

Die Geschwindigkeit der zum Betriebe von Werkzeugmaschinen dienenden Hauptbetriebswelle kann man passend zu etwa 100 Umdrehungen in der Minute annehmen; bezüglich der den Deckenvorgelegen zu gebenden Umdrehungsgeschwindigkeit giebt Hart die folgende Zusammenstellung an:

Angemessene Umdrehungsgeschwindigkeiten der Deckenvorgelege in der Minute.

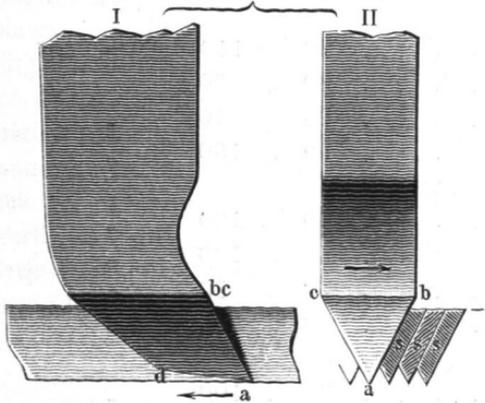
Für kleine Drehbänke . . . . .	80 bis 110 Umdrehungen	
„ große Drehbänke . . . . .	30 „ 60	„
„ Plandrehbänke . . . . .	20 „ 40	„
„ Wandbohrmaschinen . . . . .	100 „ 130	„
„ Vertical-, Radial- und Langloch-		
bohrmaschinen . . . . .	80 „ 100	„
„ Hobel- und Stoßmaschinen . . . . .	80 „ 100	„
„ Shapingmaschinen . . . . .	70 „ 90	„
„ Fräsmaschinen . . . . .	60 „ 80	„
„ Räderfräsmaschinen		
a. Eisen . . . . .	90 „ 100	„
b. Holz . . . . .	200 „ 220	„
„ Schraubenschneidmaschinen . . . . .	80 „ 90	„
„ Holzbearbeitungsmaschinen . . . . .	200 „ 300	„

**Stichel.** Das zum Bearbeiten auf Hobelmaschinen und Drehbänken allgemein angewandte Werkzeug ist der Stichel oder Meißel, der nach seiner Verwendung wohl Drehstichel, Drehmeißel, Hobelstichel, Hobelmeißel genannt wird. Dieses Werkzeug besteht der Hauptsache nach aus einem Stahlstabe, der an einem Ende gehärtet und durch Schleifen mit einer Schneide versehen ist, die sich als die Durchschnittslinie zweier Flächen darstellt. Die Gestalt dieser Schneide hängt hauptsächlich von der jener beiden Flächen ab, die des Schleifens wegen niemals hohl, sondern entweder eben oder convex sein müssen; die eine Fläche, durch deren Nachschleifen das Schärfen des stumpf gewordenen Stichels zu geschehen pflegt, ist fast immer eine Ebene. Eine sehr gebräuchliche Form des Stichels ist durch Fig. 518 (a. f. S.) dargestellt, woraus ersichtlich ist, daß die Schneide durch die beiden Kanten *ab* und *ac* einer dreiseitigen körperlichen Ecke *abcd* gebildet wird, die dadurch entsteht, daß an das nach der Gestalt eines dreiseitigen Prismas geformte Ende des Stichels die Ebene *abc* schräg zur Axe dieses Prismas angeschliffen wird. Von diesen beiden Schneidkanten kommt fast immer nur die eine zur Wirkung, und zwar die linke oder die rechte, je nachdem die Fortrückung des Werkzeuges nach der einen oder anderen Seite erfolgt. Die

§. 148.

in Fig. II. angedeuteten kleinen Trapeze *s* machen die Wirkungsweise des Stichels bei dem Hobeln deutlich, indem diese Trapeze die Querschnitte der nach einander von der Stichelkante *ab* abgelösten Späne darstellen, sobald vorausgesetzt wird, daß der Stichel in der Richtung des Pfeiles nach jedem vollendeten Schnitte um die Entfernung dieser Trapeze versetzt wird. Bei

Fig. 518.



der entgegengesetzten Fortrückung des Stichels kommt natürlich die andere Schneidkante *ac* in entsprechender Art zur Wirkung. Wie die Figur erkennen läßt, wird in dieser Weise an das Arbeitsstück eine Oberfläche gearbeitet, welche viele dicht neben einander liegende parallele Rippen oder Furchen zeigt, sobald die Schneide des Stichels in eine scharfe Ecke *a* ausläuft.

Will man diese Rippenbildung vermeiden, so kann dies durch eine Form der Schneide nach Fig. 519 geschehen, die aus derjenigen in Fig. 518 dadurch entstanden gedacht werden kann, daß man die Kante *ad* des gedachten dreiseitigen Prismas durch einen ebenen Schliß bis zu geringer Breite abgestumpft hat.

Fig. 519.

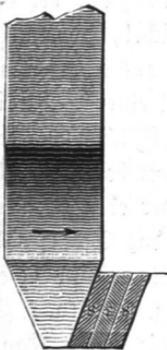
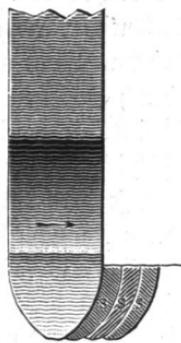


Fig. 520.

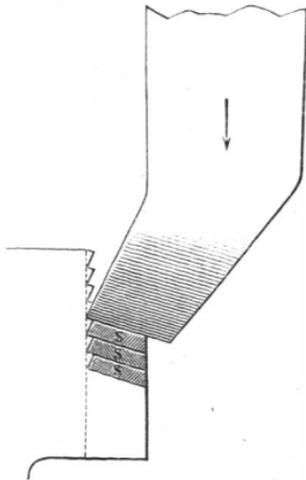


bis zu geringer Breite abgestumpft hat. Vielfach auch pflegt man eine Abrundung dieser Kante vorzunehmen, und auch anstatt des dreiseitigen Prismas eine cylindrische Begrenzung des Stichelendes zu wählen, wodurch man eine entsprechend gekrümmte Schneide, wie in Fig. 520, erhält. Es ergibt sich aus dieser Figur, daß bei einer solchen Form der Schneide die Querschnitte der einzelnen Späne die Gestalt halber Sichel annehmen,

und daß die auf der bearbeiteten Fläche entstehenden Rippen nur sehr geringe Höhen haben. Daß dem Ende des Stichels eine entsprechend geänderte Stellung gegen das Arbeitsstück gegeben werden muß, wenn es sich darum handelt, durch abwärts gerichtete Fortrückung des Stichels senkrechte oder schräge Flächen des Arbeitsstückes herzustellen, wird durch Fig. 521 verdeutlicht.

Ähnliche Bemerkungen gelten auch für das Abdrehen auf der Drehbank. Hierfür ist in Fig. 522 ein Stichel gezeichnet, welcher bei der gleichmäßigen Umdrehung des Arbeitsstückes *A* in der Richtung des Pfeiles

Fig. 521.



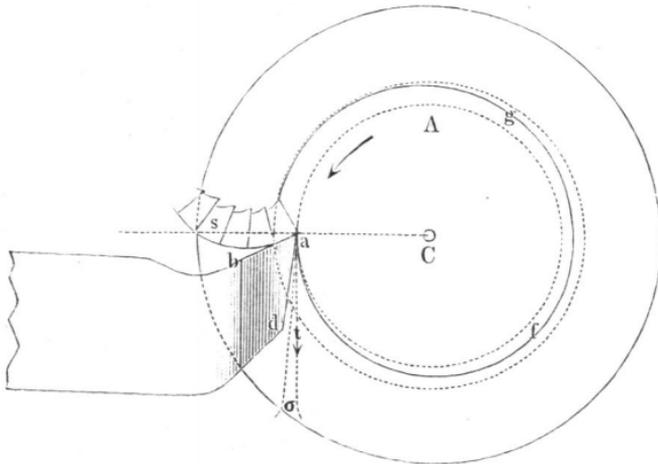
einen Span *s* von einer Dicke ablöst, die gleich der dem Stichel während einer ganzen Umdrehung des Arbeitsstückes ertheilten Fortrückung ist. Wenn, wie in der Figur vorausgesetzt wurde, diese Fortrückung in der radialen Richtung erfolgt, so daß der Stichel eine zur Axe senkrechte Ebene bearbeitet, so ist der Durchschnitt durch das Arbeitsstück an der Stelle der Stichelschneide durch eine archimedische Spirale *afg* begrenzt, deren Richtung in *a* mit der Tangente des daselbst an den um *C* gelegten Kreis einen Winkel  $\sigma$  bildet, der

$$\text{durch die Beziehung gegeben ist } \operatorname{tg} \sigma = \frac{\delta}{2\pi r},$$

vorausgesetzt, daß *r* den Halbmesser *Ca* und  $\delta$  die nach radialer Richtung gemessene Dicke des

abgelösten Spans bedeutet, und unter der fernerer, bei Drehbänken in der Regel erfüllten Bedingung, daß die Fortrückung des Stichels ununterbrochen und mit einer der Drehbewegung stets proportionalen Geschwindigkeit

Fig. 522.



keit erfolgt. Man ersieht hieraus, daß die Kante oder Fläche *ad* des Stichels nicht in die Tangente *at* an den durch *a* gelegten Kreis, in welcher die Arbeitsbewegung des Punktes *a* erfolgt, fallen darf, sondern daß diese Fläche des Stichels um einen gewissen Winkel *dat*, welcher mindestens dem

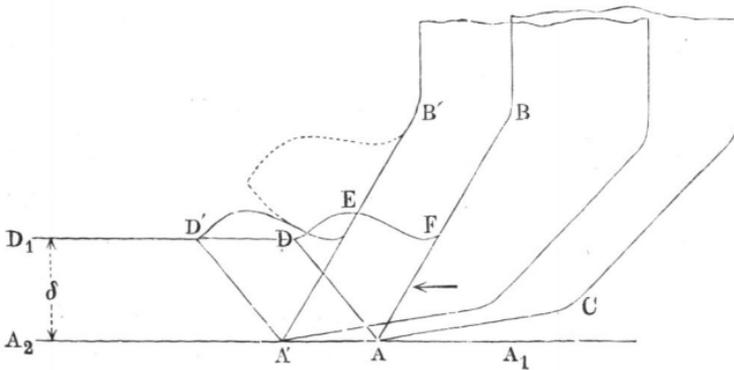
berechneten Werthe von  $\sigma$  gleich zu machen ist, von der Bewegungsrichtung des Arbeitsstückes abweichen muß. Man bezeichnet diesen Winkel  $dat = \gamma$  als den Anstellungswinkel, und pflegt denselben bei den gewöhnlichen Stichelzügen zum Drehen und Hobeln von Metallen etwa 3 bis 4° groß zu machen. Bei den Hobelmaschinen würde zwar eine Abweichung der Stichelbegrenzung von der Bewegungsrichtung des Arbeitsstückes mit Rücksicht auf die Fortrückung des Stichels nicht nöthig sein, da hierbei diese Fortrückung erfolgt, während der Stichel sich ganz außerhalb des Arbeitsstückes befindet, doch pflegt man auch hierbei immer dem Anstellungswinkel eine gewisse Größe zu geben, um die Reibung zu umgehen, welche sonst in Folge einer Berührung der gedachten Rückfläche des Stichels mit der gehobelten Furche eintreten würde. Bei Drehbänken dagegen ist eine Fortrückung des Stichels überhaupt nicht möglich, wenn der Anstellungswinkel nicht mindestens die oben bestimmte Größe  $\sigma$  haben würde, und man erkennt leicht, daß auch bei geringer Dicke  $d$  des Spans dieser Werth ein erheblicher wird, sobald sich die Schneide des Stichels der Drehaxe nähert, was besonders zu beachten ist, wenn es sich um das Abdrehen ebener Scheiben oder kegelförmiger Spitzen handelt.

Der durch den Stichel abgelöste Span zerbröckelt bei spröden Metallen, wie Gußeisen, sogleich bei seiner Bildung in einzelne Stückchen, deren Größe mit der Dicke des Spans zunimmt. Bei zäheren Metallen, wie Schmiedeeisen, Stahl oder Kupfer dagegen erscheinen zwar die Späne in Gestalt zusammenhängender, meist schraubenförmig gewundener Locken von oft sehr bedeutender Länge, doch sind dieselben sehr leicht zerbrechlich, und zerfallen bei einer Biegung in einzelne Bruchstücke. Bei näherer Betrachtung zeigt ein solcher Span auf seiner äußeren Oberfläche eine einigermaßen glatte Beschaffenheit, die wohl als eine Folge der Verschiebung des Spans bei seiner Entstehung auf der glatt geschliffenen Fläche  $ab$  des Stichels anzusehen ist, da hierbei das Spanmaterial mit großem Drucke gegen den Stichel gepreßt wird. Die Innenfläche der Späne dagegen ist immer sehr rauh, und das Material des Spans zeigt sich durchsetzt von vielen radialen Sprüngen, die in sehr gleichmäßigen Abständen auftreten, wie dies in Fig. 522 angedeutet ist. Nach den Flächen dieser Sprünge, in denen der Zusammenhang des Stoffes nahezu aufgehoben ist, erfolgt denn auch die erwähnte Zerbröckelung; die Ränder des Spans erscheinen gleichzeitig oftmals mit kleinen Zacken versehen, die, den einzelnen Elementen entsprechend, häufig die Regelmäßigkeit seiner Perlenkette zeigen.

Diese Eigenthümlichkeiten der Späne, wie man sie bei dem Bearbeiten der meisten Metalle, mit Ausnahme der weichsten, Blei, Zinn &c., beobachten kann, läßt sich in der folgenden Art erklären.

Es sei  $BAC$ , Fig. 523, der zur geradlinig anzunehmenden Schneidkante eines Stichels senkrechte Durchschnitt des letzteren, also der Neigungswinkel des Keils, als welchen man sich die Stichelschneide vorzustellen hat, und es möge sich in  $A$  die zur Zeichnung senkrechte Schneide projiciren. Es werde ferner angenommen, daß dieser Stichel von dem Arbeitsstücke, dessen obere Begrenzung durch die Ebene  $DD_1$  dargestellt sein möge, einen Span von der Dicke  $\delta = D_1 A_2$  abhobeln solle, indem man dem Stichel gegen das Werkstück eine Verschiebung in der Richtung  $A_1 A_2$  ertheilt. In  $CAA_1$  ist sonach der Anstellwinkel vorgestellt. Dabei soll zunächst vorausgesetzt werden, daß die Länge der Schneidkante  $A$  gleich oder größer sei, als die Breite des Arbeitsstückes, indem man sich das letztere vorläufig als eine schmale Schiene denken mag, deren Breite nicht größer ist, als die Schneide  $A$ , so daß bei einer Ablösung des Spans der Zusammenhang nur längs der

Fig. 523.



Grundfläche  $A_1 A_2$  aufzuheben ist. Wenn auch in Wirklichkeit die Verhältnisse, insofern andere sind, als der abzulösende Span außer an dem Grunde auch noch an einer Seite abgetrennt werden muß, so wird es für die folgende Betrachtung behufs Erklärung des Vorganges zulässig sein, die erwähnte einschränkende Voraussetzung zu machen, da anderenfalls die Verhältnisse zu schwierig zu übersehen wären.

Wenn bei der Bewegung des Stichels dessen vordere Fläche  $AB$  mit bestimmtem Drucke gegen das vor ihm befindliche Material wirkt, so wird dasselbe in Folge seiner mehr oder minder großen Dehnbarkeit eine gewisse Verschiebung seiner Theilchen erleiden, derart, daß diese Theilchen nach derjenigen Seite hin ausweichen, nach welcher sie einen Widerstand nicht erfahren, d. h. hier also nach oben. Das Material nimmt daher in Folge der gedachten Einwirkung des Stichels eine Form an, wie sie etwa durch  $ADEF$  angedeutet ist, wobei eine gewisse Biegung nach oben und ein Zusammendrücken, ein sogenanntes Stauchen des Materials eintritt. In

dem Maße, wie dieses Stauchen und damit der Widerstand zunimmt, den das Material einem solchen entgegensetzt, muß auch die von dem Stichel ausgeübte Kraft wachsen, und es wird bei einer gewissen Größe dieser Kraft der Fall eintreten, wo das Material dieser Druckkraft nicht mehr widerstehen kann, und daher nach einer gewissen Richtung abgeschoben wird. Die Untersuchung wird lehren, daß dieses Abschieben nach der Richtung einer Ebene  $AD$  stattfindet. In dem Augenblicke des Abschiebens des Elementes  $ADF$  verschwindet der dem Stichel sich entgegensehende Widerstand fast vollständig, indem alsdann nicht mehr die Cohäsion des Metalles, sondern nur die geringe Reibung zu überwinden ist, die sich der Fortschiebung des von dem Arbeitsstücke abgetrennten kleinen Prismas  $ADF$  längs der Flächen  $AD$  und  $AF$  entgegensetzt. Bei der weiteren Bewegung wiederholt sich der vorher besprochene Vorgang, indem die Vorderfläche des Stichels das stehen gebliebene Material zunächst in  $A$  und dann weiter hinauf zusammendrängt, wobei wiederum die gedachte Stauchung und Aufbiegung stattfinden muß, bis in einer neuen Lage des Stichels, etwa in  $A'B'$ , die ausgeübte Pressung wiederum einen Werth erreicht hat, bei welchem das Material in einer neuen Fläche  $A'D'$  abgeschoben wird. Hieraus erklären sich nicht nur die in den Spänen vorhandenen Sprünge, die den Flächen des Abschiebens  $AD$ ,  $A'D'$  entsprechen, sondern auch die gezackte Oberfläche im Inneren des Spans, sowie dessen Krümmung, welche eine Folge der bei der Aufbiegung der Elemente an deren oberer Fläche eintretenden Verkürzung ist. Es steht mit der Zusammendrückung durch das Stauchen auch in Verbindung, daß die gebildeten Späne erfahrungsmäßig immer kürzer sind, als der Weg des Stichels, eine Verkürzung, die unter Umständen bei sehr nachgiebigem Metall wohl bis zu 40 Proc. betragen kann. Dagegen ist die durchschnittliche Dicke des Spans entsprechend größer als die Tiefe  $\delta$ , um welche der Stichel behufs der Spanbildung vorgestellt wurde.

Man erkennt aus dem Vorangegangenen auch, daß der Stichel keineswegs, wie man auf den ersten Blick geneigt ist, anzunehmen, einem fortgesetzt gleichen Drucke ausgesetzt ist, sondern daß der Druck auf den Stichel in regelmäßiger Wiederholung zwischen dem kleinsten, wenig mehr als Null betragenden Werthe unmittelbar nach dem Abschieben eines Elementes bis zu dem größten Betrage steigt, wie er zum Abschieben eines der besagten kleinen Prismen erfordert wird. In Folge dieses regelmäßig wachsenden Druckes geräth der Stichel in eine zitternde oder schwingende Bewegung, deren Periode genau übereinstimmt mit derjenigen, in der sich die Abschiebung der kleinen Prismen vollzieht. Bei hinreichender Biegsamkeit des Stichels, wie sie vorhanden ist, wenn dieser zwischen der Befestigungsstelle und der Schneide eine große freie Länge hat, und bei dem Abtrennen starker Späne ist diese Erzitterung deutlich an der bearbeiteten Fläche zu erkennen,

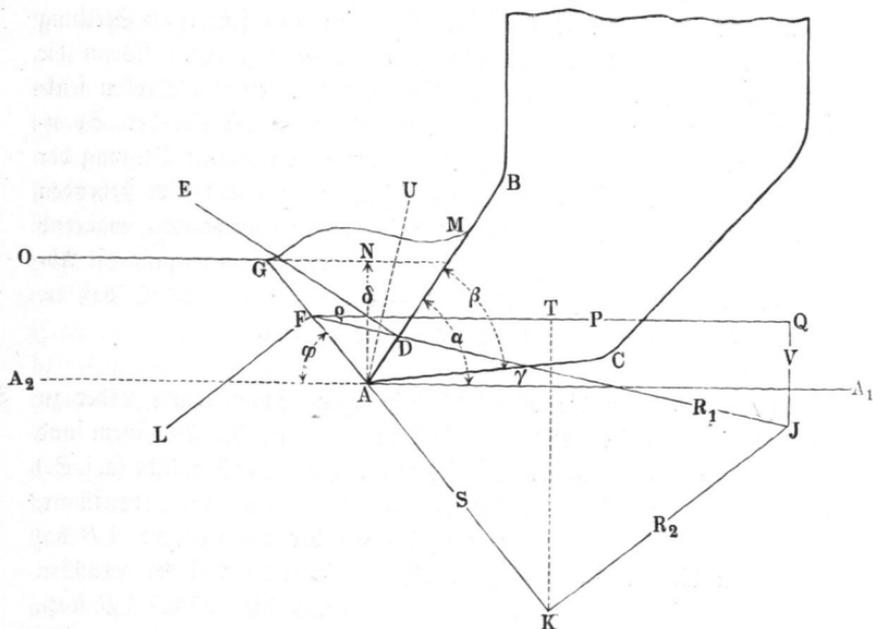
die mit kleinen, den Schwingungen entsprechenden wellenförmigen Erhöhungen und Vertiefungen versehen ist, und es gründet sich hierauf die bei allem Hobeln und Drehen stets befolgte Regel, den Stichel möglichst unnachgiebig und starr zu befestigen, und seine freie Länge auf das thunlich geringste Maß zu beschränken. Man hat oftmals dieses Erzittern des Stichels der Verschiedenheit des Widerstandes zugeschrieben, wie sie aus der stets vorhandenen Ungleichförmigkeit des bearbeiteten Materials entsteht; daß hierin nicht der Grund liegen kann, folgt schon aus der Regelmäßigkeit, mit welcher die Schwingungen des Stichels stattfinden. Eine Vergleichung der besagten kleinen Wellen der bearbeiteten Fläche mit den Elementen des dabei fallenden Spans würde zweifellos auf übereinstimmende Zahlen führen.

Es kann bemerkt werden, daß die schraubenförmige Windung der in Gestalt von Pocken abfallenden Späne ihren Grund in einer schrägen Stellung der Schneide gegen die Richtung der Arbeitsbewegung hat. Wenn die Schneide senkrecht zur Bewegung des Hobelns bzw. bei dem Drehen senkrecht zur Umfangsbewegung des Arbeitsstückes an der Stelle der Spanbildung steht, so wird der Span in Folge der oben erwähnten Biegung der einzelnen Bruchstücke nach der Form eines senkrecht zur Schneide stehenden Kreises bzw. einer ebenen spiralförmigen Curve gewunden, während bei einer schrägen Stellung der Schneide gegen die Arbeitsbewegung die Abweisung des Spans von der Vorderfläche des Stichels so erfolgt, daß die bekannte schraubenförmige Windung der Späne entsteht.

**Fortsetzung.** Um die vorstehend besprochene Spanbildung näher zu untersuchen, und insbesondere den Einfluß zu erkennen, den die Form und Stellung des die Schneide bildenden Keils hierbei hat, sei in Fig. 524 (a. f. S.) der Keilwinkel  $BAC$  mit  $\beta$  und der Anstellwinkel  $CA A_1$  mit  $\gamma$  bezeichnet, so daß  $\alpha = B A A_1 = \beta + \gamma$  die Neigung der Vorderfläche  $AB$  des Stichels gegen die Bewegungsrichtung  $A_1 A_2$  bedeutet. Bei der gedachten Wirkung findet eine Pressung des Materials gegen die Fläche  $AB$  statt, deren Richtung nach den bekannten Gesetzen der gleitenden Reibung gegen die Normale zur Ebene  $AB$  um den zugehörigen Reibungswinkel  $\varrho$  geneigt sein muß. Ist daher  $DE$  das Loth zur Ebene  $AB$  in einem Punkte  $D$ , der als der Mittelpunkt aller von dem Material gegen  $AB$  ausgeübten Kräfte gedacht werden kann, so findet man die gesammte Reaction des Materials gegen die Fläche  $AB$  in einer Geraden  $FD$ , die mit dem Lothe  $ED$  einen Winkel  $FDE = \varrho$  bildet, und mit  $ED$  zusammen in einer zur Schneide  $A$  senkrechten Ebene gelegen ist. Es möge die Größe dieser von dem Material in der Richtung  $FD$  auf die Fläche  $AB$  ausgeübten Reaction oder Pressung mit  $R_1$  bezeichnet werden. Setzt man den Augenblick voraus, in welchem das Material, wie beschrieben, längs einer

gewissen Fläche  $AG$  abgeschoben wird, so wirkt diesem Abschieben ein Widerstand entgegen, welcher nach der Richtung  $GA$  anzunehmen ist, und dessen Größe gleich  $S = b \lambda s$  gesetzt werden muß, wenn  $\lambda = AG$  die Länge der Abschiebungsfläche,  $b$  deren Breite senkrecht zur Ebene der Figur und  $s$  die Scherfestigkeit des Materials für eine Flächeneinheit bedeutet. Auf das abzuschiebende kleine Prisma  $GAM$  wirken daher die beiden Kräfte  $S$  in der Richtung von  $G$  nach  $A$  und eine der Reaction  $R_1$  gleiche und entgegengesetzte Kraft in der Richtung von  $D$  nach  $F$  hin. Diese beiden Kräfte, welche sich in  $F$  schneiden, bedürfen zum Gleichgewichte, das unmittelbar vor dem eintretenden Abschieben stattfindet, einer dritten, ebenfalls

Fig. 524.



durch  $F$  gehenden Kraft, als welche die Reaction oder Pressung  $R_2$  angesehen werden muß, die von dem Arbeitsstück gegen das Prisma  $GAM$  in dessen Auflagerfläche  $AG$  ausgeübt wird. Diese Kraft kann nur senkrecht zu der Fläche  $AG$  angenommen werden, denn in dem vorausgesetzten Augenblicke unmittelbar vor dem Abschieben findet längs der Fläche  $AG$  noch keine gleitende Bewegung statt, und sobald dieselbe eintritt, ist bereits der Zusammenhang des Materials an dieser Trennungsfläche aufgehoben.

Wenn daher in der Figur die Kraft  $R_1$  durch die Strecke  $FJ$  dargestellt ist, so erhält man in der Projection  $FK$  derselben auf die Richtung der Trennungsfläche  $AF$  die Größe des Scherwiderstandes  $S$ , während das

Loth  $KJ$  das Maß der von dem Arbeitsstücke gegen das abzuschiebende Prisma ausgelübten Reaction  $R_2$  vorstellt.

Um nun zu untersuchen, nach welcher von den unendlich vielen durch  $A$  gehenden Ebenen, nach denen ein Abschieben des Materials stattfinden kann, ein solches thatsächlich eintritt, hat man nur festzustellen, in welcher von diesen Ebenen die auf die Flächeneinheit bezogene Anstrengung den größten Werth erreicht, weil die Anstrengung für diese Ebene zuerst den zum Abschieben erforderlichen Betrag  $s$  annehmen muß. Bezeichnet man zu dem Ende den vorläufig noch unbekanntem Winkel  $GA A_2$ , den die Trennungsebene mit der Bewegungsrichtung  $A_1 A_2$  bildet, mit  $\varphi$ , so ergibt sich aus dem Dreieck  $JFK$ , dessen Winkel bei  $J$ , wie leicht zu ersehen ist, gleich  $180^\circ - (\alpha + \varrho + \varphi)$  ist, die Beziehung:

$$S = R_1 \sin(\alpha + \varrho + \varphi).$$

Bezeichnet ferner  $\delta$  die Dicke  $AN$  des abzulösenden Spans senkrecht zur Bewegungsrichtung, so hat man  $AG = \lambda = \frac{\delta}{\sin \varphi}$ , und daher die Größe der Trennungsfläche von der Breite  $b$  gleich  $\frac{b \delta}{\sin \varphi} = F$ . Es ergibt sich folglich allgemein die Anstrengung in dieser Fläche  $AG$  für jede Flächeneinheit zu  $\sigma = \frac{S}{F} = \frac{R_1 \sin(\alpha + \varrho + \varphi) \sin \varphi}{b \delta}$ .

Um denjenigen Werth von  $\varphi$  zu finden, für welchen diese Spannung zu einem Größten wird, bildet man  $\frac{\partial \sigma}{\partial \varphi} = 0$ , also:

$$\sin(\alpha + \varrho + \varphi) \cos \varphi + \cos(\alpha + \varrho + \varphi) \sin \varphi = 0,$$

oder

$$\operatorname{tg}(\alpha + \varrho + \varphi) = -\operatorname{tg} \varphi.$$

Hieraus ergibt sich

$$\alpha + \varrho + \varphi = 180^\circ - \varphi, \text{ oder } \varphi = \frac{180 - (\alpha + \varrho)}{2}$$

für diejenige Ebene, längs welcher das Abschieben stattfinden muß. Man findet daher die Gleitfläche, wenn man den Reibungswinkel  $\varrho = BAU$  anträgt, und den Winkel  $UA A_2 = 180 - (\alpha + \varrho)$  durch  $AG$  halbt.

Mit diesem Werthe von  $\varphi$  erhält man

$$\begin{aligned} S &= \frac{sb \delta}{\sin \varphi} = \frac{sb \delta}{\cos \frac{\alpha + \varrho}{2}} = R_1 \sin \left( \alpha + \varrho + 90^\circ - \frac{\alpha + \varrho}{2} \right) \\ &= R_1 \cos \frac{\alpha + \varrho}{2}, \end{aligned}$$

oder für bestimmte Werthe von  $s$ ,  $b$ ,  $\delta$  und  $\varrho$  die Größe der von dem Stichel nach der Richtung  $J D$  auszuübenden Pressung:

$$R_1 = \frac{s b \delta}{\cos^2 \frac{\alpha + \varrho}{2}}.$$

Da die Bewegung des Stichels durch eine nach der Richtung  $A_1 A_2$  wirkende Kraft  $P$  ausgeübt wird, so bestimmt sich diese bei rechtwinkliger Zerlegung von  $J F$  zu

$$\begin{aligned} P = Q F = R_1 \sin(\alpha + \varrho) &= \frac{s b \delta \ 2 \sin \frac{\alpha + \varrho}{2} \cos \frac{\alpha + \varrho}{2}}{\cos^2 \frac{\alpha + \varrho}{2}} \\ &= s b \delta \ 2 \operatorname{tg} \frac{\alpha + \varrho}{2}, \end{aligned}$$

während die zu  $Q F$  senkrechtliche Seitenkraft  $J Q$  durch

$$V = J Q = R_1 \cos(\alpha + \varrho) = s b \delta \frac{\cos(\alpha + \varrho)}{\cos^2 \frac{\alpha + \varrho}{2}}$$

ausgedrückt wird. Diese letztere Seitenkraft ist nach der Figur gleich der Differenz der beiden nach derselben Richtung genommenen Componenten von  $F K = S$  und  $K J = R_2$ .

Um auch die Arbeit  $A$  zu bestimmen, die von dem Stichel verrichtet werden muß, um einen Span von den vorausgesetzten Verhältnissen auf eine Länge gleich  $l$  abzutrennen, hätte man  $A = P l$  zu setzen, wenn die Kraft  $P$  fortwährend in der oben berechneten Größe ausgeübt werden müßte; nach den vorangegangenen Bemerkungen ist dies aber nicht der Fall. Danach ist die aufzuwendende Kraft vielmehr regelmäßigen Veränderungen zwischen dem Anfangswerthe, der nur wenig größer als Null ist, und dem oben berechneten größten Werthe  $P$  unterworfen. Man wird daher die auszuübende Arbeit zu

$$A = \nu P l = \nu s b \delta l \ 2 \operatorname{tg} \frac{\alpha + \varrho}{2}$$

annehmen können, wenn unter  $\nu$  ein Bruch, kleiner als Eins, verstanden wird. Dieser Werth  $\nu$  würde gleich 0,5 zu setzen sein, wenn der Anfangswerth der Kraft  $P$  gleich Null wäre, und seine Steigerung zu dem größten Werthe im geraden Verhältnisse mit dem zurückgelegten Wege des Stichels stattfände. Man wird den Werth von  $\nu$  vielleicht zwischen 0,6 und 0,7 annehmen können.

Aus der oben für den Winkel  $\varphi$  gefundenen Formel

$$\varphi = \frac{180^\circ - (\alpha + \rho)}{2}$$

ergibt sich das bemerkenswerthe Resultat, daß die Neigung der Ebene  $AG$ , nach der die Trennung des Materials erfolgt, unabhängig von der Dicke und Breite des Spans sowohl, wie auch von der Beschaffenheit des Materials ist, und daß diese Neigung außer von der Größe der Reibung an der Vorderfläche des Stichels nur abhängt von dem Winkel  $\alpha$ , unter welchem diese Fläche gegen die Bewegungsrichtung geneigt ist. Der Keilwinkel  $\beta$  der Schneide sowohl wie der Anstellungswinkel  $\gamma$  sind an sich ohne Einfluß, die Lage von  $AG$  hängt nur von der Summe dieser beiden Winkel ab. Es findet hier also ein wesentlicher Unterschied zwischen der Wirkung des Hobelns oder Drehens und dem Vorgange bei dem eigentlichen Schneiden durch Messer statt, bei welchem letzteren nach §. 54 der Keilwinkel eine wesentliche Rolle spielt.

Nennt man den Winkel  $BAG$  des abgeschobenen Prismas an der Schneide den Wirkungswinkel, und bezeichnet ihn mit  $w$ , so hat man für denselben:

$$w = 180^\circ - \alpha - \varphi = \frac{180 - (\alpha - \rho)}{2},$$

woraus man erkennt, daß dieser Winkel um so größer ausfällt, je kleiner der Schneidwinkel  $\alpha$  gewählt wird. Dies stimmt auch mit den von Thime<sup>1)</sup> angegebenen Versuchen überein, und es wird an der unten angezeigten Stelle dieses Verhalten dadurch erklärt, daß der Wirkungswinkel um so größer werden müsse, je größer die von der Stichelfläche ausgeübte Normalkraft ist, die mit abnehmender Neigung  $\alpha$  derselben zunimmt.

Ferner erkennt man aus der für die Kraft  $P$  gefundenen Formel

$$P = s b \delta 2 \operatorname{tg} \frac{\alpha + \rho}{2},$$

daß diese Kraft und damit auch die zum Abtrennen einer gewissen Materialmenge  $b \delta l$  erforderliche Arbeit unter sonst gleichen Umständen, d. h. bei Bearbeitung desselben Materials, im geraden Verhältniß mit dem Werthe von  $\operatorname{tg} \frac{\alpha + \rho}{2}$  steht, also mit dem Winkel  $\alpha$  abnimmt. Die hier folgende

Tabelle gibt eine Zusammenstellung der nach den vorstehenden Formeln berechneten Werthe von  $\varphi$ ,  $w$  und  $P$  für eine Reihe von Winkeln  $\alpha$  zwischen  $30$  und  $120^\circ$ , aus welcher man die Zunahme der Kraft  $P$  mit wachsender

<sup>1)</sup> Thime, Sur le rabotage de métaux, St. Petersburg 1877. v. Hoyer, Lehrb. d. vergl. mechan. Technologie, Bd. 1, 1888.

Neigung  $\alpha$  des Stichels gegen die Bewegungsrichtung erkennt. Es ist hierbei eine Größe des Reibungswinkels von  $\varrho = 14^\circ$  vorausgesetzt, entsprechend einem Reibungscoefficienten von etwa 0,25.

$$\varrho = \text{arctg } 14^\circ = 0,25.$$

$\alpha =$	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°	120°
$\varphi = \frac{180 - (\alpha + \varrho)}{2}$	68°	63°	58°	53°	48°	43°	38°	23°
$w = \frac{180 - (\alpha - \varrho)}{2}$	82°	77°	72°	67°	62°	57°	52°	37°
$P = s b d 2 \text{tg } \frac{\alpha + \varrho}{2}$								
$\text{tg } \frac{\alpha + \varrho}{2} =$	0,404	0,509	0,625	0,754	0,839	1,072	1,082	2,356

Wenn auch die hier ermittelten Formeln und Werthe aus verschiedenen, weiter unten näher angegebenen Gründen nur als Annäherungen betrachtet werden können, so sind sie doch geeignet, von der eigentlichen Wirkungsart bei der Abtrennung der Späne und von dem Einfluß der einzelnen Größen ein ungefähres Bild zu geben.

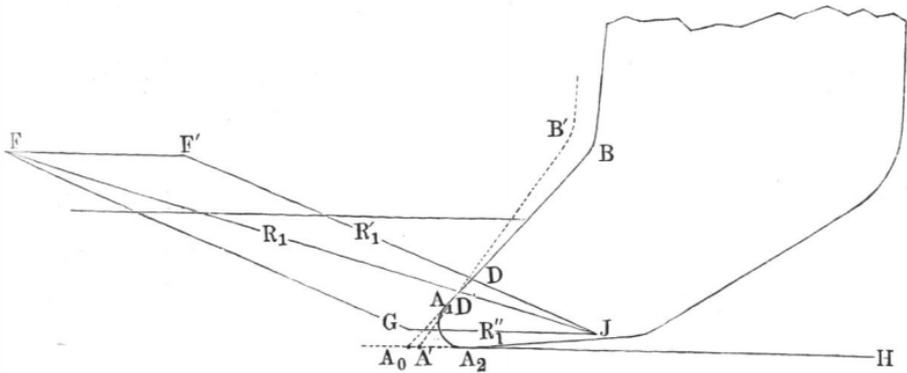
Die Gründe, weswegen die vorstehende Ermittlung nur als Annäherung betrachtet werden kann, sind der Hauptsache nach die folgenden: Zunächst wird bei der wirklichen Arbeit des Stichels der Span nicht nur, wie hier der Einfachheit wegen angenommen werden mußte, an der Fläche  $A_1 A_2$  abgetrennt, sondern es muß auch ein Ablösen des Spans an seiner schmalen Seite stattfinden, wie aus einer Betrachtung der Figur 518 ersichtlich ist. Diese Seitenfläche hat zwar immer nur eine geringe Größe, da man im Allgemeinen die Dicke der Späne im Vergleich mit ihrer Breite nur klein wählt, doch wird zum Abreißen des Spans an seiner schmalen Kante immerhin eine gewisse Kraft erforderlich sein, die in der vorstehenden Ermittlung unberücksichtigt geblieben ist.

Ferner wird die Ablösung des Spans nicht, wie hier angenommen wurde, in einer reinen Scherwirkung bestehen; es wird vielmehr in Folge der aufbiegenden Wirkung, die von der Vorderfläche des Stichels vor der Abtrennung des betreffenden Prismas auf dasselbe ausgeübt wird, in demselben auch eine gewisse Biegungsspannung hervorgerufen werden, in Folge deren die Abtrennung bis zu gewissem Grade einem Abreißen entspricht. Diese Wirkung, welche sich bei der Arbeit des gewöhnlichen Handhobels der Tischler, besonders bei schrägem Fasernlaufe des Holzes, durch ein Ausreißen einzelner

Fasern zuweilen zu erkennen giebt, wird indessen bei Metallen nur einen geringen Einfluß ausüben; die Erfahrung wenigstens zeigt, daß eine Neigung zum Ausreißen einzelner Metalltheile unter regelrechten Verhältnissen nicht vorhanden ist.

Endlich ist im Vorhergehenden immer angenommen worden, daß der Stichel vollkommen scharf sei, d. h. daß die Schneide wirklich eine geometrische Linie ohne Ausdehnung quer zu ihr sei, eine Voraussetzung, die natürlich auch bei der sorgfältigsten Schärfung niemals erfüllt ist, und die um so weniger vorausgesetzt werden kann, je mehr sich der Stichel während des Gebrauches abgestumpft hat. Es wird der Wirklichkeit daher immer mehr entsprechen, anzunehmen, daß die Schneide des Stichels durch eine gewisse Fläche etwa von cylindrischer Gestalt <sup>1)</sup> nach Fig. 525 dargestellt ist, und die mehr oder minder gute Schärfung kann nur den Zweck haben, die Breite  $A_1 A_2$  dieser Fläche, d. h. also den Durchmesser der cylindrischen

Fig. 525.



Schneidenbegrenzung zu verkleinern. Man kann den Einfluß einer solchen mehr oder minder starken Abrundung der Schneide etwa in folgender Weise berücksichtigen. Man kann sich vorstellen, daß die Reaction des Materials gegen die cylindrische Fläche der abgestumpften Schneide durch eine Kraft  $R_1'' = GJ$  dargestellt sei, die parallel zu der Bewegungsrichtung des Stichels angenommen wird. Denkt man dann ferner die Hauptreaction  $R_1'$  wieder wie oben in einem Punkte  $D$  angreifend und gegen die Normale zur Fläche  $A_1 B$  unter dem Reibungswinkel  $\varrho$  geneigt, so kann man diese etwa durch  $F' J$  dargestellte Kraft  $R_1'$  mit derjenigen  $R_1''$  zu einer Mittelkraft zusammensetzen, die man durch das Parallelogramm der Kräfte in  $FJ = R_1$  erhält. Es ist hierzu allerdings nöthig, für das gegenseitige Verhältniß der beiden Theilreactionen  $R_1'$  und  $R_1''$  eine gewisse Annahme zu machen, die von der mehr oder minder guten Schärfung, sowie von der mehr oder minder großen

<sup>1)</sup> Hermann Fischer, Allg. Grundsätze des mechan. Aufbereitens, S. 372.

Dicke des Spans abhängig sein wird. Jedenfalls erkennt man aus dieser Betrachtung, daß in Folge der an der Schneide vorhandenen Abstumpfung die Wirkung des Stichels, dessen vordere Fläche unter dem Winkel  $BA_0H$  gegen die Bewegungsrichtung geneigt ist, wie diejenige eines vollkommen scharfen Stichels zu betrachten sein wird, dessen Neigung eine entsprechend größere ist, wie sie sich in der Figur durch den Winkel  $B'A'H$  darstellt.

Nach den oben für die Größe der Kraft  $P$  und der zur Bewegung des Stichels erforderlichen Arbeit gefundenen Formeln hätte man, um diese Kraft und diese Arbeit möglichst klein zu erhalten, den Neigungswinkel  $\alpha$  der Brustfläche des Stichels gegen die Bewegungsrichtung so klein wie möglich zu machen. Die Verkleinerung dieser Neigung  $\alpha$  findet ihre natürliche Grenze dadurch, daß der Stichel nicht nur widerstandsfähig genug sein muß, um unter der auf ihn wirkenden Reaction  $R_1$  des abzutrennenden Materials nicht zu zerbrechen, es muß auch die durch diesen Druck erzeugte Biegung des Stichels nur gering sein, weil sonst ein tieferes Eindringen der Schneide in das Arbeitsstück zu befürchten ist, so daß der Stichel sich fängt, womit in der Regel ein Abbrechen der Schneide verbunden ist. Aus diesen Gründen wird die Wahl der zweckmäßigsten Schneidwinkel nur mit Rücksicht auf praktische Erfahrungen getroffen werden können. Aus zahlreichen Versuchen, welche der Marineingenieur Zöffel<sup>1)</sup> zu Indret anstellte, ergaben sich die in der folgenden Zusammenstellung enthaltenen Werthe für die vortheilhaftesten Anstellungs- und Keilwinkel der Stichel zur Bearbeitung von Schmiedeeisen und Gußeisen. Die gleichfalls angegebenen Verhältniszahlen für die zugehörigen Betriebskräfte wurden ebenfalls durch Versuche ermittelt.

T a b e l l e  
der Kantewinkel und Anstellungswinkel der Stichel.

Schmiedeeisen	Kantewinkel $\beta$ . . . . .	45°	48°	51°	54°	57°
	Anstellungswinkel $\gamma$ . . . . .	—	6°	3°	0	—
	Verhältniszahlen der Betriebskräfte	—	0,41	0,33	0,44	—
Gußeisen	Kantewinkel $\beta$ . . . . .	45°	48°	51°	54°	57°
	Anstellungswinkel $\gamma$ . . . . .	—	7°	4°	1°	—
	Verhältniszahlen der Betriebskräfte	—	0,285	0,28	0,285	—

Hiernach ist die Summe der Winkel  $\beta + \gamma = \alpha$  constant zu 54 für Schmiedeeisen und zu 55 für Gußeisen anzunehmen. Für Bronze scheinen sich als günstigste Werthe  $\beta = 66^\circ$  und  $\gamma = 3^\circ$  zu ergeben.

<sup>1)</sup> Bulletin de la soc. d'Encouragement, 1864, p. 595. Hieraus im Polyt. Centralblatt 1865, S. 353.

Für die bei den verschiedenen Maschinen zweckmäßig anzuwendenden Werthe jener Winkel giebt Böffel die nachstehende Tabelle und führt in Bezug auf die Ausführung der Stichel folgende Bedingungen an:

## T a b e l l e

der Kantenwinkel und Anstellungswinkel der Stichel für die gebräuchlichsten Werkzeugmaschinen.

Material	Bezeichnung der Maschinen	Kanten- winkel $\beta$	An- stellungswinkel $\gamma$
Schmiedeeisen und Gußeisen	Drehbänke	51°	4°
	Cylinderbohrmaschinen		
	Hobelmaschinen	66°	3°
	Shapingmaschinen (Bestoßmaschinen) Stoßmaschinen . . . . .		
Bronze	Drehbänke	66°	3°
	Cylinderbohrmaschinen		
	Hobelmaschinen	76°	3°
	Shapingmaschinen (Bestoßmaschinen) Stoßmaschinen . . . . .		

Das Werkzeug soll sich in wenig, etwa zwei oder drei Hizen und ohne das für die Beschaffenheit des Stahls nachtheilige Stauchen schmieden lassen. Die Schneide soll frei liegen und nicht zu lang sein, etwa gleich der anderthalb- bis zweifachen Spanbreite, um ein bequemes Schärfen zu gestatten. Die Querschnitte des Stichels sollen mit Rücksicht auf die Biegung bemessen werden, welcher der Stichel durch den Widerstand des Materials ausgesetzt ist. Zur leichten Ablösung des Spans soll man die Schneidkante gegen die Bewegungsrichtung etwas schräg stellen, auch soll bei Maschinen mit abwechselnd hin- und hergehender Bewegung die Schneide so gestellt werden, daß dieselbe nicht plötzlich in ihrer ganzen Länge, sondern allmählich zur Wirkung kommt, um Stöße und Brüche zu vermeiden. Besonders ist darauf zu achten, daß durch die Biegung, welche der Stichel während der Arbeit erleidet, die Schneide nicht in das Arbeitsstück einzubringen veranlaßt wird, sondern aus dem Material her auszutreten strebt.

Die Gestalt, welche man den Stichel zu geben hat, richtet sich im Uebrigen natürlich nach den Zwecken, denen sie zu dienen haben, vornehmlich nach der Form der von ihnen herzustellen den Arbeitsflächen; es mögen im Folgen-

Fig. 526.

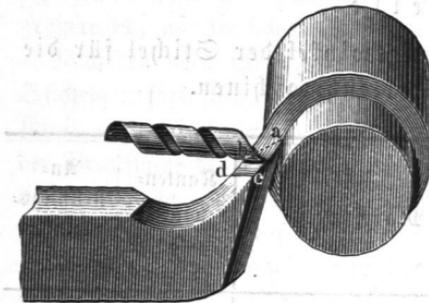


Fig. 527.

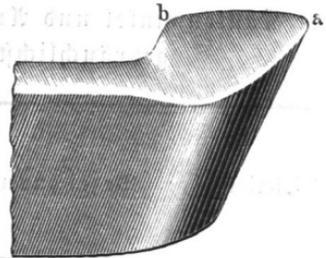
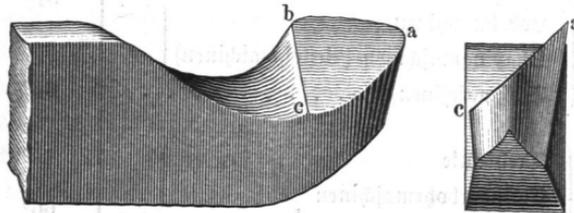


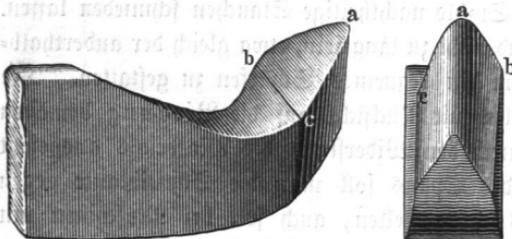
Fig. 528.



den einige der hauptsächlich zur Verwendung kommenden Stichel angeführt werden.

Für leichte Arbeiten schleift man die Stichel nach Fig. 526<sup>1)</sup> so an, daß die vordere Fläche oder Kappe *abcd* senkrecht zu der Mittelebene steht, wodurch

Fig. 529.



man zwei symmetrische Kanten *ab* und *ac* erhält, von denen die eine oder andere zum Angriffe kommt, je nachdem die Fortrückung nach rechts oder links erfolgt.

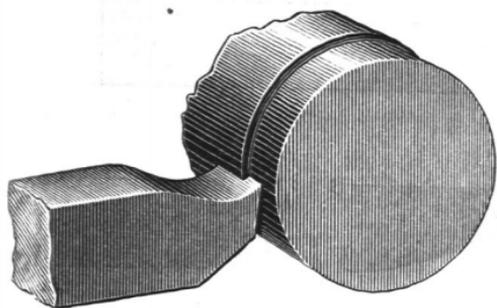
Für größere Arbeiten und zum Abtrennen stärkerer Späne pflegt man durch Neigung der Kappe gegen die Mittelebene eine einseitig liegende Schneide zu erzeugen, wie durch die Fig. 527 bis 529 zur Anschauung

<sup>1)</sup> Die Fig. 526 bis 534 und 536 sind dem Werke von Joshua Rose, Modern Machine Shop Practice, London, entnommen.

gebracht ist. In allen diesen Figuren ist die zur Wirkung kommende Schneidkante mit *ab* bezeichnet.

In welcher Art ein zum Schlichten dienender Stichel auszuführen ist, wird durch Fig. 530 erläutert. Wenn es sich darum handelt, die Ecken

Fig. 530.



zwischen zwei zusammenstoßenden Flächen zu bearbeiten, so muß der Schneide des Stichels eine entsprechende einseitige Lage gegeben werden, wie es durch die Figuren 531 bis 533 verdeutlicht wird. Selbstverständlich sind derartige Stichel ebenso wie die in Fig. 527 bis 529 dargestellten als rechte und linke auszuführen.

In Fig. 534 ist noch ein Stichel gezeichnet, wie er passend für Bronze Anwendung findet; die obere Fläche des Stichels steht hier ungefähr

Fig. 531.

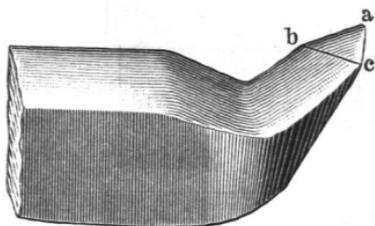
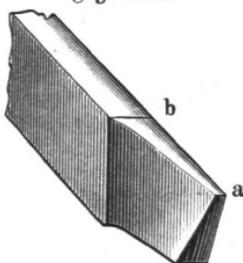


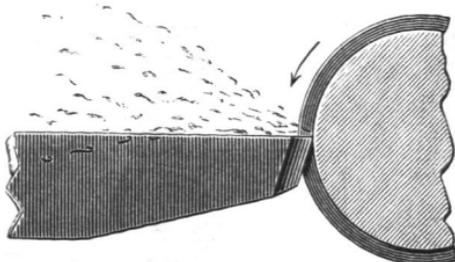
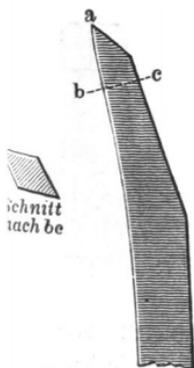
Fig. 532.



rechtwinkelig zu der Bewegungsrichtung des zu bearbeitenden Materials, dessen Späne in kleinen Bruchstücken abfliegen. Eine geringere Neigung des

Fig. 533.

Fig. 534.



Stichels, wie sie für Eisen verwendet werden kann, würde bei Bronze zu einem Einreißen des Materials führen. Eine derartig große Neigung giebt man auch wohl dem Stichel bei der Verarbeitung von Eisen, wenn es sich um die Abtrennung sehr feiner Späne behufs Vollendung der Arbeitsfläche durch eine mehr schabende Wirkung handelt.

Um bei der Herstellung der Stichel möglichst an Material zu sparen, bedient man sich vielfach besonderer Meißelhalter, die so vorgerichtet sind, daß darin ein Stäbchen Stahl von dreieckigem oder auch wohl rundem

Fig. 535.

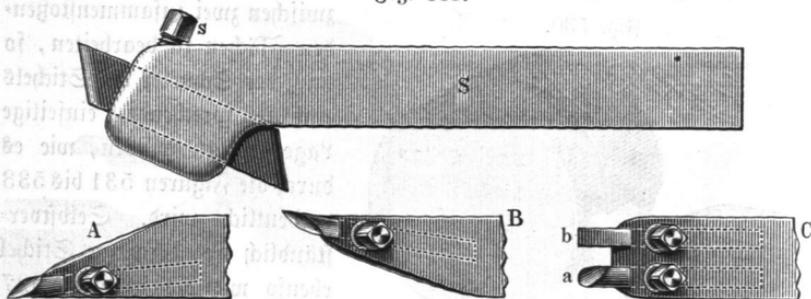
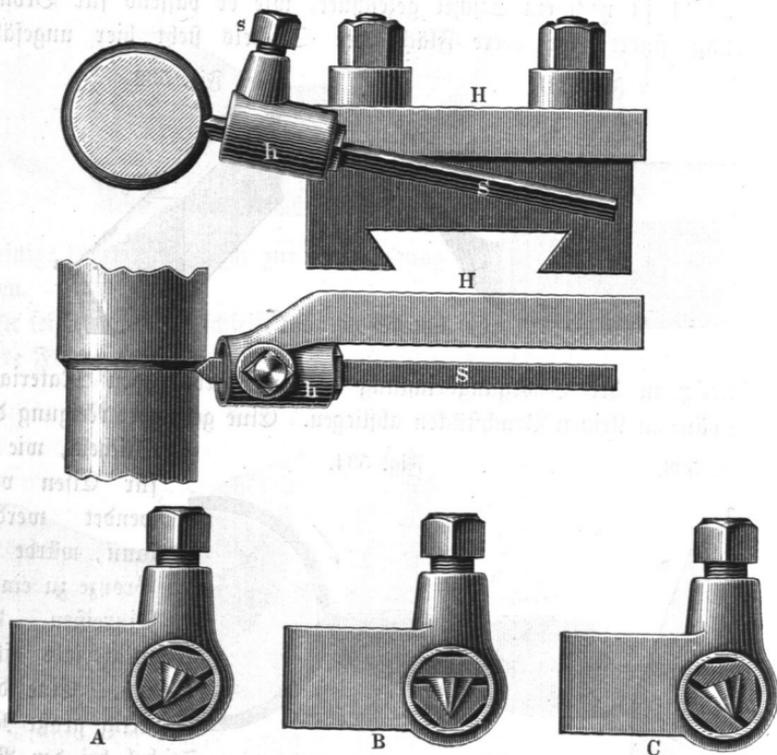


Fig. 536.

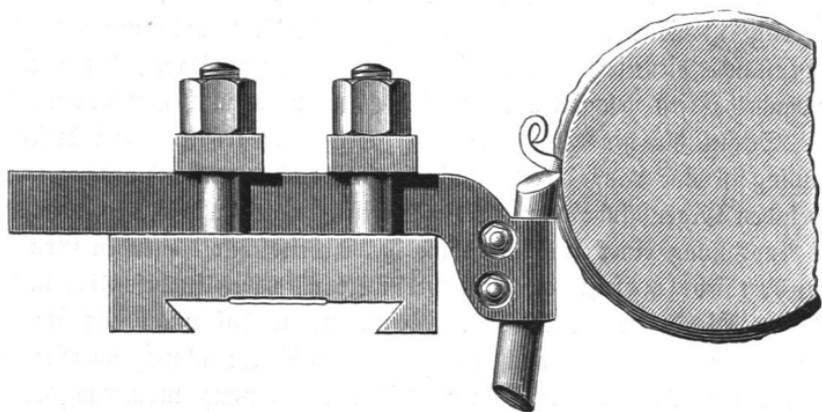


Querschnitte durch Schrauben oder Keile in der geeigneten Neigung gegen das Arbeitsstück befestigt werden kann, so daß durch einfaches Anschleifen der Endfläche die gewünschte Schneide erzeugt wird. In Fig. 535

ist ein solcher Meißelhalter dargestellt, welcher im wesentlichen aus dem schmiedeeisernen Stab *S* besteht, der am vorderen Ende mit einer oder auch wohl mit mehreren schrägen Durchbrechungen versehen ist, die zur Aufnahme kurzer Stahlmesser dienen, deren Befestigung durch Schrauben *s* geschieht. In *A* ist ein rechter, in *B* ein linker Seitenstichel angegeben, während *C* die Anordnung von zwei hinter einander zur Wirkung kommenden Stichel zeigt, von denen *a* zum Arbeiten aus dem Rohen, Schrappen, und *b* zum Vollenden der Fläche, Schlichten, gebraucht wird.

Ein Meißelhalter von abweichender Beschaffenheit ist in Fig. 536 gezeichnet. Der dreikantige Stahlstab *S* wird hierbei mittelst der Druck-

Fig. 537.



schraube *s* in der Hülse *h* des eisernen Halters *H* festgestellt, und zwar kann der Stichel *S* in verschiedener Stellung eingesetzt werden, wie durch *A*, *B* und *C* dargestellt ist, so daß die Stellung in *C* bei der Bewegung nach rechts und die Stellung in *A* bei der Fortrückung nach links angewandt wird, während man die mittlere Stellung *B* für die Bearbeitung von Bronze gebrauchen kann. Die Möglichkeit, den Stichel in diesen verschiedenen Lagen festzustellen, ist dadurch erreicht, daß der Stichel innerhalb der Büchse *h* durch zwei Backen von geeigneter Form umfassen wird.

Der in Fig. 537 dargestellte Halter, welcher die Verwendung von Rundstahl ermöglicht, dürfte hiernach von selbst deutlich sein.

**Hobelmaschinen.** Alle Hobelmaschinen für Metalle, von denen hier §. 150 allein gehandelt werden soll, haben die geradlinig hin- und hergehende Arbeitsbewegung oder Verschiebung des Stichels gegen das Arbeitsstück gemeinsam, und sie unterscheiden sich von einander wesentlich dadurch, daß bei einzelnen diese Bewegung dem Arbeitsstücke, bei anderen dem Stichel mitgetheilt wird. Bei allen Maschinen zur Bearbeitung von Gegenständen mittlerer Länge