

die überstehenden Enden des Probestückes an den Auflagern gegeben, Fig. 202, die wegen der Trägheit ihrer Masse beim Beginn der Formänderung gegen die theoretische Lage *a*, wie sie den Stabenden nach dem

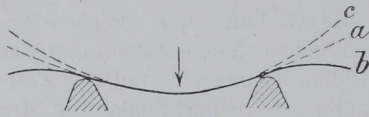


Fig. 202.

Schläge zukommen würde, zurückbleiben und dann über diese Lage hinaus nach *c* geschwungen werden. Die Grösse der Wirkungen ist abhängig von der Länge des überstehenden Endes. Der Erkenntniss dieses Umstandes veranlasste die Eisenbahnverwaltungen, für Schlagver-

suche mit Schienen die Gesamtlänge der Probe von 1,3 m vorzuschreiben (271, No. 2). Für Axen war eine solche Vorschrift nicht nothwendig, da sie ohnehin bestimmte Längen haben.

### g. Einfluss der Geschwindigkeit bei Festigkeitsversuchen.

282. Wiederholt wurde bereits die Frage gestreift, ob die Geschwindigkeit, mit welcher die Formänderung vollzogen wird, von Einfluss auf das Ergebniss des Versuches ist, also auf die Grösse der Spannungen an der Proportionalitäts-, Streck- und Bruchgrenze, oder auf die Grösse der Dehnbarkeit und Querschnittsverminderung. Diese Frage ist natürlich von grösster praktischer Bedeutung für das Materialprüfungswesen.

283. Vergewenwärtigt man sich, was früher, z. B. über das Verhalten von Magnesium beim Zerreißversuch gesagt wurde (53, S. 28), so ergibt sich aus dem Umstande, dass bei den einzelnen Belastungsstufen sehr beträchtliche Nachstreckungen eintreten, die mit verschiedener, anfangs abnehmender, bei höheren Belastungen aber zunehmender Geschwindigkeit verlaufen, so muss man wohl schliessen, dass die Geschwindigkeit, mit welcher der Versuch ausgeführt wird, einen Einfluss auf die Versuchsergebnisse haben muss.

284. Bei der Formänderung des Körpers müssen sich die Körperelemente gegen einander verschieben und neue Lagen einnehmen, wenn eine bleibende Formänderung zustande kommen soll. Nachdem man sich bereits an die Ausdrücke „Fliesen, Fliesserscheinungen“ u. s. w. gewöhnt hat, kann es nicht mehr befremden, sich den festen Körper gewissermassen als eine sehr zähe Flüssigkeit vorzustellen. Man kann sich davon jeden Augenblick ein Bild machen, wenn man Körper, die den Uebergang zwischen dem flüssigen und festen Zustande bilden, auf ihr Verhalten prüft. Pech erscheint bei schneller Beanspruchung fest und spröde, es bricht wie Glas mit muscheligem Bruch. Wenn man Pechstücke in ein Gefäss wirft und sie lange Zeit sich selbst überlässt, so werden die Stücke ihre Form ändern bis sie zusammengeflossen sind und eine Oberfläche bilden, genau wie eine Flüssigkeit. Stellt man nun das Gefäss geneigt auf, so wird das Pech in einigen Wochen ausfliessen, wie wenn es ausgegossen würde, und der ausfliessende Faden wird hierbei dennoch die Sprödigkeit eines festen Körpers zeigen, wenn man etwa schnell seine Form ändern wollte.

285. Die Zähigkeit oder innere Reibung der Flüssigkeit muss überwunden werden, wenn man ihre Theilchen in Bewegung setzen will. Hierzu ist Arbeit erforderlich. Sollen die Theilchen ihren Weg schneller



zurücklegen, so muss zur Beschleunigung der Bewegung der Druck vergrößert werden. Ganz ähnlich so kann man sich auch die Vorgänge im festen Körper vorstellen. Man braucht zur Ueberwindung der Kohäsion des festen Körpers eine gewisse Kraft, die den Bruch bei sehr langer Einwirkung schliesslich herbeiführen würde. Soll er in kürzerer Zeit erfolgen, so wird man den Fluss der Massentheilchen beschleunigen müssen, indem man noch einen Kraftzuschuss, den Beschleunigungsdruck, hinzufügt.

Man ist also nach dieser Betrachtung davon überzeugt, dass zur Erzielung der gleichen Formänderung in kürzerer Zeit ein grösserer Kraftaufwand nothwendig ist, und da  $P/f = \sigma$ , also auch eine grössere Spannung im Probestabe erzeugt werden muss.

**286.** Es fragt sich nun, ob diese Spannungsvermehrung von solcher Grösse ist, dass sie für die praktischen Zwecke der Materialerprobung ins Gewicht fällt. Zur Lösung dieser Frage sind viele Versuche ausgeführt worden, von denen ich hier nur die grösseren Reihen von Bauschinger (*L 160*) und von Fischer (*L 161*) nennen und einige eigene Versuche mittheilen will.

**287.** Die Schaulinien, die man bei Zerreißversuchen mit Streifen aus Zinkblech erhält, haben die in Fig. 203 abgebildete Form.

Werden die Versuche mit Streifen angestellt, die unmittelbar neben einander aus dem gleichen Blech entnommen sind, und vollführt man beim

Versuch die Längendehnung beispielsweise mit drei verschiedenen Geschwindigkeiten  $v$ ,  $v_1$  und  $v_2$ , so erhält man drei verschiedene Schaulinien, die alle ähnlichen Verlauf haben (*L 115*). Je schneller der Versuch ausgeführt wird, um so grösser werden die Spannungen. Bei Zink kann man bei ganz gleichem Material die Bruchfestigkeit  $\sigma_B$  durch Veränderung der Streckgeschwindigkeit auf den doppel-

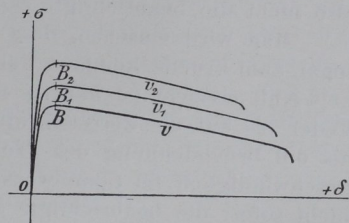


Fig. 203.

ten Betrag bringen. Für Zinn hat Fischer (*L 161*) Aehnliches erwiesen. Festigkeitsangaben für diese Metalle sind also so gut wie werthlos für die Beurtheilung des Materiales, wenn sie nicht bei gleicher Streckgeschwindigkeit gewonnen wurden und wenn nicht diese Geschwindigkeit gleichzeitig mitgetheilt wird.

**288.** Macht man den gleichen Versuch mit Eisen oder Stahl, so wird man mit den gewöhnlichen Festigkeitsprobirmaschinen keinen Einfluss der Geschwindigkeit nachweisen können, wenn nicht eine sehr grosse Zahl von Versuchen mit gleichem Material ausgeführt wird, denn die Unterschiede in den Festigkeiten sind bei Proben aus demselben Stück, unmittelbar neben einander entnommen, meistens so sehr verschieden, dass der Einfluss der Geschwindigkeit innerhalb der Fehlergrenzen liegt. Den Unterschied zwischen den Festigkeiten bei schnellem und langsamem Zerreißen kann man bei hierfür geeigneten Maschinen nur dann finden, wenn man an einem und demselben Körper feststellt, ob die schnellere Flussbewegung eine grössere Belastung der Waage erfordert<sup>1)</sup>. Hierzu ist nicht jede Waage geeignet.

<sup>1)</sup> Vergl. Absatz 110c S. 71.



Um den Versuch im angedeuteten Sinne durch plötzlichen Uebergang von einer Geschwindigkeit zur andern während der Prüfung eines Stabes ohne wesentlichen Fehler durchführen zu können, darf die Messvorrichtung an sich keine grosse Masse besitzen, auch darf sie nicht so konstruiert sein, dass die Messvorrichtung während des Versuches die Rolle des Spannwerkes übernehmen, d. h. den Körper in unbeabsichtigtem Grade beanspruchen kann.

**289.** Hat die Kraftmessvorrichtung eine zu grosse Masse, so wird beim Uebergang von der einen Streckgeschwindigkeit zur andern die Trägheit der Massen der Messvorrichtung die Spannungsmessung trüben, und man wird die Ergebnisse auf diesen Umstand sorgfältig prüfen und korrigieren müssen. Sehr geringe Massen erhält man, wenn man die Kraftmessung durch eine Feder bewirkt (65e, S. 37).

**290.** Wollte man hierbei aber mit einer solchen Feder arbeiten, die wie die Spiralfeder einen sehr grossen Weg braucht, um sich selbst völlig zu entlasten, so würden ihre Kraftäusserungen etwaigem schnellem Wechsel in der Geschwindigkeit des Spannwerkes nicht folgen können. Der Probestab würde beispielsweise bei plötzlichem Stillstehen des Spannwerkes doch noch weiter gestreckt werden, weil der Stab sich noch so lange strecken muss, bis die Feder sich so weit entlastete, dass ihre Kraft nicht mehr ausreicht, um noch Streckbewegung im Stabe hervorzurufen; man hätte also nicht die beabsichtigte Streckgeschwindigkeit Null erzielt.

Man wird einsehen, dass bei ungünstiger Federkonstruktion der Stab sogar zum Bruche kommen kann, ohne die beabsichtigte Streckgeschwindigkeit Null erreicht zu haben; nämlich dann, wenn die zur Entlastung der Feder bis auf die Zerriesskraft  $P_z$  (39) erforderliche Wegstrecke grösser ist als die Bruchdehnung des Probestabes. Auch bei Erhöhung der Antriebsgeschwindigkeit im Spannwerk wird die Streckgeschwindigkeit des Stabes nicht sofort die beabsichtigte sein, vielmehr muss die Feder erst eine ganz bestimmte, der beabsichtigten Streckgeschwindigkeit entsprechende Spannung angenommen haben.

Wendet man eine Messvorrichtung an, die nur einen sehr geringen Weg erfordert, um sich selbst zu entlasten, so werden die eben geschilderten Verhältnisse offenbar am günstigsten. Diesen Forderungen entspricht beispielsweise ein auf Zug beanspruchter Stahlstab, wie ich ihn bei einer

kleinen Zerriessmaschine für die Charlottenburger Anstalt benutzte<sup>1)</sup> (L 115), und auch die Einrichtung an meiner für die gleiche Anstalt konstruirten Zerriessmaschine für 50 Tonnen Kraftleistung (L 162, Taf. 5).

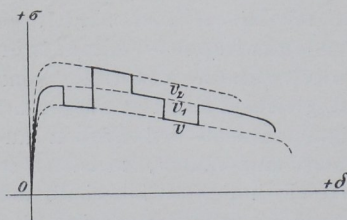


Fig. 204.

**291.** Wird mit einer Maschine mit Stangenfeder, wie oben beschrieben, ein Zinkstreifen abwechselnd schnell und langsam gestreckt, indem man den Antrieb der Maschine schnell oder langsam laufen lässt, so nimmt die Schaulinie etwa die in Fig. 204 wiedergegebene Form an.

<sup>1)</sup> Dieser Stab hat für die grösste Kraftleistung der Maschine, für  $P = 1000$  kg, nur eine Dehnung von 0,62 mm.



Beim Uebergang von der Streckgeschwindigkeit  $v_1$  auf die geringere Geschwindigkeit sinkt sofort der Zeichenstift und beschreibt dann das der Geschwindigkeit  $v$  entsprechende Schaulinienstück, um sich beim Uebergange von  $v$  auf  $v_2$  ebenso schnell auf die Linie  $v_2$  zu erheben u. s. f. Die Unterschiede in den Ordinaten geben alsdann unmittelbar den Einfluss der Streckgeschwindigkeit auf das Prüfungsergebniss. Er ist bei Zink, Zinn und ähnlichen Metallen beträchtlich.

**292.** Macht man einen ähnlichen Versuch mit Eisen oder Stahl, so wird man in der Schaulinie die Zacken kaum erkennen. Der Einfluss der Geschwindigkeit wird nach meinen bisherigen Versuchen für Eisen 1 bis 1,5 % kaum erreichen. Bauschinger (*L 160*) hat den Einfluss der Geschwindigkeit für Zink und einige andere Metalle bestätigt und hat nachgewiesen, dass man ihn für die eigentlichen Konstruktionsmetalle vernachlässigen kann.

**293.** Das ist für das Materialprüfungswesen von ganz erheblicher Bedeutung, indem nun bei Prüfung der meisten Metalle in der Praxis kein grosser Werth auf die Innehaltung einer bestimmten Streckgeschwindigkeit gelegt zu werden braucht. In der That ist man bereits so weit gegangen, dass der ganze Zerreißversuch in wenigen Minuten zu Ende geführt wird. Für die öffentlichen Prüfungsanstalten ist es immerhin wünschenswerth, dass man an der bei mehreren Anstalten eingeführten Regel festhält, alle Versuche mit bestimmten Streckgeschwindigkeiten auszuführen. Bisher war 1 % Dehnung in der Minute üblich; man wird aber wohl zu 2 % übergehen müssen, weil die Versuche sonst zu lange Zeit erfordern und daher theurer werden.

**294.** Was hinsichtlich des Einflusses der Geschwindigkeit vom Zerreißversuch gilt, wird in ähnlichem Maasse auch von den übrigen Festigkeitsversuchen gelten. Auch hier besteht der Einfluss unzweifelhaft (218), aber er ist bisher noch sehr wenig studirt worden.

Obwohl zahlreiche Untersuchungen über den Einfluss der Streckgeschwindigkeit auf den Zerreißversuch vorliegen, so ist doch das Material nicht nur an sich lückenhaft, sondern auch aus den in den Absätzen 288 bis 290 entwickelten Gründen meistens nicht einwandfrei, und es ist sehr wünschenswerth, dass die Versuche noch erweitert werden. Auf Einzeluntersuchungen kann hier indessen nicht eingegangen werden; dies kann vielmehr erst bei Besprechung der Materialeigenschaften im Besonderen geschehen.

## **h. Festigkeitsversuche in der Kälte oder im erhitzten Zustande.**

**295.** Unsere Konstruktionsmaterialien benutzen wir sehr häufig in Wärmegraden, die sich weit von der gewöhnlich herrschenden Luftwärme entfernen, auf welchen Zustand sich alle bisher besprochenen Versuche und Angaben stillschweigend bezogen haben. In den Eismaschinen, in den Apparaten zur Verflüssigung der Gase sind gewisse Maschinentheile aber sehr niedrigen Wärmegraden ausgesetzt; Brücken, Eisenbahnschienen, Radreifen und alles mögliche andere Material ist in unseren Breiten wechselnden Wärmegraden zwischen  $-25$  bis  $+35$  C.<sup>0</sup> und mehr ausgesetzt. In unseren