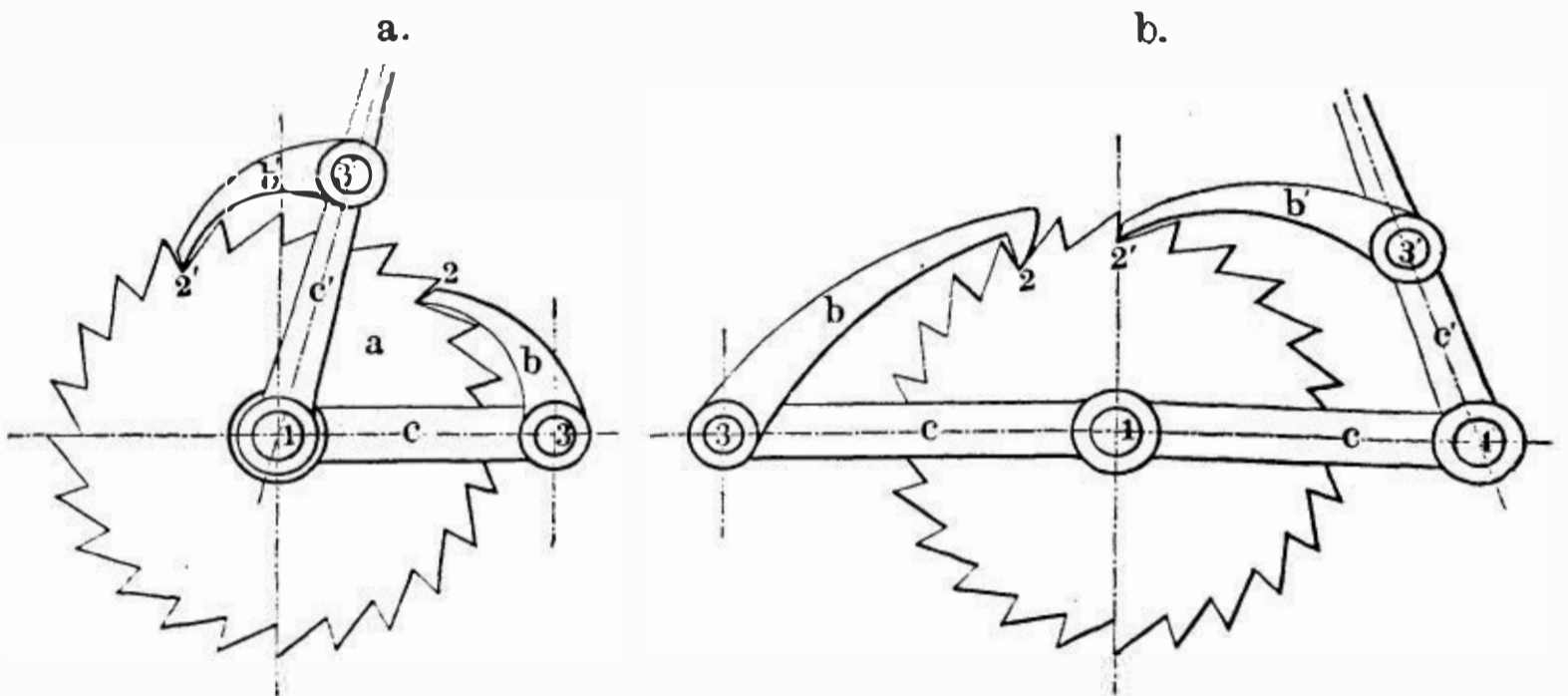


## §. 94

## Schaltwerke

Die Verbindung zweier laufenden Sperrwerke von gleicher Art liefert ein bekanntes Schaltwerk, s. Fig. 537; das eine ist auf  $c$  gestellt, das andere wird mit seinem Lenker  $c'$  schwingend bewegt. Die Schaltklinke  $b'$  befördert den Zahnkranz, wenn stets mit demselben Hub bewegt, stets um dieselbe ganze Zahl von Theilungen. Mancherlei andere Anordnungen der vereinigten

Fig. 537 Schaltwerke



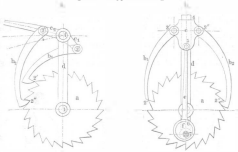
zwei Sperrtriebe sind ausführbar, so die beiden in Fig. 538 dargestellten, die bei jeder halben Schwingung des Klinkenträgers das Rad um halbe Theilungen und deren Vielfache schalten. Der Trieb unter a wird gewöhnlich so benutzt, dass er auf  $d$  gestellt ist; Thompson hat (1859) die Kette aber auch so zu einem Telegraphen benutzt, dass er sie auf den Klinkenträger  $c_1 c_2$  stellte und  $d$  schwingen liess (kinematische Umkehrung). Der Trieb unter b, bei dem wieder das Glied  $d$  feststeht, heisst nach seinem Erfinder Lagarousse-Schaltwerk\*).

Wird das Schaltwerk Fig. 537 auf ein Flud angewandt, das das Sperrstück  $a$  ersetzt, so liefert es, wie in Band I ausführlich, S. 461 ff. dargelegt wurde, die gewöhnliche Saug- und Hebe-

\*) Beide Triebe waren schon im ersten Drittel des vorigen Jahrhunderts bekannt (vergl. z. B. Bélidor, Arch. hydraulique); der unter a fand damals auch mit Theilgesperre (S. 569) in Sägemühlen Verwendung, mit besonders feinen, mehrklinkigen in Steinsägereien, wo nur ein sehr kleiner Vorschub nach jedem Schnitt statthaft ist. Diese Klinkwerke aus laufendem Gesperre liegen für den Erfindungsgedanken nicht fern.

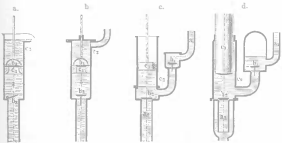
pumpe, die Fig. 539 in vier Formen darstellt\*). Die hydraulische Presse stellt sich hier einfach als ein Schaltwerk dar, das einem

Fig. 538 Doppelschaltungen



Fludstrang von grossem Querschnitt, dessen Ende nach S. 272 fest gemacht ist, Wasser zuschaltet. Diese Fludschaltwerke sind

Fig. 539 Saug- und Hebepumpen



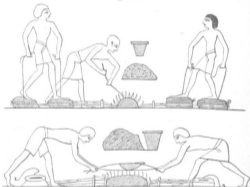
vielleicht älter als diejenigen für starres Sperrstück; schon vor zwei Jahrtausenden wurden sie zur Feuerspritze benutzt (s. S. 541), zu einer Zeit, wo freilich, wie wir bei den Spannwerken gesehen haben, die Zahngesperre schon in vollem Gebrauch waren. Dass

\*) Eine Reihe anderer Ausführungen desselben Hauptgedankens siehe Konstrukteur IV. Aufl. S. 898 ff.

ein Mangel an Verständniss der Wasserpumpe neben deren Besitz viele Jahrhunderte lang hergieng, wissen wir aus den ehemaligen gelehrten Vorstellungen vom *horror vacui* \*).

\*) Es scheint, obwohl dieser beseitigt ist, nöthig, hier ein wenig auf die Entwicklung der Luftdruckpumpe einzugehen, da deren frühe Formen vielfach missverstanden werden. Dass das Thierfell, ein Zugelement oder Track, als Luftaufnehmer und Wiederaustreiber schon früh diente, lehrt der Name Blasebalg. Eine seiner geschichtlich ältesten Formen (von 1700 v. Chr.) gibt die folgende Fig. 540, gemäss Wilkinson (Ancient Egypt

Fig. 540

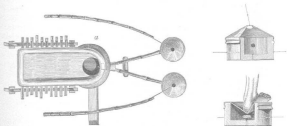
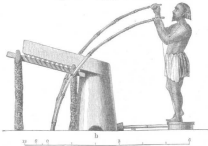


tians, kl. Ausgabe 1870), nach einem altägyptischen Wandgemälde aus Theben wieder. Wilkinson sowohl, als Ewbank (Hydr. and other machines, Newyork 1870) und nach ihnen Rühlmann (Allg. Masch.-Lehre IV S. 544) vermuthen durchaus „Ventile“, also besondere Maschinentheile in den Blasebälgen aber mit Unrecht. Als Ventil dient, odere dessen Dienst versteht jedesmal die Ferse des Tretenden, wenn er den runden Balg mit dem nackten Fuss niederdrückt und dabei das Loch in der Mitte der Balgfläche schliesst. Nach der Niederpressung zieht er mit einer Schnur das Fell wieder in die Höhe, indem er die Ferse hebt; durch das Loch strömt dann frische Luft in den Balg hinein. Ein Druck- oder Steigventil ist aber überhaupt nicht da. Es wird dadurch entbehrlich gemacht, dass der Balg stets zweisoebeneinander wirken, dass während des Saugens jedes einen der andere Luft austreibt und nun die in das gemeinsame Düsenrohr hineingetriebene Luft daselbst ganz so wirkt, wie unser heutiges Lokomotivblasrohr, oder auch wie die Blaslufte in der Sprühflasche, nämlich sogar noch Luft ausserdem im Saugens begriffenen

Balg anzieht. Das Steigventil ist somit ganz entbehrlich und die von Wilkinson vermuthete „*Knowledge of the valve*“ überflüssig zur Erklärung; das alte Verfahren, ohne diese „*Knowledge*“ auszukommen, ist im Grunde das feinere.

Ein bis heute in Indien (z. B. in Orissa, Amdeah usw.) gebräuchliches Gebläse an Eisenschmelzöfen stellt Fig. 541 (nach Weddings Wieder-

Fig. 541 Indisches Gebläse



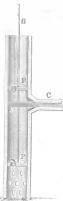
gabe in a. Eisenhüttenkunde, S. 495) dar. Einrichtung zunächst wie vorhin; die Ventilbildung durch die Ferse ist in der letzten Nebenfigur deutlich erkennbar gemacht, der Knebel der Aufzugschnur wohl etwas zu kräftig gezeichnet. Die Schnur wird aber nicht durch den Treter, sondern durch eine gespannte Bambusruthe in die Höhe gezogen, sobald der Blasmann die Sohle von der Balgplatte abhebt; eine nicht unwesentliche Verbesserung gegenüber Aegypten.

Noch heute ist auf Madagaskar ein merkwürdiges Kolbengebläse im Gebrauch, das unsere obige Erklärung der Entbehrlichkeit der Druckklappe vollauf bestätigt. Fig. 542 (a. f. S.) stellt es nach Ewbanks Wiedergabe aus Mittheilungen von William Clark dar. Wieder sind zwei Gebläse zu

Ein Schaltwerk aus ruhendem Gesperre stellt Fig. 543 dar. Ein drehend bewegter Schalter *d* ist fest verbunden mit einem Auslöser 4.6, der beim Eingreifen des Schalters in das Rad *a* die

einer Maschine vereinigt. Statt der Balge dienen aber zwei Kolben *P*, die jeder eine Saugklappe haben und bei ihrem gleichzeitigen Betrieb durch die gemeinsame Kolbenstange *B* abwechselnd wirken. Die Scheidewand bei *A* reicht in das Düsenrohr *C* zungenförmig hinein. Es ist nun verständlich, dass jedesmal der nach *C* hingetriebene Luftstrom saugend auf den Inhalt des Nachbarraumes einwirkt. Erwähnt wird die malagassische Gebläse in einer von eukolbigen Wasserpumpe in Bélidor's Arch. hydraulique (Livre III, Chap. III, Pl. 2, Fig. 20 bis 24). Diese hat aber an der Mittelstelle ein breites, grosses Ventil, das hin- und herüberklappt wie das in Hall's Pulsometer. Sonderbares Verfahren! In das altägyptische Gebläse sehen die eifrigen Erklärer ein Ventil hinein, wo keines ist; hierbei Bélidor schenkt einem heraus, obwohl dasselbe deutlich gezeichnet und ausdrücklich in der Beschreibung genannt ist.

Fig. 542



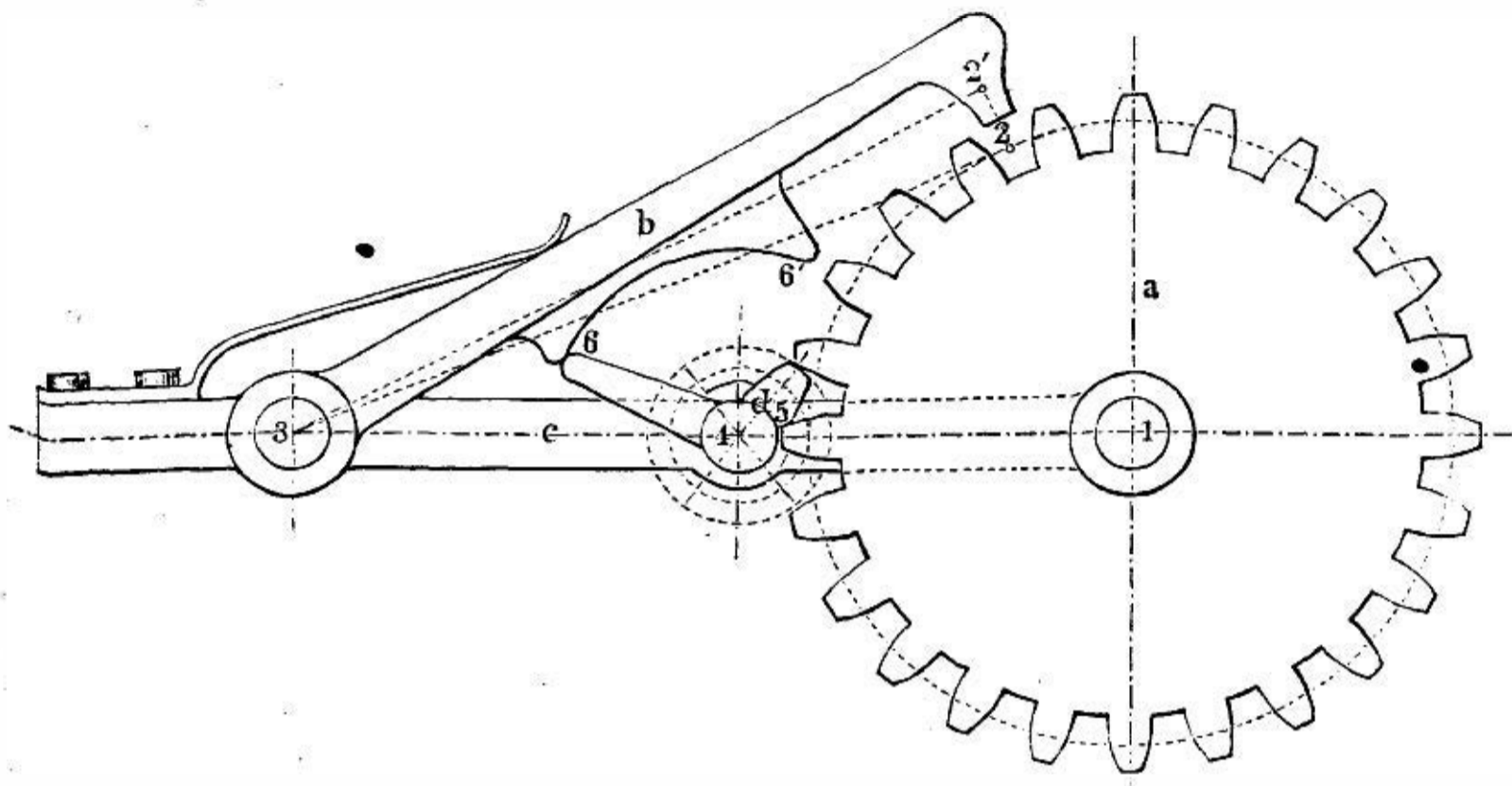
Bei den alexandrinischen Aegyptern und den Griechen und Römern kam zunderaltägyptischen Einrichtung die Saugklappe und machte den Betrieb der Balge von Hand möglich; die Balge waren schlauchförmig rund, mit Reifen ausgesteift. Die Druckklappe mag aber noch mangelhaft haben, wie sich daraus schliessen lässt, dass die Balge so gewöhnlich paarweis vorkommen; bei Homer (Ilias XVIII, 469) werden vier „zwanzig“ in Hephaistos Schmiede erwähnt. Die indischen Handwerker wenden bis heute indessen auch einfache Balge an, die sie mit der Hand bewegen, dabei die Saugöffnung mit dem Daumen schliessend und freilegend.

Die bereiften Schlauchbalge mögen sich noch lange gehalten haben, wie eine Ausführung nebst Bild bei Agricola (De re metallica, 1550, S. 337) zeigt. Indessen waren die Blasbalge mit Gelenkbewegung und den so üblich gebliebenen dreieckigen Platten schon bei den Römern im Gebrauch. Erwähnt fährt aus Montfaucon's Antiquités eine bronzene altrömische Lampe an, die eine hübsche Darstellung eines Spitzbalges gibt, der anscheinend die Flamme anfecht. Im deutschen Hüttenwesen waren nach Agricola um dieselbe Zeit die Spitzbalge, durch Handkraft sowohl, als durch Maschinenkraft betrieben, allgemein in wohl-erstandenem Gebrauch; nie anders als paarweis sind sie bei ihm dargestellt. So wurden sie auch bei Kirchenorgelingebracht. Der Windkesselschneider die „Haltung“, diemoben, S. 357, besprochen wurde, scheint erst später aufgekommen zu sein; die Doppelbalge mögen also genügt haben. Erst der Haltungsbalg gestattete, mit einem einzigen Blasbalg für alle einfacheren Zwecke auszureichen.

ruhende Sperrklinke *b* aushebt. Dieser Trieb ist der Grundmechanismus weitaus der meisten Schlösser, er ist viergliedrig.

Dreigliedrig dagegen ist das Schaltwerk Fig. 544 a, dessen Rad durch seine Form an das Kreuz der Ritter von Malta erinnert;

Fig. 543 Schaltwerk aus ruhendem Gesperre

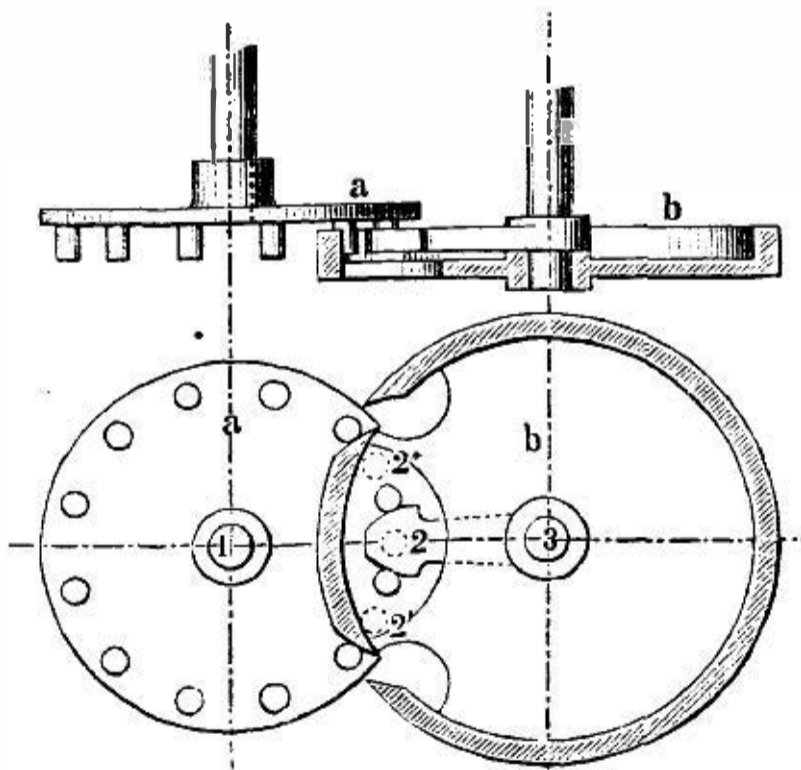
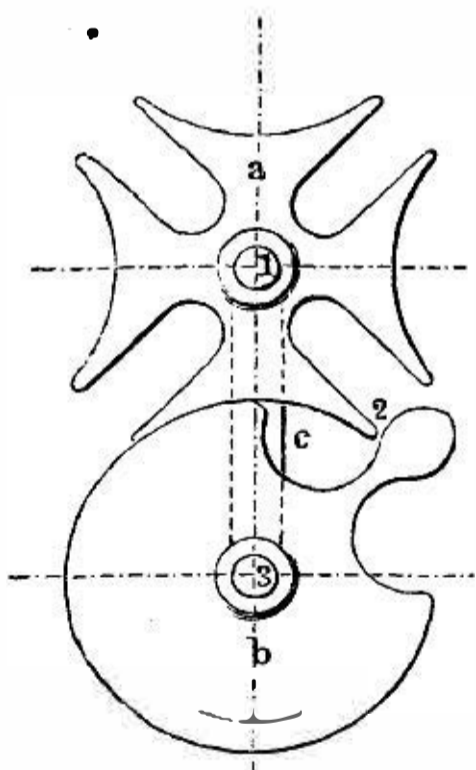


es ist in Spieluhrwerken viel gebraucht\*). Im Grundsatz von derselben Gattung, aber für Sperrung im Hohlrad eingerichtet, ist

Fig. 544 Schaltwerke

a. Malteserkreuz

b. Cylinderschaltwerk



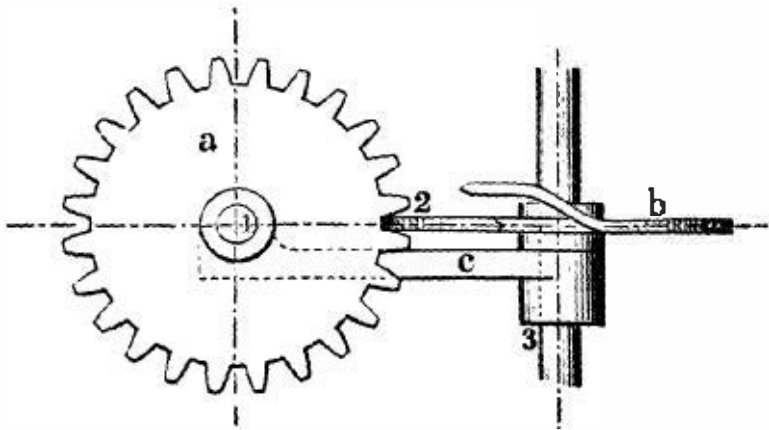
das Schaltwerk unter b, das an vielen englischen Gasuhren im Zählwerk benutzt ist.

\*) Der Fabrikant Louis Jäger in Ehrenfeld bei Köln baut Ziegelpressen in denen er durch ein grosses fünfarmiges Malteserkreuz einen fünfseitigen Formkasten Seite um Seite unter den, von einer Schubkurbel betriebenen Stempel rücken lässt.

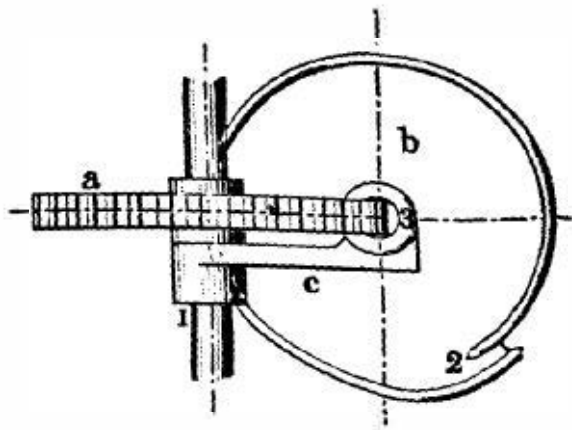
Fig. 545 a Schraubenschaltung, gebildet aus Schartengesperre mit geschränkter Lage der Sperrachse unter Einschaltung einer schraubenartigen Schubkurve in die Lücke des sperrenden Ringes. Fig. b Spiralschaltung, ebenfalls aus Schartengesperre mit geschränkten Achsen gebildet, und zwar unter Einschaltung eines

Fig. 545

a. Schraubenschaltung



b. Spiralschaltung



Stückes Spiral-Schubkurve in die Ringlücke an *b*. — Neuerdings sind die Schaltwerke am ruhenden Gesperre noch besonders praktisch ausgebildet worden durch Oberingenieur R. Hundhausen, der unter Durchführung strenger Zwangläufigkeit eine Anzahl besonderer Anordnungen derselben zur Patentirung angemeldet hat. Kurventriebe von mannigfacher Art (s. §. 81 bis 83) verwendet er dazu, sowohl die Sperrer eine und auszurücken, als sie auch festzustellen, was vermöge Anbringung von Todtlagen in den Kurventrieben durchgeführt wird. Solche Schaltwerke dienen u. a. in den Siemens- & Halske'schen Maschinen zum Ausstanzen radförmiger elektromagnetischer Anker. Im Charlottenburger Werk sind allein zwanzig solcher Maschinen in vollem Betrieb. — Wichtige Fludschaltwerke, die aus ruhendem Gesperre gebildet wären, sind nicht anzuführen.

## §. 95

**Schliesswerke**

Die Schliesswerke, als Gespertriebe zur Herstellung zeitweiliger, ganz widerstandsfähiger und dennoch leicht lösbarer Verbindungen finden zunächst unzählbare Anwendungen in den Schlössern, nämlich den Verschlüssen an Thüren, Thoren, Fenstern, Schränken, Laden, Kasten, Kapseln usw. Ihre Ausführung geht

von der Schlichtheit roher Holzgefüge bis zu der höchsten Verfeinerung der Genauigkeitsmechanik; ausserdem verläuft sie geschichtlich und völkerkundlich bis zu den letzten Grenzen des Gebietes der mechanischen Vorrichtungen.

Die oben, S. 558 erwähnte Theorielosigkeit der Schlösser hat zu Behandlungen derselben geführt, namentlich bei uns und bei den Franzosen, die nicht entfernt so nützlich, als mühevoll waren. Die auf 168 grossen Seiten der *Encyclopédie méthodique* und 140 desgleichen in Prechtls „technologischer Encyklopädie“, letztere von Karmarschs feiner Hand gegebenen Darstellungen veralteten wenig Jahre nach ihrem Erscheinen, da die Praxis alles das rasch überholte, was bloss „beschrieben“ und „gezeichnet“, nicht aber durch die Aufsuchung des wahrhaft Allgemeinen und Grundsätzlichen zu einer dauernden Grammatik des Gegenstandes gemacht war. Heute kann man mit jenen kostbaren und so sorgfältigen Beschreibungen geradezu nichts mehr machen. Das hat uns im Ausland die Bemerkung zugezogen\*), dass „die Leute in England und Amerika mehr geneigt seien, die Arbeit zu thun, als sie zu beschreiben, wenn sie gethan sei“.

Bemerkenswerth ist, dass, ähnlich wie bei den Fangwerken, nicht bemerkt wurde, dass die Schlösser Sperrwerke, und zwar Zahnsperrtriebe sind, so dass unsre obige schlichte Figur 206 oder 490 alle ihre Formen im Keime enthalten, wie ich schon früher gezeigt habe\*\*). Das Suchen nach diesem inneren Wesen hätte das Erste sein müssen und hätte früh schon die grössten Vereinfachungen mit sich gebracht. Statt dessen trat die gastfreundliche Technologie ihren Gästen, den Schlössern, ganz von aussen gegenüber, etwa wie einem Naturerzeugniss, nicht wie etwas, das aus Menschensinn und -kraft hervorgegangen ist. So hebt der von mir hochgeschätzte Karmarsch in seiner, sonst so trefflichen Technologie den Abschnitt von den Schlössern mit folgenden Worten an (S. 606): „Im Allgemeinen enthält jedes Schloss einen Riegel, der mittelst eines Schlüssels in Bewegung gesetzt wird, um auf die bekannte Weise die Ver- schliessung zu bewirken.“ Abgesehen davon, dass es eine ganze Reihe Schlösser gibt, die keinen Schlüssel haben, manche auch

---

\*) Siehe Charles Tomlinson, Rudimentary treatise on the Construction of Locks, London, John Weale, 1853.

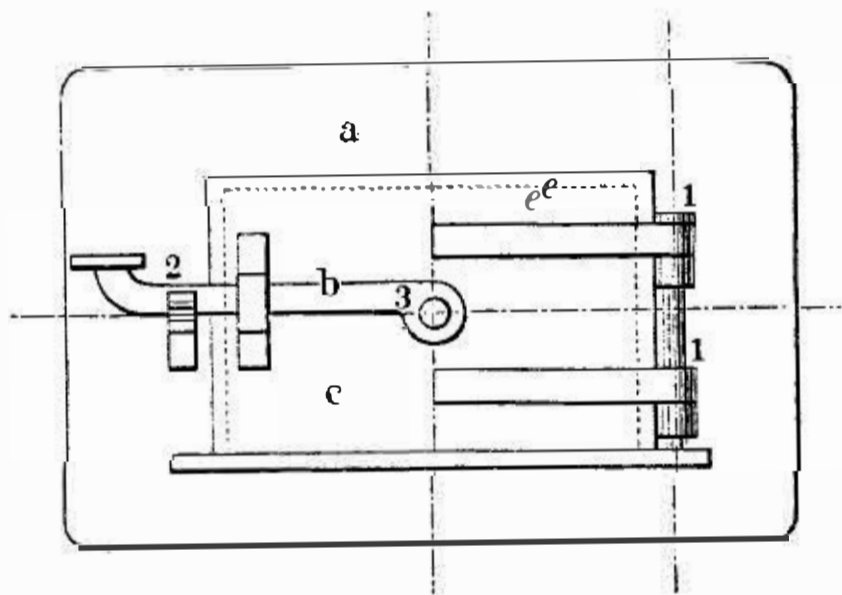
\*\*\*) Theils im ersten Band, S. 450 ff., theils und vollständiger im Konstrukteur IV. Aufl. S. 663 ff.



keinen Riegel, ist doch mit solch einem Satz, der obendrein eine „bekannte Weise“ voraussetzt, nichts Wissenschaftliches gewonnen; es fehlt eben jede Begriffsbestimmung. Und doch wollte Karmarsch ausdrücklich die Wissenschaftlichkeit der Technologie aufzeigen; die Schlösser aber gehörten einfach nicht in die Technologie, sie waren unrichtig dort untergebracht.

Wenn andererseits der erwähnte Tomlinson darüber staunt, dass gewisse Schlösser, die auf den Faröer gebräuchlich seien, und zwar seit Jahrhunderten, in ihrem Bau gleich den alt-ägyptischen wären, so zeigt das, wie vollständig ihm entgangen ist, dass die Einfachheit der ruhenden Gesperre etwas Kinematisches ist, d. h. bestimmten geometro-mechanischen Gesetzen folgt.

Fig. 546



und dass daher an durchaus verschiedenen Orten man auf dieselben Bauarten stossen musste. — Gehen wir aber in Kürze auf die Schlösser ein.

Eine gewöhnliche Thürvorrichtung, z. B. eine Kesselofenthür, Fig. 546, ist schon ein Schliesswerk, und zwar aus laufendem Krongesperre; *a* Sperrstück (Theil eines Rades),

*b* Sperrklinke, *c* Verbindungssteg mit den Paarungen 1 und 3, vergl. Fig. 490. Gestellt ist die Kette auf das Stück *a*, das ausserdem vermittelt der Schlagleiste das Stück *c* gegen *a* noch durch Hubbegrenzung sperrt. *c* bildet auch noch gegen die Luft, die in die Oeffnung von *a* eindringen wollte, Gesperre.

Eine gewöhnliche Zimmerthür mit sog. Nachriegel bildet einen ähnlichen Ausschnitt, aber aus ruhendem Gesperre; die sog. „Klinke“ oder „Schiessfalle“ des Schlosses derselben Thür ist wieder Sperrer aus laufendem Gesperre. Die Verriegelungen unsrer Fenster mit senkrechtem Gehänge sind Schliesswerke aus ruhendem Gesperre. Unzählbar sind ihre Ausführungen; diese aber müssen ebenso gut mitgerechnet werden wie die feinsten Chubbschlösser.

Bei den Schlössern mit Schlüssel ist dieser der Auslöser eines oder mehrerer Sperrer, sehr häufig ausserdem auch der Schalter für einen oder mehrere Riegel. Der herausnehmbare Auslöser und Schalter, genannt Schlüssel, und das Gesperre

werden, je sicherer das Schloss sein soll, mit um so grösserer Klügelei so eingerichtet — das „Eingerichte“ sagt der Schlosser —, dass verwickelte und verdeckte Formeinzelheiten die Eröffnung des Schlosses mit andern Hilfsmitteln als dem echten Schlüssel möglichst unthunlich machen. Die grosse Mannigfaltigkeit der Gesperrformen, die wir oben als im Wesen des Mechanismus beruhend fanden, wird hier nützlich, um Unbefugten die Auslösung der Gesperre zu erschweren. Einige Beispiele von Schlossbauarten seien vorgeführt.

1. *Beispiel.* Beim gewöhnlichen sog. französischen Schloss, Fig. 547, hat der Schliessriegel *a* die Einrichtung aus Schaltwerk, Fig. 543. Er ist das in einen Schaltstab übergeführte Schaltstück *a*; die „Zuhaltung“ ist

Fig. 547

Französisches Schloss

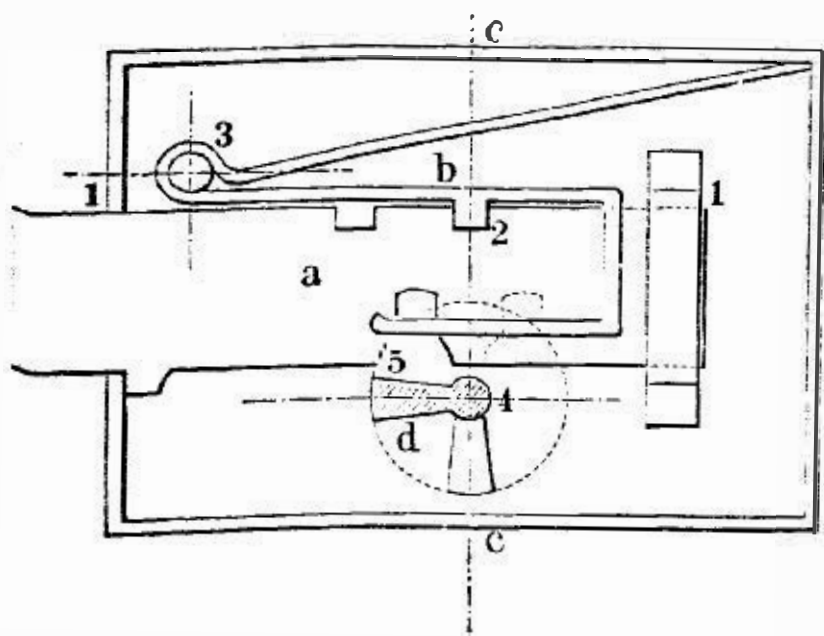
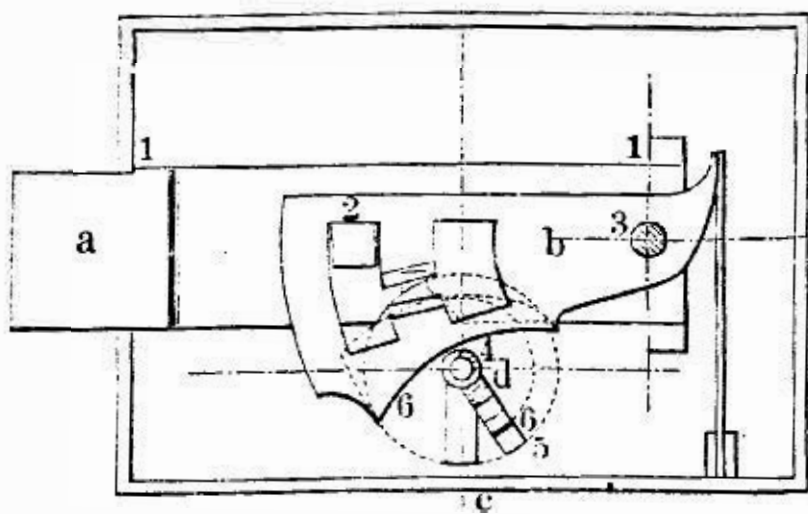


Fig. 548

Chubb'sches Schloss



eine Sperrklinke *b*, oft, wie hier, mit ihrer Schliessfeder aus einem Stück hergestellt, d. h. kinematisch: mit Blattgelenk, Fig. 107 d, statt mit Cylindergelenk, Fig. 106 a, ausgerüstet. Der „Schlosskasten“ *c* ist der Steg des Gesperres, der Schlüssel *d* der Auslöser 4.6 und zugleich Schalter 4.5; er kann aus dem Schloss entfernt werden. Mit dem „Schlossblech“ am Thürrahmen bildet der Schliessriegel *a* ruhendes Gesperre; die Zuhaltung *b* bildet ihrerseits mit dem Riegel ruhendes Gesperre, so dass ein solches von zweiter Ordnung hier vorliegt. Ein gewöhnliches Zimmerthürschloss mit Schiessfalle und Nachriegel vereinigt hiernach in sich vier Gesperre, ein laufendes und ein ruhendes erster Ordnung und ein ruhendes zweiter Ordnung; bei einer Flügelthür kommen noch zwei ruhende Gesperre erster Ordnung in Gestalt der stehenden Thürriegel hinzu.

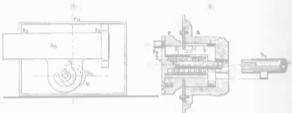
2. *Beispiel.* Bei dem Chubb'schen Schloss, Fig. 548, das bloss als Schrankenschloss gedacht sei, bildet zunächst wieder der Schliessriegel *a* mit der Thür und dem Thürrahmen ein Schartengesperre nach Fig. 490 b. Er selbst aber ist in dem Schlosskastene, d. i. Steg *c*, gesperrt mit mehreren, z. B. sechs Genauigkeitsgesperren nach Fig. 509 und wird vor- oder rückwärts geschaltet nach Fig. 543 mit sauberer Verzahnung\*), wobei der herausnehm-

\*) Vergl. Näheres im Konstrukteur IV. Aufl. S. 659, Fig. 754 u. 755.

bare Schalter und Auslöser, genannt Schlüssel, den Schaltzahn 5 und so viele Auslösestufen 6 ansteigt, als Sperrklinken vorhanden sind. Das Ganze ist ein ruhendes Gesperre zweiter Ordnung mit mehrfach wiederholten Haarrispen. Das Chubb'sche Schloss ist vertheidigt und berühmt, in dessen trotz der Unannehmlichkeit seines Schlüssels in seiner vorliegenden Form nach dem Hobbs'schen Verfahren distribuirte \*)

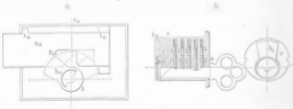
3. Beispiel. Das ebenso berühmte — und ältere — Bramahschloss Fig. 549, hat einen Schliesenriegel  $a_0$  aus ruhendem Schaltwerk nach Fig. 544 der aber nicht durch „Zuschnitten“, d. i. Sperrklinken, sondern durch den

Fig. 549 Bramahschloss



Schalter  $b_0$ ,  $z_0$  vermöge der angeordneten todten Verzahnung (s. oben S. 563) gesperrt wird. Der Schalter  $b_0$  ist hier nicht wie vorher herausnehmbar sondern bleibt stattdem Schloss, ein Umstand, der bei der alten technologischen Erklärung keinen theoretischen Ausdruck finden konnte; gesperrt ist nunmehr der Schalter und zwar mit Genauigkeits-Krongesperre in Wieder-

Fig. 550 Yale-Schloss



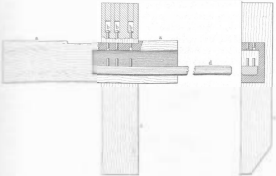
holung, und kann mittelst des Schlüssel, der die Haarrispen löst, vermöge eines prismatischen Mitschners gedreht werden. Auch das Bramah-

\*) Ausführliches findet man bei Tomlinson a. a. O. S. 115 ff.

schloss ist nach dem Hobbs'schen Spannerverfahren, das den Einbrechern schon vor Hobbs geläufig war, durch Dietriche geöffnet worden.

4. Beispiel. Das Yale-Schloss, Fig. 550, hat ebenfalls einen im Schloss verbleibenden Schalter. Dieser ist durch mehrfachen Riangesperre nach Fig. 504 gesperrt, während der Riegel  $a_2$  durch todte Verzahnung bei  $z_2$  gesperrt wird. Der blattförmige, neuerdings quersellig gestaltete Schlüssel dient mit seinen Flanken als Nützhauer, mit seinem Rand als Auslöser für die cylindrisch gestalteten Sperrer. Die Querselligkeit von Schlüssel und Schlüsselpalt hat das Schloss gegen das Hobbs-Verfahren sowohl wie völlig geschätzt. Die Kleinheit des Schlüssels ist ein grosser Vorzug. — Man muss nicht selten auf die etwas verwerfliche Anweisung, dass das Yale-Schloss mit dem ägyptischen, z. Fig. 551\*), übereinstimme, die Sperrstifte

Fig. 551



wie dieselben und wurden anschließend zuder Oberfläche gehoben. Unten obigen Betrachtungen nach ist diese Ansicht nicht richtig. Abgesehen davon, dass bei Yale nicht der Riegel, sondern der Schalter und zwar gegen Drehung, nicht gegen Schließung gesperrt ist, sind die Sperrstifte bei Yale verschieden lang, ausserdem zweitheilig, vom Schlüssel getrennt und werden einzeln und ungleich viel durch die Handgelen des Schlüssels gehoben, während beim ägyptischen Schloss der zahnkränzenförmige Schlüssel lauter gleichlange, an ihm festsetzende Stifte hat. Gemeinsam ist den beiden

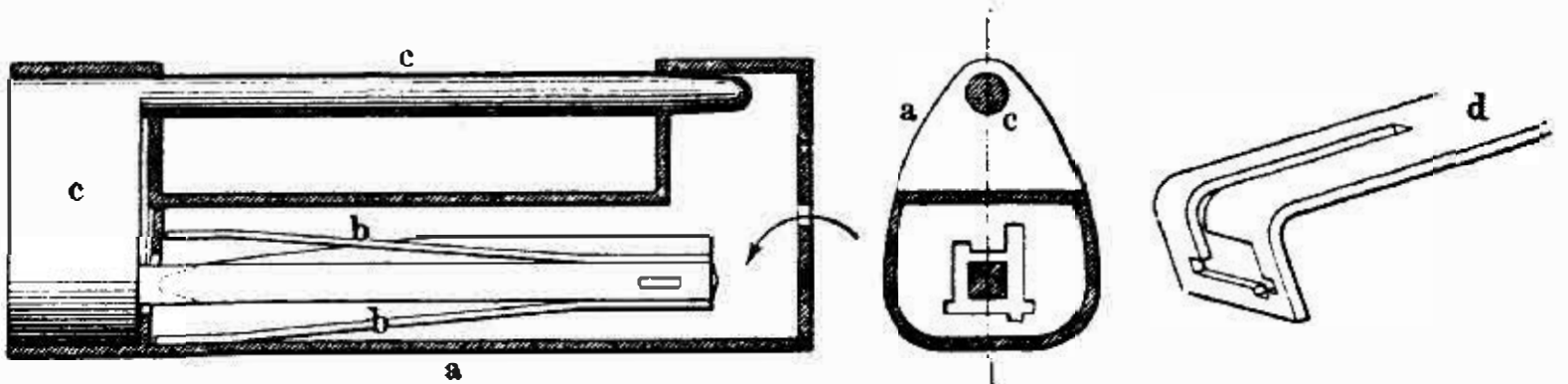
\*) Das abgebildete ist ein in meinem Besitze befindliches syrisches Schloss, das mit dem alt- wie neuägyptischen in allem Wesentlichen übereinstimmt; das Schloss kommt auch noch weiter östlich vor, ja auch in China, wo man aber den Stiften schlüsselartähnliche, verzwickte Querschnitte gibt.

Schlössern mit einer ganzen Zahl anderer, dass sie ruhendes Genauigkeitsgesperre mit stabförmigen Sperrern haben. Die dargestellte ägyptische Schlossform hat sich im Nillande vom Alterthum herauf bis heute erhalten; das Thor der Citadelle von Kairo ist mit einem solchen (aus Holz hergestellten) Schloss versehen, bei dem der Block *c* 1 m im Geviert misst. — Verwandte Stäbenschlösser, aus Holz vom Stellmacher hergestellt, haben sich auch bei uns aus dem frühen Mittelalter in ländlichen Bezirken erhalten.

In Betreff des Verfahrens von Hobbs sei bemerkt, dass dieser 1851 zeigte, wie, wenn man vom leeren Schlüsselloch aus den Riegelschalter mittelst einer kleinen stetigen Kraft spanne, man mittelst dünner Haken die Zuhaltungen einzeln auf die richtige Höhe heben und da erhalten könne, wenn man bei der stärksten geklemmten beginne. Unsre Schlossbauer haben wirksame Vorkehrungen verschiedenster Art gegen diese Eingriffsweise mit vollem Erfolge ersonnen und eingeführt. Bemerkenswerth ist, dass die von Hobbs selbst vorgeschlagene Schlossbauart sich keine Stellung im Kunstschlösserbau errungen hat.

Neben den Thürschlössern haben sich die Vorhängeschlösser, d. i. tragbaren Schlösser, von früh her ausgebildet. Mit besonderem Vorzug sind sie schon ganz früh aus laufendem Gesperre gebildet worden, und zwar mit federnden Sperrklinken, also mit solchen, die statt Cylindergelenks Blattgelenk haben (vergl. S. 156). Fig. 552 stellt ein chinesisches derartiges Schloss dar, das in

Fig. 552 Chinesisches Vorhängeschloss



Ostasien durchaus verbreitet ist. Der Schlüssel *d*, der so wie der Pfeil andeutet, in das hindernissige Schlüsselloch einzuführen und dann voranzuschieben ist, drückt die federnden Klinken *b* zusammen und schiebt den Schliesser *c* aus dem Sperrstück *a* heraus. Ganz ähnlich war ein sehr beliebtes altägyptisches Vorhängeschloss von hübscher Form gebaut, bei dem nämlich das Gehäuse *a* eine Löwengestalt nachahmte und der Schliesser den im Bogen zurückgeworfenen Schweif des Thieres bildete\*). Fund-

\*) Das „Löwenschloss“ wird noch heute im Kaukasus, auch in Persien gebraucht und hergestellt, u. a. auch aus Russland nach dem letzteren

stücke altgriechischer, wie -römischer Herkunft erklären sich aus dem Vorstehenden deutlich als Schlosstheile. Verwandte Vorhängeschlösser sind weltverbreitet, namentlich an den Stätten asiatischer Kultur, und sind namentlich in bäuerlichen Bezirken bis tief in den Westen noch im Schwang mit allerlei Kunstgriffen, unter denen die Anwendung von Schrauben, rechts- wie linksgängigen, zum „Vexieren“ eine Rolle spielt\*). An unsren heutigen Vorhängeschlössern ist der Bügel das Sperrstück *a*, das Gehäuse der Steg *c*.

Eine dritte Gattung von Schlössern bilden die schlüssellosen, sogenannten Kombinations- oder Buchstaben-Schlösser, die man auch Stellschlösser nennen könnte. Sie werden wesentlich aus ruhendem Gesperre gebildet. Die älteren sehr bekannten, von einer Anzahl drehbarer, mit Buchstaben besetzter Ringe gesperrt, brachte der erwähnte Hobbs mit einem Schlag um ihr Ansehen, indem er 1867 in Paris ihrem erschrockenen Aussteller wies, wie unzuverlässig sie seien. Die Yale-Towne-Gesellschaft hat aber die in Geldschrankthüren untergebrachten und gänzlich „unspannbaren“ Stellschlösser mit Ziffern wieder zur Brauchbarkeit erhoben. An den Schatzkammern der Banken und deren Schatztruhen hat unsre Schlosserkunst auch von diesen Zifferschlössern, überhaupt aber von verschiedenen Ausführungsarten der Kunstschlösser den weitestgehenden und ihre Tüchtigkeit beweisenden Gebrauch gemacht. Wichtig für uns ist der geführte Nachweis, dass die Tausende und aber Tausende von Schlossformen, die auf der Welt an getrennten Punkten ihre Entstehung und Entwicklung gefunden haben, ausnahmslos unter ein einfaches und immer dasselbe kinematische Gesetz fallen.

Eine sehr wichtige Verwendung finden die Schliesswerke im Eisenbahnwesen in den auf S. 518 schon erwähnten Weichenstellwerken. Die hier angewandten Schliesswerke sind meist sehr hoher Ordnung, zehnter, zwölfter und noch höherer, indem sie gegenseitig so wirken, dass gewisse Weichen- und Signalzüge erst alle passend gestellt sein müssen, ehe die Lösung des letzten Schliesswerkes und damit die letzte Signalstellung ausführbar

---

Lande geliefert. Im alten Aegypten war das Löwenschloss so häufig im Gebrauch, dass es, wie Brugsch und Lepsius gefunden haben, als Hieroglyphe für „Thor“ und dann sogar für „Stadt“ gebraucht ward.

\*) Beispiele mannigfacher Art in der vom Verfasser beschafften Sammlung von Schlössern in der Techn. Hochschule zu Berlin.

wird\*). Bei dem von Siemens & Halske hoch ausgebildeten „Blocksystem“ für Weichenstellung sind elektrische Vorrichtungen zum Sperren wie Freimachen der Schliesswerke der Weichen benutzt. Wichtige Schliesswerke sind auch die „Sicherungen“ an Handfeuerwaffen\*\*).

## §. 96

### Hemmwerke

Aus einem Gesperre wird dadurch ein Hemmwerk gebildet, dass das Sperrstück vermöge Gesperr-„Lösung“ zeitweis dem Antrieb durch die Sperrkraft überlassen und alsdann durch Gesperr-„Schliessung“ wieder aufgehalten wird. Das Hemmwerk steht dem Schaltwerk gegenüber; es ist aus ganz derselben kinematischen Kette gebildet wie dieses; aber die Kraft, die beim Schaltwerk die treibende war, ist bei ihm die getriebene oder widerstehende. Der Bogen, Winkel oder Weg, der vom Sperrstück zwischen Lösung und Wiedersperrung zurückgelegt wird, heisst die Hemmweite, die auf sie entfallende Zeit die Hemmzeit. Ihr folgt Stillstand bis zur nächsten Lösung; seine Dauer heisst die Sperrzeit. Die Betreibung der Sperrer nennen wir allgemein die Steuerung. Die Hemm- und die Sperrzeit können durch Willenseinwirkung, d. i. vermöge Handsteuerung oder auch durch andere Umstände beliebig lang oder kurz gemacht werden, oder zusammengenommen ein unveränderliches Mafs haben, oder auch periodisch veränderlich, oder endlich auf verschiedenes Mafs einstellbar sein. Hiernach unterscheiden wir vier Hemmungsgattungen:

- a) unregelmäfsig schreitende,
- b) periodisch schreitende,
- c) gleichförmig schreitende,
- d) stellbare Hemmwerke.

---

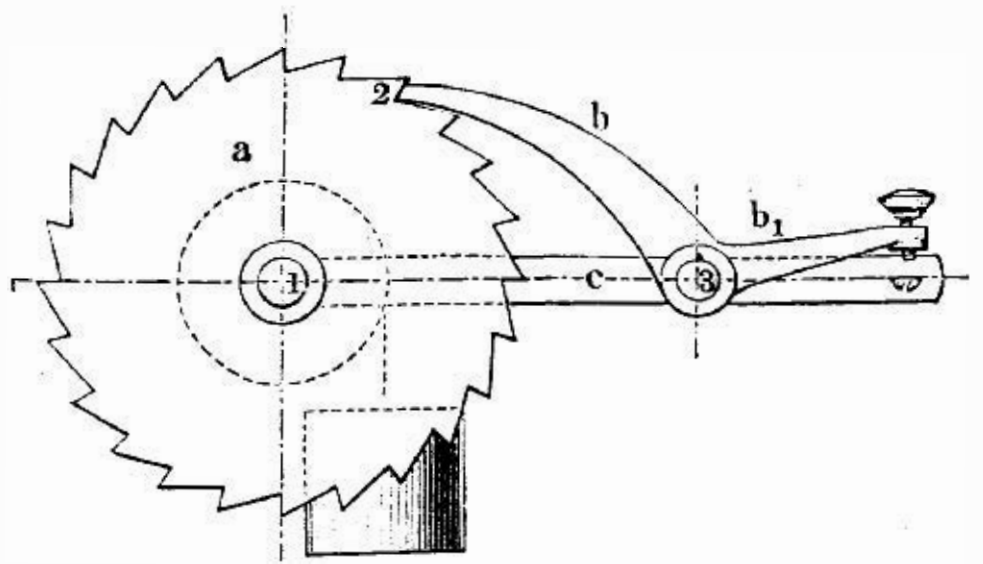
\*) Zur Zeit ist das grösste bestehende Weichenstellwerk das des Hauptbahnhofes in Boston, in Betrieb gesetzt im Mai 1899. Es umfasst 350 Weichen und 150 Zeichengeber auf einem Geleisgebiet von 27 km Länge. Ueber dasselbe laufen im Fahrdienst täglich 710 Züge und das Dreifache im Vershubdienst. Für manche Züge sind 4 bis 6 Weichen zu stellen. Bei der bisherigen Bauart der Stellwerke würden für diesen Dienst 450 Hebel erforderlich gewesen sein, die einen Saal von 100' Länge, sowie 12 Mann Bedienung gebraucht hätten. Man hat aber alles in einem Raum von 30' Länge untergebracht, worin der Dienst von 3 Mann ausgeführt wird. Die Weichen- und Zeichenverstellung geschieht durch Pressluft, die Ventilverstellung elektrisch. (Engineering Mechanics Juni 1899, S. 99.)

\*\*\*) Näheres s. Konstrukteur IV. Aufl. S. 662.

Die Hemmwerke sind insofern die wichtigsten unter allen Trieben, als sie nicht nur für die Zeitmessung unschätzbare Dienste leisten, sondern auch vermöge Fludeinsetzung als Kraftmaschinen verwerthet werden können. Letzteres ist u. a. geschehen in der Kolbendampfmaschine. Dadurch aber ist das Hemmwerk zu einem, unser Kulturleben gänzlich umgestaltenden Einfluss gelangt, verdient also in ganz besonderem Grade vom Standpunkt der Zwanglauflehre aus betrachtet zu werden; diese so wichtige Maschine sollte vom Ingenieur nicht bloss physikalisch und mechanisch, sondern auch kinematisch vollständig verstanden werden; die Vereinfachung vieler Anschauungen, die sich dadurch erreichen lässt, ist womöglich noch bedeutender, als die bei den oben behandelten Gespertrieben.

Wird bei dem nebenskizzirten laufenden Gesperre, Fig. 553, das auf  $c$  gestellt sei, die Sperrklinke  $b$  durch Tuppen auf ihren Fortsatz  $b_1$  ausgelöst und

Fig. 553



dann so schnell wieder fallen gelassen, dass sie den nächsten Radzahn noch auffängt, so hat Hemmung in dem besprochenen Sinne stattgefunden\*). Wird der Vorgang in beliebigen und wechselnden Zeitabschnitten wiederholt, so hat man ein unregelmäßig schreitendes Hemmwerk, das von Hand gesteuert wird, vor sich.

Wird dagegen der Vorgang unter Innehaltung bestimmter, gleicher Zeitabschnitte, die länger als die Hemmzeit sind, wiederholt, so ist das entstandene Hemmwerk ein gleichförmig schreitendes. Im Maschinenwerk ist bei ihm die vom Willen geleitete Hand behufs der Gleichheit der Zeitschnitte durch einen Theil zu ersetzen, der sich taktmäÙig bewegt; ich nannte ihn aus diesem Grunde den Taktgeber.

Lässt man Zeitabschnitte von periodisch wechselnden Längen zwischen den aufeinander folgenden Gesperrlösungen verlaufen,

\*) Ein besonderes Modell mit Standsäule in der von mir angelegten Sammlung leistet hier beim Vortrag ganz ausgezeichnete Dienste; von Herrn Mechaniker G. Voigt, Berlin, Neuenburger Strasse 12, zu beziehen.



zu welchem Ende geeignete Einrichtungen anzuwenden sind, so wird das Hemmwerk ein periodisch schreitendes.

Endlich kann man auch, statt jedesmal dieselbe Hemmweite anzuwenden, diese auf irgend eine Zahl von Theilungen ausdehnen, was keine ganz leichte Aufgabe war, da bei einfachen Gesperren, wie unser obiges ist, die Beschleunigung des freigegebenen Sperrstückes das rechtzeitige Abfangen mittelst des Sperrers sehr schwierig machte. Indessen, man hat die Schwierigkeiten überwunden und es dahin gebracht, jede beliebige Zahl von Theilungen als Hemmweite leicht einstellen zu können, womit man den Trieb zu einer Stellhemmung machte. Die vier Hemmwerksgattungen seien nun in Kürze besprochen.

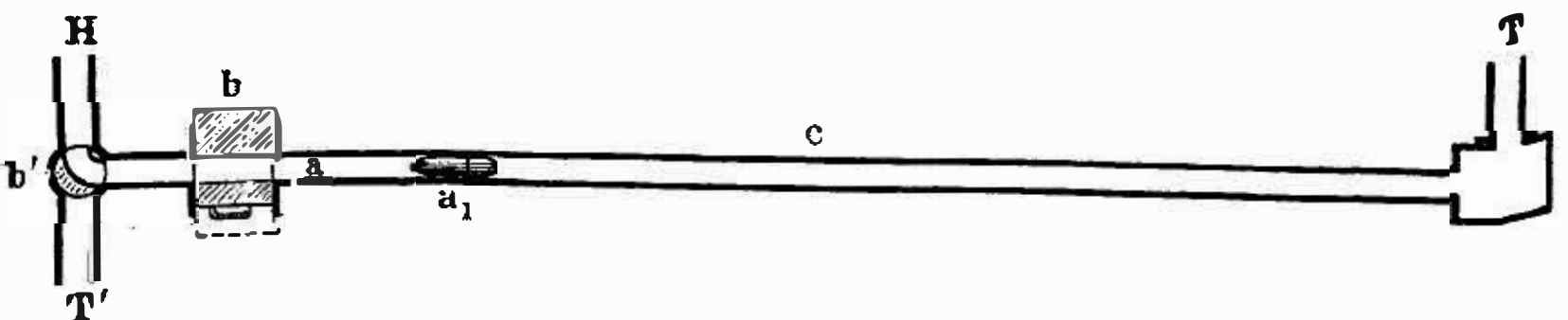
### §. 97

## Unregelmäßig schreitende Hemmwerke

Sperrtriebe aus bloss starren Gebilden werden nur sehr selten zu unregelmäßig schreitenden Hemmwerken benutzt; sehr häufig dagegen geschieht dies mit Fludgespertrieben, vor allem solchen, in denen das Sperrstück ein Fluid ist, sei es Luft, sei es Wasser, sei es Dampf usw.

1. *Beispiel.* Eine im Grundsatz sehr einfache Fludhemmung ist die Felbinger'sche Rohrpost, s. Fig. 554. Bei H steht das Rohr c mit einer Hochdruckhaltung für Luft, bei T mit einer Tiefdruckhaltung für Luft in

Fig. 554 Rohrpost



Verbindung; b ruhendes Gesperre, hier gelöst dargestellt. Der Kolben oder Läufer  $a_1$  wird als festes Ende der Fludsäule a der Leitung entlang getrieben; er enthält, als lederne Büchse geformt, die zu befördernden Papiere. Bei eingleisiger Endstrecke kann die Tiefdruckhaltung T am Ende wegfallen, während aber eine solche T' mittelst Ventils b' an der Station zur Linken statt H einzuschalten ist, sobald einwärts gefördert werden soll. Die Bedeutung der Rohrpost ist bekannt. Sie ist in erfolgreichem Betrieb in Wien, Berlin, Paris, London, Brüssel, Liverpool, sodann in Philadelphia, Boston, Neuyork. Im Ausland hat man die Rohrweite, die in Berlin in dem, 42,3 km Rohrlänge umfassenden Netz 57 mm beträgt, schrittweis ge-

steigert und bei den neuesten Anlagen auf 206mm getracht. Dabei wird Taefdruck nicht mehr angewandt, bloss Hochdruck von rund  $\frac{1}{2}$  at Ueberdruck hinter dem Läufer. Die Hilfsrichtungen sind sehr ausgebildet. Fig. 555 zeigt im Querschnitt den New Yorker Versender, bei dem der (schwingende) Schieber mittelst Luftdruck-Hemmwerkes verstellt wird. Alle sechs Sekunden kann ein Läufer abgefertigt werden. New York hat jetzt 14 km Poströhren von der angegebenen Weite im Betrieb. Die geraden Röhren sind gusseiserne Muffenröhren, stüber und glatt ausgebohrt; in den Kurven liegen nachfreie, gebogene Messingröhren. Die Läufer haben nichtan, sondern nahe dem Enden Dichtungscidate und durchdreifsehr scharfe Kurven, s. Fig. 556 a: in dieser Figur stellt b den Berliner, c den Londoner, d den Philadelphier und e den New Yorker Läufer dar. Das Newyorker Netz dient nicht bloss für die Beförderung von Eisriesen, sondern für die

Fig. 555  
Rohrpost in Newyork

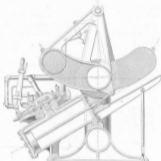
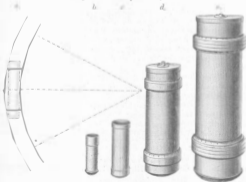


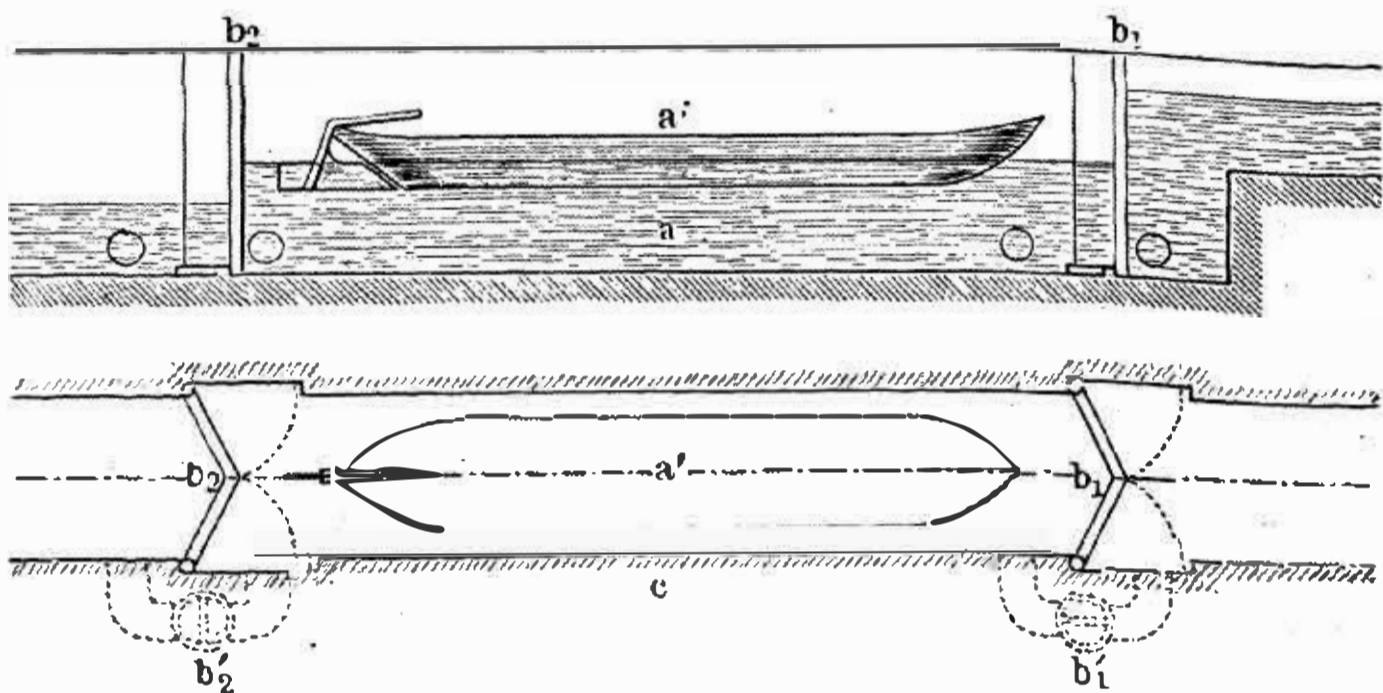
Fig. 556 Rohrpost-Läufer



Vertheilung überhaupt aller brieflichen und ähnlichen Eingänge über die langgestreckte Stadt; ähnlich in Boston.

2. Beispiel. Vergleichbar an Bedeutung mit der Dampfmaschine ist die Schiffahrts-Schleuse. Dem Bauingenieur steht sie verhältnissmäßig so hoch, wie jene dem Maschineningenieur; sie führt ihm schwere Schiffe über Höhen und Tiefen, zwangläufig, geräuschlos, sie muss also eine Maschine sein. Das ist sie in der That, und zwar ein Hemmwerk, insbesondere das erste Wasserhemmwerk, das erfunden worden ist\*). Die Kammerschleuse, s. Fig. 557, besteht aus zwei Fludhemmwerken, einem am Ober- und einem am Unterhaupt. Die Leitung ist eine offene (vergl. Fig. 116 c). Die Ventile  $b_1$  und  $b_2$  sind meist, wie hier gezeichnet, als laufende Gesperre ausgeführt,

Fig. 557  
Kammerschleuse



geführt, genannt Schleusenthore; manchmal werden sie auch als ruhende Gesperre gebaut (Schielethore, Schwimmthore). Die kleinen Nebenventile oder Umläufe  $b_1'$  und  $b_2'$  gestatten es, das Niederlassen des Sperrstückes, hier Wasser, langsam beginnen und überhaupt langsam vor sich gehen zu lassen (Bremsung). Die Kammerschleuse braucht viel Wasser, da der Wasserstrang, der ein Schiff gehoben hat, verloren gegeben werden muss, meist ganz, und wenigstens zur Hälfte, wenn ein Fangbecken angelegt werden kann.

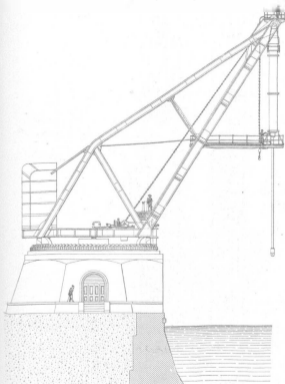
Die Trogschleusen dagegen, die wir oben, S. 330 und 338 wegen ihrer Parallelführungen besprochen, brauchen bedeutend weniger Wasser. Sie sind ebenfalls zweifache Hemmwerke. Es wird bei jeder Hebung eines Schiffes nur wenig mehr Wasser herabgelassen, als das Schiff wiegt, d. i. verdrängt; bei jeder Senkung eines Schiffes wird etwas Wasser gehoben. Beim Grand Western Kanal, der meist leere Schiffe nach unten sendet, schafft der Betrieb thatsächlich Wasserüberfluss in die oberen Haltungen.

\*) Vielleicht, nach Wiebeking, schon Ende des 13ten Jahrhunderts; mit Sicherheit ist die Schleuse Mitte des 15ten Jahrhunderts nachzuweisen (Brockhaus).

Für die zeitweilige Ausübung von Kräften zum Heben und Senken von Lasten eignen sich die Fludhemmwerke, die aus

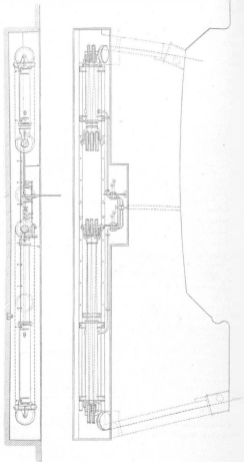
Fig. 538

*Eisener Kran im Hafen von Spezia*



Hochdruckhaltungen gespeist werden, sehr gut. Ein Pressluft-  
hemmwerk wurde oben, S. 518, vorgeführt. Armstrong hat die

Fig. 559  
Schlossenthor-Betrieb  
(s. S. 620)



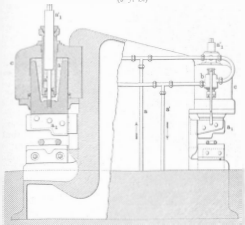
Wasserhemmwerke in der Form seiner, jetzt sehr verbreiteten Wasserkrane mit dem grössten Erfolge in die Reihe der Ladevorrichtungen eingeführt

3. Beispiel. Einen mächtigen, von dem Hrn. Armstrong, Mitchell & Co gebauten Wasserkran stellt Fig. 558 (a. S. 617) dar. Er ist im Arsenal von Spezzia errichtet und hebt 160 t bis auf 12,2 m. Abladung von der Drehsapfenmitte aus 13,8 m, Höhe über der Werffläche 32 m. Kleine Lasten

Fig. 560

Zweifelhafte Schere

(a. f. S.)



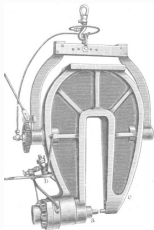
werden mittelst einer Kettenwinde gehoben, die von einer Wasserpumpenmaschine getrieben wird; dieselbe Maschine dient auch zum Schwenken des Krans<sup>\*)</sup>.

Die Personenaufzüge, deren Anwendung fortwährend in der Zunahme begriffen ist, werden ausserordentlich häufig durch Wasserhemmwerke von Hochdruckhaltungen aus betrieben, und zwar sowohl unter Benutzung von Scheibenkolben, wie in dem soeben besprochenen Kran, als auch von Tauchkolben, beides

<sup>\*)</sup> S. H. Robinson, Hydraulic power and hydraulic machinery, London 1897, S. 127. Armstrongs gewöhnliche Wasserkrane sind so vielfach beschrieben, dass eine erneute Darstellung erlässlich erscheint.

ohne und mit Einschaltung von Flaschenzügen. — Auch für Ausübung anderer als Lasthebungskräfte dienen Wasserhemmwerke.

Fig. 361



4. Beispiel. Die Drehtore großer Kammerschleusen erfordern mächtige Kräfte zu ihrer Bewegung. Ein dazu dienendes zweifaches Wasserhemmwerk stellt die Fig. 359 \*) (a. S. 618) dar. Die Weite des Schleusenübergangs beträgt 80 mgl. oder 242 m. Das eine der Hemmwerke, die beide mit umgekehrten Flaschenzügen wirken, dient zum Öffnen, das andere zum Schließen des Thores, d. i. also — man übersehe das nicht — eines mächtigen Ventiles. Der Zug an der am Thorflügel fassenden Kette beträgt rund 10 t. Zeit zum Bewegen eines Flügels  $1/4$  Minuten. Für jeden der vier Flügel ist ein doppeltes Hemmwerk wie das dargestellte vorhanden.

Zahlreiche Anwendungen der Wasserhemmwerke sind in die Maschinenwerkstätte eingedrungen, namentlich durch das Verdienst Tweddells, der

in ausgezeichnete Weise die Bearbeitung schwerer Bleche, auch Winkel- und Rundeisenstäbe dem Hämmern entzogen und der fast geräuschlosen Hemmwerkbearbeitung unterworfen hat.

5. Beispiel. Fig. 360 (a. v. S.) stellt eine Tweddell'sche Rundeisenschere zum Zerschneiden schwerer Kettenglieder dar. Das Druckwasser wird einem Hochdruckhalter von 113 at Spannung entnommen und mittelst des Sperrers b des Steuerungsventiles, ein- und ausgelassen. Der Rückführungskolben  $a_1$  ist stets mit der Hohlung in Verkehr und hebt deshalb, wenn die Spannung in der Druckstule  $a$  auf den Atmosphärendruck des Stranges  $a'$  herabgesetzt wird, den Kolben  $a_1$  in die Höhe. Die Scherenschnaide ist abgetreppt, von zuerst den einen, dann den andern Schenkel des Kettengliedes treffen zu lassen\*\*).

6. Beispiel. Einen Wasserdruckmeter der vortliegenden Hemmwerkbauart zeigt Fig. 361. Das Gestell  $c$  ist leicht drehbar aufgehängt; dünne

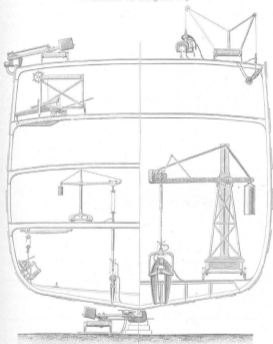
\*) Nach Robinson a. a. O. S. 135.

\*\*\*) Eine Tweddell'sche Durchbruch- oder Lochmaschine aus Wasserhemmwerk a. Konstrukteur IV. Aufl. S. 920; die Ventile sind dabei näher dargestellt.

Kupferrohre leiten das hochgespannte Betriebswasser zu. Fig. 562 zeigt, wie dieser Nietler im heutigen Schiffbau Verwendung findet und das polternde ältere Verfahren durch ein leiseres und zugleich weit schnelleres ersetzt

Fig. 562

Nietmaschinen im Schiffbau angewandt



bet. Diese neuere Arbeitsweise trägt nicht wenig dazu bei, die Fertigstellung des Schiffsrumpfes zu beschleunigen. Auch im Lokomotivbau hat der Wasserdrucknietler sich bewährt; im amerikanischen Lokomotivkesselbau wendet man bewegliche Nietler wie der dargestellte, aber mit 17' oder 5,18 m Gabeltiefe an; demzufolge kann man den Kessel von der Rauchkiste bis zur Feuerbüchse mit dem Nietler in Rand- wie Längswälzen fertig stellen.

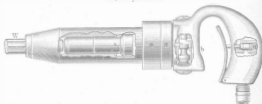


Wird statt des Presswassers Pressluft angewandt, so erhält man sehr brauchbare Lufthemmwerke. Die rasche Entwicklung der Pressluftverwerthung hat schon eine ganze Anzahl solcher Hemmwerke in die Werkstätten eingeführt; auf Einiges sei etwas näher hingewiesen. Der in den beiden vorigen Beispielen vorkommende Rückführungskolben  $\alpha_1'$  bietet die günstigste Möglichkeit, durch blosses Bewegen des Ventiles  $b$  einen Vor- und Rückschub herbeizuführen. Ja noch mehr. Gestaltet man die Ventilvorrichtung selbst als Hemmwerkchen, vermöge ringförmiger Einschnitte und Auskerbungen des Gehäuses  $c$ , so kann ein schnelles Spiel des Kolbens  $\alpha, \alpha_1'$  durch blosses Öffnen des Zulassventiles erzielt werden.

7. Beispiel. Solches geschieht in dem Faust-Lufthammer, auch *Chauffeur'scher Hammer* genannt, den Fig. 563 darstellt und der nach den Gegebenen ein Hemmwerk zweiter Ordnung ist\*). Man erzielt mit demselben

Fig. 563

Faust-Lufthammer



bei angemessener Spannung der Pressluft Schlagrohlen bis zu 10 in der Sekunde; folgende Zahlenreihe gibt das Nähere an

Nummer	Gewicht		Kolben- durchmesser	Hub	Schläge minütlich
	mit Messel kg	ohne Messel kg			
1	2,70	3,33	27	60	600
2	3,36	4,03	27	201	1000
3	4,04	4,70	27	72	1800
4	4,71	5,39	27	83	2400

\*) Derselbe wird von Verschiedenen ausgeführt, so von der Metallie Packing Company in Philadelphia, von der Chicago Pneumatic Tool Company, von Wadsworth Sons & Co in Philadelphia, von Hoeseler & Co in Philadelphia usw., zu beziehen durch Schuchardt & Schütte, Berlin

*Der neueste noch kleinere Hammer für Stein- und Ciselirarbeiten macht 5000 Schläge minutlich.*

*Das von den Schlägen getroffene Werkzeug dient, je nach seiner Gestaltung, zum Stemmen von Nietnäthen, zum Börteln von Heizröhren, zum Abmeisseln von Metall, Stein und andern Stoffen und zu ähnlichen Arbeiten. Schwerere Lufthämmer werden für zweihändigen Betrieb eingerichtet, wobei der Griff Krückenform bekommt; dieser Krückhammer ist jetzt fast mehr im Gebrauch, als der Fausthammer, namentlich für das Stemmen der Nietköpfe, wofür der Fausthammer sich als zu leicht erwiesen hat. Der Krückhammer arbeitet übrigens mit schwer ertragbarem, dumpf donnerndem Geräusch.*

Gehen wir nun zum Dampf als Betriebsflud über, so erkennen wir, dass der Dampfhammer, dessen Einführung wesentlich Nasmyths Verdienst ist, ein Dampfhemmwerk zum Heben und Fallenlassen eines Fallklotzes vorstellt. Anfangs war es nur ein einfaches Hemmwerk, wie es bei der Dampftramme noch ist, später wurde es ein zweifaches durch Anwendung des sog. Oberdampfes. Der Dampfhammer hat allerlei Abwandlungen durchlaufen; eine kinematische war die Paarumkehrung, vermöge deren der anfänglich bewegliche „Kolben“ zum Aufstellungsglied, der „Cylinder“ zum beweglichen gemacht wurde (s. Band I, S. 98). Nebenbei bemerkt ist dies wieder ein Wink, die strengere Auffassung dessen, was technisch ein Kolben heisst, was wir S. 272 besprachen, nicht aus den Augen zu verlieren. Bemerkenswerth ist, dass man bezüglich der Steuerung des Dampfhammers wesentlich zum Betrieb der Ventile von Hand zurückgekehrt ist, dass man von Hand die Steuerung so leitet, dass der Bär hoch oder niedrig falle, hart oder sanfter schlage; das „unregelmäßige Schreiten“ von S. 612 liegt klar zu Tage.

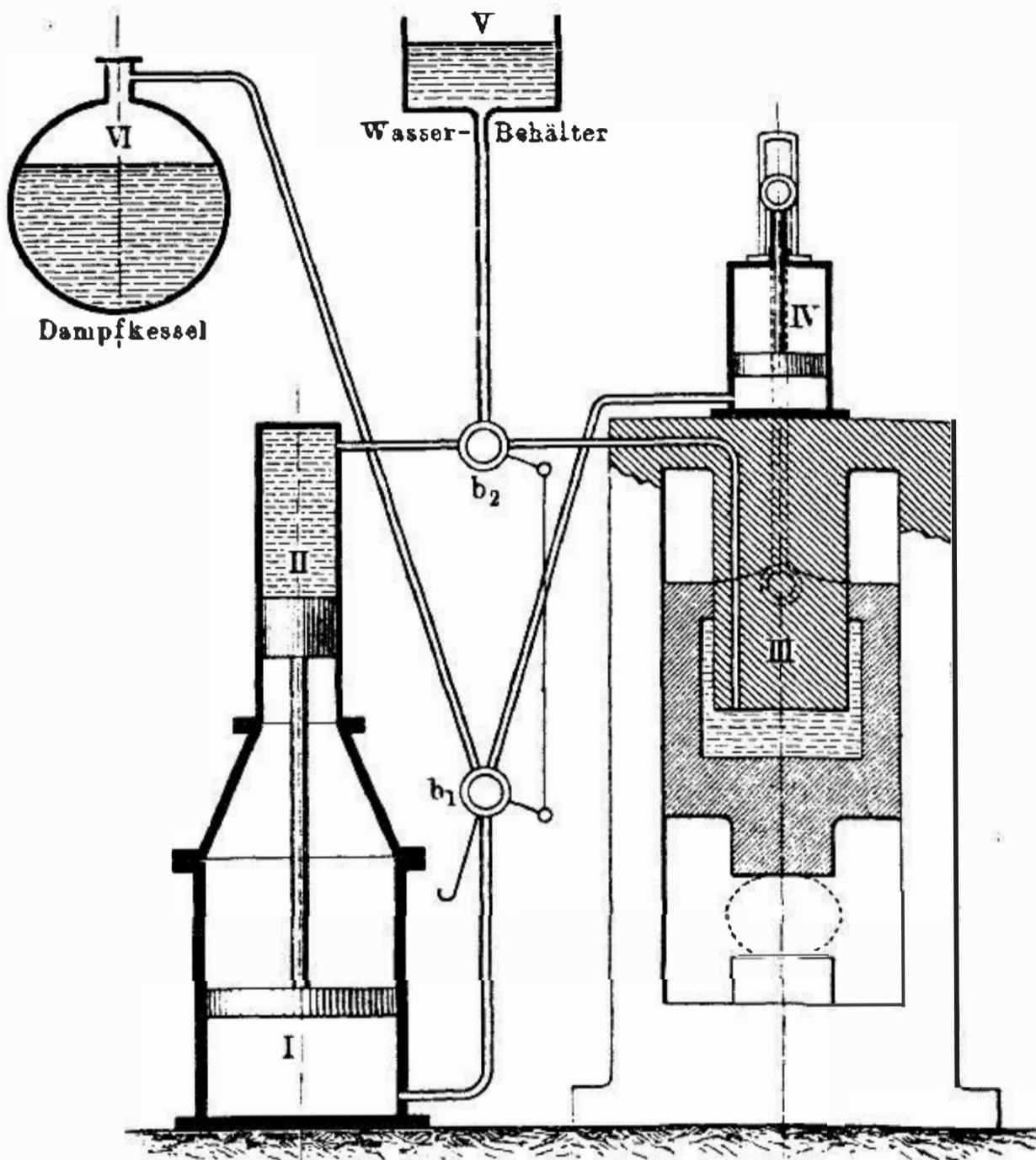
Nachdem der Dampfhammer sich, entsprechend den fortwährend steigenden Ansprüchen der Eisenindustrie, mächtig entwickelt hatte, bei Krupp und dessen Befolgern bis zu 1000 Zentner Bärgewicht, erstand ihm ein Wettbewerb durch die Schmiedepresse, die durch Haswell anfangs der 60er Jahre eingeführt wurde. Diese hat jetzt den Dampfhammer an verschiedenen wichtigen Punkten überholt und verdrängt; sie ist besonders in Deutschland zu hoher Ausbildung gebracht worden.

8. Beispiel. Fig. 564 (a. f. S.) ist eine schematische Darstellung der Bauart, die ihr Breuer, Schumacher & Cie in Kalk gegeben haben. Diese bewährte Schmiedepresse besteht aus sechs Fludgetrieben, nämlich zwei Haltungen, die eine für Dampf, die andere für Wasser, drei Hemmwerken und einem Wasserhebel. I Dampfhemmwerk, gespeist aus Haltung VI, II, III Wasser-

hebel mit dem Uebersetzungsverhältniss 1:16, III Wasserhemmwerk, gespeist aus V, einem offenen Behälter, IV Dampfhemmwerk zum Heben des Bärs. Die Steuerung  $b_1, b_2$  wirkt bei ihrer Handhabung so, dass das Hemmwerk IV den Bär hebt (worauf das Werkstück untergeschoben wird), darauf

Fig. 564

## Schmiedepresse



Hemmwerk V. III den Bär aufsetzt und sodann I. III III den Bär niederpressen, und zwar mit einem Druck von 1800 bis 2000 t. Die Maschine arbeitet sehr schnell; es geschehen nämlich 30 bis 35 Pressungen minutlich\*).

Es sei noch erwähnt, dass das Kolbenhemmwerk auch als Flüssigkeitsmesser dienen kann, ganz ähnlich wie oben (S. 493) die Wasserräder als Luft-, Gas- und Spritmesser. Sehr viel im Gebrauch sind der Kennedy'sche und der Schmid'sche Wassermesser\*\*).

\*) Die Fabrikanten dieser Presse haben neuerdings zwei mächtige Schmiedepressen, eine für die Dillinger Hüttenwerke, eine andere für das Oburkowskische Stahlwerk in St. Petersburg geliefert, jede für 10000 Tonnen Druck. Kurze Beschreibung Prometheus Nr. 512, 1899.

\*\*\*) S. Konstrukteur IV. Aufl. S. 969.

Die Beispiele könnten noch bedeutend vermehrt werden, die gegebenen werden aber hier genügen. Sie zeigen, dass eine lange Reihe von wichtigen Maschinen, die das ablaufende halbe Jahrhundert mit bedeutendem Erfolge eingeführt hat, Fludhemmwerke sind. Immer besser wurden sie verstanden, immer besser benutzt; anfangs fehlten die Hochdruckhaltungen für Wasser — sie kamen — und für Luft — sie kamen zuletzt; aber auf der ganzen Linie bezeichnet das von der Hand des Führers gesteuerte Hemmwerk die Strasse des Fortschrittes. Beachtenswerth ist dabei, dass die Hemmwerksarbeit dem Maschinenbau mildere Formen zugeführt hat. Der getösevolle Betrieb der Hammer- und Kesselschmieden und Schiffbauwerfte ist bei Anwendung der Wasser- und Luft-Nieter mehr und mehr einer ruhigen, nicht mehr „Gewalt“ brauchenden, sondern die sichere Bezwingung ruhig durchführenden Arbeitsweise gewichen, wobei die Schnelligkeit der Herstellung nur zugenommen hat; das Meiste aber dabei hat das Hemmwerk geleistet.

## §. 98

**Periodisch schreitende Hemmwerke**

Schon früh hat man periodisch schreitende Hemmwerke in den Uhren, lange bevor diese selbst Hemmwerke waren (s. folg. §.), verwirklicht, und zwar nicht nur in den Schlagwerken, sondern auch in allerlei künstlichem Figurenspiel, das bei bestimmten Stundenangaben in Gang gerieth. Bis heute sind solche sog. Männleinlaufen beim grossen Publikum beliebt geblieben; auf der Chicagoer Ausstellung 1893 hatte Deutschland ein solches Werk zur Schau gestellt, ein weit reicheres wird es zur Pariser Ausstellung im nächsten Jahr senden. Nur von den Schlagwerken sei Einiges hier hervorgehoben.

Bei diesen erstreckt sich die Periode über einen Umgang des Stundenrades und hat in der Regel mit Rücksicht auf die Schlägezähl den folgenden Verlauf der Hemmweiten:

1, 1, 1, 2, 1, 3, 1, 4 . . . . . 1, 12,

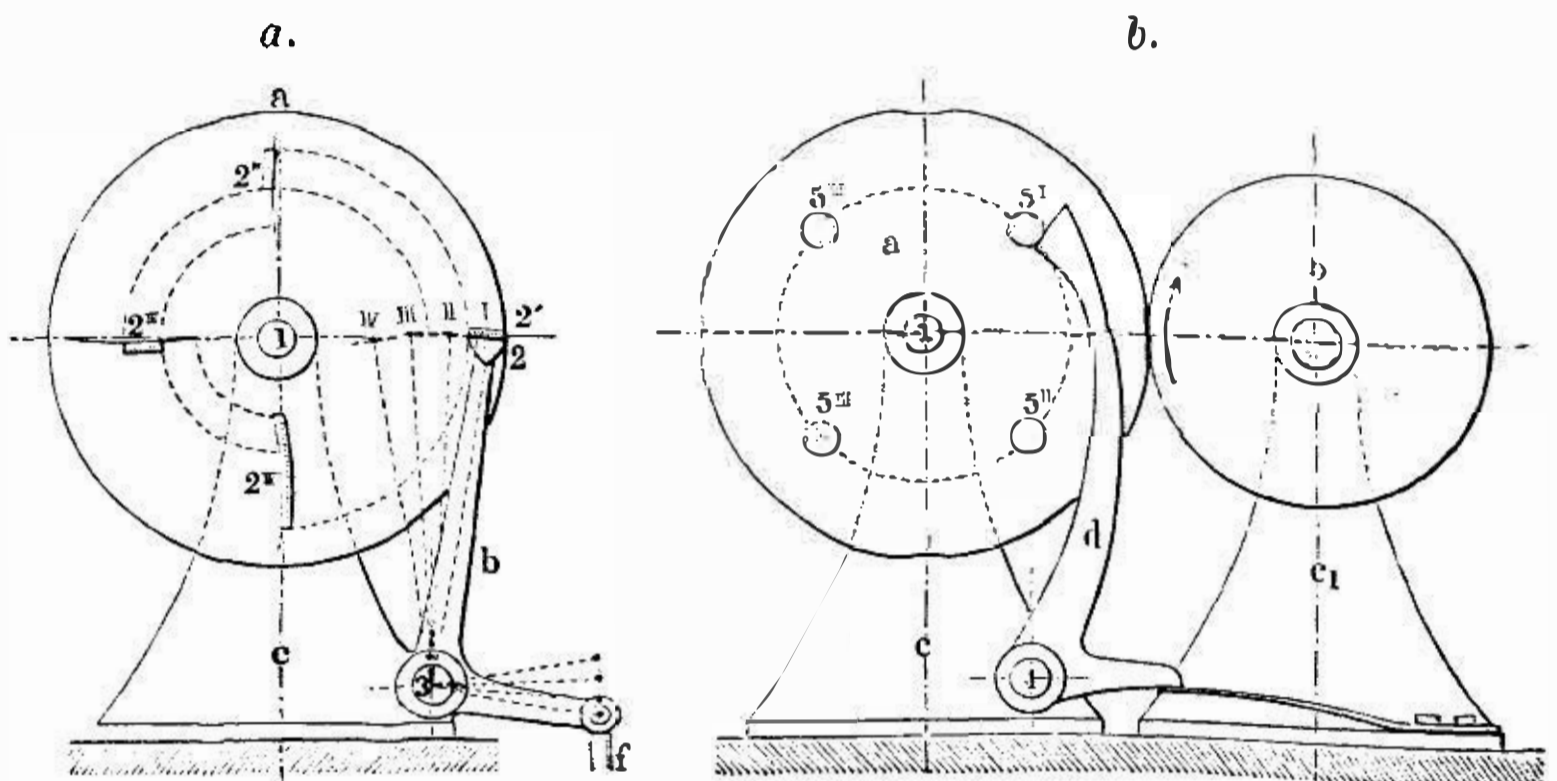
90 Schläge umfassend. Dem Schlagwerk der Uhr gibt man seine eigne Betriebsvorrichtung. Vermöge eines, in dieser angebrachten Gangreglers, des Windflügels, werden die Hemmzeiten den Hemmweiten angepasst, d. h. ihnen proportional gemacht. Zwei Bauarten des Schlagwerks, die deutsche und die englische, sind vor-

wiegend im Gebrauch. Das englische Schlagwerk wiederholt bei Auslösung durch die Hand die Schlagzeichen. Bei beiden Bauarten ist die eigentliche Schlagvorrichtung ein Spannwerk\*).

Anwendungen von grosser industrieller Wichtigkeit finden die periodischen Hemmwerke bei den Selbstspinnern in den Umsteuerungsgetrieben dieser wichtigen Maschinen.

*Beispiel.* Die betreffende Einrichtung aus dem Platt'schen Spinnstuhl sei hier in Kürze vorgeführt. In Fig. 565 ist 1 die Steuerwelle, die nach vier, verschieden langen Zeitabschnitten sehr rasch je um  $90^\circ$

Fig. 565 Hemmwerk am Spinnstuhl



gedreht werden soll. *abc* Hemmwerk, daran *a* Steigrad mit vier konaxialen Zahnringsen (vergl. Fig. 507) mit je nur einem Zahn. Angetrieben wird das Steigrad *a* zunächst durch ein Spannwerk *a d c* mit Federdruck, siehe Fig. *b*, die einen Fortsatz des Steigrades *a* darstellt. Nachdem aber Auslösung durch Klinke *b* stattgefunden, und das bei *5'* antreibende Spannwerk nur durch einen kleinen Weg gewirkt hat, greift das fortwährend laufende Reibrad *b* an *a* ein und treibt dieses um eine Vierteldrehung weiter, gegen den Schluss derselben die Klinke *d* wieder spannend. Die an den Quadranten-Endpunkten angebrachten Ausschnitte im Radumfang von *a* lassen daselbst die Reibradwirkung jedesmal endigen\*\*). Deutlich zeigt sich hier, dass nicht bloss, wie bei den Uhren geschieht, eine Haltung (aufgezogenes Gewicht), sondern auch ein im Gang befindliches Laufwerk die Betriebskraft für ein Hemmwerk liefern kann.

Die Auslösungen und Hemmungen finden bei 2 in der Reihenfolge

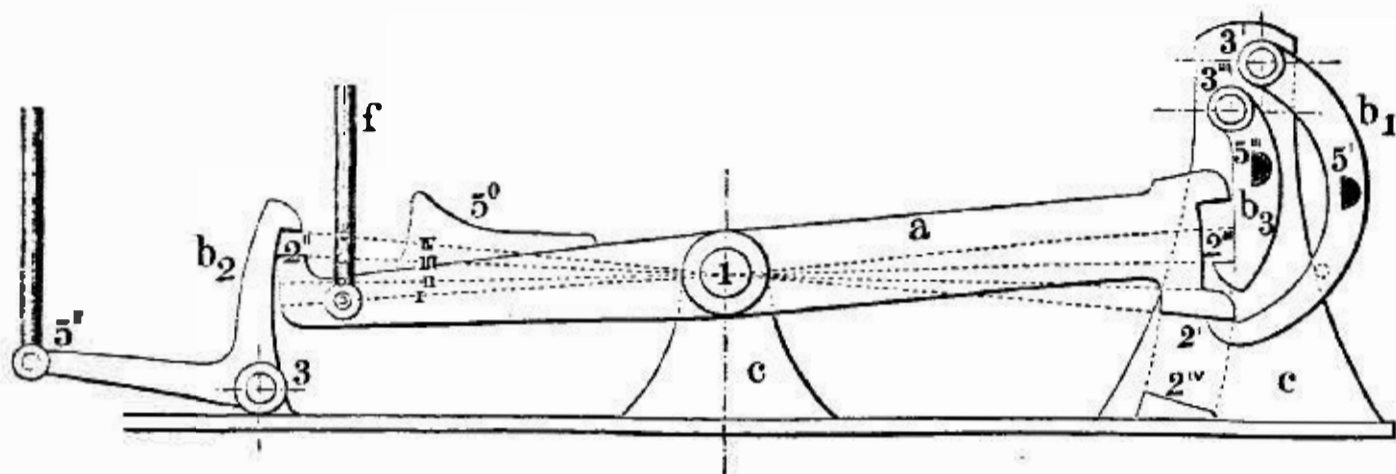
*III, II III, III IV, IV I*

\*) Näheres u. a. bei Rühlmann, Allg. Masch.-Lehre Band I, Redtenbacher, Bewegungsmechanismen, Denison, Clocks and Watches (London 1860).

\*\*\*) Schöne Modelle im kinematischen Kabinet der Techn. Hochschule zu Berlin, woran gezeigt werden kann, wie in einem kleinen Bruchtheil einer Sekunde die Umstellung vor sich geht.

statt. Herbeigeführt werden sie durch ein zweites Hemmwerk, das in Fig. 566 dargestellt ist. Die zur Klinke *b* führende Stange *f* wird sprungweis bewegt durch den Hebel *a*, der ein Ausschnitt aus einem Steigrad ist, weshalb wir ihn Steighebel zu nennen haben. Die Hemmung desselben ist aus Theilgesperre, und zwar Viertelsgesperre (vergl. S. 569) gebildet. *b*<sub>1</sub>, *b*<sub>2</sub>, *b*<sub>3</sub> und Anschlag an *c* sind Sperrklinken, sperrend bei 2I, 2II, 2III und

Fig. 566 Zweites Hemmwerk am Spinnstuhl



2IV. Die Auslösungen werden herbeigeführt durch den Spinnwagen, der seinerseits eine Hauptperiode durchläuft, während deren er die folgenden vier Unterperioden durchmacht:

- |   |                                |
|---|--------------------------------|
| 1. Periode, Ausfahrt und Herausspinnen, | <i>a</i> wird gesperrt bei 2I, |
| 2. „ Nachstrecken und Nachdrehung,      | „ „ „ „ 2II,                   |
| 3. „ Abschlagen des gesponnenen Fadens, | „ „ „ „ 2III,                  |
| 4. „ Aufwinden und Einfahrt,            | „ „ „ „ 2IV.                   |

Der Gang ist folgender. Bei Beendigung der ersten Periode trifft ein Vorstoss des Spinnwagens bei 5' die Klinke *b*<sub>1</sub> und rückt sie aus, worauf der einseitig schwere Steighebel aus Stellung I in Stellung II übergeht und von Klinke *b*<sub>2</sub> gehemmt wird. Dabei hat die Klinke *b*<sub>2</sub> mittelst Stange *f* die Klinke *b* des vorigen Hemmwerkes nach 3 II verlegt und damit die zweite Periode eingeleitet.

An deren Schluss wird durch das Zählwerk des Spinnstuhls (ein stellbares Schaltwerk) die Klinke *b*<sub>2</sub> ausgelöst, worauf der Steighebel in die Stellung III fällt und die Klinke *b* nach 3 III verstellt, selbst aber bei 2'' gehemmt wird.

Die Verstellung nach 3 III hat die dritte Periode eingeleitet, die damit endet, dass vom Spinnwagen her die Klinke *b*<sub>3</sub> durch Anstoss bei 5''' gelöst wird, worauf der Steighebel in die Stellung IV fällt und mittelst Stange *f* die Hemmklinke *b* nach 3 IV versetzt.

In der darauf beginnenden vierten Periode drückt der wieder einfahrende Spinnwagen bei 5<sup>0</sup> den Steighebel links wieder nieder, spannt also das Spannwerk und rückt dabei mittelst Stange *f* die Klinke *b* wieder in ihre Anfangsstellung 3 I\*).

Die Hauptperiode des Spinnstuhls haben wir oben, S. 533, bereits behandelt. Zu erwähnen ist noch, dass die bei den Umsteuerungen aus- und eingerückten Kupplungen gemäss S. 574 Sperrwerke sind.

\*) Näheres bei Stamm, Selfactor, deutsch von Hartig, Leipzig 1862, und Schmidt, Bew.-Mechanismus des Purr-Curtis-Selfactors, Stuttgart 1865.

Zahlreiche Anwendungen finden die periodischen Hemmwerke noch in vielen andern Arbeitsmaschinen, die ihr Werkstück einer Folge von Bearbeitungen unterwerfen.

### §. 99

## Gleichförmig schreitende Hemmwerke

Am zahlreichsten sind die gleichförmig schreitenden Hemmwerke in den Räderuhren angewandt. In diesen ist als Taktgeber gewöhnlich ein ebenes Pendel benutzt. Zwei Arten desselben wendet der Uhrenbauer soviel wie ausnahmslos an,

das Lothpendel und  
das Radpendel.

Unter ersterem verstehe ich das in senkrechter Ebene schwingende gewöhnliche Pendel, dessen Schwerpunkt ausserhalb seiner waagrecht gelegenen Schwingungsachse liegt; das andere ist das in beliebiger, auch beweglicher Ebene schwingende Pendel, dessen Schwerpunkt in seiner zur Schwingungsebene rechtwinkligen Drehachse liegt. Beim Lothpendel führt die Schwerkraft die Mittelstellung herbei, beim gebräuchlichen Radpendel eine Feder, die durch das schwingende Gebilde, die Unruh genannt, vor- und rückwärts gebogen wird<sup>\*)</sup>. Diese beiden Taktgeber schwingen nahezu zeitgleich bei grösserem wie bei kleinerem Ausschlag. Wenn daher bei einer Uhrhemmung nur die Zeit zur Wiedereinrückung kürzer ist, als die Hemmzeit — um wie viel kürzer, ist nebensächlich —, so ist die wichtigste Aufgabe des Hemmwerkes gelöst. Sie ist, dass in irgend einem grösseren Zeitabschnitt stets dieselbe Anzahl Theilungen vom Sperrrad, hier Steigrad genannt, durchlaufen wird. Dabei mag ein beliebig grösserer oder kleinerer Theil der Betriebsarbeit überschüssig gewesen und als Stoss aufgezehrt worden sein. Diese bemerkenswerthe Eigenschaft der Hemmwerke hat es möglich gemacht, selbst mit sehr unvollkommenen Uhrwerken eine erträgliche Zeitmessung zu erzielen. Dies erklärt die einmüthige Vorliebe, die, von der alten Waaguhr herauf bis heute, in der

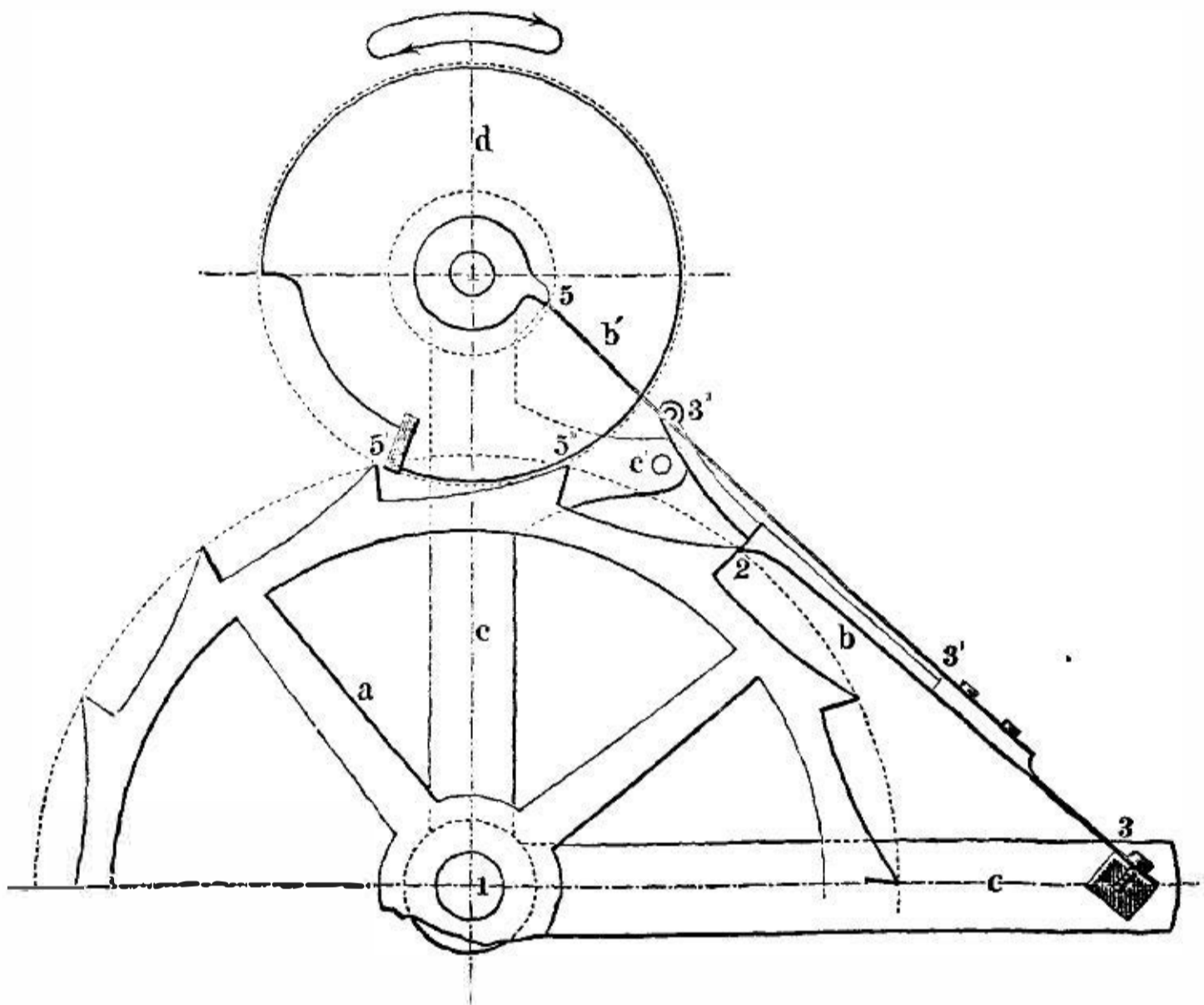
---

<sup>\*)</sup> Beim ältesten Radpendel fehlte die Feder noch; ihre Wirkung wurde durch eine keineswegs einfache des Treibgewichtes einigermaßen ersetzt; bei den ersten Taschenuhren von Peter Henlein (1500) war sie aber schon, und zwar in Form eines Borstenbündelchens, angebracht.

ganzen Welt den Hemmwerkuhren zugewandt ist, und andererseits das Scheitern aller Versuche, die Laufwerkuhr, z. B. die mit dem Kegelpendel, an ihre Stelle zu setzen.

Die Betriebsarbeit wird in den Uhren nur zur Ueberwindung von schädlichen Widerständen, d. i. bloss zum Inganghalten benutzt. Solche Widerstände erfährt aber auch der Taktgeber. Um ihm die daran verlorene lebendige Kraft zu ersetzen, fügt

Fig. 567 Chronometerhemmung



man dem Hemmwerk noch Beschleuniger ein, die den Taktgeber im Schwung halten. Kinematisch unterscheiden sich hiernach die Uhrhemmungen untereinander je nach der Wahl des zu Grunde gelegten Gesperres, des Taktgebers, des Auslösers und des Beschleunigers. Zwei Beispiele seien vorgeführt\*\*).

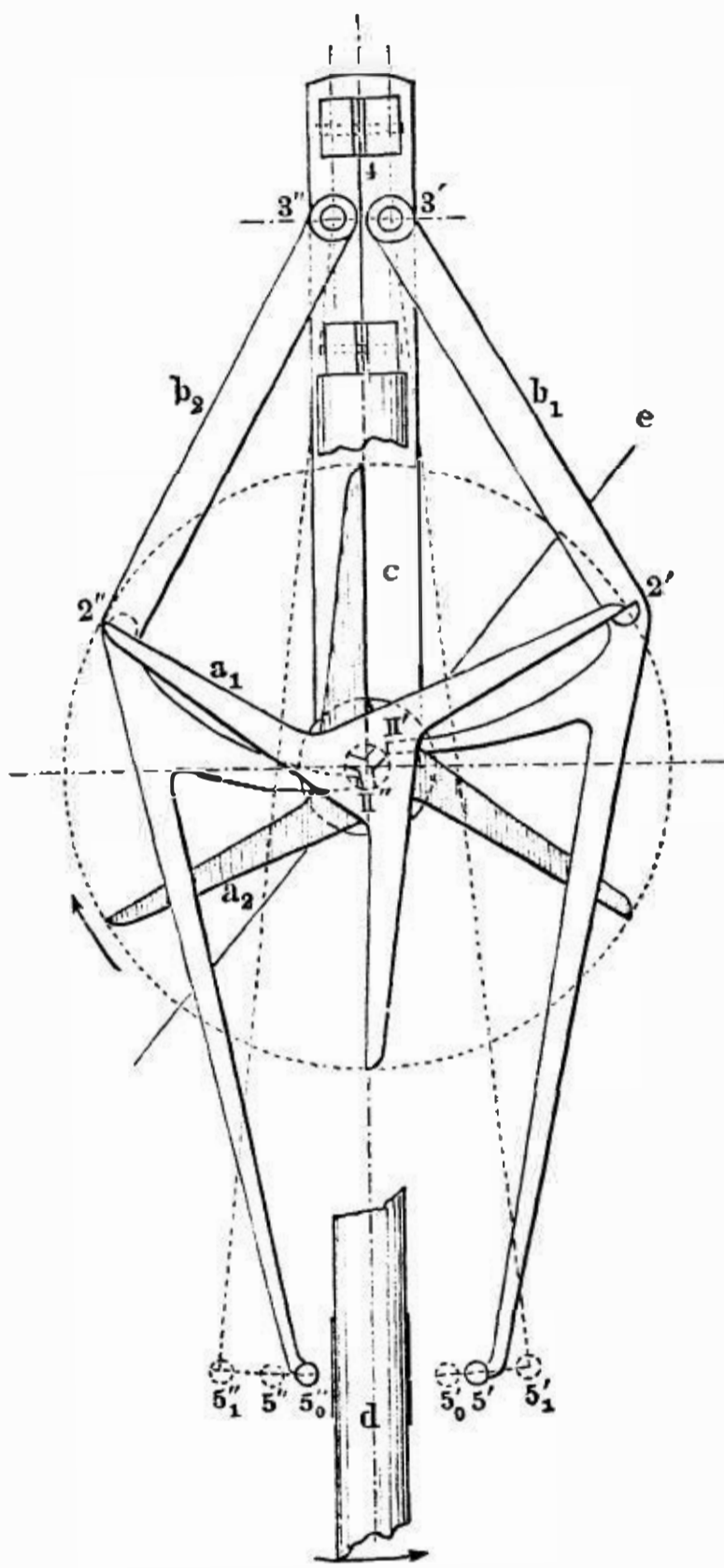
1. Beispiel. Die sog. freie Chronometerhemmung, Fig. 567, die als die vorzüglichste Hemmung für Seeuhren bekannt ist und gebraucht wird, hat genau die schlichte Einrichtung unsrer obigen Grundanordnung. Das Gelenk 3 der Klinke b ist der Reibungersparniss wegen als Blattgelenk ausgeführt, s. S. 156. Auslöser ist der Zahn 5 am Radpendel. Er bildet mit dem Kinkenfortsatz b' beim Rechtsschwung laufendes Gesperre, indem

\*\*.) Ausführliches im Konstrukteur IV. Aufl. S. 669 ff. Schaumodelle im kinematischen Kabinet der kgl. Techn. Hochschule zu Berlin.



die Klinke  $b'$  wiederum mit Blattgelenk bei  $3'$ , weit ab von  $5$ , an  $b$  angelenkt ist, beim Linksschwingen aber bei  $3''$  gestützt wird und demzufolge die Klinke bei  $2$  aushebt. In der gezeichneten Stellung lässt die Klinke  $b$  den Zahn  $2$  gerade frei. Als bald danach sinkt die Klinke bis zum Fangstift  $c'$  in die Eingriffsstellung. Das frei gewordene Rad fasst bei  $5'$  die Beschleunigungsschaufel und ertheilt durch sie dem Taktgeber bis  $5''$  Beschleunigung, worauf sein, jetzt bei  $5''$  stehender Zahn bei  $2$  aufgefangen wird. Der Taktgeber vollzieht eine vollständige (Doppel-)Schwingung und erfährt nur eine verschwindend kleine Stosswirkung durch den Beschleuniger.

Fig. 568 Denisons Hemmung



2. Beispiel. Thurmuhrehemmung von Denison, Fig. 568, sogenannte Schwerkrafthemmung, angewandt u. a. an der grossen Westminster-Uhr in London. Taktgeber ist ein Zweisekunden-Lothpendel, das bei  $4$  am Blattgelenk (von  $\frac{5}{12}$  mm Dicke) schwingt. Das Steigrad hat zwei nebeneinander liegende Zahnkränze, wie das Sperrrad in Fig. 507 c, aber jeder von beiden seine eigene Sperrklinke. Gesperrt ist hier die vordere Radhälfte  $a_1$  bei  $2'$ . Ausgelöst wird sie, sobald das Pendel die Klinke  $b_1$  bei  $5'$  fasst und bis  $5_1'$  hebt. Darauf kommt das Rad in Gang und hebt nun mittelst des Zahnes  $II''$  die Klinke  $b_2$  von  $5_0''$  bis  $5''$ , sodass Radhälfte  $a_2$  bei  $2''$  mit halber Zahnflanken-Deckung aufgefangen wird. Zurückschwingend hebt sodann das Pendel die Klinke  $b_2$  von  $5''$  bis  $5_1''$  und löst  $a_1$  aus, worauf Zahn  $II'$  die Klinke  $b_1$  von  $5_0'$  bis

$5'$  hebt. Die Klinken wirken also beim Sinken länger auf das Pendel als beim Aufsteigen und das gibt die Beschleunigung. Ein Windflügel  $e$ , der auf der Steigradachse mit laufendem Gesperre sitzt, verhindert übermässiges Schnellen des Rades bei den ihm freigegebenen Sechsteldrehungen\*). Wir sehen also, dass hier das Steigrad nicht, wie im ersten Falle unmittelbar,

\*) An meinen Modellen habe ich die Aufzugsgesperre sowohl, als auch das soeben erwähnte als „stumme“ Gesperre (s. Konstrukteur S. 612) ausgeführt, sodass das ratschende Geräusch der Klinken wegfällt.

sondern unter Vermittlung, und zwar der Sperrklinken, dem Pendel Beschleunigung ertheilt. — Es sei bemerkt, dass die mittelbare und die unmittelbare Beschleunigung ungefähr gleichoft vorkommen.

Bei den ausgezeichneten Uhrhemmungen von Dr. Riefler\*) geschieht die Beschleunigung des Taktgebers ganz neuartig, bei dem Radpendel nämlich durch die Unruhfeder, beim Lothpendel durch die Aufhängfeder, beidemal wenn diese Feder aus ihrer Mittellage, die ohne Biegungsspannung ist, in die benachbarte mit Biegungsspannung behaftete Lage übergeht.

In den Uhrhemmungen haben wir Hemmwerke vor uns, bei denen die Betriebskraft einzig zur Ueberwindung der Bewegungshindernisse benutzt wird und zugleich dies so gleichmäfsig, d. h. in so gleichen Schritten geschieht, dass die Maschine zum Messen der Zeit dienen kann. Etwas ganz Aehnliches fanden wir oben (S. 493) bei den Rädern, die zum Messen von Fluden dienen. Einen eigentlichen Unterschied in der Einrichtung, in der Anlage des Mechanismus, fanden wir nicht vor zwischen den Messungs- und den Kraftmaschinen; nur der Zweck, der mit ganz demselben Mechanismus verfolgt wurde, war in den beiden Fällen nicht derselbe, ja war stark verschieden. Ganz so steht es auch hier. Den Genauigkeitshemmwerken schliessen sich Krafthemmwerke an, und zwar, so gut wie wir oben unregelmäfsig schreitende kraftvolle Hemmwerke in grosser Zahl angewandt fanden, finden wir auch gleichmäfsig schreitende, d. i. solche vor, in denen bei grosser Kraftübertragung die Maschine selbst, so gut wie vorhin die Uhr, ihren regelmäfsig schreitenden Gang ohne Hülfe vollzieht. Durchaus überwiegend sind es wieder die Fludhemmwerke, die sich hier eignen. Einige Beispiele seien besprochen.

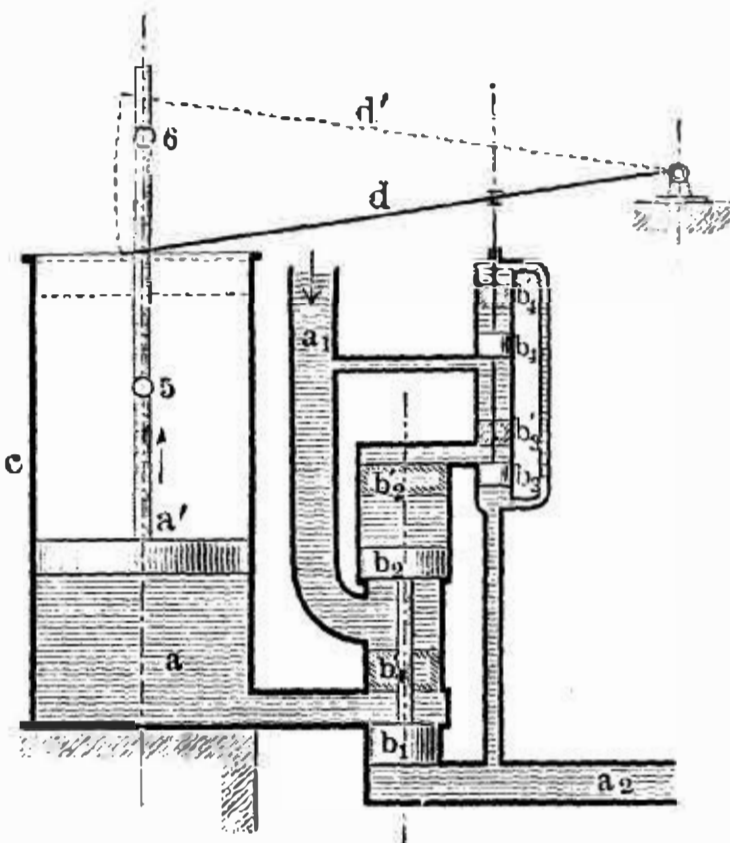
3. *Beispiel. Die Reichenbach'sche Wassersäulenmaschine, Fig. 569 (a. f. S.). Wenn man die Aufgabe erhielte, die Kammerschleuse, Fig. 557, so in Gang zu bringen, dass in regelmäfsiger Folge die Kammer aus der oberen Haltung zu füllen und wieder in die untere Haltung zu entleeren wäre, so hätte man die Ventile  $b_1$  und  $b_2$  oder deren Vertreter  $b_1'$  und  $b_2'$  bei jedem Hubschluss ziemlich gleichzeitig zu bewegen, das eine zu schliessen und das andere zu*

---

\*) S. Bauer, Hemmungen und Pendel für Präzisionsuhren und die Uhren des Riefler'schen Systems, München 1893, und S. Riefler, die Präzisionsuhren mit vollkommen freiem Echappement und neuem Quecksilber-Compensationspendel, München 1894. Der hervorragende Ingenieur und Fabrikant S. Riefler wurde wegen seiner Verdienste um die Zeitmessung und den Bau mathematischer Instrumente von der Münchener Universität zum Ehrendoktor ernannt.

öffnen und umgekehrt, was dazu führen möchte, die beiden Umlaufventile in seinen Sperrkörper zu vereinigen. Dies ist ein zusammengezogenes Bild dessen, was in der vorliegenden Wassersäulenmaschine verwirklicht worden ist. Das geschah allerdings erst spät, mindestens zwei Jahrhunderte nach der Einführung der Kammerschleuse<sup>\*)</sup>. Der Übergang vom weiten Kanalwerk auf eine enge Röhrenvorrichtung war viel zu schwer, um rasch gefasst werden zu können, schwierig auch die selbstthätige Steuerung, die für die Dampfmaschine aber schon eher erfunden ward. Können wir daher nur theoretisch, begrifflich, die erwähnten Zusammenhänge bilden, so dürfen wir doch die Wassersäulenmaschine hierhin und vor die Dampfmaschine stellen, weil die bedeutsame Erfindung des Fludhemmwerkes in der Kammerschleuse so lange vorher schon gemacht worden war.

Fig. 569 Wassersäulenmaschine



In Reichenbachs Maschine stellt das kolbenförmige Ventil  $b_1$  die in eins zusammengezogenen Sperrer  $b_1'$  und  $b_2'$  der Kammerschleuse vor. Gesenkt verbindet es den Raum  $a$  unter dem Kolben  $a'$  mit der Druckwassersäule  $a_1$ , gehoben verbindet es ihn mit der Untersäule  $a_2$ . Gesteuert wird  $b_1$

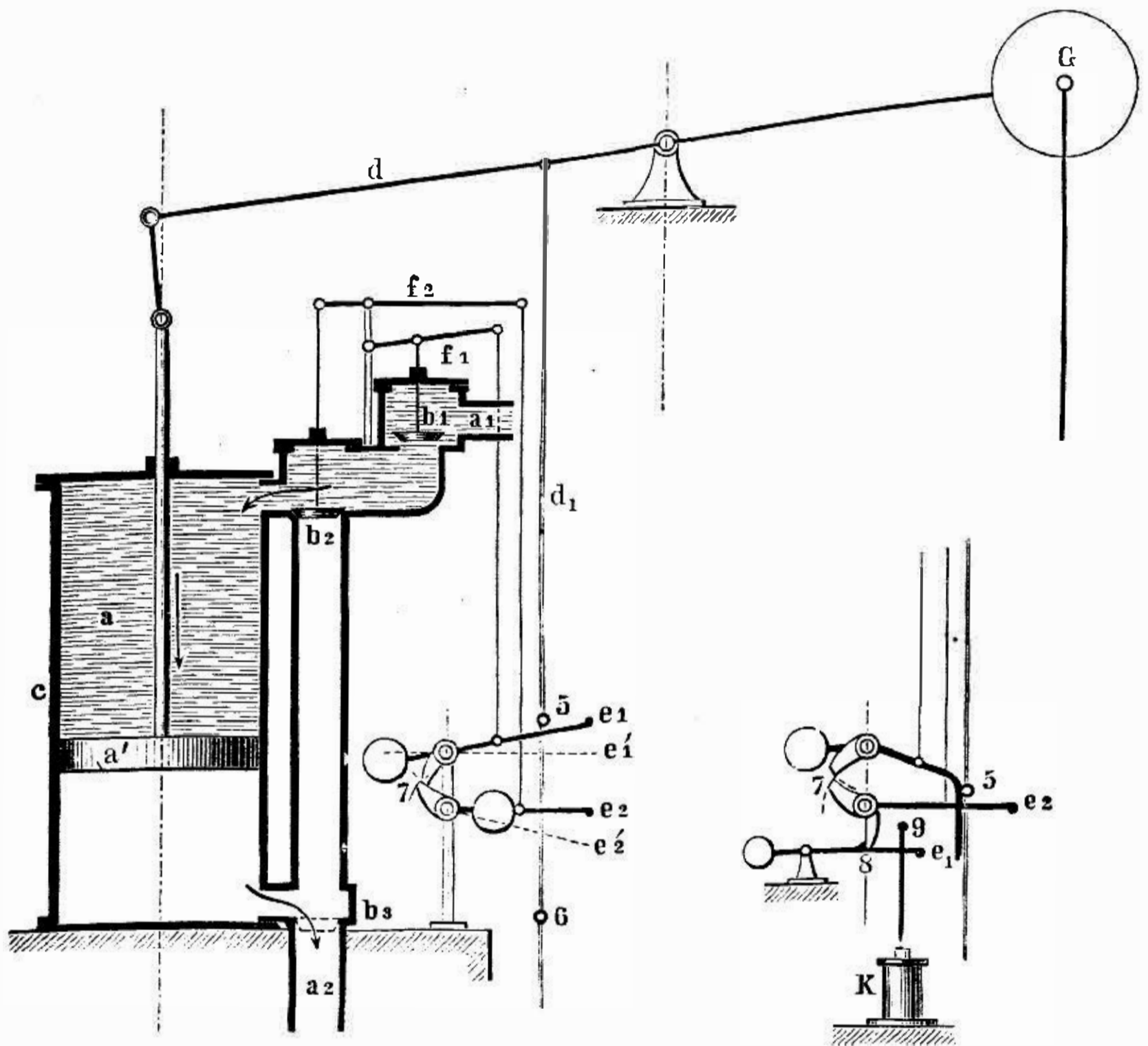
durch eine zweite ganz kleine Wassersäulenmaschine, deren Kolben  $b_2$  mit Ventil  $b_1$  fest verbunden ist. Die kleine Maschine wird durch den Hebel  $d_1$  gesteuert, den der Hauptkolben an jedem Ende seines Hubes mittelst der Nocken 5 und 6 verstellt. Das Spiel der Kräfte wird aus den gezeichneten Ventilstellungen klar. Das Hebelwerk 5.6  $d_1$  bildet für sich einen dritten Trieb, sodass die Maschine als Ganzes in dritter Ordnung arbeitet. Bei den Ausführungen treibt Reichenbachs Maschine mittelst der Kolbenstange wiederum einen Kolben, und zwar den einer Pumpe, d. i., wie wir wissen, ein (Wasser-)Schaltwerk, also einen Sperrtrieb.

4. Beispiel. Einfachwirkende Hubdampfmaschine. In Fig. 570 ist  $a_1$  obere Dampfsäule (aus der Haltung Dampfkessel),  $a_2$  Untersäule, mit der Atmosphäre in Verbindung; die Obersäule wirkt nicht vermöge ihrer Schwere, wie vorhin, sondern vermöge ihrer Spannung. Der Kolben bewegt sich während der Kraftaufnahme nach unten, hebt aber dabei das am Hebel  $d$  angebrachte Gewicht  $G$ . Die Ventile  $b_1$  und  $b_2$  sind hier nicht fest verbunden wie vorhin, damit sie sich als Hubventile einzeln gut schliessen lassen. Der Hebel  $d$  dient hier wie im vorigen Beispiel wohl auch zur

<sup>\*)</sup> Eine Wassersäulenmaschine eignen Entwurfes beschrieb genau und stellte vollständig dar Bélidor in s. Architecture hydraulique 1739, I, S. 298 (s. auch Konstrukteur IV. Aufl. S. 924). Ebenda ist eine 1731 ausgeführte W.-S.-Maschine beschrieben.

Steuerung, muss aber wegen der Kraftübertragung während des ganzen Kolbenhubs im Gang bleiben; deshalb sind die Nocken 5 und 6 an der von ihm geführten Stange  $d_1$  angebracht. Die Ventile  $b_1$  und  $b_2$  werden je durch ein Spannwerk „geöffnet“ (vergl. S. 583), sobald dieses durch einen der Nocken ausgelöst wird. Die Spannwerkklippen wirken gegenseitig. Wenn Kolben  $a'$  am untern Hubende anlangt, löst Nock 5 das Ge-

Fig. 570 Hubdampfmaschine



sperre 7 aus, spannt aber damit zugleich das Spannwerk  $e_1 f_1$ , indem er zugleich das Ventil  $b_1$  schliesst. Vermöge der Auslösung bei 7 öffnet darauf das Spannwerk  $e_2 f_2$  das Ventil  $b_2$ , das nun den gebrauchten Dampf zunächst unter den Kolben treten lässt und dort denselben Druck wie oben entstehen lässt. Der Kolben steigt und löst beim oberen Hubschlusse mittelst Nockens 6 die Sperrung 7 und damit das Spannwerk  $e_1 f_1$  wieder aus, zugleich  $b_2$  schliessend und das zugehörige Spannwerk wieder spannend. Die dargestellte Steuerung ist die Farey'sche. Das Gewicht  $G$  dient wieder zum Pumpen-, d. i. Schaltwerkbetrieb. Soll Niederschlagung des Dampfes stattfinden, so wird ein Kondensatorventil  $b_3$ , das bei Schliessung von  $b_2$  geöffnet wird, eingeschaltet, ausserdem am Kondensator ein Einspritzhahn, der mit  $b_3$  zusammen geöffnet und geschlossen wird. Will man den Dampf sich

wach dehnen lassen, so wird Hebel *e*, so gestaltet, dass er die Schließung von *b*<sub>1</sub> durch den passend gestellten Nock *5* verfrüht, s. Nebenfigur, „Streichkebel“. Damit ist aber die Sperrung bei *7* zur Unzeit gelöst; *f*<sub>1</sub> muss deshalb von einer zweiten Sperrung *8* gehalten werden, die entweder beim Hubchluss durch die Steuerstange, oder, wie sehr gebräuchlich, nach einer Hubpause durch das langsam ablaufende Spannsack *K*, den sog. Katarakt, mittelst des Nockens *9* gelöst wird. — Abgesehen von dem Hebelgetriebe *d d*<sub>1</sub>, besteht die vorliegende Maschine nur aus Sperrtrieben.

3. Beispiel. Ein doppeltwirkendes Fluthemmerwerk erfordert vier Sperrer oder Ventile; nur müssen diese gesteuert werden, während sie, wenn als Hubventile wie in Fig. 571 gestaltet, ohne weiteres dienen könnten, wofür die Maschine als Schaltwerk, also als Pumpe wirken sollte. Soll sie als Hemmerwerk gebraucht werden, so wäre der linksgelegene Kanal *I* derjenige der Drucksäule, der rechtsgelegene *IV* der der Abflusssäule, und die Kolbenbewegung fände entgegen der Pfeilrichtung statt. Die Steuerungsvorrichtung hat dann, wofür das Fluid tropfbar flüssig ist, die Räume *I* bis *IV* abwechselnd in den Verkehr]

Fig. 571

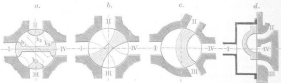


*I* — *II* und *III* — *IV*,  
oder *I* — *III* „ *II* — *IV*

zu setzen. Gestaltet man die vier Ventile als Gleitventile, so können sie wegen dieser Gleichzeitigkeit ihrer Bewegungen zu einem einzigen Bauteil vereinigt werden. Dies kann z. B. so geschehen, wie Fig. 572 unter *a* zeigt; sie bilden dann vier Stege in einem Hahn, einem sog. Vierweg-

hahn. Wie der Schlüssel gezeichnet ist, verschließt er alle vier Wege, was den Endstellungen des Kolbens entspricht. Dreht man ihn um 45° nach rechts, so verbindet er *I* mit *III* und *II* mit *IV*; dreht man ihn ebenso weit nach

Fig. 572 Von Hahn zum Maschelschieber

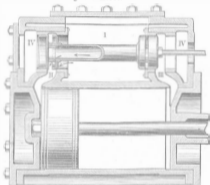


links, so verbindet er *I* mit *II* und *III* mit *IV*. Die Stege *b*<sub>1</sub> und *b*<sub>2</sub> können nun aber auch weggelassen werden, ohne dass diese Wirkung aufhört, s. unter *b*, die Kanäle *II*, *III* und *IV* auch näher zusammengelegt werden, wie unter *c*. Dann aber wird die Gleitfläche dicht neben *I* auch überflüssig, und es kann ausserdem der Krümmungshalbmesser der übrig

gebliebenen Gleitfläche beliebig gross, ja unendlich gross gemacht werden wie unter  $d$ . Diese letztere, so überaus schlichte Form der in eine verschmolzenen vier Ventile führt den bekannten Namen „Muschelschieber“.

Der Muschelschieber ist von Murdock in der Wattischen Maschinenfabrik vor nunmehr hundert Jahren zuerst ausgeführt worden. Der Weg zu ihm war nicht so geradlinig wie der in unsrer Figur; Watts D-Schieber, s. Fig. 575, lag breit dazwischen, auch fehlte dem Muschelschieber die Entlastung, die der D-Schieber

Fig. 573 Kolbenschieber



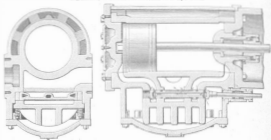
besass. Dennoch hat er sich eine Anwendbarkeit ersten Ranges erworben und diese auch für zahlreiche Fälle beibehalten, da man ihm bald durch geeignete Annahme der Stegbreiten noch die Eigenschaft verlieh, den Fluidzutritt vor Hubschluss zu sperren, (d. h. die in ihm enthaltenen Ventile verschiedenzeitig wirken zu lassen\*). Zu seiner Entlastung ist man übrigens in verschiedenen Formen wieder zurückgekehrt, neuerdings eifriger als sonst, z. B. in der Form des Kolbenschiebers, s. Fig. 573; hier ist noch die durch Trick eingeführte Kanaltheilung vortheilhaft benutzt\*\*. Eine andere Entlastungsweise zeigt Fig. 574 (a. f. S.), angewandt bei den vorzüglichen Dampfmaschinen der Weston Engine Company in Newyork, deren Steuerungsregler S. 172 dargestellt ist.

\*) S. Konstrukteur IV. Aufl. S. 1134 ff.

\*\*\*) S. Weisbachs Ingenieur VII. Aufl. S. 869 u. Konstrukteur S. 1141.

An die Vielfalt der Ventile wurde man wieder entschieden erinnert, als er in der Corliss'schen und verwandten Dampfmaschinen wieder in die vier Einzelventile, sei es Hub-, sei es Gleitventile, zerlegt wurde, wie ja einstweilen bei den Landdampfmaschinen der Brauch geblieben ist<sup>\*)</sup>.

Fig. 274. Schieber mit Hakenplatte



Es braucht nur angedeutet zu werden, dass Hemmwerke mit Pressluftbetrieb, den man aus einer Presslufthaltung und -leitung gewinnt, bereits vielfach angewandt sind. Es wird jetzt erwogen, ob man vielleicht die nach Lönnes Verfahren erzielte flüssige Luft als Haltung für Pressluftbetrieb benutzen könne.

Als das Hemmwerk Dampfmaschine am Schluss des 17ten Jahrhunderts durch Papin erfunden und von ihm in Marburg und Kassel in ihren frühesten Formen ausgeführt wurde, erhoffte der Erfinder dessen allgemeine Anwendbarkeit, versuchte auch, es alsbald zum Ruderradbetrieb zu verwenden; dennoch blieb die Maschine, als sie dann in England weiter gebildet, vor allem mit einer Steuerung versehen wurde, zunächst an Pumpenbetrieb, d. i. geradlinigen Schaltwerkbetrieb, gebunden und leistete auch dadurch für den Bergwerksbetrieb Grosses; sie machte aber weniger

\*) Nicht günstig für das Verständnis der sich Herausbildenden ist es, dass man die Hubventilsteuerungen „Ventilsteuerungen“ nennt und die übrigen mit dem Namen „Schiebersteuerungen“ abfindet, obwohl man Corlissens schwingende Gleitventile nicht mit vollem Vertrauen Schieber nennt. Dazu noch das Wort „Drehschieber“ wo doch „schieben“ und „drehen“ etwas Gegensätzliches bedeuten. Und alles das steht unter dem unklaren Haupttitel „Ventil“, vergl. S. 484.

Aufsehen, als man heute glauben möchte, da sie nur auf einem eng begrenzten Gebiet gebraucht ward. Das gieng so bis gegen 1775, wo die Bestrebungen, die blossen Hubbewegungen in Drehbewegungen umzusetzen, gelangen. Zuerst hatte man es mit Schaltwerken nach Art desjenigen in Fig. 537 versucht; und welcher heutige Ingenieur erinnert sich nicht, dass auch Langens „atmosphärische“ Gaskraftmaschine damit begann? Man kam endlich auf den Schubkurbeltrieb  $(C_3 P^\perp) \frac{d}{c}$ , den wir §. 60 besprochen haben; aber man kam dazu keineswegs planmäfsig, sondern probirenderweis. Dieser Kurbeltrieb, verbunden mit der so wichtigen Krafthaltung Schwungrad, war längst bekannt\*); dass Wasbrough ihn Watt entwendet habe, ist völlig ins Reich der Aufregung bezweckenden Fabeln zu verweisen. Man musste sich damals nur erst durcharbeiten zur Einfachheit und namentlich zur begrifflichen Loslösung schon vorhandener Mechanismen von ihren alten Anwendungen, mit denen sie verwachsen schienen, vergl. Bd. I, S. 11. Viele Mechanismen, die heute grossen Klassen angehören, mussten einzeln erst ersonnen werden, wie z. B. die Gelenkgeradföhrungen, der zum Ventilbetrieb dienende Kurbeltrieb  $(C_4) \frac{d}{a}$ , der sehr viel Mühe machte, der Gangregler usw. Lehrreich ist es, heute die Wattische Dampfmaschine, die ja immerhin ein Bild unsrer heutigen einfachen Dampfmaschine mit Niederschlagung (Kondensation) ist, auf der Unterlage unsrer getrieblichen Analyse, §. 39, und unsrer Trieb-Eintheilung, §. 54, zu betrachten. Wir kommen dabei zur nachstehenden Darstellung\*\*).

*Wir erkennen in Cylinder A, Kolben B und Schieber C, Fig. 575 (a. f. S.), das eigentliche Fludhemmwerk, dem von a her aus der Haltung Dampfessel das Betriebsflud Dampf zuströmt, dessen Ein- und Auswege b und c sind. Die rechte Hälfte des kastenförmigen Unterbaues D bildet eine Haltung H für das Kühlwasser, dessen Vorrath durch ein Schaltwerk, die Kaltwasserpumpe G, stets wieder ergänzt wird. Aus dieser Haltung wird eine andere, die Tiefdruckhaltung E, genannt Kondensator, mit Wasser versorgt, das durch den Einspritzhahn e, ein ruhendes Fludgesperre, fortwährend zutritt und den, absatzweis aus dem Abweg d kommenden*

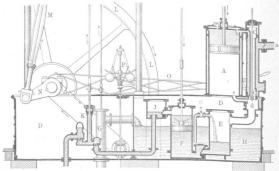
\*) Nicht nur zu Watts Zeiten vom Scheerenschleifer her, sondern er ist schon dargestellt bei Böckler, *Theatr. machinarum novum*, Nürnberg 1661, Tafel 122, aber auch schon bei Strada à Rosberg, *Kunstliche Abriss*, Frankfurt am Mayn 1617, sogar achtmal, einmännisch wie zweimännisch, dann auch bei Zeising, *Theatr. machinarum*, Leipzig 1612, Theil III, S. 11.

\*\*\*) S. des Verfassers kurzgefasste *Gesch. der Dampfmaschine*, II. Aufl., Braunschweig 1891, S. 47 ff.



Abdampf niederschlägt. Ein zweites Schaltwerk, die „Luftpumpe“ *F*, entzieht der Tiefdruckhaltung *E* das Einspritz- und Niederschlagswasser, sowie die demselben beigemengte Luft. *J* ist eine kleine Hülfshaltung (von Watt „Heissbrunnen“ genannt), in die die Luftpumpe ausgiesst; aus ihr fließt die Hauptmasse des Wassers frei durch ein Rohr ab, ein kleiner Theil aber wird durch ein drittes Schaltwerk, die Speisepumpe *K*, abgezogen und zur Brindley'schen Haltung\*) über dem Dampfkessel zurückgeschafft, durchschnittlich in der Menge, in der das Wasser in Dampfform durch *a* zur Maschine gelangt war. *L* ist die Krafthaltung „Schwung-

Fig. 575



rad<sup>a</sup>, das seine Drehung vom Waagbaum (Balken) *a* eingeleitet bekommt, genauer gesprochen geschieht diese Uebertragung durch einen (höheren) Kurbeltrieb  $(C_2^2 P^2) \frac{c}{a}$ , verbunden mit einem zweiten  $(C_1^1) \frac{a}{c}$  Baum, Koppel *M* und Koppel *N*. *O* ist Gestänge zum Schiebertrieb, der aus  $(C_1^1) \frac{a}{c}$  und abermals  $(C_2^2 P^2) \frac{a}{c}$  gebildet ist. In *P* sehen wir als weitere Haltung, und zwar Krafthaltung, den Gangregler (den Watt nicht etwa Regulator, sondern „Halbtrecker“ nannte), der mittelst Kurbeltriebs  $(C_2^2 P^2) \frac{a}{c}$  und  $(C_1^1) \frac{a}{c}$  auf die bei *a* gelegene Einlassklappe, ein ruhendes Fließgesperre, einwirkt, selbst aber durch einen Riemen- und einen Zahnrädertrieb gedreht wird. Die drei Pumpen werden jede durch einen Kurbeltrieb, in dem der Waagbaum des treibende Glied ist, betrieben.

Die Haltung „Dampfkessel“ ist nicht zu zählen. Wir sehen nun, dass das Ganze, als Einheit kinematisch betrachtet, folgende Triebe einschließt: 1 Heisswerk für Dampf als Hauptsache, sodann 7 Haltungen, nämlich 1 für Dampf, 4 für Wasser, 2 für lebendige Kraft, ferner 3 Schaltwerke für

\*) Ueber den Brindley'schen Speiser s. Konstrukteur IV. Aufl. S. 922

*Wasser bezw. Luft, nicht weniger als 9 Kurbeltriebe, und 1 Riemen- und 1 Rädertrieb für den Gangregler. Das sind zusammen genommen 22 Triebe, von denen 20 zu dem ersten Haupttrieb, dem Fludhemmwerk, hinzuzuthun, zu bauen, zu schaffen waren, um die für den Fabrikbetrieb geeignete Umtriebs-Dampfmaschine hinzustellen. Das hatte, von der Erfindung (1688) an gerechnet, nahe drei Menschenalter in Anspruch genommen.*

Diese Aufzählung zeigt wohl deutlicher, als vieles Andere vermöchte, welche geistige Arbeit im achtzehnten Jahrhundert auf die eine Maschine verwandt worden ist. Es war eben das ganze Jahrhundert, was daran arbeitete, nicht bloss einige Hochbegabte, wie das heldenbedürftige Publikum so gerne glaubt. Wohl ragten mehrere besonders Tüchtige, Watt namentlich, weit hervor; aber die mechanischen Köpfe ganz allgemein beschäftigte der noch unentwickelte Hemmwerkbegriff und so fanden sich Helfer ringsum. Den Begriff vom Hemmwerk hatte man aus der schon lange erfundenen Kammerschleuse nicht klar herausgeschieden; dass man aber mit dem Begriff arbeitete, sieht man doch an der Wassersäulenmaschine, die 1730 schon auftauchte, 1750 fertig und betriebsfähig war. Daneben auch gieng das Schaffen und Wirken an den Genauigkeitshemmwerken, den Uhren, einher. Dass diese sich geradezu parallel zur Dampfmaschine entwickelten, ist nicht Zufall, sondern ein Merkzeichen von der lebhaften Gedankenströmung, die damals überhaupt in der Technik im Gange war.

Die vorgeführten Beispiele von Krafthemmwerken mit regelmäßigem Betrieb werden ausreichen, das Grundsätzliche daran ins Licht zu setzen. Es sei nur kurz noch erinnert, dass das letzte Halbjahrhundert uns in den Aether-, Gas-, Petroleummaschinen, Kohlenstaubmaschinen usw. noch eine ganze Schaar von Fludhemmwerken gebracht hat, woraus klar wird, welchen Umfang und welche Bedeutung das Gebiet der Fludhemmwerke gewonnen hat.

#### §. 100

### **Verbundmaschinen, Kurbelkapselwerke**

In den Kraftmaschinen, die durch gasförmiges Fluid betrieben werden, ist es für die Ausnützung des Arbeitsvermögens des Treibfludes von hoher Wichtigkeit, dessen Dehnungsarbeit zu verwerthen. Das Bestreben hierzu wird bei Dampf-, Gas-, Pressluftmaschinen usw. um so entschiedener zur Geltung gebracht,

je höher die Anfangsspannung des Fluides ist. Bei dem „einfachwirkenden“ Dampfhemmwerk, wie es zum Betrieb von Grubenpumpen benutzt wird, leitet man die beim Hubbeginn überschüssige Arbeit in Krafthaltungen, z. B. schwere Massen, die von diesem Ueberschuss beschleunigt werden, aber die aufgenommene lebendige Kraft bis gegen Ende des Hubes wieder abgeben. Gewichtshebel, auch Wasserhebel\*) dienen dabei als Hilfsmittel.

Bei den Umtriebs-Dampfmaschinen, Pressluft- und Gasmotoren aller Art dient in verwandter Weise das Schwungrad, das aber, statt bis zum Hubschluss zum Stillstand zu kommen, bloss an Schnelle etwas einbüsst. Ausgiebiger noch wirkt die Verwendung des Treibfluides in der „Verbundmaschine“\*\*). Eine von dehnbarem Fluid betriebene Verbund-Kraftmaschine besteht aus zwei oder mehr in dieselbe Fluidsäule eingereihten Hemmwerken, deren aufeinander folgende Kolbenräume jeder grösser hergestellt sind, als der vorhergehende. Das Treibfluid gelangt demzufolge schrittweis vom kleinsten bis in den grössten der Kolbenräume und hat schliesslich unter Arbeitsabgabe die der Raumvergrösserung entsprechende Dehnung erfahren. Die Reihe der Verbundsdehnungen bezeichnet sich am einfachsten, wenn man die Zahl der verbundenen Kolbenräume nennt. Stehen zwei

\*) S. Konstrukteur IV. Aufl. S. 872, mit Bochkoltz auch Windkessel.

\*\*\*) Das vom Verf. empfohlene Wort „Verbund“ bezeichnet genau, was mit dem englischen *compound* bezeichnet werden will; es ist in den behördlichen und den höheren technischen Kreisen nunmehr fest angenommen. Das Wort stammt aus dem Mittelalter, wurde aber, den damaligen Regeln des Oberdeutschen gemäss, „Verbunt“ geschrieben (s. Lexer, Mittelhochdeutsches H.-V.-Buch, III, S. 85). Der gelegentlich erhobene Einwand, man müsse „Verband“, nicht „Verbund“ sagen, ist nicht stichhaltig. Beide Begriffe bestehen nebeneinander. Der Verband ist eine losere Verbindung zu gemeinsamen Zwecken, wie beispielsweise auf allgemeinerem Gebiet der Buchhändler-Verband, der Verband D. Architekten- und Ing.-Vereine, bedeutet aber nicht die gegenseitige Abhängigkeit, die im vorliegenden Falle auszudrücken ist. Im Verband oder in „einem“ Verband stehen beispielsweise die Arbeitsmaschinen einer Fabrik, die von einem und demselben Triebwellenstrang betrieben werden. Die praktische Elektrik unterscheidet Einzel-Antrieb und Gruppen-Antrieb von Arbeitsmaschinen; im letzteren stehen die Maschinen im Verband. Dagegen arbeiten die Hefner'schen Lampen in einem Stromkreise im Verbund. Die obigen Kreisseiltriebe, §. 73, sind auch Verbundtriebe; bei ihnen gibt ein und dasselbe Track — an Stelle eines Fluids — an die hintereinander gereihten Rollentriebe Triebkraft ab und kommt entkräftet an der Antriebsstelle wieder an. Auch hier kann Verbund neben Verband vorkommen; so stehen bei der Anlage von Fig. 404, S. 477 zwei Verbundtriebe im Verband.

Dampfzylinder im Verbund, so heisst dann die Maschine eine Zweiverbundmaschine, wenn drei, vier, eine Dreiverbund-, Vierverbundmaschine\*). Die Hemmwerke, die sie bilden, können gleichzeitig noch für sich in „Verband“ stehen, was sich auch noch unschwer ausdrücken lässt. Einige Beispiele seien vorgeführt.

1. *Beispiel.* Fig. 576 (a. f. S.) stellt im Längsschnitt eine, von Denny & Cie in Dunbarton gebaute Schiffsschrauben-Maschine dar. Sie hat vier im Verbund stehende Dampfzylinder, deren Kolben paarweis fest verbunden sind und je auf eine der rechtwinklig versetzten Kurbeln der Schraubenwelle wirken. Die Maschine ist also eine Vierverbund-Zwillingsmaschine. Ein- und Auslasszylinder stehen bei gleichem Kolbenshub in dem Durchmesser-Verhältniss 32 : 92, woraus sich ihr Räumeverhältniss zu 1 : 8,2 ergibt. Es würde also, wenn der Einlasszylinder Volldampf bekäme, etwas über achtfache Dampfdehnung stattfinden. In der gezeichneten Stellung ist aber der Dampfeinlass schon bei halbem Hub geschlossen, was rund 16facher Dehnung entspricht\*\*). Den vier Zylindern entsprechen vier Schieber; zwei davon sind Kolben-, zwei Muschelschieber. Da nun, wie wir von S. 634 wissen, jeder der Schieber hier vier einzelne Ventile in sich verschmolzen enthält, so stellen die vier Schieber 16 Ventile, d. h. also 16 für Fludaufhaltung eingerichtete Sperrer vor. Die Kolbenpaare wirken auf die Welle mit dem Geradschubkurbeltrieb  $(C_3'' P \perp)_c^d$ ; die Welle ihrerseits betreibt die Schieberpaare mit je einem höheren Schubkurbeltrieb, nämlich dem Stephenson'schen Schleifbogengetriebe\*\*\*).

Es verdient hier hervorgehoben zu werden, dass die Schaltwerke zur Luft-Zusammenpressung, die Luftpresser, in den Kolbenräumen die den vorliegenden sehr ähnlich sind, nur anders gesteuert werden, und zwar so, dass die Luft vom atmosphärischen Zustande aus schrittweis zu höherer Spannung gebracht wird; man nennt das Stufenverdichtung. Während bei der Verbund-Dampfmaschine die Wärmeverluste klein gehalten werden, ist man beim Verbund-Luftpresser in der Lage, die beim Pressen

\*) Die Engländer nennen eine Zweiverbundmaschine an sich schon „compound“ und kommen dadurch in die unbequeme Lage, bei mehr als zwei Zylindern zu den Bezeichnungen „Dreifach“-„Vierfach“-Expansion usw. greifen zu müssen; bei Anwendung der obigen Beziehungsweise brauchen wir ihnen hierin nicht zu folgen.

\*\*\*) Hier wird deutlich, dass die englische Benennungsweise, die hier lauten würde „Vierfach-Expansionsmaschine“, eine Angabe in die Benennung hineinzieht, die zwar durch die Zahl 4 etwas anzeigt, aber eine missverständliche Nebenangabe bei sich führt, da nicht vierfach, sondern ungleich stärker, nämlich weit über 16fach „expandirt“ wird.

\*\*\*\*) Dieses und andere Steuerungsgetriebe in kurzem Ueberblick s. Konstrukteur IV. Aufl. S. 948.

Fig. 576 Viererbindmaschine des Dampfes Ramos Aires

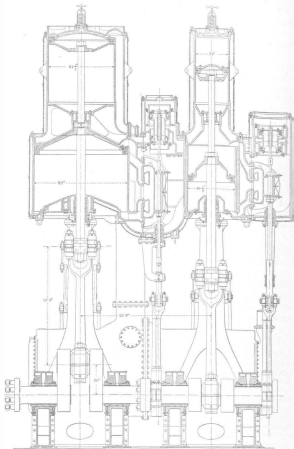
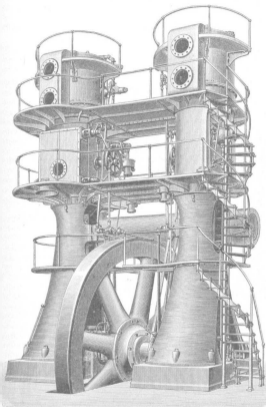


Fig. 577 Gebläsemaschine für eine Bessemer-Anlage



entstehenden Wärmegewinne verwerthen zu sollen, was nicht ganz leicht ist. Sehr häufig treibt man das Luftpresser-Schaltwerk unmittelbar durch das Dampfhemmwerk (vergl. auch S. 184),

nimmt aber dabei gern die oben erwähnte, ausgleichende Wirkung eines Schwungrades zu Hilfe.

2. *Beispiel.* Das ist auch geschehen in dem in Fig. 577\*) (a. v. S.) dargestellten Zweiverbund-Zwillings-Dampfgebläse, erbaut in den ausgezeichneten Werkstätten von Allis & Cie in Milwaukee.

3. *Beispiel.* Eine eigenthümliche Form hat der Amerikaner P. W. Willan\*\*) der Verbunddampfmaschine gegeben, indem er 1) die Steuerungsschieber in das Innere des Stückes, das wir Kolbenstange zu nennen gewohnt sind, also in das Glied  $c$  des Geradschubkurbeltriebes  $(C_3 P_1) \frac{d}{c}$  verlegte und 2) die Kolben, die nun wiederum fest miteinander verbunden sind, einfach wirken liess. Letzteres nöthigt, den Kolbenquerschnitt zu verdoppeln, bringt aber den ansehnlichen Vortheil mit sich, dass die Zapfen nur einseitig gepresst werden und dass demnach kein Spiel in den Lagern entsteht. Dieser Kunstgriff war übrigens schon mehrfach früher angewandt worden. Er gibt zu bedenken, dass bei den Schilderungen von Watts Verdiensten um die Dampfmaschine oftmals wohl zu viel Nachdruck auf die Einführung der „Doppeltwirkung“ gelegt worden ist. Die Dampfzylinder stellt Willan senkrecht übereinander; die Steuerungsschieber, sind also von selbst entlastet, sind auch leicht von oben zu ölen. Alle beweglichen Theile der Kurbel- und Steuerungsgetriebe fallen bei Willan in das Innere, sei es der Cylinder, sei es des Gestelles, das unten ein grosses Oelbad bildet.

Fig. 578 stellt unter  $a$  in senkrechtem Schnitt eine Willan'sche Zweiverbundmaschine dar. Die Koppel oder Pleuelstange 2.3 ist in der Zeichnung weggelassen; das Querhaupt hat Willan als runde Trommel gestaltet. Der den beiden Cylindern gemeinsame, dockenförmig gestaltete Schieber, der gemäß dem Vorausgeschickten vier Sperrer in sich vereinigt, wird von einem Exzenter betrieben, das neben den Kurbelzapfen 2 gesetzt ist\*\*\*). In der gezeichneten Stellung der Maschine tritt bei  $A$  frischer Dampf in das Kolbenrohr und beginnt bei  $B$  in den oberen, kleineren Cylinder überzutreten; die Einwege bei  $B$  öffnen sich rasch. Inzwischen nähert sich der obere Schieberknauf den Oeffnungen bei  $A$  und sperrt sie alsbald, sodass die Dehnungswirkung des Dampfes beginnen kann. Kurz bevor der Kurbelzapfen den inneren Todpunkt 2' erreicht, gelangt der nun aufwärts steigende Schieber mit der Unterkante seines zweiten Knaufes an den unteren Rand der Oeffnungen bei  $B$ , worauf Ausströmung durch die Kanäle  $D$  beginnt, und zwar nach dem Raum unter dem Kolben hin, ganz wie bei der einfachwirkenden Hubmaschine von Fig. 570. Darauf findet in derselben Ordnung

\*) Nach Cassiers Magazine Bd. XI.

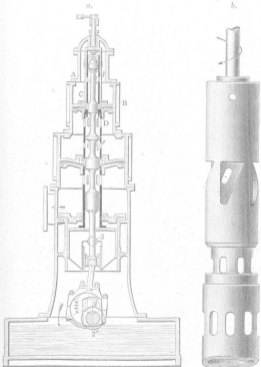
\*\*) Dieser begabte Ingenieur ist schon aus dem Leben geschieden; s. Cassiers Magazine Bd. XV, S. 211, Mittheilung von Svenson, der die beiden Fig. 579 entlehnt sind.

\*\*\*) Das Exzenter ist, gemäß den Darlegungen im ersten Bande, S. 304 ff., ein als „erweitert“ zu bezeichnender Zapfen. Dieser könnte auch auf der Hauptachse 1 sitzen; die „Erweiterung“ fiel aber dann höchst unbequem gross aus.

wie beim oberen Cylinder, Uebergang in den zweiten, grösseren Cylinder statt; nur die Absperrung durch den Schieber fällt weg.

Die Absperrung am oberen Cylinder ist bei Willan's ausreichend dadurch veränderbar gemacht, dass die Oeffnungen des Kolbenschiebers schräge oder

Fig. 578 Willan'sche Verbindmaschine

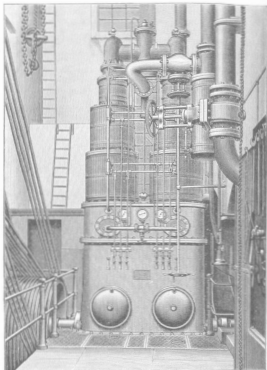


schraubenförmige Unterkasten haben und der Schieber um seine geometrische Achse drehbar ist, s. Fig. b, eine Einrichtung, die von dem Rider'schen Expansionschieber her bekannt ist. Um Willan's Maschine verständlich zu



anzulegen, hat man nur festzustellen, dass die *aus cure* oder *unter* (im Ver-  
 bind arbeitenden Maschinen) nach Art der in Fig. 170 dargestellten unter  
 Fig. 173

Wißner'sche Dreierlund-Zwillingmaschine



Anwendung auf Geradschubtrieb besteht. Gebaut wird sie von der  
 Bullock Mfg. Company in Chicago unter der Bezeichnung „Central-Falce-  
 Engine“ oder Innen-Schieber-Maschine. Auf der Ausstellung in Chicago

1893 diente sie als Zweiverbund-Zwillingsmaschine zum Betrieb von Brush's Stromerzeugern. Jetzt wird sie vorzugsweise in Dreiverbund ausgeführt. Fig. 579 stellt eine ihrer Ausführungen, bestimmt zum Betrieb einer Baumwollspinnerei\*) dar; Leistung 650 PS ind., Kesselspannung 12½ at, minutliche Umlaufzahl 200. An der St. Pancras-Station in London dienen zur Lichtstromerzeugung 11 Willan'sche Dreiverbund-Zwillingsmaschinen von zusammen 1450 PS ind., die nach Versuchen von Prof. Robinson 0,87 kg Kohle auf 1 PS verbrauchen\*\*).

In dem letzten der vorstehenden Beispiele sehen wir den Kurbeltrieb  $(C_3'' P^\perp)_c^d$  mit einer grossen Freiheit und Sicherheit, sowohl hinsichtlich der Kolbenraumbildung als der Ventil- oder Sperrerbewegung behandelt. Die älteren Vorstellungen von Kolbenstange, Stopfbüchse, Schieberstange, oder gar „äusserer und innerer Steuerung“, die, wie wir aus Früherem wissen, tatsächlich nichts Grundlegendes haben, sind soviel wie bei Seite geschoben; bei näherer Betrachtung erweist sich dagegen das wirklich kinematisch Grundsätzliche nirgend verletzt, ein Beweis dafür, wie nothwendig es war und ist, dieses Grundsätzliche herauszuschälen oder herauszuziehen, wie in den früheren Betrachtungen hier geschehen ist. Man hat übrigens in einer Weise, die der soeben beobachteten verwandt und ähnlich ist, schon früher dem Kurbeltrieb in allerlei Gestaltungen andere Formen für die Kolbenraumbildung abzugewinnen versucht. Das ist geschehen in den Einrichtungen, die ich im ersten Bande als „Kurbelkapselwerke“ übersichtlich zusammen zu fassen versucht habe.

Es wurden daselbst einige 60 Kurbelkapselwerke beschrieben und überhaupt etwa 80 derselben besprochen. Ich verweise auf den Abschnitt, möchte aber hier nur Folgendes hervorheben. In dem Atlas zum ersten Bande sind auf den Tafeln IV bis VII in ihren kinematischen Grundzügen dargestellt:

Kapsel- werke:	aus Kurbeltrieb:	bei Bildung von Kolben und Kapsel aus:
8 . . .	$(C_3'' P^\perp)^d$	c, d b, d a, d
6 . . .	$(C_3'' P^\perp)^b$	d, e c, b a, e d, b
18 . . .	$(C_3'' P^\perp)^a$	c, d c, b c, a d, a b, a d, b b, d
1 . . .	$(C_3'' P^\perp)^c$	a, c

\*) Von Thomasson & son in Bolton, England.

\*\*\*) Es sei bemerkt, dass man bei uns dem englischen und amerikanischen Verfahren, die elektrischen Kraftstätten mit vielen kleineren Dampfmaschinen zu treiben, deren Betrieb durch wenige sehr starke Maschinen vorzieht.

<i>Kapsel- werke:</i>	<i>aus Kurbeltrieb:</i>	<i>bei Bildung von Kolben und Kapsel aus:</i>
1 . . .	$(C_2'' P_2^{\perp})^d$	<i>c, d</i>
4 . . .	$(C_2'' P_2^{\perp})^a$	<i>c, d c, a</i>
6 . . .	$(C_4''')^d$	<i>c, d a, d</i>
4 . . .	$(C_4'')^a$	<i>d, a c, a</i>
3 . . .	$(C_3^{\perp} C^{\perp})^d$	<i>b, d</i>
3 . . .	$(C_3^{\perp} C^{\perp})^b$	<i>b, d a, b</i>
6 . . .	$(C_3^{\perp} C^{\perp})^a$	<i>b, d d, a c, a.</i>

Es war vorher, wo es noch keine kinematische Theorie der Kurbelgetriebe gab, ja wo letztere in den einschlägigen Lehrbüchern noch gar nicht als unter sich zusammengehörig erkannt waren, nicht zum Verständniss gelangt, dass es sich in allen diesen Fällen um dieselben vier Glieder handelte, die nach strengem Gesetz zu geschlossenen Ketten zusammentreten; jeder einzelne Fall war wieder etwas Neues, kostete geistige Anstrengungen, oft recht mühsame, und doch war was man fand, was man zu „schaffen“ geglaubt hatte, nur ein Einzelwerth aus der Reihe von Abwandlungen, die wir in den vorstehenden eilf Zeilen in ihren unterscheidenden kinematischen Eigenschaften genau bezeichnen und in Band I ableiten konnten.

Im Anschluss an das Vorhergehende erkennen wir aber noch, dass jedesmal eines der kinematischen Kettenglieder als Flud in die Kette tritt, ausgedrückt durch Hervorhebung des Stückes, das den Kolben vorstellt (vergl. S. 272). In der Mehrzahl der Fälle ist das Flud als Dampf gemeint gewesen oder noch gemeint. Es war das Suchen nach der „rotirenden Dampfmaschine“, was den mächtigen Antrieb gab und zu den Entdeckungen der Kurbelkapselwerke führte. Man glaubte dieser „Maschine“ wunderbare Vortheile zuschreiben zu dürfen. Das Wort „rotirend“, dunkel wie es ist, barg für den Grübelnden, Suchenden, später und sogar bis heute für den Nichtfachmann Werthe, die vermeintlich die grössten Opfer zu lohnen verhiessen. Die Schwierigkeiten, auf die man stiess, namentlich darin, dass man höhere Elementenpaare statt der schlichten Prismenpaarung von Kolben und Cylinder dicht schliessend herzustellen hatte, schreckte auch urtheilsfähige Techniker nicht zurück; auch sie hatten sich von der Jagd nach dem Schattenbild „Rotirend“ befangen lassen und führten z. B. die Maschinen aus konischem Kurbeltrieb

( $C_3^L$   $C^L$ ) scharfsinnig und glänzend aus\*). Immer war auch dann der erhoffte Ueberschuss null, wenn nicht negativ.

Von dem durch unsre Untersuchungen gewonnenen Standpunkt erklärt sich aber der merkwürdige Eifer dahin: Man war bestrebt, die Dampfmaschine als Laufwerk statt als Hemmwerk herauszubringen. Das ist der Schlüssel. Man wollte die ausgezeichneten Eigenschaften, die die Wasserräder und Turbinen in ihrem stetigen Wirken besitzen, auf die Dampfmaschine übertragen. Was man aber erzielte, mit allen Anstrengungen, war immer wieder ein Hemmwerk mit seiner Steuerung, d. i. seinen Sperrklinken. Denn immer brauchte man Räume, die sich bei statischem, innerem Fludruck vergrößerten, ohne Flud entschlüpfen zu lassen, und sich dann wieder beim Auslassen des Fluds verkleinerten. Dazu boten sich die Kurbeltriebe in vielen Formen an, aber befreiten nicht von der Nothwendigkeit, den Fludstrom absetzend, also unstetig wirken zu lassen, demnach ein Hemmwerk zu verwirklichen. Einiges Brauchbare kam heraus, namentlich für die Fludschaltwerke, d. i. Pumpen, sehr wenig aber für die Hemmwerke. Denn wenn man z. B. die beiden von Fig. 580\*\*) (a. f. S.) anführen wollte, die sich für einzelne Zwecke erhalten haben, so erkennen wir sofort in ihnen die alten, nur auf ein anderes Glied gestellten Hemmwerke. Die so gebildeten Maschinen sind ebensoviel und wenig „rotirend“ wie die gewöhnliche Kurbeldampfmaschine, in der doch auch ein umlaufendes Glied, die Kurbelwelle nebst Kurbel und Rad, vorkommt; ich nannte Maschinen dieser Art deshalb Drehmaschinen\*\*\*) gegenüber den Hubmaschinen wie die in Fig. 570.

Man könnte an die Kapselräder denken, die ja reine Drehbewegung haben. Sie eignen sich allenfalls für Betrieb durch Wasser, nicht aber für Dampfbetrieb, da sie dem Dampfe seine Dehnungsarbeit nicht zu entziehen vermögen. So bleibt denn für den statischen Betrieb durch Dampf nur das Hemmwerk, d. i.

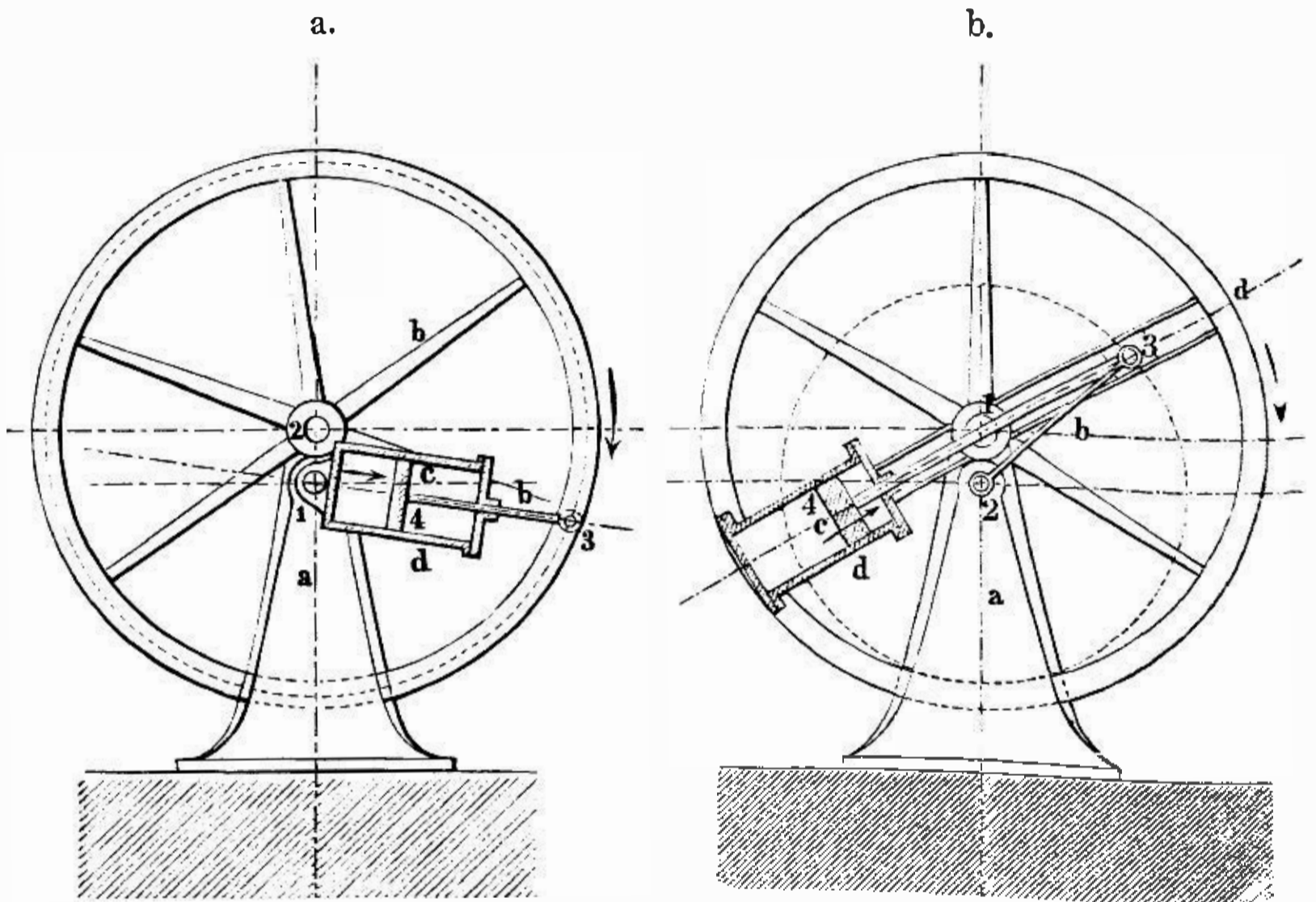
\*) So z. B. die Bishop'sche „Scheibenmaschine“, die längere Zeit hindurch die Times-Schnellpressen trieb, s. Johnson, Imperial Cyclopaedia, London 1856, Steam engine, p. 19, Tafel XII bis XIV.

\*\*) S. Bd. I, S. 359, die unter a von Ward, von Schneider, von Mouline, die unter b von Morey und von Schneider angegeben.

\*\*\*) Die Engländer unterscheiden *rotary* und *rotative*, ersteres für reine blosse Drehung, letzteres für Drehung neben anderen Bewegungen gebrauchend.

die aus Papins Erfindung heraufentwickelte Kolbendampfmaschine übrig. Wird sie als Drehungsmaschine gebraucht, so tritt uns die Beigabe des Schwungrades, die wir schon oben als wichtig erkannten, begrifflich noch bestimmter entgegen. Zu Laufwerken lassen sich die Kurbelkapselwerke, zu denen ja der gewöhnliche Kurbel-Dampfmaschinenbetrieb gehört, nicht gestalten. Durch das Schwungrad aber macht man die, der Kurbelwelle

Fig. 580



vom Hemmwerke ertheilte Drehbewegung so ähnlich der eines Laufwerktriebes, dass sie ganz befriedigend statt einer Laufwerk-  
bewegung gebraucht werden kann. Damit ist das Endziel der  
Suche nach dem unmöglichen statischen Dampf-  
laufwerk aus Kurbel-  
trieb erreicht.

Es sei noch darauf hingewiesen, dass die Krafthaltung, als  
welche das Schwungrad hier auftritt, bei den grossen amerikanischen  
Flussdampfern durch das schwere Ruderräderpaar geliefert wird  
(vergl. S. 345). Bei den europäischen Raddampfern sind die  
Räder in der Regel kleiner, also leichter; um dennoch ohne be-  
sonderes Schwungrad auszukommen, baut man dabei die Dampf-  
maschine als Zwilling mit Viertelkreisversetzung der Kurbeln.  
Bei den grösseren Schraubendampfern wendet man gern Drillings-

maschinen an, weil die Triebschraube im Verhältniss zur Maschinenstärke noch weit leichter ist als vorhin, glücklicherweise auch eine hohe Umlaufzahl erhalten muss, sodass auch hier kein getrenntes Schwungrad nöthig wird\*). Bei den Lokomotiven bildet die Masse der Lokomotive selbst die Krafthaltung, die die Drehbewegung der (Zwillings-)Kurbeln der Gleichförmigkeit der Laufwerkbewegung sehr annähert.

Beim Otto'schen Gasmotor und seinen Nachfolgern, von denen man sagt, dass sie im „Viertakt“ arbeiten, geht die Aufgabe des Schwungrades noch weiter, indem bei ihr stets nur in der dritten Halbdrehung der Kurbel Triebkraft zugeführt wird. Diese Maschine vereinigt in sich Schaltwerk und Hemmwerk. Während der einen ganzen Kurbeldrehung ist sie Schaltwerk, das ein Gemenge von Gasen und Luft ansaugt und dann zusammendringt. Darauf wird die Maschine Hemmwerk, indem nun das Gemisch, nachdem es als Gasspannwerk ausgelöst, d. i. entzündet worden ist, den Kolben treibt; bei der vierten Halbdrehung wird ausgepufft. Während dreier Halbdrehungen der Kurbel hat das Schwungrad als Krafthaltung Arbeit herzugeben, die es während einer von vier Halbdrehungen überschüssig zugeheilt bekommen hatte\*\*). Das bessert sich, wenn man, wie bei grösserem Kraftbedarf geschieht, die Maschine als Zwillings baut. Hier sei noch hervorgehoben, dass die Gaskraftmaschine in dem Gasbehälter der städtischen Beleuchtung ihre thätige Haltung findet, die dem Dampfkessel entspricht, die Petrolmaschinen und die Diesel'sche Maschine wie die ihr verwandte von Donát Banki in Pest\*\*\*), ob mit Petrol oder mit Kohlenstaub betrieben, dagegen nicht (vergl. S. 368), was denn die Möglichkeit geboten hat, die Kraftstrassenwagen mit Treibmaschinen von so geringer Ausdehnung zu versehen, dass deren praktischer Betrieb überhaupt angängig werden konnte. Das darf uns daran erinnern, welch

---

\*) Nützlich würde dasselbe für die grossen Postdampfer immerhin sein, um bei stürmischer See das Durchgehen der Maschine bei hoch auftauchender Schraube zu mässigen.

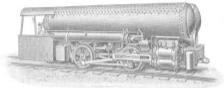
\*\*\*) Anfänglich hatte Otto eine besondere Pumpe zum Gaspressen neben den Kraftcylinder gelegt, also Schaltwerk und Hemmwerk deutlich aus einander gehalten. Das Schlagwort „Viertakt“ hat die Gangart der Maschine weit weniger klar gemacht, als man meist annimmt.

\*\*\*\*) Beides Maschinen, die, ähnlich der kalorischen, innere Verbrennung ohne Explosion oder, wie man es nennen könnte, Innenbrand haben. Auch hier ist eine Stelle, wo eine frische Entwicklung ansetzt.

ein anderer Schritt es einst war, die Haltung Dampfessel auf den Kraftschienenwagen, genannt Lokomotive, zu setzen.

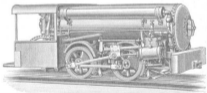
Auch bei den neueren Pressluft-Lokomotiven, von denen Fig. 581 eine für Strassen- und Hochbahnbetrieb, Fig. 582 eine solche für Grubenbahnbetrieb, ober- wie unterirdischen darstellt,

Fig. 581 Pressluft-Lokomotive für Strassenbahnen



wird die Haltung mitgeführt, das Fahrzeug also selbständig gemacht. Die Pressluft wird mitgeführt in langen Mannesmannröhren unter 200 at Spannung. Man bemerkt an der ersteren Maschine, dass sie auf Zweiverbund eingerichtet, somit wegen der

Fig. 582 Pressluft-Lokomotive für Grubenbahnen



Gleichzeitigkeit des Baues eine Zweiverbund-Zwillingsmaschine ist<sup>\*)</sup>. Bei mehreren französischen Pressluft-Lokomotiv-Betrieben liegt eine Rohrleitung für die Pressluft unter dem Geleis, die auf den Stationen Luft nachliefert, entnommen aus Haltungen an den Endstationen.

<sup>\*)</sup> Die dargestellte Strassenbahnmaschine wird geliefert von Darohn, Williams & Co in Philadelphia, die Grubenbahnmaschine von H. K. Porter & Co in Pittsburgh. Auf zwei Querlinien in Newyork laufen die Hardöschens Pressluftwagen

Angesichts der reichen Entwicklung des für Drehungsbetrieb benutzten Hemmwerkes für gasförmige Fluide kann hier die Frage kaum umgangen werden, welche Stellung denn den neuen Versuchen und bereits gelungenen Ausführungen der Dampfturbinen und Dampfäder in der kinematischen Theorie zukommt. Diese Frage drängt sich auf, da doch, wie wir oben, S. 502 bis 504 gesehen haben, die Dampfbenutzung in den genannten Maschinen so weit von derjenigen in der gebräuchlichen Dampfmaschine verschieden ist. Die Antwort können wir aber nach dem Vorausgeschickten dahin geben: dass diese neueren Dampfmaschinen dynamisch wirkende Dampf Laufwerke sind. Der Unterschied zwischen Hemmwerk und Laufwerk als treibender Maschine tritt hier so stark hervor, wie an kaum einem anderen Punkte. Es wurde oben stets hervorgehoben, dass die Hemmwerk-Dampfmaschinen „statisch“ wirken, durch Pressungen in raumerfüllenden Fluiden, Pressungen, die allseitig wirken, aber einseitig verwerthet werden. Statisch wirkende Laufwerke haben wir ebenfalls vorgefunden in den Kapselräderwerken; sie erwiesen sich indessen als nicht für Dampfbetrieb geeignet, da sie die Dehnkraft des Dampfes nicht auszunützen gestatteten. Unter diesen Umständen sind die schon alten Versuche, den Dampf im dynamisch arbeitenden Laufwerk wirken zu lassen, wieder aufgenommen worden. Man liess sie früher immer wieder fallen wegen der ungeheuren Strömungsschnelle, die man dem Dampf geben oder belassen musste, wenn man ihn so arbeiten lassen wollte. Die Schwierigkeit hat man in den angeführten Beispielen überwunden. Laval that das in seinem Dampf-„Rad“ durch geschickte Anbringung von Räderübersetzungen, Parsons in seiner Dampf-„Turbine“ durch vielstufiges Herabsetzen der Dampfspannung. Bei Parsons wirkt der Dampf durch Prall im Zwischenschraubentrieb, vergl. S. 398, indem er zuerst durch schraubenförmige, feststehende Kanäle in Schraubenbewegung geleitet und darauf in andern schraubenförmigen, am Laufrad angebrachten, von ihm gefüllten Kanälen als Strahl zum Wirken gebracht wird. Bei Laval wirkt der Dampf dadurch, dass er durch gekrümmte Schaufelflächen am Laufrad in dünner Schicht aus seiner Richtung gelenkt wird, was nur unter Druck möglich ist, vergl. S. 496. Der weiteren Entwicklung dieser beiden, wesentlich von einander verschiedenen Maschinen haben wir entgegen zu sehen. Hier haben wir das Eine erreicht, dass wir bestimmt und einfach die Unter-



scheidung feststellen konnten, die zwischen diesen beiden reinen Drehmaschinen und der Kolbendampfmaschine zu machen ist\*).

## §. 101

### Stellhemmwerke

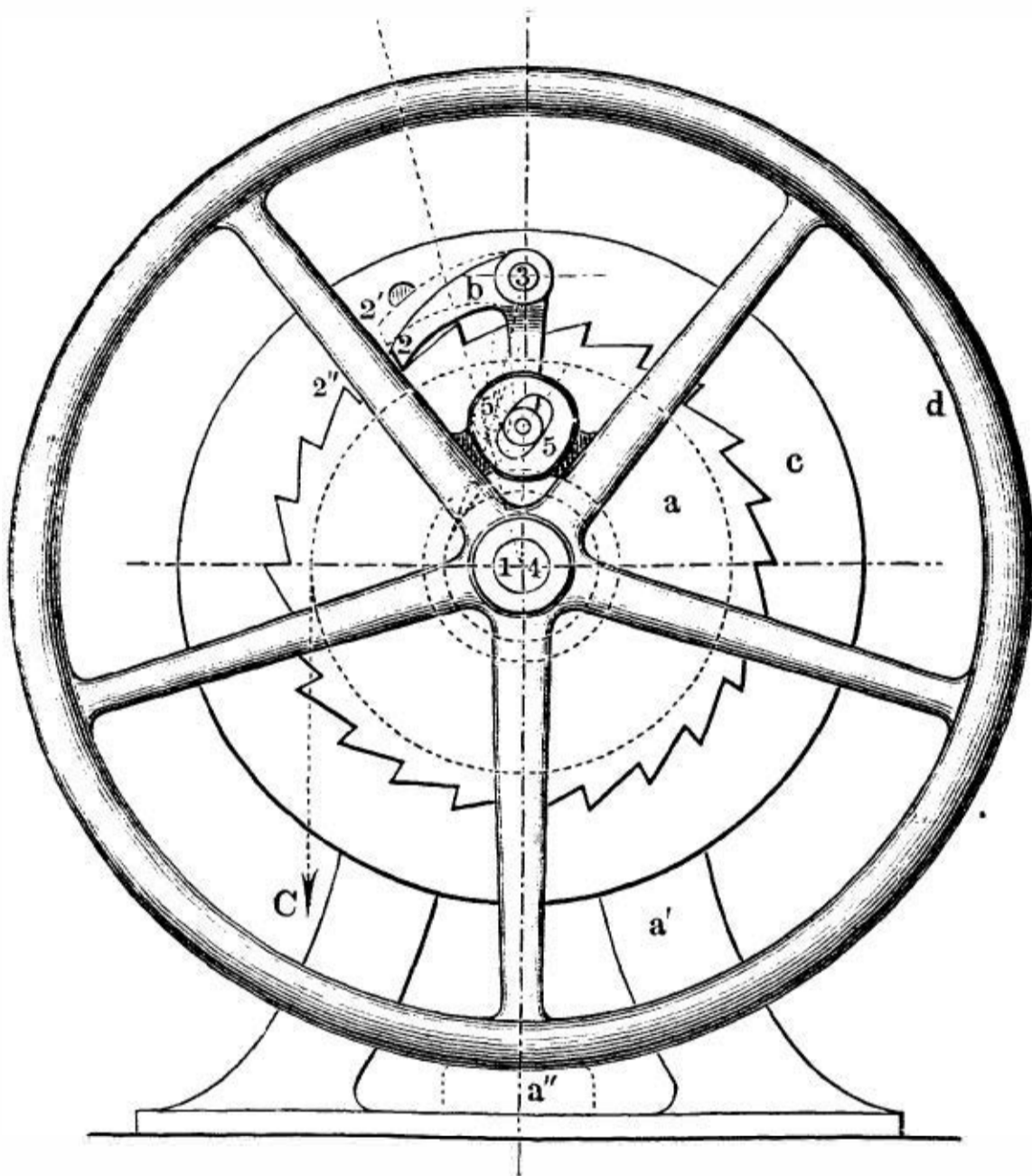
Richtet man ein Hemmwerk so ein, dass das eben gelöste Stück durch seine beginnende Bewegung das Gesperre wieder alsbald schliesst, so entsteht das, was eine Stellhemmung genannt werden kann, weil die Hemmweite abhängig ist von der Grösse der Verstellung des auslösenden Maschinentheils. Eine leicht verständliche, vom Verfasser angegebene Stellhemmung zeigt Fig. 583.  $abc$  laufendes Zahngesperre auf  $a$  gestellt,  $d$  Steller der Sperrklinke, um die Achse 1 des feststehenden Sperrrades drehbar; der Steg  $c$  oder 1.3 (man vergl. Fig. 490) ist radförmig aus-

---

\*) Die S. 503 erwähnten Mittheilungen über die Parsonsturbinen sind durch einen soeben (Juliheft 1899 von *Cassiers Magazine* S. 191) erschienenen Bericht von Parsons selbst wesentlich vervollständigt worden. Eine *Parsons Marine Steam Turbine Company* mit dem Sitz in *Wallsend on Tyne* (England) ist gebildet worden und betreibt bereits vollauf ihre Werkstätten. Zwei Torpedojäger von je 12000 PS sind daseibst im Bau; sie sollen vertragsmässig 35 Knoten Fahrt haben. Bemerkenswerth ist das geringe Gewicht der Maschine. Auf die Tonne des Gewichtes der Maschinen, Kessel und Zwischentheile entfallen 75 PS gegenüber 48 PS bei den bisherigen Maschinen. Zwei Kanaldampfer werden jetzt auf dem Werk gebaut, der kleinere von 816, der grössere von 1300 Tonnen Verdrängung. Der letztere bekommt 50000 PS mit und soll 38 Knoten laufen, d. h. die Fahrt von Calais nach Dover in  $\frac{1}{2}$  Stunde zurücklegen. Beide Schiffe erhalten 4 Schraubenwellen, jede mit 2 Triebsschrauben (statt 3 wie bei Turbinia). Jedesmal arbeiten je 2 Turbinen im Zweiverbund und 1 einzeln auf Backbord und auf Steuerbord, im Ganzen also 6 Turbinen auf jedem Schiff. Auf der Turbinia hatte die Luftpumpe alten Stils durch ihr Klappern noch sehr gestört; sie ist jetzt auch durch eine Schraubenpumpe ersetzt. Interessant ist, was Parsons über die Studien an der kleinen Turbinia erzählt. Bei dieser wollten die Dinge anfangs gar nicht recht gehen, und zwar wegen der Triebsschrauben. Diese wirkten schlecht und brauchten doch viel Kraft, bis man fand, dass sich hinter den Schrauben leere Räume — Wasserdrusen können wir sie nennen — bildeten, in die eine heftige Dampfbildung aus dem Wasser hineinschoss, was eine bedeutende mechanische Arbeit verschlang. Durch Abänderung in der Form und der Anordnung der Schrauben wurde die Drusung (von Froude *Cavitation* genannt) endlich glücklich beseitigt, worauf der gute Betrieb eintrat. — Der erwähnte Aufsatz führt auch Abbildungen der elektrischen Hauptanlage von Newcastle-on-Tyne vor, die ganz mit Parsons-Turbinen betrieben werden; für Stromerzeuger wirken nach Angabe von Parsons jetzt von seinen Turbinen über 60 000 PS.

gebildet und wird durch ein Gewicht  $C$  im Sinne der Sperrkraft, d. h. in dem Sinne der Drehung, die durch die Sperrung verhindert wird, getrieben. Die Auslösung der Sperrklinke durch den Steller  $d$  geschieht mittelst des schrägen Schlitzes bei  $\bar{a}$ , sobald  $d$  links gedreht wird. Geschieht die Drehung von  $d$  nur so

Fig. 583 Stellhemmung



weit, dass die Klinke  $b$  eben ausgerückt wird, so nimmt das in Bewegung kommende Stück  $c$  die Klinkenachse 3 mit, während der Zapfen des Klinkenfortsatzes bei  $\bar{5}$  verhindert wird, die Drehung mitzumachen, und führt somit die Klinkenspitze  $2'$  wieder in den Eingriff in der nächsten Lücke bei  $2''$ ; d. i. es hat Hemmung nach einer Theilung stattgefunden. Dreht man aber den Steller  $d$  um zwei, drei, vier Theilungsbogen, so wird  $C$  nach Durchlaufung von zwei, drei, vier Theilungen gehemmt. Damit an dem Stellhemmungsmodell\*) der Steller nach vollzogener

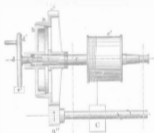
\*) Das Modell ist sehr nützlich, zumal zu beobachten ist, dass wegen der bestehenden geringen Schulung in der Relativbewegung der Vorgang meist verfolgt und wiederholt werden muss, um vom Hörer verstanden zu werden.

Ansrückung nicht unsicher steht, kann bei  $a''$  eine Bremse angebracht werden. Die Stellhemmwerke spielen im neueren Maschinenwesen eine an Bedeutung stets zunehmende Rolle.

Leicht werden mit Reibungsgesperrn sowie mit Fludgesperrn Stellhemmungen gebildet. Bildet man mittelst einer Reibungskupplung einen stets belasteten Aufzug, so erzielt man bei demselben selbstthätige Bremsung.

1. Beispiel. Fig. 384 stellt schematisch einen nach des Verfassers Angaben eingerichteten Aufzug dar, angewandt als Sechsantrieb am der Kölner Schiffbrücke.  $a$  halbkugeliges Reibungsgesperrrad, äusserlich mit Stirnräderzahnung  $a'$  versehen und durch das während der Rückwärtsbewegung durch  $a''$  einer Kraftmaschine angetriebenen Trieb  $a''$  im Sinne der Aufwickelung des Lastseiles erhalten. Die Trommel  $c$  ist auf der Welle  $e$  unveränderlich befestigt, das Rad  $a$  dagegen drehbar auf  $e$  aufgesetzt.  $a$  wird aber an  $c$  gekoppelt, wenn Vollkegel  $b$ , der auf  $c$  verschiebbar aufgesetzt ist, in den Hohlkegel genügend eingepresst wird (vergl. S. 374). Dies geschieht mittelst einer Zwischenstange  $d$  und des Stellers  $d'$ . Die

Fig. 384. Stellhemmung



enden gleichsinnige, aber um  $1$  um verschiebte Stellungen und pressen an, wenn der Steller  $d'$  in dem Sinne, gestrichelt, in dem sich die Trommel  $c$  beim Aufwickeln bewegt. Wird die Kupplung  $ba$  durch Vorwärtsdrehen  $a''$  geschlossen, so findet Aufwickeln statt. Wird der Steller  $d'$  nur festgehalten, so bleibt  $c$  stehen trotz dem Zuge am Seil, da die beginnende Ablaufbewegung stets  $b$  und  $a$  selbstthätig genau so fest an einander presst, dass die zwischen beiden entstehende Reibung genügt, der Zuglast das Gleichgewicht zu halten. Wird  $d'$  rückwärts gedreht, so bewegt die Zugkraft von  $C$  nach  $c$  rückwärts und zwar unter stetiger Bremsung von  $ba$ , welche Bremsung immer ohne weiteres Zutun die richtige Grösse erhält.  $a''$  wird auf der Kölner Brücke durch einen Gasmotor angetrieben; der Brückenwärtler findet den Aufzug so bequem, dass er, am Geländer stehend, mit einer Holzstange den Steller leitet ohne hinzusetzen.

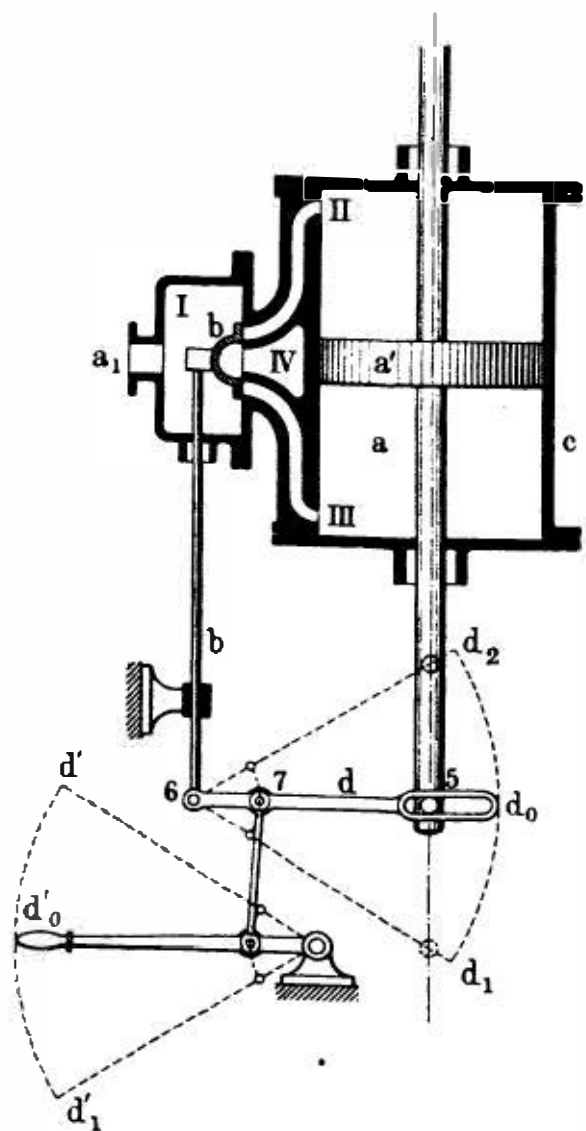
2. Beispiel. Eine Stellhemmung aus Fludgesperre veranschaulicht Fig. 385  $a$   $b$   $c$  ruhendes, doppelwirkendes, d. h. vor- wie rückwärts wirkendes Gesperre für das Fluid  $a$ , das bei  $a$ , aus genügend hoher Druckhöhe zugeführt wird.  $b$  Schieber, der, wie man nicht vergessen darf, aus vier streifenförmigen Sperrern

2. Beispiel. Eine Stellhemmung aus Fludgesperre veranschaulicht Fig. 385  $a$   $b$   $c$  ruhendes, doppelwirkendes, d. h. vor- wie rückwärts wirkendes Gesperre für das Fluid  $a$ , das bei  $a$ , aus genügend hoher Druckhöhe zugeführt wird.  $b$  Schieber, der, wie man nicht vergessen darf, aus vier streifenförmigen Sperrern

der Ventilen besteht. Wird der Schieber gehoben, was mittelst des Stellers  $d'$  geschieht, so hebt das Fluid  $a$  auch den Kolben  $a'$ , senkt aber dadurch auch sofort wieder den Schieber mittelst des Gestänges  $db$ , indem das Stellgestänge bei 7 zwischen den Angriffspunkten 5 und 6 des Kolbens und des Schiebers den Schieberlenker  $d$  angreift. Das ist derselbe Vorgang des Wiederschliessens des Zahngesperres in Fig. 583 durch das in Gang kommende Glied  $c$ . Abwärtsbewegung des Stellers bewirkt auch Abwärtsgang des Kolbens. Letzterer vermag dabei jeden, den Ueberdruck der Obersäule nicht übersteigenden Widerstand zu überwinden, während andererseits das Bewegen des Stellers nur ganz geringe Kraft erfordert, da sich ihm wesentlich nur Reibungen entgegensetzen.

Diese Leichtigkeit des Stellens, dem die Ueberwindung grosser Widerstände sich unmittelbar anschliesst, macht die Stellhemmung für einzelne Zwecke ganz besonders werthvoll. Unter anderem für die Gangregler, die zwar empfindlich für Wechsel ihrer Umlaufschnelle sind, aber dabei nur kleine Arbeitsvermögen hergeben. Hier passt denn die Stellhemmung ausgezeichnet. Ein mit Dampf-Stellhemmung arbeitender Gangregler ist der von Guhrauer und Wagner\*). Die Maschinenpraxis hat die vorzügliche Verbindung von Gangregler und Stellhemmung noch auffallend wenig gewürdigt. Ganz anders ist sie an einer zweiten Stelle verfahren, wo ebenfalls die Stellhemmung vorzügliche Dienste leistet, das ist bei den Steuermaschinen der Seedampfer und grossen Flussdampfer. Für letztere hat Sickles schon 1860 eine sehr brauchbare Stellhemmung gebaut\*\*). Später ist sie dann in einer ganzen Reihe von Formen auf die Dampfer gebracht worden, wo nun

Fig. 585 Stellhemmung

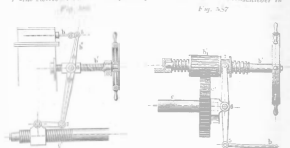


\*) Gebaut bei Ganz & Cie in Budapest, s. Abbildung Konstrukteur IV. Aufl. S. 960. Zwei vom Verfasser angegebene Gangregler mit Stellhemmung s. Civ.-Ingenieur 1879 und 1880, Rittershaus, Ueber Kraftvermittler. Einen Farcot'schen Gangregler mit Stellhemmung s. Oppermann, Portefeuille écon. 1874 p. 113.

\*\*\*) S. Konstrukteur IV. Aufl. S. 961; die Maschine war zwar dürftig ausgeführt, aber gut gangbar, auf der Weltausstellung in London 1862 zur Schau gestellt.

mittels eines leichten hölzernen Spillenrädchens ein einziger Mann das schwerste Steuer handhabt<sup>\*)</sup>. Zwei Beispiele seien angeführt.

3. Beispiel. *Steuermaschine von Th. Britton, Fig. 366\*\*).* Der Steiler ist eine mittelst Handrädchens untreibbare Schraube  $b'$ , die bei 6 auf den Hebel  $b''$  und dadurch auf den Stellchieber  $b$  wirkt, während bei 7 eine zweite Schraube  $c'$  ebenfalls auf  $b''$  einwirkt und den Stellchieber in



die Schlusslage zurückführt. Die Welle  $c'$  wird von einer Zuhilfungsmaschine angetrieben, und zwar rechts- oder linksan, je nachdem der Einlasschieber  $b$  vor- oder zurückgestellt wird; sie trägt auf sich eine Muldentrommel, die mittelst einer starken Schakenkette auf eine Viertelstrommel wirkt, die auf dem Ruderherzen (Achse des Ruders) befestigt ist. Hier ist also eine Drehmaschine zwischen Stellchieber und Widerstandstrommel eingeschaltet. Diese Einschaltung hat häufig stattgefunden<sup>\*\*\*)</sup>.

4. Beispiel. Fig. 367, *Stellhemmung von Douglas und Coulson†)*, ebenfalls auf die Steuerung einer kleinen Zuhilfungs- oder Dampfmaschine wirkend. Hier sind die Stellbewegungen auf weniger Theile zusammen gedrängt, als im vorigen Falle. Wenn die Stellerschraube  $V$  ihre „Mutter“  $b_1'$  verschoben und damit den ganz ähnlich wie vorher wirkenden Stellchieber  $b$  aus seiner Mittelage geführt hat, treibt die in Gang gekommene Muldentrommelachse  $c$  mittelst Sturzwades  $c'$  die als Merkhöringrad verzahnte Mutter  $b_1'$  wieder zurück, ganz wie Kolben  $u'$  den Schieber  $b$  in ersten Hergang.

Bei den gewaltigen Schiffsmaschinen, die die letzten Jahrzehnte haben entstehen sehen, bedient man sich der Dampfstell-

\*) Eine Reihe von Bauarten v. Konstrukteur a. a. O.

\*\*) S. Revue industrielle 1884, p. 435.

\*\*\*) Eine Stellhemmung für Hochdruckwasser aus einem Druckhalter, ebenfalls für Steuerruderbetrieb, v. Konstrukteur a. a. O.

†) S. Engineering 1882 April, p. 281.

werke auch zum Einstellen der Stephenson'schen und ähnlichen Schleifbogen. Die bedeutende Kraft, die dazu erforderlich ist, wird durch einen Dampfkolben wie der in Fig. 585 ausgeübt, wenn die Hand des Maschinisten nur dessen Stellhebel *d'* vor- und zurückführt, was leicht und sicher ausführbar ist; damit ist die so wichtige Möglichkeit gegeben, die ungeheure Maschine den Befehligungen, die von der Kommandobrücke her erschallen, entsprechend arbeiten zu lassen. Auf der Lokomotive wird derselbe Schleifbogen noch allermeistens mit der Hand verstellt; jedoch hat man bei schweren Maschinen sich schon genöthigt gesehen, zur Erleichterung einen Schraubetrieb einzuschalten; vielleicht findet aber künftig auch hier die viel leichter gehende Dampfstellhemmung Verwendung. Dass man auf Turbinenschützen die Wasserdruck-Stellhemmungen, die sich da so natürlich bieten, noch nicht angewandt hat, zeigt wohl an, dass man deren Werth an diesen Stellen noch nicht erkannt hat.

## §. 102

**Ordnungsverhältniss der Triebe**

Die gegenseitige Wirkung der in einem Maschinenwerk vereinigten und zugleich im Gang befindlichen Treibwerke hat sich in dem bis hierhin Behandelten mehrfach und verschiedentlich gezeigt; die Abhängigkeit der Triebe von einander ist bald grösser, bald geringer, bald inniger, bald loser. Ich nenne die in diesen Hinsichten betrachtete Verbindungsweise die Ordnung der Treibwerke. Drei Arten der Ordnung lassen sich unterscheiden.

a) Nebenordnung. Diese Ordnungsweise ist am meisten im Fabrikenbetrieb angewandt. Sie findet statt, wo Arbeitsmaschinen mancherlei oder auch gleicher Art von einem und demselben Triebwerk aus betrieben werden. Man kann die einzelnen dieser neben einander geordneten Maschinen, die von dem Triebwerk ihre Umtriebskraft zugeführt bekommen, aus- und einrücken, ohne den Gang der andern zu stören oder zu beeinflussen, Gangregelung vorausgesetzt. Auch Kraftmaschinen, die auf ein und dasselbe Triebwerk zu wirken haben, ordnet man gelegentlich neben einander, auch ausrückbar, wobei man sich dann der sog. Kraftmaschinenkupplungen\*) bedient. Neben-

---

\*) S. Konstrukteur IV. Aufl. S. 402 ff.

ordnung liegt auch vor in mehrseiligen und -spurigen, Hanf- oder Drahtseiltrieben, auch bei dem Eisenbahnzug, der von zwei hinter einander gespannten Lokomotiven gezogen wird.

b) **Unterordnung.** Diese ist das strengste gegenseitige Verhältniss verbundener Treibwerke. Sie findet statt, wenn von aneinander gereihten Triebwerken jedes auf das nächstfolgende wirkt, dessen Bewegungen mit bestimmt. Je nachdem zwei, drei, vier,  $n$  Treibwerke in einer Maschine unter einander geordnet sind, nenne ich das Ganze ein Treibwerk zweiter, dritter, vierter,  $n$ ter Ordnung. Von dieser Bezeichnungsweise konnten wir namentlich da wichtigen Gebrauch machen, wo sich Triebe gleicher Art unter einander geordnet fanden, wie bei den Schaltwerken, Hemmwerken u. dergl., auch bei zusammengesetzten Räderwerken usw. Unterordnung zeigte sich auch in der von uns analysirten Wattischen Dampfmaschine, aus deren Treibwerkfolge kein Trieb heraus genommen werden konnte, ohne die Gangbarkeit des Ganzen mehr oder weniger stark zu beeinflussen.

c) **Beiordnung.** Hierunter lässt sich eine Verbindung von Treibwerken verstehen, bei der der einzelne Trieb den andern zwar beeinflusst, aber nicht nothwendig zur Erhaltung des Ganges dient. Ein Beispiel liefert der Kreisseiltrieb (s. §. 73). Von den einzelnen Treibrollen desselben können unter Umständen mehrere leer laufen, d. i. in blosse Leitrollen übergehen; werden sie aber mit Widerstand beladen, so beeinflussen sie den ganzen Trieb durch Aenderung der Anspannung aller Seiltrumme: sie wirken also zu Zeiten ein und wieder zu andern Zeiten nicht ein, ohne dadurch den Betrieb zu stören.

Beiordnung ist auch in der Verbund-Dampfmaschine zu erblicken, indem wir in ihr jedes einzelne Hemmwerk als einzelnen „Trieb“ aufzufassen haben. Eine Vierverbundmaschine kann man unter dieser Voraussetzung als ein Hemmwerk vierter Ordnung bezeichnen, hat aber dabei ergänzend hinzuzudenken: Beiordnung.

### §. 103

## Die Vielheit der Triebarten

Hiermit haben wir die Ueberschau der „Treibung“, oder näher ausgedrückt, der sechs Triebgattungen, aus denen wir alle Maschinen zusammengefasst fanden, oder in die man alle Maschinen zerlegen kann — Schrauben-, Kurbel-, Räder-, Rollen-, Kurven-,

Sperrtrieb- — beendigt. Unsre Untersuchung hat reiche Ergebnisse geliefert, indem sie die mannigfaltigsten Beispiele von dieser Zerlegbarkeit beibrachte. Bemerkenswerth ist vor allem, dass die Anwendungen der einzelnen Getriebegattungen oder Triebe so ungemein zahlreich sind, und sodann, dass solche aus den allerverschiedensten Gebieten anzuführen waren. Zehn, zwanzig, Hunderte, ja Tausende von Anwendungen von Trieben, die im Grunde genommen sich auf einfache Hauptgedanken zurückführen liessen, konnten in Beispielen angeführt werden. Die Kinematik bringt dadurch ganz ausserordentliche Vereinfachungen für das eigentliche Verständniss der Maschinen mit sich. Merkwürdigerweise schreibt ihr bei uns ein grundloses Vorurtheil gerade die gegentheilige Eigenschaft zu.

Hervorzuheben ist hier nochmals, dass bei unsrer Zerlegung der Begriff „Kraftmaschine“ viel von seiner früheren theoretischen Schärfe verloren hat. Das was wir so zu nennen gewohnt sind, ist eine Maschine, deren treibendes Kettenglied irgendwoher sein Arbeitsvermögen erlangt hat, sei es von der Natur wie beim Bergwasser, sei es von einer künstlich angelegten Einrichtung wie beim Londoner Kraftwasserwerk (S. 541) oder beim Presslufttrieb, oder beim elektrischen Trieb, oder noch viel einfacher, beispielsweise im Kreisseiltrieb; denn auch in diesem steht die getriebene Scheibe zu dem von Rolle zu Rolle gehenden Seil in demselben Verhältniss, wie die Turbine zum Wasserstrang. Die Vorliebe, mit der in der Maschinenpraxis die Bezeichnung „Motor“ gebraucht wird, die ganz einfach „Treiber“ bedeutet, und bei der man nicht fragt, ob dieser Treiber sein Arbeitsvermögen von der Natur oder von der Kunst erhalten hat, spricht dafür, dass die frühere Strenge bezüglich „Kraftmaschine“ auch in der Praxis nicht mehr empfunden wird.

Alle Gebiete der Kraftentnahme aus der Natur kamen übrigens in unsren Beispielen in Betracht; dabei zeigte sich, dass für die junge Elektrik neue Maschinengetriebe nicht erforderlich gewesen sind. Auf die Umwandlung des Arbeitsvermögens natürlicher Kraftquellen ist aber nirgend eingegangen worden, da dies nicht Aufgabe der Zwanglauflehre, sondern der theoretischen Maschinenlehre ist (s. auch Bd I). Diese ist es, die zu zeigen hat, wie gemäfs den durch die Naturwissenschaften ermittelten Naturgesetzen dabei zu verfahren ist. Da aber, wo der Bewegungszwang beginnt, setzt die Zwanglauflehre ein.



Dass diese auf dem aufgezeigten Wege zur Umfassung von so sehr vielen Maschinen, Vor- und Einrichtungen führt, darf übrigens, wenn man die Frage herauslöst, eigentlich nicht Wunder nehmen. Denn diese Wissenschaft soll ja, oder muss vielmehr ihren Grundlagen gemäfs, die Ganzheit der Zwanglaufverwendungen theoretisch erfassen. Es darf nichts davon ausser ihr fallen, sonst ist sie falsch, oder ist lückenhaft entwickelt, und daher mussten sich nothwendig die Zahlen trotz der von ihr gebrachten Vereinfachung, oder man kann auch sagen: gerade wegen dieser Vereinfachung, da sie so viele Fälle unter ein Gesetz bringt, so un-  
gemein gross ergeben, wie unsre Beispiele gezeigt haben. Die vor-  
geführten Fälle wurden ausdrücklich als „Beispiele“ gegeben. In  
einer ausgeführten „angewandten Kinematik“ werden diese Bei-  
spiele um Vieles erweitert, und ausserdem in geordnete Reihen der  
Anwendungen überzuführen sein. Das wird in solcher Weise zu  
geschehen haben, dass auch der Raum anzudeuten ist, den die  
noch nicht ausgebildeten und durchgearbeiteten Abwandlungen  
der Hauptgedanken des Zwanglaufs einzunehmen versprechen.  
Dieser Abwandlungen und Vereinigungen von Einrichtungen aus  
verschiedenen Klassen wird es noch eine grosse Anzahl geben,  
mit andern Worten: es werden noch viele Maschinen für be-  
stimmte Zwecke erfunden werden.

Das Erfinden der Maschinen geschieht aber in unsren Tagen  
gänzlich anders, als vor zwei Jahrhunderten. Damals war von  
Zwanglaufgesetzen geradezu nichts bekannt. Vielmehr mussten  
damals noch viele der grundlegenden Verkettungen erst mühsam  
für den Einzelfall ergrübelt, erschlossen, erkämpft werden. Man  
braucht nur die oben vorgenommene Zerlegung der Wattischen  
Dampfmaschine in ihre kinematischen Theilgruppen, S. 638,  
anzusehen, um den Unterschied von damals und jetzt einzusehen.  
Watt musste den grösseren Theil jener einundzwanzig Theil-  
gruppen erst an sich erdenken, Schritt für Schritt, während diese  
selben Gruppen heute wie die Buchstaben einer geläufig gewor-  
denen Sprache gebraucht werden und verstanden sind. Mancher  
spricht diese Sprache schnell, in kurzen inhaltreichen Sätzen wie  
oben Willan, mancher langsam, ausführlich scharf betont in  
jedem Buchstaben, wie viele Andere. Heute werden auf Grund  
dieser Kenntniss bedeutendere und wichtigere Erfindungen mit  
weit weniger Anstrengung, als damals die viel einfacheren ge-  
macht. Die Geschichtsschreiber der Erfindungen übersehen aber nur

zu leicht dieses Gewachsensein des Verständnisses, diese heutige Weiterbenutzung des Bekannten gegenüber dem einstmaligen Mangel an den Erstlingsbegriffen, die erst mit und an den gesuchten Maschinen ihre erste verschwommene Formung empfiengen\*). Die Kinematik hat aber die Aufgabe, in dieses Bekannte und Gewordene die wissenschaftliche Erkenntnis des Werdens und Wachsens hineinzutragen und es dadurch wissenschaftlich lehrbar, also hochschulfähig zu machen.

Werfen wir nun einen Blick zurück auf die von uns in §. 39 vorgenommene Eintheilung der Mechanismen nach ihren Zwecken, in solche für „Leitung“, „Haltung“, „Treibung“ und „Gestaltung“, so bemerken wir, dass auch Leitung und Haltung mit denselben Getriebegattungen ausgeführt werden wie die Treibung. Bald sind es Kurbel-, bald Kurven-, bald Rädertriebe, bald Flud-, bald Tracktriebe, bald Sperrtriebe, die dabei bestimmend mitwirken. Die wichtige Frage bleibt aber noch zu beantworten, wie es mit der „Gestaltung“, der vierten Getriebegruppe, bestellt sei. Hierzu sei nunmehr übergegangen.

## §. 104

### Gestaltung

Der Zwanglauf, den die Maschinen verwirklichen, wird zu zwei unterscheidbaren Zwecken nützlich gemacht, den der Ortsänderung und den der Formänderung von Körpern. Sehr viele Maschinen benutzen wir bloss, um Körper von einem Ort zum andern zu schaffen, sei es, dass die Orte auf unsrer Erde ganz weit aus einander liegen, sei es, dass sie einander nahe liegen, wie Fluss und Ufer, ein Gebäudetheil und ein anderer. Eisenbahn, Kran, Fahrstuhl sind Beispiele; Ortsänderung ist ihr klar erkennbarer Zweck.

Eine andere grosse Reihe von Maschinen benutzen wir bloss zum Umtreiben von Wellenleitungen, die zu den mannigfachsten Betrieben bestimmt sein können. Dampf, Wasser, Pressluft, elektrischer Strom, Gas, Petroleum, Kohlenstaub usw. kann der

---

\*) Auch in Prof. Rud. Eschers lehrreichem Vortrag über „Erfinden und Erfinder“ (s. Z. für Sozialwissenschaft 1899, II, 3) ist, wie ich glaube, die starke Verschiedenheit zwischen heutigem und früherem Erfinden nicht genügend hervorgehoben; der Mafsstab ist ein gänzlich anderer geworden.

Treiber sein. Man nennt diese Maschinen ja Kraftmaschinen, oder auch wohl Umtriebsmaschinen, was vielleicht als die bessere Bezeichnung anzusehen ist. Man wird aber auch diese Maschinen zu den ortsändernden zu zählen haben, wobei Ort sich auf die Gestelltheile und Grundbauten der Maschine bezieht, gegen die einzelne Punkte ihren Ort ändern. Die Umtriebsmaschinen wären dann eine Unterabtheilung der ortsändernden Maschinen; dieser Frage der Begriffsbestimmung wird ja in der angewandten Kinematik näher zu treten sein.

Eine dritte Verwendungsart der Maschine ist die zur Formänderung von Körpern. In der ganzen gewaltigen Fabrikindustrie finden Formänderungsmaschinen ungezählte Verwendungen der allerwichtigsten Art, vom Kleinsten bis zum Gewaltigsten. Hier ist die, stets vor sich gehende Ortsänderung verbunden mit Formänderung. Auf deren theoretische Grundlage haben wir nunmehr einzugehen. Zunächst liegt hier eine überaus wichtige „praktische“, schon bestehende Eintheilung vor. Denn die beabsichtigten mechanischen Formänderungen an Körpern bilden die Aufgabe der mechanischen Technologie.

Karmarsch leitet seine „Geschichte der Technologie“\*) damit ein, dass er sagt: „Man kann die Technologie am füglichsten definiren als die systematische Beschreibung und rationelle Erklärung derjenigen Verfahrungsweisen, vermöge welcher die rohen Naturprodukte zu Gegenständen des physischen Gebrauchs durch menschlichen Kunstfleiss verarbeitet werden“. Aus dem Verlauf des trefflichen Buches geht hervor, dass sein Verfasser vorwiegend, wenn auch nicht ausschliesslich, die mechanischen Verfahrungsweisen im Auge hatte. Die Einschränkung auf „rohe Naturprodukte“ brauchte eigentlich nicht stattzufinden, da auch sehr feine fertige Gebilde manchmal durch ein neu anhebendes Verfahren umzubilden sind. Lässt man die Einschränkung weg, so sieht man, dass es sich um die Aufgabe handelt, die wir diejenige der

#### „Gestaltung“

genannt haben. Wir hatten dabei die zwangläufige Einwirkung im Auge. Karmarsch meint aber die ausserhalb der Maschine

---

\*) Gesch. d. Technologie seit Mitte d. 18ten Jahrh., München 1872. Merkwürdigerweise fehlt darin, wie auch in Karmarschs „Handbuch der m. Technologie“, auch in dessen fünfter, von Hartig herausgegebenen Auflage das ganze Mühlenwesen.

stattfindende noch mit. Unsre Betrachtung würde also, um es so zu nennen, die der Maschinen-Technologie sein. Diese einerseits und eine beides umfassende mechanische Technologie andererseits haben aber so zahlreiche Grundsätze völlig gemein, dass die Grenze nicht scharf gezogen zu werden braucht oder gezogen werden kann.

### §. 105

## Werkzeug und Werkstück

Wenn Körper rein mechanisch und ausserdem zwangläufig umgestaltet werden sollen, so führt man dies so aus, dass man einen Theil ihres stofflichen Bestandes entweder

- a) abtrennt, oder
- b) nur verlegt.

Dies geschieht in beiden Fällen durch einen Körper, der nach Uebereinkommen „Werkzeug“ genannt wird. Den zu bearbeitenden, also zu gestaltenden Körper nannte ich das „Werkstück“\*), ein Vorschlag, der rasch allgemeine Annahme bei uns gefunden hat. Die Frage, was mit den abgetrennten Theilen oder Theilchen des Werkstückes geschieht, kann noch offen bleiben. Denkt man sich nun das Beseitigen oder Verlegen in der Maschine wirklich ausgeführt, darauf aber die Bewegung der Maschine fortgesetzt oder wiederholt, so bilden Werkzeug und Werkstück ein kinematisches Elementenpaar; denn das eine vollzieht gegen das andere unter Umhüllung oder gar Umschliessung, d. i. unter höherer, oder unter niederer Paarung, gezwungenermaßen eine einzige bestimmte Bewegung. Dabei ist es gleichgültig, ob das aus Werkzeug und Werkstück gebildete Paar kraftschlüssig, paarschlüssig, oder kettenschlüssig\*\*) zusammengehalten ist. Hierdurch gelangen wir zu folgendem Satz über die Gestaltung von Körpern in der Maschine:

**XXIII.** Das Werkstück tritt als ein Theil eines kinematischen Kettengliedes oder als ganzes Glied der kinematischen Kette in die Maschine und geht mit dem Werkzeug eine Paarung oder eine

---

\*) S. §. 131 des I. Bandes, S. 482. Den Franzosen und Engländern fehlt noch ein kurzer Ausdruck für den „zu gestaltenden Körper“.

\*\*) S. Bd. I, S. 171, 181, 230.

Verkettung ein, bei der es vermöge der stofflichen Beschaffenheit des Werkzeuges seine ursprüngliche Form mit derjenigen Umhüllungsform vertauscht, die seiner Paarung und Verkettung mit dem Werkzeug zukommt.

Nach diesem Satze kann man deutlich verschiedene Formen unterscheiden, in denen die Einwirkung des Werkzeuges auf das Werkstück vor sich geht. Die Hauptformen folgen aus den drei Grundbeschaffenheiten der kinematischen Elemente, die wir als solche oben, §. 31, erkannt haben. Wir fanden, dass die Maschine nach ihrer vollständigen Zerlegung in ihre letzten gegenseitig bewegbaren Theile bestehe aus:

starren Elementen,  
Zuelementen oder Tracken,  
Druckelementen oder Fluden.

Dieser Dreiheit zufolge gibt es neun wesentliche oder Hauptformen der Beziehung zwischen Werkzeug und Werkstück, wie folgende gedrängte Zusammenstellung vor Augen führt.

	<i>Das Werkzeug ist:</i>	<i>Das Werkstück ist:</i>	<i>Beispiel:</i>
1)	starr	weniger starr	Meissel: Drehstück
2)	"	ein Track	Haspel: Garn
3)	"	ein Flud	Mundstück: Strahl
4)	ein Track	ein Track	Zwei Spinnfäden
5)	"	ein Flud	Draht: Zinkbad
6)	"	starr	Schleifriemen: Messingstück
7)	ein Flud	ein Flud	Strahlwerfer (S. 159)
8)	"	ein Track	Zeugfärberei
9)	"	starr	Sandstrahlgebläse.

In diesen neun Einwirkungsarten findet die Zweckerfüllung des Werkzeuges in der Maschine statt. Prüft man die mechanischen Handbearbeitungen, so bemerkt man, dass auch hier eben dieselben dreimal drei Zusammenwirkungen bestehen, sodass die gegebene Eintheilung auf das ganze Gebiet der Gestaltungslehre Anwendung finden kann.

Es könnte den Anschein haben, als durchbreche diese Werkzeugtheorie die Grundlagen, auf denen die Elementenpaarung und -Verkettung aufgebaut wurde, indem z. B. bei der Zusammen-

wirkung der Stücke unter (1) das eine der Elemente, das Werkzeug, Stofftheile seines Partners ablöst und wegschafft, weil es, das Werkzeug, härter und vielleicht schneidig ist. Als müsste man somit zwischen Elementen aus mehr oder weniger nachgiebigem Stoff unterscheiden. Das aber würde ein Rückfall in das alte, bloss äusserliche Wahrnehmungsverfahren, die Empirie, sein. Die Durchbrechung der Grundlagen ist aber bloss scheinbar.

XXIV. Alle Elementenpaare ohne Ausnahme besitzen die Eigenschaft, dass ihre Partner vermöge der in Anspruch genommenen inneren oder „latenten“ Kräfte aufeinander formändernd einwirken\*).

Denn ihre gegenseitigen Bewegungen gehen unter Reibung und Pressung vor sich und bewirken deshalb Abnutzung, Verschiebung, auch Losreissung von Theilchen, ja Theilen — man besichtige nur einmal eine, um  $\frac{1}{2}$  kg abgenutzte Lagerschale —. Die angewandte Mechanik lehrte die Reibung in den Paaren und die daraus folgenden Abnutzungen kennen und ermitteln, die Bewegungsaufgaben der gegebenen Maschine gehören ja der Mechanik an. Die formändernde Aufeinanderwirkung der Elemente sucht aber der Maschinen-Erbauer da, wo er sie nicht wünscht, mit allerlei Mitteln einzuschränken — man denke nur an die Rollenlager und deren schwierige Herstellung, vergl. S. 474 — und durch „Nachstellung“ auszugleichen. Da aber, wo er diese formändernden Einwirkungen wünscht, sucht er im Gegentheil sie zu verstärken. Die Schmirgel- oder die Karborundwalze\*\*) z. B., geometrisch völlig gleich den Wälzchen im Rollenlager, benutzt er zu Formänderungen durch gleitende Reibung an ganz demselben Gebilde „Drehzapfen“, an dem die Lagerrollen die gleitende Reibung möglichst fern halten sollen. In dem einen Falle wird also absichtlich verstärkt, was im andern absichtlich abgeschwächt wird, was aber in beiden Fällen als Ureigenthümlichkeit vorhanden ist. Somit besteht in den Aufeinanderwirkungen der Partner eines Elementenpaares nicht ein Unterschied bezüglich der

\*) S. Bd. I, S. 85, wo die Werkzeugwirkung schon vorgesehen wurde.

\*\*) Der Thonedelstein, der in unsrer Sprache Korund heisst (von hindostanisch *kurand*), wird im Englischen *corundum* genannt, wovon *carborundum* (Karbo-Korund) abgeleitet ist; in unsrer Sprache muss daher das Erzeugniss „Karborund“, nicht „Karborundum“ genannt werden, wie Manche dem Amerikaner nachsprechen.

Stoffbeseitigung an sich, sondern nur bezüglich des Grades dieser Stoffbeseitigung.

Ganz ähnlich verhält es sich bezüglich der Stoffverlegung unter (2), (3) und weiterhin. Eine Stoffverschiebung, Verdrückung, Stauchung, Streckung findet, wie die feinen Festigkeitsversuche der Versuchsanstalten erweisen, immer in gewissem Grade statt, wird aber da, wo die Formen wesentlich geändert werden sollen, absichtlich vergrößert, während sie da, wo Starrheit kinematische Grundbedingung ist, durch geeignete Wahl von Baustoff und Abmessungen ganz klein gehalten werden. Dieselben Walzen, die vorhin als Reibungsverminderer anzuführen waren, dienen im Plattenwalzwerk, Fig. 260, zur Umformung des Stahlblockes, im Biegwalzwerk, Fig. 456, zum Krümmen der Blechtafel; die stählernen Kugelrollen aus den Lagern der Fahrradachse dienen beim Polte'schen Verfahren\*) zum Auswalzen und Umgestalten von Messingröhren; die Metallscheere, welche schwere Eisenstäbe zertheilt, Fig. 464, ist grundsätzlich ein Keilschubtrieb. Kurz, das Werkzeug erweist sich als an sich ununterscheidbar von anderen Gliedern und Elementen aus kinematischen Ketten, ganz wie die Sätze XXIII und XXIV es darlegen\*\*).

\*) Poltes Armaturen- und Patronenfabrik in Sudenburg-Magdeburg.

\*\*) Hartig gibt in seinen, schon oben (S. 247) angezogenen „Studien in der Praxis des K. Pat.-Amtes“ folgende Begriffsbestimmung vom Werkzeug:

„Werkzeug ist ein körperliches lebloses Gebilde, welches an einem anderen Körper (Werkstoff, Werkstück), denselben berührend, dessen Gebrauchswerth unter Umsetzung mechanischer Arbeit abändern hilft, ohne hierbei im Werkstück selbst aufzugehen oder auf andere Art zu fortgesetzter Bethätigung unfähig zu werden.“

Diese Begriffsbestimmung ist weniger brauchbar, als ihr Verfasser annimmt. Sie beschreibt gewisse Eigenschaften des Werkzeuges vom obigen Sinne, ohne uns aber zu befähigen, dasselbe in Gedanken herzustellen oder genauer zu bezeichnen, da sie nämlich den Begriff ausserordentlich erweitert, und zwar so sehr, dass seine Grenzen kaum noch wahrnehmbar sind. Nach Hartig sind Regen, Schnee und Wind auch Werkzeuge, dergleichen der Blitz; alle vier sind körperlich, leblos, und ändern, wenn sie auf ein Stück fallen, unter Umsetzung mechanischer Arbeit dessen Gebrauchswerth, gehen nicht in ihm auf und bleiben noch zu allerlei fähig; auch das Einpackpapier, auch eine feste Ballenhülle, die Wolle umschliesst, gehört nach ihm zu den Werkzeugen; aber ein Meissel, ein Schraubenzieher nicht, wenn beide nicht das Werkstück berühren. Dies hängt offenbar zusammen mit der schon früher hervorgehobenen sonderbaren Ansicht des geschätzten Technologen, dass eine nicht arbeitende Maschine keine Maschine mehr sei. Und dann: „leblos“?. Sind nicht die Hände, die Finger oftmals