

$a_e$ <sup>1)</sup> bezeichnete schraffierte Fläche ein Maass für die elastische Gesamtarbeit, die mit der schraffierten Fläche  $a$ , der gesammten Formänderungsarbeit, in Vergleich gestellt wird. Wie man sieht, ein zeitraubendes Verfahren, durch das nicht mehr gewonnen wird, als man es mit dem Ausdruck  $\mathfrak{B} = (\mathfrak{Z}_n/\sigma_s) 10^3$  auch bieten kann. Dieser Ausdruck kann aber leicht und schnell aus den Ergebnissen abgeleitet werden, die ohnehin bei jedem Zerreißversuch ermittelt werden müssen, zu deren Erlangung also ein besonderer Zeit- und Arbeitsaufwand nicht nothwendig ist.

Ich deutete schon an und bin es schuldig hier nochmals klar auszusprechen, dass die Zahlenwerthe für die Härte, Zähigkeit und Bildsamkeit in der Praxis des Maschinenbaues und auch im eigentlichen Materialprüfungswesen bisher keine so hervorragende Rolle spielen, als es nach dem vielen Kopfzerbrechen scheinen könnte, das die Technologen ihnen zu widmen pflegen. Man muss hier einen Unterschied machen zwischen dem praktisch Verwerthbaren und der strengen Forderungen der Wissenschaft. Wir können nur dann praktisch leistungsfähige Männer werden, wenn wir das, was uns die Wissenschaft zu bieten vermag, beherrschen, es in Fleisch und Blut umzusetzen verstehen und nicht Sklaven unseres Wissens werden. Deswegen ist es wohl angezeigt, zum Schluss dieser Betrachtungen nochmals darauf aufmerksam zu machen, dass die hier gegebenen Maasswerthe für Härte  $\mathfrak{H}$ , Zähigkeit  $\mathfrak{Z}$  und Bildsamkeit  $\mathfrak{B}$  nichts weiter sein sollen, als Zahlenzusammenstellungen, denen wir, rein nach Ueber-einkunft, Benennungen von Materialeigenschaften beilegen, die an sich deswegen nicht in vollkommener Weise begrifflich festgelegt werden können, weil es ganz unmöglich ist, diese Eigenschaften gewissermaassen von einander loszulösen und getrennt für sich zu betrachten, etwa wie es der Chemiker macht, der aus einem Haufwerk verschiedener Elemente jedes einzeln herauschält. Wir können vollkommen zufrieden sein, wenn unsere Maasswerthe sich mit unseren praktischen Erfahrungen im Allgemeinen decken und nicht wesentliche Widersprüche zu Tage treten, denn es kommt nur sehr selten vor, dass wir für unsere technischen Zwecke verschiedene Materialien vollständig mit einander zu vergleichen und ihre Eigenschaften durch unsere Versuchsergebnisse in vollkommen erschöpfender Weise darzustellen haben. Die Aufgabe liegt vielmehr meistens derart, dass man zu ergründen hat, ob ein bestimmtes Material den aufgestellten Forderungen genügt oder nicht, oder aber, dass ein Gütemaassstab, ein Maassstab für seinen Nutzungswert zu bilden ist, worüber später in einem besonderen Abschnitt noch zu verhandeln sein wird.

## B. Technologische Proben.

**372.** Ausser den bereits behandelten Festigkeitsversuchen mit Materialien sind zur Feststellung ihrer Güte und Verwendbarkeit noch Biege- und Schmiedeproben im Gebrauch, die man in ihrer Gesamtheit als technologische Proben zu bezeichnen pflegt. Sie sollen hauptsächlich über die Zähigkeit und über den grösseren oder geringeren Grad von Brüchigkeit des Materiales bei verschiedenen Wärmegraden Aufschluss geben oder darthun, in welchem Maasse es in der Kälte oder in der Wärme mit dem Hammer umgeformt, geschmiedet werden kann.

### a. Biegeproben.

**373.** Die Biegeproben werden mit stabförmigen Probekörpern von 200 bis 300 mm Länge ausgeführt, die man entweder in einer besonderen

<sup>1)</sup> In Fig. 247 versehentlich mit  $a_2$  bezeichnet.

Biegemaschine oder über dem Ambos unter Anwendung des Hammers biegt. Der hierbei bis zum Entstehen eines Querrisses an der Zugseite des gebogenen Stabes erreichte Krümmungsradius der neutralen Faserschicht Fig. 248, oder der Biegewinkel  $w$  Fig. 249, wird als Gütemaassstab benutzt. Die Frage, in welcher Weise man vorgehen soll, um bei diesen Versuchen einheitliche und einwandfreie Prüfungsergebnisse zu erhalten, ist durch die mehrfach genannten Konferenzen und auch sonst in technischen Kreisen viel erörtert worden, aber sie ist bisher wenig geklärt, weil sich in der Praxis bereits verschiedene Methoden eingebürgert haben und man hier wenig geneigt ist, ein einmal gewohntes Verfahren aufzugeben. Die Biegeprobe giebt aber nur dann zahlenmässige Vergleichswerthe, wenn man sie

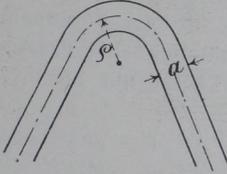


Fig. 248.



Fig. 249.

mit besonderer Vorrichtung ausführt, denn beim Biegen unter dem Hammer ist der Versuch immer mehr oder weniger abhängig von der Geschicklichkeit des Schmiedes, der ihn ausführt. Die „Konferenzen zur Vereinbarung einheitlicher Prüfungsverfahren“ nahmen daher vor allen Dingen den Grundsatz an, dass die Biegeprobe nur mit einer Maschine ausgeführt werden dürfe. Man konnte sich aber noch nicht darüber einigen, welche Anforderungen an diese Maschine zu stellen seien, und deshalb liegt die Sache eigentlich auch heute noch immer beim Alten. Ich will daher, ohne mich für einen bestimmten Apparat auszusprechen, hier nur diejenigen Hilfsmittel flüchtig beschreiben, die in der technischen Praxis am meisten gebräuchlich sind.

**374.** Am meisten verbreitet ist die Biegeprobe unter dem Hammer. Das ist erklärlich. Hammer und Ambos sind überall vorhanden; die Probe

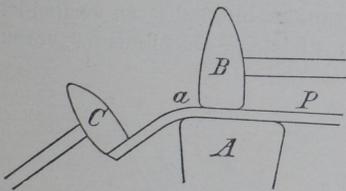


Fig. 250.

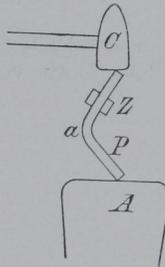


Fig. 251.

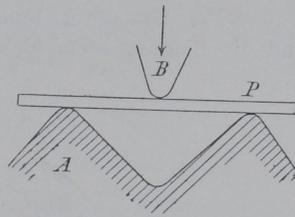


Fig. 252.

kann also überall kurzer Hand ausgeführt werden. Sie wurde in jeder Schmiede von altersher benutzt, und die Leute hatten grosse Uebung in der Beurtheilung des Probenausfalles.

Der Stab  $P$  wird Fig. 250 und 251 bei dieser Probe über die Amboskante geschoben, mit dem schweren Hammer  $B$  belastet und dann mit

leichten Schlägen durch den Hammer *C* gebogen. Später wird die Probe mit der Zange *Z*, Fig. 251, erfasst, auf hochkant gestellt und dann mit dem Hammer *C* weiter zusammen geschlagen, bis bei *a* Querrisse entstehen, oder bis die beiden Probenschenkel ganz aufeinanderliegen.

**375.** Werden die Proben unter dem Dampfhammer oder unter der Presse vorgenommen, so pflegt man sie entweder in der beschriebenen Weise vorzubiegen und die Weiterbiegung über hochkant erst unter dem Dampfhammer oder in der Presse vorzunehmen, oder man biegt unter der Presse vor, indem man die Probe auf die Unterlage *A*, Fig. 252, legt und sie in der Mitte mit dem Aufsatz *B* durchdrückt.

Aus diesem zweiten Verfahren, das namentlich in den Eisenhüttenwerken viel im Gebrauch ist, entwickelte sich eine besondere Prüfungsmaschine, die gestattet, täglich viele hundert Proben vorzunehmen. In den Steelworks of Scotland benutzt man nämlich eine Presse mit auf- und abgehendem Stempel *B*, Fig. 253, deren Maul mit Stufen versehen

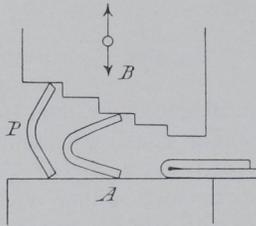


Fig. 253.

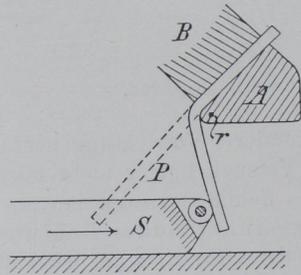


Fig. 254.

wurde. Die Presse biegt die Probe vor und diese wird dann stufenweise weitergebogen, bis die Schenkel auf einander liegen (L 48, 1886, S. 434).

**376.** Mohr und Federhaff in Mannheim bauen einen Biegeapparat nach folgendem Grundsatz, Fig. 254. Das Probestück wird zwischen zwei Backen *A B* eingeklemmt und dann durch den Schieber *S*, der vorn mit einer Rolle versehen ist, um die nach dem Halbmesser *r* abgerundete Vorderkante von *A* gebogen.

**377.** Um die Reibung an den Auflagern möglichst zu vermeiden und die Biegung stets über einen Dorn von gleichem Durchmesser vorzu-

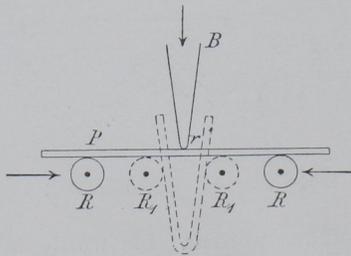


Fig. 255.

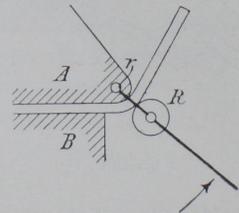


Fig. 256.

nehmen, hat man folgende Einrichtung getroffen, Fig. 255. Indem der Stempel *B* vorangehend die Biegung der Probe um seine nach dem Halb-

messer  $r$  abgerundete Kante einleitet, gehen zugleich auch die Auflagerrollen  $R$  nach  $R_1$  vor, so dass die Probe jedesmal um einen bestimmten Betrag zusammengebogen wird.

**378.** Bauschinger konstruirte einen Biegeapparat ( $L$  2), bei dem die Biegung von Anfang an um einen Dorn von bestimmtem Durchmesser vorgenommen wird. Das Stück wird zwischen die Backen  $A$  und  $B$ , Fig. 256, geklemmt und durch die an einem Hebel befestigte Rolle  $R$  um die nach dem Halbmesser  $r$  abgerundete Kante von  $A$  gebogen.

**379.** Die Frage, welchem der bei den besprochenen Einrichtungen befolgten Versuchsgrundsätzen man sich zuwenden soll, ist nicht kurzer Hand zu beantworten. Es kommt wesentlich darauf an, ob man die einfache Frage zu entscheiden hat, ob ein Material eine gewisse Biegung, ohne Querrisse zu bekommen, verträgt oder nicht, oder ob man die Biegefähigkeit des Materials bis zu diesem Punkt feststellen will. Im ersten Falle, dem in der Praxis meistens vorliegenden, kann das Material einfach bis auf das vorgeschriebene Maass zusammengebogen werden, und man hat nachher zu entscheiden, ob die Probe den Bedingungen genügt oder nicht. Im anderen Falle, der bei wissenschaftlichen Versuchen immer vorliegt, hat man den Bieungsgrad zu ermitteln, bei welchem das Material zuerst Risse zeigt.

Im ersten Fall hat der Lieferant ein Interesse daran, dass die Art der Probenauführung ihn nicht benachtheilige, indem durch den angewendeten Biegeapparat das Material ungünstig beeinflusst wird. Der Apparat kann eigentlich bei den jetzt gebräuchlichen Konstruktionen durch Erzeugung von Nebenspannungen das Ergebniss nur ungünstig beeinflussen; der Empfänger der Waare kann also durch die Art der Versuchsausführung kaum benachtheiligt werden. Die Versuchsausführung oder die zu benutzende Maschine muss aber von der Art sein, dass viele Versuche schnell und einfach durchführbar sind.

**380.** Grundsätzlich kann man die Versuchsverfahren eintheilen in:

- a) solche, bei denen die Biegung um einen Dorn, und in
- b) solche, bei denen die Biegung frei erfolgt.

Bei der Biegung um einen Dorn kann der Dorn:

1. für alle Probendicken gleichen Durchmesser haben, oder
2. der Durchmesser wechselt nach bestimmten Grundsätzen;
3. die Biegung erfolgt von Anfang an gezwungen um den Dorn, oder
4. der Stab kann sich um den Dorn frei herumlegen.

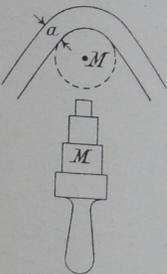


Fig. 257.

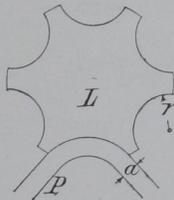


Fig. 258.

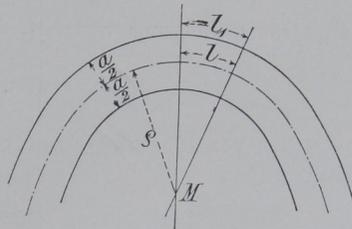


Fig. 259.

Bei Biegung um einen Dorn ist der kleinste Krümmungshalbmesser

der neutralen Faser durch den Dorn und die Probendicke gegeben; bei freier Biegung ist er am einfachsten aus dem mittelst eines Maassdornes *M*, Fig. 257, festgestellten Innenhalbmesser und der Blechdicke *a*, oder noch besser aus dem durch eine Lehre *L*, Fig. 258, ermittelten Aussenhalbmesser und der Blechdicke *a* zu bestimmen.

**381.** Für den Eintritt der Rissbildung ist die Dehnbarkeit der äussersten gezogenen Faser maassgebend. Die Dehnung dieser Faser ist aber für die Länge  $l=1$  der neutralen Faser, Fig. 259, aus dem Krümmungshalbmesser  $\varrho$  und der Probendicke *a* zu bestimmen aus:

$$l_1 : l = \varrho + \frac{a}{2} : \varrho \text{ oder } l_1 = \frac{\varrho + \frac{a}{2}}{\varrho}, \text{ also } \varepsilon = \frac{\varrho + \frac{a}{2}}{\varrho} - 1 = \frac{a}{2\varrho}.$$

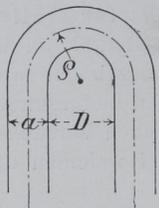


Fig. 260.

Die Grösse der Inanspruchnahme ist also abhängig von der Blechdicke und dem Krümmungshalbmesser, und das Verhältniss dieser beiden Grössen giebt daher einen geeigneten Maassstab für die Leistungsfähigkeit des Materiales.

Für die gebräuchliche Bezeichnung wird nach

Fig. 260

<i>D</i> =	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0 <i>a</i>
$\varrho$ =	0,5	0,75	1,0	1,25	1,5	1,75	2,0 <i>a</i>
$\varepsilon$	1,00	0,67	0,50	0,40	0,33	0,28	0,25

Der Biegungswinkel *w* [der in der Praxis vielfach als Gütemaass benutzt wird] ist, wie man sah, nicht maassgebend für die Anstrengung des Materiales, sondern allein das Verhältniss zwischen Probendicke und Krümmungshalbmesser.

**382.** Als Gütemaassstab kann man auch, wie Tetmajer (*L* 3) vorschlug,  $100\varepsilon$  einführen. Denkt man sich die Krümmung bis auf den Halbkreis vollzogen und die Schenkel der Probe fest aufeinander liegend, so dass  $\varrho = \frac{a}{2}$  wird, so wird  $\varepsilon \text{ max.} = 100 \frac{a}{2 \frac{a}{2}} = 100$ , und wenn der Stab überhaupt keine Biegung verträgt, also für  $\varrho = \infty$

$$\varepsilon \text{ min.} = 100 \frac{a}{2 \infty} = 0$$

Der von Tetmajer vorgeschlagene Gütemaassstab, in der Folge als Biegegrösse

$$\text{Bg} = 50 \frac{a}{\varrho} \dots \dots \dots 33)$$

bezeichnet, schwankt demnach zwischen den Werthen 0 und 100 (vergl. Tabelle unter Abs. 381).

**383.** Den Krümmungsradius kann man aber auch indirekt be-

stimmen, indem man auf der Zugseite vor Beginn des Versuches eine Theilung Fig. 261 anbringt und nach beendetem Versuch, d. h. nach eingetretenem Querriss, die Verlängerung durch Ausmessen des Bogens z. B.  $1_1 5_1$  bestimmt. War  $15 = l$ , so ist  $l_1 = 1_1 5_1$  also

$$\varepsilon = \frac{l_1 - l}{l}, \text{ und da } \varrho = 50 \frac{a}{\varepsilon}, \text{ so ist } \varrho = \frac{50 a l}{l_1 - l}.$$

Die erste Art der Krümmungsmessung erscheint praktisch einfacher. Die zweite ist thatsächlich nicht genauer als die erste, wenn die Krümmung nicht nach der Kreislinie erfolgt.

Es ist wohl zu beachten, dass die oben gegebene Ableitung von  $\mathfrak{B}g$  nicht vollkommen den thatsächlichen Vorgängen entspricht. Um zu zeigen, in welchem Maasse Abweichungen von den gemachten Voraussetzungen stattfinden, und um zugleich eine Andeutung über die Art der Vorgänge beim stark über die Elastizitätsgrenze hinaus getriebenen Biegeversuch zu geben, habe ich in Fig. 262

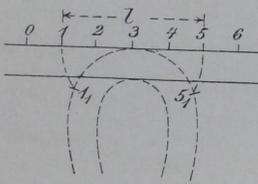


Fig. 261.

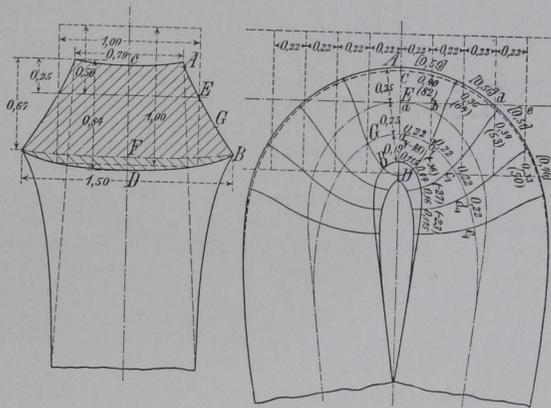


Fig. 262.

einen Gummistreifen von quadratischem Querschnitt dargestellt, der bis zum Aufeinanderliegen der Schenkelenden gebogen wurde. Der Streifen wurde vorher mit einer Theilung versehen, wie beim umgebogenen Streifen, in der Figur 262 rechts, punktirt angedeutet. Alle Maasse sind der Uebersichtlichkeit wegen auf die Quadratseite als Einheit bezogen worden. In der Figur links ist der Querschnitt des Stabes an der am stärksten gebogenen Stelle nach freilich nur rohen Messungen eingetragen. Der Querschnitt hat seine Höhe von 1,00 auf etwa 0,80 und seine Breite an der gezogenen Seite [Linie A] auf 0,79 vermindert, aber an der gedrückten Seite [Linie B] auf 1,50 verbreitert. Die obere Fläche an der Zugseite C ist hohl, die untere an der Druckseite D dagegen gewölbt. Betrachtet man aber den Verlauf der Formänderungen an letzterer Fläche während des Biegevorganges genauer, so findet man, dass diese Fläche an der in der Figur rechts mit D bezeichneten Stelle sich einkneift, so dass sich schliesslich von B bis D [rechts] die eigentliche Staboberfläche doppelt auf einander legt, den schraffirten sichelförmigen Theil zwischen den Linien FBD [links] bildend; der eigentliche Stabquerschnitt zwischen den Linien CAEBF ist in anderer Richtung schraffirt. Sucht man, durch Ausmessung mit dem Zirkel, am Probekörper diejenigen Stellen auf, an welchen die Stabquerschnitte nahezu ihre ursprüngliche Breite behielten, so findet man diese Stellen etwa auf der Linie E [rechts] liegend, während die Lage der Linie in den Stabseitenflächen, die bei der Biegung keine Längenänderung erfuhren, etwa durch den Linienzug G gegeben ist. Diese Linien fallen so weit auseinander, dass trotz der rohen Messung die Thatsächlichkeit dieses Verhältnisses anerkannt werden muss. Man ersieht aus diesem Um-

stande und aus dem Umstande, dass an der gedrückten Seite auch das eigentlich der Oberfläche angehörige sichelförmige Flächenstück an der Spannungsvertheilung theilnimmt, dass die Vorgänge bei einem so weit getriebenen Biegeversuch sehr viel verwickelter sind, als man gewöhnlich anzunehmen pflegt. Die Verschiebung der von Normalspannungen freien [neutralen] Faserschicht im Stabquerschnitt findet selbstverständlich schon viel früher statt; es ist aber hier nicht der Ort, diese Vorgänge weiter zu verfolgen. Auf die Dehnungsverhältnisse in den einzelnen Stabtheilen sei indessen noch in Kürze eingegangen. In der Linie  $G$  sind die Längenänderungen gleich Null. Die Dehnungen und Verkürzungen in den Linien  $C$  und  $B$  sind nach den rohen Messungen zwischen die Theilstriche  $a$  bis  $e$  an die betreffenden Linien geschrieben; in runder Klammer stehen die Längenänderungen  $\delta$  und  $-\delta$ , und in den eckigen Klammern sind die Verhältnisse  $\frac{-\delta}{+\delta}$  angegeben. Man erkennt auch aus diesen Messungen die That-

sächlichkeit der Verschiebung der neutralen Schicht mit dem Bieungsgrade. Ausserdem weisen noch die leichten Krümmungen der Theilstriche auf den beiden Seitenflächen darauf hin, dass die Querschnitte im stark gebogenen Stabe nicht mehr eben bleiben, wie es die Biegungstheorie voraussetzt. Praktisch beachtenswerth ist die Faltung der Fläche bei  $D$ , weil man zuweilen die Anschauung hört, dass hier ein Riss entstanden sei, was wohl selten wirklich der Fall ist.

Die Unzulänglichkeit der Ableitung für  $\mathfrak{B}g$  geht aus den in Fig. 262 gegebenen Messungen und übrigens auch aus der Ueberlegung hervor; denn während nach der Ableitung die Dehnung für  $\varrho = a/2$  die Dehnung  $+\delta = 100\%$ , d. h.  $l = \varepsilon l$  sein müsste, müsste die Verkürzung  $-\delta = 100\%$ , d. h.  $l = 0$ , die Ausbauchung des Querschnittes bei  $B$ , Fig. 262, also sehr gross werden, was niemals der Fall ist.

Man fand die grössten Längenänderungen beim Gummi im vorbeschriebenen Versuch zu  $+\delta = 82$  und  $-\delta = 48\%$ , und ähnliche Verhältnisse wird man auch bei weichen Metallen, z. B. bei Flusseisen, erhalten (*L 105* S. 36 u. f.). Die Dehnbarkeit des Flusseisens wird beim Zerreißversuch selten über  $35\%$  gefunden; in der Einschnürung gemessen (*36* und *363*) kann sie freilich sehr viel grösser werden. Die durch den Biegeversuch gefundene grösste Dehnung wird die Bruchdehnung vom Zerreißversuch meistens erheblich überschreiten; sie kann aber  $100\%$  nicht erreichen (*L 137* § 52).

**384.** Obwohl nun, wie wir sahen, der Biegungswinkel  $w$  kein Maass für die wahre Inanspruchnahme des Materiales sein kann, so hat er immerhin eine gewisse Bedeutung für die Materialbeurtheilung, namentlich dann, wenn die Biegung von Anfang an um einen Dorn erfolgt. Je grösser nämlich der Biegungswinkel, eine um so grössere Länge  $l$  des Probestabes wird in Mitleidenschaft gezogen; um so grösser ist die Wahrscheinlichkeit, dass innerhalb dieses Theiles eine Stelle des Stabes fällt, die Ursache zum Querriss geben könnte. Man darf aber wohl sagen, dass dies durchaus den Absichten der Probe entspricht, denn man will ja gerade prüfen, ob im Material solche Stellen vorhanden sind, die Ursache zu Querrissen geben, und der Erzeuger der Waare wird sich nicht über die Verschärfung der Probe beklagen dürfen, wenn man bei zweckmässiger Wahl von  $\mathfrak{B}g$  etwa verlangt, dass der Biegungswinkel in allen Fällen  $180^\circ$  betrage.

**385.** Die Biegeprobe wird entweder an glatten Streifen, an eingekerbten oder an gelochten Streifen vorgenommen. Die Streifen dürfen bei weichen Materialien mit der Blechscheere oder mit der Lochmaschine abgetrennt werden, müssen aber in diesen Fällen an den Schmalseiten mit schneidenden Werkzeugen in der Maschine oder aber mit der Feile bearbeitet werden. Die Kanten sind an den Stellen, die in die spätere Biegung fallen, mit einem Halbmesser von etwa  $1/4 a$  abzurunden, weil bei Belassung der Scheerenschnitte oder der Kanten

leicht Kantenrisse entstehen, deren Ursache nicht in schlechtem Material, sondern in der Art der Bearbeitung zu suchen ist.

**386.** Um für die Biegeprobe dem Gesetz der Aehnlichkeiten, das auch für diesen Fall Gültigkeit hat, gerecht zu werden, habe ich für die Versuche in der Charlottenburger Versuchsanstalt die Bestimmung getroffen, dass den Probestücken, wenn möglich, die folgenden bestimmten von der Dicke  $a$  abgeleiteten Abmessungen gegeben werden, nämlich:

Dicke  $= a$ ; Breite  $b = 3a$  und ganze Länge  $L = 18a$ .

Die Versuchsausführung geschieht auf einer Presse, nach Maassgabe von Fig. 252, bei Anwendung einer Stützweite  $l = 15a$ ; der Apparat ist so eingerichtet, dass diese Bedingung leicht erfüllt werden kann. Der Abdrungsradius für den Stempel wird  $r = a$ .

**387.** Soll der Versuch mit eingekerbten Stücken geschehen, so ist es zweckmässig, in den Versuchsbestimmungen zwischen Erzeuger und Käufer festzusetzen, wie die Kerben hergestellt werden sollen. Am einfachsten ist es, mit dem Schrotmeissel quer über die Probe einen Kerb von etwa 1 bis 2 mm [oder noch besser (0,1 bis 0,2)  $a$ ] Tiefe, Fig. 263, einzuhaue. Das Material wird aber weniger leicht beschädigt und die Einheitlichkeit ist leichter zu wahren, wenn man den Kerb einhobelt. Die Biegung erfolgt nun so, dass der Kerb in die stärkstgebogene Stelle der Zugseite fällt.

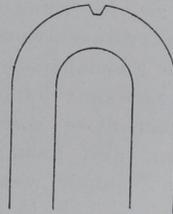


Fig. 263.

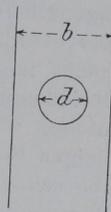


Fig. 264.

**388.** Bei der Biegeprobe mit Loch wird der Streifen in der Mitte mit einem Loch versehen, Fig. 264, und die Biegung so ausgeführt, dass das Loch in die stärkste Biegung fällt. Wenn das Loch mit der Bohrmaschine gebohrt wird, ist die Probe weniger streng, als wenn es mit der Lochmaschine gestanzt wird. Lochdurchmesser  $d$ , Probenbreite  $b$  und Dicke  $a$  sollten möglichst immer in gleichem Verhältniss stehen, etwa  $d = 2a$  und  $b = 5a$ . Wenn die Lochung vorgeschrieben ist, sollte man auch über die Herstellung des Loches Vorschriften machen, denn es ist nicht gleichgültig, ob der Streifen gelocht wird oder ob der Streifen erst nach dem Lochen aus dem Probestück herausgeschnitten wird.

**389.** Für sehr weiche Metalle, z. B. für Kupfer, pflegt man die Biegeprobe auch wohl in der Weise auszuführen, dass man auf einem runden Stab Schraubengewinde schneidet und dann die Biegeprobe macht. Das ist natürlich eine wesentliche Verschärfung der Probe.

**390.** Man pflegt die Biegeprobe in verschiedenen Materialzuständen vorzunehmen, um sich über die Eigenschaften ein möglichst umfassendes Urtheil zu verschaffen.

Biegeproben in kaltem Zustande stellt man entweder im luftwarmen Zustande an, oder nachdem man die Proben künstlich abkühlte. Man ist in neuester Zeit bei der Prüfung von Stahl und Eisen sogar bis auf unter  $-40\text{ C}^{\circ}$  gegangen. Für die Erzeugung von 0 Grad wird schmelzendes Eis benutzt;  $-20\text{ C}^{\circ}$  erzielt man mit einer Mischung von Schnee oder gestossenem Eis mit Viehsalz; noch niedrigere Kältegrade mit fester Kohlensäure (296). Durch diese Versuche wollte man erweisen, ob die geprüften

Metalle in der Kälte spröder und brüchiger werden, ob sie frostbrüchig sind. In der Praxis bezeichnet man die Biegeprobe im luftwarmen Zustande kurz als Kaltbiegeprobe.

**391.** Die sogenannten Warmbiegeproben führt man im blauwarmen oder rothwarmen Zustande der Probe aus. Beide Wärmegrade sind namentlich für Eisen bedeutsam, indem es bei beiden Wärmegraden unter gewissen Umständen bedeutend brüchiger sein kann, als im kalten oder hellroth warmen Zustande. Die Blauwärme ist bei Eisen erreicht, wenn es aus dem Feuer genommen noch keine Gluth zeigt, und wenn dabei bei schnellem Anfeilen einer Kante die blanke Fläche blau anläuft und diese Farbe längere Zeit behält; dann muss schnell der Versuch ausgeführt werden. War die Probe zu heiss, so verschwindet die blaue Anlauffarbe wieder; war sie zu kalt, so kommt sie überhaupt nicht hervor. Die Erwärmung besorgt man zweckmässig in einem Bleibad oder im Glühofen. Wir wollen diese Probe kurz die Blauwarmprobe nennen.

Die Rothwarmprobe wird vorgenommen, sobald das Stück im Feuer so erhitzt ist, dass es im Schatten deutlich rothwarm erscheint. Durch einige Übung lernt man diesen Hitzegrad bald sehr gut abschätzen.

**392.** Für gewisse Materialien ist es wichtig festzustellen, welche Eigenschaften sie im ausgeglühten oder im abgeschreckten [gehärteten] Zustande entwickeln. Um die Proben zuverlässig auszuglühen, macht man sie gleichmässig so warm, als das Metall es ohne schädliche Beeinflussung vertragen kann, und steckt sie dann in trockene Kohlenlöschel, wie man diese vom Schmiedefeuere erhält. Hierin kühlen sie in einigen Stunden, also ganz langsam, ab. Die Proben für Versuche im abgeschreckten Zustande werden von dem für das Abschrecken wirksamsten Hitzegrade aus plötzlich in Wasser von etwa 15 bis 30 C<sup>0</sup>. getaucht und daher schnell abgekühlt; hierbei ist es zu beachten, dass die Proben im Wasser bewegt werden, und dass eine genügende Menge Wasser vorhanden ist, um wesentliche Erwärmung des letzteren auszuschliessen. Die Versuche werden mit den kalten Proben in der bereits beschriebenen Weise ausgeführt. Die Umstände, unter denen das Abschrecken erfolgt, spielen bei manchen Materialien eine wesentliche Rolle.

## b. Proben mit Drähten.

**393.** Für die Prüfung von Drähten hat sich im Laufe der Zeit ein besonderes Verfahren herausgebildet. Hierzu haben in Deutschland besonders die Postverwaltungen und die Bergbehörden Anlass gegeben. Für Telegraphen- und Förderseildrähte bestehen bestimmte Prüfungsvorschriften.

Ausser dem Zerreißversuch, der meistens von den Fabriken bei der Herstellung von Förderseilen an jedem Draht vorgenommen wird, werden noch Biegeproben und Verwindungsproben vorgenommen.

**394.** Die Biegeproben werden mit einem besonderen Apparat gemacht, dessen Konstruktionsgrundsatz folgender ist. Der Draht wird zwischen die Backen eines Schraubstockes, Fig. 265, geklemmt, deren innere Kanten bei  $r$  nach einem bestimmt vorgeschriebenen Halbmesser abgerundet sind. Der Draht  $D$  geht lose durch ein Führungsstück  $F$  hindurch, das an einem Hebel  $H$  befestigt ist, dessen Drehpunkt in  $M$