

Unterscheidungsmerkmal durchweg benutzen, so würden für die 4te und 5te Hauptform noch die Formen  $o_1-v_1$  hinzukommen.

Zu bemerken ist, dass in der 4ten Hauptform für liegend gebaute Maschinen die Formen  $o$  u.  $q$  ( $o_1$  u.  $q_1$ ) und  $p$  u.  $r$  ( $p_1$  u.  $r_1$ ) zusammenfallen.

## B. Der Antrieb und das Maschinengestell.

### a) Der hydraulische Antrieb.

**447.** Im Allgemeinen sind Antrieb und Maschinengestell aus Theilen zusammengesetzt, die sich von der im Maschinenbau üblichen Einrichtung selten wesentlich unterscheiden. Es ist daher wenig am Platze, hier auf alle Einzelheiten einzugehen. Ich beschränke mich denn auch auf einige allgemeine Besprechungen.

**448.** Der Antrieb geschieht entweder auf hydraulischem oder mechanischem Wege. Der hydraulische Antrieb ist im Allgemeinen der leistungsfähigere und bequemere; er ist viel verbreitet. Damit sollen aber keineswegs die Formen des mechanischen Betriebes herabgesetzt werden (vgl. die folgenden Absätze und Abs. 480).

**449.** Die Erzeugung des Druckwassers erfolgt durch Handpumpen, die dann meistens unmittelbar mit der Maschine verbunden sind, oder durch maschinell betriebene Pumpwerke; letzteres namentlich bei grossen Maschinen oder wenn gleichzeitig mehrere Maschinen betrieben werden müssen. In grossen industriellen Werken ist häufig auch eine Hochdruckleitung, die eigentlich anderen Zwecken dient, zur Verfügung.

**450.** Bedient eine Pumpe mehrere Maschinen, die gleichzeitig arbeiten, so ist es nothwendig, in die Leitung irgend einen Kraftsammler [Akkumulator] einzuschalten, der einen Ueberschuss der Pumpenleistung zeitweilig aufnimmt und im Falle gesteigerter Anforderung an die Maschinen wieder abgibt. Leistung der Pumpen, Weite der Rohrleitungen und Aufnahmefähigkeit der Kraftsammler soll man bei Anlagen, in denen mehrere Maschinen gleichzeitig betrieben werden, oder wo Vergrösserung des Betriebes vorausgesehen werden kann, nicht zu klein bemessen. Die Höhe des Pressdruckes im Wasser kann man zur Zeit ganz leicht bis auf 500 at treiben. Die meisten Maschinen arbeiten aber mit bedeutend geringeren Drucken, und 80 bis 150 at wird dem Durchschnitt entsprechen.

Von einiger Bedeutung für grössere Anlagen, bei denen mehrere Maschinen betrieben werden müssen, und da, wo die Räume im Winter dem Froste ausgesetzt sind, ist es die Frage, ob zum Betriebe Wasser oder Glycerin verwendet werden soll; auch Wasser mit Spiritus ist gelegentlich empfohlen worden. Werden Glycerin, Oel oder andere Flüssigkeiten benutzt, so wird immer eine Rückflussleitung anzulegen sein; in diesen Fällen sollte man nie versäumen, Klärvorrichtungen in die Abflussleitung einzubauen. Die Benutzung dickflüssiger Körper (Glycerin, Oel) bedingt weitere Rohrleitungen als Wasser, wenn man nicht grosse Reibungsverluste oder langsames Fliessen in den Leitungen in den Kauf nehmen will; auch die Durchgänge in den Ventilen müssen weiter sein. Ist hierauf nicht gehörig Acht gegeben, so macht sich dieser Fehler durch starke Erwärmung der Flüssigkeit und der Ventilgehäuse bemerkbar.

Wenn städtische Wasserleitungen zur Verfügung stehen und der Betrieb auf Hochdruck mit Wasser eingerichtet ist, so kann man zweckmässig die Leergänge der Maschinen durch die Wasserleitung bewirken. Die Charlottenburger Anstalt ist so eingerichtet. Man braucht allerdings doppelte Leitungen

und besondere Ventile, aber die Ersparung an Druckwasser ist erheblich, und die Nachbarmaschinen erleiden weniger Störung.

**451.** Beim direkten Betriebe mit Handpumpen pflegt die Regelung des Druckwasserzufflusses zum Presscylinder einfach durch Anpassung des Pumpenbetriebes an die Versuchserfordernisse zu geschehen. Die Handpumpen sind meistens mit einem grossen Kolben zur Leistung grosser Wassermengen bei geringem Druck und mit einem kleinen Kolben versehen zur Leistung grösserer Kräfte bei kleiner Wassermenge unter hohem Druck. Beim Betriebe mit maschinellem Pumpenwerk sind zwischen Leitung und Presscylinder Ventile anzubringen, die eine Regelung der Kolbgeschwindigkeit gestatten.

### 1. Pumpen.

**452.** Von den Pumpenwerken will ich hier nur einige erwähnen, die von der gewöhnlich gebräuchlichen Form mehr oder minder abweichen und zum Theil besonders für den Betrieb von Festigkeitsprobmaschinen gebaut worden sind.

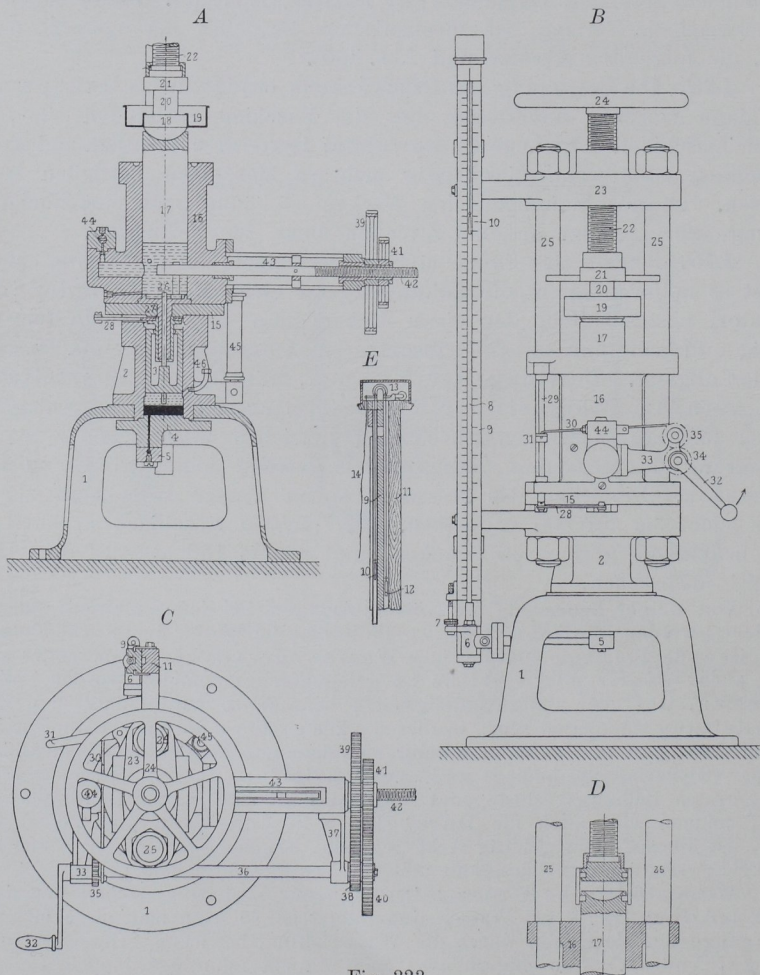


Fig. 333.

Einfache Handpumpen sind auf Taf. 3, Fig. 1, 2 und 6, Stücknummer 30—37 für die Werdermaschine gezeichnet. Hebel 31 betreibt die grosse, Hebel 32 die kleine Pumpe.

Die Handpumpe von Ehrhardt, Taf. 9, Fig. 28 und 29, hat ineinandergehende Kolben, die mit dem Handhebel durch Bajonettverschluss so gekuppelt werden können, dass entweder der kleine Kolben allein, oder beide Kolben zusammen zur Wirkung kommen.

Eigenthümlich angeordnet ist die Handpumpe bei der Maschine von Gollner, Taf. 13, Fig. 1—3, 16 und 17. Sie befindet sich oben am Kopf der Maschine; diese ist sowohl für hydraulischen als auch für Antrieb mittelst Schraube eingerichtet.

**453.** Die Handpumpe von Amsler-Laffon ist in Fig. 1—6, Taf. 14 im Bild und in Fig. 333 in ihrer Konstruktion dargestellt, so wie sie in der 35000 kg-Pressen der Firma angewendet wird. Der Stempel 42 Fig. 333 wird mit dem durch die Kurbel 32 getriebenen Räderwerk 38—41 in den

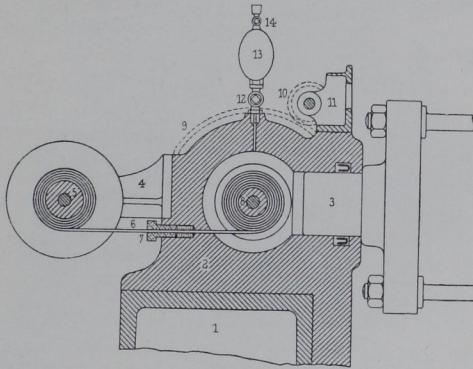


Fig. 334.

mit Ricinusöl gefüllten Pressraum eingetrieben. Das Eindringen erfolgt mit grosser Uebersetzung langsam. Durch kurzes ruckweises Rückwärtsdrehen der Kurbel 32 wird ein in der Nabe angebrachter eigenthümlicher Kippkeil in Thätigkeit gesetzt und hierdurch das für den schnellen Rückgang bestimmte Räderpaar eingeschaltet.

**454.** Der in diesem Apparat gegebene Grundsatz ist in anderer Durchführung mehrfach benutzt worden; beispielsweise (1878) für die Maschine von Maillard (*L 209*, S. 19, Taf. I, Fig. 15 und 16) nach dem System Desgoffes. Ein hohler Stempel von etwa 10 cm Durchm. und 60 cm Hub wird, durch Schraubetrieb von Hand- oder durch Riementrieb, in einen besonderen Presscylinder gedrückt, der dann das Druckwasser an die Probirmaschine abgibt.

**455.** Eine eigenthümliche Konstruktion des Pumpwerkes zeigt die Maschine von Curioni (*L 210*, S. 2, Taf. 1, Fig. 2). Es ist nach dem System Desgoffes und Olliver gebaut, wie Fig. 334 es wiedergibt. Der Vor- und Rückgang des Kolbens 3 erfolgt dadurch, dass der Innenraum im Gussstück 2 durch Aufwickeln eines glatten Seiles 6 auf die Trommel 8 verkleinert wird. Das Seil geht durch eine Stopfbüchse 7 und wird beim Rückgang auf Trommel 5 aufgewickelt. 9 und 10 sind die Zahnräder zum Antrieb

von 8. Das Gefäss 13 mit den Hähnen 12 und 14 dient zum Nachfüllen der Presse. Ob dieses Pumpwerk wohl besonders praktisch ist? Man findet es selten angewendet. Die in der Quelle gegebenen Zeichnungen sind roh und unvollkommen; nach ihnen beurtheilt, scheint die Curionische Maschine auch sonst noch Schwächen zu besitzen.

**456.** Maschinell betriebene Pumpwerke werden in mannigfaltiger Art für Festigkeitsprobirmaschinen benutzt. Die meisten sind dreifach wirkend und mit Vorkehrungen versehen, um sich selbst ausser Betrieb zu setzen, sobald eine gewisse Höchstpressung in der Leitung erreicht ist und der Druckwasserverbrauch aufhört. Manche Werke haben auch Einrichtungen, die die Pumpenleistung mit dem Druckwasserbedarf zu ändern gestatten, indem eine Pumpe nach der andern abgestellt oder der Kolbenhub verkürzt wird. Ist in die Leitung ein Kraftsammler eingeschaltet, so pflegt man dessen Kolbenbewegung zur Regelung der Pumpenleistung zu benutzen, indem der Kolben kurz vor Erreichung seiner äussersten Stellung [höchsten Lage bei stehend angeordnetem Kraftsammler] die Pumpen ausschaltet oder ihre Leistung in der vorher angedeuteten Art vermindert. Ich will nur einige der gebräuchlichen Konstruktionen als Beispiel anführen.

**457.** Die Charlottenburger Versuchsanstalt besitzt ein Pumpwerk von C. Hoppe-Berlin, welches mit drei Pumpen arbeitend, durch Riemen mit zwei verschiedenen Geschwindigkeiten betrieben werden kann. Es speist die Druckwasserleitung, die in alle Gebäude und Versuchsräume der Anstalt führt und erzeugt in ihr einen durch einen Steuerkolben regelbaren Druck, der für gewöhnlich etwa 200 at beträgt, aber auf 450 at gesteigert werden kann. Ein Sicherheitsventil verhütet, dass dieser Höchstdruck überschritten werden kann. Die Ausserbetriebsetzung der Pumpen bei Erreichung des beabsichtigten Betriebsdruckes geschieht durch den Steuerkolben, der beim Anheben einen Hebel bewegt, welcher nach einander die Saugeventile der Pumpen so unterstützt, dass sie sich nicht mehr zu schliessen vermögen. Das angesaugte Wasser geht also denselben Weg zurück, da es die Druckventile, auf denen der Leitungsdruck lastet, nicht zu heben vermag. Der Betriebsdruck in der Presswasserleitung kann durch die Belastung des Steuerkolbens nach Wunsch geändert werden.

**458.** Die Charlottenburger Anstalt besitzt noch ein zweites selbstregulirendes Pumpwerk von Max Hasse & Co. in Berlin. Dieses ist eine von der städtischen Wasserleitung getriebene Wassersäulen-Maschine, die, auf eine Differentialpumpe wirkend, einen Presswasserdruck bis zu 350 at erzeugt. Die städtische Wasserleitung drückt auf den Kolben des grossen Cylinders. — Die Kolbenstange trägt einen Kreuzkopf, der die Umsteuerung besorgt; in ihrer Verlängerung ist der Kolben der Differentialpumpe angebracht. Ist der Kreuzkopf an einem Endpunkt seines Weges angekommen, so steuert er den Hahn einer Vorsteuerung um. Hierdurch wird der eigentliche Steuercylinder, der die Umsteuerung des grossen Kolbens besorgt, durch den Wasserleitungsdruck sehr schnell verschoben. Er wechselt also sehr schnell die grossen Ein- und Ausströmungsöffnungen für das Betriebswasser, und die Umsteuerung der Maschine erfolgt augenblicklich, so dass beim Hubwechsel der Manometerzeiger der Presswasserleitung [bei schnellem Betriebe] nur etwa 20 bis 30 at zurückspringt. Eine wesentliche Störung der Druckzustände in den Maschinen ist aus-

geschlossen, weil zwischen Probirmaschine und Presswasserleitung immer noch eine starke Drosselung durch die Regulirventile der Maschine stattfindet; aber bei feineren Arbeiten bleibt der Stoss immer bemerkbar. Der Gang des Pumpwerkes passt sich nach Vorstehendem genau dem Presswasserverbrauch an; ist dieser Null, so steht die Pumpe still.

Die Pressleitung steht stets unter dem durch den Druck in der städtischen Wasserleitung gegebenen Höchstdruck, und zwar in dem durch die Kolbenabmessungen gegebenen Verhältniss. Die Maschine hat sich in der Versuchsanstalt im Grossen und Ganzen gut bewährt und sehr wenig Reparatur veranlasst; sie reichte aber für den vergrösserten Betrieb

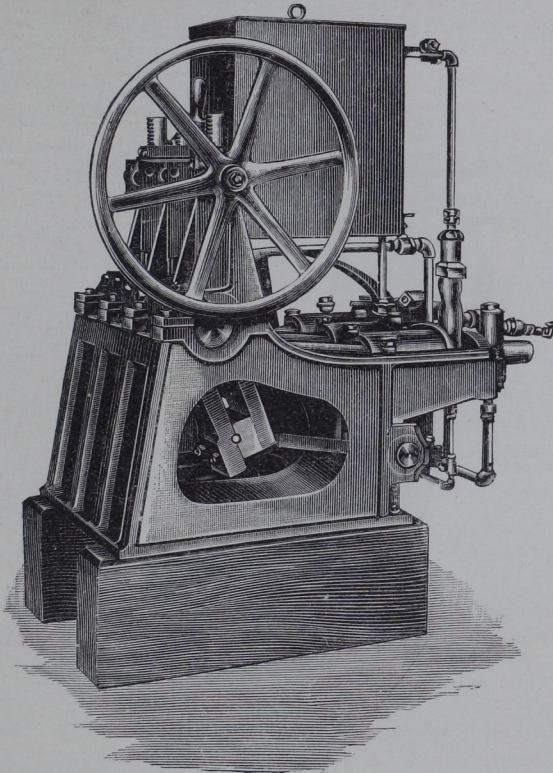


Fig. 335.

nicht mehr aus und wurde dann durch das vorbeschriebene kräftigere Hoppesche Pumpwerk ergänzt. Störend für ihren Betrieb ist der Umstand, dass der Druck in der städtischen Leitung, namentlich im Sommer, ausserordentlich schwankend ist. Steht für den Betrieb Dampf zur Verfügung, so ist das Hassesche System noch wesentlich vollkommener, weil dann die Steuerung so schnell erfolgt, dass Druckschwankungen überhaupt nicht bemerkbar werden und weil dann der Druck stets gleich gross bleibt; im Betriebe ist es ausserordentlich einfach und bequem.

**459.** Von William Sellers & Co.-Philadelphia wird ein hübsch konstruirtes, wenig Raum beanspruchendes Pumpwerk geliefert, das in Fig. 335 abgebildet ist (L 211). Das dreifache Pumpwerk wird durch

Kurbelschleifen angetrieben, die mittelst Handrades während des Betriebes gehoben und gesenkt werden können. Hierdurch wird der Hub der von den Schleifen betriebenen Pumpenkolben und damit die Pumpenleistung in hohem Maasse veränderlich.

**460.** Von Riehlé Broth.-Philadelphia, Pa., wird ein ebenfalls wenig Raum beanspruchendes dreifaches Pumpwerk, Fig. 336, geliefert. Durch ausrückbare Zahnräder können zwei Geschwindigkeiten erzielt werden. Das Pumpwerk soll bei 100 Umdrehungen der Antriebswelle, bei langsamer Uebersetzung 1,8 und bei schneller Uebersetzung 7,4 Liter pro Minute liefern; Kolbendurchmesser 38 mm.

**460a.** Amsler-Laffon liefert eine Kapselradpumpe ohne Ventile, die das Oel aus einem über ihr angebrachten Behälter ansaugt und in den

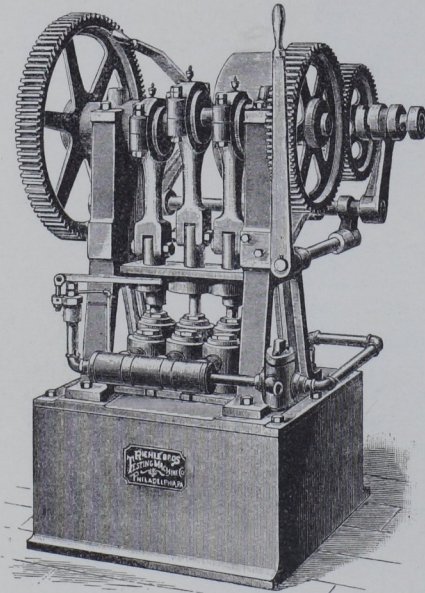


Fig. 336.

Presscylinder der Probirmaschine treibt. Die Pumpe läuft mit gleichmäßigem Gang, durch Hand oder Riemen angetrieben und ist ohne besondere Dichtungen so eingerichtet, dass sie sich in allen Theilen selbst schmirt. Die Ausrückung geschieht mittelst Klauenkuppelung. Man liefert die Pumpe auch für elektrischen Antrieb. Die Regulirung geschieht durch ein Nadelventil, welches den Zufuss zur Presse beherrscht. Aus der Presse kann das Oel wieder in den Vorrathsbehälter abgelassen werden. Die Pumpe braucht für die 150 000 kg-Maschinen bei gewöhnlicher Geschwindigkeit in der Höchstleistung 0,5 Pferdestärken. Sie ist auf Taf. 14 in Fig. 6 und 7 abgebildet.

**461.** Aehnliche Pumpwerke, wie sie in den Abs. 447—460 beschrieben sind, werden übrigens von allen

Maschinenfabriken geliefert, die sich mit Herstellung von hydraulischen Anlagen befassen; es dürfte völlig genügen, hier einige Beispiele angeführt zu haben. Worauf man zu achten hat, ist klare Anordnung, sowie leichte Zugänglichkeit der Ventile und Regulirvorrichtungen; Ersatztheile hierfür sollte man bei der Bestellung immer ausbedingen.

## 2. Kraftsammler.

**462.** Auch von den Kraftsammlern, die ja im allgemeinen Maschinenbau weitgehende Verbreitung haben, kann ich hier nur einige von denjenigen behandeln, die im Probirwesen benutzt werden oder sich hierfür besonders eignen.

**463.** Die gewöhnliche Form der Kraftsammler besteht darin, dass in die Leitung ein starker senkrecht stehender Presscylinder eingeschaltet wird, dessen Stempel eine mächtige Gewichtsbelastung trägt.

Kolbenquerschnitt und Belastung stehen in solichem Verhältniss, dass die Belastung mittelst des Kolbens gehoben wird, sobald der Druck in der Pressleitung auf die beabsichtigte Höhe für den Betrieb gewachsen ist. Vermehrter Druckwasserverbrauch macht den Kolben sinken, verminderter steigen, bis der Kolben in seiner Höchstlage durch eine geeignete Steuerung die Pumpenleistung ganz oder theilweise abstellt. Solange der Kolben und mit ihm die Belastung gehoben ist, so lange erhält er den Druck in der Pressleitung auf gleicher Höhe. Der Kraftsammler nimmt also die von dem Pumpwerk gegenüber dem Verbrauch an der Probirmaschine zu viel geleisteten Presswassermenge auf und giebt sie wieder ab, sobald der Verbrauch die Pumpenleistung überschreitet.

Der Inhalt des Kraftsammlers — Kolbenquerschnitt mal Kolbenhub — ist den jeweiligen Betriebsverhältnissen anzupassen; wo also mehrere Maschinen gleichzeitig im Betriebe sind, können Cylinder und Gewichtsbelastung eines Kraftsammlers schon recht erhebliche Abmessungen annehmen.

**464.** Wenn eine Niederdruck-Wasserleitung zur Verfügung steht, so wendet man statt der Gewichtsbelastung vielfach Wasserdruck in sogenannten Multiplikatoren an. Diese Druckverstärker arbeiten nach Fig. 337 mit einem grossen 1 und einem kleinen Cylinder 2. Auf den grossen Kolben 3 wirkt die Niederdruckleitung 4 und ersetzt die sich hebende und senkende Belastungsmasse des Gewichtsakkumulators. Der kleine Cylinder 2 liegt, wie früher, in der Hochdruckleitung 5. Der Niederdruck und das Verhältniss der beiden Kolbenflächen bedingen die Druckhöhe in der Presswasserleitung. Wird die Leistung der Hochdruckpumpe zu gering, so wird die Niederdruckleitung den grossen Kolben treiben. Wird die Pumpenleistung grösser als der Druckwasserverbrauch, so wird der kleine Kolben 6 den grösseren treiben und das Niederdruckwasser in die Wasserleitung zurückdrücken.

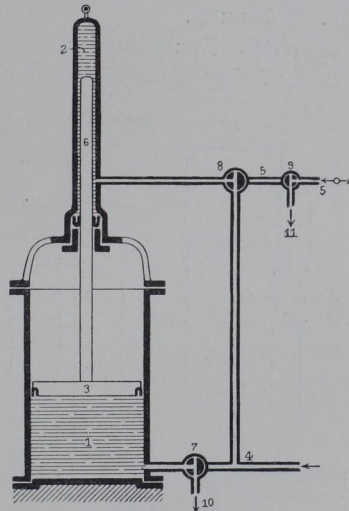


Fig. 337.

**465.** Die Versuchsanstalt Charlottenburg besitzt einen Kraftsammler dieser Art, von Pohlmeier, Taf. 9, Fig. 30 und 31, konstruirt. In der Versuchsanstalt wird dieser Apparat in der vorhin geschilderten Weise zur selbstthätigen Druckregelung benutzt. Pohlmeier hat ihn aber ursprünglich für seine Maschine als Ersatz für das Pumpwerk entworfen. Er ordnete die Rohrleitungen und die Ventile [in der Figur 337 durch die Dreivegeähne 7—9 schematisch angedeutet] so an, dass das Niederdruckwasser unter dem grossen Kolben abgelassen und die Niederdruckleitung mit dem kleinen Cylinder verbunden werden kann [wie in Fig. 337 angedeutet]. Der Kolben wird also nach unten gedrückt und so der Kraftsammler für den folgenden Versuch wieder hergerichtet.

Die schematisch als Dreivegeähne angedeuteten Steuerventile sind

so einzurichten, dass Ventil 7 den Raum des grossen Cylinders 1 mit der Niederdruckleitung 4 oder mit der Abflussleitung 10 verbindet. Ventil 8 muss den kleinen Cylinder 2 entweder mit der Niederdruckleitung 4 oder mit der Hochdruckleitung 5 verbinden. Vor der Maschine ist in die Hochdruckleitung [namentlich wenn mehrere Maschinen vom Druckvermehrter gespeist werden] ein Absperr- und ein Ablassventil 9 (Taf. 9, Fig. 30; 73) anzubringen, welches die Maschine mit 5 oder mit dem Abfluss 11 verbindet und zugleich als Drosselventil zur Regelung der Geschwindigkeit dienen kann. Ist nur eine Maschine zu betreiben, so kann diese Regelung bequemer in die Niederdruckleitung eingefügt werden.

Bei einfacher und bequemer Anordnung der Umsteuerung und namentlich, wenn eine Niederdruckleitung mit einigermaßen gleichbleibendem Druck zur Verfügung steht, sind diese Druckvermehrter ausserordentlich zu empfehlen, weil sie eine stetige Kraftquelle liefern, deren Geschwindigkeit sehr fein geregelt werden kann. Will man mit einigermaßen grossen Geschwindigkeiten arbeiten, so dürfen die Querschnitte der Niederdruckleitung nicht zu klein gewählt werden.

In etwas abweichender Form werden diese Druckvermehrter übrigens auch von anderen Konstrukteuren, z. B. von Mohr & Federhaff (Taf. 7, Fig. 6) benutzt.

**466.** Neuerdings werden mit gutem Erfolg auch Kraftsammler mit Luftdruckbetrieb angewendet, in denen gepresste Luft auf den

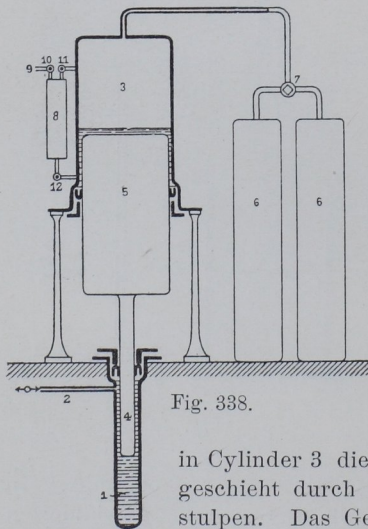


Fig. 338.

grossen Kolben wirkt. Diese Apparate haben, wie es scheint, manchen Vortheil gegenüber den vorgenannten. Die Charlottenburger Anstalt erhält bei ihrer neuerdings vorgesehenen Vergrösserung einen solchen Kraftsammler. Zeichnung und Beschreibung dieser Vorrichtung, wie sie L. W. Breuer, Schumacher & Co. in Kalk bei Köln nach dem System Prött und Seelhoff baut, finden sich in „Stahl und Eisen“ 1891 No. 1.

Das Schema des Apparates ist in Fig. 338 gegeben, darin ist 1 der kleine mit der Hochdruckleitung 2 verbundene Cylinder. Das Druckwasser treibt die Kolben 4 und 5 nach oben; hierdurch wird in Cylinder 3 die Luft zusammengedrückt. Die Dichtung in 3 geschieht durch eine Oel- oder Glycerinschicht und Lederstulpen. Das Gefäss 8 dient zum Nachfüllen von Oel. Zu dem Zwecke werden die Hähne oder Ventile 10, 11 und 12 benutzt, indem nach Schluss von 11 und 12 Oel in 8 durch 10 eingeführt wird, das nach Schluss von 10 und Öffnen von 11 und 12 in den Cylinder 3 fliesst. Durch Leitung 9 kann unter Benutzung von 10 und 11 vermittelst der Luftpumpe Luft oder aus einem Kohlensäurebehälter Kohlensäure in den Cylinder 3 gepresst werden [dann ist statt des abschliessenden Oeles aber Glycerin zu benutzen]. Diese Füllung braucht nur einmal zu geschehen und nachher ist nur der geringe Verlust zeitweilig zu ersetzen. Da beim Hochgehen der Kolben der Druck im Luftcylinder stark wachsen



wird, so ist für Fälle, in denen starke Schwankungen unerwünscht sind, zur Vergrößerung des Luftraumes eine Anzahl von Luftbehältern 6 mit dem Cylinder 3 verbunden, die durch das Ventil 7 abgesperrt werden können. Bei Reparaturen wird die Luft so viel wie möglich aus 3 in die Behälter 6 verdrängt und dann das Ventil 7 geschlossen. Kommt der Kolben in seine höchste Stellung, so rückt er die Wasserpumpe aus. Ausserdem ist durch Bohrungen im Kolben 4 noch eine Sicherung gegeben, indem das Druckwasser ausströmt, sobald diese Bohrungen die Manschette überschreiten. Die Luftdruck-Kraftsammler haben in der Industrie in den letzten Jahren viel Verbreitung gefunden. Man rühmt ihnen nach, dass sie bei Verminderung der grossen bewegten Massen grosse Geschwindigkeiten in den Leitungen zulassen und doch einen ruhigen und stossfreien Gang besitzen. Ferner gestatten sie die Anwendung verschiedener Drucke.

### 3. Hochdruckleitungen.

**467.** Hinsichtlich der Konstruktion der Hochdruckleitungen habe ich schon einige Male darauf verwiesen, dass man sie nicht zu eng nehmen soll, wenn man auf Anschluss von ferneren Maschinen rechnen kann oder dickflüssige Körper, wie Oel und Glycerin verwenden will. Ganz besonderen Werth muss man auf die Dichtigkeit der Leitung legen. In der Charlottenburger Versuchsanstalt sind die meisten Dichtungen nach dem früher in Fig. 281 (S. 268) angedeuteten Verfahren mittelst allseitig umschlossener Ringe aus Leder oder Blei bewirkt; hierbei ist bisher niemals ein Misserfolg erzielt worden. Die Dichtung mit eingelegten Stahlkegeln (Fig. 280 S. 268) ist bei sehr hohen Drucken besonders dann angewendet, wenn die Anschlüsse oft gewechselt werden mussten. Sie gestattet besonders leicht die Ableitung der Rohre nach allen möglichen Richtungen, wenn man zwei viertelkreisförmige Stücke einschaltet. Man findet sie auch bei dem in Fig. 339 (469) dargestellten Ventilgehäuse; ich übernahm sie nach dem Muster von Emery. In der Charlottenburger Versuchsanstalt liegen meistens Flusseisenrohre; sie haben sich gut bewährt. Innerhalb der Gebäude sollte man die Leitungen immer in zugängliche und geräumige Kanäle legen, um später Einschaltungen und Anschlüsse anbringen zu können. Zu beweglichen Leitungen für hohen Druck sind enge, dickwandige Kupferrohre vorzüglich brauchbar. Die Charlottenburger Versuchsanstalt benutzt oft und schon viele Jahre lang ein weiches Kupferrohr von über 30 m Länge, 10 mm äusserem und 3 mm innerem Durchmesser; es hat vielfach Drucke bis über 5000 at übertragen und musste häufig hin- und hergebogen, aufgerollt und gelegentlich ausgeglüht werden.

### 4. Ventile.

**468.** Die Ventile in den Hochdruckleitungen zum Absperren und zum Reguliren der Maschinengeschwindigkeiten machen viel Last und Unannehmlichkeiten; die Kenntniss von solchen Konstruktionen, die sich im Betriebe gut bewährten, ist also immerhin werthvoll. Hähne sind sehr schwer dicht zu halten und meistens auch nicht zum genauen Reguliren geeignet; ich vermeide sie grundsätzlich.

**469.** In Fig. 339 theile ich meine Konstruktion der Ventile mit wie sie sich im Laufe der Jahre in der Versuchsanstalt Charlottenburg herausgebildet hat und jetzt fast immer verwendet wird.

Alle Ventile für je eine Maschine sind in einem einzigen Gehäuse vereinigt, das auf einer Säule so angebracht ist, dass die Handhaben in etwa 1 m Höhe vom Boden liegen. Diese Säulen werden im Raum so aufgestellt, dass sie dem vor dem Fernrohr des Spiegelapparates stehenden Beobachter möglichst bequem gelegen sind, und womöglich so, dass der das Ventil selbst bedienende Beobachter zugleich auch die Gewichtsanzeiger, Schaulinienapparate und Probestäbe möglichst bequem übersehen und bedienen kann.

Auf der gusseisernen Säule ist das Gehäuse 1 mittelst des Bockes 2 befestigt. Das Gehäuse schliesst sich der einfachen Rohrform so viel wie möglich an; die Durchgänge sind nicht eingegossen, sondern auf der Maschine gebohrt. Hierdurch erzielt man mit grösserer Sicherheit ganz dichten Guss. Die Stellen, welche die Ventilsitze für die Ventile 3 und 19 bilden, sind vor

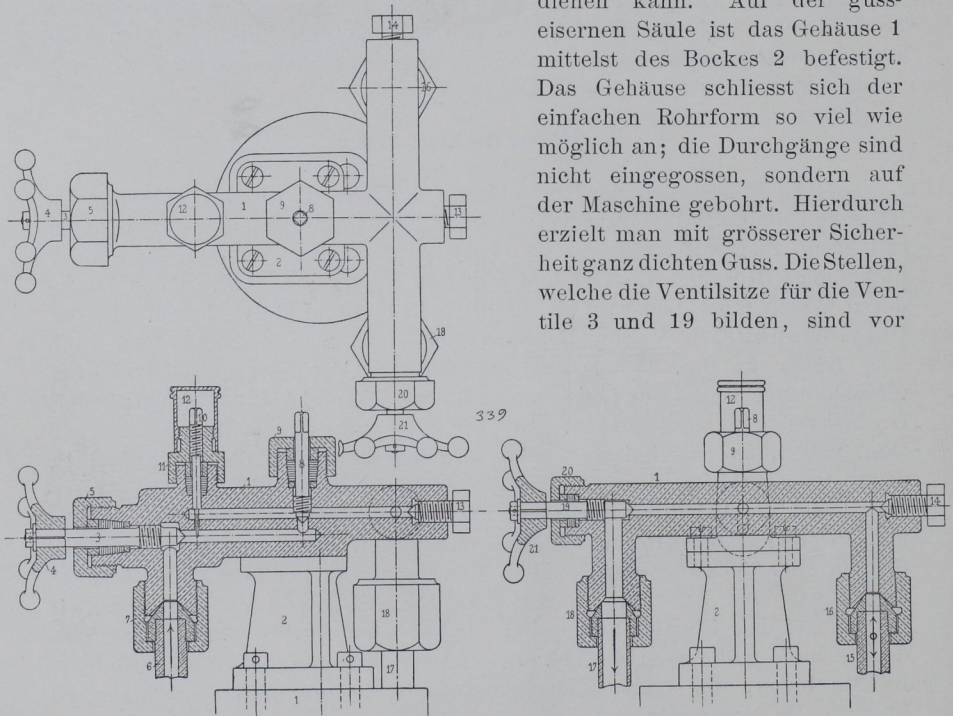


Fig. 339.

der endgültigen Formgebung mit eingeführten Stahldornen möglichst hartgeschlagen, und ebenso sind die Ventilenden der Spindeln behandelt. Diese sind übrigens alle aus guter zäher und dichter Metallegierung gefertigt, weil Eisen zu sehr angegriffen und daher oft undicht wird. Wo irgend möglich, wurde vermieden, das Druckwasser gegen die Ventilsitze wirken zu lassen, weil bei dieser Konstruktion sich immer der Uebelstand ergab, dass die bei herrschendem Presswasserdruck nur leicht geschlossenen Ventile sich im drucklosen Zustande ausserordentlich schwer öffnen liessen und zwar um so schwerer, je länger die Spindel vom Ventilsitz bis zur Spindelschraube war. Der starke, der Spindel entgegenwirkende Wasserdruck veranlasst elastische Verkürzungen des genannten Spindelendes und daher entstehen dann im Leerzustande übermässig starke Pressungen im Ventilsitz; beim gewaltsamen Öffnen wird leicht Undichtigkeit erzeugt. Aus

diesem Grunde ist überall die Regel befolgt, die Spindellänge zwischen Sitz und Schraube möglichst kurz und die Spindel an dieser Stelle dick zu machen. Zum dichten Abschluss eines guten Ventils ist kein übermässig grosser Druck erforderlich; feine Gewinde geben leichter Veranlassung zu übermässiger Drucksteigerung als grobe, sie leiden leichter als grobe, und aus diesem Grunde wird für alle viel bewegten Ventile ein verhältnissmässig grobes Spindelgewinde benutzt. Ausserdem sind an Stelle von Handrädern und Schlüsseln zur Bewegung der Ventile ganz kleine mit Kugelknöpfen besetzte Handräder benutzt, die wohl ein bequemes und sicheres Anpacken mit der Hand gestatten, aber doch einem häufigen übermässigen Anziehen dadurch entgegenwirken, dass sie Schmerz verursachen und den Beobachter auf seine üblen Gewohnheiten aufmerksam machen. Ventile, die zur Feineinstellung dienen, sind mit verhältnissmässig feinem Gewinde versehen und so konstruirt, dass sie möglichst selten bewegt zu werden brauchen.

Von den in Fig. 339 gezeichneten Ventilen dient 3 als Hauptabsperrentil für die Hochdruckleitung 6. Der Druck kommt von hinten auf den Sitz. Das Ventil 19 verschliesst die Abflussleitung 17; 13 und 14 sind einfache Verschlusschrauben. Dichtung und Stopfbüchsen für die Ventilschraube liegen meistens hinter der Spindelschraube. Das Abschlussventil 3 öffnet der Hochdruckleitung den Zugang zu den Regulirventilen 8 und 10. Von diesen dient 8 für den gewöhnlichen Gebrauch und 10 für die Regulirung auf ganz langsamen Gang, so wie er für das Arbeiten mit Spiegelapparaten erforderlich ist. Dieses Ventil wird einmal für diesen Gang eingestellt und in der Regel nicht verändert. Um die Veränderung durch Unberufene abzuhalten, wird eine Kapsel 12 übergeschraubt. Da die Entlastung der Maschine durch das Abflussventil 19 und ebenso das Oeffnen und Schliessen der Druckleitung durch 3 ganz unabhängig von 8 und 10 erfolgen, so können diese Regulirventile sehr wohl von einem Versuch zum anderen unberührt bleiben, so dass man eine einmal ausprobierte Geschwindigkeit immer wieder benutzen kann. Die Dichtung aller Rohranschlüsse ist mit bestem Erfolg mit einfachen Kegeldichtungen geschehen (467).

**470.** Alle Maschinen der Charlottenburger Versuchsanstalt sind ausser mit der Hochdruckleitung auch noch mit der städtischen Wasserleitung verbunden, so dass alle ihre Leergangsarbeit mit dem Druck der Wasserleitung bewirkt werden kann. Zu dem Zweck ist die Wasserleitung überall an die Säulen für die Regulirventile herangeführt und durch einen Dreiweghahn mit der Abflussleitung 17 der Maschine verbunden. Nach dem Oeffnen von Ventil 19 und je nach Stellung des Dreiweghahnes, kann man also Wasserleitungsdruck geben oder den Wasserabfluss aus der Maschine bewirken.

**471.** Für die Charlottenburger Anstalt konstruirte ich das in Fig. 340 in  $\frac{1}{3}$  natürlicher Grösse dargestellte Regulirventil, welches den Zweck hat, den Flüssigkeitsdruck in einem zu prüfenden Gefäss [Rohr, eiserne Flasche, Presscylinder einer Probirmaschine u. s. w.] selbstthätig zwischen einer bestimmten unteren und oberen Grenze wechseln zu lassen. Aufgaben dieser Art entstanden der Versuchsanstalt aus Dauerversuchen mit Kohlensäureflaschen, die viele tausendmal abwechselnd belastet und entlastet werden sollen. Auch die in Aussicht genomme Untersuchung

von Dampfleitungsrohren bei oft wechselnden Drucken und gleichzeitigem Wechsel zwischen kalt und warm werden ähnliche Anforderungen stellen.

Die Konstruktion des Regulirventils für oftmaligen Druckwechsel ist kurz folgende.

In die Zuleitung zum Gefäss ist der Ventilkörper 1 Fig. 340 A—E durch Rohr 16 eingeschaltet. Sollen mehrere Gefässe gleichzeitig unter

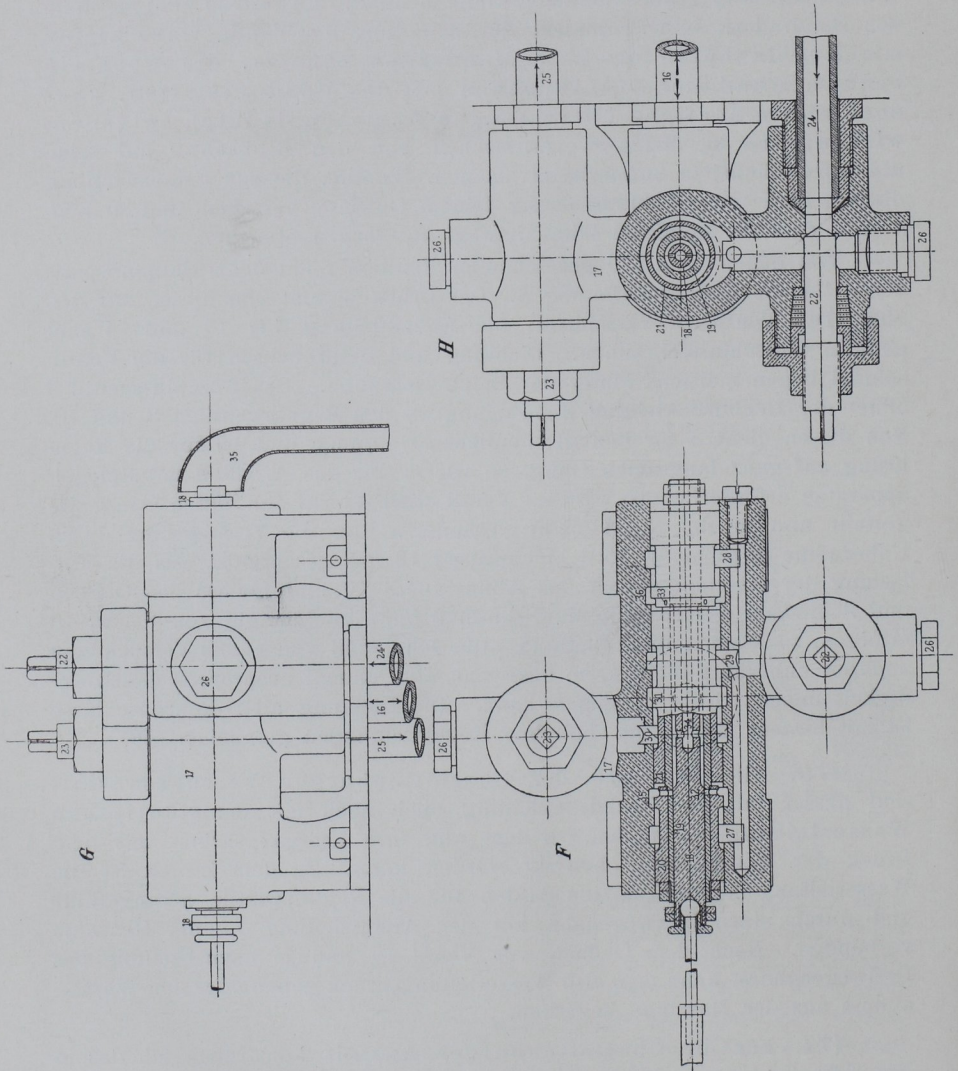


Fig. 340a.

gleichen Bedingungen geprüft werden, so werden diese, jedes für sich durch Ventile 13 absperrbar, mittelst der Rohre 14 angeschlossen. In dem Gehäuse 1 ist der sauber eingeschliffene Kolben 3 vorgesehen, der den steigenden Druck durch das Federgehäuse 5 und die Hebel 6 auf die Regulirfedern 7 für die obere Druckgrenze überträgt. Der Kolben ist in seiner Verlängerung mit dem Umsteuerventil verbunden. Dieses wird er

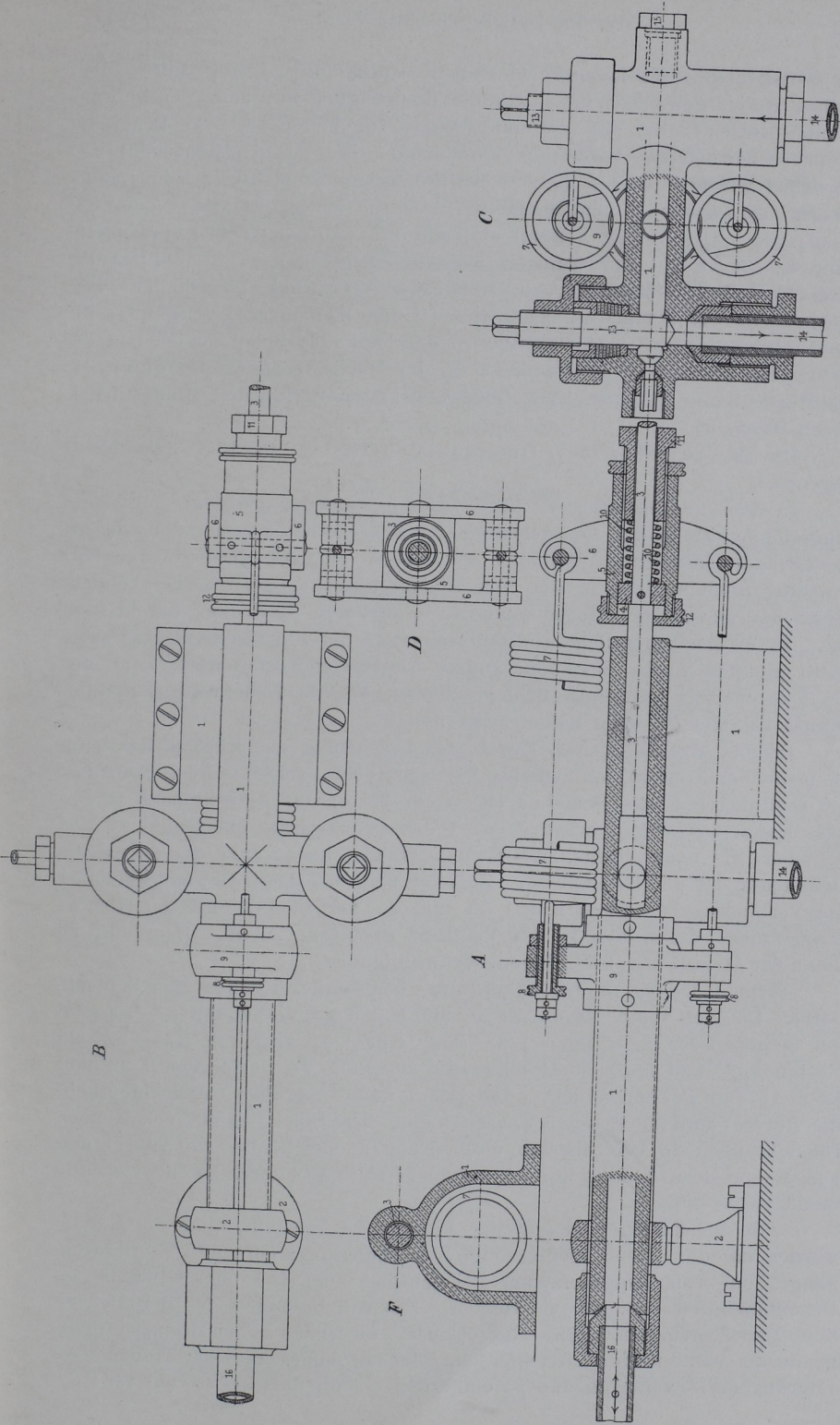


Fig. 340 b.

auf Ausströmung [Entlastung] einstellen, sobald der Druck unter dem Kolben soweit gewachsen ist, dass die ursprünglich auf dem Ventilkörper ruhende Mutter 12 um ein bestimmtes Maass abgehoben ist. Der Druck im zu prüfenden Gefäss wird nun abnehmen. Da das Umsteuerventil so konstruiert wurde, dass es beim Kolbenrückgang zunächst in seiner Lage beharrt, so wird beim abnehmenden Druck die Mutter 12 sich wieder auf 1 auflegen. Der Kolben 3 kann nunmehr erst dann tiefer in 1 eindringen, wenn der Druck in der Leitung so weit abgenommen hat, dass die Regulirfeder 10 für den Mindestdruck, den Flüssigkeitsdruck überwindet. Das kleine Spiel von 6 mm, welches Feder 10 dem Kolben ertheilt, genügt für die Umsteuerung des Steuerventils, so dass nun das Spiel von Neuem beginnt. Die Einstellung der Federn 7 für den Höchstdruck erfolgt durch die Stellwerke 8 und 9. Die Einstellung der Feder 10 für den Mindestdruck durch Schraube 11.

Die Konstruktion des Umsteuerventils ist in Fig. 340 *F—H* gegeben.

In dem Ventilgehäuse 17 liegen drei in einander gesteckte entlastete Ringschieber 18 bis 21, von denen 18, mit dem Kolben 3 verbunden, dessen Bewegungen mitmacht. Schieber 19, 20 ist ein aus zwei Stücken hergestellter Schleppechieber, der von 18 erst mitgenommen wird, nachdem dieser den gewährten, durch Muttern regulirbaren Spielraum durchlaufen hat. 21 ist der eigentliche Umsteuerschieber, der durch das Druckwasser selbst plötzlich in die eine oder andere Endlage geworfen wird, wenn der als Umsteuerung dienende Schleppechieber 19 die Druckwasserzuleitung [Kanal 35 oder 36] zum Schieber 21 öffnete.

Schiebt Kolben 3, Fig. 340 *F*, bei Erreichung des Höchstdruckes im zu prüfenden Gefäss, den Schieber 18 nach rechts, so schliesst er zunächst die Oeffnungen 32 im Schieber 19. Geht 18 darauf so weit nach rechts, dass Kanal 35 geöffnet wird, so wirft das Druckwasser aus Kanal 27 den Schieber 21 nach rechts, wobei das Wasser aus Kanal 36 durch die Oeffnungen 33 und 34 abfließt. Zugleich wird bei dieser Bewegung von 21 die Verbindung zwischen Kanal 30 und 31 hergestellt, und das Druckwasser fließt durch Rohr 16 und Ventil 23 nach Rohr 25 ab. Das Ventil 23 dient zur Regulirung der Abflussgeschwindigkeit.

Schiebt Kolben 3 bei Erreichung des Mindestdruckes den Schleppechieber 19 nach links, bis Kanal 36 mit Kanal 28 verbunden ist, so wird der Schieber 21 nach links geworfen. Kanal 31 tritt mit Kanal 29 in Verbindung, und nun tritt Druckwasser aus Rohr 24 durch Ventil 22 und Rohr 16 zum Prüfungsobjekt. Der Druck wächst mit einer Geschwindigkeit, die durch Ventil 22 geregelt werden kann. Das Spiel beginnt von Neuem. Die Schrauben 26 verschliessen die Bohrungen oder können zur Anbringung von Manometern benutzt werden. Rohr 35 führt das durch 34 entweichende Steuerwasser ab.

Alle Bohrungen sind mit der Maschine hergestellt, und die Kanäle werden mit dem Kopfräser erzeugt. Die Zuleitungsrohre und Ventildurchgänge sind weit bemessen, um gelegentlich auch Oel oder Glycerin als Druckflüssigkeit benutzen zu können. Das soll besonders für den Betrieb von Dauerversuchsmaschinen geschehen, die nach dem Konstruktionsgrundsatz von Amsler-Laffon [Amagat] mit eingeschlifenen Kolben ohne Bohrung (477) versehen und so eingerichtet sind, dass sie sowohl für Zug-

oder Druckbeanspruchung als auch für Wechsel zwischen Zug- und Druckbeanspruchung benutzt werden können. Im letzteren Falle muss selbstverständlich noch eine besondere Umschaltung für den Wechsel zwischen Zug und Druck vorgesehen oder das Steuerwerk mit den entsprechenden Kanälen versehen werden. In ähnlicher Weise lässt sich auch die Anordnung für die Versuche mit Rohren treffen, die zugleich mit Druckwechsel und mit Wärmewechsel geprüft werden sollen.

Einfachere Umsteuerungen vorgenannter Art sind in der Charlottenburger Anstalt für verschiedene Zwecke mit sehr gutem Erfolge, z. B. für die selbstthätige Einstellung von Laufgewichten an Festigkeitsprobirmaschinen (524) benutzt worden, so dass auch für die oben beschriebene Konstruktion gutes Arbeiten erwartet werden kann.

Andere Ventilkonstruktionen werden gelegentlich bei den Maschinen besprochen oder in den Zeichnungen gegeben.

## 5. Presseylinder.

**472.** Ueber die Konstruktion der Presseylinder ist im Allgemeinen Folgendes zu bemerken.

Die Presseylinder werden meistens aus Gusseisen oder Stahlguss gefertigt, selten kommt geschmiedeter Stahl in Anwendung. Die Kolben pflegt man häufig mit einer Haut von Messing oder Kupfer zu überziehen, um sie vor Anfressungen durch saures Wasser oder saure Schmiere zu schützen. Zu den Dichtungen werden in der Regel Uförmige Lederstulpe [Brahmastulp] benutzt, die bei sorgfältiger Herstellung und Behandlung ein ganz vorzügliches Dichtungsmittel bilden; sie können viele Jahre lang so dicht bleiben, dass sie keinen Tropfen Wasser durchlassen. Dies ist ein Erforderniss, das in der Probirmaschine bei Benutzung von Spiegelapparaten für die Feinmessung unter allen Umständen erfüllt sein muss. Selten wendet man Stopfbüchsendichtung mit Hanfzöpfen u. s. w. an, besonders nicht bei hohen Wasserdrucken.

**473.** Eine sehr grosse Maschine, deren Kolben mit Hanfliderungen versehen ist, ist die nach Form Fig. 315 (445) konstruirte Kellogg-Maschine der Union Bridge Co. in Athens, Pa., für 600 t Kraftleistung (L 48 1887 I S. 413, 42 1887 S. 1). Die Konstruktion von Cylinder 1, Kolben 3 und Cylinderdeckel 2 ergibt sich aus Fig. 341, S. 310. Diese drei Theile sind aus Stahlguss gefertigt. Die vier Kolbenstangen 5 von je 145 mm Durchmesser sind im Deckel durch Stopfbüchsen 6 mit Hanfpackung gedichtet, und gleiche Dichtung haben auch die Stopfbüchsen des Kolbens, während die Deckel gegen den Cylinder dieser gewaltigen Maschine mit eingelegten Kupferringen gedichtet sind.

**474.** Eine noch grössere Maschine nach der gleichen Bauart, für 1200 t Kraftleistung, besitzt die Phönix Iron Co. zu Phönixville (L 48 1891 S. 142). Sie hat 1630 mm Kolbendurchmesser, und die Kolbenstangen haben 216 mm Durchmesser. Die Hanfliderung wurde gewählt, weil man annahm, dass diese wassergetränkte Liderung weit weniger Reibung erzeuge als die Liderung mit Uförmigen Lederstulpen, und auf eine geringe Reibung musste Werth gelegt werden, weil die Maschine keine Wage besitzt. Die ausgeübte Kraft wird aus der Manometerablesung bestimmt.

**475.** Die grosse 1200 t-Kellog-Maschine arbeitet bei einem Kolbendurchmesser von 1630 mm nur mit einem Wasserdruck bis zu 60 at. Dabei wird sich die Hanfliderung vielleicht noch so dicht erhalten lassen, dass es für rohe Versuche ausreicht; aber für Versuche mit Feinmessungen, bei denen die Kolbenliderung absolut dicht sein muss, wird wohl nur der Lederstulp, vielleicht auch der eingeschliffene Kolben (477) benutzbar sein.

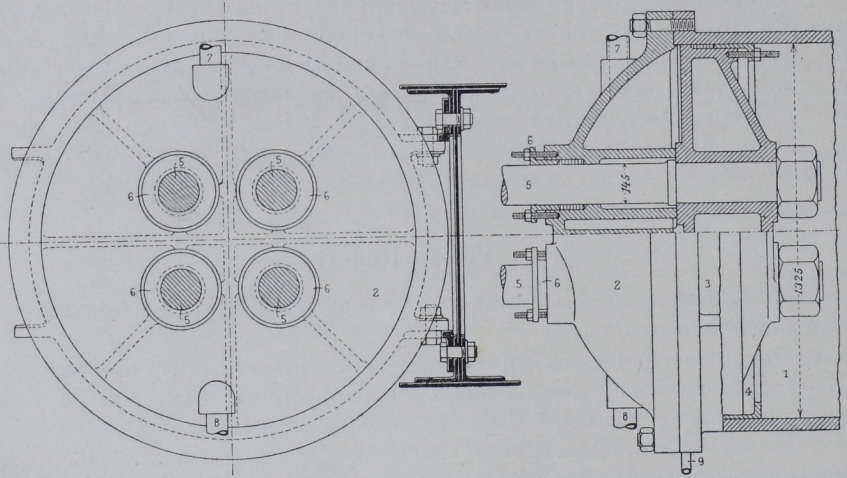


Fig. 341.

Die Frage nun, wie gross ist der Reibungswiderstand in den Dichtungen? spielt bei solchen hydraulisch wirkenden Probirmaschinen, bei denen die Kraftmessung durch Beobachtung der Pressung des Druckwassers im Presseylinder erfolgt, eine sehr wesentliche Rolle. Weil aber Maschinen dieser Art wegen ihrer grossen Einfachheit und wegen Abwesenheit verwickelt gebauter und empfindlicher Maschinenteile für die Praxis von grosser Bedeutung sind, so will ich hier mittheilen, was ich in der Literatur über die Untersuchung der Reibung in den Liderungen fand. Ich würde meinen Lesern für die Mittheilung weiteren Stoffes sehr dankbar sein und hoffe, dass man der Charlottenburger Anstalt einmal Gelegenheit geben wird, das Beobachtungsmaterial zu mehren.

Durch Versuche mit Säulen aus Flusseisen hat man die grosse Phönixville-Maschine mit der grossen Emery-Maschine in Watertown, Mass., verglichen. Dabei wurde der gleiche Dehnungsmesser mit Rollenübersetzung benutzt, der auf 0,0001 Zoll = 0,0025 mm abgelesen wurde. Man erhielt am Manometer der Phönixville-Maschine um 15 bis 17% höhere Werthe als an der Emery-Maschine und schreibt diesen Unterschied den Reibungswiderständen und den Fehlern im Manometer der Phönixville-Maschine zu. Wenn man die beim Vergleich gefundene Korrektur benutzt, glaubt man die Angabe der Phönixville-Maschine bis auf einen Fehler von etwa 3% gleich derjenigen der Emery-Maschine setzen zu können. [Es würde werthvoll sein, zu wissen, mit welcher Sicherheit dieser Vergleichwerth auf die Dauer als gleichbleibend angenommen werden kann.] (L257.)

**476.** Versuche über die Reibung an Lederstulpen sind beispielsweise von Marié (L 212) ausgeführt.

Die Schlussergebnisse von Versuchen von Cooper sind in Fig. 342 (L 213) eingetragen. Cooper stellte seine Versuche mit dem in Fig. 343



abgebildeten Apparat an. Der Cylinderring 1 ist gegen den durchgehenden Kolben 2 durch zwei Lederstulpen 3 abgedichtet. Die am Kolben anliegenden Stulpenränder  $a$  verschmälerte Cooper allmählig von 28 mm

Reibungswiderstände von Lederstulpen in hydraulischen Pressen.  
(Nach Transact. Americ. Soc. Civ. Eng. 1887, S. 30.)

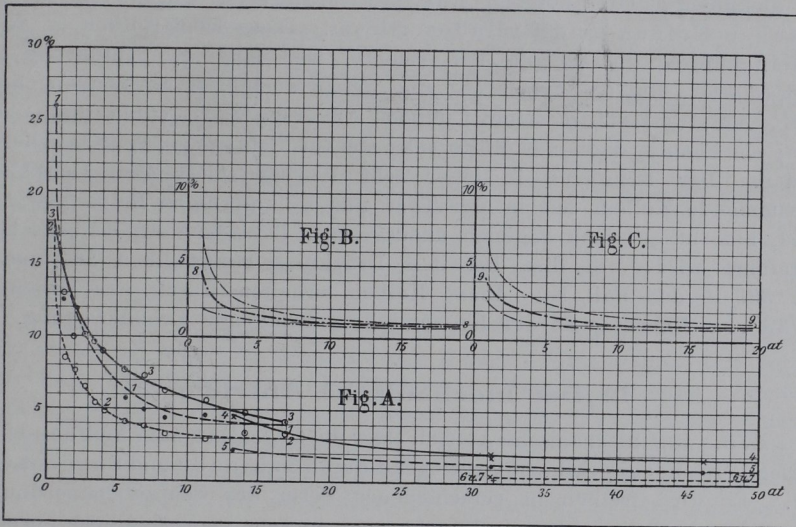


Fig. 342.

- 1—3 Kolbendurchm. 12,7 mm; 1, neues und steifes Leder; 2, gebrauchtes; 3, neues Leder.
  - 4 u. 5 „ 102 mm; 4, Leder neu und steif, spärlich gefettet; 5, gut behandelt und gut gefettet.
  - 6 u. 7 „ 203 mm; 6, „ „ „ „ „ „ „ 7, „ „ „ „ „ „ „
  - 8 „ 230 mm; 8, 16 Versuchsreihen mit Stulpen von verschiedener Breite. „ „ „
  - 9 „ 150 mm; 9, 24 „ „ „ „ „ „ „
- In 8 und 9 Mittel starke Linien; Maximum und Minimum feine Linien.

No. 1—7 Versuche von Hick's; No. 8 und 9 Versuche von Cooper.

Zu 4—7: Die Reibung nimmt mit wachsendem Druck beständig ab und wird für  $n=400$  at kleiner als 0,5%.

auf 3 mm. Durch Rohr 7 wird Druckwasser zugeführt, und der Druck wird durch Manometer 6 gemessen; er wurde bis auf 20 at. gesteigert.

Für verschiedene Drücke wurde die zur Einleitung der Kolbenbewegung erforderliche Kraft  $P$  bestimmt. Diese Kraft  $P$ , ausgedrückt in Procenten derjenigen Kraftleistung, die der Kolben vom Durchmesser  $d$  bei den angewendeten Wasserdrucken ausüben würde, ist in Fig. 342 A und B, für zunehmenden Druck geordnet, eingetragen. Man erkennt den Einfluss des Zustandes, den das für die Stulpen benutzte Leder hat, und den Einfluss des Kolbendurchmessers. Die Reibung beträgt bei hohen Pressungen weniger als 1%.

Für Pressungen bis zu 400 at.

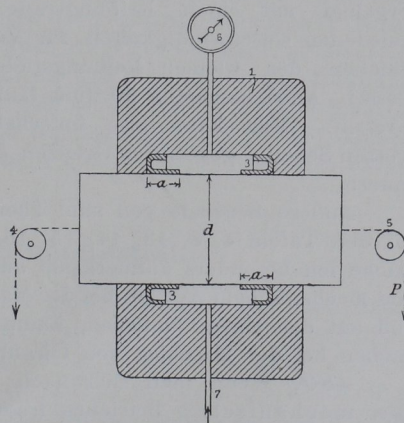


Fig. 343.

hat Hick (*L 214*) nachgewiesen, dass die Kolbenreibung bis auf weniger als  $0,5\%$  sinkt. Vergl. Fig. 342 C.

**477.** Amsler-Laffon vermeidet bei seinen Probirmaschinen Taf. 14 und Fig. 333 (*453 S. 932*) die Dichtung ganz, indem er nach dem Grundsatz von Amagat (*L 234*) den Kolben in den Cylinder so genau einpasst, dass das dickflüssige Oel [Ricinus] nur sehr langsam durch die Fuge zwischen Kolben und Cylinder fließt. Diese Konstruktion ist auch insofern hübsch, als sie gute und sichere, weil lange Kolbenführung bedingt (*603b*). Um die Arbeit gut und genau ausführen zu können, konstruiert Amsler-Laffon seine Cylinder 16 [Fig. 333] unten und oben offen; sie können dann mit Hülfe sehr starker Bohrstangen gut bearbeitet werden. Der sozusagen in einer sehr langsam fließenden Oelschicht schwimmende Kolben hat in der That nur sehr geringen Reibungswiderstand, namentlich wenn zugleich unausgesetzte Bewegung des Kolbens herbeigeführt wird, wie dies bei den Druckumsetzungskolben 26 und 3 Fig. 333 A der Fall ist. Diese Kolben erhalten durch das Gestänge 28, 30 vom Excenter 35 aus hin- und herschwingende Drehbewegung.

### b) Der mechanische Antrieb.

**478.** Der mechanische Antrieb [hier als Gegensatz zum hydraulischen Betrieb verstanden] geschieht vorwiegend durch Schraube und Schneckenrad. Er wird freilich in verschiedener Form der Schraubenanordnung ausgeführt, aber diese Konstruktionen sind so sehr eigenthümliche Formen des allgemeinen Maschinenbaues, dass ich sie hier nicht in den Kreis der Besprechungen ziehen will; man wird die für die Festigkeitsmaschinen benutzten Formen ja ohne weitere Erläuterung aus den zahlreichen Zeichnungen der Tafeln 3—20 verstehen.

Das Schneckenrad hat entweder einen Antrieb von Hand oder von der Wellenleitung aus. Im letzteren Falle ist die Einrichtung insofern wechselnd, als man den Antrieb für eine oder mehrere Geschwindigkeiten oder mit schnellem Rückgang einrichten kann. Ich will hier nur wenige Konstruktionen als Beispiel anführen.

**479.** Mohr & Federhaff liefern für ihre Maschinen ein Deckenvorgelege mit einem Reibungsrade, Taf. 6, Fig. 3 und 4. Die verschiedenen Geschwindigkeiten für Vor- und Rückgang werden durch Verschieben des kleinen Reibungsrades 31 gegen die Drehungsaxe der grossen Antriebsscheibe 30 [mit Hülfe von Schnurzug und Schraube 32] geregelt. Man kann also innerhalb der durch den Durchmesser der grossen Scheibe gegebenen Grenzen die Geschwindigkeit ganz nach Wunsch ändern.

Andere Beispiele von zum Theil recht verwickelter Konstruktion sind auf den Tafeln 4, 8, 13, 14, 15, 16, 18 und 20 angegeben. Unter diesen mache ich besonders aufmerksam auf die Vereinigung von hydraulischem und mechanischem Antrieb bei der Maschine von Gollner [Taf. 13 Fig. 1—5] und auf den eigenthümlichen, kaum nachahmenswerthen Antrieb mit Keilflächen bei der Maschine von Chamond [Taf. 15 Fig. 15].

**480.** Wenn man sich nach den Vorzügen des hydraulischen oder mechanischen Betriebes fragt, so kann man zu folgenden Ueberlegungen kommen.

Für kleinere Kräfte ist wohl unter allen Umständen der Schraubenantrieb der bequemere. Namentlich so lange, als die Kraftquelle noch von der Hand des Beobachters leicht geliefert werden kann, wird man bei einzeln aufgestellten Maschinen kaum zum hydraulischen Antrieb übergehen. Auch dann wenn Wellenleitungen für den maschinellen Betrieb zur Verfügung stehen und man nur einige leichte Probirmaschinen aufstellen will, wird man beim Schraubenantrieb bleiben, den man dann zweckmässig mit Einrichtungen, ähnlich dem Mohr & Federhaffschen Antrieb (479) [Taf. 6 und 7], versieht. Wenn jedoch grosse Kraftleistungen der Probirmaschinen erforderlich sind, wird der Schraubetrieb unbequem, und man kommt beim Betriebe mit Hochdruckwasser am einfachsten fort. Das gilt aber für schwächere Maschinen auch dann, wenn entweder eine vorhandene Druckleitung benutzt oder für mehrere Maschinen eine Hochdruckleitung angelegt werden kann. Der hydraulische Betrieb bietet unter diesen Verhältnissen so viele Vortheile und Annehmlichkeiten, dass er dem Schraubenantrieb vorzuziehen ist.

Man pflegt für den Schraubetrieb die Stetigkeit und Stossfreiheit der Bewegung sowie den Umstand in's Feld zu führen, dass man bei ihm jede Last beliebig lange auf den Probestab wirken lassen kann, ohne einen anderen Abfall der Spannung im Stabe befürchten zu müssen, als denjenigen, der durch die Formänderungen im Stabe bedingt ist. Für die Ausführung von Feinmessungen liegt natürlich hierin ein grosser Vorzug. Diese Forderung bildet aber sonst im Versuchswesen eine seltene Ausnahme, die in wissenschaftlichen Laboratorien allerdings eintreten kann. In der Regel kann man die Lederstulpen der hydraulischen Pressen ganz leicht in einen solchen Zustand bringen, dass sie fast kein Wasser durchlassen, so dass auf einige Zeit auch die hydraulischen Pressen ohne Neueinstellung den Druck auf gleicher Höhe halten; immerhin erfordert dies aber saubere Instandhaltung der Maschine. Es macht dann gar keine Schwierigkeiten, die Feinmessungen mit Spiegelapparaten u. s. w. in völliger Ruhe vorzunehmen. Die Druckwasserzuführung und damit die Geschwindigkeit der Versuchsausführung lässt sich bei geeigneter Ventilanordnung (469 Fig. 339) in bequemster Weise innerhalb weiter Grenzen regeln.

**481.** Wie man aber auch den Antrieb gestalten möge, man sollte stets den Grundsatz beachten, dass die Bedienung möglichst wenig Personal erfordert und dass womöglich der Beobachter selbst alle erforderlichen Handgriffe thun kann um den Gang der Maschine seinem Willen anzupassen, ohne von seinen sonstigen Obliegenheiten irgendwie abgehalten zu werden. Alle Handhaben [Ventile, Hebel, Aufsetzvorrichtungen u. s. w.] müssen also leicht gehen und in bequemster Weise zugänglich sein.

### c) Das Maschinengestell.

**482.** Das Maschinengestell hat im Wesentlichen die erste Hauptaufgabe, die im Spannwerk erzeugte und durch den Probekörper auf das Messwerk übertragene Kraft rückwärts wieder auf das Spannwerk zurück zu führen, also gewissermassen den Kreislauf zu schliessen. Seine zweite Aufgabe ist, das Ganze am Ort zu erhalten, also sämtliche Schwerkkräfte und äusseren Kräfte auf den Erdboden zu über-

tragen, sowie die beim Bruch der Probe entstehenden Stösse aufzunehmen und unschädlich zu machen. Seine dritte Aufgabe ist, für die gegenseitigen Bewegungen der einzelnen Maschinenteile die richtigen und zweckmässigen Gleitbahnen und Stützpunkte zu bieten, sowie endlich die Befestigungsflächen für Nebenapparate, Messinstrumente u. s. w. zu gewähren. Alle diese Aufgaben bedingen also eine grosse Mannigfaltigkeit der Ausführungsformen, die zum Theil schon gegeben sind durch die Wahl der allgemeinen Bauart der Maschinen (439 u. f.), aber von dem besondern Geschick und der Tüchtigkeit des Konstrukteurs in hohem Maasse abhängen. Es ist an sich schon nicht immer ganz leicht, den letzten Gedanken des Konstrukteurs einer Maschine nachzuspüren, und bei der grossen Zahl der Möglichkeiten ist es noch weniger leicht, selbst nur die Hauptgrundsätze für die Konstruktion in feste Formen zu bringen. Ich kann mich daher auf Beschreibung und Besprechung der Einzelheiten des Maschinengestelles nicht einlassen, und muss mich darauf beschränken, einige allgemeine Bemerkungen zu machen, diese durch einige Beispiele erläuternd.

**483.** Ausserordentlich klar wird der zuerst entwickelte Grundsatz des Kreislaufschlusses durch das Maschinengestell an der Prüfungsmaschine von Emery (*L 211*), wie sie von der Firma W. Sellers in Philadelphia, Pa., gebaut wird [Taf. 18]. In dem dicken Cylinder links, Fig. 344, ist das Messwerk (559) verborgen, der Antrieb [hydraulische

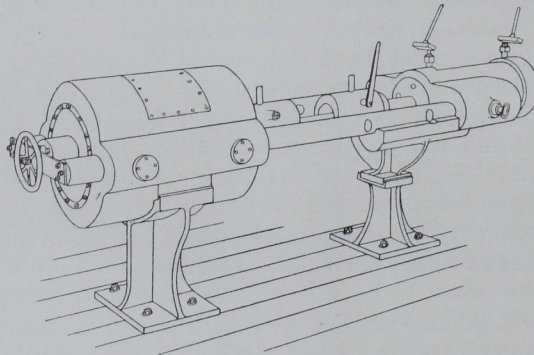


Fig. 344.

Presse] liegt am rechten Ende der Maschine, deren Gestell in der Hauptsache durch die beiden schweren Spindeln gebildet wird, die Messwerk und Spannwerk mit einander verbinden. Das Ganze wird von zwei verhältnissmässig schwach erscheinenden Füssen getragen, da diese nur die Schwerkkräfte und einige aus den Massenwirkungen beim Bruch der Probe entstehende Nebenkräfte auf den Erdboden übermitteln. Die Maschine dient für Zug und Druckversuche, und demgemäss werden die Spindeln, im ersten Falle auf Druck, im zweiten auf Zug beansprucht, der Kreislauf wird also in der einfachsten Weise geschlossen. Die Kräfte im Maschinengestell sind in geschicktester Weise übertragen. Denn die beiden einzigen Biegemomente sind in die massigen Gussstücke von sehr grossem Widerstandsmoment verlegt, in den Cylinder und in das Gehäuse des Kraftmessers.

Man darf bei dem Maschinengestell niemals vergessen, dass selbst sehr massige Theile schliesslich jeder Kraftäusserung [auch der kleinsten] Formänderungen folgen lassen, und diese können unter Umständen recht störend werden, wenn sie bei der Konstruktion nicht vorausgesehen und beachtet waren. Ein Beispiel dieser Art habe ich bei der Beschreibung meiner 50 t-Maschine ausführlich besprochen (L 162). Um den Studirenden diese Verhältnisse schlagend vor Augen zu führen, lasse ich bei den Uebungen in der Versuchsanstalt die Biegungen und sonstigen Formänderungen einzelner Theile des Maschinengestells der Probirmaschinen nöthigenfalls mittelst Spiegelapparaten bestimmen. Die Durchbiegungen des langen Hebelarmes an der Werder-Maschine wurden beispielsweise gefunden, indem man die Veränderung des Abstandes des Hebelendes von einer mit dessen Mittelkörper fest verbundenen Latte, sowohl im unbelasteten als auch im belasteten Zustande mass. Es ergab sich für die grösste Belastung [200 kg] der Wage eine Durchbiegung von etwa 0,30 cm. Fig. 345 zeigt die Darstellung der Messungsergebnisse für die Belastungen der Wagschale von 0 bis 200 kg [100000 k Kraftleistung]. Die dicke Linie zeigt die Ergebnisse der rohen Messung mit dem Millimeterstab, die feine Linie diejenigen der Messung mit dem Kathetometer. Die ausgezogene Linie bezieht sich auf die Belastung, die punktirte Linie auf die Entlastung.

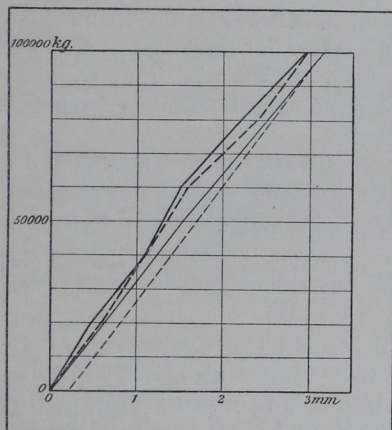


Fig. 345.

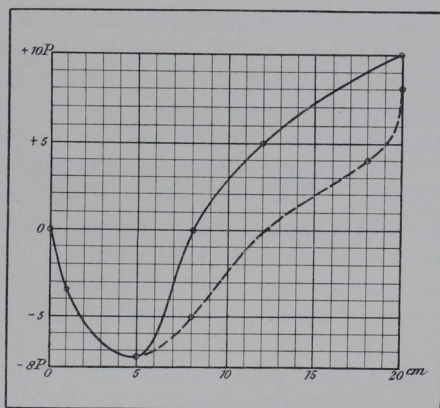


Fig. 346.

Einspielen der Libelle auf Theilpunkt P bei verschiedenen Kolbenstellungen.

— Herausgehen, - - - Hineingehen des Kolbens.

Von welchem Einfluss die Biegung einzelner Theile auf die Genauigkeit der Wage, selbst im Leergange, werden kann, beweisen folgende Untersuchungsergebnisse an der Werder-Maschine.

In einer besonderen Versuchsreihe wurde, zunächst bei völlig eingeschobenem Kolben, die Wage zum genauen Einspielen gebracht, dann wurde der Kolben nach und nach vorgeschoben und, ohne irgend eine Aenderung der Wage vorzunehmen, bei den verschiedenen Kolbenstellungen der neue Einspielpunkt an der Libelle nach den gebräuchlichen Methoden abgelesen. Fig. 346 stellt den Wechsel der Einspielpunkte für verschiedene Kolbenstellungen beim Herausgehen und Hineingehen des Kolbens dar. Nach oben und unten sind die Libellen-Theilungen [Mittel aus den Ablesungen an beiden Blasenenden] und nach rechts die Kolbenverschiebungen aufgetragen. Diese Verschiebungen des Einspielpunktes werden zum Theil von den Biegungen herrühren, die die Stützung 4 (Taf. 3, Fig. 2 u. 3) des Schlittens 9 erfährt, der Kolben und Wage trägt. Da die Resultirende der Schwerkraft der gestützten Theile sich um ebensoviel verschiebt, wie der Kolben, so müssen in dieser Stütze Biegungen [wenn auch sehr geringe] eintreten. Allein an dieser Ursache kann aber das Verhalten der Wage wohl nicht liegen, denn bei Wiederholungen der Versuche bekommt man zwar immer Aenderungen des Ein-

spielpunktes, aber der Verlauf dieser Aenderungen wechselt doch stärker als es sein müsste, wenn eine einzige Ursache vorhanden wäre.

Jedenfalls sind diese Thatsachen lehrreich und mahnen zu einer genaueren Untersuchung unserer Maschinen, als es gewöhnlich geschieht.

Sehr eingehend untersuchte Gollner (*L 220*) seine Maschinen; er fand für 20000 kg Belastung einen Fehler von etwa 1%.

Den Einfluss der Formänderungen im Maschinengestell und den Einfluss von Fehlern in der Arbeit des Mechanikers bezw. Maschinenbauers habe ich u. a. auch bei der Untersuchung der Fehlerquellen der kleinen Hartig-Reuschschen Maschinen für Papierprüfung [Taf. 11, Fig. 9—13] erwiesen (*L 215*). Auch in der Beschreibung meiner 50000 kg-Maschine (*L 162*) habe ich einen ganz charakteristischen Fall über den Gang und den Einfluss der Biegeformänderung in einem sehr schweren Maschinengestell eingehend besprochen und seine Folgen erläutert.

**484.** Eine Frage von grosser Bedeutung ist die, ob eine Maschine stehend oder liegend angeordnet werden soll. Die Entscheidung dieser Frage hat neben der Wahl der Maschinenform einen sehr erheblichen Einfluss auf die Ausbildung des Maschinengestells.

Im Allgemeinen wird man die stehende Anordnung der Maschine vorziehen müssen, weil dann die aus dem Eigengewicht der Probekörper entstehenden Nebenspannungen verschwinden, z. B. die Biegungsspannungen der Säulen bei Druck- und Knickversuchen. Aber die stehende Anordnung ist nur bei verhältnissmässig kurzen Maschinen möglich, wenn man nicht zu künstlichen Hilfsmitteln, wie Fahrstühlen für den Beobachter [stehende Maschine Bauschingers] u. s. w. greifen will.

Die Prüfung sehr langer Stücke bedingt die liegende Anordnung der Maschine. Diese hat meistens sehr gute Uebersichtlichkeit und bequeme Handhabung im Gefolge, erzeugt aber die Nothwendigkeit, alle diejenigen Maschinentheile, die frei beweglich bleiben müssen, zu führen, zu stützen oder aufzuhängen, weil andernfalls Nebenbeanspruchungen im Probekörper erzeugt werden.

**485.** Die Anordnung der Theile des Maschinengestells soll so getroffen sein, dass der Probekörper, die Wage und der Antrieb nach Möglichkeit frei vor Augen liegen und leicht zugänglich bleiben. Die Auswechselung der Einspann- und Auflagertheile für die verschiedenen Versuchsarten muss leicht ausgeführt werden können. Die Erneuerung von Manschetten u. s. w. muss vorgenommen werden können, ohne wesentliche Theile entfernen zu müssen. Dass man bei Beachtung der Hauptforderung manchen Vortheil haben kann, ergiebt sich beispielsweise bei Betrachtung der Sellers-Emery-Maschine. Sellers ordnet, wie viele andere Konstrukteure [Werder, Kellog, Hoppe u. A. Taf. 3, 10], seine schweren liegenden Maschinen so an, dass die beiden Spindeln des Maschinengestells in der wagerechten Mittelebene der Maschine liegen. Dann kann man diese eigentlich nur für Zug- und Druckversuche benutzen und allenfalls sie auch noch für Scheer- und Lochversuche u. s. w. einrichten, zu denen die erforderlichen Nebentheile zwischen den beiden Spindeln Platz haben. Für Biegeversuche an einigermaassen grossen Stücken lassen sich diese Maschinen aber schlecht verwerthen. Dies würde nun ganz leicht, selbst an sehr grossen Stücken möglich sein, wenn die beiden Spindeln in der senkrechten Mittelebene der Maschine angeordnet wären, was bei der Sellers-Maschine verhältnissmässig leicht möglich ist. Dann lassen sich Brückenträger und ähnliche Stücke in wagerechter Lage bequem auf Biegung prüfen und die Uebersichtlichkeit und Zugänglichkeit ist auch

für die übrigen Versuchsarten wesentlich gefördert. Aehnliche Anordnung hat beispielsweise das Gestell der Buckton & Co.-Leeds-100t-Maschine. Taf. 17 Fig. 7.

Zu welchen ungeheuerlichen Formen gelegentlich die Anordnung der Kraftmessung bei stehenden Maschinen führen kann, wenn sie an das obere Ende der Maschine verlegt wird, kann man beispielsweise beim Vergleich der Maschinen von Wicksteed, Pfaff und Martens sehen [Taf. 16, Fig. 11 u. 12; Taf. 13, Fig. 15—17 und Taf. 5, Fig. 1 u. 3]. Alle drei Maschinen haben einen einzigen Wagehebel, aber bei der Maschine von Wicksteed ist bei verhältnissmässig grosser Länge des kurzen Hebels ein Laufgewicht benutzt. Dieses und damit der Wagehebel, nimmt ungeheuerliche Abmessungen an. Ueber dem Haupt des Beobachters schwebt eine ungeschickt schwere Masse, die durchaus nicht in schöne Verhältnisse gebracht werden kann und eine Reihe von Einrichtungen bedingt, die ganz gewiss nicht zur Verschönerung beitragen [Fangsäule, um den Schlag beim Bruch des Probestückes aufzunehmen, Triebwerke zur Bewegung des schweren Laufgewichtes]. Bei den beiden anderen Maschinen, von denen die von Pfaff ebenfalls für 100 000 kg Leistung eingerichtet ist, ist ein Hebel von grossem Uebersetzungsverhältniss und verhältnissmässig kleinen Hebellängen mit Aufsatzbelastung benutzt. Die Hebelmassen werden kleiner und können leichter in Einklang mit den ruhenden Massen der Maschine gebracht werden.

Angesichts dieser Umstände muss man sich die Frage vorlegen, ob wohl die Leistungsfähigkeit und Genauigkeit der unförmlichen Maschine von Wicksteed den andern beiden Maschinen so weit überlegen ist, dass dies die Wahl der Konstruktionsform rechtfertigt? Hiermit soll aber keineswegs gesagt sein, dass die Wicksteed-Maschine nicht auch ihre Vorzüge hat, denn ich spreche hier zunächst ganz allein von den äusseren Erscheinungen; aber die Frage nach der Grösse des Einflusses der Massenbeschleunigung kann man doch nicht ganz unterdrücken, namentlich wenn man hört, dass mit der Maschine Versuche in 1 Minute, ja sogar in  $\frac{1}{2}$  Minute ausgeführt werden. Der Wirkung der Massenbeschleunigung sollte man übrigens auch bei anderen Maschinen vermehrte Aufmerksamkeit schenken.

## C. Der Kraftmesser.

**486.** Für die Konstruktion der Kraftmesser von Probirmaschinen sind im Allgemeinen die gleichen Grundsätze maassgebend, wie für die Konstruktion der Wagen, Manometer u. s. w. an sich. Es kommen einige Besonderheiten hinzu, die einzeln mehr oder minder grosse Verbreitung beim Bau der Probirmaschinen gefunden haben. Die Wage, besonders die Brückenwage, ist oft in solchem Maasse Ausgangspunkt für die Konstruktion der Probirmaschine geworden, dass man dies der heutigen Maschine auf den ersten Blick ansieht. Ich mache auf die Maschinen von Mohr & Federhaff (Taf. 6 u. 7), Riehlé (Taf. 19), Olsen (Taf. 20), Fairbanks aufmerksam. Letzterer benutzt eine Wage mit sehr vielen Hebeln, die sehr stark an eine gewöhnliche Centesimalwage erinnert. Ich sah in Amerika nur ein oder zwei Exemplare der Fairbanks-Maschine; sie scheint nicht mehr gebaut zu werden, und ich begnüge mich daher mit der Aufzählung der Konstruktionsform an dieser Stelle. (*L* 45, 1884 Febr.; 12, 1884 S. 84, 113.)

Die Eintheilung der bei den Probirmaschinen in Anwendung kommenden Kraftmesser habe ich in schematischer Uebersicht bereits in Absatz 65 a—g S. 36 gegeben. An dieser Stelle ist auf das Wesen, auf die Konstruktionsbedingungen und Eigenthümlichkeiten der Kraftmesser etwas tiefer einzugehen. Ich will aber auch hierbei nur in grossen Zügen verfahren und in der Regel nur wenige Beispiele anführen. Die Einzel-