

vor sich geht. Bewegt sich nämlich der Kolben  $k$  nach oben, so veranlaßt der unter demselben in dem Pumpencylinder  $c$  entstehende leere Raum ein Ansaugen der Flüssigkeit aus dem Behälter  $O$  durch den hohlen Kolben  $k$  hindurch, indem das Ventil  $v$  sich öffnet, während bei dem darauf folgenden Niedergange dieses Kolbens das Ventil  $v$  geschlossen und dasjenige  $z$  geöffnet wird, so daß nunmehr eine Verschiebung des Stempels um die Länge  $\frac{d^2}{D^2} l$  erfolgt, wenn  $D$  der Durchmesser des Kolbens  $K$ ,  $d$  derjenige des Plungers  $k$  ist und  $l$  die Hubhöhe des Pumpenkolbens bedeutet. Durch die geeignete Wahl des Durchmesserverhältnisses  $\frac{d}{D}$  hat man es daher in der Gewalt, die erforderliche Drucksteigerung zu erlangen. Die Zurückführung des Kolbens  $K$  nach geschehener Lochung erfolgt durch den Hebel  $H_1$ . Die Ermittlung der Kraftverhältnisse derartiger hydraulischer Maschinen kann in derselben Art wie bei den hydraulischen Pressen und Aufzügen geschehen, in welcher Hinsicht auf Th. III, 2 verwiesen werden muß. Jedenfalls ist der Wirkungsgrad derartiger Maschinen ein größerer, als derjenige von Schrauben- und Kniehebelpressen.

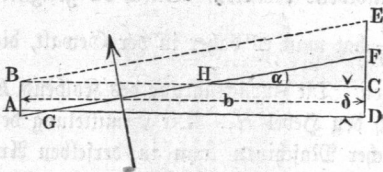
Man wendet Stanzwerke auch an, um gewisse, aus Metall durch Prägung gebildete einfache Gegenstände, z. B. Schlüssel, Gewehrfugeln u. s. w. von dem Grathe zu befreien, welcher sich bei dem Prägen ringsherum da an dem Arbeitsstücke gebildet hat, wo die beiden Prägstempel auf einander treffen. In solchem Falle muß natürlich der Lochstempel einen dem Durchschnitte des betreffenden Gegenstandes übereinstimmenden Querschnitt und in seiner Endfläche eine der Form dieses Gegenstandes entsprechende Höhlung haben, um den oberhalb des besagten Grathes befindlichen Theil des zu beschneidenden Gegenstandes darin aufzunehmen. Der Stempel erhält dadurch an den Rändern scharfe schneidende Kanten. Daß die Verwendung der Stanzwerke eine vielseitige ist, wurde schon oben bemerkt.

**Arbeitswiderstand beim Scheren und Lochen.** Der von dem §. 73. beweglichen Scherblatte zu überwindende Widerstand ist außer von dem Materiale und den Abmessungen des Arbeitsstückes noch von dem Kreuzungswinkel der Scherblätter abhängig. Dagegen wird der Schneidwinkel, d. h. der an den Scherblättern vorhandene Kantwinkel, deshalb eine besondere Berücksichtigung nicht erfordern, weil dieser Winkel doch in allen Fällen von einem rechten nur sehr wenig abweicht. Daß dagegen der Kreuzungswinkel der Scherblätter gegen einander von großer Bedeutung für den Widerstand sein muß, erkennt man aus der Fig. 245 (a. f. S.), welche ein Blech von der Dicke  $CD = \delta$  zeigt, das zwischen die unter einem Winkel  $FGD = \alpha$  gegen einander geneigten Scherblätter gelegt ist. Der

Angriff erfolgt hierbei in dem betreffenden Augenblicke in der Strecke  $GH = \frac{\delta}{\sin \alpha}$ , und die Bewegung, welche dem Scherblatte zum vollständigen

Trennen des Stückes von der Breite  $AD = b$  mindestens ertheilt werden muß, berechnet sich nach der Figur zu  $ED = b \tan \alpha + \delta$ . Es wird daher im Allgemeinen eine Vergrößerung des Winkels  $\alpha$  der Scherblätter mit einer Verkleinerung der Angriffslinie und somit auch des Abscherungs-

Fig. 245.



widerstandes verbunden sein, dagegen fällt andererseits der Weg größer aus, auf welchem dieser Widerstand zu überwinden ist, so daß die aufzuwendende mechanische Arbeit, welche als das Product aus Kraft und Weg anzusehen ist, einen um so größeren Werth

annimmt, je größer der Kreuzungswinkel  $\alpha$  gewählt wird. Dies geht aus der im Folgenden angeführten Tabelle hervor, welche die von Ric gefundenen und an unten angezeigter Stelle<sup>1)</sup> veröffentlichten Versuchsergebnisse enthält. Diese Werthe beziehen sich durchweg auf Blechplatten von 1 mm Dicke, und es ist für die Bestimmung des Arbeitsbedarfs eine Breite von 1 m zu Grunde gelegt.

	Scherwiderstand in kg für Blech von 1 mm Dicke			Arbeitsgröße in mkg bei 1 mm Blechdicke und 1 m Schnittlänge		
	$\alpha = 5\frac{1}{2}^{\circ}$	$\alpha = 9\frac{1}{2}^{\circ}$	$\alpha = 14\frac{1}{2}^{\circ}$	$\alpha = 5\frac{1}{2}^{\circ}$	$\alpha = 9\frac{1}{2}^{\circ}$	$\alpha = 14\frac{1}{2}^{\circ}$
Eisen . . .	100	70	53	9,63	11,69	13,73
Stahl . . .	165	118	100	15,89	19,71	25,9
Kupfer . . .	90	56	41	8,67	9,35	10,52
Messing . .	100	60	43	9,63	10,02	11,14
Zink . . . .	44	29	24	4,24	4,84	6,22
Zinn . . . .	14	9	6	1,35	1,50	1,55

Die Werthe dieser Tabelle können benutzt werden, um mit Hilfe des Ric'schen Gesetzes von den proportionalen Widerständen auch für andere Metallviden den Widerstand zu bestimmen. Nach diesem Gesetze (s. §. 2) sind nämlich die zu übereinstimmender Formänderung geometrisch ähnlicher

<sup>1)</sup> Das Gesetz der proportionalen Widerstände von Friedrich Ric.

Körper erforderlichen Arbeitsgrößen dem Volumen dieser Körper verhältnißmäßig gleich. Setzt man daher zwei ähnliche Arbeitsstücke von den Dicken  $\delta$  und  $\delta_1$  voraus, so gilt für die Arbeiten  $A$  und  $A_1$ , welche bei derselben Schere und gleichem Material zur Trennung erfordert werden, die Beziehung:  $A : A_1 = \delta^3 : \delta_1^3$ . Bezeichnet man ferner mit  $n = \frac{\delta}{\delta_1}$  das

Grundverhältniß der Abmessungen zweier ähnlichen Schienen von den Dicken  $\delta$  und  $n\delta$ , den Breiten  $b$  und  $nb$ , und den Längen  $l$  und  $nl$ , so ist auch

$\frac{A}{A_1} = \frac{1}{n^3}$ . Bedeutet nun  $P$  und bezw.  $P_1$  die auf das Scherblatt ausgeübte

Widerstandskraft, welche auf einem Wege zu überwinden ist, der hinreichend genau gleich  $b \tan \alpha$  und bezw.  $nb \tan \alpha$  gesetzt werden kann, so findet

man aus  $A = P b \tan \alpha$ ;  $A_1 = P_1 nb \tan \alpha$  auch  $\frac{P}{P_1} = n \frac{A}{A_1} = \frac{1}{n^2}$ ,

d. h. man erhält den von *Rick* ausgesprochenen Satz:

Die zum Schneiden von Blech bestimmten Materiales erforderliche Maximalpressung ist bei bestimmtem Scherwinkel proportional dem Quadrate der Blechdicke,

welcher Satz übrigens auch für beliebige Längen der zu schneidenden Bleche Gültigkeit hat, da die Längen einen Einfluß auf den Widerstand des Scherens nicht ausüben. Auch die Breite der zu schneidenden Platte kann auf die Größe des Widerstandes nur von sehr geringem Einflusse sein, da der Angriff des Scherblattes an der Linie  $GH$ , Fig. 245, erfolgt, welche gleich  $\frac{\delta}{\sin \alpha}$  ist, also von der Breite  $b$  gar nicht abhängt. Ein gewisser Einfluß der

Breite wird nur auf den mittleren Scherwiderstand dadurch ausgeübt, daß bei dem Beginne des Scherens der Widerstand von Null bis zu einem größten Werthe  $P$  sich erhebt, entsprechend der Angriffslinie  $GH$ , dann während der größeren Zeit diesen Werth  $P$  beibehält, um gegen Ende des Scherens von diesem Werthe  $P$  wieder bis zu Null herabzusinken. Andererseits ist der ganze von dem Scherblatte durchlaufene Weg aber etwas größer als  $b \tan \alpha$ , nämlich gleich  $ED = b \tan \alpha + \delta$ . Diese beiden Einflüsse werden sich, besonders bei langen Schnitten, nahezu aufheben, wenn man die Maximalkraft  $P$  als während des ganzen Hubes wirkend annimmt und den Weg dieses Druckes nur gleich  $b \tan \alpha$  setzt. Selbstverständlich erhält man hiernach denselben Werth für den Scherwiderstand, wenn dieselbe Blechdicke und gleiches Material, aber verschiedene Breite der Bleche vorausgesetzt wird; dagegegen verhalten sich dann die Arbeiten wie die Breiten oder wie die Querschnitte der geschnittenen Platten. Diese Beziehungen lassen sich allgemein durch die Gleichungen ausdrücken:

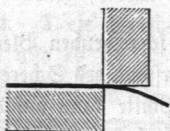
$$1) P : P_1 = \delta^2 : \delta_1^2,$$

$$2) A : A_1 = b \delta^2 : b_1 \delta_1^2,$$

folglich für  $b = b_1$ ;  $A : A_1 = \delta^2 : \delta_1^2 = P : P_1$  und für  $\delta = \delta_1$ ;  $P = P_1$ ;  
 $A : A_1 = b : b_1$ .

Mit Hilfe dieser Gleichungen lassen sich die Widerstände und Arbeitsbeträge auch für beliebig dicke und breite Platten aus den in oben angeführter Tabelle enthaltenen Angaben bestimmen, wobei jedoch ausdrücklich bemerkt werden muß, daß die in den Scheren selbst auftretenden Widerstände immer erheblich größer ausfallen, wegen der schädlichen Nebenhindernisse derselben. Von ganz besonderem Einflusse auf diese Nebenhindernisse ist die schon oben erwähnte eckende Wirkung, welche sich immer einstellen muß, wenn die Widerstandskraft nicht genau in der von dem Kurbelzapfen auf den Schieber ausgeübten Richtung wirksam ist. Die Versuche von Rief zeigten eine ganz erhebliche Steigerung des Widerstandes durch eine excentrische Lage des Bleches, so daß der zu überwindende Widerstand sich unter Umständen auf mehr als das Doppelte des bei centraler Wirkung erforderlichen Druckes erhob. In gleicher Art ist der genaue Anschluß der Scherbacken von der größten Bedeutung für die Größe des Widerstandes; bei den erwähnten Versuchen konnte die Dicke eines Seidenpapiers einen Einfluß von 20 bis 40 Proc. ausüben, ebenso hat die Form des abzuschneidenden Bleches großen Einfluß auf den Widerstand. Wurde z. B.

Fig. 246.



dieses Blech nach Fig. 246 nach abwärts abgebogen, so erhob sich auch bei vollkommen gutem Anschlusse der Scherblätter der Widerstand von 58 auf 90 oder von 27 auf 46 kg.

Beispiel. Wie groß wird der Widerstand sein, welcher beim Abscheren einer Flacheisenschiene von 20 mm Dicke und 120 mm Breite zu überwinden ist, wenn die Scherblätter einen Winkel von 10 Grad mit einander bilden?

Nimmt man hierfür aus der obigen Tabelle die einem Winkel von 9,5 Grad entsprechende Zahl von 70 kg für Eisenblech an, so findet man den größten zum Abscheren nöthigen Druck zu  $P = 70 \cdot 20^2 = 28000$  kg. Der ganze von dem Scherblatte während des Schneidens durchlaufene Weg bestimmt sich zu

$$20 + 120 \cdot \text{tang } 10^\circ = 41,2 \text{ mm.}$$

Setzt man voraus, daß der bestimmte Maximaldruck  $P$  während eines Weges von  $120 \cdot \text{tang } 10^\circ = 21,2$  mm überwunden werden muß, so entspricht dies einer mechanischen Arbeit von  $A = 28000 \cdot 0,0212 = 594$  mkg.

Diese Annahme würde ein genaues Resultat für die Arbeit liefern, wenn man annehmen dürfte, daß eine gleichmäßige Zu- und Abnahme des Widerstandes am Anfange und Ende des Schnittes stattfindet. Unter dieser Voraussetzung hätte man während eines Weges gleich  $\delta$  am Anfange und am Ende einen durchschnittlichen Widerstand gleich  $\frac{P}{2}$  anzunehmen, so daß die gesammte Arbeit zu

$A = 2 \cdot \frac{P}{2} \delta + P (b \tan \alpha - \delta) = P \cdot b \tan \alpha$  folgt. Die gedachte Annahme wird sich von der Wirklichkeit nicht weit entfernen. Der Ausschub des Schiebers wird in diesem Falle mindestens  $20 + 120 \cdot \tan 10^\circ = 41,2$  mm betragen müssen.

Bei dem Lochen hat man stets einen Kreuzungswinkel der Schneiden gleich Null. Auch hierfür giebt Kell die Widerstände für die meist vorkommenden Bleche in der folgenden Zusammenstellung an:

Widerstand des Lochens in kg für 1 mm Blechdicke und 10 mm Schnittlänge				
Eisen	Stahl	Kupfer	Zink	Zinn
200	400	150	120	19

Die hier angeführten Zahlen stellen den Druck vor, welcher zum Scheren dünner Bleche von 1 mm Dicke und 10 mm Breite erforderlich ist, sobald die Scherblätter zu einander parallel angeordnet sind. Bei gleichen Dicken verhalten sich die Widerstände hier einfach wie die Breiten  $b$  und bei gleichen Breiten direct wie die Dicken, wie man aus der oben unter 2) angegebenen Gleichung sogleich erkennt, wenn man einmal  $\delta = \delta_1$  und das andere Mal  $b = b_1$  einsetzt, und berücksichtigt, daß der Weg des Widerstandes hier gleich der Dicke  $\delta$  angenommen werden kann, so lange das Blech nur eine geringe Stärke hat. Dagegen sind diese Werthe nicht unmittelbar verwendbar, sobald es sich um das Lochen dickerer Platten, wie z. B. der Kesselbleche, handelt, da hierbei der Vorgang, wie schon oben hervorgehoben wurde, nicht in einem reinen Abscheren besteht, sondern der Trennung eine gewisse Verdrängung von einzelnen Materialtheilen vorhergeht. Es sind in dieser Hinsicht die von Keller<sup>1)</sup> angestellten Versuche sehr lehrreich, und es möge im Folgenden näher auf die Ergebnisse dieser Versuche eingegangen werden.

**Keller's Versuche.** Bei den erwähnten, von Keller angestellten §. 74. Versuchen wurden schmiedeeiserne Flachstäbe und Kesselblechstücke auf einer kräftigen Schraubenpresse, wie sie zu Materialprüfungen verwendet wird, mit Stempeln von 12, 15, 18 und 20,8 mm Durchmesser gelocht; die Dicken der Versuchsstücke schwanken zwischen 2,7 und 24 mm. Die Versuche wurden derart ausgeführt, daß während des Lochens in hinreichend vielen nahe auf einander folgenden Zeitpunkten nicht nur der von der Schraubenspindel ausgeübte Druck an dem zu dem Ende vorhandenen Belastungshebel abgelesen, sondern jedesmal gleichzeitig die Anzahl der Umdrehungen festgestellt wurde, welche die zum Betriebe der Schraube dienende Vorgelegswelle vollführt hatte, die ihre Umdrehung von einem Otto'schen Gasmotor empfing. Aus dem bekannten Umsehungsverhältniß zwischen dieser Vorgelegswelle und der Schraubenspindel konnte dann der Weg der letzteren ermittelt werden, wobei die durch vorherige Versuche festgestellte, aus den elastischen Formänderungen der Maschinenteile sich ergebende Bewegung entsprechende

<sup>1)</sup> Ztschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1888.