

235. Aus den voraufgehenden Absätzen ergibt sich, dass das Fallwerk in einfacher Form zu allerlei Versuchen, namentlich im Fabrikbetriebe zur Kontrolle der Materialien weit leichter und bequemer benutzt und verworthen werden kann als die Zerreißmaschine, weil es billiger, einfacher in der Bedienung ist, weniger Probenbearbeitung erfordert und das Versuchsergebniss sehr schnell liefert; man kann auch die Art der Versuchsausführung sehr leicht besonderen Bedürfnissen anpassen. Aus allen diesen Gründen sollte man bestrebt sein, dem Fallversuch immer mehr Eingang in das Prüfungswesen zu verschaffen.

3. Stauchversuch.

236. Dem Druckversuch unter ruhiger Belastung auf der Festigkeitsprobirmaschine entspricht der Stauchversuch unter dem Fallwerk; die Probekörper können die gleichen Formen erhalten, wie beim Druckversuch. Der Unterschied zwischen beiden Beanspruchungsarten besteht im wesentlichsten darin, dass in dem einen Falle die Formänderung sehr schnell, in dem Bruchtheil einer Sekunde, und im anderen Falle langsam ausgeführt wird.

Bei der Zerreißmaschine können die wirkende Kraft und die hierdurch erzielten Formänderungen unmittelbar gemessen werden, man kann also auch die zur Formänderung aufgewendete mechanische Arbeit ohne weiteres messen; sie wird ganz an das Probestück abgegeben. Der gemessene Betrag ist also die Nettoarbeit.

Beim Fallwerk geht aber ein grosser Theil der im fallenden Bären aufgespeicherten Arbeit verloren, und man kann nur die Gesamtarbeit, die Bruttoarbeit des Bären $A = H G$ messen, wenn G das Bärgewicht in kg und H die Fallhöhe in m ist.

Man bemerkt also schon hier, dass die beiden für gleiche Formänderungen aufgewendeten Arbeitsbeträge nicht unmittelbar in Vergleich gestellt werden können.

237. Die praktische Ausführung der Stauchversuche gestaltet sich ebenso einfach, wie beim Druckversuch. Ein prismatischer Körper, in der Regel ein Würfel oder ein Cylinder von der Länge l gleich dem Durchmesser d , oder von dem Verhältniss $l = 0,886 d$, d. h. $\sqrt{f}/l = 1$ [wie sie für den Druckversuch als zweckmässig befunden wurden, 167, S. 119], wird auf den Ambos gestellt und auf ihn der Bär fallen gelassen. Die Längenverkürzung wird wie beim Druckversuch gemessen.

238. Bisher ist es noch nicht versucht worden, die Spannungszustände im Körper während der Formänderung durch den Schlag rechnerisch zu verfolgen, eine Aufgabe, die wegen der verwickelten Vorgänge recht schwer sein dürfte. Man begnügte sich damit, die Brutto-schlagarbeit mit den erzielten Formänderungen einfach in Vergleich zu stellen. Dies geschieht am besten und übersichtlichsten durch Schaubilder. Wie früher kann man die Schaubilder für den ganzen Körper als solchen auftragen, also die Gesamtarbeit $A = G h$ in Verbindung mit der erzielten Verkürzung $— \lambda$, oder man kann die spezifische Schlagarbeit, d. h. den von der Raum- oder von der Gewichtseinheit des Probekörpers aufgenommenen Arbeitsantheil, mit der Stauchung der Längeneinheit $— \varepsilon = \lambda/l$ in Verbindung bringen.

Hiernach ist also, wenn i der Rauminhalt des Probekörpers in cem und g dessen Gewicht in gr, die spezifische Schlagarbeit:

$$a = \frac{A}{i} \text{ oder } a_1 = \frac{A}{g} \text{ oder}$$

$$a = \frac{HG \text{ cm kg}}{i \text{ ccm}} \text{ oder } a_1 = \frac{HG \text{ cm kg}}{g \text{ gr}}.$$

Im Folgenden soll die spezifische Arbeit immer auf die Raumeinheit bezogen werden, wenn nichts anderes gesagt ist. Um diesen Werth auf die Gewichtseinheit umzurechnen ist er mit $\frac{1}{r}$, dem reciproken Werth des Raumgewichtes zu multipliciren, es ist also:

$$a_1 = \frac{a}{r}.$$

Die erzielte Verkürzung ergibt sich nach Fig. 175 zu:

$$-\lambda = l - l_1$$

oder die Stauchung:

$$-\varepsilon_s = \frac{l - l_1}{l} = -\frac{\lambda}{l}$$

oder in Procenten ausgedrückt:

$$-\delta_s = \left(1 - \frac{l_1}{l}\right) 100.$$

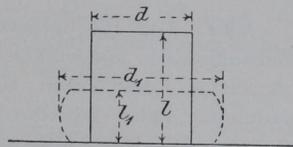


Fig. 175.

Der Index s wird in der Folge stets gebraucht werden, um die Werthe die sich auf den Stauchversuch beziehen, von den aus dem Druckversuch hervorgehenden zu unterscheiden.

Als Stauchungszahl a_s könnte man, wie früher (34), die Stauchung bezeichnen, welche die Längeneinheit durch die Arbeitseinheit erfährt, also

$$a_s = \frac{\varepsilon_s}{a}$$

239. Wenn ein Körper vom Dichtigkeitsgrad 1 geprüft wird, so wird er während der Formänderung seinen Rauminhalt nicht merklich verändern. Demnach besteht zwischen dem Durchmesser d_1 (Fig. 175) und der Länge l_1 eine Beziehung, die, abgesehen davon, dass der Körper in Wirklichkeit Tonnenform annimmt, durch die Gleichung:

$$i = i_1 \text{ oder } \frac{\pi}{4} d^2 l = \frac{\pi}{4} d_1^2 l_1^2$$

oder wenn $d = l = 1$ gesetzt wird

$$l_1 = \frac{1}{d_1^2}$$

gegeben ist; bei $l = 0,886 d$ wird $l_1 = \frac{0,886}{d_1^2}$. Bei dichten Körpern genügt also die Feststellung der Stauchung für die Darstellung der Formänderungen.

240. Wird nach den nunmehr festgestellten Begriffen ein Schaubild für einen Stauchversuch entworfen, so ist zu beachten, dass für jeden Schlag nur ein Punkt verzeichnet werden kann, nämlich der Endzustand, den der Körper infolge des Schlages angenommen hat. War der Versuch in der Weise durchgeführt, dass der Körper durch mehrere Schläge von

gleicher spezifischer Schlagarbeit für jeden Schlag, d. h. durch mehrere Schläge aus gleicher Fallhöhe gestaucht wurde, so würde sich die nach

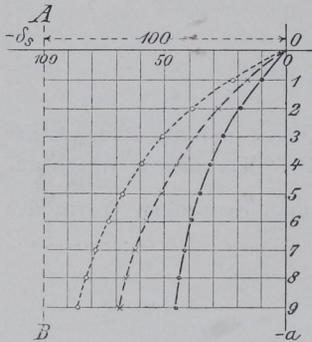


Fig. 176.

jedem Schläge erzielte Längenänderung durch eine Punktreihe (Fig. 176) darstellen lassen. Ein zweites Material unter gleichen Verhältnissen geprüft, würde eine zweite Punktreihe ergeben u. s. f. Um die Punktreihen besser übersehen zu können, werden die zusammengehörigen Punkte durch einen Linienzug steter Krümmung [durch eine Ausgleichlinie] verbunden. Die Entfernung der Punkte von der Linie $O - a$ giebt die jedesmalige Stauchung $-\delta_s$, und diejenige bis zur Linie AB die Länge des Körpers nach dem Versuch, ausgedrückt in Procenten der ursprünglichen Länge, an.

241. Um die Gesetze kennen zu lernen, nach denen die Formänderungen der Materialien beim Stauchversuch verlaufen, und um hieraus einheitliche Vorschriften für die Materialprüfung durch Stauchversuche abzuleiten, habe ich die Versuche von Kick ($L 100$) in grosser Zahl erweitert. Die Ergebnisse sind in den „Mittheilungen aus den Königlichen technischen Versuchsanstalten zu Berlin“ Jahrgang 1891 sehr eingehend besprochen. Aus diesen Versuchen und denjenigen von Kick lassen sich die in den folgenden Abschnitten besprochenen Gesetze ableiten.

a. Einfluss der Geschwindigkeit.

242. Die Arbeit, die der Bär leistet, ist gegeben durch Bärgewicht mal Fallhöhe. Wenn zur Erzielung gleicher Formänderung an gleichen Körpern nur gleiche Arbeit erforderlich wäre, so müsste es auch gleich sein, ob die Arbeit durch ein grosses Gewicht und kleine Fallhöhe, oder ob sie durch ein kleines Gewicht und grosse Fallhöhe erzielt wurde. Im ersten Falle ist aber die Geschwindigkeit, mit welcher der Bär auf den Körper trifft, d. h. die Geschwindigkeit, mit der die Formänderung vollzogen wird, kleiner als im letzteren. Man kann kurzer Hand durch den Versuch entscheiden, ob dieser Geschwindigkeitsunterschied von praktisch bemerkbarem Einfluss auf die Grösse der Formänderung ist; thatsächlich vorhanden ist dieser Einfluss sicher.

Kick hat durch seine Versuche erwiesen, dass für gewisse Materialien die Geschwindigkeit innerhalb ziemlich weiter Grenzen keinen bemerkbaren Einfluss ausübt, denn er erzielte bei Bleikörpern $d=l=1,51$ cm unter Anwendung einer Gesamtschlagarbeit von $1,77$ cm kg, d. i. bei $i=2,7$ ccm und $a=66 \frac{\text{cm kg}}{\text{ccm}}$, folgende Stauchungen beim:

Schlag	1	2	3
a) Fallhöhe $h = 307$ cm; Bärgewicht $G = 0,576$ kg	19,3	35,0	47,0 %
b) Fallhöhe $h = 26,1$ cm; Bärgewicht $G = 6,75$ kg	19,8	34,4	46,3 %

Die Geschwindigkeiten, die der Bär beim Auftreffen hat, sind aber nach dem bekannten Gesetz

$$v = \sqrt{\varepsilon g \delta}; \text{ da } \sqrt{2g} = \sqrt{2 \cdot 9,81} = 4,43$$

$$v_a = 4,43 \sqrt{3,07} = 7,75 \text{ m}$$

$$v_b = 4,43 \sqrt{0,261} = 2,22 \text{ m, oder}$$

$$v_a : v_b = 3,5 : 1.$$

Unter den gleichen Verhältnissen ergeben sich für andere Bleikörper $d = l = 1,8 \text{ cm}$ und für $a = 39 \frac{\text{cm kg}}{\text{ccm}}$ beim:

Schlag	1	2	3	4
für den Fall a) $h = 307 \text{ cm}; v = 7,75 \text{ m}$	15,1	25,6	34,8	41,8 %
für den Fall b) $h = 26,1 \text{ cm}; v = 2,22 \text{ m}$	15,1	26,5	35,9	44,4 %

Der Einfluss der Geschwindigkeit scheint hiernach nicht gross zu sein, indessen können diese Versuche mit Blei und geringen spezifischen Schlagarbeiten noch nicht als ausschlaggebend erachtet werden.

β. Stauchversuch und Aehnlichkeitsgesetz.

243. Nach dem Aehnlichkeitsgesetz sollten:

gleiche spezifische Schlagarbeiten (cm kg/ccm oder cm kg/gr) gleiche Stauchungen bei geometrisch ähnlichen Körpern aus gleichem Material erzielen.

Um dieses Gesetz zu prüfen, wurden Versuchsreihen mit sogenannten

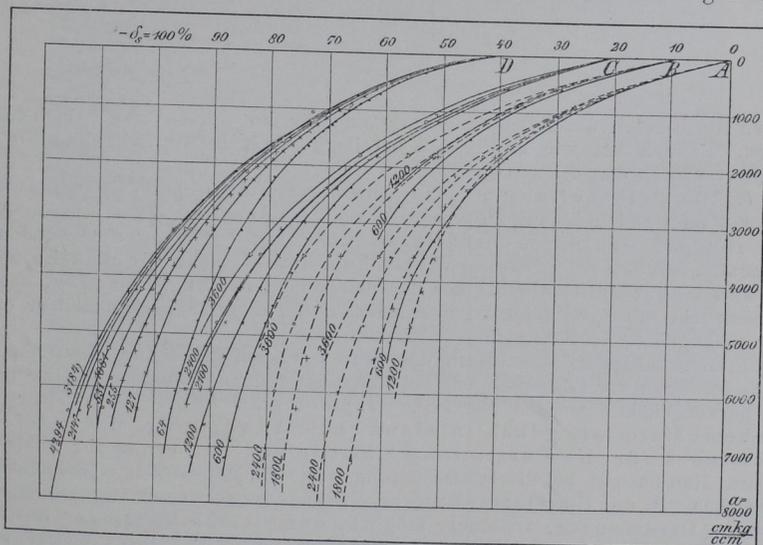


Fig. 177.

Gruppe A bis C, Walzmessing. Linien ausgezogen = mit Bär I geschlagen; Linien gestrichelt = mit Bär II geschlagen; $d = l$ für Gruppe A = 1,5; B = 1,3 und C = 1,0 cm. Die einzelnen Linien sind am Fuss mit der für den Schlag aufgewendeten spezifischen Arbeit $\frac{\text{cm kg}}{\text{ccm}}$ bezeichnet.

Gruppe D, Kupfer. Darstellungsweise wie bei A bis C.

Normalcylindern, d. h. $d=l$, von verschiedenen Abmessungen mit gesetzmässig abnehmenden specifischen Schlagarbeiten geprüft. Hierzu benutzte ich Cylinder von $d=l=1,0; 1,3$ und $1,5$ cm aus Walzmessung und Kupfer, die mit $a=60$ bis 650 cm kg/ccm für jeden Schlag beansprucht wurden. Die erzielten Stauchungen δ_s sind in den Schaubildern Fig. 177 dargestellt.

a. Die Schaubilder über die Stauchversuche sind in den „Mittheilungen“ (L 155) nach anderen Gesichtspunkten aufgestellt, als sie hier benutzt werden sollen. Es sind nämlich dort der Summe der specifischen Schlagarbeiten Σa nicht die Formänderungen, d. h. die Stauchungen $-\delta_s$, sondern die Resthöhen der Probekörper, also die Werthe $100 - \delta_s$ gegenübergestellt, und die weitere Verarbeitung hat dann, anschliessend hieran, ebenfalls in abweichender Weise stattzufinden. Man wird aber den Vergleich trotzdem leicht bewerkstelligen können.

Hier soll im Anschluss an die früher in Absatz 56. 103 schon benutzte gemeinsame Darstellungsweise der Schaulinien für den Zug- und Druckversuch (Fig. 178) im ersten und dritten Quadranten eine ähnliche Darstellungsweise auch

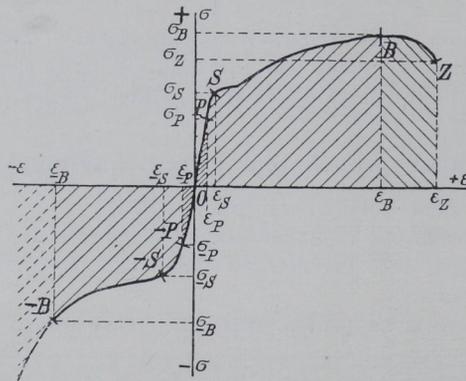


Fig. 178.

für den Zugversuch unter Schlagwirkung und für den Stauchversuch beibehalten werden. Danach ist, wie in Fig. 176 bereits geschehen, das Schaubild für den Stauchversuch in den dritten Quadranten verlegt.

b. Die Beibehaltung einer ganz bestimmten Darstellungsweise und, wie hier gleich hinzugefügt werden soll, einer ganz bestimmten Auswahl für das Ordinatenverhältniss, wenn nicht gar der anzuwendenden Maassstäbe, bietet so ausserordentliche Vortheile für die Anschaulichkeit und Uebersichtlichkeit der darzustellenden Prüfungsergebnisse, dass es mir nicht ein müssiges Spiel zu sein scheint, auf diesen Gegenstand hier etwas näher einzugehen, als dies bisher geschehen ist.

Früher schon ist der Werth des Zurückgehens auf die Spannungen und Formänderungen der Längeneinheit bei Darstellung der Prüfungsergebnisse mehrfach hervorgehoben worden (40. 185). Geometrisch ähnliche Körper aus gleichem Material geben alsdann bei Anwendung des gleichen Maassstabes für die Darstellung unmittelbar auf einander fallende Linien. Man hat also bei dieser Darstellungsweise die Möglichkeit vollkommensten Vergleiches. In der Charlottenburger Anstalt ist deswegen angeordnet, dass für solche Darstellungen, wo immer möglich, der gleiche Maassstab benutzt wird. Alle Schaulinien werden auf Netzpapier von $2,0 \times 2,0$ cm Maschenweite mit Untertheilungen von $0,2$ zu $0,2$ cm eingetragen; die Bildfläche hat ein Format 20×18 cm; das Blatt ist also bei ausreichender Randbreite sehr handlich. Ausnahmsweise werden zwei Blätter an einander geklebt. Auch für die Uebungen mit den Studirenden ist der gleiche Grundsatz aufrecht erhalten. Die Maassstäbe werden in der Regel so gewählt, dass 2 cm für σ , bez. τ , $= 1000 \text{ at}$ oder für ϵ , bez.

$\delta/l = 0,1$ oder für $\delta = 10\%$ sind; dieses Verhältniss für die Ordinaten der Spannungen und der Formänderungen wird bei Abweichungen vom Maassstab möglichst festgehalten, und nur bei sehr festen Materialien und bei solchen von sehr geringer Festigkeit wählt man für die Spannungen den halben, bez. den doppelten Maassstab. Kommt es darauf an, Besonderheiten der Formänderungen in anderem Maassstabe mehr zum Ausdruck zu bringen, so wird möglichst ein Vielfaches der ursprünglichen Theilung benutzt.

Hält man diese Maassnahmen fest, so gewinnt man auch für gelegentliche

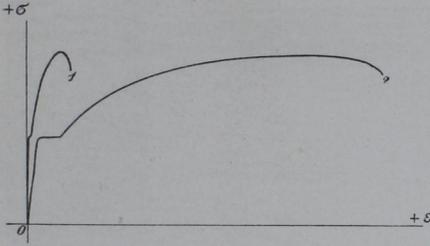


Fig. 179.

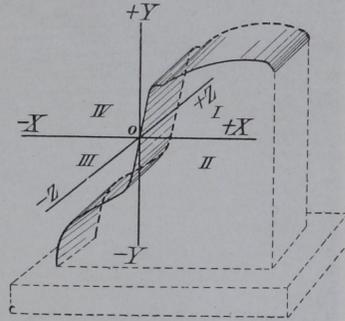


Fig. 180.

Veröffentlichungen anschauliche Bilder, da ja die photographischen Methoden eine Zurückführung auf die zur Veröffentlichung geeignete Bildgrösse ohne Störung des Ordinatenverhältnisses gestatten. Dass die allgemeine Einführung dieses Vorschlages von einigem Werthe sein würde, wird gewiss einleuchten,

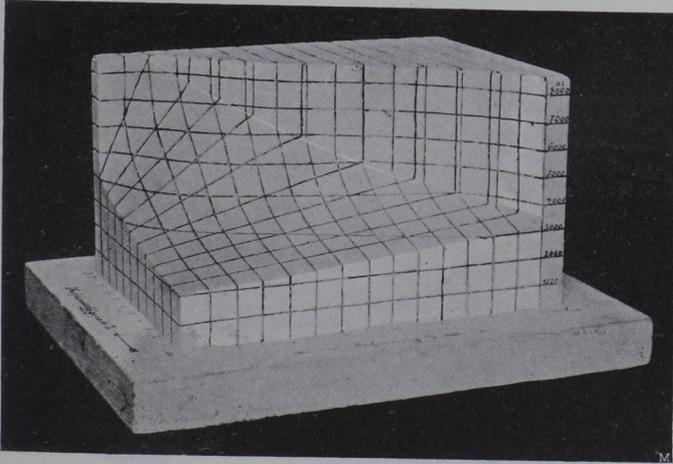


Fig. 181.

wenn man sich die Bilder vergegenwärtigt, die die Literatur als Schaulinien, z. B. für Flusseisen zu bieten pflegt. Ich habe in Fig. 179 zwei der äussersten Charaktere von Schaubildern für das gleiche Material skizzirt.

c. Man kann aber in der Entwicklung der Grundsätze für die Darstellung der Prüfungsergebnisse gelegentlich viel weiter gehen, und um auch hier Einheitlichkeit zu bewahren, soll in diesem Werke der in Fig. 180 schematisch veranschaulichte Plan innegehalten werden. Danach sollen die Spannungen σ , τ und die Arbeit a nach der Richtung Y , und die Formänderungen ε , δ , δ/l nach der

Richtung X aufgetragen werden; kommt die räumliche Darstellungsweise [z. B. Einfluss der chemischen Zusammensetzung, des Bearbeitungsgrades, der Wärme, der Zeit u. s. w.] in Frage, so steht die Richtung Z zur Verfügung. Der fein punktierte Körper in Fig. 180 deutet beispielsweise eine körperliche Darstellung der Abhängigkeit von Zug- und Druckfestigkeit von einer anderen Eigenschaft an.

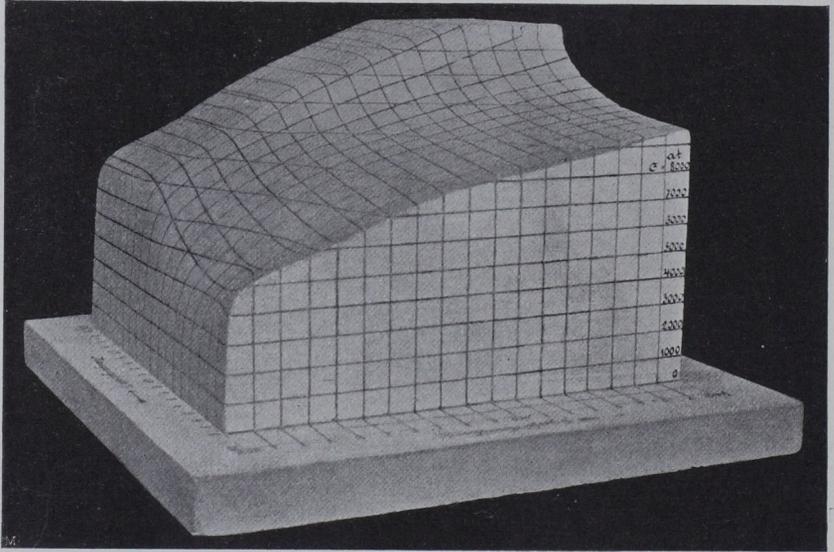


Fig. 182.

Hierbei hat natürlich aus einleuchtenden Gründen für die Darstellung im dritten Quadranten [Druck] gewissermassen von einer negativen Wiedergabe des Gesetzes für die Formänderung unter Druck Gebrauch gemacht werden müssen.

d. Um zu zeigen, was durch diese Darstellungsweise erreicht werden kann, sind in der Fig. 181 bis 183 einige Modelle über die Gesetze der Materialeigen-

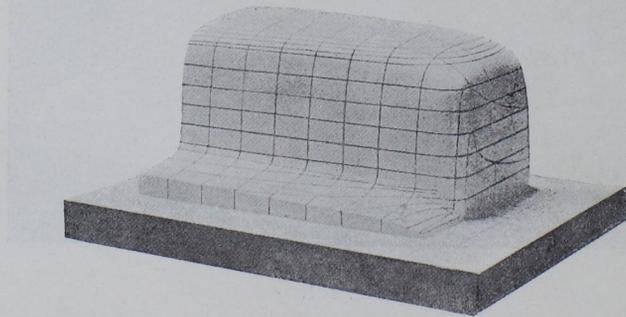


Fig. 183.

schaften aus der Sammlung der Versuchsanstalt in photographischer Abbildung wiedergegeben.

Fig. 181 stellt die Veränderung der Zugfestigkeit von Martineisen mit wachsendem Kohlenstoffgehalt, Fig. 182, die Veränderungen der Biegefestigkeit ähnlichen Materiales mit wachsendem Mangangehalt dar. Fig. 183 stellt das Gesetz über die Aenderungen der Dehnungen für den Spannungszuwachs $\Delta \sigma = 100 \text{ at}$

von hartgezogenem und nachher bei verschiedenen Wärmegraden zwischen 0 und 500 C° geglähten Kupferdraht dar; man erkennt den plötzlichen Uebergang vom harten in den weichen Materialzustand nach dem Glühen bei einer Hitze zwischen 300 und 400 C°.

Ausser der Darstellung von Gesetzen über die Abhängigkeit der Materialeigenschaften von gewissen Bedingungen durch körperliche Modelle [Holz, Gyps u. s. w.] habe ich häufig von Nadeln mit bunten Glasköpfen Gebrauch gemacht und hierbei grosse Anschaulichkeit erreicht, z. B. bei der Darstellung der Ergebnisse von amtlichen Papierprüfungen. Dargestellt sind Reisslänge und Dehnung, bemessen durch den Abstand der Nadeln von den Nulllinien, Widerstand gegen Zerknittern und Reiben, gemessen durch die Länge der Nadeln, und die Stoffzusammensetzung des Papiers, gegeben durch die Farben der Nadelköpfe. Ausgespannte Fäden geben die Grenzen für die verschiedenen Papierklassen an.

Die Gesetze, die nach Linien im Raum verlaufen, kann man auch durch verschieden gefärbte, entsprechend gebogene Drähte zur Darstellung bringen; auch farbige Fäden benutzte ich, namentlich zur Darstellung durchdringender Flächen, aber sie sind unpraktisch, wegen der Verstaubung, wegen leichten Schlawfwerdens beim Feuchtigkeitswechsel und aus anderen Gründen. Das Auftragen farbiger Linienzüge und Flächen auf hintereinander gestellte Glasplatten, ja sogar die Aufbiegung von Glasplatten nach der Oberfläche von Gypsmodellen ist für andere Zwecke von anderen Autoren versucht worden.

244. Die in Fig. 177 gezeichneten Schaulinien sind nun benutzt

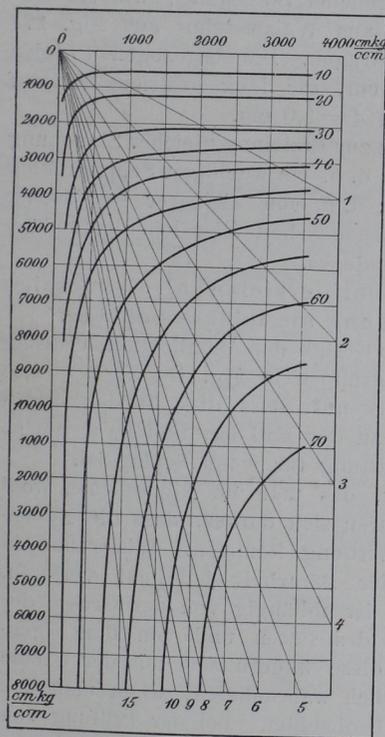


Fig. 184.

Walzmessing, $d = d = 1,5$ cm, Bär I.

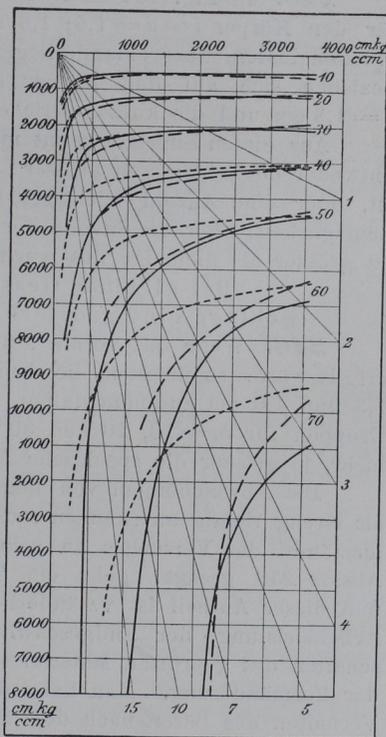


Fig. 185.

Walzmessing.

worden, um in den Fig. 184 bis 187 die Abhängigkeit der Stauchung von der für den einzelnen Schlag aufgewendeten Grösse der specifischen Schlagarbeit klarer darzustellen. Zu dem Zwecke sind Schnitte nach

den Ebenen für $\delta_s = 10, 20$ u. s. w. $\%$ durch den idealen Körper gelegt, der entsteht, wenn man sich die Schaulinien in Fig. 177 in den einzelnen Gruppen so hinter einander aufgestellt denkt, dass der Abstand der einzelnen Linien von der Nullebene [XY Fig. 180] proportional der spezifischen Schlagarbeit für den Schlag ist. Diese Schnitte würden also parallel zur YZ-Ebene, Fig. 180, liegen. Fig. 184 zeigt eine einzelne solche Schnittgruppe für die Körper $l = d = 1,5$ cm aus Walzmessing, die mit dem Bären I geschlagen wurden; sie giebt also die Linien gleicher Stauchung. Es ist aus dem ganzen Hergange beim Stauchversuch wohl klar, dass diese Linien hier nur gewissermassen als Hilfslinien auftreten können, denn da ja nicht Theile eines Schläges ausgeübt werden können, so können nur gewisse Punkte der Linienzüge der Wirklichkeit entsprechen, und diese liegen alle auf den mit 1 bis n bezeichneten Strahlen aus dem Punkte 0. Diese Strahlen geben die angewendete Schlagzahl an. Aus einem solchen Plan, wie er in Fig. 184 dargestellt ist, ist man nun im Stande, anzugeben, wieviel Schläge und welche Einheitsleistung für den Schlag anzuwenden sind, wenn bei dem vorliegenden Material eine bestimmte Stauchung erzielt werden soll.

245. In Fig. 185 sind die Linien gleicher Stauchung, wie sie sich für den Körper $l = d = 1,5; 1,3$ und $1,0$ aus Walzmessing aus Fig. 177 ableiten lassen, über einanderliegend eingetragen. Die ausgezogenen Linien beziehen sich auf den Körper $d = 1,5$ cm, die lang gestrichelten auf $d = 1,3$ cm und die kurz gestrichelten auf $d = 1,0$ cm.

Aus diesen Linien erkennt man, dass zur Erzielung gleicher Stauchung entweder ein Schlag von grosser Leistung, d. h. ein wuchtiger Schlag nöthig ist, oder eine Anzahl leichterer Schläge, d. h. von kleinerer spezifischer Schlagarbeit; aber die Summe der spezifischen Arbeit aller leichten Schläge ist grösser als diejenige des wuchtigen Schläges.

Bei gleicher Gesamtarbeit erzielen also wuchtige Schläge eine grössere Stauchung als leichte Schläge.

246. Wenn das vorhin aufgestellte Gesetz der Aehnlichkeiten streng erfüllt wäre, so müssten die drei Liniengruppen in Fig. 185 für $d = 1,5; 1,3$ und $1,0$ cm zusammenfallen. Man erkennt, dass dies in den ersten Gruppen für $\delta_s = 10, 20$ und 30% nahezu der Fall ist, und zwar um so mehr, je grösser die spezifische Arbeitsleistung für jeden Schlag ist.

Die Abweichungen von dem Gesetz, das man im Allgemeinen wohl als streng richtig anerkennen muss, erklären sich daraus, dass die Nebenstände des Versuches zu sehr zur Wirkung kommen. Wie schon in Absatz 236 gesagt, geht ein Theil der Bärarbeit jedesmal verloren, und dieser Antheil ist veränderlich. Er ist abhängig von der Grösse der Arbeitsleistung, der Endgeschwindigkeit des Bären und von den Eigenschaften des geprüften Materiales, und diese ändern sich mit der Grösse der Formänderung. Man kann das deutlich wahrnehmen, wenn man das Verhalten des Bären nach dem Schlage beobachtet. Bei der Prüfung von Blei bleibt der Bär nach dem Schlage fast ganz in Ruhe. Bei weichem Kupfer u. a. m. bleibt er anfangs in Ruhe, nach einigen Schlägen fängt er an zu tanzen. Das Blei bleibt weich und unelastisch; Kupfer wird härter und immer elastischer.

247. Das Gesetz der Aehnlichkeiten gilt für den ganzen Verlauf des Versuches; es kann daher auch bis zum Bruch der Probe ausgedehnt werden

(L 100). Man kann also sagen, dass bei gleichem Material unter ähnlichen Umständen an ähnlichen Körpern der Bruch durch die gleiche Summe von spezifischer Schlagarbeit herbeigeführt wird. Deswegen kann diese Summe von spezifischer Schlagarbeit, die zur Zerstörung des Körpers gerade ausreicht, auch als ein Maassstab für die Güte des Materiales gelten. Nennt man nach Kick (L 100) diejenige spezifische Arbeit, die den Bruch der Probe durch einen einzigen Schlag gerade herbeiführt, den Bruchfaktor des Materiales, so ist zu sagen, dass er für das Material und die gegebene Probenform eine Konstante ist, die das Material charakterisirt. Für diejenigen Materialien, die beim Stauchversuch nicht zu Bruche gehen, setzt man an Stelle des Bruchfaktors am besten diejenige spezifische Schlagarbeit ein, die den Körper um ein bestimmtes Maass, z. B. $-\varepsilon_s = 0,80$ zusammenstaucht. Ich möchte vorschlagen, diesen Begriff mit dem Namen Stauchfaktor zu belegen, aber in diesem Ausdruck der Einfachheit wegen den Bruchfaktor einzubegreifen. Dann ist also der Stauchfaktor diejenige spezifische Schlagarbeit in cmkg/ccm , die aufgewendet werden muss, um einen Körper bestimmter Grundform [Kugel, Würfel, Normalcylinder u. s. w.] durch einen einzigen Schlag gerade zum Bruch, oder auf $-\varepsilon_s = 0,80$ zu bringen.

Auch die Art und Form des Bruches ist dem Gesetz der Aehnlichkeiten unterworfen (L 100), wie aus Früherem vielleicht schon erkannt ist und aus Späterem sich bestätigen wird.

γ. Einfluss der Probenform.

248. Stauchversuche wird man ausschliesslich wohl für die Zwecke der Materialprüfung anwenden; selten wird die Aufgabe herantreten, den Stauchversuch zur Prüfung des Widerstandes eines Konstruktionsgliedes zu verwenden. Letzteres ist in der Charlottenburger Anstalt (L 155) bislang erst einmal vorgekommen, als es sich um Feststellung der Schlagarbeit handelte, welche zum Eintreiben eiserner Rohre als Spundwand angewendet werden konnte, ohne die Rohre zu beschädigen.

Bei den Versuchen zur Materialprüfung hat man selten einen Grund, andere als ganz einfache prismatische Körper zu benutzen, und zwar wird man in der Regel auf Würfel oder Cylinder von der Länge $l = d$ zurückgreifen, oder wenn ebenso wie bei den Druckversuchen verfahren werden soll, auf Cylinder von der Länge $l = \sqrt{f} = 0,886 d$. Die ersten beiden Formen seien auch hier als Normalkörper, die letzte als Proportionalkörper bezeichnet.

Auch die Untersuchung von röhrenförmigen prismatischen Körpern kann zuweilen geboten sein; sie hat in der Charlottenburger Anstalt z. B. bei Prüfung und Vergleichung von Mannesmann-Röhren mit anderen Fabrikaten recht gute Dienste geleistet.

249. Wenn nun im Allgemeinen auch die drei vorbeschriebenen Probenformen zu benutzen sein werden, so wird man sich doch davon überzeugen müssen, welchen Einfluss Abweichungen von diesen Formen auf das Ergebniss des Stauchversuches ausüben werden. Praktisch kommen hier in erster Linie etwaige Fehler im Längenverhältniss der cylindrischen Probekörper in Betracht.

Um diesen Einfluss festzustellen, führte ich einige Versuchsreihen mit Cylindern aus Kupfer und Walzmessing aus, bei denen bei gleichbleibendem

Durchmesser von 1,5 cm verschiedene Längen von 2,5 bis zu 0,2 cm benutzt wurden. Alle Körper sind dann mit gleicher Schlagarbeit, d. h. bei gleichbleibender Fallhöhe des Bären geprüft; sie wurden also entsprechend dem wechselnden Rauminhalt, mit verschiedenen spezifischen Schlagarbeiten für den Schlag gestaucht. Die Ergebnisse sind in den Figuren 186 für Kupfer und 187 für Messing u. s. w. dargestellt.¹⁾ In die Figur sind jedesmal, ausser den Linien gleicher Stauchung für Körper verschiedener Länge [ausgezogene Linien] auch die Linien gleicher Stauchung [gestrichelte Linien] für Normalkörper aus gleichem Metall eingetragen, die bei verschiedener

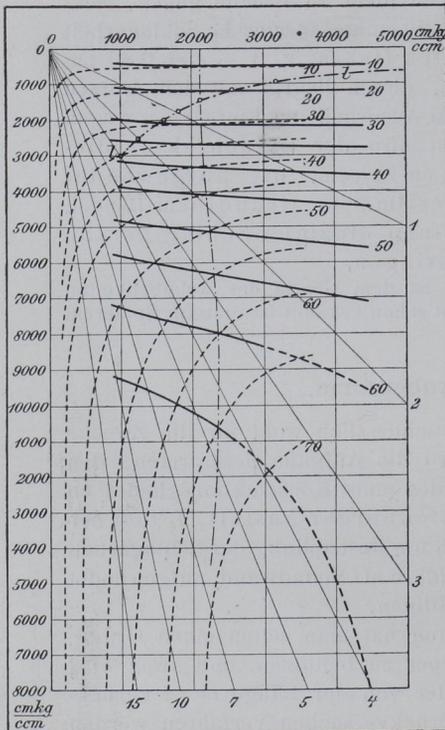


Fig. 186.
Stangenkupfer.

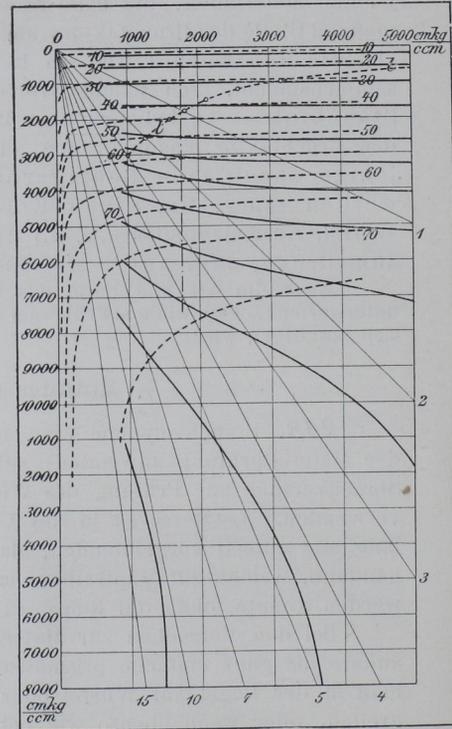


Fig. 187.
Walzmessing.

Staucharbeit gewonnen wurden. Die beiden, die Gesetze der Formänderung darstellenden, durch die ausgezogene und durch die gestrichelte Linienschaar gedachten gekrümmten Flächen müssen einander durchdringen, und die Spur beider Flächen ist in den Figuren 186 und 187 durch die feinen strichpunktirten Linien angedeutet; sie sollten in den beiden durch eine Figur dargestellten Versuchsreihen dem Normalkörper $d=l=1,5$ entsprechen, was mit hinreichender Annäherung der Fall ist, wenn man bedenkt, dass die Probekörper für die in Vergleich gestellten Metalle nicht aus den gleichen Stangen entnommen wurden. Ausser der Spur müssen die beiden idealen krummen Flächen jeder Figur aber auch noch die beiden

¹⁾ Nähere Angaben und die Zahlenwerthe findet man in der Quelle (*L 155*).

Grade in den Nulllinien [Linien *Y* und *Z* Fig. 180, S. 173] gemein haben. Denn für jeden Körper und jedes Material gilt, dass kein Schlag von beliebig grosser Einheitsleistung, oder beliebig viele Schläge von der Einheitsleistung Null, keine Formänderung am Probekörper hervorrufen können. Die durch die Linienzüge *l* verbundenen Kreise geben die angewendeten Probenlängen *l* an.

Aus den beiden Liniengruppen in den Fig. 186 und 187 sieht man, dass geringe Abweichungen in der vorgeschriebenen Länge $l=d$ bei den ersten Schlägen, d. h. bei geringen Stauchungsgraden sich weniger bemerkbar machen als bei stärkeren Stauchungen.

δ. Einfluss der Endflächen.

250. Da die Formänderung bei Stauchversuchen eine ganz ähnliche ist wie bei Druckversuchen, so ist einleuchtend, dass auch der Einfluss der Endflächen von ähnlicher Art sein muss wie bei den Druckversuchen. Um einigen Aufschluss über den Grad dieses Einflusses zu erlangen, habe ich Versuche mit Normalkörpern angestellt, bei denen die Endflächen rau gemacht, glatt bearbeitet oder eingölt waren. Der Einfluss der Reibung ging aus diesen Versuchen unverkennbar hervor, denn die Stauchung war bei den eingefetteten Körpern grösser als bei den Körpern mit rauher Endfläche.

Die Zahlenwerthe (*L* 155, S. 26) dieser wenigen Versuche gebe ich hier nicht an, weil sie des weiteren Ausbaues bedürfen.

ε. Messung der elastischen Stauchung.

251. Da es von Interesse ist, auch kennen zu lernen, wie gross die elastische Formänderung beim Stauchen ist, so wurde zunächst an Würfeln aus Gusseisen der Versuch gemacht, die bleibenden und elastischen Formänderungen festzustellen (*L* 155, S. 29). Auch diese Versuche bedürfen noch der Erweiterung. Ich will mich hier daher darauf beschränken, das Verfahren zu besprechen.

Wie früher schon angedeutet (246) zeigt sich Blei bei den Schlagversuchen als ausserordentlich wenig elastisch; ganz unelastisch ist es nicht, weil Bleikörper von geeigneter Form, z. B. Stimmgabeln, einen, wenn auch sehr gedämpften Ton geben.

Hat man an dem Körper, den man auf sein elastisches Verhalten prüfen will, einen Bleidraht befestigt, so dass seine Endflächen in gleicher Ebene mit den Endflächen des Körpers liegen, und führt nun den Versuch aus, so wird der elastische Körper beim Schlag eine grössere Stauchung erfahren, als man nach dem Versuch durch Ausmessen der Länge l_1 erkennen kann; er dehnte sich vermöge seiner Elasticität wieder aus, während der Bleidraht die unter dem Schläge angenommene Länge beibehält. Der Unterschied zwischen den Längen beider Körper giebt also die elastische Formänderung des Probekörpers an.

252. Ich will noch kurz hinzufügen, dass man auch ein angenähertes Maass für die elastische Formänderungsarbeit gewinnen kann, welche das Probestück und das Material des Schlagapparates bei jedem Schläge aufnehmen, also den Betrag, welcher jedesmal für die Erzielung der bleibenden

Formänderung am Probestück verloren geht. Diese Bestimmung kann geschehen, indem man die Höhe misst, um welche der Bär nach dem Schlage wieder aufgeworfen wird. Dass diese Arbeit nicht allein vom Probekörper geliefert wird, kann man leicht nachweisen, wenn man zwei gleiche Körper prüft, von denen man den einen jedesmal allen Schlägen des Bären aussetzt, die er beim Tanzen [Prellen] nach dem Schlage ausübt, während man den anderen sofort nach dem ersten Auftreffen des Bären mit Hülfe eines um den Körper geschlungenen Fadens herauszieht. Der erste Körper wird eine stärkere Stauchung erfahren als der zweite, ein Beweis dafür, dass die Arbeit des Bären, die er beim Zurückfallen aus der Aufwurfhöhe wiedergewinnt, immer noch ausreichend ist, um eine bleibende Formänderung zu erzielen. Dies könnte natürlich nicht der Fall sein, wenn der Bär nur durch die Elasticität des Probekörpers aufgeworfen würde.

ζ. Brucherscheinungen.

253. Die dehnbaren Metalle nehmen bei den Stauchversuchen mit Normalkörpern eine tonnenförmige Gestalt an, und wie beim Druckversuch erfolgt der Bruch in der Regel unter den folgenden Erscheinungen Fig. 188 [vergl. auch 125 und 127].

Bei manchen Materialien wird die Oberfläche nach den ersten Schlägen

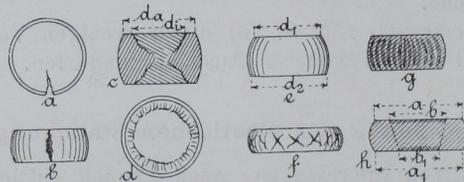


Fig. 188.

„krispelig“ (106, S. 67). In der matten Oberfläche lassen sich bei unhomogenem, gewalztem oder gezogenem Material wenn die Bearbeitungsrichtung parallel zur Probenaxe liegt, scharf begrenzte Streifen unterscheiden, welche den Längsnähten bei Zerreissversuchen (124, S. 81) entsprechen; sie verrathen, dass härtere und weichere, zuweilen auch porösere Stellen im Material vorhanden sind. Bei manchen Legierungen, z. B. unreinem Blei, bedeckt sich die Mantelfläche mit Runzeln von mehr oder minder Ausdehnung, so dass der Körper oft ein ganz unregelmässiges Aussehen erhält. Bei solchem Aussehen war meistens nachzuweisen, dass keine vollständige Legierung stattgefunden hatte.

Die Brucherscheinungen fallen, je nach den Materialeigenschaften, verschieden aus. Bei sehnigem Material pflegen sich eine oder mehrere Risse zu bilden, wie Fig. 188 a und b zeigen. Bei körnigem sprödem Material, z. B. Gusseisen, aber oft auch bei gewalztem Material, bilden sich an den Schlagflächen Materialkegel, welche den Ring herauschieben und vielfach zum Bruch bringen (vergl. Fig. 188 c). Bei vielen Körpern aus gleichmässig zähem Material zeigen sich auf der Mantelfläche diagonale Risse, die sich unter 45° zur Axe des Körpers kreuzen (Fig. 188 f). Die Andeutungen zu diesen Rissen erkennt man häufig schon ziemlich frühzeitig, indem sich auf der Mantelfläche lange vor dem Bruch eine ganz schwache diagonale

Furchung bildet. Diagonalrisse traten namentlich bei einem sehr zähen Geschützstahl auf. Von diesem Stahl wurde ein Körper, Fig. 188 *g*, der die Diagonalrisse noch nicht zeigte, mitten durchgesägt, polirt und geätzt; im reflektirten Licht erkannte man die in *g* angedeuteten, in Wirklichkeit allerdings schwer sichtbaren Streifungen, welche auf eine regelmässige zwiebelschalenförmige Lagerung im Material schliessen lassen.

254. Wenn man einen gestauchten Körper betrachtet, so fällt auf den Schlagflächen die Bildung einer Randzone auf, welche sich ziemlich scharf von der mittleren Kreiszone unterscheidet (Fig. 188 *d* und *c*). Die Kreiszone entspricht der ursprünglichen Endfläche (Durchmesser d_i) des Probekörpers; die radial gestreifte Randzone (äusserer Durchmesser d_a) dürfte hingegen Materialtheilchen enthalten, welche der ursprünglichen Mantelfläche angehörten.

Die voraufgehend beschriebenen Erscheinungen treten, wie gesagt, fast alle auch bei Druckversuchen auf. Bei Druckversuchen kommt die in Fig. 188 *e* dargestellte Erscheinung jedenfalls nicht so deutlich ausgeprägt vor, dass die Endflächen einen deutlichen Unterschied ihrer Durchmesser d_1 und d_2 besitzen.

255. Die Art der Zerstörungserscheinungen ist auch von der Form der Probekörper abhängig.

So bei Versuchen mit Rohrenden aus ziemlich hartem Stahl, die senkrecht zur Rohraxe so abgeschnitten waren, dass ihre Höhe gleich dem äusseren Durchmesser bleibt. Der Verlauf der Formänderungen war für die verschiedenen Abmessungsverhältnisse ganz charakteristisch unterschieden, er trat in ganz gleicher Weise ein bei Stauchversuchen und bei Druckversuchen, so dass einer bestimmten Höhenänderung für gleiche Körper immer nahezu die gleiche Form entsprach. Trotz seiner verhältnissmässig grossen Festigkeit, welche zum Theil von geringer Dehnbarkeit begleitet war, vertrug das Material die in Fig. 189 abgebildeten Formänderungen fast ganz anstandslos; nur wenige Proben bekamen bei den letzten Formen Risse.

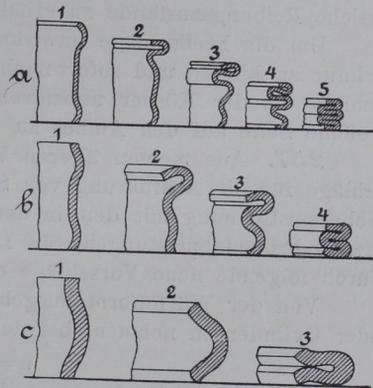


Fig. 189.

In Fig. 189 sind die drei beobachteten charakteristischen Formen für Rohrabchnitte verschiedener Wandstücke angegeben. Die zugehörigen Beobachtungsergebnisse findet man in übersichtlicher Weise in der Quelle (*L 155* S. 40 u. f.) zusammengestellt. Aus letzteren ergab sich, dass auch bei diesen Prüfungen, die an nahezu geometrisch ähnlichen Körpern angestellten Versuche die besondere Form des Gesetzes der Aehnlichkeiten bestätigten, nämlich:

Geometrisch ähnliche Körper gleichen Materiales erfahren durch die gleiche Summe gleicher spezifischer Schlagarbeiten für den Schlag, geometrisch ähnliche Formänderungen (Fig. 189 *a—c*) und gleiche Stauchungen δ_s .
Die Proben, bei denen die Forderungen des Gesetzes der Aehnlich-

keiten einigermaßen erfüllt waren, zeigten ganz gut zusammenfallende Schaulinien. Das Verhältniss l zu w [Länge des Rohrabchnittes zur Wandstärke] scheint den allgemeinen Verlauf der Schaulinie und der Formänderung¹⁾ nach der Fig. $a-c$ zu bedingen.

η. Versuchsausführung.

256. Vor Beginn der Versuche ist das Fallwerk zu prüfen und zwar zunächst auf den Reibungswiderstand der Bärführungen nach Satz 20 Absatz 226. Dann ist zu untersuchen, ob Bärmitte und Ambosmitte in der gleichen Senkrechten liegen und ob die beiden Schlagflächen parallel zu einander sind, ferner ob beide Schlagflächen eben sind. Diese drei Prüfungen kann man leicht gemeinsam ausführen, wenn man mit einem Schlag einen hinreichend grossen Bleikörper staucht, so dass beide Schlagflächen sich vollständig abdrücken. Man stellt an dem geschlagenen Körper aus den Abdrücken fest, ob die Mittelpunkte beider Flächen über einander liegen, und durch Ausmessung der Dicke an vier am Umfang gelegenen Stellen und in der Scheibenmitte, ob die Scheibe durch parallele, ebene Flächen begrenzt ist. Die Schlagflächen am Ambos und Bären müssen öfter nachgeschliffen werden, daher diese Körper so konstruiert sein, dass diese Arbeit leicht und genau ausgeführt werden kann.

Die Schlagflächen und die Bärführungen sind vor den Versuchen mit einem mit Graphit bestaubten Lappen abzureiben, um immer möglichst gleiche Reibungszustände zu erhalten.

Um die Prellschläge unwirksam zu machen, sind die Körper an eine Schnur zu binden und sofort nach dem Schläge herauszuziehen; nach jedem Schläge ist der Körper umzudrehen, so dass die vorher vom Bären getroffene Seite auf den Ambos zu liegen kommt.

257. Aus meinen älteren Versuchen (*L 155*) leitete ich einige Vorschläge für die Ausführung von Stauchversuchen ab, die ich aber hier in Uebereinstimmung mit den in der Charlottenburger Anstalt angenommenen Probenabmessungen für Druck- und Stauchversuche mit Metallen durch folgende neue Vorschläge ersetzen möchte.

Von der Würfelform ausgehend, schlage ich vor, entweder Würfel oder Cylinder zu nehmen, bei denen

$$n = l\sqrt{f} = 1$$

ist und für den Fall, dass man die Normalform der Cylinder, d. h.

$$d = l$$

beibehalten will, diesen Cylindern den gleichen Körperinhalt, wie den in der nachfolgenden Tabelle 22 aufgeführten Würfeln, zu geben. Alsdann lassen sich bei Ausführung vieler Versuche manche Vereinfachungen in Versuchsausführung und Rechnung anbringen.

258. Die Stauchversuche sollen zur Feststellung des Stauchfaktors (247) dienen. Dementsprechend sucht man durch eine Reihe von Versuchen mit schwachen Schlägen die Summe der spezifischen Schlagarbeit auf, die den Bruch oder $-\epsilon_s = 0,80$ erzeugt. Man geht dann zu schwereren Schlägen über und wird jetzt eine geringere Schlagarbeit aufzuwenden

¹⁾ Neuerdings macht man von den Faltungsvorgängen bei der Formänderung von Rohren für die Flanschenbildung Gebrauch, indem man den Flansch nach Fig. 189c₃ bildet.

Tabelle 22. **Abmessungen der Probekörper für den Stauchversuch.**
(Abmessungen in cm.)

Körperinhalte in ccm	1,000	3,375	8,000	15,625	27,000	64,000	125,000
Würfelkante <i>l</i>	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	4,00	5,00
Proportional- cylinder	<i>l</i>	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	4,00
	<i>d</i>	1,13	1,69	2,26	2,82	3,39	4,51
Normalcylinder <i>l=d</i>	1,08	1,62	2,17	2,71	3,25	4,34	5,42

haben, bis man endlich durch einen einzigen Schlag das Ziel erreicht. Zu einer vollständigen Prüfung ist also immer die Ausführung mehrerer Versuche nothwendig, die man nun so einrichten wird, dass man den Charakter des Materials ausgiebig kennen lernt und zugleich die Arbeit möglichst abkürzt.

Nach meinem älteren Vorschlage sollten die Schläge so bemessen werden, dass von fünf zu prüfenden Körpern gleicher Form der erste mit $1a$, der zweite mit $2a$, der dritte mit $4a$ cmkg/ccm für jeden Schlag beansprucht wird. Als zweckmässige Wahl für die Zahlenwerthe von a wurde angegeben für:

1. Stahl zwischen 5000 und 8000 at Festigkeit $a = 1000$ cmkg/ccm,
2. schmiedbares Eisen, Gusseisen, Kupfer und Legirungen mittlerer Härte $a = 250$ „
3. Weichmetalle $a = 25$ „

Die beiden übrigen Körper sollten dann auf Grund der bei den drei vorausgehenden Versuchsreihen gewonnenen Erfahrungen mit je einem Schläge geprüft werden, so dass der Stauchfaktor gerade erreicht wird.

259. Die Versuchsausführung nach diesem Plane erfordert aber eine grosse Zahl von Schlägen. Zur Abkürzung des Verfahrens schlug deswegen Kirsch eine andere Auswahl für die jedesmal aufzuwendenden Schlagarbeiten vor, und zwar sollte, unter Zugrundelegung der oben angegebenen Werthe von a und wenn Z_1, Z_2 und Z_3 die Nummer des Schlages in den Reihen 1, 2 und 3 bedeutet,

Körper 1 mit wachsender Schlagarbeit für jeden Schlag geprüft werden, so dass die specifische Schlagarbeit für den Schlag sich ergibt aus $Z_1 a$ cmkg/ccm.

Körper 2, ausgehend von der specifischen Schlagarbeit $Z_1 a$ für den letzten Schlag der Reihe 1, mit wachsender Schlagarbeit für jeden Schlag nach der Vorschrift:

$$Z_1 a + (Z_2 - 1) a.$$

Körper 3, ausgehend von der specifischen Schlagarbeit für den letzten Schlag der Reihe 2, mit wachsender Schlagarbeit für jeden Schlag nach der Vorschrift:

$$(Z_1 a + [Z_2 - 1] a) + (Z_3 - 1) a$$

geprüft werden u. s. w.,

bis Bruch oder $\epsilon_s = 0,80$ durch einen Schlag erzielt wird.

Bei diesem Verfahren wird zwar eine Verminderung der Gesamtschlagzahl erzielt, aber man kommt nicht mehr mit fünf Körpern aus,

wenn man sich streng an die Vorschriften hält. Deswegen suchte ich beide Verfahren zu kombinieren und schlug für die Verhandlungen der Züricher Konferenz zur Vereinbarung einheitlicher Prüfungsverfahren folgende andere Maassnahmen vor, nämlich zu prüfen:

Vorschrift a.	Vorschrift b.
Körper 1 nach $Z_1 a$	oder $Z_1 a$.
Körper 2 nach $Z_2 2a$	oder $0,5 \sum Z_1 a + (Z_2 - 1) a$ ($0,5 \sum Z_1 a$ aus der ersten Reihe).
Körper 3 nach $Z_3 4a$	oder 1 Schlag zur Erzeugung von Bruch oder $-\epsilon_s = 0,8$ (nach Schätzung von $Z_3 a$ aus Reihe 2).
Körper 4 und 5	1 Schlag zur Erzeugung von Bruch oder $-\epsilon_s = 0,8$, nach Schätzung aus den voraufgehenden Reihen.

Um die genannten vier Vorschläge zu erproben, liess ich nach allen eine Anzahl von Versuchen an Körpern gleicher Abmessung aus verschie-

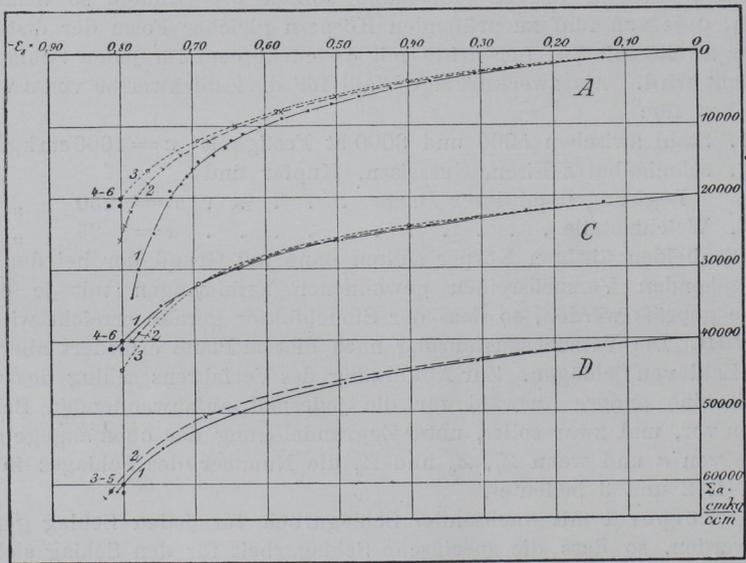


Fig. 190.

denen Materialien durchführen und fand hierbei unter Anderem die in Fig. 190 und Tab. 23 dargestellten Ergebnisse.

Hiernach empfehle ich für die Stauchversuche in Zukunft das Verfahren unter C oder D anzuwenden und ergänze meine alten Vorschläge über die Wahl von a :

1. für Weichmetalle (Blei u. s. w.) $a = 25$ cm kg/cm.
2. für Gusseisen $a = 250$ „
3. für Kupfer, Bronzen, weiche Legierungen $a = 500$ „
4. für Eisen und festere Metalle $a = 1000$ „

Muss in besonderen Fällen a grösser als 1000 cm kg/cm gewählt

Tabelle 23.

Vergleichung von 4 Vorschlägen für die Ausführung von Stauchversuchen.

Es bedeutet: Z die Nummer des Schläges; Σa die Summe der spezifischen Schlagleistungen aller Schläge in cmkg/cem .

Körper No.	Nach dem Vorschlage von NN wird $a =$			
	Martens (ursprünglich) A	Kirsch B	Martens-Kirsch, vereinigt	
			C	D
1	$1a$	$Z_1 a$	$Z_1 a$	$Z_1 a$
2	$2a$	$Z_1 a + (Z_2 - 1)a$	$Z_2 2a$	$0,5 \Sigma Z_1 a + (Z_2 - 1)a$
3	$4a$	$(Z_1 a + (Z_2 - 1)a) + (Z_3 - 1)a$	$Z_3 4a$	1 Schlag
4	1 Schlag	u. s. f.	1 Schlag	1 Schlag
5	1 Schlag		1 Schlag	1 Schlag

Die Versuchsreihen werden durchgeführt bis Bruch (Rissbildung oder andere Zerstörungserscheinungen) eintritt, oder bis $-\varepsilon_s = 0,80$.

Vergleichende Versuche ergaben:

a) allgemein:	Die Schlagzahl für die ganze Prüfung ist reichlich gross	Bei strenger Durchführung wird die Zahl der erforderlichen Probekörper gross	Beide Verfahren kürzen ganz wesentlich ab und können mit 5 Probekörpern sicher durchgeführt werden.	
b) Prüfungen von Flusseisen: $\sigma_B = 5400$ at an $l = d = 1,30$ cm u. $a = 1000 \frac{\text{cmkg}}{\text{cem}}$ ergaben:	Erforderliche Schlagzahl für die ganze Prüfung 55 Schläge	Wurde nicht festgestellt	Erforderliche Schlagzahl für die ganze Prüfung 15 Schläge 11 Schläge	

werden, so empfiehlt es sich, ein Vielfaches von $500 \text{ cm kg}/\text{cem}$ anzuwenden.¹⁾

Stauchversuche mit anderen Materialien als Metallen sind bisher wenig ausgeführt, aber es ist sehr wahrscheinlich, dass sie zu werthvollen Aufschlüssen führen würden, z. B. bei Gesteinen (*L 156*, S. 50), Bindemitteln, Mörteln u. s. w. Für diese Art von Versuchen lassen sich daher bestimmte Ausführungsvorschläge noch nicht machen.

¹⁾ Man hat in Zürich (Konferenz 1895) bemängelt, dass keine bestimmten Vorschriften für die Faktoren \S und G gemacht worden sind. Damit wäre die Sache unnötig erschwert worden. Diese Vorschriften erscheinen auch unnötig, weil man die Stauchversuche mit so kleinen Körpern, wie sie hier vorausgesetzt sind, schwerlich auf einem grossen Fallwerk ausführen würde, weil ausserdem die Fallhöhe \S wegen der Gebäudehöhen fast immer ein engbegrenzter Werth ist.