

Die schneller ausgeführten Versuche erfordern etwas mehr Kraftaufwand. Aus Gruppe *D* lässt sich ableiten [ebenso wie aus den älteren Versuchen von Tresca<sup>1)</sup>], dass das Blei zunächst eine erhebliche Verdrängung unter dem Stempel erfährt, dass die Höhe des herausgescheerten Lochputzens  $l_1$  erheblich kleiner ist, als die ursprüngliche Probendicke  $l$  und dass  $l_1$  für die gleiche Stempeldicke auch bei stark verschiedenem  $l$ , nahezu die gleiche bleibt.

Betrachtet man die Schaulinien in Fig. 166 im Allgemeinen, so ergibt sich für die Gruppen *A* bis *C*, dass die Spannungen anfangs schnell wachsen, bis dahin wo das Abscheeren beginnt, und durch ein Maximum gehen, um alsdann je nach den Materialeigenschaften und den Verhältnissen  $d_1/d$  zwischen den Matrizen- und Stempeldurchmessern mehr oder minder plötzlich zu fallen. Bei den Proben aus weichem Eisen nahm die Spannung hierbei ganz bis auf Null ab und die Lochung erfolgte unhörbar. Beim weichen Kupfer tritt der Bruch schon erheblich früher ein, bevor noch der Stempel den ganzen Weg  $l$  durchlaufen hat. Der Bruch erfolgt um so früher und plötzlicher, je grösser  $d$  gegenüber  $d_1$  ist (Linien *g* und *c* Fig. 166); d. h. der Arbeitsaufwand wird um so kleiner, je grösser der Matrizen- durchmesser im Verhältniss zum Stempeldurchmesser gewählt wird. Beim Messingblech im Anlieferungszustande tritt der Bruch schon unmittelbar nach Erreichung der höchsten Spannung ein, bevor noch der Stempel einen Weg von  $0,3l$  zurücklegte.

Die Beschaffenheit der Stempelendfläche übt einen Einfluss auf das Ergebniss aus. Hierüber und über den Einfluss des Verhältnisses  $d_1/d$  giebt auch die folgende Zusammenstellung Aufschluss. Die dort mitgetheilten Ergebnisse wurden mit geglähtem Messingblech von 0,40 cm Dicke und unter Anwendung von Stempeln von  $d = 2,00$  cm mit ebenen und mit kugelförmig ausgehöhlter Endfläche gewonnen. Die Matrizenweiten  $d_1$  waren 2,01; 2,10 und 2,20 cm und demnach die Verhältnisse  $d_1/d = 1,005$ ; 1,050 und 1,100, während das Verhältniss  $l/d = 0,20$  war. Man fand für

	$d_1/d = 1,005$	1,050	1,100
a) bei ebenem Stempel	$\tau_{B''} = 2830$	2770	2570 at
b) bei ausgehöhltem Stempel	$\tau_{B''} = 2590$	2510	2360 at

Verhältnisszahlen für  $a = 100$  — 92 91 92

und wenn man die Werthe für  $d_1/d = 1,005$  gleich 100 setzt, so erhält man für die Abnahme der Spannung bei wachsendem  $d_1/d$  die Werthe für

	$d_1/d = 1,005$	1,050	1,100
a) bei ebenem Stempel	$\tau_{B''} = 100$	98	91
b) bei hohlem Stempel	$\tau_{B''} = 100$	97	91

#### 4. Scheerung und Aehnlichkeitsgesetz.

**220.** Aus den vorigen Abschnitten ging hervor, dass die Probenabmessungen und die Abmessungen der Apparate von Einfluss auf die Ergebnisse des Scheerversuches sind. Deswegen ist es nothwendig, für diese Dinge gewisse Festsetzungen zu treffen, wenn man einheitliche und unmittelbar vergleichbare Werthe durch den Versuch erhalten will. Leider sind die Gesetze, nach welchen sich diese Einflüsse geltend machen, noch sehr wenig erforscht. Man kann aber ohne weiteres aussprechen, dass auch für das Scheeren und Lochen das schon mehrfach behandelte Aehnlichkeitsgesetz gültig ist.

Nach dem Gesetz der Aehnlichkeiten müssen sich, bei Anwendung zweier geometrisch ähnlicher Probekörper  $A$  und  $A_1$  aus gleichem Material die zum Scheeren oder

<sup>1)</sup> Diese Versuche erscheinen insofern nicht ganz zuverlässig, als die von Tresca gegebenen Schaubilder stets im Augenblick des Abscheerens [auch bei Blei] noch eine erhebliche Kraftanzeige liefern.



Lochen aufzuwendenden Kräfte verhalten wie die abzuschneerenden Flächen.

In Fig. 167 ist nach Voraussetzung:

$$\frac{b}{b_1} = \frac{l}{l_1} = \frac{1}{n} \quad \text{und}$$

$$\frac{f}{f_1} = \frac{1}{n^2}.$$

Wenn  $\tau = \tau_1$  werden soll, so muss sein:

$$\frac{P}{f} = \tau = \frac{P_1}{f_1} \quad \text{oder} \quad \frac{P}{P_1} = \frac{f}{f_1} = \frac{1}{n^2} \quad \text{oder wegen} \quad \frac{b}{b_1} = \frac{l}{l_1},$$

$$\frac{f}{f_1} = \frac{b}{b_1} \cdot \frac{l}{l_1} = \frac{l^2}{l_1^2}, \quad \text{also}$$

$$\frac{P}{P_1} = \frac{l^2}{l_1^2}, \quad \text{d. h.}$$

die aufzuwendenden Kräfte verhalten sich wie die Quadrate der Blechdicken. Man darf hierbei aber nicht übersehen, dass  $b/b_1 = 1/n$  sein muss. Weil man ja die gleiche Betrachtung auf den Vorgang des Lochens übertragen kann [krummliniger Schnitt statt des geradlinigen], so muss beim Lochen auch Proportionalität zwischen Stempeldurchmesser  $d$  und Blechdicke  $l$  bestehen, d. h. die Spannungen  $\tau_n$  werden bei gleichem Material und verschiedenen Stempeldurchmessern  $d$  gleich gefunden, wenn das Verhältniss  $l/d$  ein gleiches bleibt.

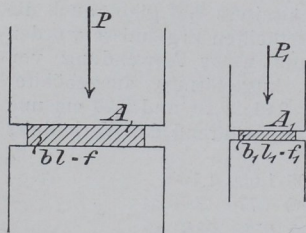


Fig. 167.

**221.** Da auch beim Scheren und Lochen Nebeneinflüsse, z. B. die äusseren Abmessungen des Probestückes beim Lochen, das Verhältniss zwischen Stempel- und Matrizendurchmesser  $d_1/d$ , die Form der Stempelendfläche, die Härte der Stempel und Matrizen u. a. m. von erheblicher Wirkung auf das Prüfungsergebniss sind, so können immer nur solche Scherfestigkeiten unmittelbar in Vergleich gestellt werden, die mit Apparaten erhalten sind, die das Gesetz der geometrischen Aehnlichkeit erfüllen. Hierbei bedarf es immerhin noch einer Feststellung durch Versuche, in welchem Maasse sich die Versuchsausführung so gestalten lässt, dass auch alle übrigen Forderungen, die unausgesprochen in dem Gesetz enthalten sind, erfüllt werden können.

Um den Forderungen des Gesetzes der Aehnlichkeiten zu genügen, konstruirte ich den in Fig. 161 bereits mitgetheilten Scheerapparat zum Abschneiden runder Körper. Dabei ist die Scheerbackendicke immer gleich dem Durchmesser des Probekörpers.

Für den geradlinigen Schnitt unter parallelen Schneidkanten, wie er im Materialprüfungswesen die Regel bildet, ist ja den Forderungen des Gesetzes der Aehnlichkeiten leicht durch Annahme eines bestimmten Verhältnisses  $b/l$  zwischen Schnittlänge und Probendicke genügt. Man sollte bei den Materialprüfungen sich auf bestimmtes Verhältnisse, z. B.  $b/l = 5$  oder  $10$  einigen, oder sollte wenigstens das Verhältniss bei den Veröffentlichungen der Ergebnisse anführen.

222. Für Lochversuche habe ich den in Fig. 168 abgebildeten Apparat<sup>1)</sup> konstruiert, der sich in der Charlottenburger Versuchsanstalt ausgezeichnet bewährt hat.

Das untere Gussstück *A* trägt als Matrize einen gehärteten Stahlring *B*, auf dem das Probestück aufliegt. Der Lochstempel *C* passt in das Druckstück *D*. Damit der Stempel genau centrirt zur Matrize vorgeht, ist das Druckstück *D* in dem Gussstück *E* geführt und dieses hat seinerseits durch die beiden seitlichen Stifte Führung im unteren Gussstück. Ausserdem kann das obere Stück *E* mit dem unteren noch durch vier

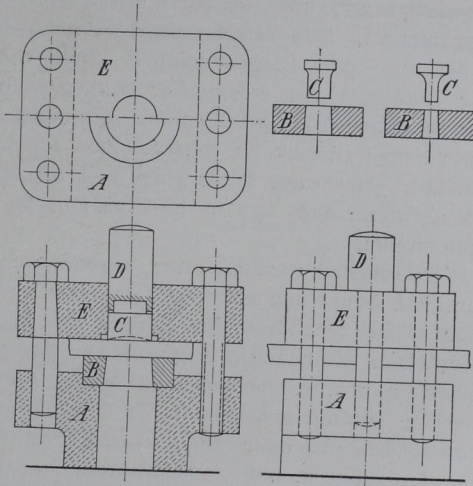


Fig. 168.

Schrauben verbunden werden, so dass die Probe fest eingespannt werden kann; von dieser Einrichtung wird indessen selten Gebrauch gemacht.

Lochstempel und Matrizen können ausgewechselt werden. Lochstempel sind in den Abmessungen  $d = 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0$  und  $4,0$  cm mit ebener Endfläche vorhanden; ausserdem sind Stempel mit hohlen, nach der Kugel vom Halbmesser  $2d$  ausgehöhlten Endfläche in Benutzung. Zu jedem der Stempel gehört ein Satz von 3 Matrizenringen mit dem oberen Durchmesser

$$d_1 = 1,005 d; 1,050 d \text{ und } 1,100 d.$$

Wählt man also den Durchmesser des Stempels nach der Probendicke aus, so wird man mit den vorhandenen Einrichtungen leicht ein nahezu gleiches Verhältniss  $l/d$  innehalten können, wie es das Gesetz der Aehnlichkeiten verlangt.

## f. Stossfestigkeit.

### 1. Fallversuche, allgemeine Anordnung.

223. Bei den bisher besprochenen Versuchsarten wurde der Versuch immer unter Anwendung einer ruhig und sehr langsam wirkenden Belastung

<sup>1)</sup> Der von Tresca bereits im Jahre 1863 benutzte Apparat hat übrigens ganz ähnliche Einrichtung.