

Metallblechen erforderliche Arbeit durch einen Schaulinienzeichner aufzeichnen liess (*L 256*). Die Kräfte [Formänderungen des Maschinengestells] werden, unter Benutzung eines stark vergrößernden Hebelwerkes als Bewegung des Schreibstiftes, auf einer Tafel verzeichnet, die durch die Bewegungen des Lochstempels oder der Scheere verschoben wird. Man wird gegen diesen Vorgang die früher (*217*) bereits erhobenen Einwendungen geltend machen müssen, darf aber die Tragweite und den Nutzen der Fremontschen und Huntschen Anregungen deswegen nicht verkennen.

## d) Kraftmessung, hydraulisch.

### 1. Manometer.

**550.** Die einfachste Form der Kraftmessung ist die Messung der Pressung im hydraulischen Cylinder der Probirmaschinen. Sie kann durch Manometer der bekannten Formen geschehen, besonders durch Federmanometer, wenn hohe Pressungen zu messen sind oder auch durch Quecksilbermanometer, wenn die Pressungen klein sind. Es unterliegt keinem Zweifel, dass die Konstruktionen unserer Probirmaschinen sehr wesentlich vereinfacht werden könnten, wenn es gelänge, diese Messungsart so zu vervollkommen, dass die Fehler in der Kraftanzeige unter 1<sup>0</sup>/<sub>0</sub> fallen.

Dass es nicht aussichtslos ist, diesen Zustand zu erreichen, habe ich bereits mehrfach nachgewiesen (*476*). Dazu ist es nöthig, dass entweder die Kolbenliderungen reibungslos gemacht werden [Amagat, Marié, Amsler], oder dass man die Reibung der Liderungen kennt [Marié, Cooper, Hick] und dafür Sorge trägt, dass sie aufgehoben [Amsler, Wicksteed] oder gleichbleibend erhalten wird. Ferner ist es nothwendig, dass man Manometer anwendet, die möglichst fehlerlos und gleichbleibend in ihrer Anzeige sind [Doppel-Federmanometer, Quecksilbermanometer]; die Federmanometer müssen aus diesem Grunde besonders den plötzlichen Druckschwankungen entzogen werden (*412*).

Die Manometer sind im Allgemeinen so bekannte Einrichtungen, dass es völlig genügen wird, hierauf nur insoweit einzugehen, als es für das Materialprüfungswesen von Interesse ist (*L 234*).

**551.** Für die unmittelbare Messung der Pressung im hydraulischen Cylinder kommen nur Hochdruckmanometer in Frage, also die Stahl-Röhrenfedern von Bourdon. Man kann recht zuverlässige und empfindliche Instrumente mit Bourdonfedern bis zu mehreren tausend Atmosphären Druck haben, sollte aber stets zwei Instrumente [Doppelmanometer, Kontrollmanometer] gleichzeitig neben einander benutzen, um jede Veränderung sofort sichtbar zu machen. Die Versuchsanstalt hat ihre Manometer neuerdings nicht mehr nach Atmosphären theilen, sondern mit Kreistheilung versehen lassen und fertigt für jedes Manometer nach den Prüfungsprotokollen Tabellen an, aus denen die Belastungen entnommen werden. Dies ist geschehen, weil die Kreistheilungen viel sauberer hergestellt werden, als die groben Eintheilungen, welche in den Manometerfabriken üblich sind; man kann also schärfere Ablesungen machen. In Zukunft sollen diese Kreistheilungen auf einem drehbaren Ring angebracht werden, damit man eine Nullpunktsverlegung anbringen kann, für den Fall, dass Veränderungen im Uebertragungswerk eintreten. Um solche Aenderungen

sofort erkennbar zu machen, sind die Nullpunktsanschlage schon jetzt bei vielen Instrumenten der Anstalt entfernt worden; jede Veränderung des Apparates giebt dann Veranlassung zur Nachprüfung des Instrumentes. Ausserdem tritt noch eine Kontrolle von Zeit zu Zeit ein.

Hier sei noch besonders darauf aufmerksam gemacht, dass die Physikalisch-technische Reichsanstalt in Charlottenburg für die Prüfung von Manometern vorzügliche Einrichtungen besitzt und Manometerprufungen auf Antrag gegen geringen Entgelt ausführt. Vor kurzem ist hierüber von Wiebe (*L 234*) berichtet worden. Der Verfasser giebt im Auszuge die ausserordentlich lehrreichen Erfahrungen, die in der Reichsanstalt bei den Prüfungen von Manometern gemacht wurden. Aus seinen Mittheilungen kann man entnehmen, dass die Sicherheit der Anzeige bei den Hochdruck-Feder-Manometern in der Regel weit innerhalb der Grenzen von 1% bleibt. Zu verschiedenen Zeiten wiederholt geprüfte Hochdruck-Manometer der Reichsanstalt verlangten bei 200 at Pressung folgende Korrekturen:

Prüfung	1	2	3	4
a	- 0,57	- 0,69	- 0,36	- 0,41 kg
b	- 0,05	- 0,18	+ 0,15	+ 0,05 „
c	+ 0,01	- 0,11	+ 0,03	+ 0,04 „

Die Schwankungen in den Angaben bei den wiederholten Prüfungen kann man für unsere praktischen Zwecke wohl als sehr klein ansehen. Uebrigens würde sich die Korrektur bei dem Manometer *a* erheblich verringern lassen, wenn es mit einer drehbaren Skala versehen gewesen wäre (*551*), weil die bei den Beobachtungsreihen ermittelten Korrekturen für alle Drucke negativ und nahezu gleich gross waren; sie würden durch eine Nullpunktsverlegung erheblich verbessert worden sein (*543 b*).

Den wahrscheinlichen Fehler einer Bestimmung schätzte Wiebe bei seinen Prüfungen auf  $\pm 0,05$  kg. Wärmeschwankungen haben bei seinen Versuchen Veränderungen in den Angaben des Manometers von + 0,02 kg für 1 Grad bis 100 at Druck verursacht.

Für die unmittelbare Kraftaufzeichnung kann man die zahlreichen vorhandenen, selbst aufschreibenden Manometer benutzen, und in der That haben verschiedene Formen hierfür Verwendung gefunden. Auf die eine oder die andere werde ich gelegentlich zururckkommen.

**552.** Federmanometer zur unmittelbaren Kraftanzeige sind häufig benutzt worden. Ich nenne hier eine der ältesten Probirmaschinen, diejenige von J. Whitworth & Co. in Manchester [1850]; ihr Schema ist in Fig. 391a gegeben. Auf die grossen Maschinen nach der Bauart Kellogg habe ich schon verwiesen (*473* und *474*).

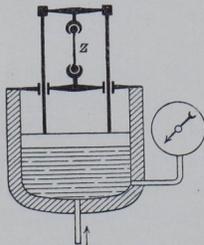


Fig. 391a.

**553.** Vielfach werden die Manometer und besonders die Quecksilbermanometer, erst nach einer mehr oder weniger grossen Pressungsverminderung eingeschaltet. Diese Verminderung wird entweder durch Einfügung von Hebelwerken oder von hydraulisch wirkenden Vorrichtungen erzielt.

Die hydraulischen Druckverminderer werden indessen nicht immer unmittelbar an die Presse angeschlossen, sondern man bringt sie oft mit dem Kraftmessapparat in Verbindung (*561a*). Ich will diese Vorkehrungen später gemeinsam mit den Messdosen u. s. w. besprechen, ohne Rücksicht darauf, ob die Pressung im hydraulischen Antrieb gemessen wird oder ob ein besonderer hydraulischer Kraftmesser benutzt wird. Ebenso werde ich die Besprechung der in Frage kommenden Einzelheiten im Bau von Quecksilbermanometern auch dort gelegentlich einschleppen. Hier sei nur noch

auf das aus Absatz 65f bereits Bekannte verwiesen und besonders hervorgehoben, dass der Einwand, der zuweilen gegen die Benutzung von Quecksilbermanometern wegen der Wärmeausdehnung erhoben wird, nicht gerechtfertigt erscheint, weil die Ausdehnung zu gering ist. Die Ausdehnungszahl für 1 C° beträgt:

$$3\alpha = 0,00018153,$$

also würde der Fehler in Procenten für einen Wärmeunterschied von 20 C° nur 0,36 betragen, während wir mehrfach 1% noch für zulässig erachteten. Wärmeschwankungen von 20 C° sind in unseren Versuchsräumen sehr selten. Die Fehler in den Uebertragungseinrichtungen, in den Theilungen und in der Ablesung dürften den Fehler wegen der Wärmeausdehnung meistens übertreffen, und letzteren kann man durch Eintheilung der Skala nach mittlerem Wärmezustand sehr klein machen.

Man darf bei den Quecksilbermanometern nicht ausser Acht lassen, dass die Ablesung bei einiger Länge der Säule leicht unbequem wird und dass die Ablesungsfehler schon aus diesen und aus anderen Gründen [Veränderlichkeit der Beleuchtung, Unruhe der Kuppe, ungleiche Ausbildung der Kuppe u. a. m.], an den verschiedenen Stellen eines langen Manometers verschieden ausfallen. Es fragt sich also immer wieder, ob nicht die handlicheren Federmanometer schliesslich doch den Vorzug verdienen, ganz besonders auch, wenn man erwägt, dass wegen der Beschleunigung der Masse dicke Quecksilbersäulen leicht über das Ziel hinauschiessen und den Stand zu hoch anzeigen, wenn man gezwungen ist, an der bewegten Quecksilbersäule abzulesen. Bei Maschinen mit Quecksilbermanometer wird man darauf achten müssen, dass die Geschwindigkeit beim Ansteigen nicht zu gross wird, wenn die Fehler aus der Massenbeschleunigung klein werden sollen.

## 2. Hydraulische Uebertrager und Messdosen.

554. Da es mir nicht darauf ankommt, eine systematische Darstellung der Formen zu geben, wie die Uebersetzung der Kraft vom Grossen ins Kleine oder umgekehrt ausgeführt zu werden pflegt, so will ich das, was ich zu sagen habe, an die Beschreibung solcher Konstruktionen anknüpfen, die bei Probirmaschinen vorkommen. Ich will dabei ohne grosse Auswahl die Reihenfolge nehmen, wie sie meinem Zweck entspricht.

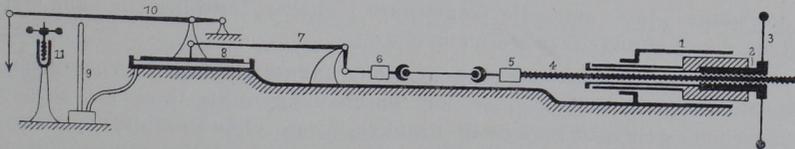


Fig. 392.

555. Bei der Maschine von Thomaset (*L 102*, II. 183, S. 23) ist die hydraulische Uebertragung in ihrer einfachsten Form angewendet; ich will sie, wie früher schon, kurz als Messdose bezeichnen. Das Schema der Maschine ist in Fig. 392, die Konstruktion auf Taf. 15, Fig. 3—6 gegeben.