

der kleine Hebelarm des Hebels 3 schliesslich jeden Betrag annehmen könnte. Die Schneiden sind, wie leicht zu erkennen, so in ihren Körpern gelagert, dass sie in ihrem Lager leicht auf der Schmirgelmaschine genau parallel zu einander geschliffen werden können. Das Hebelübersetzungsverhältniss ist auf 1:200 eingestellt.

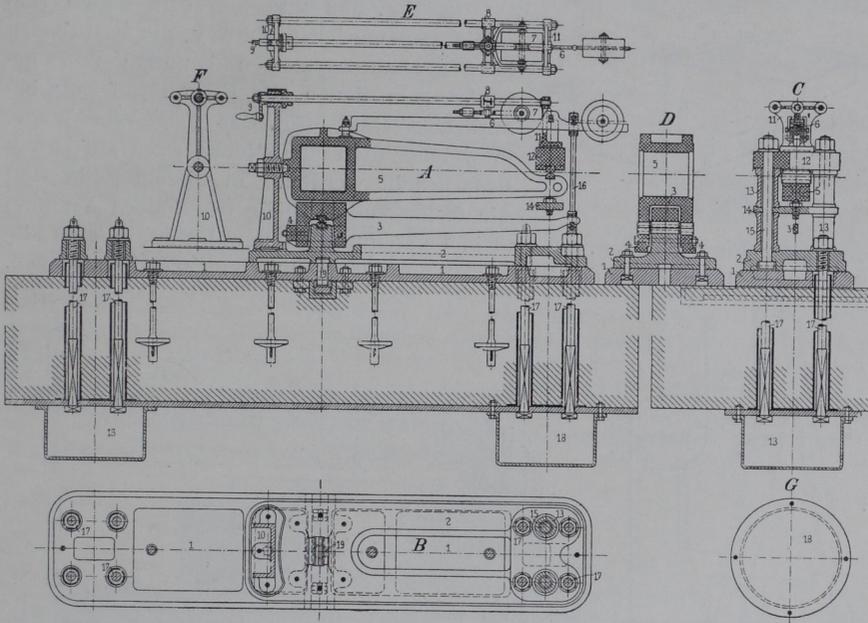


Fig. 350.

Die Wirkungsweise der Wage ist aus dem Schema (Fig. 351) ersichtlich, in welchem die gleichen Theile mit gleichen Ziffern bezeichnet wurden, wie in Fig. 350. Die Kräfte P des Drehmomentes werden die eine von der Wage aufgenommen, die andere durch das Gestell 15 und Mutterschrauben 17 (Fig. 350) auf das Fundament übertragen. Die Wage ist gebildet aus den Hebeln 3 und 6 und dem Laufgewicht 7. Sie kann rechts und linksdrehende Momente aufnehmen; linksdrehende in der gezeichneten Lage und rechtsdrehende, wenn die ganze Wage um den Drehzapfen 19 um 180° geschwenkt und mit den vier anderen Ankerbolzen 17 verbunden wird. Das Fundament ist, 2,5 m tief, unten auf einer durchgehenden Eisenplatte gegründet. Die Maschine ist von E. Becker-Berlin gebaut.

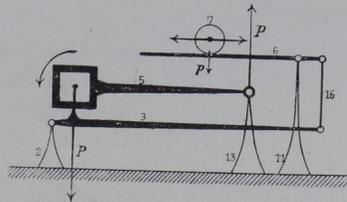


Fig. 351.

3. Blattfedergelenke.

501. In Absatz 493 ist von der starken Inanspruchnahme der Schneiden gesprochen worden; die Schneiden leiden leicht und man ist daher vielfach auf den Gedanken gekommen, sie ganz zu umgehen. Hier

kommt besonders der Vorgang von Emery in Frage. Er hat die Schneide in geschickter Weise [vor dem Jahre 1874] durch eine Blattfeder ersetzt, die vor ihm auch bei uns in Deutschland schon für die Konstruktion von feinen physikalischen Wagen versucht, aber wieder aufgegeben worden war.

502. Die Einzelheiten der Emeryschen Konstruktion der Wagehebel sind in den Fig. 352—354 gegeben.

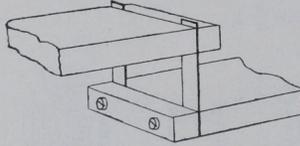


Fig. 352.

In Fig. 352 und 353 sind einige Beispiele gegeben, wie Emery die Blattfedern in Wagebalkensystemen benutzte und befestigte, in denen die Federn auf Zug beansprucht sind. Fig. 354 zeigt eine Wage, in welcher die Federgelenke auch auf Druck beansprucht werden. In diesem Falle sind die freiliegenden Theile der Federn 4 und 6

nur ganz kurz gelassen, sie sind in Versteifungen eingeklemmt, so dass alle Biegungen beim Spiel der Wage sich nur auf einen kleinen Theil erstrecken.

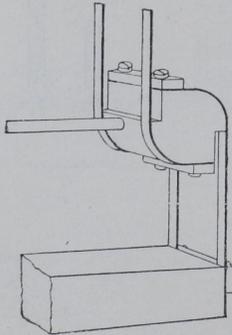


Fig. 353.

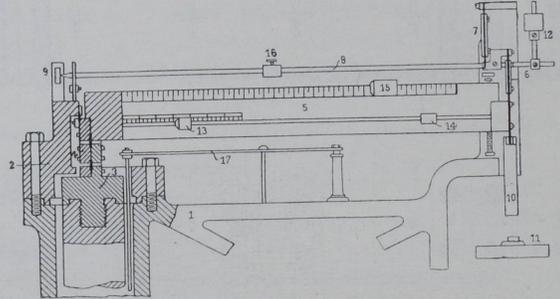


Fig. 354.

Die zu messende Kraft wird durch den auf einer Emeryschen Messdose (559) ruhenden Stempel 3 mittelst Feder 4 auf den eigentlichen stark konstruirten Wagebalken 5 übertragen, an dessen Gehänge 10 der in Fig. 355 dargestellte Gewichtssatz 5 angreift. Dieser Gewichtssatz kann durch Heben und Senken des Gestelles 1—3 zum satzweisen Aufsetzen der einzelnen Gewichtsstücke gebracht werden. Der in 7 (Fig. 354) aufgehängte Zeiger 8 giebt in stark vergrößertem Maassstabe an der Skala 9 das Spiel der Wage an, so dass der Wagebalken 5 nur ausserordentlich kleine Schwingungen zu machen braucht. Die Empfindlichkeit des Systems kann durch Gewicht 12 geregelt werden. 13—16 sind Laufgewichte, von denen 14 und 16 zum Ausgleich der Hebel dienen. Feder 17 gleicht das Gewicht des Stempels 3 aus, der unten und oben, nach der Emeryschen Konstruktionsweise, durch Plattenfedern gerade geführt ist. Neuerdings werden von der Firma Wm. Sellers & Co. etwas andere Konstruktionsformen benutzt, deren Einzelheiten mir leider nicht bekannt wurden.

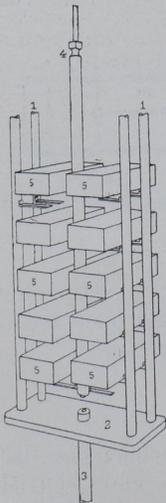


Fig. 355.

503. Die Anwendung der Blattfeder für die Konstruktion der Wage einer Prüfungsmaschine hat unzweifelhaft den sehr

grossen Vortheil, dass dadurch das ganze Wagesystem gegen Verschiebung in den Gelenkpunkten auf leichte und zuverlässige Art gesichert werden kann (488) und dass die Stösse bei plötzlicher Entlastung sehr wenig Einfluss auf den Zustand des Werkes haben. Aber ich glaube, dass selbst diese Vortheile nicht die allgemeine Einführung der Blattfeder bewirken werden. Dagegen bin ich der Ueberzeugung, dass die Messdosen Emerys [und anderer Konstrukteure] (554—563) sich immer mehr Eingang verschaffen werden, wenn es erst zuverlässige und einfache Mittel für die Prüfung der Probirmaschinen geben wird (504).

504. Meine Anschauungen über die Bedeutung der Blattfeder-gelenke für die Konstruktion der Wage und besonders für die Herstellung von Materialprüfungsmaschinen legte ich in einem ungedruckten Bericht über eine Studienreise nach Amerika und in meiner Beschreibung der Sellerschen Bauart der Emery-Maschinen nieder (L 211). Aus letzterer bringe ich hier folgende Sätze zum Abdruck.

Durch Reuleaux hat seiner Zeit die von Emery an die Stelle der Schneide gesetzte Blattfeder eine sehr begeisterte Fürsprache gefunden (L 216). Ich habe schon damals Bedenken gegen die gepriesene Ueberlegenheit der Feder gehabt und habe diese Bedenken bis zur Zeit nicht fallen lassen können, obwohl ich nunmehr Gelegenheit hatte, in Amerika selbst meine Beobachtungen an zahlreichen Maschinen zu machen. Um aber den Leser im Nachstehenden nicht irre zu führen, will ich vorausschicken, dass meine

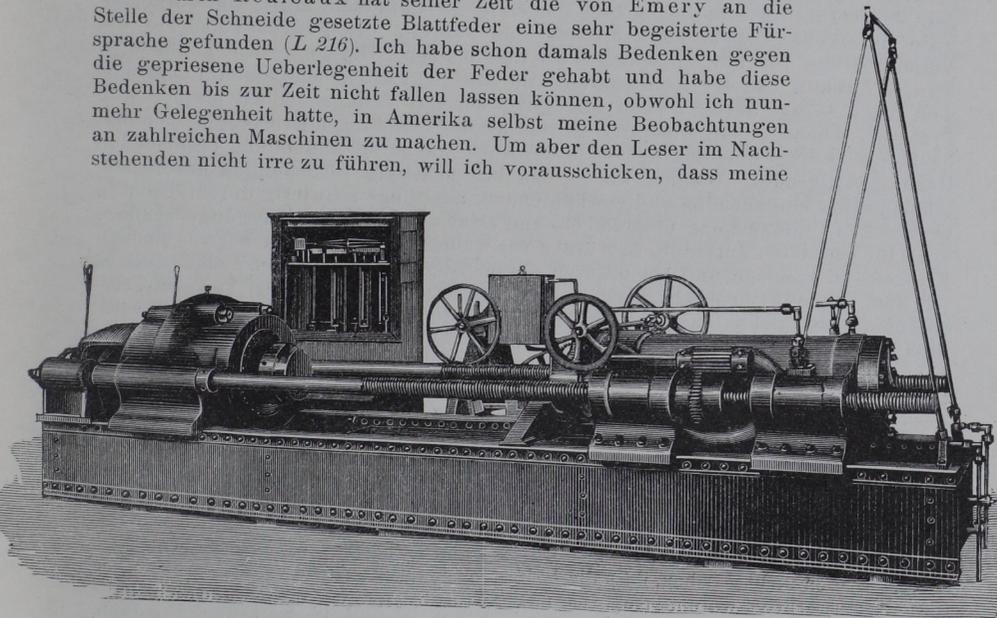


Fig. 356.

Bedenken auch heute noch einen subjektiven Charakter tragen, denn ein Messapparat oder eine Prüfungsmaschine kann zuverlässig nur beurtheilen, wer Gelegenheit hatte, selbst mit ihnen zu arbeiten und ihre Fehler dem Messwerthe nach festzustellen, oder derjenige, dem hinreichend ausführliche und auf ihre Zuverlässigkeit kontrollirbare Messungsreihen vorliegen.

Die übermässig grosse Empfindlichkeit der Emeryschen Wage und ihre für eine Prüfungsmaschine schwerfällige Unterbringung in einem grossen Schranke, Fig. 356, machen es nothwendig, dass der Beobachter sein unausgesetztes Augenmerk auf die Wage zu richten hat. Da die Wage sich nicht langsam und ruhig der Gleichgewichtslage nähert, so ist die Aufmerksamkeit fortwährend in Anspruch genommen; so lange die Presse arbeitet, darf der Beobachter die Hebel zum Aufsetzen der Gewichte kaum ausser Acht lassen; er ist hinter seinen Schrank gebannt. Für die Beobachtung des Probestückes bleibt ihm keine Zeit, auch ist sein Standpunkt, namentlich bei den liegenden Maschinen, in dieser Beziehung fast immer un-

günstig. Die Maschine ist, [623—635, Taf. 18], mit Einspannvorrichtungen versehen, die durch Seitendruck wirken [Beisskeile] und einen gewissen Weg während des Versuches machen. Diese Einspannungen halten aber, wie ich mich durch den Augenschein überzeugte, auch bei der Emery-Maschine nicht immer ganz sicher. Der an die Wage gefesselte Beobachter kann die Thatsache, ob das der Fall ist oder nicht, an den liegenden Maschinen meist nicht überblicken oder am Verhalten der Wage erkennen. Will man mit einiger Sicherheit arbeiten und den ganzen Verlauf des Versuches unter Kontrolle haben, auch während des Versuches noch Formänderungsmessungen vornehmen, so wird man, namentlich bei den liegenden Maschinen, fast immer zwei Personen für die Beobachtung brauchen. Das sollte aber für eine einfache Materialprüfungsmaschine vermieden werden, und es lässt sich vermeiden, wenn man den weiter unten gegebenen Winken folgt [vergl. 559]. Der hier gegen die Emery-Maschine erhobene Vorwurf ist aber — wohlverstanden — ein Vorwurf, den man vielen anderen Maschinenarten, z. B. auch der Werder-Maschine machen kann.

Aber gerade die Emery-Maschine liesse sich bei geschickterer Konstruktion der Wage sehr leicht so bauen, dass der Beobachter die Wage in übersichtlichster Form unmittelbar neben sich hat. Diese Bauart sollte nicht nur aus Ersparnissrücksichten, sondern vor allen Dingen mit Rücksicht darauf bevorzugt werden, dass der verantwortliche Beobachter immer in der Lage sein muss, alle Vorkommnisse in eigener Person zu übersehen und während des ganzen Versuches die Verantwortung für alle Einzelheiten zu übernehmen. Diesen Gesichtspunkt wird man in Zukunft bei der Konstruktion von Materialprüfungsmaschinen kaum aus dem Auge lassen dürfen, wenn man Anspruch auf Vollkommenheit machen will. Praktisch scheint er mir wichtiger zu sein als die Erzielung übermässiger Empfindlichkeit oder eines unnöthig hohen, in der Regel nur in der Einbildung bestehenden Genauigkeitsgrades. Wollten wir in den beiden letzten Beziehungen unsere Maschinen einer eingehenden und erschöpfenden, allerdings schwierig durchführbaren praktischen Untersuchung unterziehen, und zwar nicht bloss im Leergange, sondern auch im belasteten Zustande, so würden wir wahrscheinlich zu sehr überraschenden Ergebnissen kommen und bei unseren allermeisten Maschinenarten finden, dass es mit dem Genauigkeitsgrade nicht so weit her ist, wie wir es uns zuweilen vorrechnen. Ich fürchte, dass bei einer solchen Untersuchung sich herausstellen wird, dass hierin auch die Emery-Maschine kaum eine Ausnahme macht; besonders aber dürfte sich ergeben, dass die Ueberlegenheit der Blattfeder gegenüber der Schneide nicht zum Ausdruck kommt. Ich schliesse dies aus folgenden Umständen.

Die Einführung der Blattfeder ist hier in Deutschland vor Emery schon von sehr berufenen Leuten für physikalische Wagen versucht, aber wieder aufgegeben worden. Das scheint mir ein Beweis dafür zu sein, dass man einsah, wie viel mehr man mit der Schneide erreichen kann und wie viel sicherer und zuverlässiger man mit ihr arbeitet. In dieser Anschauung hat mich natürlich der Umstand bestärkt, dass ich bei meinen Reisen in Amerika allerdings sehr viele Fairbanks-Wagen und andere Arten sah, aber keine Emery-Wagen bemerkte; ich habe auch nicht gesehen, dass die Laboratorien mit Analysenwagen Emeryscher Bauart ausgerüstet waren. Sellers macht Emery-Wagen nicht, und ich habe bestimmte Antworten nicht erhalten, als ich von meinen Beobachtungen sprach. Ob ich das Vorhandensein der Emery-Wagen nur übersehen habe, oder ob diese Wagen sich überhaupt nicht den Eingang verschafft haben, den man nach den pomphaften Ankündigungen hüben und drüben erwarten durfte, vermag ich freilich nicht zu sagen.

Meine Beobachtungen über den Gang der Wagen an den verschiedenen Emery-Maschinen und an einem seiner grossen Manometer lassen es mir wahrscheinlich erscheinen, dass die übergrosse Empfindlichkeit und die Unruhe der Schwingungen durch das zu grosse Uebersetzungsverhältniss und durch den Umstand hervorgerufen sein dürften, dass die Federwirkungen der vielen Blattfedergelenke sich beim Einspielen auf die Gleichgewichtslage zu stark bemerkbar machen. Die Lage der idealen Biegepunkte der Blattfedergelenke wird beeinflusst sein durch die Lage der Hebel; die Biegepunkte in den Federn eines Hebels liegen nicht in einer Ebene. Ohne eingehende Untersuchung lässt sich schwer feststellen, in welchem Grade hieraus entstehende Fehler in die Wägung eingehen. Man wird ferner kaum ohne ausreichenden Grund den Hebeln der Wage so grosse Massen

gegeben haben, denn die Trägheit der Massen kommt immer zum Ausdruck, auch wenn die Bewegungen klein sind. Die Frage liegt also nahe, in welchem Grade die Massen und die elastischen Formänderungen der Hebel, der beweglichen Glieder und auch der Blattfedern auf die Genauigkeit und Empfindlichkeit einwirken, wie dies ja an unseren Balkenwagen bekannt ist.

Dass aber elastische Formänderungen und Wärmewechsel auch auf die Emery-Wage nicht ohne Einfluss sind, ist an sich selbstverständlich, und daher fragt es sich, ob das, was man an Biegsamkeit des Balkens durch Vergrößerung seiner Masse zu vermeiden suchte, nicht durch Erschwerung des Wärmeausgleiches und vermehrte Belastung des Maschinengestelles hinfällig gemacht wird.

Mein — ich will es bis auf weiteres zugeben — Vorurtheil gegen die Ueberlegenheit der Blattfedergelenke wird auch noch durch den Umstand hervorgerufen, dass man nur eine einzige Möglichkeit hat, um das genaue Uebersetzungsverhältniss des Wagesystems an der Emery-Wage zu ermitteln, nämlich die Auswägung, die ja allerdings in letzter Linie auch für die Schneidenwage in Frage kommt. Die Ausmessung der Längen erscheint unzuverlässig, denn man weiss nicht, in welchem Maasse Anspannungen in den Blattfedern, die beim gewaltsamen Einpressen derselben in den Balkenkörper erzeugt werden müssen, die Lage der idealen Drehpunkte des Systems beeinflussen. Für mich bleibt nach allem also die Frage bestehen: ist die Wage mit Blattfedern in der That sicherer und vollkommener als die Wage mit Schneiden? Hier kann nur eine eingehende Untersuchung ausschlaggebend sein, und es wäre wohl zu wünschen, dass man hierzu an geeigneter Stelle Veranlassung nähme.

Der Leser wird erkannt haben, dass meine Einwendungen gegen die Emery-Maschine sich in der Hauptsache gegen die Bauart der Wage richten.

Die Bestimmung des Uebersetzungsverhältnisses in den Messdosen und der Wage der Emeryschen Maschine kann allerdings nur auf empirischem Wege an dem fertigen Dosensystem geschehen. Bei Sellers sah ich eine vorzügliche Einrichtung für diesen Zweck und habe die Ueberzeugung gewonnen, dass hier mit grösster Gewissenhaftigkeit gearbeitet und nur meisterhaft Vollkommenes geliefert wird. Aber man darf nicht vergessen, dass man namentlich bei wagerecht angeordneten Maschinen auch stark auf die Zuverlässigkeit dieser ersten Bestimmungen angewiesen ist; denn die Hilfsmittel für die Untersuchung einer fertigen Materialprüfungsmaschine sind heute immer noch recht schwerfällig oder unvollkommen. Grosses Verdienst würde sich erwerben, wer eine einfache sichere Vorkehrung zur schnellen Untersuchung von Prüfungsmaschinen im vollbelasteten Zustande erfände.

505. Die Wirkung der Schneiden bei der Kraftübertragung kann man sich, wie Schwedler gelegentlich äusserte, „als ein Schwimmen“ des Materials der Schneide in dem Material der Pfanne denken. Dabei werden beide Körper so lange elastische Formänderungen erfahren, bis sie so weit in einander eingesunken sind, dass Gleichgewicht herrscht. Die Schneide ist als Volleylinder von sehr kleinem, die Pfanne als Hohylcylinder von sehr grossem Durchmesser zu denken. Unter der Last entsteht immer Flächenberührung und, wenn man will, kann man sich diesen Zustand als einen Uebergang zu dem Zustande in der Blattfeder denken. Denn bei Schwingung des Hebels rollt der elastische Schneidenkörper in dem ebenso elastischen Pfannenkörper, und eine Verlegung der Berührungsfläche wird stattfinden müssen, wenn sie auch ausserordentlich klein ist. Wir haben es gewissermaassen mit einer sehr kurzen Blattfeder von sehr geringer Dicke zu thun, deren Breite gleich der wirksamen Schneidenlänge ist.

506. Da man also auch bei den wirklichen Schneiden mit geringen Eindrückungen und Veränderungen der Berührungsflächen zu thun hat, so haben sich einige Konstrukteure gefragt, ob es nicht angebracht sei, bei Hebeln mit nur ganz geringen Schwingungen, an Stelle der sehr kleinen Kantenabrundung, den Schneiden eine messbare Abrundung zu

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 % 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