

geben. Demgemäss hat z. B. Pfaff (Taf. 13, Fig. 15—17) die Hauptschneiden mit abgerundeten Flächen konstruirt. Ob dies von praktisch wesentlicher Schädigung für den Genauigkeits- und Empfindlichkeitsgrad der Festigkeitsprobirmaschine ist, vermag ich aus eigener Anschauung nicht zu sagen, da ich Maschinen mit solchen Schneiden noch nicht untersucht habe. Die Benutzung von Schneiden mit starker Abrundung hat jedenfalls den Vortheil, die Schneidenbeanspruchung wesentlich zu vermindern, also auch bleibende Formänderungen und Abnutzungen wirksam zu verhüten; man kann bei grossen Belastungen die Schneiden kürzer, also auch widerstandsfähiger gegen Biegungsbeanspruchungen machen.

Bei Beurtheilung aller dieser Verhältnisse muss man aber im Auge behalten, dass es völlig ausreichend ist, wenn unsere Festigkeitsprobirmaschinen **zuverlässig eine Genauigkeit von 1 0/0 in der Kraftanzeige besitzen.**

Grössere Genauigkeit ist thatsächlich schwer zu erreichen, aber auch nicht nothwendig, weil unsere Materialien selbst einen wesentlich grösseren Ungleichförmigkeitsgrad haben (*L 102, 128*).

#### 4. Hebelwage mit Aufsatzgewicht.

**507.** Die Hebelwage mit Aufsatzgewichten in ihrer einfachsten Form findet sich nur bei verhältnissmässig wenigen Maschinen, z. B. bei der Werder-Maschine (Taf. 3, Fig. 1—3). Diese Form der Wage bedingt meistens, dass zur Bedienung der Maschine neben dem Beobachter noch ein zweiter Mann erforderlich wird, der bei der Werder-Maschine allerdings gleichzeitig das Pumpwerk oder die Zulassventile zu bedienen hat. Probirmaschinen sollten aber stets so konstruirt sein, dass während des Versuches der Beobachter ganz allein die Maschine beherrscht und bedient, so dass er jeden Vorgang beobachten und für das Ergebniss in vollem Umfange allein die Verantwortung übernehmen kann.

**508.** Hebelwagen mit gleichbleibender Hebellänge und mechanisch aufsetzbaren Gewichten benutzen die Maschinen von Emery (502 Fig. 355), Gollner (Taf. 13, Fig. 1 u. 3, No. 47—56), Martens (Taf. 5, Fig. 1 u. 3—5, No. 27—61 und Taf. 13, Fig. 18—31). Die Gewichte werden bei den grossen Maschinen der beiden zuletzt genannten Bauarten mittelst Schraube und Handrad, bei meiner kleinen 5000 kg-Maschine (Taf. 13, Fig. 23 u. 24) mittelst Handhebel 33 und 34 und der Winkelhebel 21 bewegt, die die Rasten für die Gewichtsstücke 18 oder 25 senken und dadurch das Aufsetzen dieser Gewichtsstücke eins nach dem andern bewirken. Die Zahl der aufgesetzten Gewichte kann an dem Klinkbogen 35 neben der Einfallklinke der Hebel 33 und 34 abgelesen werden, so dass der Beobachter unmittelbar von seinem Stande aus die Belastung der Wage ablesen kann. Hebel 33 bewegt die grossen Gewichte 18 für je 1000 kg Belastung und Hebel 34 die kleinen Gewichte 25 für je 100 kg Belastung. Bei meiner 50000 kg-Maschine (Taf. 5) sind die kleinen und die grossen Gewichtsscheiben unter einander angeordnet. Der kleine Gewichtssatz wird mittelst Handrad 38 (Fig. 1) gehoben oder gesenkt, während der grosse Gewichtssatz durch die Winde 43 (Fig. 5) bewegt wird. Die kleinen Gewichtsscheiben 30 geben je 1000 kg, die grossen 31 je

10000 kg Belastung. Gollner wendet allerdings eine ähnliche Senkvorrichtung für die Gewichtssätze an (Taf. 13, Fig. 1 u. 3), aber er befolgt doch einen anderen Grundsatz. Während Emery und Martens einen Satz gleicher Gewichte benutzen, benutzt Gollner einen Satz von vier ungleichen Gewichten 47—50 (Fig. 1), so dass mittelst geeigneter Kombination dieser vier Gewichte, sowie von einer Anzahl in der Zeichnung nicht angegebener kleiner Gewichtsstücke und des Schiebegewichtes jede beliebige Belastung von 0 bis 20000 kg bis auf kleinste Stufen von 0,5 kg aufgebracht werden kann. [Diese kleinen Laststufen dürften aber wenig praktische Bedeutung haben gegenüber dem Umstande, dass Fehler bis zu 1 % bei der Prüfung als zulässig erachtet werden müssen (506).] Die Gollnersche Anordnung der Gewichte bedingt, dass dann neben der mechanischen Aufsatzvorrichtung nun doch noch die Hand in Thätigkeit kommen muss, indem von Hand Querkeile in die Hängestange [mittlere Stange 46] gesteckt werden müssen. Diese Querkeile fangen das Gewichtsstück ab, welches zur Wirkung kommen soll; man kann also auf diese Weise die Auswahl zwischen den Gewichten 47—50 treffen und sie nach Bedarf kombinieren.

**509.** Unter die Wagen mit gleichbleibender Hebellänge und Aufsatzgewichten muss man auch die Wagen mit einem Schrotzulauf rechnen, wie er z. B. von F. Michaëlis angewendet wird. Die Maschine von Michaëlis wird namentlich zur Prüfung von Cement- und Mörtel-Probekörpern auf Zugfestigkeit benutzt; sie ist für Preussen als Normalapparat für die Cementprüfung vorgeschrieben und hat auch über die Grenzen Deutschlands hinaus eine sehr weite Verbreitung gefunden. Bei ihr sind die Zusatzgewichte alle gleich und sehr klein, entsprechend dem Gewicht der gleichzeitig auflaufenden Schrotkörner. Wird statt des Schrotzulaufes Wasserzulauf [siehe Fig. 358] benutzt, so findet eine stetige Belastungszunahme statt (L 259).

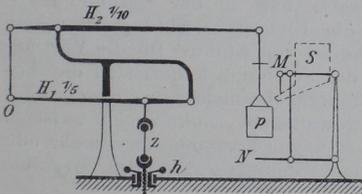


Fig. 357.

a. Wegen der Bedeutung des Michaëlisschen Apparates für die Cementprüfung und zugleich als Beispiel für verschiedene Punkte, die im Prüfungswesen Beachtung finden müssen, will ich hier den Apparat von Michaëlis etwas näher besprechen; er ist in Fig. 357 schematisch dargestellt.

Die Aufgaben der Antriebsvorrichtung werden von der Wage übernommen; wenn auch ein Handrad  $h$  mit Schraube vorhanden ist, wird dieses doch nur zur Einstellung der Wage in die Anfangslage benutzt. Die Wage hat eine Gesamtübersetzung von  $\frac{1}{50}$  und ist für 500 kg Kraftleistung gebaut. Die Belastung  $p$  wird durch Bleischrot erzeugt, welcher aus dem Gefäß  $S$  durch eine Rinne einläuft, deren Oeffnung so eingestellt werden kann, dass die in der Sekunde

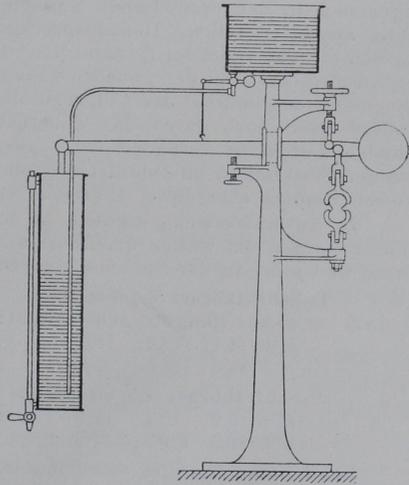


Fig. 358.

auslaufende Schrotmenge 100 gr beträgt. Wenn der Probekörper reisst, so fällt der Eimer  $p$  auf den Ausschalthebel  $N$  und veranlasst den Verschluss des Schrotzulaufes. Das Gewicht des Eimers sammt Schrotmenge wird dann nach Anhängung an die Oese  $o$  mittelst des Hebels  $H_2$  durch Gewichte festgestellt, die auf die kleine Schale zu setzen sind.

Trotz dieser dem Maschinenbauer und Mechaniker mindestens umständlich erscheinenden Konstruktionen und trotz des umständlichen Betriebes hat sich der Michæli'sche Apparat eine sehr grosse Verbreitung geschaffen. Das ist sicherlich Folge der leichten Uebersichtlichkeit und Zugänglichkeit der einzelnen Theile, der Leichtigkeit, mit welcher er kontrolirt werden kann, und wohl auch Folge der benutzten Probenform, sowie der guten Einspannung. Aber auch der Umstand, dass der Apparat in Preussen als officieller Apparat angenommen wurde, dürfte zu seiner allgemeinen Verbreitung beigetragen haben. Es ist merkwürdig, wie viele Nachahmer und Verbesserer dieser Apparat gefunden hat. Besonders versuchte man den Schrotzulauf, dessen Mängel und Umständlichkeiten ja auf der Hand liegen, durch Wasserbelastung zu ersetzen, vgl. den Apparat von Reid (L 47, 1878) Fig. 358. Hierbei ist denn meistens die Wassermenge an einem Standrohr, womöglich als Bruchspannung in kg/qcm ausgedrückt, abzulesen. Wie viel sicherer und einfacher wäre nicht die Anwendung der Neigungswage.

b. Die Wage selbst wurde von der Charlottenburger Versuchsanstalt durch direkte Belastung mit Gewichten bis zu 500 kg auf Genauigkeitsgrad und Empfindlichkeitsgrad, sowie auf die Formänderungen der Maschinenteile geprüft und bestand diese Prüfung vollkommen befriedigend. (L 1, 1896, S. 177.) Man fand, dass sich das Uebersetzungsverhältniss bei dem untersuchten Apparat nur sehr wenig ändert; es war im Mittel = 49,93 statt 50.

Ein Zusatz von 1 gr bringt die Wage um 12 mm aus der horizontalen Anfangslage, 10 gr um etwa 50 mm zum Ausschlag. Da die Senkung beim Versuch selbst bis zum Abreissen des Probekörpers etwa 30 mm betragen mag, so wird aus diesem Grunde die Kraft schätzungsweise um etwa  $7,50 = 350$  gr zu gering angezeigt werden d. h. die Zugfestigkeit bei dem normalen Probenquerschnitt  $f = 5$  qm um  $\Delta\sigma = \frac{0,35}{5} = 0,07$  at zu klein gefunden. Für die Normenfestigkeit von 16 at für 28 Tage alte Proben würde der Fehler also auf  $-0,44\%$  zu schätzen sein.

c. Von wesentlichem Einfluss auf das Prüfungsergebniss ist auch die Geschwindigkeit, mit welcher der Schrot in den Eimer läuft; deswegen ist für den Zugversuch in den preussischen Normen festgesetzt, dass in der Sekunde 100 gr Schrot auslaufen sollen. Dementsprechend ist die Einlaufvorrichtung zu regeln. Die Schrotgrösse und der Zustand der Oberfläche ist von Einfluss für die Wirkung des Ausfliessens. Bei der gleichen Einstellung des Schiebers ändert sich die Ausflussgeschwindigkeit mit der Zeit, weil die Schrotoberfläche nicht nur von der Luft, sondern auch noch durch das gelegentliche gewaltsame Einklemmen zwischen Schieber und Rinne verändert wird. So kann es sogar kommen, dass mehr oder weniger Stockungen im Zulauf eintreten. Folgende Versuchsergebnisse lassen den grossen Einfluss aller dieser Umstände erkennen.

d. Auslaufversuche ergaben, an dem gleichen Apparat bestimmt, wenn  $h$  die Höhe bedeutet, um welche der Abschlusschieber zum Oeffnen der Rinne gehoben wurde und  $p$  die in der Sekunde ausgelaufene Schrotmenge in gr bedeutet:

1. Schrotkörner 3,1 mm Dmr.

a) alt [längere Zeit benutzt:	b) neu
$h = 11,1; 12,0; 14,9$ mm	$h = 10,4; 11,1; 12,0; 14,9$ mm
$p = 88,5; 125,5; 238$ gr/sec.	$p = 140; 176; 227; 410$ gr/sec.

2. Schrotkörner 1,5 bis 2,5 mm Dmr.

$h = 9,7; 10,4; 11,1$ 12,0 mm
$p = 86,2; 120,5; 147,7; 184,5$ gr/sec.

Bei 1a fand häufiges Stocken statt; bei  $h = 11,1$  hörte nach 8–9 Sekunden das Fliessen oft ganz auf; bei 1b fand glattes Fliessen statt. Man sieht also, wie achtsam der Apparat behandelt werden muss, wenn er einwandfreie Ergebnisse liefern soll.

e. Von dem Augenblick des Probenbruches bis zum Abschliessen des Schrotzulaufes vergeht eine gewisse Zeit. Um die Schrotmenge, die während derselben

noch in den Eimer nachfliesst, wird also die Bruchlast zu gross gefunden. Die Fallhöhe des Bechers wird man auf etwa 5 cm schätzen können; demnach ist die Zeit vom Bruch bis zum Abschluss der Rinne:

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,05}{9,81}} = 0,1 \text{ sec.}$$

Beim normalen Auslauf ist also die nachlaufende Menge auf etwa 0,1 · 100 = 10 gr zu schätzen, d. h. auf 500 gr Zugkraft am Probekörper. Die Zugfestigkeit würde also um  $\Delta \sigma = \frac{0,5}{5} = 0,1$  at zu gross angegeben werden; für die normenmässige 28-Tage-Festigkeit wäre das 0,5% zu viel. Was aber wichtig und rechnermässig nicht einfach verfolgbar ist, ist die Wirkung des Schrotstosses auf den Becher.

f. Die Form und Aufhängung der Einspannvorrichtung für den Zugkörper ist durch Fig. 359 gegeben. Der Bügel ist durch eine Körnerspitze getragen und kann sich deswegen leicht einstellen. Die Angriffsflächen des Bügels sollen, wie Schnitt *ab* zeigt, leicht gewölbt sein, damit der Angriff am Probekörper in 4 Punkten erfolgt, die möglichst in der Mittelebene der Probe liegen. Schiefe Einspannung und damit das Auftreten von

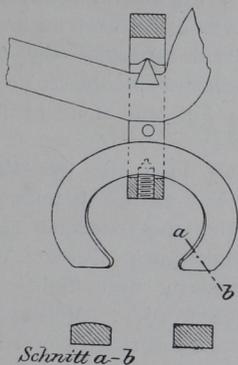


Fig. 359.

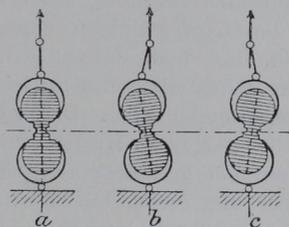


Fig. 360.

Biegungsspannungen im Körper, ist trotzdem nicht ausgeschlossen. Um über die Grösse des eintretenden Fehlers eine praktische Anschauung zu gewinnen, wurden mehrere Reihen von Proben mit absichtlich übertrieben schiefer Einspannung geprüft (vergl. Fig. 360 *a* bis *c*); man erhielt im Mittel für Fall

<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>
22,6	23,1	23,5 at.

Eine wesentliche Beeinflussung konnte nicht erwiesen werden, was namentlich aus den im Original (*L 1*, 1896 S. 177) mitgetheilten Einzelwerthen hervorgeht; die Fehlergrenzen des Versuches sind eben an sich schon zu hoch.

**510.** Auch der Auftrieb des Wassers [hydrostatische Wage] ist schon benutzt worden, um bei gleichbleibender Hebellänge eine Wage mit stetiger Belastungszunahme zu konstruiren; vergl. Maschine von Petit (*L 102*, 1888, S. 41, Fig. 28; *39*, 1895, S. 646) Taf. 15, Fig. 25. Zu welchen Ungeheuerlichkeiten man sich dabei verstiegen hat, erkennt man aus den Abmessungen für den Schwimmer, der bei 1,25 m Durchmesser 1,38 m Höhe hat. Zu beachten ist hierbei, dass die Wärmeausdehnung des Wassers und der Gefässe den Belastungswerth für 1 cm Steighöhe der Wage beeinträchtigen muss. Die Konstruktion der Maschine ist im übrigen aus der Zeichnung verständlich.