

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*

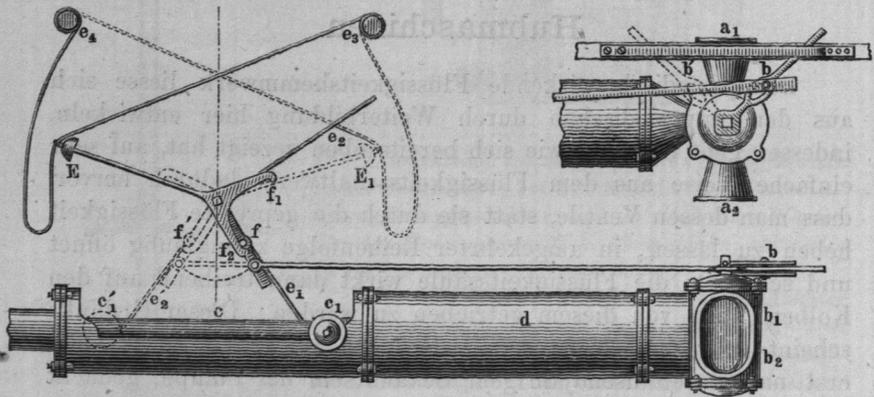
*) Siehe Scholl's Führer des Maschinisten, 10. Aufl., S. 493 ff.

**) 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

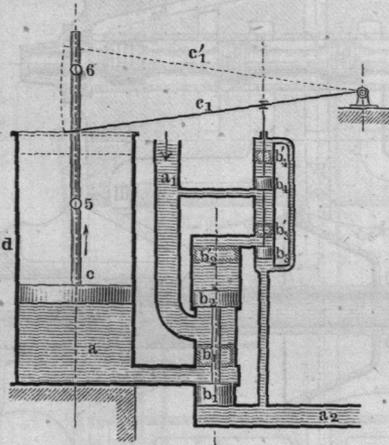
*) Von Bélicor Balancier genannt; die Steuerung nennt B. Regulator.

**) 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.

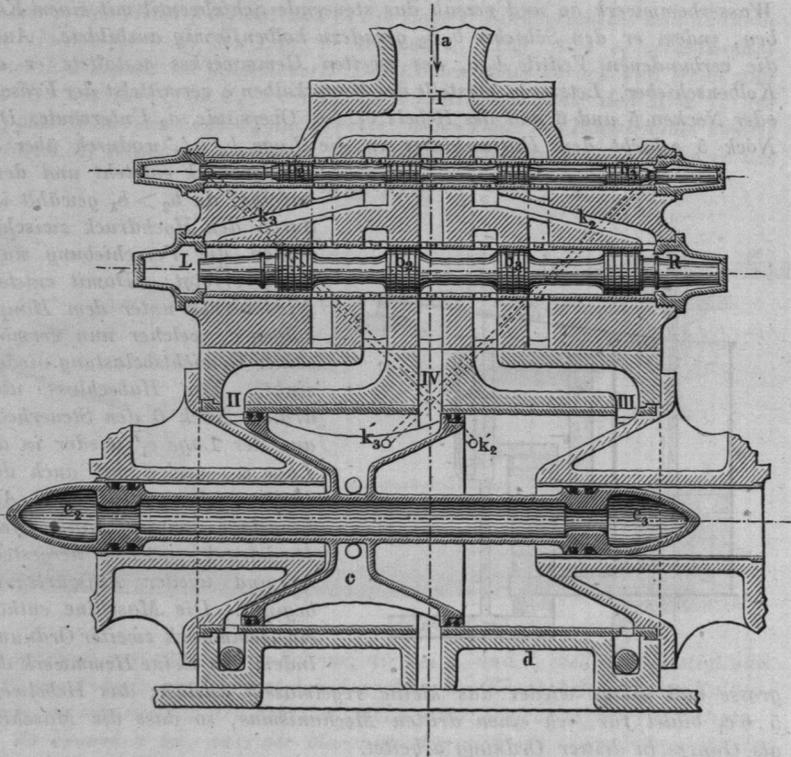
3. Beispiel. Doppeltwirkende Wassersäulenmaschine von Roux**), Fig. 1004 (a. f. S.). Durch Verschmelzung von je vier Ventilen zu einem und durch Einführung von Hoch- und Niederdruck nacheinander auf beiden Kolbenseiten entsteht Doppeltwirkung. Ausserdem ist hier das Hebelwerk c_1 von vorhin durch Hemmwerk 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.



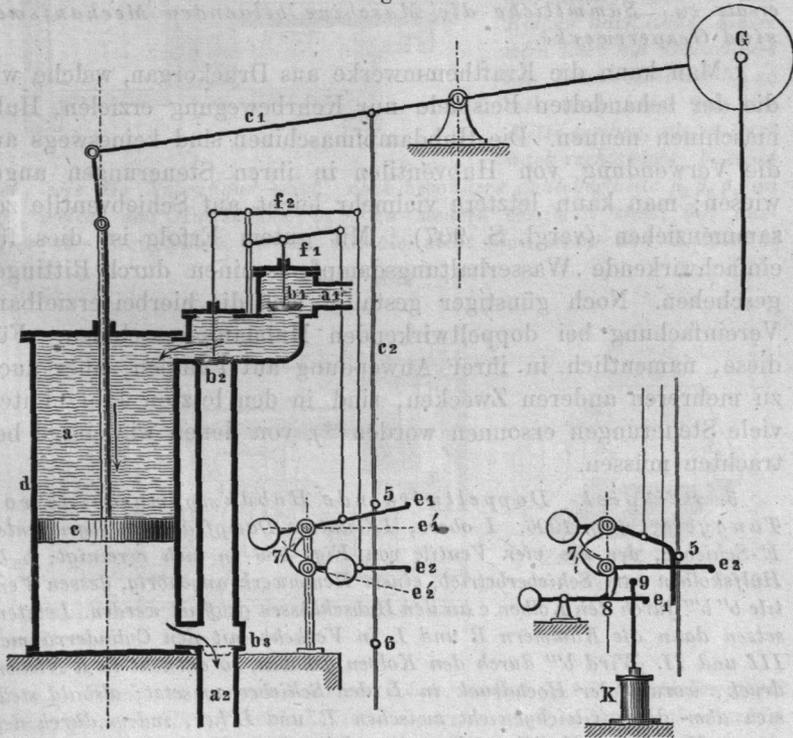
sation abweichend von den besprochenen aus. Indessen gab und gibt es auch sehr einfache Fälle, in denen die Verschiedenheit nur gering ist.

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 Kraftthemmwerke 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 ersonnen 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.

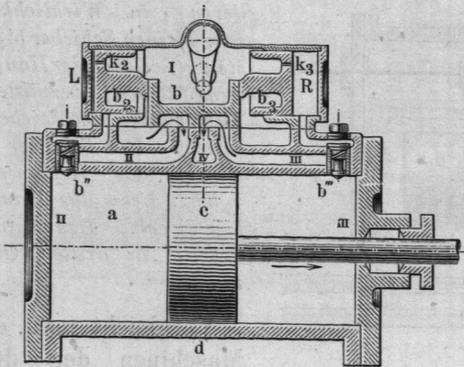
*) Diese Erfindung glaube ich durch die gegebene Entwicklung in das rechte Licht zu setzen.

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

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

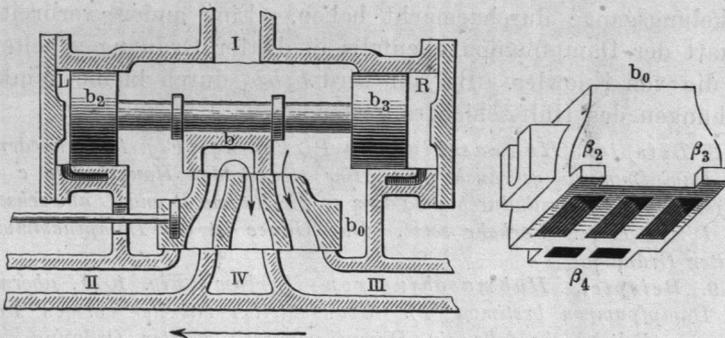
6. Beispiel. Doppeltwirkende Hubmaschine von Blake, Fig. 1007, sehr verbreitet für Dampfpumpenbetrieb*). Unter dem Hauptschieber b liegt ein Grundschieber b_0 , ausgerüstet mit drei Kanälen, welche mit den Wegen II III IV stets in Verbindung bleiben, obwohl b_0 durch einen Nocken an der Kolbenstange 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

Fig. 1006.



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.

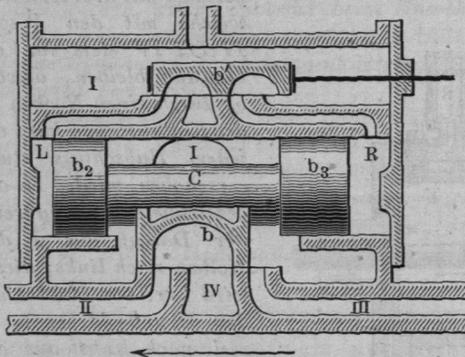


und b_3 . Wird nun b_0 nach links geschoben, so legt β_2 ein Kanälchen frei, welches frischen Dampf nach L hinter b_2 treten lässt, während gleichzeitig β_4 den Raum R mit IV in Verkehr setzt. Demzufolge rückt $b_2 b_3$ nach rechts und steuert um. Entgegengesetzte Bewegungsfolge am anderen Hubsende. 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 mittelst 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 mittelst 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.

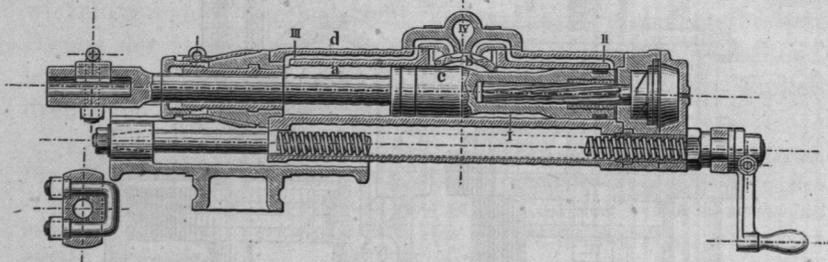
***) Siehe Poillon a. a. O.

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

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 Dampf-pumpe, 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.

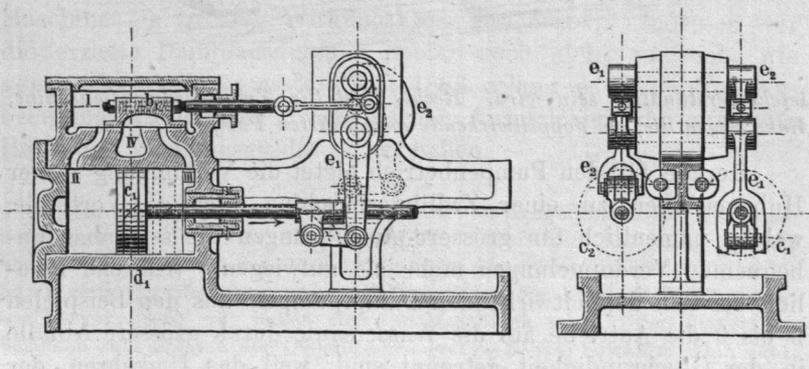
Wir müssen nun nochmals zu den in dritter Ordnung arbeitenden Hubmaschinen zurückkehren, indem denselben noch eine andere wichtige Anwendungsform abgewonnen werden kann. Zum Ausgang wählen wir die Maschine von Deane, Fig. 1008. Die beiden in ihr vorkommenden Hemmwerke sind gleicher Art. Dies im Auge 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*₁, in seiner mittleren Stellung, dagegen

Fig. 1012.



das Hebelwerk *e*₂ des anderen Kolbens, und damit den von ihm betriebenen Schieber *b*₁ 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.

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.

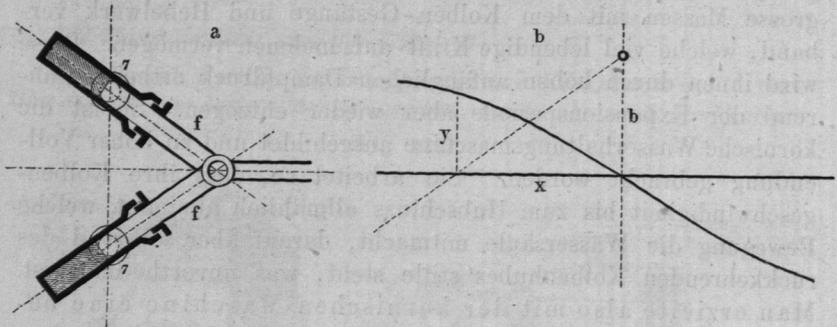
Dies gilt schon von den einfachsten Hubmaschinen, wo man den Fehler auch frühzeitig erkannt und ihm bei den Bergwerkspumpmaschinen dadurch zu begegnen gesucht hat, dass man grosse Massen mit dem Kolben-Gestänge und Hebelwerk verband, welche viel lebendige Kraft aufzunehmen vermögen. Diese wird ihnen 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:

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

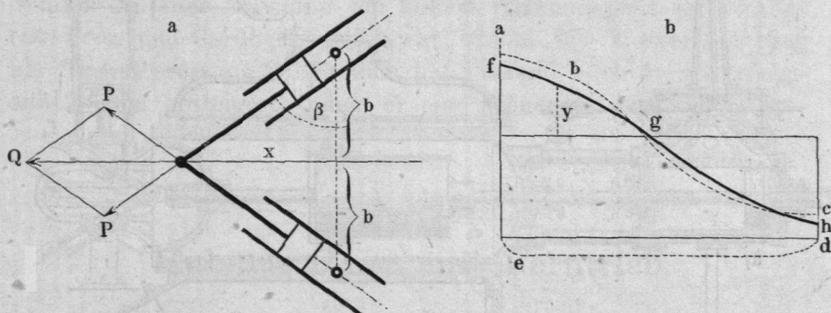
welche Gleichung sich sehr leicht zeichnerisch auftragen lässt.

*) 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.

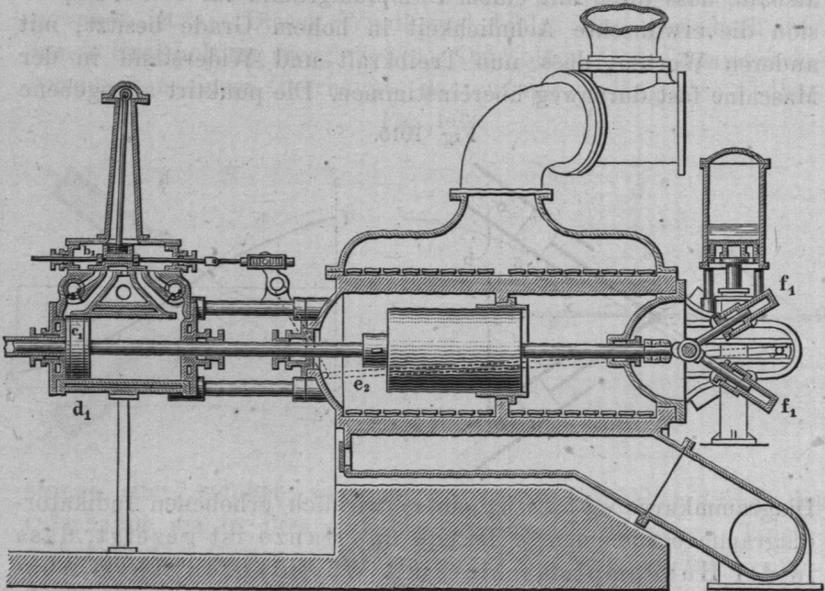
Hat sich im Vorstehenden gezeigt, wie die Hubmaschine durch viele Formen hindurch von dritter auf zweite Ordnung gebracht worden ist, so fragt sich, ob man sie nicht auf erste

*) 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.

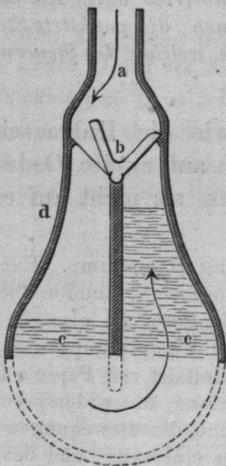
Ordnung herabzudrängen vermocht hat. In der That ist dies geschehen — allerdings unter unmittelbarer Verbindung des

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.