

Man erkennt, dass, je stärker die Wirkung des Kopfes zum Ausdruck kommen kann, desto geringer wird die Querschnittsverminderung; ist diese ganz unmöglich, wie bei den Formen *d*, *e* und *f*, wo *l* nahezu 0, so wird auch die Dehnbarkeit unmessbar, ob unmessbar gross oder unmessbar klein, kann man nicht ohne weiteres entscheiden. Aus Früherem ergab sich, dass die Dehnbarkeit bei abnehmender Messlänge wächst; es ist die Frage, ob dieses Gesetz uneingeschränkt gültig ist. Eine Beschränkung würde man aus dem gleichzeitig gültigen Gesetz über die Wirkung der Einspannköpfe wohl ableiten können, welche darauf wirken, die Dehnbarkeit zu verringern. Je weniger der Stab in Folge des Einflusses der Einspannköpfe dem Streben zur Querschnittsverminderung Folge geben kann, desto grösser findet man die Bruchfestigkeit. Die aus den Bauschingerschen Versuchen abgeleitete Thatsache der Einflusslosigkeit des Querschnittes auf die Spannungen E , σ_P , σ_S und σ_B wird also auch nur innerhalb beschränkter Grenzen richtig sein.

Ueber ähnliche in Charlottenburg ausgeführte Versuche berichtete ich schon in Absatz 103*d* (*L* 132). Bei diesen Versuchen an Stäben mit ringförmigen Eindrehungen oder Schraubengewinden konnten Festigkeitszunahmen bis zu 19% nachgewiesen werden.

9. Ueber die bei ZerreiBversuchen anzuwendenden Stabformen.

155. Wie in den vorausgehenden Abschnitten schon mehrfach erwähnt, hat die Erkenntniss, dass die Stabform nicht ohne Einfluss auf die Ergebnisse des ZerreiBversuches bleibt, schon bald nach der allgemeinen Einführung des ZerreiBversuches in das Materialprüfungswesen zur Festsetzung bestimmter Stabformen geführt. Diese Formen wurden zunächst in kleinen Kreisen gebraucht und entstanden an zahlreichen Stellen; sie waren dementsprechend mannigfaltig, so dass ein einwandfreier klarer Vergleich der an verschiedenen Stellen gewonnenen Versuchsergebnisse nicht möglich war. Die Eisenbahnverwaltungen, die grossen technischen Staatsbetriebe, die grossen, die Interessen der Materialerzeuger oder der Materialverbraucher vertretenden technischen Vereine suchten immer grössere Kreise auf die von ihnen gemachten Vorschläge zu vereinigen. Schliesslich traten die mehrfach schon genannten Konferenzen zur Vereinbarung einheitlicher Prüfungsverfahren in Deutschland und ähnliche Vereinigungen in andern Ländern zusammen, die versuchten, die Verhältnisse in den einzelnen Ländern und womöglich auch international zu regeln. Die Ingenieurvereine der verschiedenen Länder haben fast alle den lebhaftesten Antheil an diesen Fragen genommen, und neuerdings hat sich ein grosser Internationaler Verband für die Materialprüfungen der Technik gebildet, der bereits über 1200 Mitglieder in 21 Ländern hat. Der Verband erstrebt die Vereinheitlichung und Förderung des gesammten Materialprüfungswesens.

156. Wie schon mehrfach angeführt, hat zur Zeit die meiste Verbreitung der Rundstab von 2,0 cm Durchmesser und 20 cm Messlänge. Dieser Stab hat auch in Deutschland sich gegenüber dem vorher wohl mehr verbreiteten Stabe von 2,5 cm [1 Quadratzoll englisch entsprechend] immer mehr Geltung verschafft, weil der stärkere Stab auch stärkere ZerreiB-

maschinen erforderte, was sich namentlich nach der immer mehr um sich greifenden Verwendung des festeren Flusseisens lästig bemerkbar machte.

a. Ich möchte nun, um nicht gar zu weitschweifig zu werden, nicht auf alle bisher für die sogenannten Normalstabformen gemachten Vorschläge eingehen, sondern mich hier darauf beschränken, die in den voraufgehenden Abschnitten gewonnenen Anschauungen benutzend, die Stabformen mitzutheilen, welche die von mir geleitete Königliche mechanisch-technische Versuchsanstalt in Charlottenburg ihren Arbeiten zu Grunde legte (*L 133*). Dabei ist man von dem Normalrundstab als Ausgangsform ausgegangen und verwendet dementsprechend Flachstäbe von gleicher Querschnittsgrösse, wobei das Breitenverhältniss b/a nicht grösser als 5 werden soll. Wenn die Probestäbe aus irgend einem Grunde grössere oder kleinere Querschnitte als 3,14 qcm haben müssen, so werden, entsprechend den Abmessungen des Normalrundstabes, alle Stababmessungen nach \sqrt{f} als Einheit verändert. Die Stäbe mit dem Querschnitt $f = 3,14$ qcm und $b/a = 1$ bis 5 werden als Normalstäbe, die Stäbe mit abweichendem f , aber proportionalen Abmessungen, nach dem Vorgange Bauschingers als Proportionalstäbe bezeichnet. Diese Proportionalstäbe werden nun nicht mit beliebigen Querschnitten ausgeführt, sondern man lässt die Querschnittsgrössen so wachsen, dass die ebenfalls proportional ausgeführten Theilungsgrössen l um ein ganzes Vielfaches von 0,1 cm wachsen.

b. Zum Auftragen dieser Theilungen ist dann eine Reihe von entsprechenden Anreissstäben (siehe Fig. 95) angefertigt, und zum Messen der Verlängerung werden Anlegemaassstäbe (76) benutzt, die nach Procenten der Theilung l getheilt sind, so dass also ganz ohne Rechnung stets die Dehnung ε , beziehentlich 100ε , für die Längeneinheit, gemessen wird. Entsprechende Maassnahmen sind auch für die Feinmessungen getroffen worden, indem die Ablesemaassstäbe auch nach Procenten der Messlänge l_0 getheilt wurden. Alle Ablesungen sind also bereits auf die Längeneinheit zurückgeführt, und es bedarf nur noch der Einrichtung, dass man an den Maschinen, statt der Kräfte P , ohne weiteres die Spannungen σ mit ausreichender Zuverlässigkeit abliest oder Schaubilder nach σ und ε verzeichnen kann. Dass dies möglich ist, habe ich später zu zeigen. Den grossen Nutzen solcher Einrichtungen wird man leicht einsehen, wenn man bedenkt, dass man unter Erleichterung der ganzen Rechenarbeit einen ausserordentlich raschen und vollständigen Ueberblick über das geprüfte Material bekommt, denn gleiche Materialien müssen bei Anwendung vergleichsfähiger Stabformen für gleiche Spannungen während aller Versuchsabschnitte gleiche Dehnungen ε liefern und die nach σ und ε verzeichneten Schaulinien müssen zusammenfallen.

157. Sollen Stäbe, die von den Abmessungen des Normalrundstabes abweichen, praktisch die gleichen Versuchsergebnisse liefern wie dieser Stab, so müssen sie Querschnittsgrössen und Abmessungen haben, die nach dem Aehnlichkeitsgesetz und nach der Erfahrung von der Einflusslosigkeit der Querschnittsform gewählt sind.

Der Normalrundstab der Charlottenburger Versuchsanstalt hat die in Fig. 107 [linke Seite] angegebenen Abmessungen. Die nach ihm auszubildenden Proportionalstäbe erhalten hiernach die auf \sqrt{f} als Einheit bezogenen Abmessungen, wie sie auf der rechten Seite von Fig. 107 eingetragen sind.

Der Normalflachstab wird auf den Querschnitt 3,14 qcm bearbeitet, wobei das Breitenverhältniss b/a nicht über 5 steigen soll, man kann also, wenn es gewünscht wird, den Stab meistens so wählen, dass bei der Prüfung von Blechen die Walzhaut auf zwei Stabflächen erhalten bleibt. Wenn man sich diese parallel zur Zeichnungsfläche denkt, so ergiebt sich aus Fig. 107 unten die Form der Seiten [in Walzfläche] und die Anordnung der Querschnitte. Die Art der Einspannung [gefräste Zähne oder

Beisskeile], wie sie in Charlottenburg bewirkt wird, ist am linken Kopf angegeben. Die gefrästen Zähne oder der Angriff der Beisskeile soll über die als Grenze angegebene Linie *NN* nicht hinausgehen. Die Abmessungen für die Proportionalflachstäbe sind wieder in der rechten Seite von Fig. 107 B gegeben; hierzu ist noch zu bemerken, dass die Kopfabmessungen als Vielfaches von der Breite *b* des Stabquerschnittes gebildet wurden, und dass der Uebergang zum Kopf nach dem Halbmesser der zur Bearbeitung

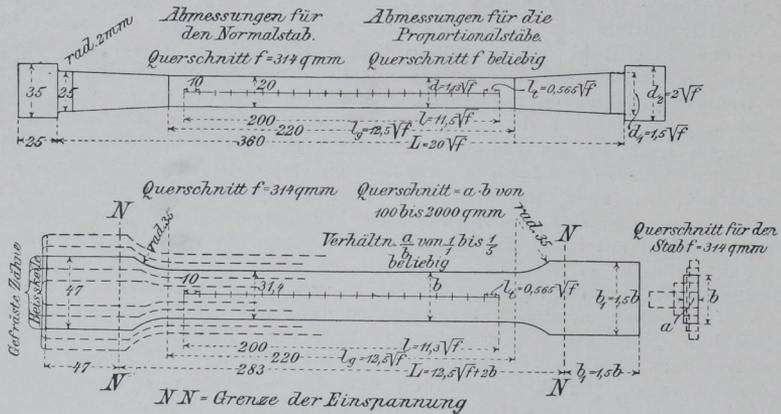


Fig. 107.

benutzten Fräse bemessen ist. Der Fräsendurchmesser ist zu 7 cm angenommen; er darf aber zwischen 6 und 8 cm liegen.

158. Sollen prismatische Stäbe [Rund- oder Flachstäbe] ohne Köpfe zerrissen werden, so macht man zweckmässig die freie Stablänge zwischen den Einspannteilen $L = 20\sqrt{f}$ und benutzt als Messlänge $l = 11,3\sqrt{f}$ und als Länge der Theilung $l_t = 0,565\sqrt{f}$, wie beim Proportionalrundstab.

a. Zweifellos würde man, wenn die Wahl der Stabform ganz planmässig geschehen könnte und man nicht in gewissem Grade an das gebunden wäre, was in der technischen Welt zur Zeit weit verbreitet und zur Gewohnheit geworden ist, die Grundlage für das eben entwickelte System einfacher gestalten können. Insonderheit könnte man aber die Querschnitte der Normalstäbe unserm Gewichtssystem besser anpassen, indem man 2, 2,5 oder 5 qcm als Fläche wählt, so dass sich die Umrechnungen der Kräfte in Spannungen schnell im Kopf machen oder durch Anbringung der entsprechenden Bezeichnung auf den Gewichtsstücken ohne weiteres vermeiden lässt. Leider ist aber $f = 2$ qcm reichlich klein, $f = 5$ qcm erfordert kräftigere Maschinen und $f = 2,5$ qcm bringt Unbequemlichkeiten bezüglich der Gewichtsstücke mit sich.

b. Die oben entwickelten Stabformen erscheinen auf den ersten Blick sehr mannigfaltig und praktisch schwer benutzbar. Die Sache macht sich aber in Wirklichkeit nicht so schwierig, wie sie erscheint. Für die einzelnen Abmessungen der Normalflachstäbe und ebenso für die nach \sqrt{f} als Einheit bemessenen Proportionalstäbe werden Tabellen aufgestellt und Lehren für die Hauptabmessungen angefertigt. Diese Tabellen und Lehren werden wenig zahlreich, da man nicht jeden beliebigen Querschnitt für den Proportionalstab benutzt, sondern die Querschnitte stufenweise variiert. Die Stabformen bekommen dann nach diesen Stufen Nummern, die auch in die Lehren, Anreissstäbe und Procentmaassstäbe für die Dehnbarkeitsmessungen eingeschlagen sind, so dass die Handhabung und die Probenbearbeitung keine Unbequemlichkeiten bietet, nachdem man sich mit dem System ein klein wenig vertraut gemacht hat.

c. In Wirklichkeit wird man immer mit dem Umstande zu rechnen haben, dass die Stäbe niemals genau nach Vorschrift bearbeitet werden; man muss also die Querschnitte immer nach den Abmessungen feststellen. Um die Rechnungen thunlichst abzukürzen ist in der Literatur (*L 206—208*) eine Reihe von Tabellenwerken aufgetaucht, die für verschiedene Stabquerschnitte und Belastungen gleich die Spannungen aufzuschlagen gestatten. Will man sich mit Annäherungen zufriedien geben, so genügt zur Ausrechnung der gewöhnliche Rechenschieber; man muss eben bedenken, dass eine Genauigkeit von etwa $\pm 1^{\circ}_0$ für die meisten praktischen Fälle vollkommen ausreichend ist.

159. Aus den vorausgehenden Abschnitten ist klar zu erkennen, dass man die wahre Bedeutung der Ergebnisse der ZerreiBversuche nur dann erkennen kann und dass die Veröffentlichungen, ganz besonders der Werthe für die Bruchdehnung, eine wissenschaftliche Beachtung nur dann verdienen, wenn sie erkennen lassen, auf welche Weise und unter welchen Verhältnissen sie gewonnen wurden. Auch die im vorigen Absatz vorgeschlagenen Maassnahmen würden werthlos und übertrieben peinlich erscheinen müssen, wenn man den Dehnungswerth ohne Angabe der angewendeten Messlänge abgeben oder veröffentlichen wollte. Deswegen schlug ich in meinem Berichte über Kupferuntersuchungen (*L 110 S. 107*) vor,

dass man allgemein dem Werthe δ für die Bruchdehnung die Verhältnisszahl

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

als Index beifügen, d. h. schreiben möge $\delta_n = x$. Für den Normalstab würde also zu setzen sein $\delta_{11,3} = x$.

Wenn ich auch schon mehrfach andeutete, dass sich alle Auslassungen in den Abschnitten 1 bis 9 im wesentlichen auf die Verhältnisse beziehen, wie sie beim ZerreiBversuch mit Metallstäben vorliegen, so will ich dies hier doch nochmals besonders betonen, um nicht auf falsche Bahnen zu leiten. Für andere Materialien und für andere Verhältnisse wird man überlegen oder durch den Versuch feststellen müssen, wie weit die in dem Vorausgehenden entwickelten Gesichtspunkte anwendbar sind.

Für Holz, Leder, Seide, Papier [Körper vom Dichtigkeitsgrad $\delta < 1$] sind z. B. andere Gesichtspunkte maassgebend. Steine, Cement, Beton u. s. w. wird man auf Zug an anderen Körperformen prüfen als die Metalle; Gewebe, Fäden Fasern oder Leim, Löthmaterialien u. s. w. erfordern besondere Maassnahmen und die Ergebnisse sind von anderen Faktoren beeinflusst, als sie in den vorausgehenden Abschnitten in Betracht gezogen werden konnten.

Es würde zu weit führen, wollte ich an dieser Stelle auf alle diese Punkte eingehen. Ich behalte mir vor, auf die wichtigsten Dinge bei Besprechung der Eigenschaften der einzelnen Materialien später zurück zu kommen.

10. Einfluss der Stabform auf σ_{-s} , σ_{-B} und $-\delta$.

160. Auch für die Druckspannungen gilt das Gesetz der Aehnlichkeiten. Man kann es aussprechen:

Geometrisch ähnliche Körper aus gleichem Material erfahren unter gleichen Umständen durch die gleichen Spannungen geometrisch ähnliche Formänderungen; sie haben also auch gleiche Quetsch- und Bruchgrenzen.

Hieraus kann man im Besonderen ableiten, dass bei Versuchen mit Würfeln von verschiedener Seitenlänge aus dem gleichen Material bei gleichen Spannungen $-\sigma$ auch die gleichen Höhenverminderungen $-\epsilon$, ausgedrückt in Procenten der ursprünglichen Höhe, erhalten werden. Also