

Für kleinere Kräfte ist wohl unter allen Umständen der Schraubenantrieb der bequemere. Namentlich so lange, als die Kraftquelle noch von der Hand des Beobachters leicht geliefert werden kann, wird man bei einzeln aufgestellten Maschinen kaum zum hydraulischen Antrieb übergehen. Auch dann wenn Wellenleitungen für den maschinellen Betrieb zur Verfügung stehen und man nur einige leichte Probirmaschinen aufstellen will, wird man beim Schraubenantrieb bleiben, den man dann zweckmässig mit Einrichtungen, ähnlich dem Mohr & Federhaffschen Antrieb (479) [Taf. 6 und 7], versieht. Wenn jedoch grosse Kraftleistungen der Probirmaschinen erforderlich sind, wird der Schraubetrieb unbequem, und man kommt beim Betriebe mit Hochdruckwasser am einfachsten fort. Das gilt aber für schwächere Maschinen auch dann, wenn entweder eine vorhandene Druckleitung benutzt oder für mehrere Maschinen eine Hochdruckleitung angelegt werden kann. Der hydraulische Betrieb bietet unter diesen Verhältnissen so viele Vortheile und Annehmlichkeiten, dass er dem Schraubenantrieb vorzuziehen ist.

Man pflegt für den Schraubetrieb die Stetigkeit und Stossfreiheit der Bewegung sowie den Umstand in's Feld zu führen, dass man bei ihm jede Last beliebig lange auf den Probestab wirken lassen kann, ohne einen anderen Abfall der Spannung im Stabe befürchten zu müssen, als denjenigen, der durch die Formänderungen im Stabe bedingt ist. Für die Ausführung von Feinmessungen liegt natürlich hierin ein grosser Vorzug. Diese Forderung bildet aber sonst im Versuchswesen eine seltene Ausnahme, die in wissenschaftlichen Laboratorien allerdings eintreten kann. In der Regel kann man die Lederstulpen der hydraulischen Pressen ganz leicht in einen solchen Zustand bringen, dass sie fast kein Wasser durchlassen, so dass auf einige Zeit auch die hydraulischen Pressen ohne Neueinstellung den Druck auf gleicher Höhe halten; immerhin erfordert dies aber saubere Instandhaltung der Maschine. Es macht dann gar keine Schwierigkeiten, die Feinmessungen mit Spiegelapparaten u. s. w. in völliger Ruhe vorzunehmen. Die Druckwasserzuführung und damit die Geschwindigkeit der Versuchsausführung lässt sich bei geeigneter Ventilanordnung (469 Fig. 339) in bequemster Weise innerhalb weiter Grenzen regeln.

481. Wie man aber auch den Antrieb gestalten möge, man sollte stets den Grundsatz beachten, dass die Bedienung möglichst wenig Personal erfordert und dass womöglich der Beobachter selbst alle erforderlichen Handgriffe thun kann um den Gang der Maschine seinem Willen anzupassen, ohne von seinen sonstigen Obliegenheiten irgendwie abgehalten zu werden. Alle Handhaben [Ventile, Hebel, Aufsetzvorrichtungen u. s. w.] müssen also leicht gehen und in bequemster Weise zugänglich sein.

c) Das Maschinengestell.

482. Das Maschinengestell hat im Wesentlichen die erste Hauptaufgabe, die im Spannwerk erzeugte und durch den Probekörper auf das Messwerk übertragene Kraft rückwärts wieder auf das Spannwerk zurück zu führen, also gewissermassen den Kreislauf zu schliessen. Seine zweite Aufgabe ist, das Ganze am Ort zu erhalten, also sämtliche Schwerkkräfte und äusseren Kräfte auf den Erdboden zu über-

tragen, sowie die beim Bruch der Probe entstehenden Stösse aufzunehmen und unschädlich zu machen. Seine dritte Aufgabe ist, für die gegenseitigen Bewegungen der einzelnen Maschinenteile die richtigen und zweckmässigen Gleitbahnen und Stützpunkte zu bieten, sowie endlich die Befestigungsflächen für Nebenapparate, Messinstrumente u. s. w. zu gewähren. Alle diese Aufgaben bedingen also eine grosse Mannigfaltigkeit der Ausführungsformen, die zum Theil schon gegeben sind durch die Wahl der allgemeinen Bauart der Maschinen (439 u. f.), aber von dem besondern Geschick und der Tüchtigkeit des Konstrukteurs in hohem Maasse abhängen. Es ist an sich schon nicht immer ganz leicht, den letzten Gedanken des Konstrukteurs einer Maschine nachzuspüren, und bei der grossen Zahl der Möglichkeiten ist es noch weniger leicht, selbst nur die Hauptgrundsätze für die Konstruktion in feste Formen zu bringen. Ich kann mich daher auf Beschreibung und Besprechung der Einzelheiten des Maschinengestelles nicht einlassen, und muss mich darauf beschränken, einige allgemeine Bemerkungen zu machen, diese durch einige Beispiele erläuternd.

483. Ausserordentlich klar wird der zuerst entwickelte Grundsatz des Kreislaufschlusses durch das Maschinengestell an der Prüfungsmaschine von Emery (*L 211*), wie sie von der Firma W. Sellers in Philadelphia, Pa., gebaut wird [Taf. 18]. In dem dicken Cylinder links, Fig. 344, ist das Messwerk (559) verborgen, der Antrieb [hydraulische

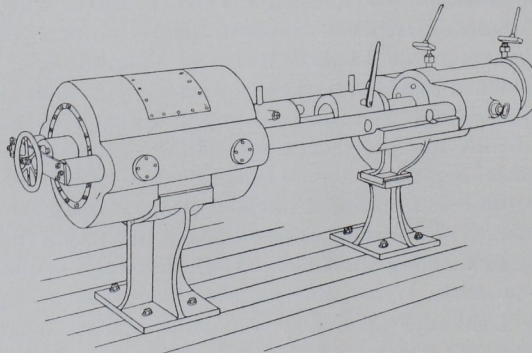


Fig. 344.

Presse] liegt am rechten Ende der Maschine, deren Gestell in der Hauptsache durch die beiden schweren Spindeln gebildet wird, die Messwerk und Spannwerk mit einander verbinden. Das Ganze wird von zwei verhältnissmässig schwach erscheinenden Füssen getragen, da diese nur die Schwerkkräfte und einige aus den Massenwirkungen beim Bruch der Probe entstehende Nebenkräfte auf den Erdboden übermitteln. Die Maschine dient für Zug und Druckversuche, und demgemäss werden die Spindeln, im ersten Falle auf Druck, im zweiten auf Zug beansprucht, der Kreislauf wird also in der einfachsten Weise geschlossen. Die Kräfte im Maschinengestell sind in geschicktester Weise übertragen. Denn die beiden einzigen Biegemomente sind in die massigen Gussstücke von sehr grossem Widerstandsmoment verlegt, in den Cylinder und in das Gehäuse des Kraftmessers.

Man darf bei dem Maschinengestell niemals vergessen, dass selbst sehr massige Theile schliesslich jeder Kraftäusserung [auch der kleinsten] Formänderungen folgen lassen, und diese können unter Umständen recht störend werden, wenn sie bei der Konstruktion nicht vorausgesehen und beachtet waren. Ein Beispiel dieser Art habe ich bei der Beschreibung meiner 50 t-Maschine ausführlich besprochen (L 162). Um den Studirenden diese Verhältnisse schlagend vor Augen zu führen, lasse ich bei den Uebungen in der Versuchsanstalt die Biegungen und sonstigen Formänderungen einzelner Theile des Maschinengestells der Probirmaschinen nöthigenfalls mittelst Spiegelapparaten bestimmen. Die Durchbiegungen des langen Hebelarmes an der Werder-Maschine wurden beispielsweise gefunden, indem man die Veränderung des Abstandes des Hebelendes von einer mit dessen Mittelkörper fest verbundenen Latte, sowohl im unbelasteten als auch im belasteten Zustande mass. Es ergab sich für die grösste Belastung [200 kg] der Wage eine Durchbiegung von etwa 0,30 cm. Fig. 345 zeigt die Darstellung der Messungsergebnisse für die Belastungen der Wagschale von 0 bis 200 kg [100000 k Kraftleistung]. Die dicke Linie zeigt die Ergebnisse der rohen Messung mit dem Millimeterstab, die feine Linie diejenigen der Messung mit dem Kathetometer. Die ausgezogene Linie bezieht sich auf die Belastung, die punktirte Linie auf die Entlastung.

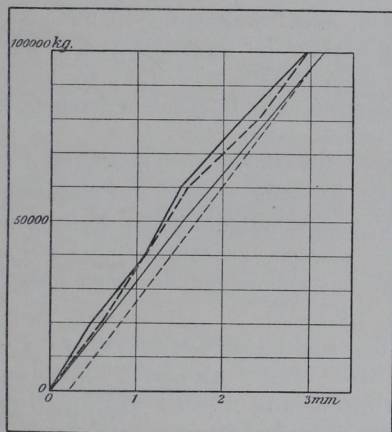


Fig. 345.

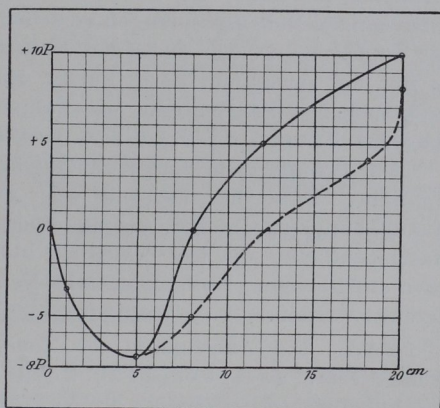


Fig. 346.

Einspielen der Libelle auf Theilpunkt P bei verschiedenen Kolbenstellungen.

— Herausgehen, - - - Hineingehen des Kolbens.

Von welchem Einfluss die Biegung einzelner Theile auf die Genauigkeit der Wage, selbst im Leergange, werden kann, beweisen folgende Untersuchungsergebnisse an der Werder-Maschine.

In einer besonderen Versuchsreihe wurde, zunächst bei völlig eingeschobenem Kolben, die Wage zum genauen Einspielen gebracht, dann wurde der Kolben nach und nach vorgeschoben und, ohne irgend eine Aenderung der Wage vorzunehmen, bei den verschiedenen Kolbenstellungen der neue Einspielpunkt an der Libelle nach den gebräuchlichen Methoden abgelesen. Fig. 346 stellt den Wechsel der Einspielpunkte für verschiedene Kolbenstellungen beim Herausgehen und Hineingehen des Kolbens dar. Nach oben und unten sind die Libellen-Theilungen [Mittel aus den Ablesungen an beiden Blasenenden] und nach rechts die Kolbenverschiebungen aufgetragen. Diese Verschiebungen des Einspielpunktes werden zum Theil von den Biegungen herrühren, die die Stützung 4 (Taf. 3, Fig. 2 u. 3) des Schlittens 9 erfährt, der Kolben und Wage trägt. Da die Resultirende der Schwerkraft der gestützten Theile sich um ebensoviel verschiebt, wie der Kolben, so müssen in dieser Stütze Biegungen [wenn auch sehr geringe] eintreten. Allein an dieser Ursache kann aber das Verhalten der Wage wohl nicht liegen, denn bei Wiederholungen der Versuche bekommt man zwar immer Aenderungen des Ein-

spielpunktes, aber der Verlauf dieser Aenderungen wechselt doch stärker als es sein müsste, wenn eine einzige Ursache vorhanden wäre.

Jedenfalls sind diese Thatsachen lehrreich und mahnen zu einer genaueren Untersuchung unserer Maschinen, als es gewöhnlich geschieht.

Sehr eingehend untersuchte Gollner (*L 220*) seine Maschinen; er fand für 20000 kg Belastung einen Fehler von etwa 1%.

Den Einfluss der Formänderungen im Maschinengestell und den Einfluss von Fehlern in der Arbeit des Mechanikers bezw. Maschinenbauers habe ich u. a. auch bei der Untersuchung der Fehlerquellen der kleinen Hartig-Reuschschen Maschinen für Papierprüfung [Taf. 11, Fig. 9—13] erwiesen (*L 215*). Auch in der Beschreibung meiner 50000 kg-Maschine (*L 162*) habe ich einen ganz charakteristischen Fall über den Gang und den Einfluss der Biegeformänderung in einem sehr schweren Maschinengestell eingehend besprochen und seine Folgen erläutert.

484. Eine Frage von grosser Bedeutung ist die, ob eine Maschine stehend oder liegend angeordnet werden soll. Die Entscheidung dieser Frage hat neben der Wahl der Maschinenform einen sehr erheblichen Einfluss auf die Ausbildung des Maschinengestells.

Im Allgemeinen wird man die stehende Anordnung der Maschine vorziehen müssen, weil dann die aus dem Eigengewicht der Probekörper entstehenden Nebenspannungen verschwinden, z. B. die Biegespannungen der Säulen bei Druck- und Knickversuchen. Aber die stehende Anordnung ist nur bei verhältnissmässig kurzen Maschinen möglich, wenn man nicht zu künstlichen Hilfsmitteln, wie Fahrstühlen für den Beobachter [stehende Maschine Bauschingers] u. s. w. greifen will.

Die Prüfung sehr langer Stücke bedingt die liegende Anordnung der Maschine. Diese hat meistens sehr gute Uebersichtlichkeit und bequeme Handhabung im Gefolge, erzeugt aber die Nothwendigkeit, alle diejenigen Maschinentheile, die frei beweglich bleiben müssen, zu führen, zu stützen oder aufzuhängen, weil andernfalls Nebenbeanspruchungen im Probekörper erzeugt werden.

485. Die Anordnung der Theile des Maschinengestells soll so getroffen sein, dass der Probekörper, die Wage und der Antrieb nach Möglichkeit frei vor Augen liegen und leicht zugänglich bleiben. Die Auswechselung der Einspann- und Auflagertheile für die verschiedenen Versuchsarten muss leicht ausgeführt werden können. Die Erneuerung von Manschetten u. s. w. muss vorgenommen werden können, ohne wesentliche Theile entfernen zu müssen. Dass man bei Beachtung der Hauptforderung manchen Vortheil haben kann, ergiebt sich beispielsweise bei Betrachtung der Sellers-Emery-Maschine. Sellers ordnet, wie viele andere Konstrukteure [Werder, Kellog, Hoppe u. A. Taf. 3, 10], seine schweren liegenden Maschinen so an, dass die beiden Spindeln des Maschinengestells in der wagerechten Mittelebene der Maschine liegen. Dann kann man diese eigentlich nur für Zug- und Druckversuche benutzen und allenfalls sie auch noch für Scheer- und Lochversuche u. s. w. einrichten, zu denen die erforderlichen Nebentheile zwischen den beiden Spindeln Platz haben. Für Biegeversuche an einigermaassen grossen Stücken lassen sich diese Maschinen aber schlecht verwerthen. Dies würde nun ganz leicht, selbst an sehr grossen Stücken möglich sein, wenn die beiden Spindeln in der senkrechten Mittelebene der Maschine angeordnet wären, was bei der Sellers-Maschine verhältnissmässig leicht möglich ist. Dann lassen sich Brückenträger und ähnliche Stücke in wagerechter Lage bequem auf Biegung prüfen und die Uebersichtlichkeit und Zugänglichkeit ist auch

für die übrigen Versuchsarten wesentlich gefördert. Aehnliche Anordnung hat beispielsweise das Gestell der Buckton & Co.-Leeds-100t-Maschine. Taf. 17 Fig. 7.

Zu welchen ungeheuerlichen Formen gelegentlich die Anordnung der Kraftmessung bei stehenden Maschinen führen kann, wenn sie an das obere Ende der Maschine verlegt wird, kann man beispielsweise beim Vergleich der Maschinen von Wicksteed, Pfaff und Martens sehen [Taf. 16, Fig. 11 u. 12; Taf. 13, Fig. 15—17 und Taf. 5, Fig. 1 u. 3]. Alle drei Maschinen haben einen einzigen Wagehebel, aber bei der Maschine von Wicksteed ist bei verhältnissmässig grosser Länge des kurzen Hebels ein Laufgewicht benutzt. Dieses und damit der Wagehebel, nimmt ungeheuerliche Abmessungen an. Ueber dem Haupt des Beobachters schwebt eine ungeschickt schwere Masse, die durchaus nicht in schöne Verhältnisse gebracht werden kann und eine Reihe von Einrichtungen bedingt, die ganz gewiss nicht zur Verschönerung beitragen [Fangsäule, um den Schlag beim Bruch des Probestückes aufzunehmen, Triebwerke zur Bewegung des schweren Laufgewichtes]. Bei den beiden anderen Maschinen, von denen die von Pfaff ebenfalls für 100 000 kg Leistung eingerichtet ist, ist ein Hebel von grossem Uebersetzungsverhältniss und verhältnissmässig kleinen Hebellängen mit Aufsatzbelastung benutzt. Die Hebelmassen werden kleiner und können leichter in Einklang mit den ruhenden Massen der Maschine gebracht werden.

Angesichts dieser Umstände muss man sich die Frage vorlegen, ob wohl die Leistungsfähigkeit und Genauigkeit der unförmlichen Maschine von Wicksteed den andern beiden Maschinen so weit überlegen ist, dass dies die Wahl der Konstruktionsform rechtfertigt? Hiermit soll aber keineswegs gesagt sein, dass die Wicksteed-Maschine nicht auch ihre Vorzüge hat, denn ich spreche hier zunächst ganz allein von den äusseren Erscheinungen; aber die Frage nach der Grösse des Einflusses der Massenbeschleunigung kann man doch nicht ganz unterdrücken, namentlich wenn man hört, dass mit der Maschine Versuche in 1 Minute, ja sogar in $\frac{1}{2}$ Minute ausgeführt werden. Der Wirkung der Massenbeschleunigung sollte man übrigens auch bei anderen Maschinen vermehrte Aufmerksamkeit schenken.

C. Der Kraftmesser.

486. Für die Konstruktion der Kraftmesser von Probirmaschinen sind im Allgemeinen die gleichen Grundsätze maassgebend, wie für die Konstruktion der Wagen, Manometer u. s. w. an sich. Es kommen einige Besonderheiten hinzu, die einzeln mehr oder minder grosse Verbreitung beim Bau der Probirmaschinen gefunden haben. Die Wage, besonders die Brückenwage, ist oft in solchem Maasse Ausgangspunkt für die Konstruktion der Probirmaschine geworden, dass man dies der heutigen Maschine auf den ersten Blick ansieht. Ich mache auf die Maschinen von Mohr & Federhaff (Taf. 6 u. 7), Riehlé (Taf. 19), Olsen (Taf. 20), Fairbanks aufmerksam. Letzterer benutzt eine Wage mit sehr vielen Hebeln, die sehr stark an eine gewöhnliche Centesimalwage erinnert. Ich sah in Amerika nur ein oder zwei Exemplare der Fairbanks-Maschine; sie scheint nicht mehr gebaut zu werden, und ich begnüge mich daher mit der Aufzählung der Konstruktionsform an dieser Stelle. (*L* 45, 1884 Febr.; 12, 1884 S. 84, 113.)

Die Eintheilung der bei den Probirmaschinen in Anwendung kommenden Kraftmesser habe ich in schematischer Uebersicht bereits in Absatz 65 a—g S. 36 gegeben. An dieser Stelle ist auf das Wesen, auf die Konstruktionsbedingungen und Eigenthümlichkeiten der Kraftmesser etwas tiefer einzugehen. Ich will aber auch hierbei nur in grossen Zügen verfahren und in der Regel nur wenige Beispiele anführen. Die Einzel-