

stift, der mit dem fortwährend fallenden und steigenden Quecksilbergefäß verbunden war, eine Linie, an der keine Zacken mehr zu erkennen waren. Dies wurde durch die Anwendung eines Kontaktes erreicht, in dessen Stromkreis ein genau geregeltes Relais eingeschaltet war, welches die Stromkreise der Bremshebel der Laufwerke beherrschte. Jede Stromunterbrechung und jeder Stromschluss musste also Umsteuerung bewirken, und die Schnelligkeit, mit welcher dies geschah, war so fein regelbar, wie oben angegeben. Obwohl ich auf diese Einrichtung viel Mühe verwendete [wie aus den lehrreichen Mittheilungen (*L 162*) ersehen werden kann] und auch sehr gute Ergebnisse erzielte, ist doch schliesslich auch diese Einrichtung dem Schicksal verfallen, das meistens solchen verwickelten Konstruktionen zu Theil wird; sie wird zur Zeit nicht mehr benutzt, weil man zu einfacheren Einrichtungen überging.

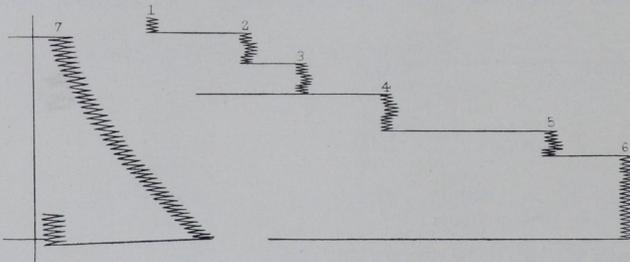


Fig. 369.

b) Die Neigungswage.

531. Nach dem Grundsatz der Neigungswage ist in mehr oder weniger deutlich erkennbarer Weise eine ganze Reihe von Kraftmessern an Festigkeitsprobirmaschinen konstruirt. Man findet sie von der vollständig ausgebildeten Form: Pohlmeier, Schopper, v. Tarnogroki, Michele u. a. m. bis zu denjenigen Formen, die äusserlich in die gewöhnliche Hebelwage übergehen. Während man bei der Neigungswage die unter dem Einfluss des Kraftangriffes veränderte Ruhelage zur Bestimmung des auf die Wage übertragenen Momentes für den vollen Umfang der zu messenden Kraftleistung benutzt, wird die Hebelwage nur in seltenen Fällen innerhalb eines Spieles vom Anschlagpunkt des Hebels bis zur Gleichgewichtslage als Neigungswage benutzt. Die Balkenwage wirkt als Neigungswage, wenn man die kleinen Gewichtsunterschiede, statt durch Verschiebung des Reitergewichtes, durch den Ausschlag der Wage aus der Gleichgewichtslage bestimmt. Hier ist auch wohl der Ort, noch auf den Umstand aufmerksam zu machen, dass man gewissermassen auch dann noch von einer Neigungswage sprechen darf, wenn von dieser letzten Bestimmungsweise kein äusserlich erkennbarer Gebrauch gemacht wird. Jeder Wagehebel biegt sich; daher muss auch an dem wegen Ueberlastung der Wageschale auf dem Anschlag ruhenden Hebel, bei steigender Spannung im Stabe ein Neigen um dessen Mittelpfanne stattfinden. Ja man könnte diese Neigung ganz ohne Zweifel als Maass für die eingeleitete Kraft benutzen, wenn man die Endschneide des langen Hebels am Maschinengestell festlegen und die Neigung mit geeigneten Messinstrumenten [Spiegelinstrumente oder Libellen] messen wollte. Man würde es also dann gewissermassen mit einer Neigungswage zu thun haben, bei der das Pendelgewicht seinen Stand nicht ändert,

aber seine Grösse stetig wachsen lässt, um so viel nämlich, als nothwendig ist, um die Biegung im Hebel zu erzeugen.

Es möge genügen, auf diese Punkte aufmerksam gemacht zu haben; hier sollen nur die freigehenden Pendelwagen besprochen werden.

532. Die Theorie der Neigungswage der Pohlmeier-Maschine habe ich bereits in Absatz 65 d S. 37 mitgetheilt. Ich will hier an der Hand des Schemas einige Besonderheiten besprechen, indem ich wegen der Konstruktion selbst auf Taf. 9 Fig. 1—18 verweise. In Fig. 370 trug ich die gleichen Zahlen für die einzelnen Haupttheile ein, wie sie auf Taf. 9 gebraucht worden sind.

Die Maschine ist hydraulisch angetrieben und durch das in Fig. 339 (469) abgebildete Ventil in ihrer Geschwindigkeit geregelt. Die Kraft wird durch den Tisch und das Gestänge 6 auf das obere Querhaupt und den Zugprobekörper, von da aus auf das untere Querhaupt und durch das Gestänge 11 auf den Haupthebel 15 der Wage übertragen. Sie pflanzt sich durch 17, 19 und 20 auf das Pendel der Neigungswage 21 fort, deren Ausschlag, gemessen durch die Erhebung der Stange 40, durch eine an dieser ausgespannte Schnur an das Zeigerwerk 25 abgegeben wird. Diese Erhebung und damit der Zeigerausschlag, ist nach Absatz 65 d S. 37 proportional der Kraft P im Probekörper, und man kann daher durch Veränderung der Entfernung m den Maassstab für die Kraftablesung verändern oder, was dasselbe ist, eine gegebene gleichmässige Theilung für die Kraftablesung benutzen, wenn man sie in der entsprechenden Entfernung m vom Pendeldrehpunkte aufstellt. Man kann also durch einfache Verschiebung des Bockes 23 gegen den Pendeldrehpunkt den Kraftmessapparat berichtigen, wenn die Untersuchung der Maschine von der Wahrheit abweichende Werthe erweist.

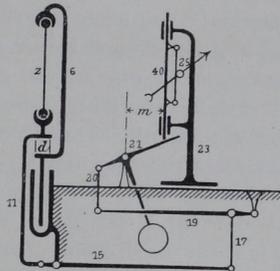


Fig. 370.

Es leuchtet ein, wie ausserordentlich bequem die Pohlmeier-Maschine sich der Forderung von Absatz 40 S. 22 anpassen liesse, da man zur unmittelbaren Anzeige der Spannung nur nothwendig haben würde, die Verschiebung des Bockes 23 längs einer Skala zu bewirken, die nach den Querschnittgrössen des Stabes eingetheilt ist. Eine und dieselbe Kreistheilung würde dann benutzt werden können, um für alle vorkommenden Querschnitte gleich die Spannungen in α abzulesen.

533. Die von mir konstruirte und vom Anstaltsmechaniker E. Böhme-Charlottenburg angefertigte Ablese- und Aufschreibvorrichtung für die Pohlmeier-Maschinen ist auf Taf. 9 in Fig. 19 bis 27 gezeichnet. Sie entspricht der vorausgehenden Beschreibung und würde demgemäss auch gestatten, die Schaulinie nach den Spannungen aufzuzeichnen, wenn man die zuletzt besprochene Einrichtung zur Verschiebung von Bock 23 treffen wollte. Man hätte also nur noch die Dehnungsaufzeichnungen mit einem nach Procenten der Messlänge getheilten Maassstab auszumessen oder die Messlänge l so zu wählen, dass ein Millimetermaassstab unmittelbar die Dehnung in Procenten von l , d. h. auch nach ϵ oder α (38—40, S. 21) misst.

Dem auf Taf. 9, Fig. 19—27 dargestellten Kraftanzeiger¹⁾ habe ich folgende Einrichtung gegeben. Die oben zwischen drei Rollen 58 und unten mittelst Rollen 41 geführte Hauptstange 40 läuft mit einer Rolle auf der oberen Fläche des Pendelhebels 21 (Fig. 2); die Stange bewahrt also ihren Abstand m während des Versuches.

An der Stange 40 ist oben um ein Röllchen 56 unten mittelst Spannfeder 57 eine feine, aus Seide geflochtene und gewachste Angelschnur befestigt, die, in zwei Strängen um die Welle 50 des Zeigers geschlungen, die Stangenbewegung auf diesen überträgt. Diese Welle läuft in Spitzen, vorn in einer Pinne der Handhabe 54 und hinten in dem Kreuz 48 in einer fein einstellbaren Pfanne. Auf diese Weise ist vorn die Spiegelglasscheibe zugleich der Träger, so dass der Zeiger ohne irgend eine Verdeckung seinen ganzen Weg durchlaufen kann. Die Kreistheilung 55 für die Zeiger 51 und 52 ist auf einem Ring im Gehäuse 47 angebracht. Die Zeigerwelle nimmt mittelst Triebes die Zählscheibe 49 mit, welche in dem Fensterchen die Zehner-Tonnen ablesen lässt. Der Zeiger macht für die ganze Kraftleistung der Maschine fünf Umläufe, was also bei 191 mm Durchm. der Skala, einer ideellen Skalenlänge von 3 m entsprechen würde, d. h. bei der 50 T.-Maschine von 60 mm und bei der 100 T.-Maschine von 30 mm für die Tonne. Im ersten Falle ist die Theilung bis auf 0,020 Tonne, im zweiten bis auf 0,050 Tonne geführt. Zehntel hiervon lassen sich noch schätzen.

Die Einstellung des Zeigers auf Null geschieht durch Verlängern oder Verkürzen der Stange mittelst der Schraube 42. Damit beim Bruch des Probekörpers und Rückschlagen des Pendels der Messapparat nicht leidet, hatte ich ursprünglich eine Excentersperrung angebracht, die aber in sehr zweckmässiger Weise vom Verfertiger durch die in Fig. 24 gezeichnete Sperrung ersetzt worden ist. An Stange 40 ist in den festen Ringen 45 der Riegel 44 verschiebbar gelagert; er fällt durch sein eigenes Gewicht nach unten. Beim Aufgange [bei Belastung der Maschine] wird die Sperrklinke in die am Gehäuse angebrachte Verzahnung eingreifen und dennoch, wegen der möglichen Riegelverschiebung, der Stange 40, d. h. auch dem Zeiger 51, den Rückgang so weit gestatten, bis der Riegel am oberen Ring 45 anliegt. Stange und Zeiger können also bei der Einschnürung der Probe oder beim Abfall der Wage an der S-Grenze, der Kraftabnahme folgen, werden aber beim Bruch durch die Sperrklinke vor dem Herabfallen auf den Pendelhebel gesichert. Der Zeiger 51 nimmt einen Schleppzeiger 52 mit, der auf der Handhabe 54 sehr leicht beweglich gelagert ist und mit dieser in Nullstellung gebracht werden kann. Die Mitnehmer-nase ist so eingerichtet, dass der Schleppzeiger nur im Sinne der Belastung mitgenommen wird, also auf der Höchstlast stehen bleibt.

534. Um später nicht wiederholen zu müssen, will ich hier gleich auch die von mir getroffene Einrichtung für die Aufzeichnung der Schaulinien beschreiben. Die Stange 40 trägt oben den zwischen Spitzen befestigten Schreibstift 65, der durch ein zurücklegbares Federchen an das Papier der Zeichentrommel 60 angedrückt wird. Die Festklemmung

¹⁾ Bach (*L* 27, 1890, S. 1042) benutzte einen von G. Boley in Esslingen nach ähnlichem Grundsatz angefertigten Apparat zum Anzeigen der Durchbiegungen von ebenen, unter Wasserdruck geprüften Platten.

des Papiers geschieht in sehr einfacher Weise durch Uebereinanderlegen der Enden und Verschiebung der Feder 61, die sich unten hinter den Schraubenkopf und oben hinter eine Klammer legt. Die Zeichentrommel läuft ausserordentlich leicht beweglich zwischen Spitzen im Gestell 59. Sie wird, der Formänderung im Probekörper entsprechend, durch eine einfache oder mehrfache Schnurscheibe in Umdrehung versetzt. Der Durchmesser der Schnurscheibe wird nach dem Vergrößerungsverhältniss ausgewählt, mit welchem die Dehnung verzeichnet werden soll. Die Uebertragung der Dehnung geschieht in der Regel unter Vermittelung einiger Röllchen in senkrechter Ableitung vom Querhaupt der Maschine aus. Dann werden natürlich die gegenseitigen Bewegungen dieser Querhäupter aufgezeichnet. Das ist selbstverständlich nur zulässig, wenn man die Schaulinie als Bild oder Kontrolle für direkte Messungen betrachtet; in der Charlottenburger Anstalt bildet diese Auffassung die Regel. Sonst muss die Trommelbewegung vom Stab selbst abgeleitet werden. An den Maschinen der Versuchsanstalt ist, um die Vorrichtung gelegentlich auch zu feineren Arbeiten gebrauchen zu können, die in Fig. 371 abgebildete

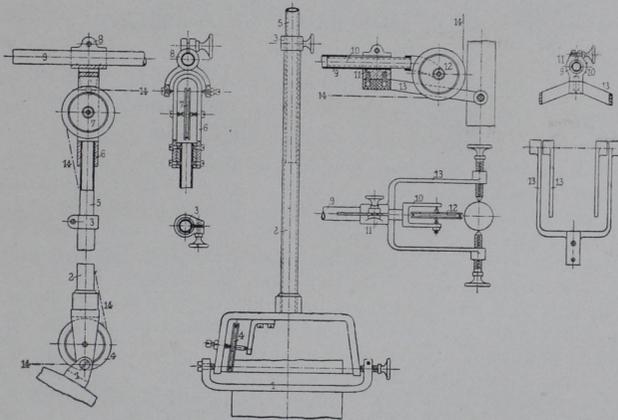


Fig. 371.

Schnurleitung angebracht. Sie ist an dem Gehäuse 25 (Fig. 2, Taf. 9) mittelst des Bügels 1 befestigt und besteht aus zwei in sich verlängerbaren Rohrstücken 2 und 9, die durch Spitzenschrauben mit einander, mit dem Bügel 1 und dem Probekörper [oder dem Maschinenquerhaupt] verbunden sind. Die Rollen 4 und 7 für die Schnurleitung 14 sind in dem Gestell so befestigt, dass die Drehpunkte der einzelnen Hebel in den wirksamen Rollenumfang fallen; deswegen können irgendwelche Schwingungen der Hebel 2 und 9 keine Schnurbewegung erzeugen. Die Bewegung der Schnur 14 erfolgt also lediglich durch die Formänderung des Probekörpers zwischen den Messmarken, wenn die Spitzenschrauben des federnden und auswechselbaren Bügels 13 in die Körnermarken am Probestabe eingesetzt sind, und wenn das andere Ende der Schnur 14 mittelst Federklemme in den anderen Körnermarken befestigt ist. Um Längenänderungen in der geflochtenen seidenen Angelschnur auszuschliessen, ist sie gewachst [Aus-

schluss von Feuchtigkeitsaufnahme] und vor Benutzung längere Zeit stark belastet [Verminderung der bleibenden Dehnungen und der Nachwirkungen].

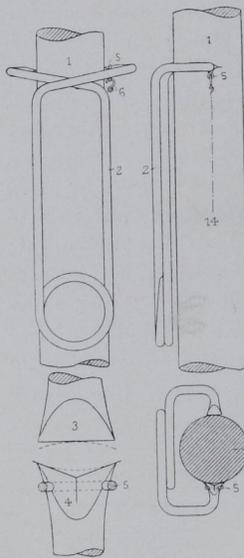


Fig. 372.

In der Maschine bleibt sie stets unter der Spannung eines Gegengewichtes. Die Spannungsschwankungen der Schnur sind also nur durch Reibungs- und Beschleunigungswiderstände veranlasst, die klein sein müssen, da alle bewegten Theile leicht in Spitzen laufen. Die Befestigung der Schnur 14 in der zweiten Stabmarke geschieht mittelst der aus Stahldraht gebogenen Feder 2, Fig. 372, deren eines Ende mit einer kleinen Drahtöse 5 versehen ist, in die die Schnur 14 eingehakt wird. Um sicheren Eingriff in die Strichmarken zu erzielen, sind die Enden der Feder 2, wie bei 3 und 4, in grösserem Maassstabe gezeichnet, breitgeschlagen und mit gehärteten Schneiden versehen, von denen die eine für Rundstäbe gerade abgeschnitten (3), für Flachstäbe zur Spitze ausgefeilt ist, während die andere (4) einen schneidenförmigen Kerb trägt. Hierdurch ist in allen Fällen ein zwangloser, sicherer Sitz am Stab gewährleistet, zumal das Moment des Federgewichtes infolge der Form klein gehalten [bei senkrechtem Probestab] oder durch Aufliegen [beim wagerechten Stab] aufgehoben ist.

a. Es wird lehrreich sein und wieder zu der Ueberzeugung der Nothwendigkeit der genauen Untersuchung und fortwährenden Kontrolle der Probirmaschinen führen, wenn ich hier einen kleinen Theil der sehr umfangreichen Untersuchungen wiedergebe, die die Charlottenburger Versuchsanstalt an ihren Pohlmeier-Maschinen ausführte. Ich kam in diesen Mittheilungen leider nur lückenhaft sein, weil es auch der grossen Charlottenburger Anstalt an Mitteln und Kräften fehlte, um diese so werthvollen Prüfungen ganz planmässig und über das unablässig nothwendige Maass hinaus auszudehnen oder das gelegentlich gewonnene werthvolle Beobachtungsmaterial ausgiebig zu verarbeiten. Ich hoffe durch diese Mittheilungen Anregung zu geben, dass die vielfach von mir berührte Frage der Maschinenprüfung allgemeinere Beachtung finde, als es bisher geschehen ist. Besonders hoffe ich darauf hinzuwirken, dass die Erbauer von Prüfungsmaschinen die von mir berührten Punkte sorgfältig beachten.

b. Die zahlreichen Untersuchungen der Pohlmeier-Maschinen der Anstalt führten zunächst zu der Beseitigung einer Reihe von Unzuträglichkeiten, die der

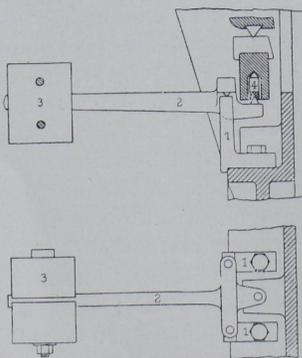


Fig. 373.

Erbauer der Maschine seitdem auf mein Betreiben bei allen neuen Maschinen vermeidet. Früher waren die Hebelschneiden vor Verschiebung in ihrer Längsrichtung nicht gesichert. Dadurch entstand ein fortwährender Wechsel im Empfindlichkeitsgrad der Maschine. Dieser Uebelstand wurde durch Anbringung von Schneidensicherungen beseitigt, wie in Fig. 9—14, Taf. 9 gezeigt; seitdem spielt die Maschine vorzüglich. Bei der 50 000 kg-Maschine habe ich weitere Aenderungen vornehmen lassen. Zunächst liess ich die beiden Gegengewichte 14 Fig. 2 u. 3, die leicht zu schiefen Wirkungen am Gestänge 11 Veranlassung geben, durch einen einzigen Hebel Fig. 373 ersetzen, so dass er nunmehr in der Zuglinie der Maschine am unteren Querhaupt angreift. Da dieses Querhaupt immerhin eine mehrere Millimeter betragende Bogenbewegung

[180 mm Halb m.] um den Drehpunkt des Haupthebels macht, so ist es grundsätzlich zu verwerfen, dass der auf einem Kreisbogen von entgegengesetzter Krümmung laufende Gegenhebel ohne bewegliches Zwischenglied an dem Querhaupt angreift. Deswegen liess ich den Gegenhebel 2 zunächst auf eine eingelegte pendelnde Stütze 4 und dann erst auf das Querhaupt wirken. Das ist, wie ich ausdrücklich bemerken will, keineswegs eine empfehlenswerthe Lösung, weil eine labile Stützung gewonnen ist, aber die einmal vorhandenen Rohrleitungen u. s. w. würden die bessere Lösung mittelst Gehänges ohne erhebliche Störung nicht gestattet haben. Hebel 14 hebt zugleich auch das Eigengewicht des Haupthebels 15 (Fig. 2 Taf. 9) auf und veranlasst, dass sich dieser Hebel auch im Leergehänge der Maschine an sein festes Widerlager anlegt.

c. Namentlich bei Druckversuchen ist es sehr schwer zu vermeiden, dass der Probekörper vor dem Bruch starke Seitenkräfte ausübt. Diese werden bei der jetzigen auf Taf. 9 dargestellten Konstruktionsweise auf das Gestänge 11 übertragen und führen dahin, dass dieses beim Anliegen an den Führungen im Cylindergestängestück 2 Biegungsbeanspruchungen erfährt. Bei den Maschinen der Versuchsanstalt tritt dieses Anliegen allerdings nur bei starkem Seitenschub [Holzwürfel u. s. w.] ein, weil ich sofort bei Inbetriebnahme der Maschinen die Führungen um mehrere Millimeter ausbohren liess, um freies Spiel zu haben und diesen Zustand an der Lage der Stangen 11 in ihren Führungslöchern leicht erkennen zu können. Dadurch ist freilich eine grössere Sicherheit für das Versuchsergebniss erreicht, weil sich nicht so leicht unbemerkte Reibungswiderstände einschleichen können; aber es ist doch für feinere Versuche recht un bequem, mit dem frei beweglichen Gestänge zu thun zu haben. Dies veranlasste mich, die in Fig. 374 gezeichnete Füh-

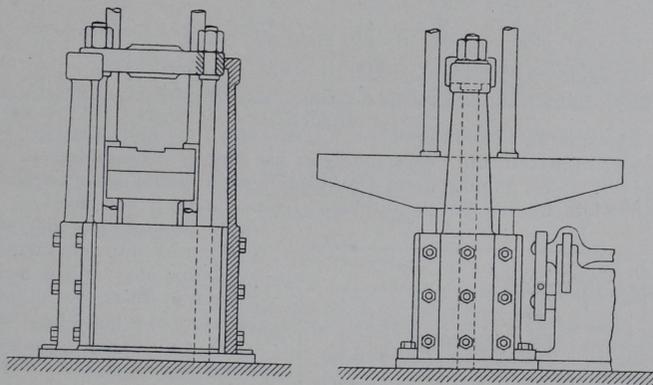


Fig. 374.

rung anbringen zu lassen, die die Seitenkräfte aufnimmt und sie, allerdings nach Ueberwindung des sehr geringen Spiels, in Reibungswiderstände umsetzt. Aber diese sind, namentlich bei Ausführung von Zugversuchen klein und würden bei Versuchen in der Praxis überhaupt kaum in Betracht kommen. Da diese Veränderung gerade fertig geworden, konnte eine ausführliche Untersuchung noch nicht vorgenommen werden, die sich auch auf die Messung der Reibungswiderstände für den Fall erstrecken wird, dass die Zugrichtung um mindestens 10 mm aus der Hauptaxe verlegt ist; ein Fall, der bei Benutzung der Maschine sicher nicht mehr eintreten wird.

d. Um ein vorläufiges Urtheil über die Grösse der Bewegungswiderstände zu gewinnen, führte ich einen Druckversuch ohne besondere Sorgfalt bei der Centrirung des Probekörpers aus und stellte hierbei die Maschine zuerst auf 10 t und dann auf 20 t ein. Um nun hierbei zu ermitteln, in welchem Maasse die ganze Maschine empfindlich ist, liess ich auf den Hebel 14 bei beiden Einstellungen ein Zusatzgewicht von 20 kg abwechselnd auflegen und wieder abnehmen und machte die dann sich ergebenden Ablesungen am Kraftanzeiger. Die Wirkung des Belastungswechsels musste sich also durch den ganzen Kraftmesser übertragen. Da

ich beabsichtigte, womöglich auch die Reibungswiderstände zu bestimmen, machte ich alle Ablesungen doppelt, indem ich mit der Hand den Pendelhebel mehr oder weniger über die Gleichgewichtslage anhub (*A*) oder niederdrückte (*N*) und ihn dann so langsam wie möglich in die Gleichgewichtslage zurückkehren liess.

Wegen der herrschenden Undichtigkeiten war es indessen nicht möglich, eine feste Einstellung zu erreichen, und mir blieb nur übrig, meine Untersuchungen bei stetig abnehmendem Druck, also bei fallender Belastung, vorzunehmen. Ich gebe das Protokoll hier wieder, um zu zeigen, wie man auch unter diesen Umständen zum Ziel kommen kann, wenn man die Beobachtungen in steter Folge und mit gleichmässiger Geschwindigkeit verlaufend anordnet.

Tabelle 30. Prüfung von Masch. N auf Empfindlichkeit.

A = anheben u. langsam sinken, *N* = niederdrücken u. langsam hochgehen lassen.

Belastung und τ	Ablesungen 1 Theil = 2 kg				Ablesungen 1 Theil = 1 kg		Bemerkungen
	Belastungen des Hebels				Belastungen des Hebels		
	0 kg		20 kg		0 kg	20 kg	
	<i>A</i> ₀	<i>N</i> ₀	<i>A</i> ₂₀	<i>N</i> ₂₀			
10	25	21	42	38			*) sehr stark <i>A</i> u. <i>N</i> . (vgl. Fig. 375).
	17	12	32	30			
	7	4	25	22			
	2	-3	17	14			
	-9	-13	8	5			
	-15	-18	2	0			
20	52	45	61	56	420	450	
	24	20	38	33	405	430	
	4	2	14	10	385	412	
	*) 100	95	114	111	368	403	
	86	79	98	96			

Die Ablesungen [Theilungen am Kraftmesser] der ersten Spalte Tab. 30 sind in Fig. 375 als Ordinaten, die Versuchsfolgen als Abscissen eingetragen. Man sieht, dass es einigermassen gelungen ist, die Ablesungen in gleicher Zeitfolge zu machen. Daher können die Reihen durch parallele Grade ausgeglichen werden, deren Abstand in Richtung der senkrechten Ordinaten nun ein Maass für die Wirkung der auf den Hebel aufgesetzten 20 kg bei einer Last von 10 oder 20 t abgibt. Nach Maassgabe von Fig. 375 ist diese Wirkung bei einer Last von

$$\begin{aligned}
 10\,000\text{ kg} & \Delta a = 40\text{ kg} \\
 20\,000\text{ kg} & \Delta a = \begin{cases} 44\text{ kg} \\ 43\text{ kg} \end{cases}
 \end{aligned}$$

Aus der zweiten Spalte von Tab. 30 ergibt sich bei ähnlicher Entwicklung für

$$20\,000\text{ kg} \quad \Delta a = 38\text{ kg}.$$

Das ist eine recht gute Uebereinstimmung der bei sehr verschiedenen Belastungszuständen gefundenen Werthe.

Die grosse Empfindlichkeit der Maschine lässt sich aus den Linien Fig. 375 wohl erkennen; man sieht, wie die beobachteten Werthe [punktirte Linien] sich den geraden Ausgleichlinien fast genau anschmiegen. Um die Grenzen, wenig-

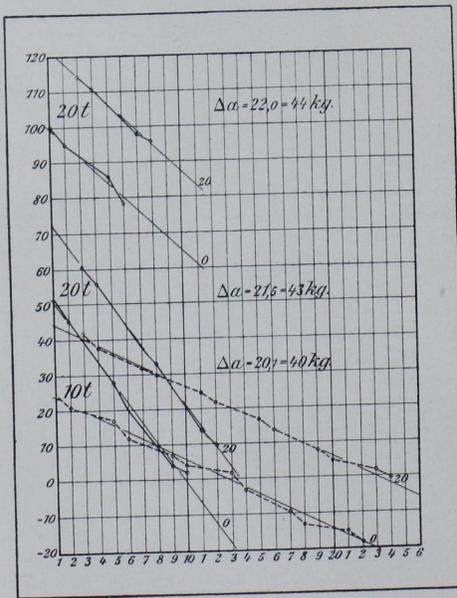


Fig. 375.

stens für geringe Belastung zu zeigen, machte ich nach dem oben geschilderten Beobachtungsverfahren die folgenden Ablesungen, wobei ich die letzten Reihen unter starkem Herausrücken des Pendelhebels aus der Gleichgewichtslage erzielte.

Tabelle 31.

Belastung	Reihe 1		Reihe 2		A_1	A_2
	A_1	N_1	A_2	N_2		
1 t	(1 Theil = 2 kg)		(1 Theil = 2 kg)		$A_1 - N_1$	$A_2 - N_2$
	124	119	127	125		
	126	122	128	124	5	2
	123	119	126	123	4	4
	123	119	126	123	4	3
	125	116	129	118	4	3
	128	118	130	122	9	11
					10	8
Widerstände in der Maschine $\left. \vphantom{\begin{matrix} \text{Widerstände} \\ \text{in der Maschine} \end{matrix}} \right\} = \frac{1}{2} \left(\frac{\sum A_1 + \sum A_2}{12} \right)$ $= \frac{1}{2} \left(\frac{36 + 31}{12} \right) \cdot 2 = 5,6 \pm 3,96 \text{ kg.}$						
Wahrscheinlicher Fehler der Einstellung = $\pm 2,46 \text{ kg.}$						

Um noch zu erweisen, mit welcher Genauigkeit die Maschine nach dem freien Ausschwingen auf die Gleichgewichtslage einspielt, machte ich folgende Versuchsreihe.

Ablesungen: 709, 709, 707, 707, 707, 707, 706, 706.

Dabei wurde das Pendel um etwa 2 t aus der Gleichgewichtslage gebracht und dann losgelassen; es machte eine Doppelschwingung in 2,2 Sek. und kam in 2,5 Minuten bei den oben angegebenen Skalenpunkten zur Ruhe; Belastung 700 kg.

Diese Versuchsreihen zeigen die vorzügliche Empfindlichkeit und beweisen, dass man auch nach Anbringung der Führungen bei Zugversuchen kaum grossen Einfluss zu befürchten hat.

e. Wie ich auf Taf. 9, Fig. 23 u. 25 darstellte, liegt die Zeigerstange des Kraftanzeigers mit einer Rolle auf der Lauffläche des Pendelhebels 21, Fig. 2 auf. Die in Absatz 65 d S. 37 entwickelte Theorie der Neigungswage setzt voraus, dass der Endpunkt der Stange [wie Pohlmeier es richtig ausführte] auf einer durch die Drehaxe des Pendels gehenden Ebene läuft. Ich gab der Rolle einen Halbmesser von 25 mm, um möglichst geringe Reibung zu haben, musste aber damit eine Ungenauigkeit in den Kauf nehmen, wie Fig. 376 zeigt.

Die Anzeige wird nämlich, wegen der endlichen Grösse von r , um den Fehler Δ zu gross ausfallen, der sich aus den Konstanten des Apparates m und r und aus dem wahren Ausschlag n des Pendels für eine gegebene Kraft P berechnet:

$$\Delta = r \frac{1}{\cos \alpha} - r = r \left(\frac{1}{\cos \alpha} - 1 \right).$$

Tab. 32 gibt für $r = 25 \text{ mm}$ und für verschiedene Ausschlagwinkel α die Fehler Δ in mm an und stellt für die beiden Maschinen

$N = 50 \text{ t-Masch.}; m = 344 \text{ mm}$ und
 $O = 100 \text{ t-Masch.}; m = 520 \text{ mm}$

die Ausschläge n dar, die den Winkeln α entsprechen. Die beiden letzten Reihen geben danach die Fehler in Procenten des Ausschlages n an.

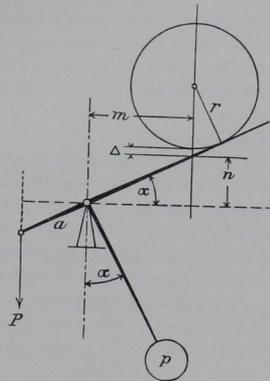


Fig. 376.

Tabelle 32. Fehlerhafte Anzeige der Maschinen *N* u. *O*, wenn $r = 25$ mm.

$\alpha^0 =$	2	4	6	8	10	12	14	16	18
$25 \left(\frac{1}{\cos \alpha} - 1 \right) = \Delta mm =$	0,015	0,061	0,138	0,246	0,386	0,558	0,765	1,008	1,287
$nmm = mtg \alpha =$ $\begin{cases} \text{Masch. N} \\ \text{Masch. O} \end{cases}$	$\begin{cases} 12,01 \\ 18,16 \end{cases}$	$\begin{cases} 24,06 \\ 36,36 \end{cases}$	$\begin{cases} 36,16 \\ 54,65 \end{cases}$	$\begin{cases} 48,35 \\ 73,08 \end{cases}$	$\begin{cases} 60,66 \\ 91,69 \end{cases}$	$\begin{cases} 73,12 \\ 110,50 \end{cases}$	$\begin{cases} 85,77 \\ 129,65 \end{cases}$	$\begin{cases} 98,64 \\ - \end{cases}$	$\begin{cases} 111,77 \\ - \end{cases}$
Δ in % von n $\begin{cases} \text{Masch. N} \\ \text{Masch. O} \end{cases}$	$\begin{cases} 0,13 \\ 0,08 \end{cases}$	$\begin{cases} 0,25 \\ 0,17 \end{cases}$	$\begin{cases} 0,38 \\ 0,25 \end{cases}$	$\begin{cases} 0,51 \\ 0,34 \end{cases}$	$\begin{cases} 0,64 \\ 0,42 \end{cases}$	$\begin{cases} 0,76 \\ 0,51 \end{cases}$	$\begin{cases} 0,89 \\ 0,59 \end{cases}$	$\begin{cases} 1,02 \\ - \end{cases}$	$\begin{cases} 1,16 \\ - \end{cases}$
Δ in kg $\begin{cases} \text{Masch. N} \\ \text{Masch. O} \end{cases}$	$\begin{cases} 6 \\ 11 \end{cases}$	$\begin{cases} 25 \\ 46 \end{cases}$	$\begin{cases} 58 \\ 104 \end{cases}$	$\begin{cases} 102 \\ 186 \end{cases}$	$\begin{cases} 161 \\ 293 \end{cases}$	$\begin{cases} 232 \\ 422 \end{cases}$	$\begin{cases} 318 \\ 580 \end{cases}$	$\begin{cases} 420 \\ - \end{cases}$	$\begin{cases} 539 \\ - \end{cases}$

Um diese Werthe würden also die wahren Belastungen geringer sein als die abgelesenen.

Diese Fehler können vermieden werden, wenn man die Lauffläche um so viel tiefer legt, dass der Rollenmittelpunkt in die Ebenen der ursprünglichen Lauffläche am Pendelhebel fällt. Dadurch wird die gleiche Wirkung erzielt, wie wenn $r = 0$ gemacht wird. Die entsprechenden Maassnahmen sind an beiden Maschinen der Versuchsanstalt durchgeführt. Bemerkenswert sei noch, dass man auch durch geringe Verschiebung des Bockes, d. h. durch Veränderung von m , den Fehler vermindern kann, wenn man den Bock so einstellt, dass für den mittleren Theil der Skala richtige Anzeige erfolgt. Dieser Zustand wurde vor der Aenderung der Maschine in der Versuchsanstalt immer herbeigeführt, wie in Abs. *f* gezeigt. Die in der Maschine wirklich vorhandenen Fehler sind somit viel kleiner, als die in Tab. 32 errechneten.

f. Die Maschinen der Charlottenburger Versuchsanstalt werden regelmässig mit sogenannten Kontrolstäben auf ihre Richtigkeit geprüft. Ich berichtete hierüber (*L* 222) wie folgt:

„Die Untersuchung und Prüfung der Festigkeitsprobirmaschinen geschieht von der Charlottenburger Anstalt an den eigenen und auf Antrag auch an fremden Maschinen mit Hilfe einer Anzahl von Kontrolstäben, die seit Jahren zur regelmässigen Kontrolle der Maschinen und Messapparate in folgender Weise benutzt werden.“

„Auf der stehenden 50 t-Maschine meiner Konstruktion (Taf. 5), die jedesmal vor und nach der Kontrolprüfung durch unmittelbar angehängte Gewichte auf das Uebersetzungsverhältniss des Hebels im Leergeange untersucht wird, werden mehrere Kontrolstäbe bis zu 10 t Belastung geprüft. Alle Kontrolstäbe [auch die später zu erwähnenden] sind aus verschiedenem, mit Sorgfalt ausgewähltem Material gefertigt und stets nur innerhalb der Elasticitätsgrenze beansprucht. Mit Hilfe von Spiegelapparaten meiner Konstruktion (88 und 692—699) wurde zunächst durch eine grosse Reihe von Versuchen festgestellt, dass die Stäbe für jede Tonne Belastung bis zu 10 t die gleiche Dehnung liefern. Der Dehnungsbetrag, den eine Tonne wahrer Belastung hervorbringt, wird mit der vor und nach dem Versuch durch Gewichtsbelastung ermittelten Hebelübersetzung errechnet.“

„Die vielen im Lauf der Jahre gemachten Beobachtungsreihen liessen erkennen, dass die Kontrolstäbe jedenfalls praktisch nur unwesentliche Aenderungen erfahren. Die Gesamtdehnung für die Kontrolstäbe lässt sich bis auf etwa 3 Ablesungseinheiten [0,0001 mm] genau feststellen; man hat in der Dehnungsmessung grosse Sicherheit, da die Fehler der Messung bei einiger Aufmerksamkeit und bei Benutzung immer der gleichen Instrumente leicht auf wenige Zehntelprocente beschränkt werden können.“

„Mit den drei [oder mehr] bis zu 10 t genau geprüften Stäben werden nun die übrigen Maschinen der Anstalt bis zu 10 t geprüft. Gibt die kontrolirte Maschine mit allen drei Stäben die in der 50 t-Maschine festgestellten Dehnungswerte, so ist mit grosser Wahrscheinlichkeit anzunehmen, dass sie bis zu 10 t Belastung richtig ist.“

„Die Abweichungen der Ablesungen von den Sollwerthen geben die Fehler

im Uebersetzungsverhältniss der kontrolirten Maschine; sie werden durch Justirung beseitigt, wenn sie grösser als 1% sind oder werden registriert und bei den Berechnungen der Ergebnisse nöthigenfalls berücksichtigt, wenn sie kleiner als 1% sind.“

„Da die Uebersetzungsverhältnisse der Maschinen sich mit wachsender Belastung ändern können [bei manchen Maschinen finden aus verschiedenen Gründen gesetzmässige Aenderungen statt], so ist es nöthig, die Kontrolle der Wage bis zur Maximalbelastung zu treiben. Zu dem Zweck hat die Versuchsanstalt mehrere Stäbe zur Verfügung, die bis zu 100 t innerhalb der Elasticitätsgrenze beansprucht werden können, deren Material vorher an kleinen Stäben in der 50 t-Maschine auf seine Proportionalitätsgrenze geprüft war. Diese Stäbe von 70 mm Durchmesser können in 4 Maschinen der Anstalt benutzt werden. Ergiebt sich auf einer mit den vorgenannten Kontrolstäben für 10 t Belastung unmittelbar vorher geprüften Maschine die Thatsache, dass die grossen Kontrolstäbe bis zu 100 t Belastung für jede Tonne gleiche Dehnung zeigen, so darf man mit grosser Wahrscheinlichkeit schliessen, dass das Hebelverhältniss der Maschine sich während der Belastung bis zu 100 t nicht änderte und dass die Stäbe thatsächlich dem Proportionalitätsgesetz folgen, weil mehrere Stäbe aus verschiedenen Materialien gleiches Verhalten zeigen. Diese Stäbe können nunmehr zur Prüfung anderer Maschinen benutzt werden, deren Hebelübersetzung man entweder auf Grund der Dehnungsmessungen feststellen oder so lange berichtigen wird, bis die gemessenen Dehnungen den Dehnungswerten der Stäbe entsprechen. Dieses Kontrolsystem ist in der Versuchsanstalt bis auf die 500 t-Maschine übertragen, deren Kontrolstab bei 160 mm Durchmesser 9 m Länge hat.“

„Die Spiegelapparate dienen bei diesem Kontrolsystem, so lange man immer mit denselben Apparaten unter gleichen Umständen arbeitet, im Grunde genommen nur als sehr empfindliche Anzeigeapparate und nicht als eigentliche Messinstrumente zur Feststellung der absoluten Grösse der gemessenen Dehnung. Der Vergleich basirt auf der bis auf weiteres als praktisch genügend sicher anzunehmenden Voraussetzung, dass die Stäbe sich nicht ändern.“

„Die Möglichkeit einer solchen Aenderung ist nicht ausgeschlossen, aber man macht sich von deren Folgen ziemlich frei, indem man gleichzeitig mehrere Stäbe benutzt und diese gemeinsam mit den Maschinen einer ständigen Kontrolle unterwirft; es ist unwahrscheinlich, dass sich mehrere Stäbe zu gleicher Zeit in der gleichen Weise ändern.“

„Bis auf weiteres scheint mir der von der Versuchsanstalt eingeschlagene Weg der einzig gangbare zur Erlangung einer zuverlässigen Kontrolle der eigenen und fremder Maschinen zu sein. Aber die Schwierigkeiten in der Durchführung sind immerhin gross, so dass man sehr dankbar sein müsste, wenn Jemand ein sicheres und kürzeres Verfahren finden würde.“

„Ich darf hinzufügen, dass in der Versuchsanstalt das Verfahren noch durch Beschaffung einer Einrichtung verbessert werden wird, welche die direkte Belastung der Kontrolstäbe mit 10 Gewichtsstücken von je 1 t gestattet. Diese Einrichtung wird dann zugleich für den unmittelbaren Vergleich von Spiegelapparaten benutzt werden, so dass für diese die Möglichkeit der doppelten Kontrolle erhalten wird.“

„Ausser an den eigenen Maschinen hat die Versuchsanstalt auch bei der Prüfung von fremden Maschinen in Staats- und Industriewerkstätten bereits ein sehr umfangreiches Erfahrungsmaterial gesammelt.“

g. Von den Prüfungen, die auf diese Weise mit Maschine N angestellt wurden, nachdem die zuletzt (Abs. e) besprochene Aenderung der Rollenflächen auf $r = 0$ angebracht war, lieferten die in umstehender Tab. 33 und Fig. 377 S. 355 niedergelegten Ergebnisse.

Fig. 377 stellt die aus Tab. 33 abgeleiteten Mittelwerthe der Stabdehnungen in 0,00001 cm dar, die mit verschiedenen Stäben für die Laststufe 0,5, 1,0 oder 5 t erhalten wurden. Man erkennt aus den Zahlen und aus den Linien sofort, dass die erste Laststufe stets grössere Werthe giebt als die folgenden. Es muss also ein Anfangswiderstand vorhanden sein, der sich aus den Zahlenreihen 3, 7 und 14 der Tabelle ermitteln lässt, unter der Voraussetzung, dass im Uebrigen die Dehnungen für die Laststufen bis zu 10 t Belastung als gleichbleibend angesehen wer-

Tabelle 33. Prüfungen der Maschine N mit Kontrollstäben.

Alle Messungen sind mit den Spiegelapparaten Bc 15 und 16 ausgeführt; in den einzelnen Messungsreihen, von denen unten die Mittelwerte mitgeteilt sind, wurde der Stab in der Regel ganz entlastet, gedreht oder herausgenommen und die Instrumente neu angesetzt. Ausnahmen siehe unten. (Vergl. Fig. 377).

Stab- zeichen	Datum der Prüfung	Zahl der Einzel- reihen	Dehnungen in 0,0001 cm auf 15 oder 20 cm Messlänge für die Belastungsstufen (Tonnen)										Mittel	
			0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0		
k	1	18—20 I 97	6	124,0	113,7	114,3	114,7	113,3	114,0	114,0	114,3	114,3	113,7	113,7
	2	15—18 III "	4	121,3	113,3	113,5	113,5	115,5	114,3	114,0	113,3	113,6	115,0	115,0
	3	Mittel 1 u. 2	10	122,9	113,5	114,0	114,2	114,2	114,1	114,0	113,9	114,0	114,2	(113,9)
	4	Ans Reihe 3	10	—	236,4	—	228,2	—	228,3	—	227,9	—	228,3	228,3
	5	25 VI 97	1	—	—	—	227,3	—	227,8	—	227,8	—	228,8	228,8
	6	24—29 VII 97	13	—	240,5	—	229,7	—	228,4	—	229,4	—	228,9	228,9
	7	Mittel 4—7	24	—	238,7	—	229,0	—	228,3	—	227,4	—	228,6	228,5
c	8	21 I 97	3	152,0	143,7	145,3	144,7	145,0	143,7	144,3	145,0	143,3	145,7	145,7
	9	19 III "	2	154,0	146,0	145,0	144,5	145,5	147,0	146,5	147,0	145,5	147,0	147,0
	10	26 VI "	3	—	143,3	144,7	144,3	146,0	145,3	145,3	145,0	146,0	145,3	145,3
	11	12 X "	5	150,2	145,4	145,0	147,0	145,4	145,8	145,0	145,6	145,0	145,4	145,4
	12	12 X "	7	151,1	145,7	145,6	146,3	146,3	144,7	146,0	145,9	145,1	145,4	145,4
	13	14 X "	5	148,2	146,6	145,2	146,4	146,2	145,8	146,2	145,6	144,8	145,4	145,4
	14	Mittel 8—14	25	150,61	145,32	145,21	145,88	145,86	145,29	145,60	145,66	144,95	145,57	145,82
	7	18—25 VI 97	5	—	134,8	132,4	134,0	133,8	133,8	133,8	132,8	135,0	133,8	133,8
	V	29 VI 97	4	0—1	1—5	10	15	20	25	30	35	40	45	45
	16	30 VII "	4	—	101,5	127,8	128,3	126,3	126,5	125,5	126,0	124,3	125,8	125,8
	17	Mittel 16—17	8	26,0	104,3	127,5	127,8	117,0	127,0	125,0	125,5	125,0	124,0	124,0
	18	28 VI 97	3	—	102,9	127,7	128,1	126,7	126,8	125,3	125,8	124,7	124,9	126,3
	VI	28 VI 97	3	—	102,3	127,0	128,7	126,0	126,0	125,5	126,0	124,3	125,8	126,2

1) Reihe 12—14: Stab und Apparate unverändert; Gestänge bei 12 durch Hebel gestützt, bei 13 am Draht, bei 14 am Stab aufgehängt.

den dürfen. Das würde also heissen, dass die Dehnungen in den Stäben *k* und *c* nach Gleichungen von der Form

$$\lambda = a + \beta n$$

verlaufen, worin *n* die Ablesung am Kraftanzeiger ist. Dann wird nach Reihe:

3. $a = 122,9 - 113,9 = 9,0$; dem entspricht $\frac{9,0}{113,0} \cdot 500 = 40 \text{ kg}$ (10 Reihen)

4. $a = 238,7 - 228,5 = 10,2$ desgl. $\frac{10,2}{228,5} \cdot 1000 = 45 \text{ kg}$ (24 Reihen)

5. $a = 150,61 - 145,82 = 4,79$ desgl. $\frac{4,79}{145,82} \cdot 1000 = 33 \text{ kg}$ (25 Reihen).

Im Mittel entspricht *a* einer Anfangslast von etwa 38 kg.

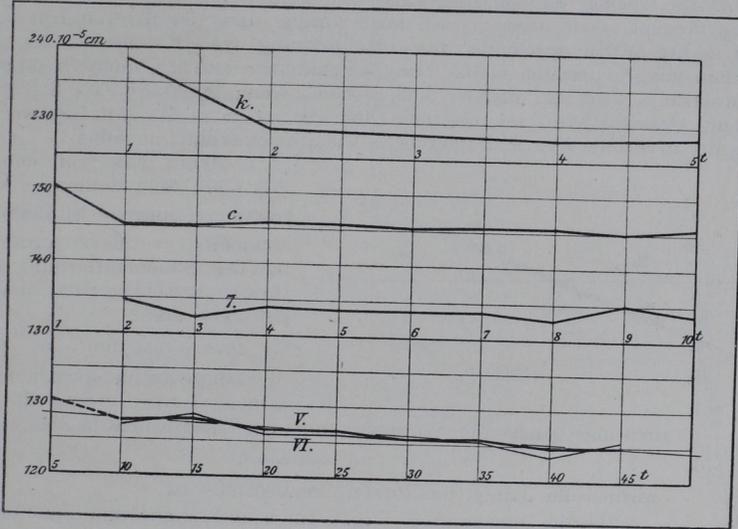


Fig. 377.

Um zu erweisen, dass in der That der dem Werthe *a* entsprechende Widerstand ganz zu Anfang der Belastung eintritt, liess ich folgende Reihen mit Belastungsstufen von 0,1 und 0,01 t ausführen:

Tabelle 34.

Reihe	0,0—0,1	0,1—0,2	0,2—0,3	0,3—0,4	0,4—0,5		Mittel
<i>a</i>	51	22	23	22	23	—	23,0
<i>b</i>	36	25	23	23	23	—	
Mittel	43,5	23,5	23,0	22,5	23,0	—	23,0
	0,00—0,01	0,01—0,02	0,02—0,03	0,03—0,04	0,04—0,05	0,05—0,06	
<i>c</i>	20	6	—	6	—	10	3,7

Daraus ergibt sich für Reihe:

$$a \ b, \ a = 43,5 - 23,0 = 20,5 \text{ oder } \frac{20,5}{23,0} \cdot 100 = 89 \text{ kg.}$$

$$c, \ a = 20,0 - 3,7 = 16,3 \text{ oder } \frac{16,3}{3,7} \cdot 10 = 44 \text{ kg.}$$

Diese Werthe schwankten in den einzelnen Beobachtungsreihen ebenfalls stark, und man hatte aus den Reihen früherer Jahre den mittleren Werth für die Anfangslast = 70 kg abgeleitet.

i. Die Verhältnisse liegen in Wirklichkeit noch ein wenig anders als es hier der Einfachheit wegen vorausgesetzt wurde. Ich begnüge mich aber mit den hier gegebenen Beispielen und bemerke nur, dass man durch geeignete Anordnung der Konstruktion, z. B. auch für die Anfangslage des Hebels *a* und des Gliedes *b*, den zuletzt erwähnten Fehler verringern kann. Der Konstrukteur und der Besitzer der Maschine werden aber wohl immer mit den Aufstellungsfehlern und auch mit dem Umstande zu rechnen haben, dass ja alle Glieder und Hebel elastische Formänderungen erfahren, die in der strengen Rechnung berücksichtigt werden müssten. Auch durch die Lage der Pendellauffläche für den Kraftanzeiger (534e) würde man ein gutes Mittel haben, um die Fehler des ganzen Hebelwerkes auszugleichen. Diese Ausgleichung würde sich sogar durch den praktischen Versuch empirisch bewirken lassen, indem man durch Fortnahme von der Lauffläche oder durch Auflegen, den wirkenden Rollenhalbmesser *r* negativ oder positiv macht. Dieser Weg wird in der Versuchsanstalt bis zu einem gewissen Grade eingeschlagen werden, um die Pohlmeier-Maschinen, die aus vielen Gründen ausserordentlich bequeme Maschinen sind, auf die grösste Genauigkeit zu bringen. Einstweilen wird, durch die Einstellung des Bockes 23, nach Maassgabe der Untersuchung mit dem Kontrolstab, der Restfehler so klein wie möglich gemacht und mit den dann noch vorhandenen Fehlergrössen gerechnet, wenn es auf sehr genaue Ergebnisse ankommt. Praktisch genügend ist es, wenn man nach den mit dem Kontrolstab erhaltenen Ergebnissen die Entfernung *m* so bemisst, dass etwa bei 20 t die Anzeige richtig ist; hierdurch wird, wie angedeutet, die wirksame Fehlergrösse vermindert, sie bleibt unter 1% der Anzeige.

k. Auch die Uebertragung des Pendelausschlages auf den Zeiger durch die doppelte Angelschnur ist trotz der Sicherheit ihrer Wirkung natürlich mit einem kleinen Fehler behaftet. Dieser Fehler ist durch die endliche Länge der Schnur gegeben, indem wegen dieser endlichen Länge aus der Fortbewegung der Schnur auf der Schraubenlinie eine Verkürzung des maassgebenden Endes entsteht. Nimmt man dieses Ende in der ungünstigsten Stellung zu 20 mm, die Schnurdicke zu 0,5 mm und den Rollendurchmesser zu etwa 7 mm an, so würde nach Fig. 378, wenn auf 5 Umläufe der Rolle gerechnet wird, der grösste Fehler:

$$A = \sqrt{(0,5 \cdot 2,5)^2 + 20^2} - 20 = 0,036 \text{ mm}$$

oder in Umdrehungen der Rolle ausgedrückt

$$A = \frac{0,036}{21,99} = 0,0016.$$

Der Ablesungsfehler würde also in der ungünstigsten Stellung noch nicht 0,2% betragen.

l. Die in vorausgehenden Abschnitten besprochenen Fehler heben sich zum Theil auf. Jedenfalls kann man, wenn man mit Verständniss vorgeht, es so einrichten, dass sich die Fehler sehr beträchtlich verkleinern; dies geschieht in ziemlich weitem Maasse, wenn man die Maschinen mit Hilfe des Kontrolstabes justirt und die unter *i* angegebenen Rathschläge befolgt. Aber dennoch sollte man sich ganz allgemein bei den in der Praxis befindlichen Maschinen von Zeit zu Zeit durch unmittelbare Kontrolprüfungen von der unveränderten Richtigkeit der Maschinen oder von ihren Fehlergrössen Kenntniss verschaffen.¹⁾ Es ist nicht ohne weiteres angängig oder nothwendig eine Maschine als richtig anzuerkennen, wenn diese Richtigkeit nicht durch einwandfreie Kontrolprüfungen erwiesen ist. Die zahlreichen Prüfungen, welche die Versuchsanstalt zu Charlottenburg an den eigenen und fremden Maschinen

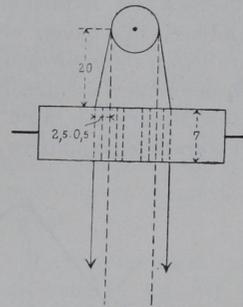


Fig. 378 b.

¹⁾ Um nicht missverstanden zu werden, hebe ich hier ausdrücklich hervor, dass dieser Satz ganz allgemeingültig ist und sich nicht allein auf die hier als Beispiel benutzte Pohlmeier-Maschine bezieht.

vorgenommen hat, haben genügend erwiesen, dass es auch bei gut konstruirten und gut gehaltenen Maschinen nicht ganz leicht ist, sie auf einer Fehlergrösse kleiner als 1% zu erhalten, wie es durch die internationalen Beschlüsse (*L 128*) gefordert wird. Unter den von ihr geprüften auswärtigen Maschinen fand die Anstalt solche mit 16% Fehler. (*L 223*).

535. Nach dem Grundsätze der Neigungswage sind auch noch die Maschinen von Schopper, Michele und v. Tarnogroki gebaut.

Die Maschine von Michele ist in Fig. 379 schematisch dargestellt (*L 183*, S. 13, Taf. II, Fig. 8); sie wurde [1878?] für Kräfte von 455 bis 680 kg gebaut. Die Maschine ist für Zugversuche mit Cementkörpern bestimmt und dürfte bei guter Ausführung für diesen Zweck auch sehr geeignet sein. Der Antrieb geschieht mittelst Kurbel und Schnecke, die den Parallelogrammhebel *a* antreibt. Der andere Hebel *a* ist der kurze Hebel der Neigungswage, deren langer Hebel *b* den Schleppzeiger *s* mitnimmt, welcher an der Bogenskala unmittelbar die Bruchlast anzeigt. Damit beim Abreissen der Probe das Gewicht *p* nicht zurückschlagen kann, ist eine Fangvorrichtung *f* angebracht, die den Einspannklauen gestattet, sich höchstens 10—15 mm von einander zu entfernen. Der Konstruktionsgrundsatz ist natürlich nur bei Materialien mit kleiner Dehnbarkeit anwendbar, bei denen also die richtige Parallelogrammbewegung nicht wesentlich beeinflusst werden kann. Bei dehnbaren Materialien wird der Fehler in der Parallelogrammbewegung zu gross

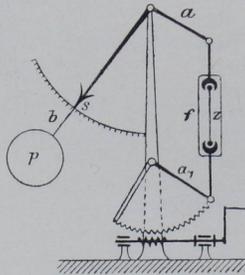


Fig. 379.

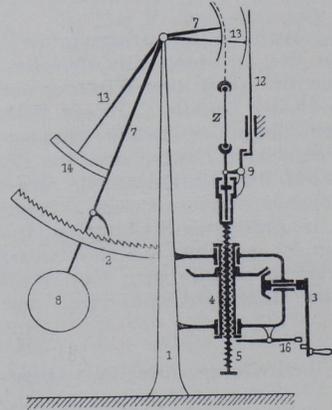


Fig. 380.

und die Theilung wird dann nicht mehr das wahre Kraftmoment anzeigen. Die Theilung kann bei der Maschine von Michele nicht mehr, wie bei der Pohlmeier-Maschine, eine gleichmässige sein.

536. Die Maschinen von Schopper, Taf. 11, Fig. 1—8, dienen hauptsächlich für Zugversuche mit kleinen Kräften, für Faden-, Papier-, Stoff-, Draht-Prüfung u. s. w. Sie werden seit 1890 mit Kraftleistungen von 10, 100, 500, 1000 und 1500 kg gebaut; die schwachen Maschinen haben sich bei den amtlichen Papier- und Stoffprüfungen in Charlottenburg vorzüglich bewährt (*L 228*). Die oft ausgeführte Prüfung der Maschinen hat stets nur Fehler von weniger als 1% ergeben. Das Schema der Maschine ist in Fig. 380 gegeben. Die Achse des Pendels 7 läuft auf Reibungsrollen. Der kurze Hebel trägt einen Kreisbogen, an dem an einer Gallschen Kette die Einspannklau 6 aufgehängt ist; der kurze Hebelarm hat also bei dieser Wage gleichbleibende Länge. Der lange

Hebel trägt das Pendelgewicht und eine sechstheilige Sperrklinke, die in den am Maschinengestell befestigten Zahnbogen 2 eingreift, so dass das Pendel 7 im Augenblick des Bruches in der erreichten Lage stehen bleibt und seine Zeigermarke die erreichte Bruchbelastung an der Bogenskala 2 anzeigt. Neben dem Pendelhebel ist ein Schleppzeiger 13 auf gleicher Achse gelagert, der auf einer an der Pendelstange angebrachten Bogenskala 14 die Dehnung des Probestreifens anzeigt und im Augenblick des Bruches ebenfalls in seiner Stellung stehen bleibt. Das geschieht wie folgt: Die untere Einspannklemme ist an einem Kopf angebracht, der lose auf der Antriebsscheibe 5 sitzt und beim Ende des Versuches durch sein eigenes Gewicht eine Verschiebung in der Achse erfährt. Hierdurch wird der kleine Winkelhebel 9 bethätigt, dessen Nase nun die Zahnstange 12 freilässt, die bis dahin die gegenseitige Verschiebung zwischen den beiden Klemmen mittelst des Zahnrades 13 auf den Dehnungszeiger übertrug. Der Antrieb geschieht durch Winkelräder und Schraube. Er hat im Augenblick des Bruches keinen Einfluss mehr auf das Pendel und den Dehnungszeiger, die nun die erreichten Höchstwerthe für Belastung und Dehnung anzeigen. Letztere wird in Procenten der Messlänge abgelesen, weil stets Streifen von gleicher Länge zwischen den Klemmen benutzt werden. Dies wird erreicht, indem nach Feststellung des Pendels und der oberen Klemme in der Nullstellung der Antrieb so lange rückwärts gedreht wird, bis die Nase an der Schraube 5 den Hebel bewegt und den Anschlag so schaltet, dass die Handkurbel nicht mehr weiter bewegt werden kann, dann ist die Klemmenentfernung genau gleich l [180 mm bei Papierprüfungen]. Die Klemmen sind als Excenterklemmen konstruirt, deren Konstruktion aus Taf. 11, Fig. 5 und 6 hervorgeht.

537. A. von Tarnogroki in Essen/Ruhr baut Maschinen mit Neigungswage in sehr vielen verschiedenen Grössen von 10 kg bis zu 100 000 kg Kraftleistung.

Zur Untersuchung von Papier und Drähten baut auch W. Carrington in London (*L 183*) [1878?] Maschinen nach dem Grundsatz der Neigungswage.

c) Die Federwage.

538. Die Feder ist von frühester Zeit an und in den verschiedensten Formen im Materialprüfungswesen für die Kraftmessung benutzt worden, namentlich wenn es sich um kleine Kräfte handelte. Die Verwendung war indessen häufig so ungeschickt, dass sich die Apparate mit Federwagen zu Zeiten keines besonderen Vertrauens erfreuten. Die mangelhafte Wirkung war aber meistens in den Nebenkonstruktionen begründet, und man darf nach den Erfahrungen, die beispielsweise auch in der Charlottenburger Versuchsanstalt in mehr als 15 Jahren an einer grossen Reihe von Maschinen und Messfedern gewonnen sind, aussprechen, dass die Feder an sich ein ganz gutes Kraftmessinstrument liefern kann, wenn sie richtig benutzt und kontrolirt wird, und wenn man sich mit den Genauigkeitsgrenzen begnügt, die schon in früheren Absätzen (505) für Materialprüfungsmaschinen gefordert und als genügend erachtet wurden.

Selbstverständlich kann ich bei den folgenden Beschreibungen nur