saftsteiger (Montejus) der Zuckerfabriken, die Rücklaufspeiser (retours d'eau) bei Dampfheizungen, und verschiedene andere Kesselspeiser, wie die von Cohnfeld, von Ritter & Mayhew u. A. (\*\*).

## B. Periodische Krafthemmwerke aus Druckorgan.

### §. 325.

## Hubmaschinen.

Das periodisch wirkende Flüssigkeitshemmwerk liesse sich aus dem unperiodischen durch Weiterbildung hier entwickeln, indessen geht dasselbe, wie sich bereits oben gezeigt hat, auf sehr einfache Weise aus dem Flüssigkeitsschaltwerk dadurch hervor, dass man dessen Ventile, statt sie durch die gepresste Flüssigkeit heben zu lassen, in umgekehrter Reihenfolge zwangsläufig öffnet und schliesst; die Flüssigkeitssäule wirkt dann treibend auf den Kolben, statt von diesem getrieben zu werden. Dieser Gedanke scheint sehr einfach zu sein. Dennoch ist er erst sehr spät, erst nach zweitausendjährigem Bekanntsein der Pumpe, gedacht worden, und hat auch den Erfindungsgeist des ganzen vorigen Jahrhunderts angestrengt beschäftigt, ehe die heute bei den Dampfmaschinen übliche einfache Form gefunden war. Um so wichtiger ist es für die Maschinenwissenschaft, ihn auf seine Grundlagen zurückzuführen.

Der beschränkte Raum gestattet nicht, der Entwicklung hier ganz zu folgen; nur soviel sei gesagt, dass bei der Newcomen'schen Dampfmaschine die Verstellung der Ventile mittelst Kippgesperres, wovon S. 649 Erwähnung geschah, bewirkt wurde. Sehr lehrreich ist aber das folgende Beispiel.

1. Beispiel. Einfachwirkende Wassersäulenmaschine von Bélidor\*\*\*), Fig. 1002 (a. f. S.). Der in dem Cylinder  $d$  gehende Stempel  $d$  ist ein Scheibenkolben;  $a_1$  Eingang der oberen,  $a_2$  Ausgang der unteren Wassersäule; die Ventile  $b_1$  und  $b_2$  sind in einem Dreiveghahn vereinigt (vergl. S. 907). Gesteuert wird dieser durch ein vom Kolben  $c$

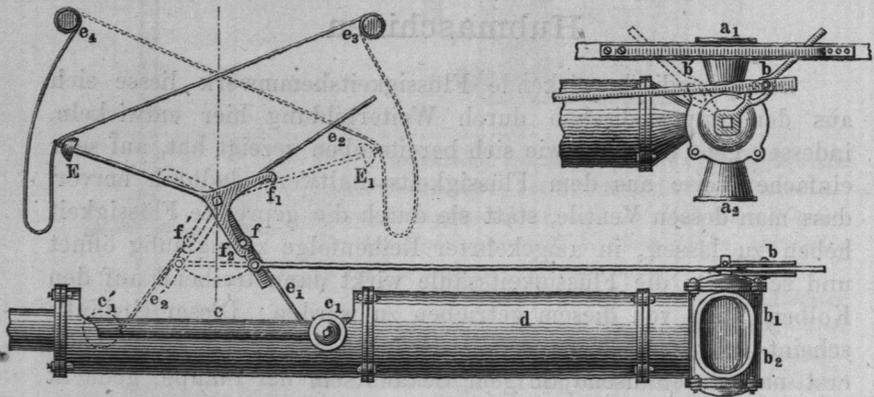
\*) Siehe Scholl's Führer des Maschinisten, 10. Aufl., S. 493 ff.

\*\*) Ebendaselbst S. 235 ff.

\*\*\*) Siehe Bélidor, Architecture hydraulique, Paris 1739, Bd. II, S. 238.

angetriebenes Kippspannwerk (s. S. 649). Der bei  $E$  mit einem Gewicht belastete Kipphebel  $Ee_1e_2$ \*) wird durch die mit dem Kolben fest verbundene Rolle  $c_1$  von Anfang des Hubes an um seine Achse gedreht, welche frei von derjenigen des Hebels  $f$  ist; kurz vor Ende des Kolbenhubes überschreitet Hebel  $E$  die Mittellage und kippt über, wobei er mit dem Mitnehmer  $f_1$  den Hebel  $f$  erfasst und in die Lage  $f'$  hinüberschiebt und dadurch den Hahnhebel  $b$  in die Lage  $b'$  überführt. (Der Arm  $e_1$  verschwindet hinter  $E$ ). Damit ist umgesteuert. Der Kolben kehrt zurück und treibt nun mit der aus der Lage  $c'_1$  nach rechts schreitenden Rolle den Arm  $e_2$  des Kipphebels aus der Lage  $e'_2$  nach rechts; gegen Ende des Rückschubes kommt dadurch der Kipphebel wieder in die Kipplage und steuert den Hahn in die

Fig. 1002.



Anfangslage  $b$  zurück. Eine Schnur, die bei  $e_3$  und  $e_4$  stellbar befestigt und bei  $E$  angeknüpft ist, begrenzt den Ausschlag des Kipphebels. An der Kolbenstange ist unmittelbar der Scheibenkolben einer Druckpumpe\*\*) befestigt.

Zu bemerken ist, dass die Maschine für sich ein Gesperrwerk zweiter Ordnung vorstellt, nämlich die Treibkolben- und Ventilvorrichtung ein

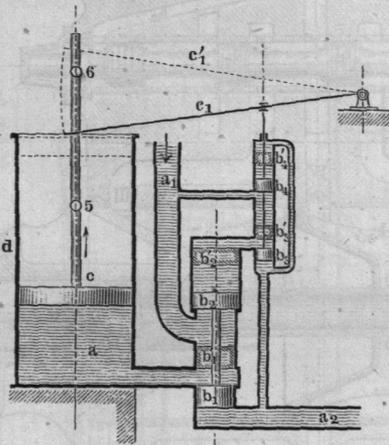
\*) Von Bélicor Balancier genannt; die Steuerung nennt B. Regulator.

\*\*) Die beschriebene Maschine, von Bélicor 1737 für das Wasserwerk an der Notre-Dame-Brücke entworfen, ist dem Anschein nach nicht ausgeführt worden. Ich würde sie deshalb, da blosse Entwürfe in der Erfindungsgeschichte der Maschinen nur eine untergeordnete Bedeutung besitzen, nicht vorgeführt haben, wäre es nicht wegen der Steuerung, welche zweifellos gut angeordnet ist, und wiederholt als „Hammersteuerung“, „Fallsteuerung“ u. s. w. wieder neu erfunden worden ist. Ich muss aber sofort noch hinzufügen, dass die Steuerung als solche auch 1737 nicht neu war, sondern an der Newcomen'schen Dampfmaschine schon bestand, und zwar so ähnlich bis in Einzelnes, dass eine damalige Uebertragung wahrscheinlich ist, um so mehr, als Bélicor in demselben Bande seines ausgezeichneten Werkes die „Feuermaschine“ mit der betreffenden Steuerung ausführlich beschreibt.

Hemmwerk, die Steuerung ein Spannwerk, beide einander gegenseitig auslösend.

2. Beispiel. Einfachwirkende Wassersäulenmaschine von Reichenbach\*), Fig. 1003. Statt des Kippspannwerkes, welches die Ventilvorstellung beim Hubschluss vorhin bewirkte, wandte Reichenbach ein zweites Wasserhemmwerk an und versah das steuernde Schiebventil mit einem Kolben, indem er den Schieber  $b_1 b_2$  geradezu kolbenförmig ausbildete. Auch die verbundenen Ventile  $b_3 b_4$  des zweiten Hemmwerkes gestaltete er als Kolbenschieber. Letzteren verstellt der Hauptkolben  $c$  mittelst der Frösche oder Nocken 5 und 6 und des Hebels  $c_1$ .  $a_1$  Obersäule,  $a_2$  Untersäule. Der Nock 5 schiebt den Hülfschieber in die Lage  $b_3' b_4'$ , wodurch über  $b_2$

Fig. 1003.



Niederdruck entsteht und demzufolge, da  $b_2 > b_1$  gewählt ist, durch den Hochdruck zwischen beiden die Verschiebung nach  $b_1' b_2'$  erfolgt. Damit entsteht Niederdruck unter dem Hauptkolben  $c$ , welcher nun vermöge seiner Gewichtsbelastung niedersinkt. Vor Hubschluss aber drängt Nock 6 den Steuerhebel aus der Lage  $c_1'$  wieder in die Lage  $c_1$ , und damit auch den Hülfschieber wieder in Anfangslage, worauf aufs neue Hochdruck unter  $c$  hergestellt ist und wieder Aufwärtsgang beginnt. Die Maschine enthält ein Hemmwerk zweiter Ordnung, indem das kleine Hemmwerk das

grosse und dieses wieder das kleine regelmässig auslöst; das Hebelwerk  $5.6.c_1$  bildet für sich einen dritten Mechanismus, so dass die Maschine als Ganzes in dritter Ordnung arbeitet.

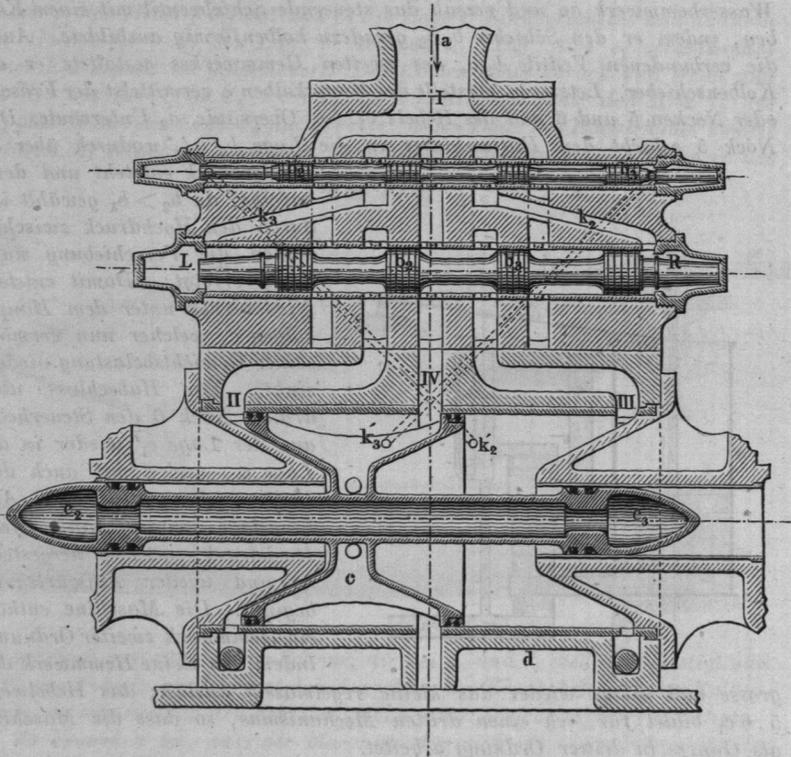
3. Beispiel. Doppeltwirkende Wassersäulenmaschine von Roux\*\*), Fig. 1004 (a. f. S.). Durch Verschmelzung von je vier Ventilen zu einem und durch Einführung von Hoch- und Niederdruck nacheinander auf beiden Kolbenseiten entsteht Doppeltwirkung. Ausserdem ist hier das Hebelwerk  $c_1$  von vorhin durch Hemmwerk ersetzt, indem die Kößchen  $b_2' b_3'$  an den äusseren Enden jetzt durch den Hauptkolben Hoch- und Niederdruck bei den Hubschlüssen zugeführt bekommen, und zwar durch die Kanälchen  $k_2'$  und  $k_3'$ . Wir haben somit hier in dem Ganzen ein Hemmwerk dritter Ordnung vor uns. Die kuppenförmig endigenden Fortsätze  $c_2$  und  $c_3$  des Hauptkolbens  $c$  bilden bei der vorliegenden Maschine Pumpenkolben. Die Maschine soll vorzüglich arbeiten.

\*) Näheres bei Weisbach-Herrmann a. a. O. II, 2 (5. Aufl.), S. 536; III, 2 (2. Aufl.), S. 944; auch Rühlmann, allgem. Maschinenlehre I, S. 348.

\*\*) Siehe Revue industrielle 1884, S. 114. Ausgeführt werden die Roux'schen Maschinen von Crozet & Cie.

Dass die Kolbendampfmaschine ebenfalls ein Kraftthemmwerk ist, erhellt bereits deutlich aus dem Vorstehenden. Ihre Steuerung fällt nur unter Umständen wegen der Expansion und Kondensation

Fig. 1004.



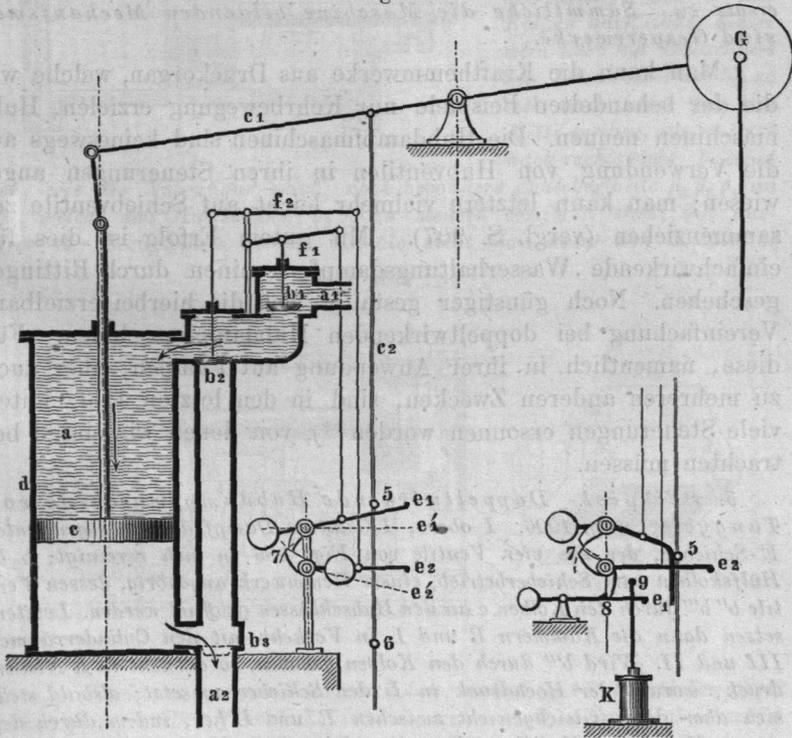
sation abweichend von den besprochenen aus. Indessen gab und gibt es auch sehr einfache Fälle, in denen die Verschiedenheit nur gering ist.

4. Beispiel. Einfachwirkende Hochdruckdampfmaschine, Fig. 1005.  $a_1$  obere Dampfsäule,  $a_2$  Untersäule, mit der Atmosphäre in Verbindung. Ventil  $b_1$  geöffnet, lässt Dampf zu, welcher den Kolben  $c$  abwärts treibt, der das Belastungsgewicht  $G$  hebt. Die Ventile  $b_1$  und  $b_2$  werden je durch ein Spannwerk geöffnet, wenn dieses durch die mit dem Kolben gehende Steuerstange 5 und 6 ausgelöst wird; die Spannwerkklinken wirken gegenseitig und sind von der in Fig. 671 dargestellten Art. Wenn  $c$  am unteren Hubende anlangt, löst Nock 5 das Spannwerkgesperre 7 aus, spannt aber damit zugleich das Spannwerk  $f_1 e_1$ , indem er zugleich das Ventil  $b_1$  schliesst. Vermöge der Auslösung bei 7 öffnet darauf das Spannwerk  $e_2 f_2$  das Ventil  $b_2$ , welches nun den gebrauchten Dampf zunächst unter den Kol-

ben  $c$  treten lässt. Hierdurch wird gleicher Druck auf Ober- und Unterseite des Kolbens hergestellt, weshalb man das Ventil  $b_2$  auch wohl Ausgleichsventil nennt. Der Kolben steigt und löst beim oberen Hubschlusse mittelst des Nockens 6 die Sperrung 7 und damit das Spannwerk  $e_1 f_1$  wieder aus, zugleich das Ausgleichsventil schliessend und das zugehörige Spannwerk spannend.

Die Methode ist also eine andere als vorhin, indem dem Haupthemmwerk  $a b_1 b_2 c d$  für jedes Hubende ein Spannwerk übergeordnet ist; diese beiden Spannwerke können aber als die Auflösung des doppeltwirkenden Kippspannwerkes aus Beispiel 1 angesehen werden. Die Aufeinanderwirkung findet in dritter Ordnung statt bezüglich der Hebung der Ventile,

Fig. 1005.



in zweiter bezüglich der Schliessung derselben. Die dargestellte Steuerung ist die Farey'sche; Fig. 779 zeigt sie aus starrem Gesperrwerk gebildet (Lehrmodell); der Hauptvorgang in der einfach wirkenden Hubmaschine entspricht dem in der Chronometerhemmung, Fig. 769.

Soll Kondensation benutzt werden, so wird ein Kondensatorventil  $b_3$ , welches bei Schliessung von  $b_2$  geöffnet wird, eingeschaltet, ausserdem für den Kondensator ein Einspritzhahn, welcher mit  $b_3$  zusammen geöffnet und geschlossen wird. Wenn man den Dampf noch expandiren lassen will, so wird Hebel  $e_1$  so gestaltet, dass er die Schliessung von  $b_1$  durch den

passend gestellten Nocken 5 verfrüht, s. Nebenfigur, und das zugehörige Spannungsgewicht gehoben hält („Streichhebel“). Damit ist aber die Sperrung bei 7 zur Unzeit gelöst;  $f_2$  muss deshalb von einer zweiten Sperrung 8 gehalten werden, welche entweder beim Hubschluss durch die Steuerstange, oder, wie mehr gebräuchlich, nach einer Hubpause durch das langsam ablaufende Spannwerk K, den sogenannten Katarakt, mittelst des Nockens 9 gelöst wird (vergl. S. 685).

Der Kondensator ist eine Tiefdruckhaltung, deren gesonderte Einführung in die Maschine von Watt erfunden wurde\*). Der Betrieb derselben erfordert gewöhnlich noch zwei Druckorganschaltwerke, die Luftpumpe und die Kaltwasserpumpe; andererseits führt die Maschine durch ein weiteres Schaltwerk, die Speisepumpe, dem Hochdruckhalter Wasserersatz zu. Sämtliche die Maschine bildenden Mechanismen sind Gesperrwerke.

Man kann die Krafthemmwerke aus Druckorgan, welche wie die der behandelten Beispiele nur Kkehrbewegung erzielen, Hubmaschinen nennen. Die Hubdampfmaschinen sind keineswegs auf die Verwendung von Hubventilen in ihren Steuerungen angewiesen; man kann letztere vielmehr leicht auf Schiebventile zusammenziehen (vergl. S. 907). Mit gutem Erfolg ist dies für einfachwirkende Wasserhaltungs-dampfmaschinen durch Rittinger geschehen. Noch günstiger gestaltet sich die hierbei erzielbare Vereinfachung bei doppeltwirkenden Hubdampfmaschinen. Für diese, namentlich in ihrer Anwendung auf Pumpen, aber auch zu mehreren anderen Zwecken, sind in den letzten Jahrzehnten viele Steuerungen erdonnen worden\*\*), von denen wir einige betrachten müssen.

5. Beispiel. Doppeltwirkende Hubdampfmaschine von Tangye\*\*\*), Fig. 1006. I obere, IV untere Dampfsäule, b sogenannter E-Schieber, der die vier Ventile von Fig. 986 in sich vereinigt;  $b_2 b_3$  Hilfskolben zum Schieberbetrieb, einem Hemmwerk angehörig, dessen Ventile  $b'' b'''$  durch den Kolben c an den Hubschlüssen geöffnet werden. Letztere setzen dann die Kammern R und L in Verkehr mit den Cylinderräumen III und II. Wird  $b'''$  durch den Kolben gehoben, so entsteht in R Niederdruck, worauf der Hochdruck in L den Schieber umsetzt; alsbald stellt sich aber dann Gleichgewicht zwischen R und L her, indem durch den engen Kanal  $k_2$  Hochdruckdampf nachdringt. Das umgekehrte Spiel wiederholt sich beim anderen Hubschluss. Wir haben ein Dampfhemmwerk zweiter Ordnung mit übergeordnetem Kurvenschubwerk vor uns; das Ganze arbeitet also in dritter Ordnung. Von Tangye für Dampfpumpen viel benutzt.

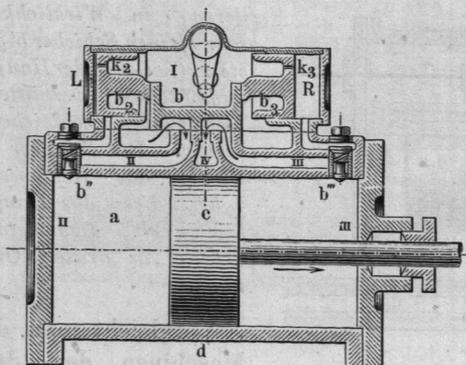
\*) Diese Erfindung glaube ich durch die gegebene Entwicklung in das rechte Licht zu setzen.

\*\*) Nach Deane in den Vereinigten Staaten allein über hundert.

\*\*\*) Eine Beschreibung bei Poillon a. a. O.

6. Beispiel. Doppeltwirkende Hubmaschine von Blake, Fig. 1007, sehr verbreitet für Dampfpumpenbetrieb\*).

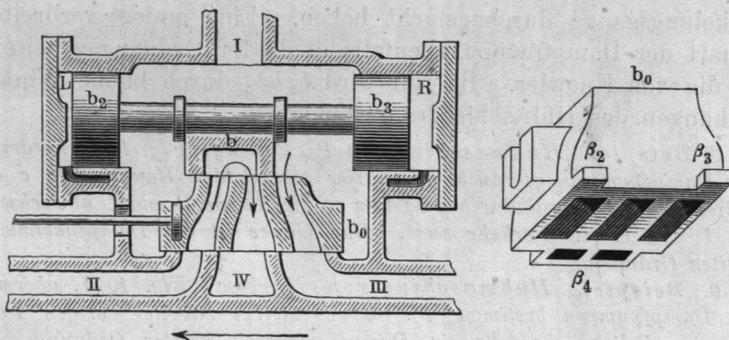
Fig. 1006.



ein Grundschieber  $b_0$ , ausgerüstet mit drei Kanälen, welche mit den Wegen II III IV stets in Verbindung bleiben, obwohl  $b_0$  durch einen Nocken an der Kolbenstange kurz vor jedem Hubschluss etwas verschoben wird. In der gezeichneten Stellung treibt der Dampf aus I den Kolben nach links; dieser wird kurz vor Hubschluss den Grundschieber  $b_0$  so viel nach links aus der Mitte treiben, als er jetzt nach rechts steht.  $b_0$  trägt

aber, wie die Nebenfigur zeigt, noch besondere Schiebertheile  $\beta_2 \beta_3 \beta_4$  an sich, welche den Hilfskolben  $b_2 b_3$  zu steuern bestimmt sind; die Ausläufer der bezüglichen kleinen Kanäle sieht man unter den Kolben  $b_2$

Fig. 1007.

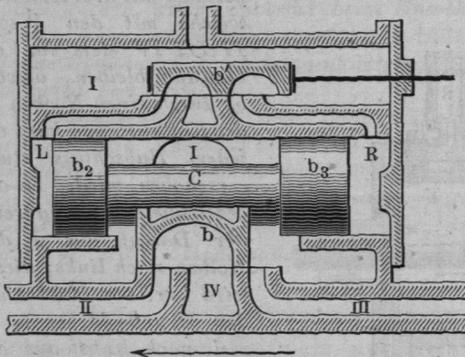


und  $b_3$ . Wird nun  $b_0$  nach links geschoben, so legt  $\beta_2$  ein Kanälchen frei, welches frischen Dampf nach L hinter  $b_2$  treten lässt, während gleichzeitig  $\beta_4$  den Raum R mit IV in Verkehr setzt. Demzufolge rückt  $b_2 b_3$  nach rechts und steuert um. Entgegengesetzte Bewegungsfolge am anderen Hubsende. Man erkennt abermals in dem Ganzen ein Treibwerk dritter Ordnung, nämlich ein Hemmwerk zweiter Ordnung, gesetzt unter ein vom Kolben getriebenes Schubwerk.

\*) Nach dem Blake'schen Katalog waren 1886 schon über 20000 B'sche Dampfpumpen in den Vereinigten Staaten im Gebrauch. Bei Poillon a. a. O. eine ältere Form der B'schen Dampfpumpe.

7. Beispiel. Doppeltwirkende Hubmaschine von Deane, Fig. 1008, ebenfalls zu Dampfmaschinen zahlreich benutzt\*). Schieber mit Hilfskolben wie vorhin. Letzterer wird hier durch einen besonderen, in Wirklichkeit sehr kleinen Schieber  $b'$  gesteuert, welchen der Hauptdampfkolben vermittelst Hebelwerkes schleichend bewegt. Der Schieber  $b'$  steuert das Hemmwerk  $b_2 b_3$ , dieses das Haupthemmwerk. Das Ganze arbeitet in dritter Ordnung.

Fig. 1008.



hier durch einen besonderen, in Wirklichkeit sehr kleinen Schieber  $b'$  gesteuert, welchen der Hauptdampfkolben vermittelst Hebelwerkes schleichend bewegt. Der Schieber  $b'$  steuert das Hemmwerk  $b_2 b_3$ , dieses das Haupthemmwerk. Das Ganze arbeitet in dritter Ordnung.

Vergleicht man die Maschinen der drei

letzten Beispiele mit der Reichenbach'schen Wassersäulenmaschine, so erkennt man alsbald, dass sie mit letzterer im Grundsatz übereinstimmen. Den Bauarten in Beispiel 5 und 6 sieht man das Ringen mit den Schwierigkeiten der Aufgabe deutlich an, mehr noch den verschiedenen Nebenformen, welche sie im Entwicklungsgange durchgemacht haben. Eine andere verbreitete Bauart der Dampfmaschine, ebenfalls in dritter Ordnung arbeitend, ist die von Knowles. Bei ihr wird  $b_2 b_3$  durch kleine Winkeldrehungen des Hülfschiebers gesteuert.

8. Beispiel. Hubmaschine von Pickering, Fig. 1009, wiederum für Dampfmaschinen gebraucht\*\*). Hier steuert der Hauptkolben  $c$  den Hülfschieber  $b_2 b_3$  dadurch um, dass er die Räume  $R$  und  $L$  abwechselnd mit  $I$  und  $IV$  in Verkehr setzt. Das Ganze ist ein Dampfhemmwerk zweiter Ordnung.

9. Beispiel. Hubmaschine von Harlow, Fig. 1010, abermals für Dampfmaschinen bestimmt\*\*\*). Grundsätzlich mit der vorigen Form überaus ähnlich, ebenfalls ein Dampfhemmwerk zweiter Ordnung. Als Steuerschieber für den Hülfskolben dient die in ihrer Hülse dampfdicht gehende Kolbenstange, welche mit dem Einschnitt  $c_2$  und dem Ende  $c_1$ , die Räume  $R$  und  $L$  abwechselnd mit  $IV$  in und ausser Verkehr setzt.

Beim Vergleichen dieser beiden Bauarten mit der Wassersäulenmaschine von Roux, Fig. 1004, sieht man, dass es auch

\*) Siehe Am. Machinist 1883, Febr. 17, S. 4, und Okt. 20, S. 2. Die sehr gute Dampfmaschine von Dow siehe Mining and scientific Press. 1885, März, S. 169, und Mai, S. 313.

\*\*\*) Siehe Poillon a. a. O.

\*\*\*\*) Siehe Engineering and Mining Journ., Newyork 1884, Okt., S. 231.

Fig. 1009.

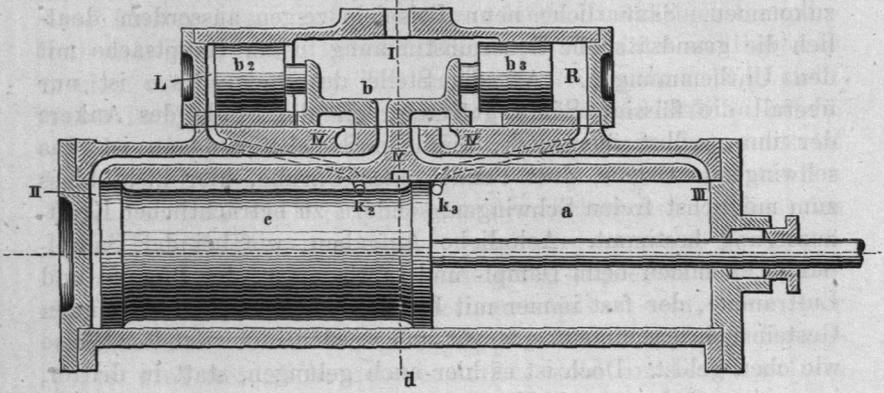
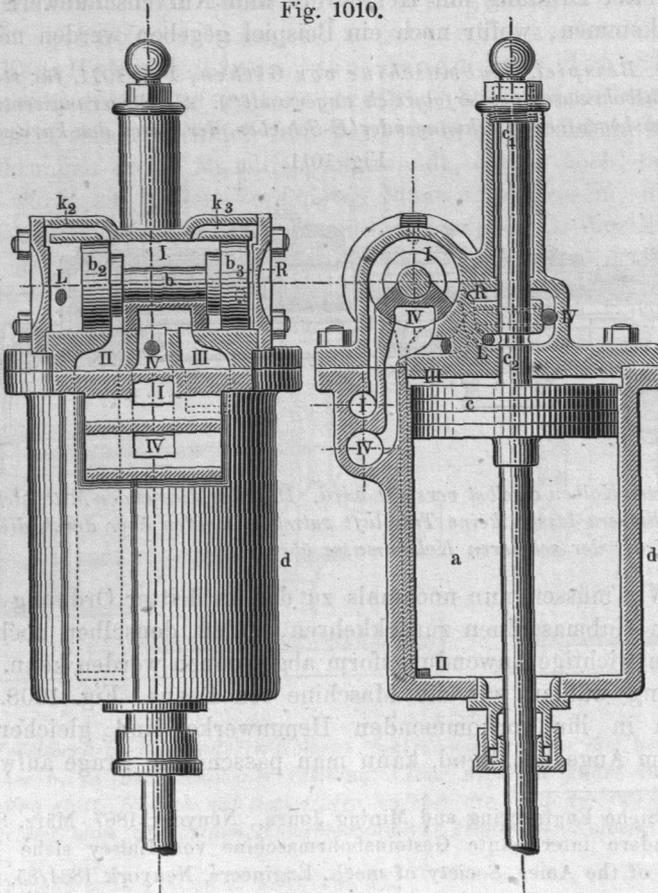


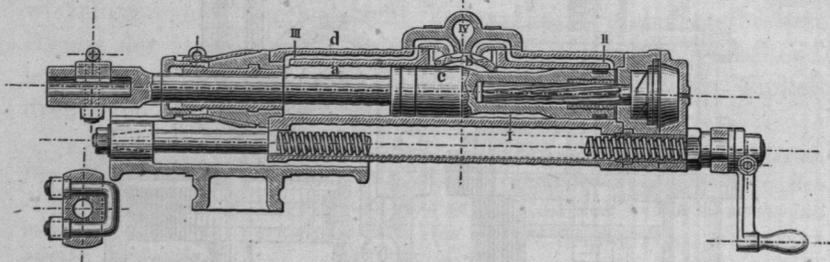
Fig. 1010.



wohl thunlich gewesen wäre, dort mit zweiter Ordnung auszukommen. Sämmtliche neun Beispiele zeigen ausserdem deutlich die grundsätzliche Uebereinstimmung in der Hauptsache mit den Uhrhemmungen. An die Stelle des Steigrades *a* ist nur überall die flüssige Säule getreten, an die Stelle des Ankers der ihm, selbst äusserlich, ähnliche Schieber; sodann ist das schwingende Organ, dort Pendel oder Unruhe, hier nicht bloss zum möglichst freien Schwingen, sondern zu beträchtlicher Kraftäusserung bestimmt. Aehnliche Aufgaben, wie bei der Dampfmaschine, kommen beim Dampf- und Lufthammer, der Dampf- und Luftramme, der fast immer mit Druckluft betriebenen, stossenden Gesteinsbohrmaschine u. s. w. vor und werden in verwandter Weise wie oben gelöst. Doch ist es hier auch gelungen, statt in dritter, in zweiter Ordnung mit Hemmwerk und Kurvenschubwerk allein auszukommen, wofür noch ein Beispiel gegeben werden möge.

10. Beispiel. Hubmaschine von Githen, Fig. 1011, für stossende Gesteinsbohrmaschinen erfolgreich angewandt\*). Als Steuerungsventil dient ein kreisbogenförmig schwingender E-Schieber, der durch den kurvenförmig

Fig. 1011.



profilirten Kolben *c* selbst verstellt wird. Die abschliessenden Mittelstellungen des Schiebers lassen keine Treibluft zutreten, werden aber durch die lebendige Kraft der schweren Kolbenmasse überschritten.

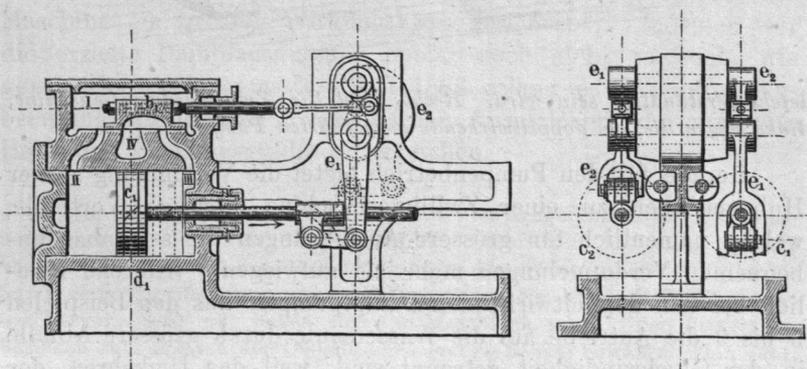
Wir müssen nun nochmals zu den in dritter Ordnung arbeitenden Hubmaschinen zurückkehren, indem denselben noch eine andere wichtige Anwendungsform abgewonnen werden kann. Zum Ausgang wählen wir die Maschine von Deane, Fig. 1008. Die beiden in ihr vorkommenden Hemmwerke sind gleicher Art. Dies im Auge behaltend, kann man passend die Frage aufwerfen,

\*) Siehe Engineering and Mining Journ., Newyork 1887, März, S. 107; eine andere interessante Gesteinsbohrmaschine von Halsey siehe Transactions of the Amer. Society of mech. Engineers, Newyork 1884/85, S. 71.

ob man nicht vom zweiten oder Hilfskolben ebenfalls nach aussen Kraft äussern lassen, z. B. ebenso wie den Kolben *d* einen Pumpenkolben treiben lassen könne. Man wird ihn dann wohl grösser machen müssen als jetzt, ihm auch mehr Hub geben; ja es steht nichts im Wege, ihm ebensoviel Durchmesser und Hub zu geben, wie dem Hauptkolben. Den Schieber *b* wird man dann mittelst Hebelwerkes von dem grösser gewordenen Kolben aus treiben lassen, so gut, wie dies jetzt mit dem Schieber *b'* seitens des ersten Hauptkolbens geschieht. Dabei wird, vermöge geeigneter Anordnung des Hilfsgestänges, statt des *E*-Schiebers auch wieder der gewöhnliche Muschelschieber verwendbar sein, was zwar nebensächlich, aber doch ganz dienlich ist. Die beiden Hemmwerke wird man dicht nebeneinander, wohl am besten auf ein und dasselbe Gestell setzen. Kurz wir gelangen zu einer Zwillingshubmaschine, d. i. zu zwei verbundenen, gleichen Hubmaschinen, von denen jede den Steuerungsschieber der andern treibt. Diese Anordnung ist jetzt nicht selten; ziemlich früh ward sie in Frankreich in kleinen Ausführungen durch Mazelline angewandt; früher noch, nämlich 1859, wurde sie in den Vereinigten Staaten in grossem, und bis heute steigendem Massstab eingeführt durch C. C. Worthington.

11. Beispiel. Zwillingshubmaschine von Mazelline, Fig. 1012\*.) Die Skizze zeigt den einen Kolben, *c*<sub>1</sub>, in seiner mittleren Stellung, dagegen

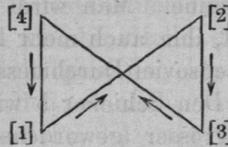
Fig. 1012.



das Hebelwerk *e*<sub>2</sub> des anderen Kolbens, und damit den von ihm betriebenen Schieber *b*<sub>1</sub> in ausgeschobener Stellung. Das Arbeiten findet in zweiter Ordnung statt, freilich mit dem Opfer, welches die Verdoppelung erheischt. Bezeichnet man die beiden Kolbenhemmwerke (Cylinder, Kolben, Schieber,

\*) Siehe z. B. Poillon a. a. O. Taf. IX.

Dampf) mit [1] und [3], die Steuerhebelwerke mit [2] und [4], so wird die Bewegung gemäss nachstehendem Linienzug vor sich gehen, wobei

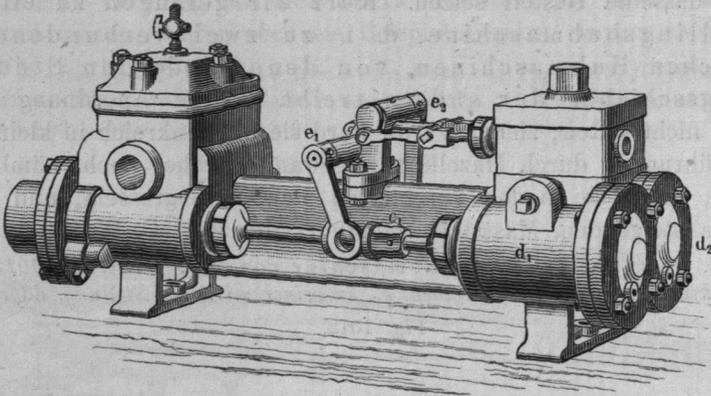


[1] [2] [3] Treibung in zweiter Ordnung, und ebenfalls  
[3] [4] [1] " " " " " " vorstellt.

Die Maschine dient zum Pumpenbetrieb.

12. Beispiel. Zwillingsdampfmaschine von Worthington, Fig. 1013. Hier ist nur eine äussere Ansicht gegeben, welche aber nach dem Vorigen

Fig. 1013.



leicht verständlich sein wird. Rechts liegt die Zwillingsdampfmaschine, links liegen die, als doppeltwirkende ausgeführten Pumpen.

Gerade für den Pumpenbetrieb bietet die Vereinigung zweier Hubmaschinen zu einer Zwillingsmaschine wichtige Vortheile, welche namentlich für grössere Ausführungen die scheinbar unbequemen Verdoppelungen mehr als aufwiegen. Während nämlich bei den doppeltwirkenden Dampfmaschinen aus den Beispielen 5 bis 9 die Antriebe auf die Wassersäule durch grössere Abfälle in der Geschwindigkeit getrennt sind, weil das Umkehren der Kolben Zeit erfordert, werden bei den vorstehenden Zwillingsmaschinen die Abfälle fast Null, da jeder gehende Kolben den stillstehenden schon vor Hubschluss in Bewegung versetzt.

Ein Uebelstand, der sämmtlichen bis hierhin dargestellten Hubdampfmaschinen anhaftet, wenn sie zum unmittelbaren Pum-

penbetrieb angewandt werden, liegt aber darin, dass sie fast ganz mit Volldruck arbeiten müssen, um den gleichmässig widerstehenden Wasserdruck zu überwinden. Wir haben also hier gute Wirkung auf das Wasser bei schlechter Wirkung des Dampfdruckes vor uns.

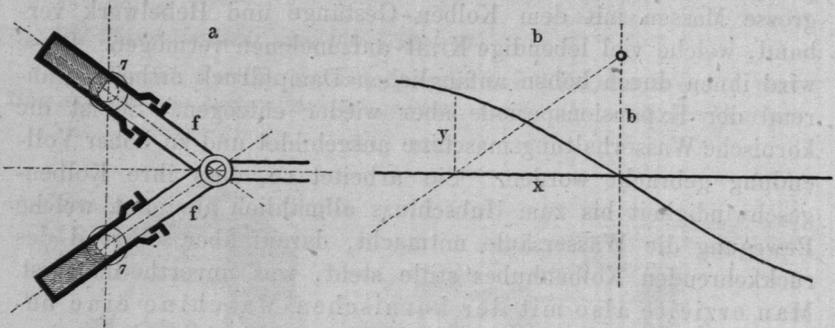
Dies gilt schon von den einfachsten Hubmaschinen, wo man den Fehler auch frühzeitig erkannt und ihm bei den Bergwerkspumpmaschinen dadurch zu begegnen gesucht hat, dass man grosse Massen mit dem Kolben-Gestänge und Hebelwerk verband, welche viel lebendige Kraft aufzunehmen vermögen. Diese wird ihnen durch hohen anfänglichen Dampfdruck ertheilt, während der Expansionsperiode aber wieder entzogen. So ist die kornische Wasserhaltungsmaschine ausgebildet und zu hoher Vollendung gebracht worden. Sie arbeitet so, dass ihre Kolbengeschwindigkeit bis zum Hubschluss allmählich abnimmt, welche Bewegung die Wassersäule mitmacht, darauf aber während des rückkehrenden Kolbenhubes stille steht, was unvortheilhaft ist. Man erzielte also mit der kornischen Maschine eine bedeutend verbesserte Dampfwirkung, dafür aber eine schlechte Wirkung auf die Wassersäule.

Bei den grösseren Worthington'schen Pumpmaschinen wurde nun schon vor längerer Zeit die Dampfwirkung dadurch gehoben, dass man bei den Dampfzylindern das Verbundsystem anwandte; hiermit war ein ziemlich ansehnlicher Erfolg verbunden und der Maschine ein grosser Wirkungskreis gesichert\*). Indessen war die erzielte Dampfausnutzung immer noch nicht so hoch, wie gewünscht werden musste. Erst 1886 gelang es W., durch Anbringung sogenannter hydraulischer Ausgleicher, die erstrebte Höhe des Wirkungsgrades zu erreichen.

\*) Im Jahre 1876 belief sich die Zahl der ausgeführten W. Zwillingsmaschinen in den Ver. Staaten auf 80; inzwischen hat sich ihr Bau bedeutend entwickelt; neuerdings gingen Maschinen mit 22 000 ja bis 54 500 cbm Tageslieferung aus den Werkstätten der Firma H. R. Worthington hervor. Sehr gut haben sich die Maschinen auch in den Petroleumbezirken zum Speisen der Oelhaltungen (vergl. S. 874) bewährt. Man zählt jetzt (1887) allein in den amerikanischen Oelbezirken gegen 70 W.'sche Verbundmaschinen von je 600 bis 800 PS; eine der neuesten hat eine Leitung von 30 engl. Meilen Länge bei 6" Rohrweite und 10" Tauchkolbendurchmesser; (vergl. meinen Vortrag im Verein für Eisenbahnkunde, Nov. 1886, wiedergegeben in Glaser's Ann., 1887 (XX), S. 7); auch die S. 874 erwähnte Oelleitung Baku-Batum soll mit W. Maschinen betrieben werden (s. Engineering and min. Journ. 1887, Jan., S. 73).

Das von ihm angewandte Ausgleichungsgetriebe, Fig. 1014, ist ein Spannwerk, und zwar ein Kippspannwerk von der in Fig. 743 dargestellten Art, bei welchem nur statt des Federdruckes Wasserdruck aus einem hochgespannten Windkessel angewandt ist\*). Dieser Windkessel bildet eine periodisch wirkende Krafthaltung (vergl. S. 874). Die Kolben *ff* des Spannwerkes werden von einem Querhaupt, das auf der verlängerten Kolben-

Fig. 1014.



stange sitzt, geführt; während der ersten Hubhälfte drängt das Querhaupt sie in ihre Cylinder, die um 7 schwingen, hinein; während der zweiten treten sie unter Rückgebung der empfangenen Arbeit wieder heraus\*\*). Die Widerstände und Treibdrucke, wie sie durch die Spannkolben *f* auf den Dampfkolben ausgeübt werden, drücken sich durch eine Kurve von der unter *b* dargestellten Form aus, welche man bei Indikatormessungen auch erhält.

Man hat, wenn der Druck jeder der beiden Spannkolben = *P*, für den Druck *Q* auf die Kolbenstange bei den in Fig. 1015 a eingeschriebenen Bezeichnungen  $Q = 2 P \sin \beta = 2 P \operatorname{tg} \beta : \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \beta}$ , worin  $\operatorname{tg} \beta = x : b$ . Damit kommt  $Q = 2 (x : b) P : \sqrt{1 + (x : b)^2}$  oder, wenn man noch *Q* = der Ordinate *y* der zu suchenden Kurve setzt,  $y = 2 P x : \sqrt{x^2 + b^2}$ , und hieraus, wenn noch der Werth  $2 P$  mit dem Werth *c* eingeführt wird:

$$\frac{y}{c} = \frac{x}{\sqrt{x^2 + b^2}} \dots \dots \dots (317)$$

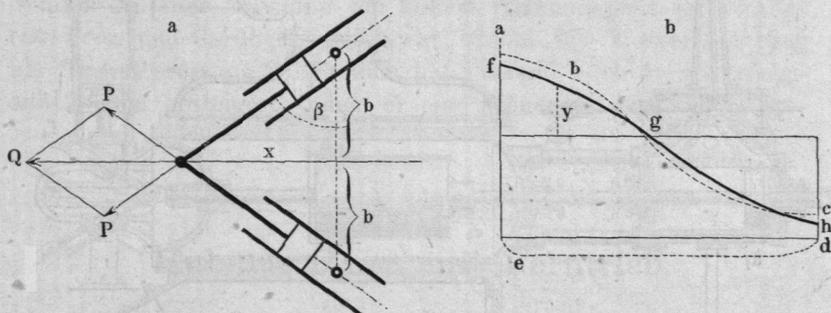
welche Gleichung sich sehr leicht zeichnerisch auftragen lässt.

\*) Ein Ausgleichungsgetriebe dieser Art, angewandt auf Tauchkolbenhebwerke, war der Berlin-Anhaltischen M. B. A. Gesellschaft in Deutschland schon 1885 patentirt worden.

\*\*\*) Für den theoretischen Kinematiker führe ich an, dass es sich um zweifache Verwendung der geschränkten Winkelschleifenkette (*CP*+*CP*⊥) handelt, welche auf *b* gestellt ist; vergl. meine theor. Kinematik, S. 322 und 325.

Trägt man diese Kurve zu dem Rechteck auf, welches das Diagramm des Wasserwiderstandes darstellt, Fig. 1015 *b*, so erhält man als wirkliche Widerstandskurve die Linie *fgh* und sieht alsbald, dass diese mit einem Dampfdiagramm für starke Expansion die erwünschte Aehnlichkeit in hohem Grade besitzt, mit anderen Worten, dass nun Treibkraft und Widerstand in der Maschine fast durchweg übereinstimmen. Die punktirt angegebene

Fig. 1015.



Diagrammkurve *abcde* ist einem wirklich erhobenen Indikator-diagramm entnommen\*). Durch das Ganze ist gezeigt, dass in der Hubdampfmaschine mit Worthington'schem Ausgleicher sowohl gute Wirkung des Wasserdrucks, als gute Wirkung des Dampfdrucks erzielt werden kann\*\*).

Fig. 1016 (a. f. S.) stellt einen Längenschnitt durch einen der Cylinder einer W'schen Zwillingmaschine für Pumpenbetrieb dar. Rechts ist das Ausgleichwerk mit seinem Windkessel zu erkennen; die punktirtre Stange  $e_2$  gehört dem Hebelwerk  $e_2$  des zweiten Cylinders an, welches den Steuerungsschieber  $b_1$  betreibt.

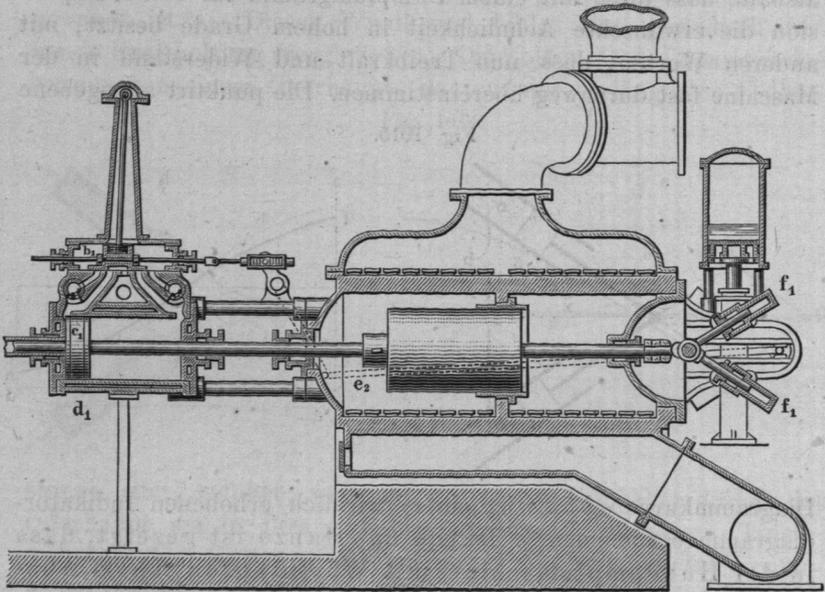
Hat sich im Vorstehenden gezeigt, wie die Hubmaschine durch viele Formen hindurch von dritter auf zweite Ordnung gebracht worden ist, so fragt sich, ob man sie nicht auf erste

\*) Siehe Mair, Experiments on a direct acting steam pump. Excerpt minutes of the proceedings of the Inst. of Civ. Engineers, London 1886.

\*\*\*) Mit der W'schen Hubmaschine mit Ausgleichern ist also ein Ziel erreicht worden, nach welchem die Erbauer der Dampf-pumpwerke seit fast 200 Jahren hingearbeitet haben; denn soviel Zeit ist seit Papin's Erfindungsarbeiten in Kassel (1690) vergangen, bis es gelang, die widersprechenden Bedingungen zugleich zu erfüllen, an welche die Bewegungen des elastischen, empfindlichen, treibenden Druckorgans einerseits, und des unelastischen getriebenen andererseits geknüpft sind.

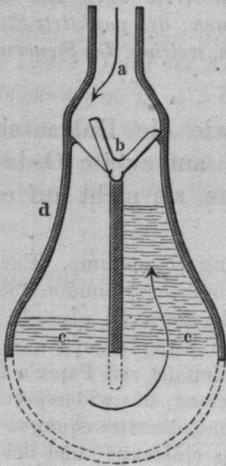
Ordnung herabzudrängen vermocht hat. In der That ist dies geschehen — allerdings unter unmittelbarer Verbindung des

Fig. 1016.



Dampfhemmwerkes mit einem Wasserschaltwerk — beim Hall-schen Pulsometer, von dem Fig. 1017 das Obertheil schematisch

Fig. 1017.



darstellt. *a* Dampf, *b* ankerförmiges Gesperre, *d* Gestell (vergl. Fig. 775). Denkt man sich das Gehäuse *d* in der punktirten Form geschlossen und einen Wasserkörper *c* hineingenommen, der die beiden Wasserkörper des Pulsometers vertritt, so hat man die Wirkung erster Ordnung vor sich. Der Wirkungsgrad ist bekanntlich gering,  $\frac{1}{4}$  bis  $\frac{1}{3}$  von dem der Kolbendampfmaschine\*), die Bauart aber so einfach, dass dadurch oftmals der Mangel ausgeglichen wird.

\*) Siehe Weisbach-Herrmann, *Mechan. III*, 2 (2. Aufl.), S. 1037 ff., auch C. Schaltenbrand, *der Pulsometer*, Berlin 1877.

Ein anderes Hemmwerk erster Ordnung ist Montgolfier's hydraulischer Widder, der ebenfalls mit einem Wasserschaltwerk unmittelbar verbunden ist; Wirkungsgrad klein. Später hat man ihn statt des Wasserschaltwerks ein Luftschtwerk unmittelbar treiben lassen, in grossartigem Maassstabe zuerst beim Bau des Mont-Cénistunnels in Someiller's hydraulischer Luftpresse\*), wobei der Wirkungsgrad auf etwa 50 Proz. gebracht wurde. Erst in neuester Zeit hat Pearsall durch vorzügliche Neuerungen den Widder zu einer Maschine von hohem Wirkungsgrad umgestaltet (80 Proz. und darüber), und zwar sowohl für Wasserförderung als für Luftpresse\*\*). Freilich hat Pearsall auch die Ordnungszahl wieder gesteigert, indem er eine Steuerung hinzufügte.

## §. 326.

**Hubmaschinen mit Ferntrieb.**

Soll eine Hubmaschine eine Kolbenpumpe, die weit von ihr entfernt aufzustellen ist, betreiben, so muss zwischen beide ein geeignetes Getriebe eingeschoben werden. Früher war meist hierzu das sogenannte Feldgestänge in Anwendung; statt eines solchen kann man aber auch ein Druckleitwerk benutzen. Wo Wasser das übertragende Druckorgan ist, nennt man ein solches Zwischengetriebe ein Wassergestänge. Man erhält ein solches durch Verbindung von Wasserhebeln (s. §. 311). Fig. 1018 (a. f. S.) stellt drei Arten desselben dar. *a* geschlossenes Druckleitwerk mit zwei gleichen Kolben, *b* ein solches mit zwei ungleichen, *c* ein solches mit zusammengesetzten Kolben. Für Grubenpumpen hat man das Wassergestänge wiederholt vorgeschlagen, auch einigemal ausgeführt. Eine vorzügliche Ausführung ist folgende.

*Beispiel.* Wasserhaltungsmaschinen mit Wassergestänge auf Grube Sulzbach-Altenwald, Fig. 1019 schematischer Grundriss der Anlage über Tag, Fig. 1020 desgl. in der Grube. Das Druckleitwerk ist von der Gattung unter *b*, Fig. 1018. Der Dampfkolben *c* treibt mittelst der beiden Tauchkolben  $b_1 b_2$  unten in der Grube die Kolben  $c_1 c'_1$  und  $c_2 c'_2$ , diese

\*) Siehe meine Mittheilungen über die Durchbohrung des Mont-Cénis, Schweiz. polyt. Zeitschr. II (1857), S. 147 ff.

\*\*) Siehe Engineering Bd. XLI (1886, Juli), S. 47, auch H. D. Pearsall, Principle of the hydraulic ram applied to large machinery, London, Bedford Press, 1886.

ihreseite die Pumpenkolben  $e_1 e_2$ . Die Auflösung der Druckwerkkolben in je zwei hat der Symmetrie der Kräfte wegen stattgefunden\*).

Fig. 1018.

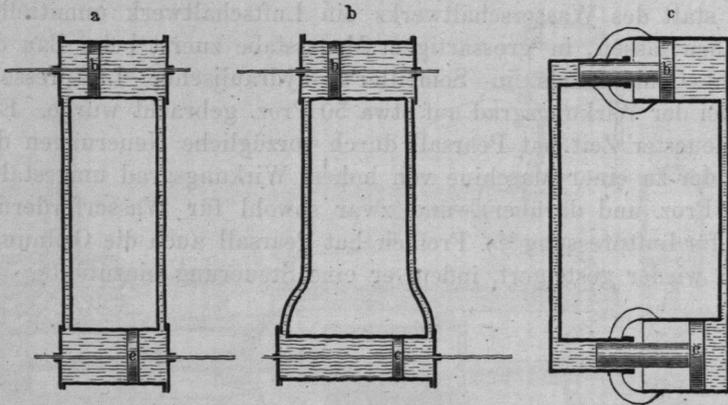


Fig. 1019.

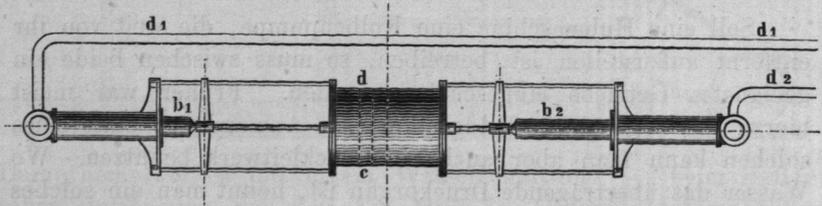
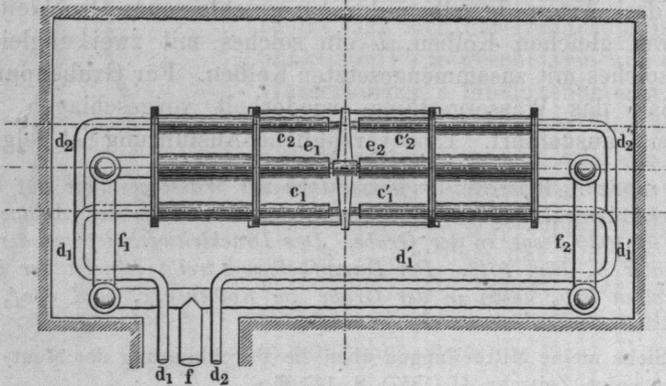


Fig. 1020.



\*) Näheres über diese vorzügliche Maschine findet man in der Zeitschrift für Berg-, Hütten- und Salinenwesen, XXII, S. 179, XXIII, S. 6,

## §. 327.

**Hubmaschinen mit Hilfsdrehung.**

Ein wirksames Mittel, die Dampfwirkung der Hubmaschine zu verbessern, hat man darin gefunden, dass man statt der schwingenden Massen der kornischen Maschine umlaufende, sich drehende Massen einführt. Man nimmt ein Getriebe zu Hülfe, welches von der Khebbewegung des Dampfkolbens eine Drehbewegung ableitet und setzt auf die umgetriebene Achse ein Schwungrad. Solche Maschinen seien Hubmaschinen mit Hilfsdrehung genannt. Da man bei diesen dem Schwungradkranz leicht die 4- bis 5fache Schnelle der Kurbelwarze geben kann, lässt sich nun die Grösse der erforderlichen Massen beträchtlich herabziehen; die Vervierfachung der mittleren Kolbenschnelle gestattet ja schon eine Verminderung der Massen auf den 16ten Theil. Somit liegt denn in der Hilfsdrehung ein Mittel vor, die Dampfwirkung wesentlich zu heben, weshalb man sie auch von den kleinsten Dampfpumpen herauf bis zu den grossartigsten Dampfpumpwerken so vielfach eingeführt hat\*).

*Bei der einfachen Hilfsdrehungsmaschine zum Wasserpumpen ist übrigens die Wirkung auf das Wasser nicht günstig, weil die Kolbenschnelle v zu sehr wechselt. Drückt man letztere durch eine Kurve aus, deren Ordi-*

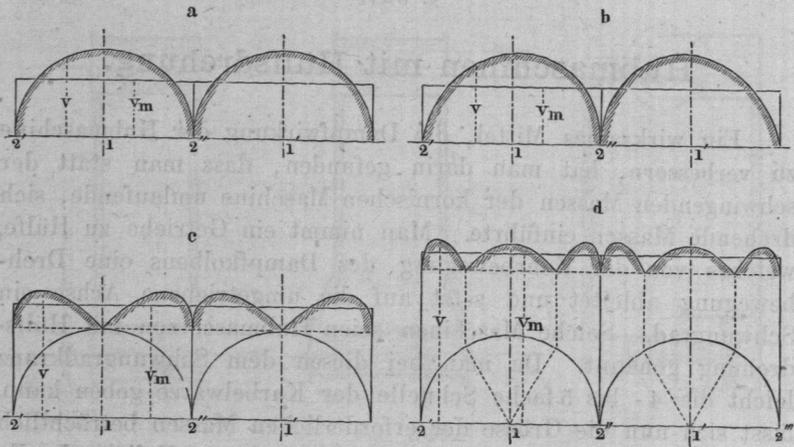
---

XXIV, S. 35. Sie hebt aus 250 m Teufe bis nahe zu Tage; anfänglich und vertragsmässig geschah dies mit 6 minutlichen Doppelhüben, später mit 10, jetzt mit 16 Doppelhüben bei Hubpausen von je einer Sekunde, was der bedeutenden mittleren Kolbenschnelle von 1,94 m entspricht. Wasserspannung in den Leitrohren  $c_1 c_2$  80 at; Pumpenkolben  $314 \times 1700$ ; Kohlenverbrauch hoch, weil aus übertriebener Vorsicht der Dampfcylinder viel weiter als nöthig gewählt worden. Dennoch wird die Maschine (erbaut von der M. B. A. Ges. Bayenthal bei Köln) sehr geschätzt, weil sie so regelmässig geht, nämlich seit ihrer Ingangsetzung 1858, also seit 29 Jahren, kaum nennenswerthe Stillstände gehabt hat.

\*) Die in den Ver. Staaten verbreitete Gaskill-Pumpmaschine ist eine Zwillingsmaschine mit Hilfsdrehung bei rechtversetzten Kurbeln; sie weist sehr gute Leistungen auf, s. Porter's interessanten Bericht: Report of the trial of the Gaskill Pumping engine at Saratoga, published by the Board of Water Commissioners, 1883.

naten die Kolbenwege sind, so erhält man bei unendlich langer Pleuelstange bei der einfachsten Anlage der Kurve einen Kreis, Fig. 1021 a. Etwas hiervon abweichend fällt die Kurve aus bei endlicher Pleuelstangenlänge,

Fig. 1021.

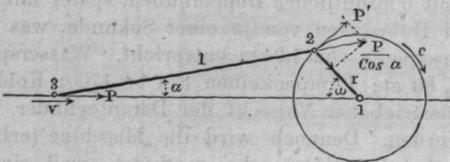


s. Fig. 1021 b, wo erstere gleich vier Kurbellängen vorausgesetzt ist. Diese Kurve stellt gleichzeitig das Verhältniss der tangentialen Kraft am Kurbelzapfen zum Kolbendruck dar\*). Den wechselnden Werthen von  $v$ , welche von der mittleren Schnelle  $v_m$  oft stark abweichen, muss die getriebene Wassermasse mehr oder weniger folgen, was nicht ohne beträchtlichen Spannungswechsel vor sich geht. Ihretwegen muss man, trotz Anbringung von Windkesseln, die mittlere Wassergeschwindigkeit klein halten.

Bedeutend geringer werden die Schwankungen, wenn man zwei der gedachten Maschinen zur Zwillingmaschine mit rechtversetzten Kurbeln

\*) Bei den Bezeichnungen in beistehender Fig. 1022 nach dem Ausdruck  $v : c = \sin \omega + tg \alpha \cos \omega$ . Da nun  $P dz = P' r d\omega$ , also  $P v = P' c$ ,

Fig. 1022.



so ist auch das Verhältniss  $P' : P =$  demselben Ausdruck; die obigen Kurven stellen also auch das Verhältniss der Umfangskraft im Warzenkreise zum Kolbendruck dar.  $P$  und  $c$  sind in den Figuren  $a$  und  $b$  durch

$1. 2'$ , in Fig.  $c$  durch  $2' 2''$ , in Fig.  $d$  durch  $2' 1'$  dargestellt; bei  $c$  und  $d$  ist wieder  $l : r = \infty$  angenommen. Die Kurven gelten unter Voraussetzung doppelwirkender Pumpen; die Kurve bei  $b$  müsste bei der Annahme, dass zwei einfachwirkende Pumpen mit entgegenstehenden Kurbeln in ein und dasselbe Steigrohr trieben, in der zweiten Hälfte der ersten gleichgerichtet sein, also dort die Form ihres Spiegelbildes annehmen.

verbindet. Die zugehörige Geschwindigkeitskurve zeigt Fig. c. Viele Dampf-pumpwerke neuerer Entstehung haben diese Zwillingsanlage. Ganz neuerdings führt man sogar Drillingsmaschinen, mit Kurbelversetzung  $120^\circ$ , aus. Ihre Geschwindigkeitskurve siehe unter d; sie ist begreiflicherweise noch günstiger als die vorige. Es leuchtet aber ein, dass schon die Zwillings-, noch weit mehr die Drillingsmaschine einen baulichen Aufwand erfordert, welchem gegenüber die reine Hubmaschine mit Ausgleichern (§. 325) bedeutend im Vortheil ist.

Statt die Schwungmassen vollständig umlaufen zu lassen, kann man sie auch in grossen Kreisbogen umschwingen lassen. Ingenieur Kley hat mit jenem Scharfsinn, den wir an seinen Entwürfen gewohnt sind, auf diesen Grundsatz hin seine Wasserhaltungsmaschine mit absetzender Hilfsdrehung gebaut. Er erzielt durch Abpassung von Dampfdruck und Schwungmassenverhältniss, dass die Hilfsdrehungskurbel entweder kurz vor oder kurz hinter dem Todpunkte zur Ruhe kommt, worauf nach Umsteuerung durch den Katarakt der rückkehrende Schub in beiden Fällen beginnen kann. Im ersteren läuft das Schwungrad nach der Pause rückläufig, im letzteren rechtläufig\*). Vergl. wegen der Steuerung den folgenden Paragraphen.

### §. 328.

## Drehungsmaschinen, Steuerung derselben.

Den Hubmaschinen stehen diejenigen Druckorganhemmwerke gegenüber, welche ihre mechanische Arbeit bei fort-drehender Bewegung abgeben sollen, also wie Laufwerke zu wirken bestimmt sind. Wir können sie Drehungsmaschinen oder auch kurzweg Drehmaschinen nennen. Zwischen ihnen und den reinen Hubmaschinen stehen die im vorigen Paragraphen besprochenen Hub-

\*) Näheres über diese interessanten Maschinen (D. R. P. Nr. 2345), deren bereits über 50 an der Zahl im Betriebe sind, geben folgende Quellen: Berg- u. Hüttenm. Zeitung Glückauf 1877, Nr. 18, 1879, Nr. 98; Moniteur des int. matériels 1877, Nr. 20; Compt. rend. de St. Etienne 1877, Juni; Berggeist 1879, Nr. 85; Z. D. Ingenieure, 1879, S. 304, 1881, S. 479 u. 529, 1883, S. 579; Dingler's Journ. 1881, Bd. 242, S. 1, 1882, Bd. 244, S. 349; Maschinenbauer 1881, S. 63; Oesterr. Ztg. f. Berg- u. Hüttenwesen 1882; Kohleninteressent (Teplitz) 1882, Nr. 34; Revista metalurgica (Madrid) 1883, Nr. 968.

maschinen mit Hilfsdrehung. Die Uebertragung von Hub auf Drehung kann auf mannigfache Art geschehen; überaus am meisten gebräuchlich ist aber die bekannte Anordnung, dass der geradlinige Kehrschub des Hemmwerkkolbens mittelst eines Schubkurbelgetriebes auf die in Fortdrehung umzutreibende Welle übertragen wird.

Der hierbei im Warzenkreis der Kurbel tangential treibende Druck  $P'$  wechselt stark in seiner Grösse, vergl. Fig. 1021, um so mehr, wenn der Kolbendruck  $P$  der Expansion wegen an sich noch wechselt; man wendet deshalb hier ebenfalls einen Ausgleicher an (vergl. S. 935) und zwar in der Form des Schwungrads. Dieses letztere stellt sich hiernach als ein Krafthalter, eine Haltung für lebendige Kraft, dar. Eine besonders bedeutende Anwendung von dieser Krafthaltung wird bei den Walzwerkmaschinen gemacht; hier wird manchmal auf kurze Zeit ebensoviel Kraft der Krafthaltung entzogen, als die Dampfmaschine an sich zuführt, sodass z. B. eine 1000-pferdige Maschine auf kurze Zeit 2000 PS abgibt, ein deutlicher Beweis, dass das Schwungrad eine Haltung vorstellt.

Wichtig und sehr vielgestaltig sind bei den Drehungsmaschinen die Steuerungen, d. h. also die Vorrichtungen zum Lösen und Schliessen der Gesperre des Hemmwerkes. In den vorigen Paragraphen haben wir eine Reihe von Steuerungen besprochen. Dieselben hatten sämtlich eine gewisse Grundeinrichtung gemein, diejenige, dass die Betreibung der Ventile von einer Hubbewegung abgeleitet war, sei es die des Kolbens selbst, oder die eines von ihm bewegten Gestänges. Eine andere Betriebsweise bietet sich aber bei den Drehmaschinen dar, diejenige, bei welcher die Gesperrbewegung von dem Drehwerk der Maschine entnommen wird; selbstverständlich ist diese Betriebsweise auch auf die Hubmaschinen mit Hilfsdrehung anwendbar. Sie ist bekanntlich sehr üblich. Wir unterscheiden deshalb nunmehr

#### Hubsteuerungen und Drehwerksteuerungen,

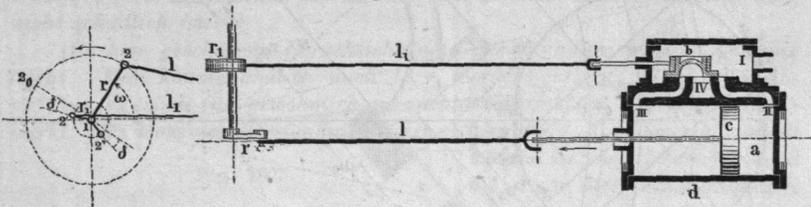
wie wir sie nennen wollen. Für die Steuerung der Drehwerkmaschinen können meistens beide Arten Verwendung finden, wirken aber dann in einer wesentlichen Hinsicht verschieden: bei den Hubsteuerungen ist der Drehungssinn des Drehwerks beliebig, bei den Drehwerksteuerungen ist er ein bestimmter.

Die Drehmaschinen Watt's besaßen durchweg Hubsteuerung\*); sie konnten deshalb bei ganz ordnungsmässig gehender Steuerung sowohl rechts als links umlaufen und erforderten daher auch ganz besondere Aufmerksamkeit beim Anlassen.

Hornblower, der Erfinder der Verbunddampfmaschine, gab dieser letzteren ebenfalls Hubsteuerung. Erst 1800 kamen mit Murdock's 1799 erfundenem Schiebventil die Drehwerksteuerungen auf; indessen hielt sich die Hubsteuerung bei den Drehmaschinen noch längere Zeit, auch wird sie heute öfter wieder erfunden. Die neueren Hubmaschinen mit Hilfsdrehung haben fast immer Drehwerksteuerung; eine Ausnahme macht die oben erwähnte Kley'sche Maschine mit absetzender Hilfsdrehung (S. 943); sie ist mit Hubsteuerung ausgerüstet, damit sie ihren Gang sowohl vor, als hinter dem Todpunkt der Kurbel anheben kann.

Der Steuerungsschieber gibt vermöge der in ihm verwirklichten Zusammenziehung von vier Hebungsventilen in ein Gleitungsventil (vergl. §. 320) der Steuerung eines gewöhnlichen doppeltwirkenden Hemmwerkes eine grosse Einfachheit, wie Fig. 1023, eine Dampfmaschine schematisch darstellend, erkennen lässt.

Fig. 1023.



Der Betrieb des Schiebers *b* durch ein Schubkurbelgetriebe (Exzenter  $r_1$  und Stange  $l_1$ ) ist naturgemäss nicht der älteste gewesen; ihm ging vielmehr Betrieb mit unrunder Scheibe voran\*\*), welcher die Stillstände der Hubventile nach geschעהener Eröffnung oder Schliessung genauer wiedergab. Ein anfänglich lange übersehener Vorzug des Schiebers wurde später als bedeutend erkannt; es ist der, dass man vermöge der Deckungen den Dampfzutritt zu *II* und *III* vor Hubschluss absperren und dadurch Expansion eintreten lassen kann. Um hierbei trotz der

\*) Vergl. Farey, Treatise on the Steam engine, London 1827, S. 524; Maschinen mit Schiebersteuerung wurden bei Boulton & Watt erst nach Zurückziehung Watt's ins Privatleben gebaut.

\*\*) Siehe Farey a. a. O., S. 677 ff.



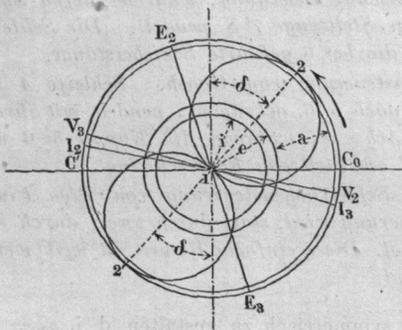
$V_2$ , bei welcher für den Linksschub die (Vor-) Einströmung beginnen soll, ziehe  $V_2 E_2$  und dazu parallel den Aequator  $2.1.2'$ , so ist  $\angle 2.1 C'$  der anzuwendende Voreilwinkel  $\delta$  und der Abstand der  $2.1$  von der  $E_2 V_2$  die äussere Deckung  $e_2$  für den Schiebertrand zum Einweg II. Die Kanalweite  $a$  ist nunmehr zu wählen, und zwar so, dass sie  $< r_1 - e_2$  wird. Sie ist durch die Parallele  $A_2$  angegeben. Wenn die Kurbel in  $J_2$  angelangt ist, was hier  $\frac{98}{100}$  des Kolbenlaufs entspricht, beginnt Eröffnung nach dem Ausweg IV hin, wofern die innere Deckung  $i_2 =$  dem Abstand der Parallelen  $J_2 J_2'$  vom Aequator gemacht wird.

Beim Rechtsschub ist das Verfahren ähnlich. Nur ist Winkel  $\delta$  jetzt schon gegeben, daher aus  $E_3$  nur die Parallele  $E_3 V_3$  zu ziehen, womit der Voreinströmungspunkt  $V_3$  bestimmt ist. Die äussere Deckung  $e_3$  fällt beträchtlich kleiner aus als  $e_2$ , auch wird der Kanalrand  $A_3$  viel weiter überschritten als drüben. Die innere Deckung  $i_3$  ist hier  $= i_2$  gemacht, damit der Schieber Spiegel nicht unsymmetrisch ausfalle; aus demselben Grunde ist die Stegbreite  $b_3 = b_2$  gemacht. Bei der Wahl von  $b_2 = b_3$  besteht eine gewisse Willkür; es ist nun so zu verfahren, dass der ganz einwärts getretene Schiebertrand eine genügend scheinende Fläche des Steges noch bedeckt hält. Die Punkte  $J_2'$  und  $J_3'$  geben noch etwas nicht Unwichtiges an, nämlich die Zeitpunkte des Wiederverschliessens des Auswegs IV. Die bezüglichen Kolbenstellungen  $C^{IV}$  und  $C^V$  sind nicht symmetrisch, eben wegen des Umstandes, dass wir  $i_3 = i_2$  gemacht haben. Die Einsperrung beginnt demzufolge rechts früher, als links, so dass auch die Drückung des Dampfes beim Rechtsschub stärker ausfällt, als beim Linksschub, was aber nicht schädlich ist.

Die hier geschehene Berücksichtigung des Verhältnisses  $l:r$  ist ganz leicht. Man könnte ähnlich auch  $l_1:r_1$  berücksichtigen, allein die Abweichungen sind für gewöhnlich vernachlässigbar klein. Es sei noch bemerkt, dass bloss des Verständnisses wegen hier die 1.3 waagrecht gestellt

worden ist; bei Entwürfen wird die Lage des Schieber spiegels massgebend sein.

Fig. 1025.



Das Zeuner'sche Diagramm für den vorliegenden Fall wird wie folgt erhalten, s. Fig. 1025.

Der Kreis mit  $1 C_0$  stellt wie vorhin die beiden zusammengelegten Warzenkreise vor. Winkel  $C_0 1.2 = C' 1.2' = 90 - \delta$  gemacht, darauf werden mit den Deckungen  $e$  und  $i$ ,

welche hier für beide Schieberenden wie üblich gleich gross gehalten sind, Kreise um 1 beschrieben, desgleichen einer mit  $e + a$ . Sodann wird über  $1.2$  und  $1.2'$  als Durchmesser je ein Kreis geschlagen. Man nennt diese beiden Kreise die Schieberkreise. Sie geben in den Fahrstrahlen ihrer Punkte die Entfernungen der Schieberländer von deren mittleren Stellungen

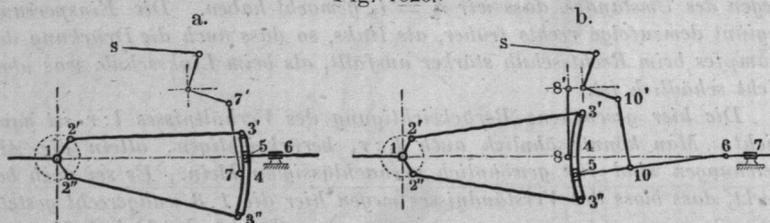
an. Bei der Kurbelstellung  $1V_2$  z. B. beginnt für den Linksschub die Vor-einströmung, bei  $1E_2$  die Absperrung, bei  $1J_2$  die Vorausströmung u. s. w. \*).

Das Zeuner'sche Diagramm zeigt die gesuchten Abstände nach Polar-koordinaten, das meinige nach Parallelkoordinaten. Streng genommen müssten beim Zeuner'schen Bilde die Kreise 1.2 und 1.2' aufeinander-liegen, die Fahrstrahlen von 1.2' dabei negativ gemessen werden. Der Uebersicht zuliebe hat Zeuner die dargestellte Lage gewählt.

Aus dem Vorgeführten folgt, dass man durch Veränderung von Exzenterhub und Voreilwinkel den Expansionsgrad verändern kann. Dies lässt sich so weit treiben, dass der Drehungssinn umgekehrt ausfällt, oder, wie man es nennt, Umsteuerung ein-tritt. Man benutzt eine Reihe von Umsteuerungsgetrieben, bei welchen durch Verstellung eines Hebelwerks, des Stellzeuges, die erwähnten Veränderungen erzielt werden. Die praktisch wichtig-sten, bei welchen sämtlich die sogenannte Kulisse oder Schleife zur Verwendung kommt, seien hier kurz vorgeführt \*\*).

1. Beispiel. Fig. 1026 a. Schleifbogensteuerung von Stephenson. Zwei gleiche Exzenter geben der nach 2' 3' = 2'' 3'' auswärts gekrümmten

Fig. 1026.



Schleife 4 an ihren Enden schwingende Bewegung, während deren Sym-metriepunkt 7 um die Achse 7' am Stellzeuge 7' S pendelt. Die Schleife treibt mittelst des Gleitsteines 5 die bei 6 geführte Schieberstange.

2. Beispiel. b Schleifbogensteuerung von Gooch. Schleife 4 be-trieben wie vorhin, aber einwärts, nach 5.6, gekrümmt, pendelt mit ihrem Symmetriepunkt 8 um die feste Achse S', während die Koppel 5.6 mit ihrem Punkte 10 um die Achse 10' am Stellzeug 10' S schwingt.

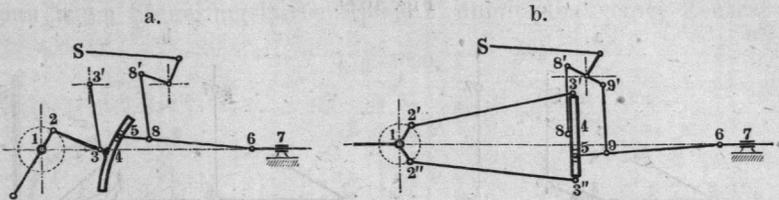
3. Beispiel. Fig. 1027 a Schleifbogensteuerung von Pius Fink. Der Schleifbogen der vorigen Steuerung wird, statt durch zwei, durch ein einziges Exzenter schwingend bewegt. Diese einfache Bauart ist weit weni-ger angewandt, als sie wohl verdient.

\*) Es ist üblich, den Schieber symmetrisch zu gestalten, d. i.  $e_3 = e_2$  zu machen. Damit erhält man aber beträchtlich verschiedene Absperrungs-beginne für die beiden Schübe.

\*\*) Näheres bei Zeuner a. a. O., 1888, 5. Aufl. S. ferner Gustav Schmidt, Die Kulissensteuerungen, Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Vereins 1866, Heft II; auch: Fliegner, Ueber eine Modification der gebr. Lokomotiv-steuerungen, Schweiz. Bauzeitung 1883, März, S. 75.

4. Beispiel. Fig. 1027 b Schleifensteuerung von Allan (Trick). Die Schleife 4 aus Beispiel 1 und 2 gerade gemacht, dafür aber sowohl der

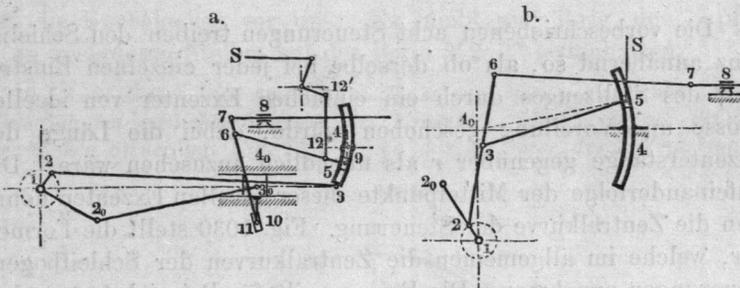
Fig. 1027.



Symmetriepunkt 8 der Schleife, als der Punkt 9 der Koppel je um die Achsen  $S'$  und  $9'$  am Stellzeuge pendeln gelassen\*).

5. Beispiel. Fig. 1028 a. Schleifbogensteuerung von Heusinger. Die Schleife 4 schwingt, durch ein Exzenter betrieben, um eine feste Mittel-

Fig. 1028.



achse 9; als zweites Exzenter wirkt die Kurbel 1. 2<sub>0</sub> mit Pleuelstange 2<sub>0</sub> 3<sub>0</sub> und Querhaupt 4<sub>0</sub>, welches durch 10. 11. 6. 7 auf die Schieberstange einwirkt, was auch die Schleife mittelst 5. 6 thut, während Punkt 12 der Koppel 5. 6 um die Achse 12' am Stellzeuge pendelt.

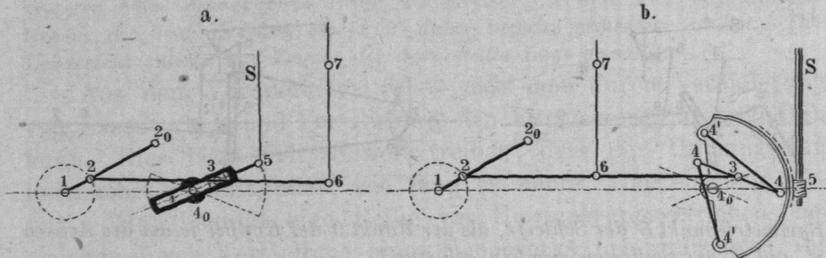
6. Beispiel. b Schleifbogensteuerung von Klug (in England Marshall'sche Steuerung genannt). Der Schleifbogen 4 steht fest. Exzenter 1. 2 bewegt den bei 6. 7 auf den Schieber wirkenden Hebel 2. 3. 6, welcher mit seinem Punkte 3 um die vom Stellzeug festgehaltene Achse 5 des Gleitsteines pendelt. In den Ausführungen findet man gewöhnlich statt der Schleife 4 einen Lenker 4<sub>0</sub> 5 angewandt, dessen Achse 4<sub>0</sub> mit derjenigen der dargestellten Schleife zusammenfällt; das macht aber keinen Unterschied, da die Bogenschleife überhaupt nur eine äusserliche Gestaltung einer derartigen Lenkereinrichtung ist\*\*).

\*) S. Reuleaux, die Allan'sche Kulissensteuerung, Civ.-Ing. 1857, S. 92.

\*\*\*) Ueber die K.'sche Steuerung s. Berliner Verhandl. 1877, S. 345; 1882, S. 52; Engineering 1880, Aug. 13., Okt. 1., Dez. 3.; 1881, Nov. 4.; 1882, Juni 23.; 1885, Febr. 6. und 27.; 1886, Jan. 12.; 1887, Sept. 9. Engineer 1887,

7. Beispiel. Fig. 1029 a Brown'sche Steuerung. Die Bogenbewegung des Punktes 3 der vorigen Steuerung durch Schub in gerader Schleife ersetzt.

Fig. 1029.



8. Beispiel. b Ängström'sche Steuerung. Punkt 3 der vorigen Steuerung durch eine (Wattische) Gelenkgeradführung geleitet, Punkt 6 zwischen die Punkte 2 und 3 anstatt ausserhalb 2.3 verlegt\*).

Die vorbeschriebenen acht Steuerungen treiben den Schieber ganz annähernd so, als ob derselbe bei jeder einzelnen Einstellung des Stellzeuges durch ein einfaches Exzenter von ideeller Grösse und Voreilung geschoben würde, dabei die Länge der Exzenterstange gegenüber  $r$  als unendlich anzusehen wäre. Die Aufeinanderfolge der Mittelpunkte dieser ideellen Exzenter nennt man die Zentralkurve der Steuerung. Fig. 1030 stellt die Formen dar, welche im allgemeinen die Zentralkurven der Schleifbogensteuerungen annehmen. Die Form *a* gilt für Beispiel 1, 4 und 5, Form *b* für Beispiel 1, wofern die Exzenterstangen gekreuzt angeordnet werden, Form *c*, wo die Kurve eine Gerade ist, für die Beispiele 2, 3 und 6 bis 8. Bei dieser letzteren Form wird die

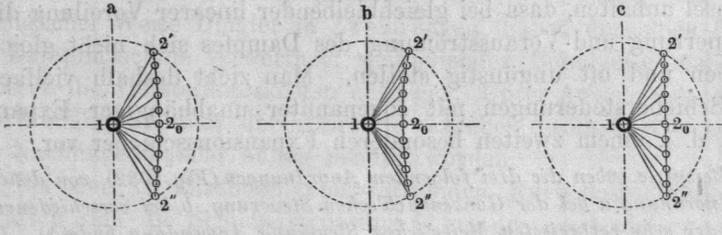
Mai 26.; 1883, Febr. 23., März 30., April 27., Juni 29.; 1885, Juni 5; Marine-Engineer 1885, Nr. 1; Civ.-Ing. 1882, Heft 7 und 8; Zeitschr. D. Ing. 1885, S. 289; 1886, S. 509 und 625; Revue universelle 1882, S. 421; Busley, Schiffsmaschine I, S. 454; Konr. Hartmann, Schiffsmaschinendienst, Hamburg 1884, S. 53; Blaha, Steuerungen der Dampfmasch., Berlin 1885, S. 65.

\*) Die letztbesprochenen Steuerungen und ihre Verwandten werden in England „radiale“ genannt. Siehe Engineer 1883, Febr. 23., Graham, On Radial Valve Gears. Für den Kinematiker sei darauf hingewiesen, dass der Brown'sche und der Ängström'sche Mechanismus auf  $(C''_3 P \pm)^{\frac{d}{2}}$ , in der Mittelstellung  $(C'_3 P \pm)^{\frac{d}{2}}$  hinauslaufen, wobei Punkt 6 dem Gliede  $b$  angehört. Prof. Brauer hat schon früher a. a. O. gezeigt, dass Klug's Mechanismus auf  $(C''_4)^{\frac{d}{2}}$  beruht, wobei 6 ebenfalls  $b$  angehört.

Eröffnung für die Voreinstromung, die sogenannte lineare Voreilung, konstant, was Manche als besonders wichtig erachten.

Man kann nun Hemmwerksteuerungen auch so herstellen, dass man einen Steuerungskurbelzapfen  $2'$  unmittelbar einer Zentral-

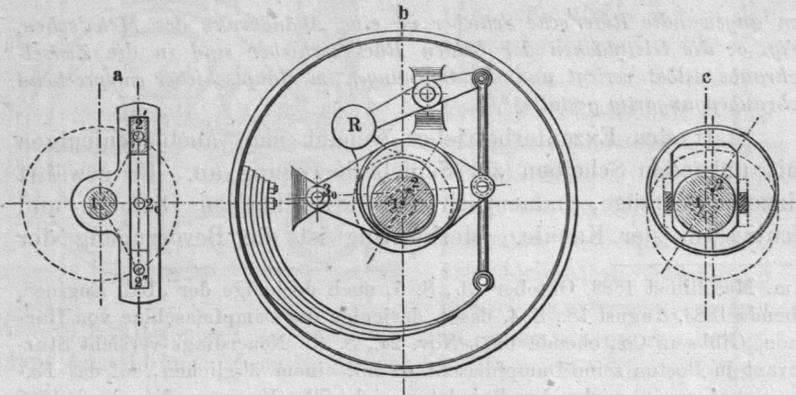
Fig. 1030.



kurve entlang verstellbar anbringt, wie z. B. in Fig. 1031 angedeutet ist. Wir hätten denn hier die Schleife endlich auch drehbar um die Kurbelachse vor uns. Es bleibt nur übrig, den Zapfen  $2'$  an geeigneten Stellen auf der Bahn  $2'2''$  festzuhalten.

9. Beispiel. Dies geschieht z. B. so wie unter c angedeutet, durch Keilschub bei seitlicher Stützung des Exzentrers, oder auch wie bei der Sweet'schen Steuerung, Fig. 1031 b, wo das Exzenter durch Zentrifugal-

Fig. 1031.



kraft einer Regulatormasse  $R$  in die geeignete Lage gebracht und darin erhalten wird\*). Es ist nur Benutzung der Zentralkurve von  $2'$  bis  $2_0$

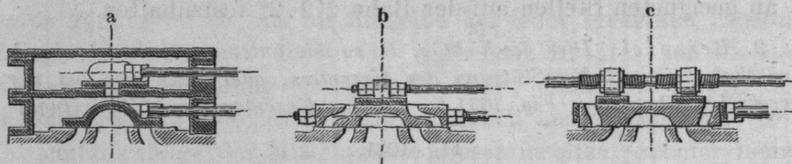
\*) Eine Darstellung der Sweet'schen Steuerung siehe bei Rose, Mechanical Drawing selftaught, Philadelphia, Baird, London, Sampson Low, 1883, S. 293; ein sehr ähnlicher Mechanismus ist der des Grist'schen Regulators,

vorausgesetzt. Hier wird wiederum die Bogenschleife, aber in der bei der Klug'schen Steuerung besprochenen Form eines Lenkers, benutzt. Der Schieber ist entlastet, überhaupt die Reibung aufs Geringste herabgezogen.

So vorthellhaft sich die letztbeschriebenen Steuerungen wegen ihrer Einfachheit gestalten lassen, so bleibt ihnen doch der Nachtheil der einschieberigen Steuerungen mit starkem Expansionswechsel anhaften, dass bei gleichbleibender linearer Voreilung die Einsperrung und Vorausströmung des Dampfes sich nicht gleich bleiben und oft ungünstig stellen. Man zieht deshalb vielfach die Schiebersteuerungen mit sogenannter unabhängiger Expansion, d. i. einem zweiten besonderen Expansionsschieber vor.

Beispiele geben die drei folgenden Anordnungen (Fig. 1032), von denen die Anordnung a bei der Gonzenbach'schen Steuerung, b bei verschiedenen, c bei der sehr verbreiteten Meier'schen Steuerung Anwendung findet\*). In Frankreich ist die Farcot'sche Steuerung mit zwei Schleppschiebern auf dem Hauptschieber, in Amerika die treffliche von Porter-Allen mit zwei von Exzentrern betriebenen Rückschiebern sehr verbreitet. Der nicht sel-

Fig. 1032.



ten angewandte Rider'sche Schieber ist eine Abänderung des Meier'schen, Fig. c; die Gleitflächen der beiden Rückschieber sind in die Zwischenschraube selbst verlegt und die Oeffnungen im Hauptschieber entsprechend schraubengangartig gestaltet\*\*).

Statt des Exzenterbetriebes wendet man auch denjenigen mit unrundern Scheiben zur Schieberbewegung an. Er gewährt einzelne Vorzüge, namentlich den des schnellen Oeffnens und Schliessens der Kanäle. Merkwürdig ist die Bevorzugung der

Am. Maschinist 1883, Oktober 13., S. 5, auch derjenige der „Ball Engine“, ebenda 1883, August 18., S. 4, desgl. derjenige der Dampfmaschine von Harmon, Gibbs u. Co., ebenda 1883, Nov. 24., S. 1. Neuerdings versieht Sturtevant in Boston seine Dampfmaschinen mit einem ähnlichen, auf das Expansionsexzenter wirkenden Regulator, siehe The Engineer, New-York 1888 Jan., S. 5.

\*) Eine recht gute Steuerung mit zwei Schiebern ist die Bilgram'sche, welche von einem Exzenter aus beide Schieber bewegt. Siehe Bilgram, Slide valve gears, Philadelphia, Claxton, 1878, S. 119.

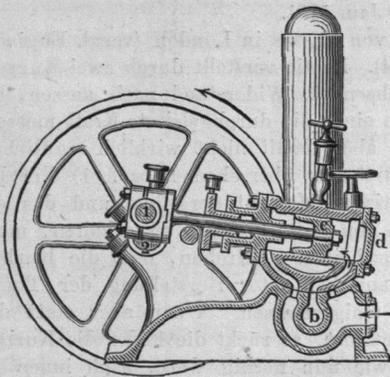
\*\*) Sehr hübsches Beispiel für den Kinematiker, die Wegminderung zweier Glieder einer kinematischen Kette darstellend; siehe meine Theor. Kinematik, S. 333.

unrunden Scheiben vor den Exzentrern auf den Dampfzylindern der westlichen und südlichen Gebiete der Vereinigten Staaten.

In seiner ursprünglichen, der Hahnform, auch in Plankegelform, kann der Schieber die Steuerung auch unter Fortdrehung statt unter Kehrdrehung bewirken; man nennt ihn dann einen rotirenden Schieber oder Drehschieber. Einzelne Firmen, z. B. in vorzüglicher Weise Dingler in Zweibrücken, haben denselben für die Dampfmaschine verwerthet; weitgehender Benutzung stehen indessen die Herstellungskosten entgegen. Unter Anwendung von Kehrdrehung ist aber der rotirende Schieber durch Corliss und ihm Nachfolgende sehr häufig benutzt worden.

Bei den oscillirenden und rotirenden Kurbelkapselwerken gestalten sich die Schiebersteuerungen entsprechend anders, als bei denjenigen aus dem Schubkurbelgetriebe, welches wir in Fig. 1023 voraussetzten. Als Beispiel sei die Wassersäulenmaschine von Schmid in Zürich angeführt, Fig. 1033. Hier ist der Schieber *b* mit dem Gestell der Maschine fest verbunden ausgeführt und hat die aus Fig. 987 *c* hervorgehende Form.

Fig. 1033.



Die Gangregelung der Wasserdruck-Drehmaschinen ist ungleich schwieriger als die der Dampfmaschinen, einestheils wegen der Massigkeit der Treibflüssigkeit, andernteils wegen der geringen elastischen Nachgiebigkeit derselben. Ein Windkessel in der Zuleitung, wie in Fig. 1033 angedeutet, ist deshalb immer erforderlich; die Steuerung bedarf ausserdem, wenn

stärkere Kraftwechsel zu erwarten sind, einer besonderen bezüglichen Ausbildung. Zwei Bauarten derselben seien hier erwähnt.

10. *Beispiel.* Will man Absperrung vor Hubschluss eintreten lassen, so hat man durch geeignete Ventile nach Abschliessung der Obersäule  $a_1$  sofort die Untersäule  $a_2$  zutreten zu lassen. Hoppe (Berlin) hat dieses System vorzüglich durchgebildet und in schönen Ausführungen, u. a. auf den Mansfelder Gruben und im Frankfurter Centralbahnhof verwirklicht; dasselbe erfordert eine ausserordentliche Genauigkeit der Herstellung.

11. *Beispiel.* Ein zweites Mittel besteht in einer dem Kraftbedarf angepassten Hubverstellung. Vorzüglich gelungen sind die bezüglichen Aus-

führungen von Franz Helfenberger in Rorschach\*). Dieser verstellt den Kurbelarm durch ein Wasserspannwerk, welches in der Kurbelscheibe liegt und durch einen von zwei Vorstössen nach Bedarf ausgelöst wird, wenn die Maschine in den äusseren Todpunkt tritt. Das Wasserspannwerk ist doppeltwirkend und verstellt, vom Regulator entsprechend ausgelöst, die Kurbelwarze nach ein- oder auswärts, wenn die Maschine zu schnell oder zu langsam geht. Diese arbeitet sehr günstig; sie gibt gemäss genaueren Versuchen 90 bis 82 Proz. Nutzwirkung bei Kraftwechseln von 1 bis  $\frac{2}{5}$ . (Vergl. die Versuche, welche die Herren Autenheimer, Buss und Kuratli im Januar 1885 an einer Helfenberger'schen Maschine angestellt)\*\*).

Eine neuerdings zur Geltung kommende vierte Bauart ist die von Rigg. Sie regelt den Gang auch durch Hubverstellung. Die Maschine ist ein aus der „rotirenden Kurbelschleife“ gebildetes Kapselwerk (vergl. meine theor. Kinematik, S. 359) mit vier einfachwirkenden Kolben in ebensoviel Cylindern angebracht wie bei den Bauarten von Ward, Schneider und Mouline. Die Hubverstellung geschieht durch den Regulator, welcher Sweet'scher Bauart ist (s. S. 951) mittelst eines hydraulischen Hemmwerkes, welches den Abstand  $a$  je nach Bedarf kleiner oder grösser stellt. Dieselbe Maschine wendet Rigg auch für Betrieb durch Dampf-

\*) D. R. P. Nro. 12018 vom 27. Jan. 1881.

\*\*) Ein drittes System ist das von Hastie in London (vergl. Engineer 1878 August, und 1880 April, S. 304). Hastie verstellt durch zwei Kurvenscheiben die Kurbelwarze bei wachsendem Widerstand nach aussen, bei abnehmendem nach innen mit Hülfe einer die durchgeleitete Kraft messenden Spiralfeder. Die Maschine ist aber damit nicht wirklich regulirbar, aus zwei Gründen, welche die Beurtheiler übersehen haben. 1) Um bei wachsenden Widerständen das statische Moment derselben und das die Kurbel treibende statische Moment (im Mittel) gleich zu erhalten, muss die kraftmessende Feder die Kurvenscheiben so drehen, dass die Kurbelwarze nach aussen rückt. Dies kann bei guter Herstellung der Theile einigermaßen gelingen, aber nur einigermaßen. Wenn aber statt des Widerstandes die treibende Kraft wächst, so rückt die Feder die Kurbelwarze ebenfalls hinaus, statt sie, wie nun nöthig wäre, nach innen zu rücken. Umgekehrt wird der Fehler beim Abnehmen der Triebkraft. 2) Die Winkelschnelle einer Maschine ist nicht eine Funktion der übertragenen Kraft, d. h. die Maschine wird schnell oder langsam laufen, je nachdem die Bewegung eingeleitet worden ist, wie auch die Praxis an der Maschine gezeigt haben muss und an verwandten Maschinen schlagend gezeigt hat. Man begegnet noch recht oft dem Irrthum, dass „dynamometrische Regulirung“, wie sie hier vorliegt, jede andere übertreffe, indem sie „den Fehler verbessere, ehe derselbe auf die Maschine habe wirken können“. Das ist aber, wie gezeigt, ein Irrthum, welcher übrigens verzeihlich ist, denn selbst Poncelet ist die Fehlerhaftigkeit der Schlussfolgerung entgangen (siehe den dynamometrischen Regulator von Poncelet in dessen „Lehrbuch der Anwendung der Mechanik auf Maschinen“, deutsch von Schnuse, Darmstadt 1848, S. 84).

und durch Luftkraft an, wobei aber Expansionsveränderung zum Regeln dient. Diese letzteren Maschinen sollen bis 2000 minutliche Umläufe machen, ohne Erschütterungen zu äussern\*).

Neben den mannigfachen Bauarten der Drehmaschinensteuerungen, die wir bereits betrachtet haben, stehen nun noch die demselben Zweck dienenden Spannwerksteuerungen. Von diesen war bereits oben, §. 252, bei den Spannwerken ausführlicher die Rede. Ihr Formenreichthum ist ausserordentlich gross. Bei ihnen hat man den Schieber in die vier Ventile, aus welchen wir ihn S. 907 bestehend fanden, wieder aufgelöst, augenscheinlich der Leichtigkeit wegen, mit welcher man den Regulator auf die Absperrung hin einwirken lassen kann. Den Spannwerksteuerungen haben sich dann wieder andere von ähnlicher Wirkung auf die aus der Viertheilung hervorgegangenen Ventile angeschlossen; man hat sie zwangsläufige Steuerungen genannt, was auch schon die gewöhnlichen Schiebersteuerungen mit einfachem Exzenter sind. Durch diese Bauarten wurde der Formenreichthum noch vergrössert\*\*). Es kann wohl nicht bezweifelt werden, dass hier des Guten zu viel gethan worden ist, wenn man erwägt, dass der ganze grosse Mechanismenaufwand kein anderes Ziel hat, als die Lösung und Schliessung von vier Gesperren eines Hemmwerkes. Vielfach sind auch die Wirkungen der „Präzisionssteuerungen“, unter welchem Namen man die beiden letzten Steuerungs-Bauarten zusammengefasst findet, überschätzt worden. In Amerika, wo die Mode hergekommen, ist sie bereits als solche überwunden, ihre Anwendung auf ein gewisses Mass herabgesetzt. Man ist wiederholt zu dem Muschelschieber wieder zurückgekehrt, dem man aber die grösste Sorgfalt hinsichtlich Entlastung und Betreibung widmet.

*Anmerkung. Eine hie und da in Deutschland übliche Unterscheidung der Steuerungstheile wird im Vorstehenden vielleicht vermisst. Es ist diejenige der „inneren“ und „äusseren“ Steuerung. Sie ist hier nicht angewandt worden, weil sie als unwissenschaftlich angesehen werden muss. Es bedingt keinen Unterschied in der mechanischen Wirkung der Steuerungstheile, ob sie auswendig an der Maschine oder im Innern derselben angebracht sind, und dieselben Theile liegen gelegentlich auswendig oder auch inwendig, je nachdem es die anderweitige Bauart mit sich bringt, oder*

\*) Siehe Rigg, *Obscure Influences of Reciprocation in High Speed Engines*, in den *Transactions of the Soc. of Engineers* 1886, danach *Engineer* 1886, Juni 4. Für die Hochdruckluftbetriebe in Birmingham und Leeds wird die Rigg'sche Maschine eine ausgedehnte Anwendung finden.

\*\*\*) Beim Deutschen Patentamt sind bis jetzt (1888) etwas über 500 Patente auf Dampfmaschinensteuerungen genommen worden.

es in den Absichten des Erbauers liegt. Beispiele sind nahe zur Hand. So liegt bei der vorhin erwähnten Schmid'schen Wassersäulenmaschine,

Fig. 1034.

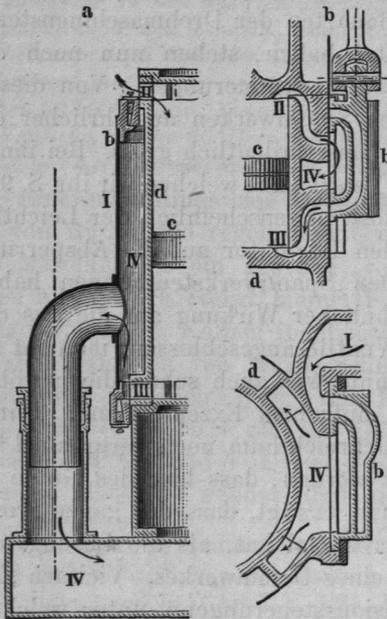


Fig. 1033, der Schieber aussen, desgleichen bei der Gebläseylin-  
 dersteuerung a, Fig. 1034, oder  
 der Steuerung der Vakuum-  
 maschine b (vergl. Oppermann,  
 Portefeuille écon. 1883, Febr.,  
 S. 18). Auch der Cuvelier'sche  
 Dampfschieber sitzt und spielt  
 frei aussen am Dampfeylinder,  
 desgleichen derjenige von Leclerq  
 (vergl. Génie ind. 1864, danach  
 Schweiz. polyt. Z. 1864, S. 83)  
 u. s. w. Eine gewöhnliche Schie-  
 berstange befindet sich halb aus-  
 sen, halb innen an der Maschine,  
 ja zum Theil bald aussen, bald  
 innen, würde also bei der er-  
 wähten Anschauung ihre Be-  
 deutung sogar fortwährend  
 wechseln. Man hat übrigens die  
 nicht empfehlenswerthe Einthei-  
 lung in äussere und innere  
 Steuerung ausserhalb Deutsch-  
 lands gar nicht, bei uns auch  
 nur stellenweise angenommen.

### C. Stellhemmnungen als Krafthemmwerke.

§. 329.

### Stellsteuerungen für Hubmaschinen.

Der Grundgedanke der stellbaren Hemmwerke oder Stellhemmnungen wurde in §. 259 besprochen und an zwei Gesperrwerken aus starren Gebilden nachgewiesen. Ihre Bewegung zerfällt in zwei Einzelsvorgänge: 1) Durch Verstellen eines Theiles wird die Sperrung eines unter Antrieb stehenden Sperrstückes gelöst; 2) durch das in Bewegung gelangende Sperrstück wird alsdann, mittelbar oder unmittelbar, die Sperrung wieder geschlossen. Der hierin enthaltene Grundsatz lässt sich auch auf die Hemmwerke für Druckorgane anwenden und hat daselbst, ohne dass bisher seine hier vorgeführte Erläuterung meines Wissens von Anderen gegeben worden wäre, schon zahlreiche werthvolle Verwendungen gefunden. Steuerungen,