

5. Laufgewichtswage.

Laufgewicht und Skala.

511. Die Laufgewichtswage ist bei den Materialprüfungsmaschinen ausserordentlich viel verwendet. Sie bietet ohne Zweifel manchen Vortheil und ist weiterer Vervollkommnung wohl zugänglich.

Bei der einfachen Laufgewichtswage wird das auf dem Balken reitende oder auf einer besonderen Laufstange gleitende Gewicht von der Hand entweder an einer Theilung verschoben oder in besonderen Einkerbungen oder Einklinkungen festgestellt, die dann nach bestimmten Vielfachen fortschreitenden Gewichten entsprechen. Das Laufgewicht und die Balkenlänge wird nicht immer so bemessen, dass die Verschiebung des Gewichtes vom einen Ende bis zum anderen der ganzen Kraftleistung entspricht; vielfach werden bestimmte grosse Laststufen durch an das Balkenende angehängte Gewichte herbeigeführt, und innerhalb der hierdurch gegebenen Belastungsstufen wieder die Zwischenwerthe durch Verschieben des Laufgewichtes erzeugt, das dann natürlich für jede neue Stufe wieder auf den Nullpunkt zurückgeführt werden muss.

Bei den Laufgewichten erster Art richtet man die Verhältnisse oft auch so ein, dass man verschiedene Gewichtsstücke benutzt, so dass je nach der erforderlichen Kraftleistung ein leichteres oder ein schwereres Gewicht angewendet wird. Der vom Laufgewicht zurückgelegte Weg wird also für die geringen Kraftleistungen vergrössert, und kleine Momente können dann mit grösserer Sicherheit abgelesen werden. Meistens benutzt man hierbei die gleiche Skala mit Gewichten, die sich wie 1 : 10 : 100 oder 1 : 2 : 5 : 20 : 50 verhalten, so dass man leicht die Momente an derselben Bezifferung ablesen kann. Häufig werden auch zwei oder mehr Laufgewichte von verschiedener Grösse neben einander benutzt, die sich in der Regel wie 1 : 10, 1 : 100, 1 : 1000 verhalten. Dann wird das grosse Gewicht sprungweise von einer Einkerbung zur anderen versetzt, und das kleine Gewicht läuft jedesmal vom einen Ende seiner Skala zur anderen, die Zwischenmomente anzeigend.

512. Man kann die Benutzung der grossen Aufsatz- oder Laufgewichte gewissermaassen als eine Vergrösserung der Skala, d. h. Verlängerung des Wagehebels ansehen, die entsprechend den oben angegebenen Verhältnisszahlen gleich dem doppelten, fünf-, zehn- u. s. w. fachen der wirklichen Balkenlänge ist. Die Ablesung wird feiner und kann auch genau sein, wenn die Theilung der Skala genau ist, wenn das Uebersetzungsverhältniss der Wage auch während der Belastung unverändert bleibt und wenn der Empfindlichkeitsgrad der Wage für die feine Ablesung ausreicht. Angesichts der bei manchen Prüfungsmaschinen erkennbaren Uebertreibung dieser ideellen Hebelarmverlängerung muss man sich die Frage vorlegen, ob eine solche Verlängerung nöthig und zweckmässig sein kann? Ich glaube diese Frage verneinen zu sollen.

Wenn wir die Ueberzeugung haben müssen, dass die Ungleichmässigkeit des Materials uns im Allgemeinen hindert, dessen Festigkeit mit mehr als 1% Zuverlässigkeit festzustellen [von ganz besonderen Ausnahmefällen abgesehen, wird diese Grenze sogar in den weitaus meisten Fällen gar

nicht einmal annähernd erreicht], wenn wir wissen, dass es ausserordentlich schwer ist, unseren Probirmaschinen einen wesentlich grösseren Genauigkeitsgrad als 1% zu verleihen, wenn selbst unsere besten Feinmessapparate zur Bestimmung der Formänderungen höchstens etwa 0,5% Genauigkeit sicherstellen, wenn wir als praktische Konstrukteure wissen, dass unsere Rechnungen mit überlieferten Mittelwerthen den wahren Eigenschaften des verwendeten Materials nicht entsprechen, wenn wir wissen, dass diese unsere Rechnungen Annäherungsrechnungen sind, die ganz gewiss mit mehr als 1% von der Wirklichkeit abweichen, was hat es dann für einen Sinn, die Genauigkeit der Ablesung an der Wage zu übertreiben? Warum bleiben wir da nicht innerhalb der Grenzen des praktisch Nothwendigen und mit einfachen Mitteln Erreichbaren?

Ich meine, wenn der Hebel einer Laufgewichtswage so lang gemacht wird, dass man bei den kleinsten Probestücken, für die die Maschine vernunftgemäss noch benutzt werden kann, die Gewichte mit 1% der anzuwendenden Bruchlasten sicher bestimmen kann, so ist das völlig ausreichend; denn ebenso verkehrt, wie es sein würde, an einer Schwarzwälder Uhr Sekunden zu messen, ebenso verkehrt ist es, auf einer 50000 kg Maschine Drähte oder gar Pferdehaare zu zerreißen.

Bei der Forderung von 1% Genauigkeit dürfte es völlig genügen, wenn der Balken in $\frac{1}{1000}$ der grössten Krafftleistung der Maschine eingetheilt ist. Ist die Theilung scharf eingeschnitten und die Strichentfernung 1 mm oder mehr, so kann man dann immer noch Fünftel oder Zehntel der Theilung, also $\frac{1}{8000}$ oder $\frac{1}{10000}$ der höchsten Krafftleistung schätzen, bei 50000 kg also bis auf 5 kg; der Fehler, mit dem eine Ablesung behaftet ist, braucht dann nicht grösser als ± 10 kg angenommen zu werden. Sehr wahrscheinlich wird die Maschine einen weit geringeren Genauigkeitsgrad besitzen. Die Empfindlichkeit geht zuweilen noch weiter; meine 50000 kg-Maschine (Taf. 5) zeigt z. B. im Leergange ganz deutlich ein Gewicht von 0,5 kg an, das an die Einspannklaue gehängt wird. Wenn die Wage empfindlich genug ist, so wird man selbst bei einem einzigen Laufgewicht unter den eben besprochenen Verhältnissen noch Laststufen von 1000 kg für die Feinmessungen mit ausreichender Genauigkeit einstellen können, denn der mittlere Fehler der Einstellung wird weit geringer als 1% werden, da ja bei den Feinmessungen nicht Einzelwerthe ermittelt, sondern immer Messungsreihen ausgeführt werden. Will man die Einstellung für die Feinmessungen noch sicherer machen und ist genügend Empfindlichkeit der Wage vorhanden, so sollte man die Einrichtung treffen, dass für die Feinmessungen ein wesentlich kleineres Laufgewicht [$\frac{1}{10}$ des grossen] benutzt wird.

513. An dieser Stelle möchte ich auf einen Vorschlag zurückgreifen, den ich schon im Abs. 40, S. 22 machte. Durch geschickte Konstruktion des Laufgewichtes kann man mit leichter Mühe erreichen, dass das Gewicht dem jedesmaligen Probenquerschnitt f beim Zerreißversuch so angepasst wird, dass die Ablesungen an der Skala unmittelbar die Spannungen σ im Probestab in at (kg/qcm) anzeigen. Für die in der Regel vorkommenden Querschnitte würde man einige Hauptgewichte haben, die so einzurichten wären, dass sie mit der eigentlichen Reitervorrichtung derartig verbunden werden können, dass eine Schwerpunktsverschie-

bung ausgeschlossen ist. Für grössere, nicht mehr vernachlässigbare Abweichungen des Probenquerschnittes von dem normalen Querschnitt, wie sie in Folge von Bearbeitungsfehlern vorkommen, würde man Zusatzgewichte hinzuzufügen haben.

In Verbindung mit einer solchen Einrichtung würde man dann die Formänderungen des Stabes unmittelbar in Procenten der ursprünglichen Länge nach den in Abs. 40, 137 angegebenen Maassnahmen ablesen oder von der Maschine aufzeichnen lassen und gewönne auf diese Weise Prüfungsergebnisse, die sich unmittelbar mit einander vergleichen lassen oder bei gleichem Material sich decken. Welche grossen Vortheile hiermit gegeben sein würden, geht aus dem früher Gesagten mehrfach hervor (40); ich will das hier nicht wiederholen, sondern nur darauf aufmerksam machen, auf wie verschiedene Weise man den gedachten Zweck erreichen kann.

514. Ebenso wie man die Skala gleichbleibend benutzt und das Gewicht von veränderlicher Grösse macht, kann man bei der Laufgewichtswage bei gleichbleibendem Gewicht und fester Hebelänge die Theilung entsprechend dem Probenquerschnitt veränderlich machen, so dass man die Spannungen σ an der dem jeweiligen Probenquerschnitt entsprechenden Skala abliest. Dabei braucht man keineswegs eine Reihe von Skalen auf dem Hebelarm einzugraviren. Vielmehr kann man beispielsweise einen sogenannten verjüngten Maassstab, mit von einem Punkte ausstrahlenden Theilstrichen, auf dem Hebelarm anbringen. Dieser Maassstab würde dann allen Skalen entsprechen, die für einen gewissen kleinsten und grössten Probenquerschnitt gültig sind und man brauchte mit dem Laufgewicht nur eine Zeigermarke zu verbinden, die, wie in Fig. 361 angedeutet, auf der dem Stabquerschnitt f entsprechenden Linie, die in jedem Augenblick herrschende Spannung σ in at anzeigt. Man wird selbstverständlich die Zeigermarke so einrichten, dass sie genau auf die dem Querschnitt f entsprechende Linie zeigt. Wenn man den Kunstgriff braucht, mehrere auswechselbare Laufgewichte zu benutzen, so braucht der verjüngte Maassstab gar nicht einmal einen grossen Umfang zu haben.

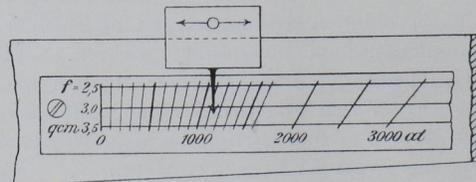


Fig. 361.

Ebenso könnte man die verjüngten Maassstäbe auf Metallstreifen auftragen, die auswechselbar am Wagehebel zu befestigen wären. Auch könnten die Skalen auf einen Cylindermantel gewickelt werden, so dass die dem Stabquerschnitt entsprechende Linie durch Drehen des Cylinders auf die Zeigermarke des Laufgewichtes eingestellt werden müsste. Diese Skalen könnten bei geeigneter Konstruktion des Laufgewichtes natürlich auch neben dem Hebel am Maschinengestell befestigt werden.

Fortbewegung des Laufgewichtes.

515. Für die Fortbewegung des Laufgewichtes sind die mannigfaltigsten Konstruktionen im Gebrauch, so dass ich hier nur die charakteristischen besprechen kann.

Die Fortbewegung von Hand in ihrer einfachsten Form ist in den vorausgehenden Absätzen schon berührt. Diese Bewegung wird oft durch eine besondere von Hand betriebene Vorkehrung mittelst Schnurzug oder Schraube auf das Laufgewicht übertragen, wobei man die Zeigermarke des Wagebalkens fortgesetzt im Einspielen zu erhalten sucht. Der Antrieb durch Schnur oder Schraube muss selbstverständlich so konstruirt sein, dass durch die zur Fortbewegung des Gewichtes erforderliche Kraft kein Moment auf die Wage übertragen werden kann. Die Kraft- und Widerstandsrichtungen sollten daher stets durch die Mittelschneide gehen.

516. Die Bewegung des Laufgewichtes durch Schnurzug ist beispielsweise bei der Maschine von Delaloë Taf. 15, Fig. 19 und 20 (*L* 38, 1887, S. 273, *L* 34, 1891, S. 25) und bei den Maschinen von Greenwood & Batley, Taf. 17, Fig. 1—6 benutzt.

517. Bei der Maschine von Mohr & Federhaff, Taf. 6, Fig. 1 wird die im Hebel an beiden Enden gelagerte Schraube 26 durch eine am Maschinengestell parallel zu ihr gelagerte Welle mittelst Zahnräder bewegt, deren Eingriff in der Verlängerung der Stützschnide für den Laufgewichtshebel liegt. Das Drehmoment der Zahnräder wirkt dabei senkrecht zur Schwingungsebene des Wagehebels, so dass nur die sehr geringe Reibung zwischen den Zahnflanken einen wahrscheinlich sehr kleinen Einfluss auf die Empfindlichkeit der Wage ausüben wird. Die Antriebswelle kann von beiden Enden aus mit Handrad bewegt werden.

518. Die Grafenstadener Maschine, Taf. 8, Fig. 1, 2 und 30, ist mit einer ähnlichen Einrichtung versehen. Das Schraubenrad 40 treibt die Schraube 8 zur Bewegung des Laufgewichtes 9. Die Hebeltheilung für das Laufgewicht geht bis auf 40 000 kg. Soll die Maschine bis zu 50 000 kg benutzt werden, so wird das Zusatzgewicht für 10 000 kg Belastungswerth aufgesetzt; dieser Werth ist dann den Ablesungswerthen hinzuzufügen. Das Schraubenrad 40 und die Schraube 8 machen gleiche Umdrehungen wie die Antriebswelle 39 mit dem Handrad 37. Der Gewichtshebel hat Theilung von je 500 kg. Eine Umdrehung des Handrades 37 verschiebt das Laufgewicht um eine Theilung, und da das Handrad in 50 Theile getheilt ist, so entspricht die Theilung je 10 kg Belastung. Die ganzen Umdrehungen dieses Rades werden durch eine horizontal laufende Zählscheibe gezählt, welche ebenfalls die Theilung für je 500 kg trägt; an ihr kann man also die Stellung des Laufgewichtes am Hebel ebenfalls ablesen.

518a. L. Paupier-Paris (*L* 183, S. 12, Taf. I, Fig. 7) baut Maschinen für Cementprüfung, bei denen der Antrieb durch die Laufgewichtswage mit besorgt wird. Die Maschinen sind für Zug- und Druckversuche bis zu 2000 kg bestimmt.

519. Bei der Wickstedt-Maschine, Taf. 16, wird das schwere Laufgewicht 14, mit Rädern auf Schienen am Hebel 13 laufend, entweder von Hand mittelst des Handrades 17 oder durch ein Riemenvorlege 23 be-

wegt. Der Vorwärts- und Rückwärtsgang wird durch die Handhabe 41 eingeleitet. Die Fortbewegung geschieht durch das Räderwerk 16, das auf die Schraube 15 wirkt. Bei der neuesten Form der Wicksteed-Maschine findet die Bewegung des Laufgewichtes durch eine wagrecht angebrachte hydraulische Presse statt. (L 235.)

520. Bei dem in Fig. 350 dargestellten Laufgewicht der Torsionsmaschine von Martens ist das Laufgewicht als Rolle 7 ausgebildet, die zwischen Spitzen in der durch Gegengewicht ausgeglichenen Gabel eines Wagens läuft, der seinerseits auf zwei Leitschienen durch Schraube verschoben wird. Die Einstellung des Wagens und damit auch die der Rolle, werden auf der Skala und am Handrad abgelesen (524).

521. Als Beispiel von mechanisch betriebenen Laufgewichten wurde schon die Maschine von Wicksteed erwähnt (519). Bei dieser Maschine muss aber der Beobachter die Geschwindigkeit der Fortbewegung des Laufgewichtes noch so regeln, dass die Wage möglichst unausgesetzt im Einspielen bleibt. Bei anderen Konstruktionen ist die Sache so geordnet, dass die Geschwindigkeit von der Maschine beeinflusst wird. Diese Selbstregelung kann man nach verschiedenen Gesichtspunkten vornehmen. Meistens lässt man den Antrieb mit einer bestimmten Geschwindigkeit vorgehen und ändert dann das Moment des Kraftmessers in der Weise, dass die Wage immer nahezu im Einspielen erhalten wird. Man kann aber auch den umgekehrten Weg verfolgen und das Moment des Kraftmessers gleichförmig wachsen lassen und hiernach die Geschwindigkeit des Antriebes so regeln, dass die Wage im Einspielen bleibt. Zur Steuerung der Bewegungsvorrichtungen benutzt man im ersten Falle meistens die Bewegungen des Hebels.

522. Auf meiner Studienreise in Nordamerika sah ich eine Einrichtung, bei der auf einfachem mechanischen Wege das Laufgewicht durch ein Getriebe bewegt wurde, welches vom Wagebalken gebremst wurde. Ich habe das Schema hierzu in Fig. 362 nach dem Gedächtniss wiedergegeben, da ich einen Theil meiner Notizen leider unterwegs verloren habe. Die Vorrichtung war an der Maschine nachträglich angebracht. Das Laufgewicht *p* wurde auf dem Balken durch das von dem Gewicht 5 getriebene Laufwerk 1 verschoben. Die Nase 2 am Hebel hemmte das Laufwerk, wenn er nach unten ausschlug; es lief also nur im Sinne der Belastung. In Fig. 362 deutete ich am Gewicht eine Rolle 3 an, über welche die Treib-

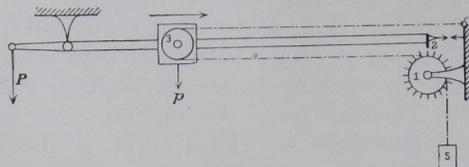


Fig. 362.

schnur nach Punkt 4 am Maschinengestell läuft. In Wirklichkeit war die Ausführung viel einfacher; ich wollte aber darauf hinweisen, dass die Zugrichtung der Fortbewegungskraft durch die Mittelschneide gehen muss und vor allen Dingen einen Uebergang zu Fig. 363 schaffen, welche zeigt, wie man diese einfache Vorrichtung auch für Hin- und Rücklauf des Gewichtes

einrichten kann. In Fig. 363 sind zwei Laufwerke angebracht, die in der Mittellage des Hebels beide von den Nasen 2 gehemmt, aber wechselseitig freigelassen werden, wenn das Gleichgewicht gestört wird. Laufwerk 1 besorgt den Hingang, es wird durch Gewicht 5 getrieben; Laufwerk 4 bewirkt den Rückgang, es wird durch Gewicht 7 mittelst Rolle 8 getrieben, während Gewicht 6 nur zur Schnurspannung dient.

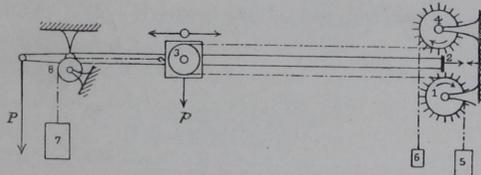


Fig. 363.

523. Der zuletzt beschriebene Grundsatz steckt schliesslich auch in dem Apparate, mit welchem ich meine 50 000 kg-Maschine für die Aufzeichnung des Schaubildes ausrüstete, wenn hierbei auch nicht das Laufgewicht einer Wage bewegt, sondern das Quecksilbergefäss eines Manometers gehoben und gesenkt wurde. Der Grundsatz lässt sich auch in der von mir für diesen Fall gewählten Form auf die Bedienung der Laufgewichtswage übertragen. Mein Apparat ist in (L 162) ausführlich beschrieben, besonders habe ich dort die zahlreichen Erfahrungen niedergelegt, die ich bei dem Bestreben machte, sehr grosse Uebersetzungsverhältnisse zu erzielen. Weil gerade dieses Beispiel lehrreich ist, habe ich es in Abs. 563 beschrieben, obwohl es für das praktische Versuchswesen schliesslich von nebensächlicher Bedeutung ist; ich begnüge mich daher an dieser Stelle mit der Bemerkung, dass der Apparat aus zwei elektromagnetisch gebremsten Laufwerken besteht, an welchen mit loser Rolle das Quecksilbergefäss [Laufgewicht] hängt. Das linke Werk dient zum Heben des Gefässes, es wird durch ein schweres Gewicht getrieben, während das rechte Werk durch das sinkende Quecksilbergefäss von kleinerem Gewicht bewegt wird. Die Bewegung des einen oder des anderen Laufwerkes wird wechselseitig durch den elektrischen Strom gehemmt, der, abhängig von der auf den Probestab übertragenen Kraft, durch eine Kontaktvorrichtung so gesteuert wird, dass der Apparat stets mit sehr kleinem Spiel um die Gleichgewichtslage der Belastungsvorrichtung schwankt. Das Quecksilbergefäss folgt auf diese Weise genau der im Probekörper herrschenden Inanspruchnahme, und sein Stand ist ein Maass für diese Kraft.

524. Man kann das, was man bei dem vorigen Beispiel durch Elektrizität bewirkte, auch mit Wasserbetrieb erreichen. Ich benutzte die Gelegenheit der Berliner Unfallverhütungsausstellung, um diesen Grundsatz an einer kleinen Maschine für 500 kg-Leistung vorzuführen, die nach meinen Plänen von der Werkstatt der Versuchsanstalt gebaut wurde und Gegenstand der Ausstellung der Anstalt war. Sie ist in Fig. 364 in 1 : 12,5 nat. Gr. dargestellt.

Der Antrieb erfolgt durch einen von der Wasserleitung getriebenen Liderkolben 3, dem vor- und rückläufige Bewegung durch Umsteuerung des Hahnes 22 erteilt werden kann.

Das Laufgewicht ist durch einen Wagen 9, mittelst der um den Mittelzapfen schwingenden Gabel, in Spitzen so geführt, dass auf den Wagebalken fast nur das Eigengewicht der grossen Rolle wirkt. Der Wagen läuft auf den beiden Seitenschienen 8; er wird getrieben durch ein Uhrfeder-Stahlband 10, das an den Stift 11 am Wagen angreift. Dem Wagebalken 7 ist zwischen den Stellschrauben 23 nur ein ganz geringes Spiel gewährt. Dieses Spiel wird auf Stange 18 übertragen, die in dem Ventilgehäuse 19 einen entlasteten Schieber bewegt. Die Kanäle sind in das

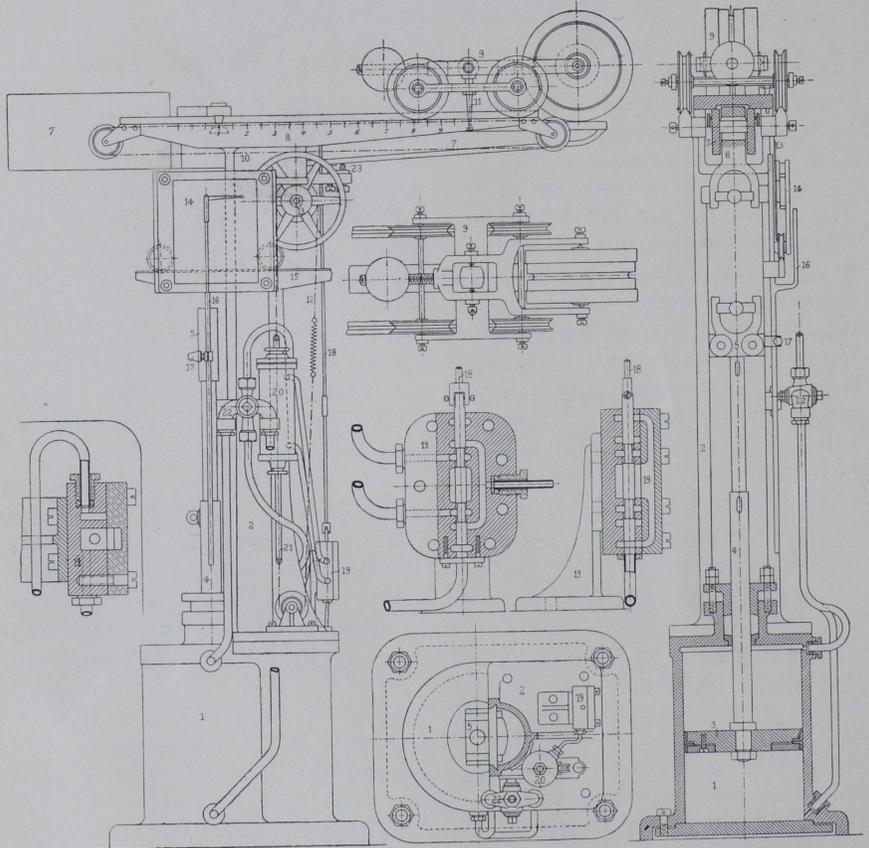


Fig. 364.

Gehäuse 19 eingefräst, wie aus Fig. 364 zu ersehen ist. Man erreicht hierdurch sehr scharfe Abschlusskanten, und ein geringes Spiel von wenigen Zehntel-Millimetern genügt für die Umsteuerung. Diese setzt abwechselnd den oberen oder unteren Raum des Cylinders 20 mit der Druckwasser- oder mit der Abflussleitung in Verbindung. Dadurch wird die mit der Kolbenstange 21 verbundene Uhrfeder 12 hin und her bewegt, welche nun das Getriebe 13 in Thätigkeit bringt. Dieses muss der Bewegung des Steuerventils, d. h. des Wagebalkens 7 folgen, und dadurch wird mittelst des am Getriebe befestigten Bandes 10 das Laufgewicht um die jeweilige Gleichgewichtslage der Wage pendelnd erhalten. Die Gleichgewichtslage

ist aber abhängig von der Spannung in der zu untersuchenden Probe. Die hin und her gehende Bewegung des Getriebes wird mit Hilfe einer Zahnstange auf die Zeichentafel 14 übertragen, die auf der Führung 15 mit Rollen läuft. Der Zeichenstift schreibt ausserdem die Längenänderungen der Probe auf, da er durch Stange 16 und Klemme 17 mit der unteren Einspannklau 5 verkuppelt ist.

525. Der Antrieb der Maschine von Olsen (Taf. 20) und die Fortbewegung des Laufgewichtes ist in Fig. 365 schematisch erläutert. Ich will die Beschreibung hiernach gleich auf die ganze Einrichtung erstrecken; sie wiederholt sich in geringer Veränderung bei den meisten Olsenschen Maschinen; der Vergleich mit Fig. 365 wird auch die Abbildungen auf Taf. 20 leicht verständlich machen.

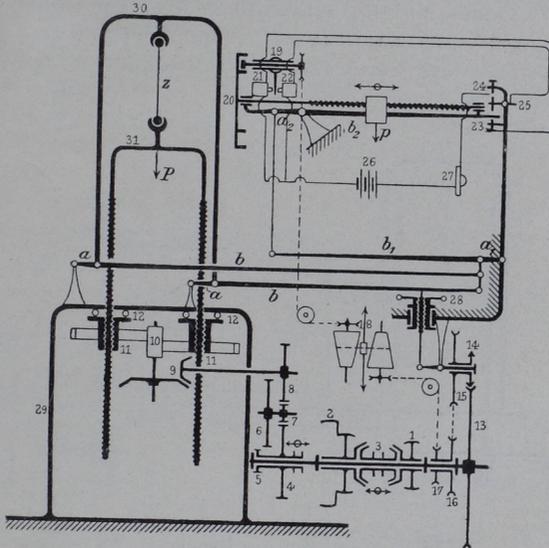


Fig. 365.

Bei der Olsenschen Maschine wird das Laufgewicht durch eine von dem Antriebe aus mittelst Schnurlauf betriebene Schraube bewegt; die Bewegungsrichtung wird selbstthätig durch das Spiel des Wagehebels mittelst einer elektrischen Umsteuerung geregelt. Der Antrieb des Schnurlaufes erfolgt von der Hauptwelle aus, die durch gekreuzten und offenen Riemen mittelst der Riemenscheiben 1 und 2 (Fig. 365), je nach dem Eingriff der Reibungskuppelung 3, rechts- oder linksdrehend bewegt wird. Diese Bewegung wird durch ein Rädervorgelege 4 bis 11 auf die vier Schrauben des Querhauptes 31 übertragen [12 sind vier Kugellager, die zur Reibungsverminderung dienen]. Hierdurch wird die Zugkraft mittelbar durch die Probe und das Querhaupt 30 oder unmittelbar durch den Druckprobenkörper auf den in Fig. 365 fortgelassenen Tisch abgegeben, der in den gegabelt ausgeführten beiden unteren Hebeln (ab) vier Stützpunkte findet. Von diesen Hebeln wird die Kraft mittelst des Hebels a_1b_1 auf den Laufgewichtshebel übertragen. In dem Laufgewichtshebel a_2b_2 ist die Fortbewegungsschraube für das Laufgewicht gelagert, er ist am linken Ende

mit einer Zifferscheibe versehen, die zwei Reibungsränder besitzt, an welche das kleine Reibungsvorgelege 19 angreift, das, je nachdem an welchem Rande es angreift, rechts- oder linksdrehend auf Scheibe 20 wirkt. Die Umsteuerung dieses schwingend gelagerten Vorgeleges geschieht mit Hilfe der Elektromagneten 21 und 22 durch den Strom der Batterie 26, wenn Kontakt 25 geschlossen ist, so dass Belastung, und wenn Kontakt 23 geschlossen ist, Entlastung der Wage erfolgt. Wenn das Laufgewicht dem Wachstum der Spannung im Probekörper nicht folgen kann, so wird erst der federnde Kontakt 25 geschlossen und darauf 24; hierdurch macht die Klingel 27 den Beobachter auf diesen Zustand aufmerksam. Der Beobachter kann dann die Geschwindigkeit des Hauptgewichtes regeln, indem er das in den Schnurlauf eingeschaltete Kegel-Riemengetriebe 18 entsprechend einstellt. Dieses erhält seine Bewegung durch den Schnurtrieb 13 bis 17, indem mittelst Schraube 28 das am Hebel laufende Reibungsrad 14 an 13 angepresst wird. Die Zifferscheibe 20 giebt die Hunderter und Zehner an, während die Tausender an der Hebeltheilung vom Laufgewicht angezeigt werden.

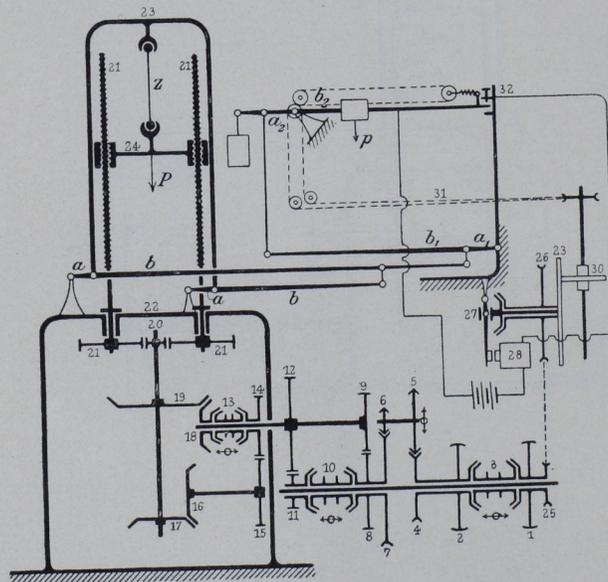


Fig. 366.

526. Der Antrieb der Maschine von Riehlé ähnelt in der ganzen Anlage demjenigen der Olsen-Maschine; er ist in Fig. 366 mit Auslassung einiger Zwischenräder schematisch dargestellt. Der Antrieb erfolgt durch offenen und gekreuzten Riemen; er wird unter Benutzung der Kuppelungen 3, 10 und 13 und des Reibungsvorgeleges 5, 6 durch die Triebe 4, 7, 8, 9, 11, 12, 14 bis 20 auf die beiden Zugschrauben 21 mit verschiedenen Geschwindigkeiten übertragen. Die Schrauben 21 geben die Kraft an den Zug- oder Druckprobekörper ab, von wo aus sie mittelbar oder unmittelbar zunächst auf den [in Fig. 366 fortgelassenen] Tisch und von diesem auf die vier Stützpunkte der beiden gegabelten Hebel *ab* übertragen werden.

Durch Hebel $a_1 b_1$ wird die Kraft an den Laufgewichtshebel $a_2 b_2$ abgegeben. Das Laufgewicht der Wage wird durch den Schnurtrieb 31 voran bewegt. Der Schnurtrieb wird von der Haupttriebwellen aus durch Scheiben 25, 26 getrieben, von denen 26 mittelst der elektromagnetisch schliessbaren Kuppelung 27 mit dem Scheibenrad 29 gekuppelt werden kann. Von 29 aus treibt das Reibungsrad 30, das von der Hand auf beliebige vor- und rückläufige Bewegung eingestellt werden kann, den Schnurlauf 31. Der Stromkreis zum Elektromagneten 28 wird durch den Laufgewichtshebel und Kontakt 32 beherrscht.

527. Eine Eigenthümlichkeit zeigt noch das Laufgewicht selbst; es ist nämlich mit einer Theilscheibe versehen, die in einer Oeffnung Hunderter und Zehner abzulesen gestattet, während die Tausender an der Balkentheilung abgelesen werden. Der Antrieb der Zählscheibe erfolgt durch eine am Hebel befestigte Zahnstange.

528. Riehlé Bros. benutzen auch eine Form des Laufgewichtshebels, bei der dieser Hebel durch die Schraube selbst gebildet ist, während die im Laufgewicht drehbar gelagerte Mutter von einer schwachen am Hebel gelagerten Welle aus mittelst Stirnradtriebes gedreht wird. Die Mutter verschiebt so sich selbst und das Laufgewicht, das auf Rädchen in einer Nuth der Schraube läuft. Die Hebeltheilung zeigt die Tausender und die Theilung auf der Mutter Hunderter und Zehner an.

529. Noch viel verwickelter sind die von Fairbanks benutzten Konstruktionen. Er bewegt das Laufgewicht mittelst elektromagnetischer Maschinen, die im Laufgewicht selbst angebracht sind. Da die Fairbanks-Maschinen, wie es scheint, nicht mehr gebaut werden, will ich mich hier mit der Aufzählung begnügen (*L 113 u. 221*).

a) Die elektrischen und elektromagnetischen Umsteuerungen oder Antriebe der Laufgewichte, haben in letzter Zeit immer mehr Anwendung gefunden. Das ist bei dem grossen Fortschritt, den die Anwendung der Elektrizität in der Technik gemacht hat, an sich begreiflich. Ich halte mich aber doch für verpflichtet, auch hier die Frage nach der Nothwendigkeit und Zweckmässigkeit der Anwendung zu stellen und aus eigener Erfahrung und Beobachtung an fremden Orten das Folgende mitzuthemen, um daran wieder den Ruf anzuschliessen, dass man den einfachen und sicheren Konstruktionen immer den Vorzug geben soll, wenn sich mit ihnen der für das Materialprüfungswesen nothwendige und ausreichende Genauigkeitsgrad der Arbeit erzielen lässt. Die exakte Leistung, die sich bei geschickter Benutzung der Elektrizität ja ohne allen Zweifel erreichen lässt, und die sinnreichen Konstruktionen bestechen immer wieder zu neuen Konstruktionen an. Bei sauberster Instandhaltung und unausgesetzter Aufmerksamkeit lassen sich ja auch vorzügliche Ergebnisse erzielen, aber für die allgemeine Praxis, wo man solche Aufmerksamkeit nicht spenden kann, sollte man verwickelten Konstruktionen fern bleiben. Jedenfalls ist es, übrigens nicht blos beim elektrischen Betriebe, nothwendig, dass man sich von der Zuverlässigkeit und von den Fehlergrenzen beim mechanischen Antrieb der Laufgewichte Kenntniss verschafft.

b) Als Beispiel will ich hier einige Versuche mittheilen, die ich mit elektrisch umgesteuerten Laufgewichten anstellte; da es sich um fremde Maschinen handelt und die Namen für das, was ich zu sagen habe, gleichgültig sind, so nenne ich die Maschinenart nicht. Es liegen zwei Konstruktionen vor, die eine nach Fig. 367, die andere nach Fig. 368.

Es ist klar, dass das einmal in Bewegung befindliche Laufgewicht über das Ziel hinausschiessen wird, wenn die Bewegung schnell und die bewegte Masse gross ist. Das Laufgewicht wird also mehr oder minder weit über die jeweilige Gleichgewichtslage hinausgehen und die Wage wird dann nicht in der Einspiel-

lage des Balkens zur Ruhe kommen, sondern sich höher oder tiefer einstellen. Geschieht die Umsteuerung des Laufgewichtes, wie in Fig. 367 und 368 vorausgesetzt, durch elektrische Kontakte, so wird, wenn das Spiel zwischen den Kontakten gross genug ist, der Balken zwischen ihnen zum Einspielen kommen können. Ganz besonders kann dies aber auch dann eintreten, wenn die Vorkehrung zur Uebertragung der Bewegung auf das Laufgewicht Kraft- oder Reibungsmomente an die Wage abgibt und diese unempfindlich macht. In diesen Fällen zeigt also die Stellung des Laufgewichtes nicht die auf den Probestab wirklich ausgeübte Kraft an. Durch den Versuch lässt sich ein Urtheil über die Grösse der entstehenden Fehler gewinnen.

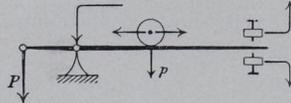


Fig. 367.

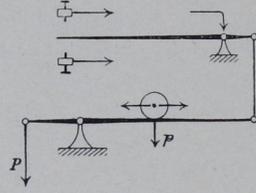


Fig. 368.

Zu dem Zweck beschwerte ich den kurzen Hebel noch mit dem Gewicht P und liess dann in mehrfacher Wiederholung die Wage durch den mechanischen Antrieb der Maschine entweder durch Bewegung im Sinne der Belastung oder der Entlastung zum Einspielen kommen; dies kann durch Niederdrücken oder Anheben des Hebels bis zum Kontakt und plötzliches Loslassen leicht eingeleitet werden. Bei zwei nach Fig. 367 und 368 angeordneten Maschinen [A und B] erhielt ich folgende Ablesungen:

	Hebel nach oben	nach unten gedrückt:
Masch. A:	2000	2000
	00	00
	15	15
	15	10
	03	17
Mittel:	$2006,6 \pm 4,4$	$2008,4 \pm 4,9$
Unterschied:		1,8
Masch. B:	6320	6360
	40	40
	00	60
	30	10
	288	70
Mittel:	$6315,6 \pm 12,9$	$6348,0 \pm 14,4$
Unterschied:		32,4
Bei der Anordnung nach Fig. 368 ergab sich:		
Masch. C:	14380	15068
	315	60
	340	68
	410	72
	295	62
Mittel:	$14348 \pm 28,4$	$15066 \pm 3,0$
Unterschied:		718

Der Unterschied in den mittleren Einstellungen für Be- und Entlastung fällt bei Maschine A noch in die Fehlergrenzen für die Einstellung; er ist kleiner als der wahrscheinliche Fehler der Einstellung. Bei Maschine B ist dieser Unterschied schon erheblich grösser als der wahrscheinliche Fehler; man muss daher die Ursache hierfür in der ungünstigen Anordnung der Kontakte oder anderen in der Maschine liegenden Dingen suchen. Bei Maschine C zeigt sich ohne weiteres die ungeschickte Anwendung der ganz weit gestellten Kontakte, wie ich es in

Fig. 368 andeutete. Der Konstrukteur hatte im Uebereifer einen besonderen Hebel für die Vergrößerung der Laufhebelbewegung angebracht, weil er glaubte, die Empfindlichkeit der Maschine zu erhöhen. Mit welchem Erfolg das geschehen ist, zeigt der Unterschied von 718 Einheiten, welcher den wahrscheinlichen Fehler der Einstellungen an sich um das 46fache übertrifft. Die Benutzung der Maschine in diesem Zustande ist natürlich bedenklich. Es liegt auf der Hand, dass dieser Fehler durch einfaches Aneinanderrücken der Kontakte beseitigt werden kann, das so lange fortzusetzen ist, bis der Unterschied etwa die Grösse der wahrscheinlichen Einstellfehler erreicht.

c) Welchen grossen Einfluss bei den Laufgewichtswagen die Geschwindigkeit hat, mit welcher das Laufgewicht bewegt wird, zeigt folgendes Beispiel, das an der ersten der drei vorhin in Vergleich gestellten Maschinen gewonnen wurde. Ich liess bei Maschine A die Einstellungen im Sinne der Belastung einmal bei sehr langsamem und einmal bei sehr schnellem Gange des Laufgewichtes machen und erhielt

	langsamer Gang	schneller Gang
Masch. A:	2020	1975
	50	40
	50	70
	00	00
	00	30
Mittel:	$2024 \pm 15,1$	$1943 \pm 18,6$
Unterschied:	81	

Bei diesen Versuchsreihen ergab die Maschine grössere wahrscheinliche Fehler der Einstellung und einen beträchtlichen Unterschied in der angezeigten Gleichgewichtslage bei der gleichen Belastung; dieser Unterschied betrug immerhin das Fünffache des wahrscheinlichen Fehlers und dieser war gewachsen.

Die hier angeführten Beispiele zeigen wiederum schlagend, wie nothwendig es ist, Maschinen genau auf ihre Zuverlässigkeit zu prüfen. Ich bin sehr neugierig auf die Ergebnisse, die man finden wird, wenn einmal Maschinen mit schweren Laufgewichtern und grossen Hebelmassen auf die Zuverlässigkeit ihrer Anzeigen geprüft werden.

530. Bei Benutzung der mechanischen oder elektrischen Umsteuerung des Laufgewichtes kann man, wie wohl aus den voraufgehenden Absätzen schon zum Bewusstsein gekommen ist, zwei Wirkungsweisen der Umsteuerung unterscheiden, die freilich in einander übergehen können. Bei der einen [Fig. 368 zeigt davon ein übertriebenes Beispiel] ist die Umsteuerung derartig geregelt, dass die Wage zwischen den die Umsteuerung veranlassenden äussersten Stellungen [zwischen den Kontakten] spielen und gegebenen Falles zur Ruhe kommen kann; während bei der anderen Art die Dinge so geregelt sind, dass Umsteuerung auf Umsteuerung in so schneller Folge vor sich geht, dass das Laufgewicht auch bei beständiger Belastungssteigerung fortwährend um die Gleichgewichtslage pendelt. Letzteres kann auf mehrfache Weise erreicht werden. Zwei verschiedene Formen benutzte ich bei meiner 50 000 kg- (Taf. 5) und 500 kg-Maschine (524, Fig. 364).

a) Obgleich bei dieser 500 kg-Maschine der Weg, den das Laufgewicht um die Gleichgewichtslage machte, etwa einem Belastungsunterschiede bis zu 15 kg entsprach, so konnte man doch noch an der Schaulinie, von der ein Stück in nat. Gr. in Fig. 369 dargestellt ist, die Verschiebung deutlich unterscheiden, die 2 kg Zusatzgewicht am kurzen Hebel veranlasste (vergl. 2 bis 6 Fig. 369), so dass man die Bestimmungen bis auf 1 kg der Probenbelastung vornehmen konnte.

b) Bei der Bewegung des Quecksilbergefässes für die 50 000 kg-Maschine bin ich noch weiter gegangen (563).

Dort erfolgte die Umsteuerung der beiden Laufwerke so schnell, dass die Bremshebel ein surrendes Geräusch hören liessen. Demgemäss beschrieb der Blei-

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.

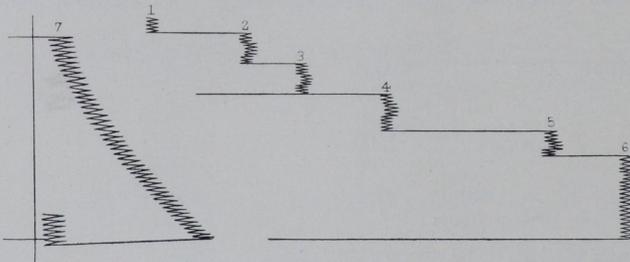


Fig. 369.

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,