

**WERKSTATTBÜCHER**

**HERAUSGEBER EVGEN SIMON**

**HEFT 15**

**J. DINNEBIER**

**BOHREN**



**Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH**

## Zur Einführung.

Die Werkstattbücher werden das Gesamtgebiet der Werkstattstechnik in kurzen selbständigen Einzeldarstellungen behandeln; anerkannte Fachleute und tüchtige Praktiker bieten hier das Beste aus ihrem Arbeitsfeld, um ihre Fachgenossen schnell und gründlich in die Betriebspraxis einzuführen.

So unentbehrlich für den Betrieb eine gute Organisation ist, so können die höchsten Leistungen doch nur erzielt werden, wenn möglichst viele im Betrieb auch geistig mitarbeiten und die Begabten ihre schöpferische Kraft nutzen. Um ein solches Zusammenarbeiten zu fördern, wendet diese Sammlung sich an alle in der Werkstatt Tätigen, vom vorwärtsstrebenden Arbeiter bis zum Ingenieur.

Die „Werkstattbücher“ werden wissenschaftlich und betriebstechnisch auf der Höhe stehen, dabei aber im besten Sinne gemeinverständlich sein und keine andere technische Schulung voraussetzen als die des praktischen Betriebs.

Indem die Sammlung so den Einzelnen zu fördern sucht, wird sie dem Betrieb als Ganzem nutzen und damit auch der deutschen technischen Arbeit im Wettbewerb der Völker.

### Bisher sind erschienen:

- |  |  |
|--|--|
| Heft 1: Gewindeschneiden. 7.—12. Tausd.<br>Von Obering. O. Müller.   | Heft 9: Rezepte für die Werkstatt.<br>7.—10. Tausend.<br>Von Chemiker Hugo Krause.   |
| Heft 2: Meßtechnik. Zweite, verbesserte<br>Auflage. (7.—14. Tausend.)<br>Von Professor Dr. techn. M. Kurrein.                                  | Heft 10: Kupolofenbetrieb.<br>Von Gießereidir. C. Irresberger.   |
| Heft 3: Das Anreißen in Maschinenbau-<br>werkstätten. 7.—12. Tausend.<br>Von Ing. H. Frangenheim.  | Heft 11: Freiformschmiede.<br>1. Teil: Technologie des Schmiedens. —<br>Rohstoffe der Schmiede.<br>Von Direktor P. H. Schweißguth. |
| Heft 4: Wechslräderberechnung für<br>Drehbänke. 7.—12. Tausend.<br>Von Betriebsdirektor G. Knappe.   | Heft 12: Freiformschmiede.<br>2. Teil: Einrichtungen und Werkzeuge<br>der Schmiede.<br>Von Direktor P. H. Schweißguth.             |
| Heft 5: Das Schleifen der Metalle.<br>Von Dr.-Ing. B. Buxbaum.   | Heft 13: Die neueren Schweißverfahren.<br>Von Prof. Dr.-Ing. P. Schimpke.  |
| Heft 6: Teilkopfarbeiten.<br>Von Dr.-Ing. W. Pockrandt.  | Heft 14: Modelltischlerei.<br>1. Teil: Allgemeines. Einfachere<br>Modelle.<br>Von R. Löwer.  |
| Heft 7: Härten und Vergüten.<br>1. Teil: Stahl und sein Verhalten.<br>Zweite, verbess. Auflage. (7.—14. Taus.)<br>Von Dipl.-Ing. Eugen Simon.  | Heft 15: Bohren.<br>Von J. Dinnebier.  |
| Heft 8: Härten und Vergüten.<br>2. Teil: Praxis der Warmbehandlung.<br>Zweite, verbess. Auflage. (7.—14. Taus.)<br>Von Dipl.-Ing. Eugen Simon. |  |

---

Eine Aufstellung der in Vorbereitung befindlichen Hefte ist auf der  
3. Umschlagseite abgedruckt.

---

Jedes Heft 48—64 Seiten stark, mit zahlreichen Textfiguren.

**WERKSTATTBÜCHER**  
**FÜR BETRIEBSBEAMTE, VOR- UND FACHARBEITER**  
**HERAUSGEGEBEN VON EUGEN SIMON, BERLIN**

---

---

HEFT 15

---

---

# Bohren

von

**J. Dinnebier**

Mit 156 Figuren und 5 Tabellen



Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH 1924

## Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Einleitung . . . . .	3
I. Werkstoffe . . . . .	3
II. Bohrmaschinen . . . . .	4
III. Spitz- und Flachbohrer . . . . .	10
IV. Spiralbohrer . . . . .	13
A. Arten der Ausführung S. 13. — B. Konstruktion der Spiralbohrer S. 14.	
— C. Kraft- und Arbeitsbedarf S. 18. — D. Bohrer beim Arbeiten S. 24. —	
E. Schleifen der Bohrer S. 26. — F. Instandsetzen abgebrochener Bohrer S. 34.	
— G. Besondere Ausführungen von Spiralbohrern S. 35.	
V. Kanonen- und Laufbohrer . . . . .	36
VI. Hohlbohrer . . . . .	40
VII. Bohrstangen . . . . .	45
VIII. Spannwerkzeuge . . . . .	54
IX. Kühl- und Schmiermittel . . . . .	59
X. Schnittgeschwindigkeiten und Vorschübe . . . . .	61

### Zeichen und Abkürzungen.

bzw. = beziehungsweise. s. = siehe. S. = Seite. Tab. = Tabelle. ° = Grad (für Winkelmessungen). ° = Grad Celsius (für Temperaturmessungen). m = Meter. mm = Millimeter.	kg = Kilogramm sek = Sekunde. min = Minute. m/min. = Meter für 1 Minute. mm/Uml. = Millimeter für 1 Umlauf. mkg/min = Meterkilogramm für 1 Minute. PS = Pferdestärke (1 PS = 75 mkg/sek).
--	---

---

Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung in fremde Sprachen, vorbehalten.

Copyright 1924 by Springer-Verlag Berlin Heidelberg

Urprünglich erschienen bei Julius Springer in Berlin 1924

ISBN 978-3-662-41704-1

ISBN 978-3-662-41842-0 (eBook)

DOI 10.1007/978-3-662-41842-0

## Einleitung.

Bohren, Reiben, Senken sind vielleicht die wichtigsten, sicher aber die am meisten benutzten Bearbeitungsverfahren der Werkstattstechnik aller Betriebe, von den feinmechanischen Werkstätten bis zum Großmaschinen- und Kesselbau. Daher rührt es, daß Konstrukteur und Betriebsmann sich mit den für diese Verfahren notwendigen Maschinen und Werkzeugen sehr viel beschäftigt und außerordentlich mannigfaltige Ausführungsformen von ihnen geschaffen haben.

Über die Maschinen soll hier nur ein kurzer Überblick gegeben, dagegen sollen die Werkzeuge ausführlich besprochen werden, die Bohrer hier im 1. Teil, die Reibahlen und Senker im 2. Teil.

Die Abschnitte über Schneidwinkel, Vorschubkraft, Schnittkraft und Arbeit der Bohrer hat der Herausgeber bearbeitet, wofür ich ihm auch hier verbindlich danke. Ebenso danke ich den folgenden Firmen, die mir ihre Bildstöcke zur Verfügung gestellt haben:

Berlin-Burger Eisenwerk A.-G., Berlin W 8, Friedrichstr. 77 (Fig. 150, 151).  
Burkhardt & Weber, Maschinenfabrik Reutlingen (Fig. 42).  
Collet & Engelhard A.-G., Offenbach a. M. (Fig. 137, 138).  
Paul Förster, Nürnberg (Fig. 70).  
Maschinenfabrik Froriep G. m. b. H., Rheydt (Rhld.) (Fig. 135).  
Habersang & Zinzen, G. m. b. H., Düsseldorf-Oberbilk (Fig. 5, 8).  
Ludw. Loewe & Co. A.-G., Berlin (Fig. 1, 4, 9, 11, 24, 25, 61, 64, 143, 144, 152).  
Raboma-Maschinenfabrik, Hermann Schoening, Berlin Borsigwalde (Fig. 3).  
Rohde & Dörrenberg, Düsseldorf-Oberkassel (Fig. 27, 28, 145).  
Scabus, G. m. b. H., Nürnberg (Fig. 80).  
Sondermann & Stier A.-G., Chemnitz (Fig. 10).  
R. Stock & Co. A.-G., Berlin-Marienfelde (Fig. 29, 146).  
Karl Wetzels, Gera-Reuß (Fig. 7).

## I. Werkstoffe.

Die hauptsächlich zu bearbeitenden Werkstoffe der Metallindustrie sind: Grauguß, Temperguß, Stahlguß, schmiedbares Eisen (Stahl), Messing, Rotguß, Bronze, Kupfer und Aluminium.

Ihre mechanischen Eigenschaften, besonders Festigkeit, Härte und Dehnung (Zähigkeit), die sehr verschieden sind, verlangen Beachtung bei der Konstruktion der Maschinen und Werkzeuge, sowie beim Arbeiten, weil von diesen Eigenschaften die Größe der Schnittkräfte, der Schnittgeschwindigkeit und des Vorschubes und auch die Form der Schneide abhängt. Die Schnittkraft ist im allgemeinen um so größer, die Schnittgeschwindigkeit muß um so kleiner sein, je fester, härter und zäher der zu bearbeitende Werkstoff ist (s. Tab. II und III), und der Brustwinkel soll um so größer, der Schnittwinkel um so kleiner sein, je weicher und weniger spröde der Werkstoff ist.

Ein paar Bemerkungen über die wichtigsten Werkstoffe im einzelnen mögen ihr Verhalten bei der Bearbeitung erklären.

**Grauguß** (Gußeisen) ist stets spröde und meist ziemlich weich, so daß es sich fast immer leicht bearbeiten läßt, wobei es kurze, bröckelige Späne gibt. Immerhin sind die hochwertigen Sorten erheblich fester, härter und auch weniger leicht bearbeitbar als der gewöhnliche Maschinenguß. Ihre größere Widerstandsfähigkeit rührt daher, daß ein erheblicher Teil ihres Kohlenstoffgehaltes gebunden

ist, während ihre chemische Zusammensetzung sich nicht allzu sehr von der des gewöhnlichen Maschinengusses unterscheidet.

Die äußere Schicht, die Kruste, ist oft recht hart, kann aber durch Beizen oder Abblasen gelockert und für die Werkzeuge unschädlich gemacht werden.

**Temperguß** ist zwar zäher und fester als Grauguß, läßt sich aber doch meist ganz gut bearbeiten. Voraussetzung ist jedoch, daß die Stücke gut durchgetempert sind, sonst sind sie hart und sehr schwer zu bearbeiten.

**Schmiedbares Eisen (Stahl).** Entsprechend seiner chemischen Zusammensetzung, besonders dem Kohlenstoffgehalt, kommt es in allen Härtegraden vor, von weich bis sehr hart. Seine Zähigkeit steht im umgekehrten Verhältnis zur Härte und Festigkeit, so daß die weichen Sorten (geringer Kohlenstoffgehalt) sehr zäh sind, die harten und festen Sorten wenig zäh. Bohren und reiben lassen sich die weichen und mittelharten Sorten sehr leicht, die harten Sorten schwerer. Von Einfluß auf die Bearbeitbarkeit ist auch die vorhergegangene Behandlung des Werkstoffes. Während z. B. gutes Ausglühen im allgemeinen das Bohren erleichtert, werden manche Sorten, wie sehr hoch gekohlter Stahl (Werkzeugstahl), durch Glühen „filzig“, so daß besonders beim Reiben Stückchen ausgerissen werden, und eine saubere Arbeitsfläche nicht herzustellen ist. Ähnlich verhält sich manchmal Einsatzstahl. Die Späne werden um so länger, je zäher und gleichmäßiger das Material ist. Ein Zusatz von Nickel, Chrom oder gewissen anderen Stoffen zum schmiedbaren Eisen (legierte Stähle) erhöht die Zähigkeit und Härte und erschwert oft das Bearbeiten.

**Stahlguß.** Da Stahlguß in Formen gegossenes schmiedbares Eisen ist, kommt er auch in verschiedenen Härtegraden vor, und das Verhältnis zwischen Härte und Festigkeit einerseits und Zähigkeit andererseits ist das gleiche wie bei Stahl. Jedoch hat Stahlguß oft harte Stellen und ist überhaupt weniger gleichmäßig als schmiedbares Eisen und daher auch weniger gut bearbeitbar.

**Messing** ist immer ziemlich weich, doch je nach seiner Zusammensetzung (Gehalt an Zink) und der vorhergegangenen Behandlung (gegossen, gewalzt, gepreßt) mehr oder weniger spröde. Es läßt sich sehr gut bearbeiten.

**Bronze** kommt in sehr verschiedener Zusammensetzung vor und ist demgemäß sehr verschieden hart, meist erheblich fester und zäher als Messing. Die meisten Sorten sind noch gut bearbeitbar.

**Kupfer und Aluminium** sind sehr weich und zäh. Bei geeigneten Schnittwinkeln lassen sie sich sehr leicht bearbeiten.

## II. Bohrmaschinen.

Die Bohrmaschinen werden in zwei Hauptgruppen eingeteilt, und zwar:

1. Maschinen mit umlaufendem Werkzeug<sup>1)</sup>.
2. Maschinen mit feststehendem Werkzeug.

Je nachdem die Bohrwerkzeuge in senkrechter oder wagerechter Lage arbeiten, unterscheiden wir ferner senkrechte und wagerechte Bohrmaschinen.

Unter die Bohrmaschinen mit umlaufendem Werkzeug fallen:

1. ein- und mehrspindelige Senkrechtbohrmaschinen (Fig. 1 bis 6),
2. ein- und mehrspindelige Wagerechtbohrmaschinen (Fig. 7 und 8).

Unter die Bohrmaschinen mit feststehendem Werkzeug fallen:

1. ein- und mehrspindelige Lauf- und Spindelbohrmaschinen (Fig. 9),
2. Senkrecht- und Wagerechtbohrmaschinen mit Revolverkopf (Fig. 10 und 11).

<sup>1)</sup> Es sei auf die ausführliche außerordentliche Darstellung dieser Maschinen von Schlesinger in *Werkst.-Technik* 1923, Heft 14 u. 15 verwiesen.

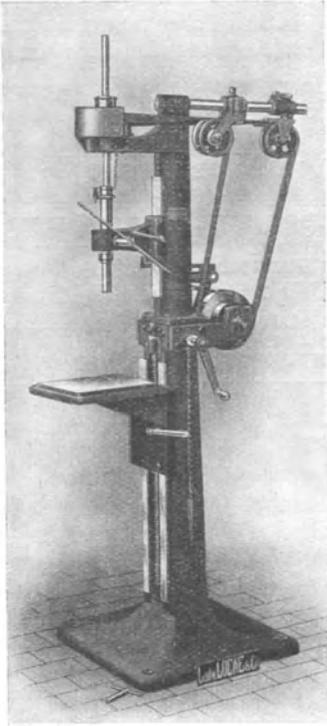


Fig. 1. Senkrechte Schnellbohrmaschine.

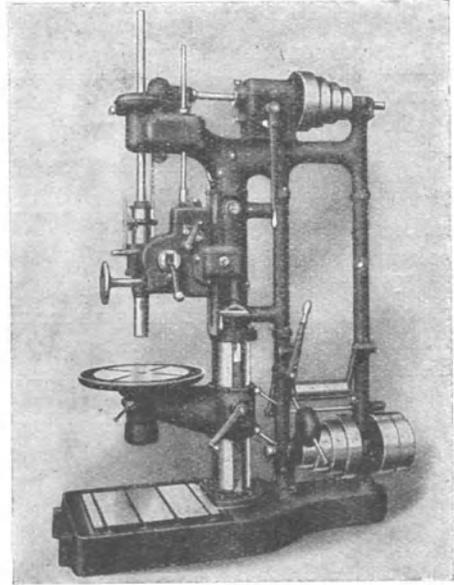


Fig. 2. Senkrecht-Bohrmaschine.

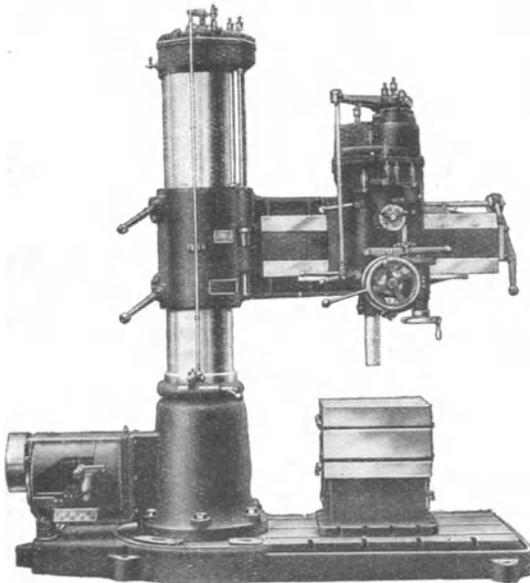


Fig. 3. Radial-Bohrmaschine.

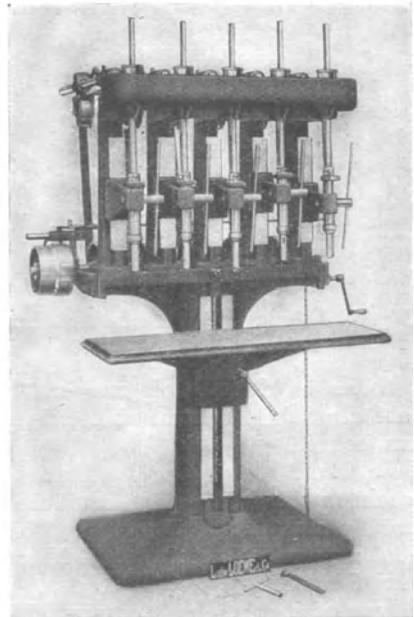


Fig. 4. Mehrspindelige Senkrecht-Bohrmaschine.  
(Spindeln nicht verstellbar.)

Die Maschinen werden sehr verschieden verwendet. Die Bohrmaschinen Fig. 1, 2, 3 und 7 sind die gebräuchlichsten. Sie finden hauptsächlich in der Einzel- und Reihenfertigung Verwendung, während die übrigen Maschinen fast nur für Reihen- und Massenfertigung in Frage kommen.

## A. Maschinen mit umlaufendem Werkzeug.

Einspindelige Senkrechtbohrmaschinen nach Fig. 1 sind für hohe Umlaufzahlen bis über 2000 eingerichtet und unter dem Namen Schnellbohrmaschinen bekannt. Sie werden zum Bohren kleiner Löcher verwendet.

Für größere Bohrungen kommen Maschinen nach Fig. 2 in Betracht, die kräftiger gebaut sind, aber eine niedrigere Umlaufzahl als die Schnellbohrmaschinen haben. Das Bohren von kleinen Löchern ist auf diesen Maschinen nicht rationell, weil die kleinen Bohrer, um voll ausgenutzt zu werden, eine hohe Umlaufzahl brauchen.

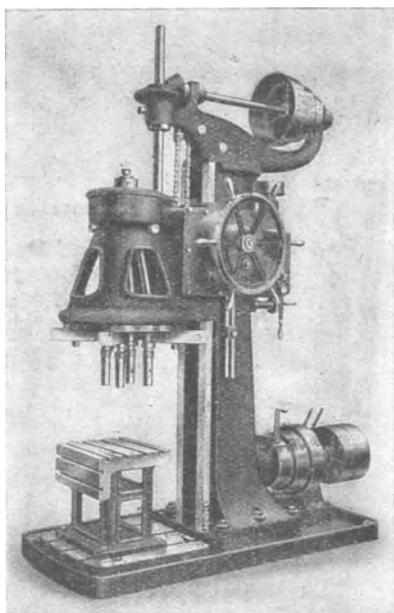


Fig. 5. Mehrspindelige Senkrechtbohrmaschine.  
(Spindeln verstellbar.)

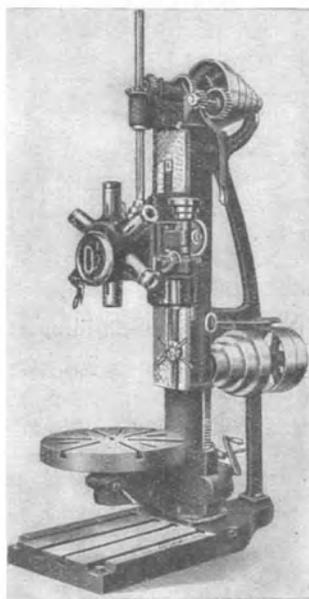


Fig. 6. Senkrechte Bohrmaschine  
mit Revolverkopf.

Es ist deshalb oft zweckmäßig, die kleinen Löcher in einem Arbeitsstück auf der Schnellbohrmaschine, die größeren auf einer gewöhnlichen Bohrmaschine zu bohren.

Fig. 3 zeigt eine Radialbohrmaschine. Diese Maschinen sind hauptsächlich für große Arbeitsstücke bestimmt, die, einmal aufgespannt, zweckmäßig nicht bewegt werden. Mit Hilfe des schwenkbaren Armes, auf dem der Bohrspindelschlitten verschiebbar sitzt, können alle Löcher in einer Lage des Arbeitsstückes gebohrt werden. Weiter ist die Maschine sehr vorteilhaft bei Verwendung großer Bohrvorrichtungen, bei denen lange Bohr- und Messerstangen benutzt werden. Um diese Werkzeuge in die Vorrichtung einführen zu können, wird der Arm abgeschwenkt. Sind sie eingeführt, wird er wieder in die richtige Lage gebracht und das Werkzeug im Kegel der Bohrspindel befestigt.

**Mehrspindelige Senkrechtbohrmaschinen** nach Fig. 4÷6 werden hauptsächlich in der Massenfabrikation verwendet. Bei der Maschine Fig. 4 kann jede Spindel einzeln bewegt werden. Es können auf ihr Teile mit verschieden großen Löchern gebohrt werden, indem das Arbeitsstück hier von Spindel zu Spindel weitergeschoben wird.

Bei der Maschine Fig. 5 sind die Spindeln verstellbar. Sie können kreisförmig oder im Viereck eingestellt werden, je nach den zu bohrenden Teilen. Sämtliche Spindeln werden hier gleichzeitig vorgeschoben. Diese Maschinen werden hauptsächlich zum Bohren der im Kreis stehenden Löcher in Flanschen und Deckeln an Zylindern oder Ventilen verwendet. Auch die Lochreihen rechtwinkliger Flanschen und Deckel können gebohrt werden.

Bei der Maschine Fig. 6 sind die Bohrspindeln in einem drehbaren Kopf strahlenförmig angeordnet. Es dreht sich immer nur die arbeitende Spindel. Durch Schalten des Kopfes, bei dem die Maschine nicht stillgestellt zu werden braucht, kommen nacheinander alle Spindeln zur Verwendung, meist mit verschiedenen Werkzeugen, um eine Bohrung vollständig fertigzustellen. Die Maschine eignet sich für Einzel- und Massenfertigung. Durch die komplizierte Anordnung der Bohrspindeln können jedoch allzu hohe Leistungen nicht erzielt werden.

**Genauigkeit der Senkrechtbohrmaschinen.** Hohe Genauigkeit der Richtung eines Loches, sei es senkrecht zur Auflagefläche, sei es parallel zu einer senkrechten Fläche, kann man an den Senkrechtbohrmaschinen mit umlaufendem Werkzeug nur erreichen, wenn man das Werkzeug in Buchsen führt, d. h. bei Benutzung besonderer Vorrichtungen.

Die Spindellager all dieser senkrechten Maschinen sind für die Aufnahme seitlicher Drucke wenig geeignet; es sollte also an diesen Maschinen nur mit mehrschneidigen Werkzeugen (Spiralbohrer, Spiralsenker, Reibahle usw.) gearbeitet werden, bei denen sich die Schnittdrucke senkrecht zur Achse aufheben, oder mit einschneidigen Werkzeugen (Bohrstangen usw.) doch nur dann, wenn sie nochmals in einer Buchse geführt werden.

**Wagerechtbohrmaschinen.** Wagerechtbohrmaschinen nach Fig. 7 sind hauptsächlich für schwere und schwierig zu bearbeitende Teile bestimmt, und zwar dort, wo ohne Bohrvorrichtungen genau gearbeitet werden soll. Im Gegensatz zu den senkrechten Bohrmaschinen ist das Spindellager dieser wagerechten Maschinen so konstruiert, daß es auch seitlichen, senkrecht zur Achse stehenden Druck aufnehmen, daß also auch mit einschneidigen Bohrstäben gearbeitet werden kann. Das genaue Einstellen des Tisches und der Bohrspindel macht die Maschinen sehr vielseitig; es können fast alle Bohrarbeiten auf ihnen ausgeführt werden. Ist ein Arbeitsstück aufgespannt, so können Löcher in verschiedenen Richtungen und Entfernungen eingebohrt werden, ohne es abzuspannen.

Es gibt jedoch auch Maschinen, bei denen nur der Tisch verstellbar ist. Diese werden nur für leichtere Teile verwendet, da beim Heben des Tisches das Arbeitsstück mitgehoben werden muß.

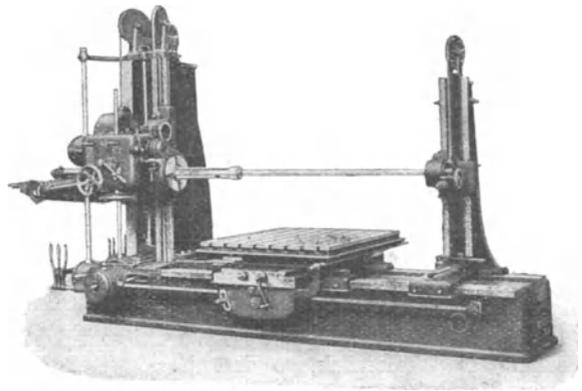


Fig. 7. Wagerecht-Bohrwerk.

Fig. 8 zeigt eine mehrspindelige Wagerechtbohrmaschine, mit der Löcher in Flansche an Zylindern und Ventilen, und zwar drei Flansche gleichzeitig gebohrt werden. Die Bohrspindeln sind verstellbar und werden jeweilig der Arbeit

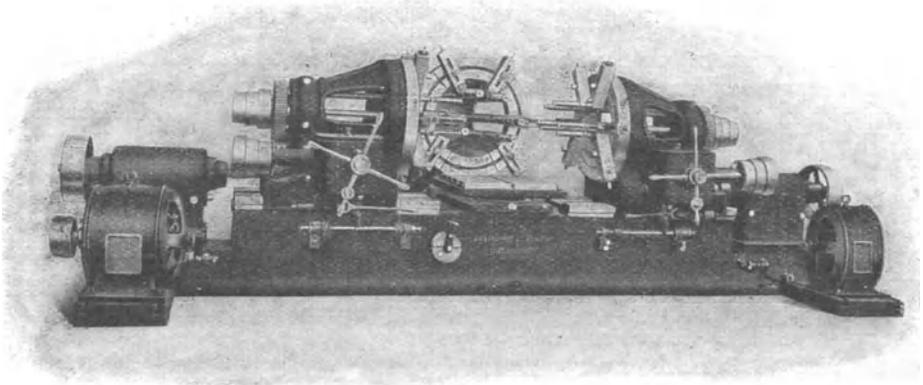


Fig. 8. Mehrspindelige Wagerecht-Bohrmaschine.

entsprechend eingestellt. Die Genauigkeit ist nicht größer als bei den entsprechenden senkrechten Maschinen.

## B. Maschinen mit feststehendem Werkzeug.

Das Werkzeug verläuft sich weniger leicht als bei den Maschinen mit feststehendem Werkstück, so daß diese Maschinen gern dann verwendet werden, wenn die Bohrung zentrisch zu einer zylindrischen Fläche liegen soll, vorausgesetzt, daß das Werkstück sich zum Umlaufen eignet.

Wagerechte Maschinen mit feststehendem Werkzeug ohne Revolverkopf werden zum Bohren tiefer Löcher verwendet, wenn die Größe und Form der

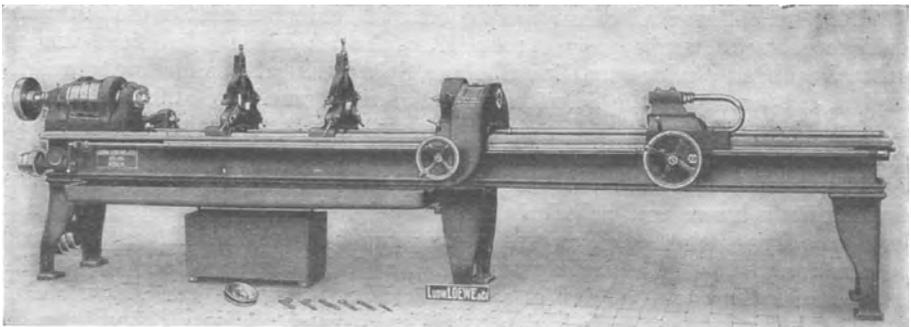


Fig. 9. Spindelbohrmaschine.

Teile eine drehende Bewegung zuläßt, wie z. B. bei Hülsen, Spindeln, Gewehrläufen, Kanonenrohren, Räder, Buchsen usw. Es können auf diesen Maschinen sehr tiefe Löcher mit großer Genauigkeit gebohrt werden.

Fig. 9 zeigt eine Spindelbohrmaschine zum Bohren von langen Spindeln, Rohren usw. Der Vorschub erfolgt zwangsläufig. Die Späne werden durch

hohen Öldruck — das Öl gelangt durch ein Rohr bis an die Schneide des Bohrers — aus der Bohrung herausbefördert. Der Vorschub ist sehr gering.

Die Figuren 10 und 11 zeigen ebenfalls Bohrmaschinen mit feststehendem Werkzeug, aber mit Revolverkopf, in den mehrere Werkzeuge, z. B. Zentrierer, Bohrer, Bohrstange, Vor- und Nachreibahle eingespannt werden können. Infolge der kurzen Bewegung des Revolverschlittens können jedoch nur Bohrungen bis etwa 200 bzw. 400 mm Länge gebohrt werden. Diese Maschinen eignen sich besonders zum Bohren und Reiben von Rädern, Büchsen, Riemenscheiben usw., die in größeren Mengen hergestellt werden. Mit dem Revolverkopf können alle Bohr- und Reibwerkzeuge, die zu einer Bohrung nötig sind, zu gleicher Zeit eingespannt und nacheinander angewendet werden. Ein Auswechseln ist hierbei nicht nötig, so daß mit diesen Maschinen sehr rationell gearbeitet werden kann.

Die Maschine Fig. 10 wird mehr für schwere Arbeitsstücke benutzt, da sie auf dem wagerechten Tisch sehr bequem aufgespannt werden können, die Maschine Fig. 11 mehr für leichtere Stücke.

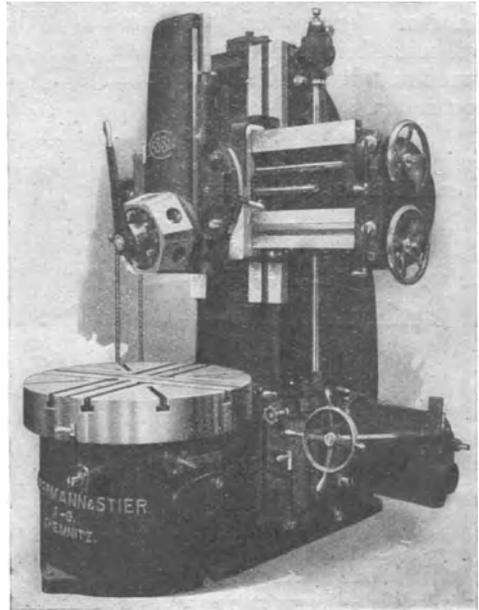


Fig. 10. Senkrecht-Bohrwerk.

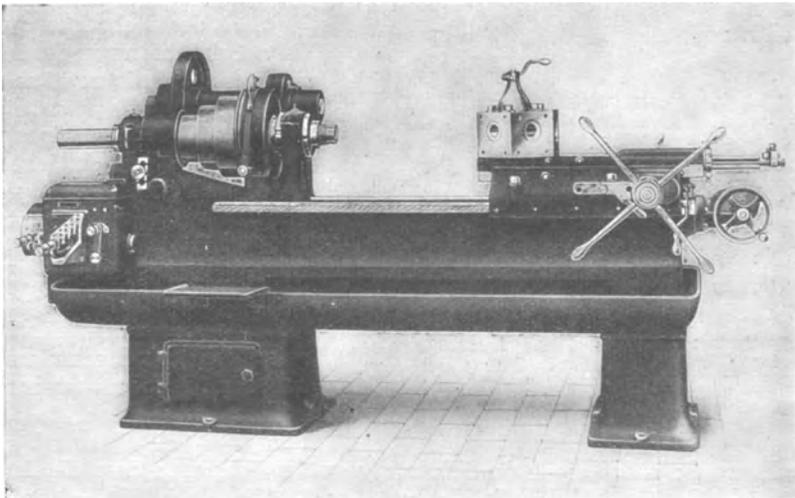


Fig. 11. Wagerechte Bohrmaschine mit Revolverkopf.

Die Werkzeuge für die hier beschriebenen Maschinen sollen im folgenden näher behandelt werden.

### III, Spitz- und Flachbohrer.

**Spitzbohrer.** Sie sind die Urform der Bohrer, die bis vor wenigen Jahrzehnten in den Werkstätten fast ausschließlich benutzt wurden. Die ältesten Bohrer, die nach beiden Seiten arbeiten mußten — daher mehr schabten als schnitten — wurden mit dem Fidelbogen (Fig. 12) angetrieben.

Normale Spitzbohrer. Fig. 13 zeigt die üblichen Ausführungsformen mit verschiedenen Schäften.

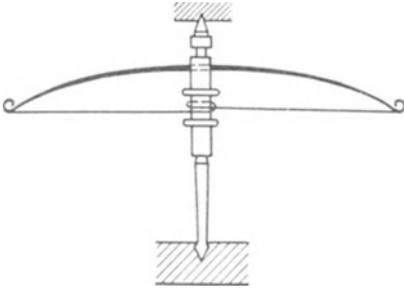


Fig. 12. Fidelbogen.

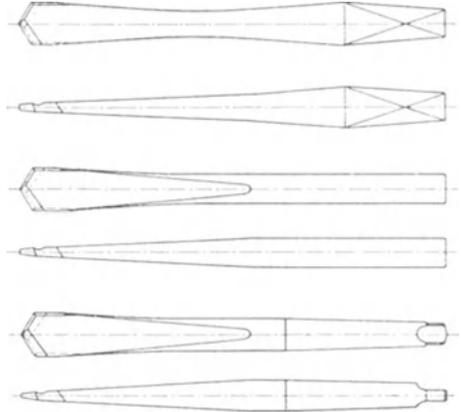


Fig. 13. Normale Spitzbohrer.

Die Konstruktion der Schneiden geht klar aus Fig. 14 hervor. Der Spitzwinkel  $\varphi$  schwankt zwischen  $90$  und  $130^\circ$ , je nach der Härte des zu bohrenden Werkstoffes. Für weichen und zähen Werkstoff kann man bis auf  $90^\circ$  herunter-, für harten bis auf  $130^\circ$  heraufgehen; in der Regel verwendet man  $120$  oder  $116^\circ$ , doch ist es nicht schwierig, einen anderen Winkel anzuschleifen.

Da der Bohrer aus Festigkeitsrücksichten von der Schneide nach dem Schaft zu stärker wird, so bekommt die Brustfläche B (Schnitt 1—1) eine Neigung gegen die Achse. Die Rückfläche R liegt unter weniger als  $90^\circ$  gegen B, damit sie an der Schnittfläche nicht reibt. Der Pfeil gibt die Schnitttrichtung an. Die Schnittverhältnisse, die, wenigstens für weichen und zähen Stoff, nicht sehr günstig sind, gehen am besten aus dem Schnitt 1—1 hervor. S ist die Mittelsenkrechte des Bohrers auf die Schnittfläche, W senkrecht zu S; a ist die Schneidkante, also der Punkt, in dem die Brust die Schnittfläche berührt, T ist die Tangente an f—f in a und N die Senkrechte. Dann ist  $\alpha$  der Brustwinkel,  $\delta$  der wirksame Brust- oder der Spanwinkel. Beide sind negativ,  $\delta > \alpha$ . Das ist der Grund, daß die Schneidwirkung ungünstig, der Schnittwinkel  $\lambda > 90^\circ$  ist. Ebenso wie durch die Neigung von T zu W Winkel  $\delta > \alpha$  wird, so wird auch der wirksame Rücken- oder der Anstellwinkel  $\varepsilon$

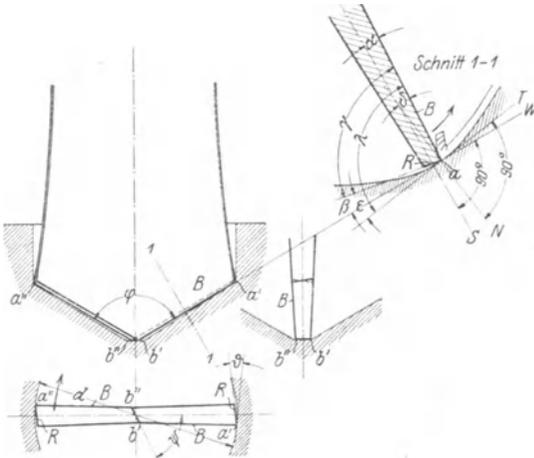


Fig. 14. Spitzbohrer.

senkrecht zu S; a ist die Schneidkante, also der Punkt, in dem die Brust die Schnittfläche berührt, T ist die Tangente an f—f in a und N die Senkrechte. Dann ist  $\alpha$  der Brustwinkel,  $\delta$  der wirksame Brust- oder der Spanwinkel. Beide sind negativ,  $\delta > \alpha$ . Das ist der Grund, daß die Schneidwirkung ungünstig, der Schnittwinkel  $\lambda > 90^\circ$  ist. Ebenso wie durch die Neigung von T zu W Winkel  $\delta > \alpha$  wird, so wird auch der wirksame Rücken- oder der Anstellwinkel  $\varepsilon$

größer als der Rückenwinkel  $\beta$ . Deshalb genügt es,  $\beta = 5 \div 6^\circ$  zu machen. Bei größerem  $\beta$  hakt der Bohrer leicht ein und die Schneide bricht leicht aus.

Die Schneiden  $a'-b'$  und  $a''-b''$  können wegen der Stärke des Bohrers an der Spitze (Seelenstärke) nicht nach der Achse laufen. Daher bildet sich an der Spitze die „Querschneide“  $b'-b''$ , die bei richtigem Rückenwinkel  $\beta$  einen Winkel  $\psi =$  ungefähr  $60^\circ$  mit den Schneiden bildet. Die Querschneide kann nicht richtig schneiden, nur drücken (s. auch S. 18), weshalb man den Bohrer unten so schmal hält wie es die Festigkeit erlaubt. Winkel  $\vartheta$  kann ungefähr  $= 10^\circ$  sein.

Die Vorzüge der Spitzbohrer sind: ihre geringe Empfindlichkeit, die einfache, überall mögliche Herstellung, ihr gutes Stehen auf zähem festen Material (z. B. Chromnickelstahl). Die Hauptmängel der Spitzbohrer sind: schlechte Führung, schlechte Maßhaltigkeit, schlechte Ausnutzung und schweres Schneiden, wenigstens für manches Material. Kleine Abänderungen können diese Mängel verringern oder auch ganz aufheben; die schlechte Ausnutzung bleibt.

Führung und Maßhaltigkeit können dadurch erhöht werden, daß der Bohrer an der Spitze auf die Länge  $l$  (Fig. 15) parallel ausgebildet wird. Dadurch bleibt der Durchmesser beim Nachschleifen erhalten, und es wird eine Führung geschaffen. Damit das parallele Stück im schon gebohrten Loch nicht drückt, schleift man es zweckmäßig ein wenig verjüngt von  $d$  auf  $d'$ , wobei  $d'$  etwa  $0,05 \div 0,1$  mm kleiner als  $d$  ist. Das schwere Schneiden hat, wie wir gesehen haben, seinen Grund darin, daß der Schneidwinkel  $\lambda$  (Fig. 14)  $> 90^\circ$  ist. Man kann ihn jedoch durch Einschleifen einer Hohlkehle  $k$  (Fig. 15) auf  $\lambda' < 90^\circ$  ( $=$  etwa  $60 \div 70^\circ$ ) herunterbringen. Solche Bohrer schneiden dann erheblich leichter, manchmal leichter als Spiralbohrer, und sind ganz besonders für weichen und zähen Werkstoff (schmiedbares Eisen) zu empfehlen. Sie haben allerdings den Nachteil, daß der Bohrer nach mehrmaligem Nachschleifen neu geschmiedet werden muß.

Erleichtert wird das Bohren auch durch Spanbrecher-nuten  $n$  (Fig. 16). Die sind für Bohrer über etwa 25 mm Durchmesser sehr zu empfehlen, besonders für spröden Werkstoff (Grauguß, Bronze), da sie den Span zerteilen; bei zähem Werkstoff kann durch die schmalen Späne allerdings das Bohrloch leicht verstopft werden.

Die Querschneide muß genau in der Bohrermitte liegen; die Schneidlippen müssen ebenfalls gleich sein und mit der Bohrerachse gleichen Winkel einschließen. Liegt die Spitze des Bohrers ein wenig (vielleicht  $\frac{1}{10}$  mm) aus der Mitte, so wird das Loch um den doppelten Betrag (also  $\frac{2}{10}$  mm) größer (Fig. 17). Nur bei sorgfältiger Herstellung können mit dem Spitzbohrer befriedigende Leistungen erzielt werden. Es ist deshalb zweckmäßig, die Spitze des Bohrers entweder auf der Drehbank herzustellen oder in einer besonderen Vorrichtung (Fig. 18) anzufeilen

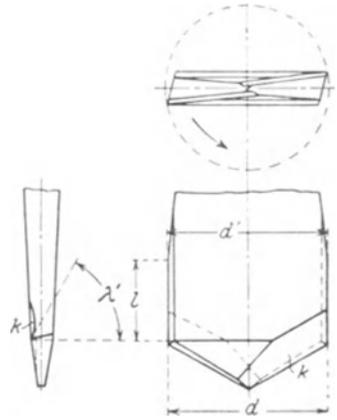


Fig. 15. Spitzbohrer mit Führung und Hohlkehle.

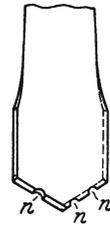


Fig. 16.

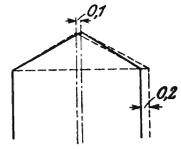


Fig. 17.

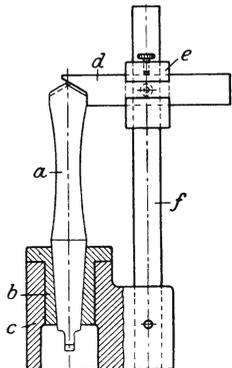


Fig. 18. Vorrichtung für Spitzbohrer.

oder anzuschleifen, damit der Bohrer genau rund läuft. Der Bohrer a wird in die Buchse b des Gußkörpers c gesteckt und die Schiene d, die durch e und f wagerecht und senkrecht verstellt werden kann, an den Bohrer herangeschoben, so daß ihre schräge Kante sich mit der Schneide deckt. Dreht man dann den Bohrer um 180°, so muß auch die andere Schneide sich decken.

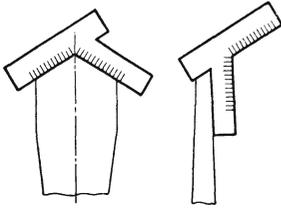


Fig. 19.

Zum Schleifen der Spitze können auch Lehren nach Fig. 19 verwendet werden.

Der Spitzbohrer findet bei Automaten und Revolverdrehbänken zum Bohren nicht tiefer Löcher in Gußeisen, Bronze, Messing, Kupfer und Aluminium noch vielseitige Verwendung.

Fig. 20 a zeigt einen abgesetzten Spitzbohrer zum gleichzeitigen Bohren von zwei ungleich großen Löchern.

In Fig. 20 b und c sind Spitzbohrer mit eingesetzter Schneide dargestellt. Die Schneiden sind aus Schnellstahl und in einem Schaft oder Rohr befestigt.

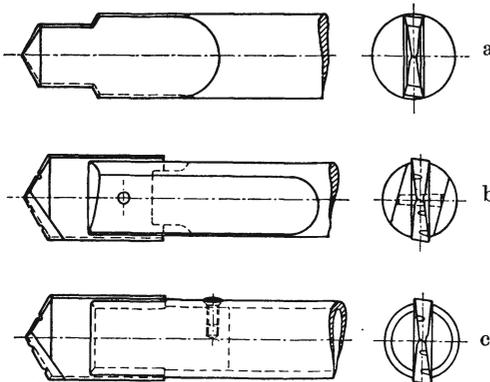


Fig. 20. Besondere Formen von Spitzbohrern.

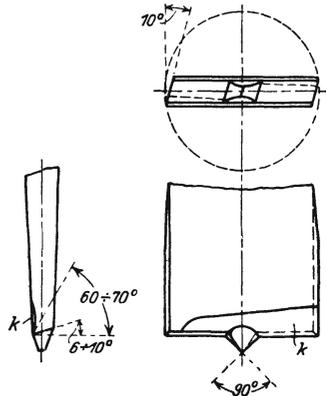


Fig. 21. Zentrumsbohrer.

Sie haben den Vorteil der Materialersparnis an teurem Schnellstahl. Nach Verbrauch werden die Messer durch neue ersetzt.

Zentrumsbohrer. Zum Bohren von Löchern, die auf dem Grund gerade sein müssen, verwendet man den Zentrumsbohrer (Fig. 21). Die Spitze dient zugleich als Führung, so daß der Bohrer nicht verläuft. Dieser Bohrer ist schwieriger zu schleifen als der gewöhnliche Spitzbohrer; er wird deshalb auch nur in besonderen Fällen verwendet.

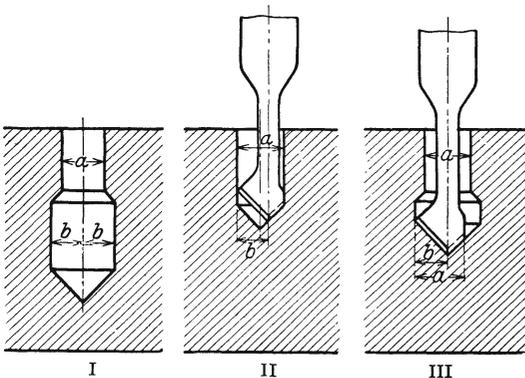


Fig. 22. Einseitige Spitzbohrer.

Einseitige Spitzbohrer. Zum Freibohren des Grundes bei Gewindelöchern findet der einseitige Spitzbohrer Verwendung. Es kommt häufig vor, daß Schrauben oder Gewindespindeln wegen Platzmangels bis dicht auf den Grund eines Gewindelochs eingeschraubt werden müssen. Um das Gewinde nicht bis auf den Grund zu schneiden, wird das Gewindeloch a

(Fig. 22 I) mit einseitigem Spitzbohrer auf  $2b$  freigebohrt. Die stumpfe Seite des Bohrers (Fig. 22 II rechts) legt sich an die Schräge des vorgebohrten Loches an und wird durch den Vorschub abgedrückt. Die Schneide dringt in das Material ein bis die Spitze des Bohrers die Spitze des vorgebohrten Loches erreicht hat (Fig. 22 III). In dieser Stellung wird dann die gewünschte Tiefe mit  $2b$  Durchmesser eingebohrt. Die Breite  $a$  des Bohrers darf nicht breiter als die Bohrung  $a$  sein; sie kann wohl kleiner sein, jedoch muß man sich nach der Größe des aufzubohrenden Loches richten, dessen Radius  $b$  mit dem Maß  $b$  des Bohrers übereinstimmen muß.

**Geradgenutete Bohrer.** Der Bohrer Fig. 23 ist sehr brauchbar zum Bohren dünner Platten, besonders von Messing. Er hat nicht die Neigung wie der Spiralbohrer, sich vorwärts zu saugen, besonders wenn er durch die Platte tritt, was bei dem Spiralbohrer immer gefährlich ist und leicht zum Bruch führt. Der geradgenutete Bohrer läßt sich verhältnismäßig leicht herstellen und schleifen, ist widerstandsfähiger und läßt die Späne leichter aus dem Bohrloch als der Spiralbohrer, jedoch schneidet er erheblich schwerer als der Spiralbohrer, da sein Schnittwinkel, wie beim Spitzbohrer Fig. 14,  $> 90^\circ$  ist.



Fig. 23.

Der Spitzenwinkel kann genau den Materialbedingungen angepaßt werden. Nach dem Scharfschleifen wird wohl auf beiden Seiten der Spitze eine Einkerbung eingeschliffen, damit der Bohrer leichter in das Material eindringt.

Derartiger geradgenutete Bohrer sind seit mehr als 20 Jahren bekannt.

## IV. Spiralbohrer.

Der Spiralbohrer soll von dem aus der Schweiz nach Deutschland emigrierten Johann Martignoni im Jahre 1863 in Düsseldorf erfunden sein; jedenfalls wurde er in Amerika zuerst im großen hergestellt und benutzt und kam dann von dort herüber nach Deutschland. Er ist heute über die ganze Welt verbreitet, da keine Bohrererei, auch die kleinste nicht, ohne ihn wirtschaftlich arbeiten kann. Seinen vollen Wert erreichte er erst durch Erfindung einer geeigneten Spiralbohrerschleifmaschine. Er hat den großen Vorzug, daß er einen sehr günstigen Schnittwinkel an den Lippen (Schneiden) hat, und daß er, wenn die Schneiden abgenutzt sind, nur nachgeschliffen, niemals geschmiedet zu werden braucht, und daß er doch bis zuletzt seinen wirksamen Durchmesser beibehält.

### A. Arten der Ausführung.

Spiralbohrer werden in drei Ausführungen hergestellt: aus dem Vollen gefräst, gewunden und geschmiedet (gepreßt). In allen Fällen werden die Bohrer mit zylindrischem und kegeligem Schaft hergestellt, aus Schnellstahl wie aus gewöhnlichem Werkzeugstahl. Die handelsüblichen Durchmesser sind vom Deutschen Spiralbohrer-Verband im Rahmen der Deutschen Industrie-Normen (DIN) festgesetzt.

Aus dem Vollen gefräste Bohrer (Fig. 24 und 25) sind am verbreitetsten.

Gewundene Spiralbohrer werden aus Flachstahl (Fig. 26) oder aus Profilstahl (Fig. 27, 28 und 29) hergestellt. Aus Flachstahl gewundene Bohrer sind zum



Fig. 24.



Fig. 25.

Bohren mit großem Vorschub und zum Bohren von tiefen Löchern nicht gut geeignet, da sie wenig widerstandsfähig sind und stark auffedern. Das gilt jedoch nicht auch von den aus Profilstahl gewundenen Bohrern, die sogar recht widerstandsfähig sind.

Der Vorteil der gewundenen Bohrer liegt in ihrer größeren Elastizität. Diese Eigenschaft ist besonders wertvoll beim Bohren nachgebender Arbeitsstücke, wie dünnwandige Behälter und Kessel, Blechplatten, Plattenpakete und ähnliche Teile. Denn beim Durchbohren wird der Bohrer außerordentlich hoch beansprucht; infolge seiner Elastizität gibt der gewundene Bohrer aber nach und bricht daher nicht so leicht. Er wird deshalb mit Vorteil im Brückenbau, bei Eisenkonstruktion,



Fig. 26.



Fig. 27.



Fig. 28.

im Kessel- und Schiffsbau verwendet, bei genügender Präzision auch im allgemeinen Maschinenbau.

Zur Verbesserung der Präzision der aus Profilstahl gewundenen Bohrer werden von guten Fabriken Nut und Fase nachgefräst oder auf Sondermaschinen nachgeschliffen.

**Geschmiedete oder gepreßte Bohrer** werden entweder ins Gesenk geschlagen oder durch das Gesenk gepreßt. Für sie gilt im wesentlichen dasselbe

wie für die gewundenen Bohrer; auch sie können als Präzisionswerkzeuge nur gelten, wenn Nut und Fase nachgefräst oder geschliffen sind.

Ein gemeinsamer Vorteil der gewundenen und gepreßten Bohrer, der zugleich Grund und Sinn ihrer Herstellung gibt, ist der geringere Materialverbrauch zu ihrer Herstellung. Sie sind deshalb auch billiger als die aus dem Vollen gefrästen Bohrer.

Ein Nachteil ist dagegen die unentbehrliche mehrfache Warmbehandlung beim Winden, Schmieden, Pressen, da sie bei ungenügender Sorgfalt den Stahl, besonders Schnellstahl, leicht schädigen kann. Durch zu kaltes Schmieden, zu hohes Erhitzen oder ähnliche falsche Behandlung leidet die Widerstandsfähigkeit der Bohrer ganz außerordentlich. Deshalb können diese Bohrer in hoher Güte auch nur von Fabriken hergestellt werden, bei denen die Warmbehandlung aufs sorgfältigste überwacht wird. Ein weiterer Nachteil der gewundenen Bohrer mit kegeligem Schaft besteht darin, daß infolge der mehr oder weniger geringen Anlagefläche des Kegels (Fig. 28 und 29) der Bohrer nicht so fest sitzt wie der mit vollem Kegel. Auch können bei gewundenem Schaft leicht Schmutz und Späne in die Verwindungen eindringen, die ein stetes Reinigen des Innenkegels der Bohrspindel erforderlich machen. Für alle gewundenen Bohrer mit flachem Schaft (Fig. 26 und 27) sind besondere Bohrfutter nötig (s. Abschnitt Spannerwerkzeuge).

## B. Konstruktion der Spiralbohrer.

**Der Spitzenwinkel.** Der Spitzenwinkel  $\varphi$  (Fig. 30) beträgt bei Spiralbohrern im allgemeinen  $116^\circ$ , doch kommt auch  $118^\circ$  vor.  $116^\circ$  ist ein Mittelwert, der

sowohl für hartes wie weiches Material befriedigende Leistungen ergibt. Praktisch spielt der geringe Unterschied zwischen  $116^\circ$  und  $118^\circ$  keine Rolle.

Bei hartem, sprödem Material würde ein größerer Winkel bis  $130^\circ$  und bei weichen Stoffen ein kleinerer bis etwa  $90^\circ$  günstiger sein, doch würde ein veränderter Winkel die Schneidlippen krümmen und dadurch eine schnellere Abnutzung bei geringerer Leistung ergeben, da die Nutenform dem normalen Spitzwinkel mit  $116^\circ$  angepaßt ist.

**Die Nutenform.** Die Schneidlippen  $a-b$  und  $a'-b'$  (Fig. 30) des Spiralbohrers bilden Gerade, die wegen der Seele nicht nach der Bohrerachse gehen können, sondern sich an die Seele von der Stärke  $c$  anschließen. Fig. 31 zeigt eine Fräserform für Spiralbohrernuten, die gerade Schneidlippen ergibt bei einem Spiralsteigungswinkel  $\alpha$  von  $30^\circ$  einen Spitzwinkel  $\varphi$  von  $116^\circ$  und einer Seelenstärke  $c$  an der Spitze von etwa  $0,135 D$ . Kleine Abweichungen in Drall, Spitzwinkel und Seelenstärke sind belanglos und beeinflussen die Verwendung des Fräserprofils nicht.

Andere Darstellungen von Fräserformen finden sich in verschiedenen Werken und Zeitschriften, die Form Fig. 31 dürfte jedoch den Vorzug verdienen, da bei ihr am Schnittpunkt beider Kreise eine scharfe Ecke vermieden ist. Dadurch wird der Grund der Drallnute gut gerundet, die Gefahr des Aufreißens vermindert und der Fräser bleibt lange scharf.

Die Profilform des Fräasers kann mit der Nutenform nicht übereinstimmen, weder, wenn man die Nut mit einer Ebene senkrecht zur Bohrerachse schneidet, noch wenn man sie senkrecht zum Steigungswinkel schneidet. Der Teil  $a-b$  des Fräserprofils, der am Bohrer die gerade Lippe  $a-b$  ergibt, ist stark gekrümmt.

**Drall und Schneidwinkel.** Die Steigung  $h$  der Spiralnute (Fig. 30) wird meist so gewählt, daß außen am Umfang des Bohrers der Steigungswinkel  $\alpha = 30^\circ$  wird.  $\alpha$  ist aber zugleich der Brustwinkel für den Schneidpunkt  $a$ , wie die Schraubenlinie  $a-e$  die Brust ist. Wir haben also beim Spiralbohrer, im Gegensatz zum Spitz- und Flachbohrer, einen stark positiven Brustwinkel bzw. einen Schneidwinkel  $\beta$  erheblich kleiner als  $90^\circ$ , so daß der Schneidvorgang, also das Loslösen des Spanes durch die Schneidbrust, sehr günstig geschieht.

Wie  $\alpha$  der Brustwinkel und  $a-e$  die Brust für den äußersten Schneidpunkt  $a$  ist, so hat auch jeder andere Punkt der Schneide seinen Brustwinkel und seine, eine Schraubenlinie bildende Brust. Jedoch behält der Winkel  $\alpha$  bei den anderen Schneidpunkten seine Größe nicht bei, sondern wird um so kleiner, je weiter der Schneidpunkt nach der Bohrerachse zu liegt. Das kommt daher, daß  $\alpha$  auch der Steigungswinkel des Dralls am Umfang ist. Der Steigungswinkel muß aber nach innen zu, d. h. an einem kleineren Durchmesser werden, da die Steigung  $h$  für alle Durchmesser bzw. Schneidpunkte dieselbe bleibt, der Umfang dagegen mit dem Durchmesser abnimmt. Fig. 32 zeigt das

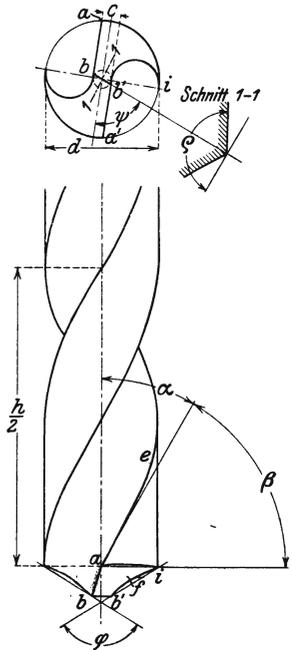


Fig. 30. Konstruktion des Spiralbohrers.

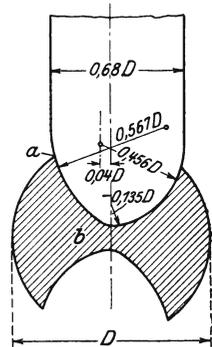


Fig. 31.

deutlich. Bei I sind drei Durchmesser  $d_1-d_2-d_3$  angenommen, bei II sind die entsprechenden Zylinderschnitte abgewickelt, wobei die Schraubenlinie des Dralls eine Gerade wird. Die Abnahme von  $\alpha$  bzw. die Zunahme von  $\beta$  entspricht der Abnahme des Umfanges  $d \cdot \pi$ . Die genaue Beziehung zwischen  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $d$  und  $h$  ist gegeben durch die Gleichungen:

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{d \cdot \pi}{h} \quad \text{und} \quad \operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{d \cdot \pi}$$

Die Steigung  $h$  ist der Bequemlichkeit halber in Fig. 32 viel kleiner angenommen als sie beim Bohrer zu sein pflegt, doch ändert das nichts am Verhältnis der Winkel.

Die Zunahme von  $\alpha$  bzw. die Abnahme von  $\beta$  nach der Bohrerseele zu ist ungünstig: der Span löst sich schwerer ab und muß schärfer aufgebogen werden, so daß Schnittkraft und Vorschubkraft wachsen.

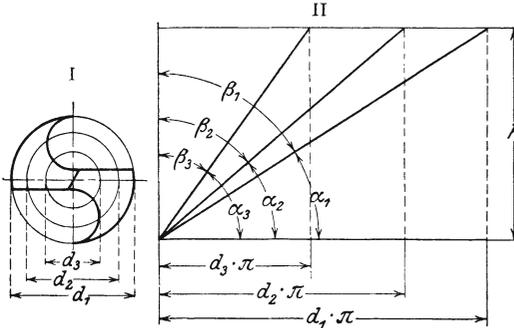


Fig. 32. Schnittwinkel an verschiedenen Stellen der Bohrerlippe.

Deshalb die Steigung des Dralls zu verkleinern und dadurch alle Winkel  $\alpha$  zu vergrößern bzw. alle  $\beta$  zu verkleinern, wäre aber doch nicht angebracht. Denn einmal würde  $\alpha$  am Umfang außen bei  $a$  zu groß und  $\beta$  zu klein werden, wodurch die Widerstandsfähigkeit der Schneide außen verringert würde, ferner aber würde der engere Drall die Entfernung der Späne aus dem Bohrloch mehr hindern. Umgekehrt wird wohl zur Erhöhung der Bruchfestigkeit des Bohrers mit dem Steigungswinkel bis auf  $24^\circ$  und bei sehr kleinen Bohrern bis auf  $20^\circ$  herabgegangen. Ebenso bei sehr langen Bohrern, um bei den tiefen Löchern die Späneentfernung noch mehr zu erleichtern; die erhöhte Schnitt- und Vorschubkraft

müssen natürlich mit in den Kauf genommen werden.



Fig. 33.

**Seelenstärke.** Die Seelenstärke wird an

der Spitze des neuen Bohrers mit  $0,13 \div 0,15 d$  für Bohrerdurchmesser über 10 mm angenommen (Fig. 33). Bei kleineren Bohrern nimmt man sie größer, so daß ein Bohrer von 1 mm etwa  $0,2 \div 0,25$  mm Seelenstärke hat. Gegen den Schaft zu wird zur Erhöhung der Verdrehungsfestigkeit die Seelenstärke etwas vergrößert, und zwar bis zum Auslauf des Nutenfräasers um annähernd 30%.

Um dabei mit Rücksicht auf leichten Spanabfluß ein Kleinerwerden der Bohrerseite zu vermeiden, wird bei gleichbleibender Fräserlage der Drall vergrößert oder bei gleichbleibendem Drall die Winkelstellung des Fräasers verändert. Die mit der Drallvergrößerung verbundene Abnahme des Steigungswinkels bzw. die Fräserverstellung beträgt etwa  $5^\circ$  für eine Bohrerumdrehung. Derartige Bohrer werden auf Sondermaschinen gefräst.

**Hinterschleifwinkel.** Die Spiralbohrerschneide kann, wie jede andere Schneide, nur dann richtig arbeiten, wenn außer dem Schneidwinkel bzw. Brustwinkel auch der „Anstellwinkel“ eine angemessene Größe hat. Bei der Spiralbohrerschneide wird der Anstellwinkel durch die Hinterschleiffläche  $f$  (Fig. 30, Seite 15) gebildet, an der der Bohrer ausschließlich nachgeschliffen wird. Während nun die Neigung der Hinterschleiffläche gegen eine Kegelfläche, deren Achse mit der Bohrerachse zusammenfällt und deren Kegelwinkel gleich dem Spitzwinkel des Bohrers ist, als Hinterschleifwinkel bezeichnet wird, bildet sich der Anstellwinkel durch die Neigung der Hinterschleiffläche gegen die Schnittfläche,

die beim Arbeiten entsteht, und die sich wegen des Vorschubes von der Kegelfläche unterscheidet. Würde die Hinterschleiffläche mit der Schnittfläche zusammenfallen, also der Anstellwinkel null sein, so würde die Reibung sehr groß werden und ein freies leichtes Schneiden unmöglich sein. Ein positiver Anstellwinkel ist daher unerlässlich. Da die Darstellung der beiden gekrümmten Flächen schwierig ist und auch der Neigungswinkel zwischen ihnen an jeder Stelle anders ist, bleibt nichts übrig, als den Anstellwinkel an einzelnen Punkten der Schneide darzustellen, und zwar, wie es auch für den Schneidwinkel in Fig. 32 geschehen ist, dadurch, daß man den zu dem betreffenden Schneidenpunkt gehörigen Kreis (Zylinder) abwickelt. Auf die Weise erhält man eine Darstellung der Schneidverhältnisse am Spiralbohrer wie beim Hobelstahl, mit dessen Arbeitsweise ja auch jeder Punkt der Spiralbohrerschneide verglichen werden kann. Für den Bohrerumfang, also den Schneidenpunkt a, ist die Abwicklung in Fig. 34 gegeben.

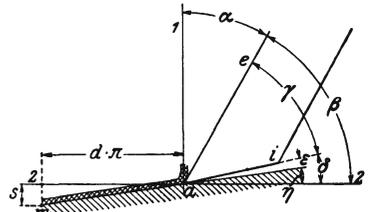


Fig. 34. Schnittwinkel und Vorschub.

a—2 gibt die Drehrichtung des Bohrers an, 1—a die Vorschubrichtung, und jeder Punkt des Bohrers, also auch Punkt a, bewegt sich in beiden Richtungen, d. h. er beschreibt eine Bahn, die sich aus den beiden Teilbewegungen zusammensetzt. Diese Bahn ist eine Schraubenlinie, die sich in der Abwicklung als Gerade a—m darstellt. Trägt man auf 1—a nach unten den Vorschub s für eine Umdrehung auf und auf a—2 nach links den Weg einer Umdrehung, d. i. den Umfang  $d \cdot \pi$ , so ist die Verbindungslinie a—m die Bahn, auf der sich a bewegt, also die Schnittfläche von a. a—e ist die Abwicklung der Schneidenbrust, die um den Schneidwinkel  $\beta$  gegen die Wagerechte geneigt ist, und a—i die Abwicklung der Begrenzungslinie der Hinterschleiffläche f (Fig. 30), so daß also  $\delta$  der Hinterschleifwinkel ist. Bezeichnet man den Neigungswinkel der Bahn a—m gegen die Wagerechte mit  $\eta$ , so ist der Anstellwinkel  $\varepsilon = \delta - \eta$ .

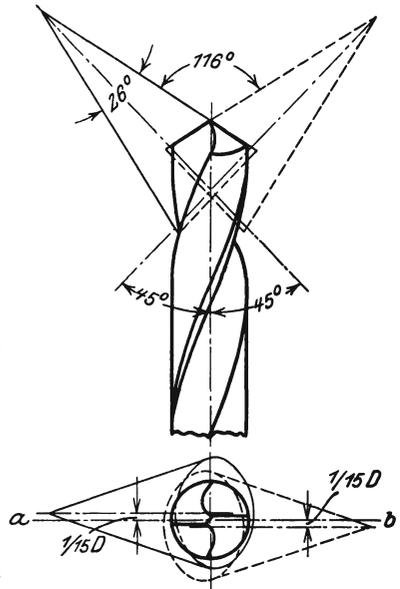


Fig. 35. Konstruktion der Hinterschleiffläche.

Der Neigungswinkel  $\eta$  der Schnittfläche wächst nicht nur, wenn der Vorschub s wächst, sondern er ist bei gleichem s um so größer, je näher der Schneidenpunkt an der Bohrerachse liegt, d. h. er ist am Bohrerumfang bei a am kleinsten und an der Seele am größten. Damit nun der Anstellwinkel  $\varepsilon$  auch an der Seele noch eine positive Größe hat, muß der Hinterschleifwinkel  $\delta$  auch von außen nach innen zunehmen. Tatsächlich tut er das bei der üblichen Konstruktion der Hinterschleiffläche auch.

Verkehrt wäre es, den Hinterschleifwinkel unnützlich groß zu machen, etwa bei a schon so groß wie er an der Seele sein muß; denn dadurch würde nur der Keilwinkel  $\gamma$  geschwächt werden, so daß die Schneide weniger widerstandsfähig wäre. Am Bohrerumfang bei a soll  $\varepsilon$  kleiner als etwa  $8^\circ$  sein und an der Seele nicht größer als etwa  $26^\circ$ .

**Form der Hinterschleiffläche.** Die Größe von  $\delta$  (Fig. 34) hängt von der Form der Hinterschleiffläche ab. Geeignete Größe von  $\delta$  erhält man, wenn man wie in Fig. 35 die Hinterschleifflächen aus Teilen von Kegelmantelflächen bildet, deren Kegel an der Spitze einen Winkel von  $26^\circ$  haben und deren Achsen senkrecht aufeinander stehen und im Grundriß zu beiden Seiten der Mittellinie a—b liegen, um etwa  $\frac{1}{15}$  des Bohrerdurchmessers von ihr entfernt. Dabei läuft a—b parallel zu den Bohrerseiden.

**Querschnide.** Damit der Bohrer widerstandsfähig genug ist, muß die Seele ausreichend stark sein und man ist genötigt, die Bohrerseiden statt an die Bohrerachse an die Seele heranzuführen (Fig. 36). Die Kante vorn auf der Seele, die die beiden Seiden verbindet, heißt die Querschnide. Dadurch, daß man den Hinterschleifflächen eine von der Schneide nach hinten zu abfallende Krümmung gibt, um den Hinterschleifwinkel zu bekommen, erhält die Querschnide eine schräge Lage zu den Seiden. Der Neigungswinkel soll  $55^\circ$  betragen.

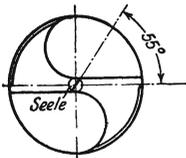


Fig. 36.

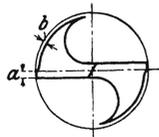


Fig. 37.

An seiner Größe kann man am leichtesten erkennen, ob die Hinterschleifflächen die richtige Form und damit die Hinterschleifwinkel die richtige Größe haben.

Man sieht ohne weiteres ein, daß der Bohrer an der Seele nicht richtig schneiden, sondern nur drücken kann, und daß tatsächlich die Schnittverhältnisse an der Querschnide sehr ungünstig sind, zeigt ganz klar Fig. 30 (Seite 15). Im Schnitt 1—1 sieht man den Schnittwinkel  $\rho$  der Querschnide, der erheblich über  $90^\circ$  ist. Eine Schneide kann aber bekanntlich um so weniger richtig schneiden, je mehr der Schneidwinkel über  $90^\circ$  hinüber geht.  $\rho$  bewegt sich meist zwischen  $130$  und  $150^\circ$ .

Daher wird durch die Querschnide der zum Vorschieben des Bohrers nötige Druck erheblich vergrößert (Näheres s. Seite 20).

**Fase.** Wie der gerade genutete Bohrer, so hat auch der Spiralbohrer längs der Drallnut eine Fase, die allein den vollen Bohrerdurchmesser hat und dadurch den Bohrer in dem bereits gebohrten Loch führt und sorgt, daß die Seiden genau in der Achsenrichtung vorgeschoben werden. Die Fase a (Fig. 37) wird dadurch gebildet, daß man die Oberfläche des beim Fräsen der Nut stehen bleibenden Steges bis auf einen schmalen Streifen um das Maß b hinterfräst.

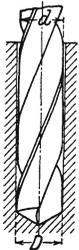


Fig. 38.

Ohne die Fase würde die ganze zylindrische Fläche des Steges an der rauhen Lochwand anliegen und dadurch sehr große Reibung verursachen. Aber auch die viel geringere Reibung der schmalen Fase ist für tiefe Löcher noch zu groß, weshalb man die Fase von der Spitze vorn nach hinten zum Schaft hin beim Rundschleifen ein wenig verjüngt schleift, und zwar 0,04 bis 0,06 mm auf 100 mm (Fig. 38).

Die Breite b der Fase kann nach folgender Zusammenstellung genommen werden:

Bohrerdurchmesser . mm	10	20	30	40	50	60	80	100
Fasenbreite . . . . mm	1,3	2,00	2,6	3,0	3,4	3,6	3,8	4,00

### C. Kraft- und Arbeitsbedarf.

Der Bohrer führt beim Arbeiten zwei Bewegungen aus: eine Drehung um seine Achse, die Schnittbewegung, und ein Fortschreiten in Richtung der Achse, den Vorschub. Da der Werkstoff des Arbeitsstückes beim Bohren diesen Be-

wegungen Widerstand entgegensetzt, den Schnittwiderstand bzw. den Vorschubwiderstand, so sind gleich große Kräfte nötig, diesen Widerstand zu überwinden, die Schnittkraft bzw. die Vorschubkraft.

**Schnittkraft (P).** Sie hängt außer von der Form der Schneide ab: vom Bohrerdurchmesser  $d$ , vom Vorschub  $s$  und vom Werkstoff, der durch die Werkstoffziffer  $k$  berücksichtigt wird, die angibt, welche Kraft nötig ist, um  $1 \text{ mm}^2$  Span abzulösen.  $k$  ist um so größer, je fester, härter und zäher der Werkstoff ist und ist für jeden Werkstoff mehr oder weniger genau bekannt.

Die Schnittkraft  $P$  (Fig. 39) steht senkrecht zur Schneide und senkrecht zur Bohrerachse, und man kann sich je die Hälfte in der Mitte jeder Schneide angreifend denken.

Nimmt man nun an — was allerdings nur als grobe Annäherung zulässig ist — daß  $P$  gleichmäßig mit  $d$ ,  $s$  und  $k$  wächst, so ergibt sich:  $P = \frac{1}{2} d \cdot s \cdot k$ .

Ist z. B.  $d = 50$ ,  $s = 0,4$  und  $k = 150$  (mittelharter Maschinenstahl), so wäre

$$P = \frac{50 \cdot 0,4 \cdot 150}{2} = 1500 \text{ kg.}$$

**Drehmoment und Schnittarbeit.** Wichtiger als die Schnittkraft selbst ist das Drehmoment

$$M_d = \frac{P \cdot d}{2 \cdot 2} = \frac{k \cdot d^2 s}{8} = c \cdot d^2 s \quad (1)$$

da es das Moment angibt, mit dem das Material sich beim Bohren der Drehung des Bohrers widersetzt. Diesem widerstehenden Moment gleich ist das in die Spindel und den Bohrer einzuleitende Moment, das die Drehung des Bohrers zu erzwingen hat (Fig. 40), und mit diesem Moment werden daher auch Spindel und Bohrer auf Drehung beansprucht, und der Bohrer bricht, wenn seine Drehungsfestigkeit diesem Moment nicht gewachsen ist. Die Konstante  $c$  in der Gl. 1) ist nur abhängig vom Material.

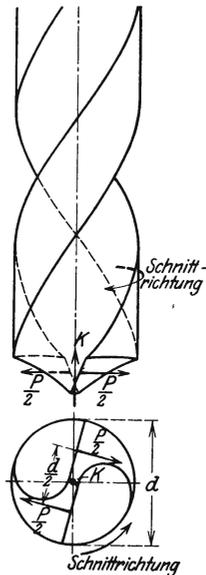


Fig. 39. Kräfte an der Schneide.

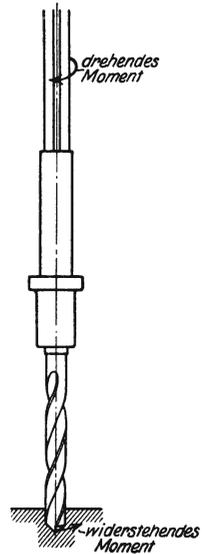


Fig. 40.

Aus dem Drehmoment läßt sich sehr leicht die Arbeitsleistung ableiten, die für das Drehen des Bohrers aufzuwenden ist. Bezeichnet  $V$  die Schnittgeschwindigkeit des Bohrers in  $\text{m/min}$  (genau genommen am Angriffspunkt der Kraft  $P$  gemessen) und  $n$  die Umläufe des Bohrers in  $1 \text{ min}$ , so daß  $V = \frac{n \cdot d \cdot \pi}{1000}$  ist, und bezeichnet ferner  $L_n$  die Arbeitsleistung zum Drehen des Bohrers in  $\text{mkg/min}$ , so ist

$$L_n = \frac{M_d \cdot \pi \cdot n \cdot 2}{1000} = \frac{d^2 \cdot s \cdot k \cdot n \cdot \pi}{4 \cdot 1000} = \frac{d \cdot s \cdot k \cdot V}{4} \dots \dots (2)$$

$L_n$  ist also die beim Bohren wirklich genutzte Leistung, die Nutzleistung. Will man die Arbeitsleistung  $L$  haben, die durch die Transmission oder den Motor zum Drehen des Bohrers in die Maschine eingeleitet werden muß, so muß man  $L_n$  durch den Wirkungsgrad  $\eta$  der Maschine dividieren.

Also  $L = \frac{L_n}{\eta}$  oder in Pferdestärken (PS)

$$N = \frac{L}{60 \cdot 75} = \frac{L_n}{\eta \cdot 60 \cdot 75} \text{ PS}$$

Beispiel. Mit den obigen Werten und  $V = 20 \text{ m/min}$  und  $\eta = 0,6$  wird

$$M_d = \frac{1500 \cdot 50}{100 \cdot 2 \cdot 2} = 18,75 \text{ m/kg,}$$

$$L_n = \frac{50 \cdot 0,4 \cdot 150 \cdot 20}{4} = 15000 \text{ mkg/min,}$$

$$N = \frac{15000}{0,6 \cdot 60 \cdot 75} = 5,55 \text{ PS.}$$

**Vorschubkraft und Vorschubarbeit.** Die senkrechten Teilkräfte der Vorschubkraft (die wagerechten heben sich auf), die man sich ebenfalls in den Mitten der Schneiden angreifend denken kann, ergeben zusammen eine Gesamtkraft  $K$  (Fig. 39), die in die Bohrerachse fällt. Angenähert kann man setzen:

$$K = P \cdot \sin \frac{\varphi}{2}, \text{ also mit } \varphi = 116^\circ,$$

$$K = 0,85 P = 0,425 \text{ k} \cdot \text{d} \cdot \text{s} = c' \cdot \text{d} \cdot \text{s} \dots \dots \dots (3)$$

wobei  $c'$  wieder nur vom Material abhängig ist.

Die Vorschubarbeit  $L_{n_1}$  in mkg/min berechnet sich damit zu:

$$L_{n_1} = \frac{K \cdot s \cdot n}{1000} = \frac{0,425 \text{ d} \cdot \text{s}^2 \cdot \text{k} \cdot n}{1000} = \frac{0,433 \text{ s}^2 \text{kV}}{\pi} \dots \dots \dots (4)$$

und die in die Maschine einzuleitende Vorschubarbeit  $N_1$  in PS

$$N_1 = \frac{L_{n_1}}{\eta \cdot 60 \cdot 75} \text{ PS.}$$

Beispiel. Mit den obigen Werten ist

$$L_{n_1} = \frac{0,433 \cdot 0,4^2 \cdot 150 \cdot 20}{\pi} = 66,2 \text{ mkg/min}$$

$$N_1 = \frac{66,2}{0,6 \cdot 60 \cdot 75} = 0,1245 \text{ PS.}$$

$L_{n_1}$  und  $N_1$  sind im Vergleich zu  $L_n$  und  $N$  so gering, daß sie fast vernachlässigt werden können. Und das ist immer so: die Vorschubarbeit liefert zu der gesamten Bohrarbeit, die sich aus Schnitтарbeit und Vorschubarbeit zusammensetzt, nur einen ganz geringen Beitrag. Das darf aber nicht dazu verleiten, auch den Einfluß der Vorschubkraft gering anzuschlagen.  $K$  ist auch im Verhältnis zu  $P$  recht erheblich und ist für Maschine, Werkzeug und Arbeit von großer Bedeutung.

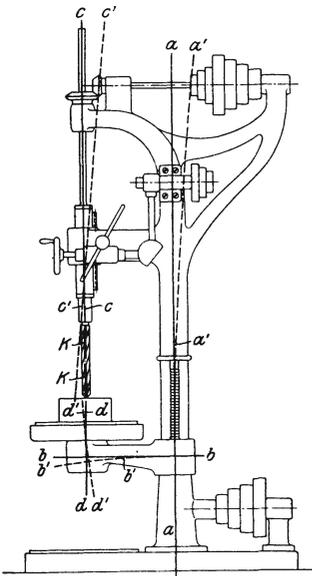


Fig. 41. Durchfedern einer Bohrmaschine.

$K$  beansprucht zunächst den Bohrer in der Weise, daß es ihn auszuknicken sucht; weiter wird die Maschine durch  $K$  elastisch verbogen (Fig. 41), und zwar der Tisch mit dem Werkstück nach unten (Achse  $b-b$  nach  $b'-b'$ ), der obere Teil der Maschine mit Maschinenspindel und Bohrer nach hinten hinüber (Achse  $a-a$  nach  $a'-a'$  und  $c-c$  nach  $c'-c'$ ), so daß Bohrer- und Loch-

achse nicht mehr zusammenfallen. Diese elastische Verbiegung hat damit nicht nur eine Verlagerung der Lochachse zur Folge, sondern ist auch mitschuldig, daß die Bohrer beim Durchkommen der Bohrerspitze durch das Bohrloch leicht abbrechen. Denn da mit dem Durchkommen der Spitze K abnimmt, federt die Maschine wieder vor und drückt dadurch den Bohrer herunter, d. h. vergrößert den Vorschub erheblich.

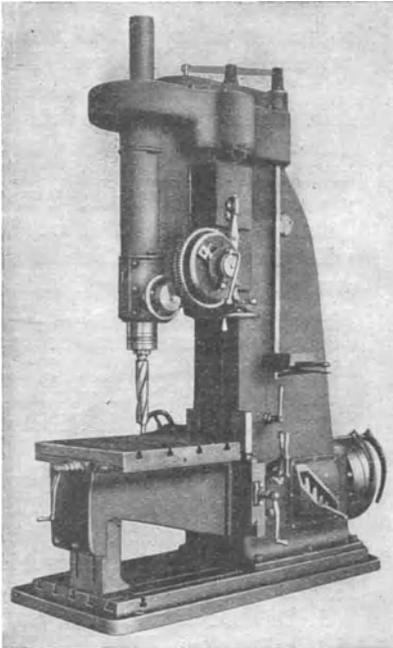


Fig. 42. Starre Senkrechtbohrmaschine.

Es ist daher recht wichtig, daß der Vorschubdruck nach Möglichkeit gering bleibt und daß man für große Vorschubkräfte besonders schwere kastenförmige Maschinen benutzt, möglichst mit dem Tisch unmittelbar auf der Grundplatte oder gegen sie abgestützt, damit nennenswerte Verbiegungen nicht vorkommen können (Fig. 42).

**Versuchsergebnisse.** Es wurde schon erwähnt, daß die Formeln und Berechnungen oben für Kraft und Arbeit nur angenähert gültig sind.

Genauere Ergebnisse lassen sich nur aus Versuchen gewinnen, die allerdings wissenschaftlich einwandfrei nicht ganz einfach durchzuführen sind. Von den wenigen bekannt gewordenen Versuchen stammen die besten aus dem Versuchsfeld

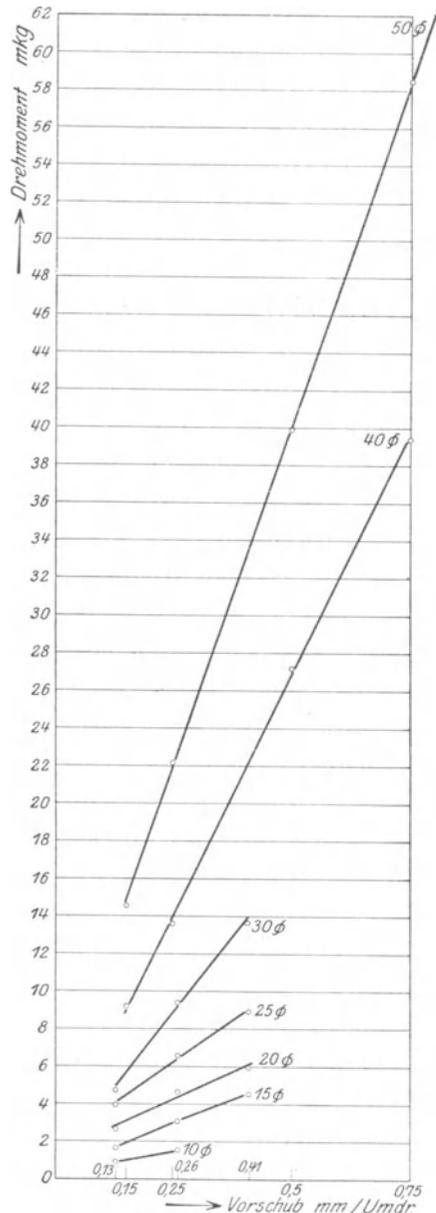


Fig. 43. Drehmomente beim Bohren in Flußeisen.

für Werkzeugmaschinen an der Techn. Hochschule Berlin (Prof. Schlesinger). Fig. 43÷46 stellen die Ergebnisse für Bohrungen in Grauguß und Flußeisen graphisch dar, und zwar geben Fig. 43 und 44 die Drehmomente für verschiedene Durchmesser und Vorschübe an, Fig. 45 und 46 die Vorschubdrücke (Bohrdrucke), ebenfalls für verschiedene Durchmesser und Vorschübe.

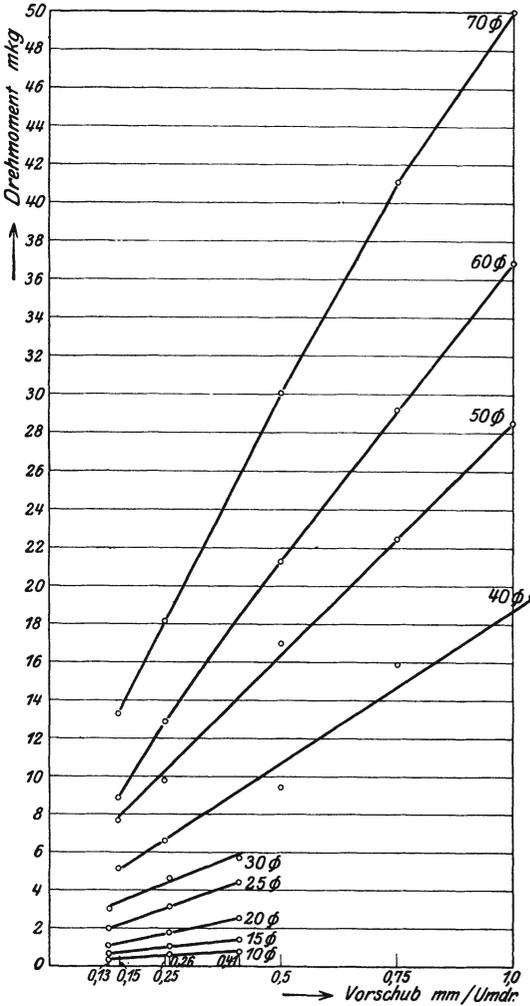


Fig. 44. Drehmomente beim Bohren in Gußeisen.

Will man aus den Darstellungen für einen bestimmten Fall den Vorschubdruck (Bohrdruck) entnehmen, z. B. für Flußeisen beim Bohren mit 40 mm Durchmesser und 0,5 mm Vorschub, so geht man in Fig. 45 von der wagerechten Achse vom Punkt „0,5“ senkrecht nach oben bis zum Schnitt mit der Schrägen „40 φ“ und von da wagerecht hinüber zur senkrechten Achse, wo man „1500“ findet, d. h. der Bohrdruck beträgt 1500 kg. Und will man für dieselben Bedingungen das Drehmoment finden, geht man in Fig. 43 von „0,5“ der wagerechten Achse senkrecht bis zum Schnitt mit „40 φ“ und dann wagerecht hinüber, wo man „27“ findet, d. h. das Drehmoment beträgt 27 mkg.

Gegenüber den oben angegebenen Formeln lassen sich aus diesen graphisch dargestellten Versuchsergebnissen folgende Unterschiede feststellen:

1. Das Drehmoment ändert sich mit dem Material, dem Bohrerdurchmesser und dem Vorschub nicht nach der Gl. (1) (S. 19), sondern die Gleichung, die man aus Fig. 43 und 44 ableiten könnte, würde die Form haben:

$$M_d = c_1 d^2 \cdot s + c_2 \quad (4)$$

wobei  $c_1$  und  $c_2$  für die Änderungen von  $s$  beim selben Material und demselben  $d$  gleich bleiben

würden; dagegen würde mit wachsendem  $d$  die Größe von  $c_1$  abnehmen, die von  $c_2$  meistens zunehmen.

Das Drehmoment wächst also tatsächlich bei bestimmtem Material und bestimmtem Durchmesser annähernd proportional dem Vorschub (weil in Fig. 43 und 44 die schrägen Linien für die Durchmesser annähernd Gerade sind), wird aber bei sehr kleinen Vorschüben nicht verschwindend klein (weil diese Geraden nicht durch den Nullpunkt gehen). Infolgedessen wird die Arbeitsleistung bei kleinen Vorschüben verhältnismäßig groß.

Vergleicht man Bohrer mit verschiedenen Durchmessern bei gleichem Material und gleichem Vorschub, so wächst das Drehmoment nicht wie in Gl. (1) mit dem Quadrat von  $d$ , sondern weniger rasch, wenn auch rascher als das einfache  $d$  (weil die Höhenlage der schrägen Geraden nicht mit dem Quadrat des betreffenden  $\phi$  wächst, z. B. bei 0,25 Vorschub der Schnittpunkt mit der 40  $\phi$ -Linienicht  $\frac{40^2}{20^2} = \frac{1600}{400} = 4$  mal so hoch liegt wie der Schnittpunkt mit der 20  $\phi$ -Linie). Da nun die Spanmenge für eine Umdrehung des Bohrers dem Quadrat von  $d$  proportional ist, so verbraucht bei gleichem Vorschub der stärkere Bohrer weniger Arbeit, um eine bestimmte Menge Material zu zerspanen, als der schwächere.

2. Die Vorschubkraft ändert sich mit dem Material, dem Bohrerdurchmesser und dem Vorschub nicht nach der Gl. (3) (S. 20), sondern die Gleichung, die man aus Fig. 45 und 46 ableiten könnte, hätte die Form:

$$K = c_3 d \cdot s + c_4 \quad (5)$$

wobei  $c_3$  und  $c_4$  für die Änderungen von  $s$  beim selben Material und demselben  $d$  gleich bleiben würden; dagegen würde mit wachsendem  $d$  die Größe von  $c_3$  abnehmen, die von  $c_4$  meistens zunehmen.

Die Vorschubkraft wächst also tatsächlich bei bestimmtem Material und bestimmtem Durchmesser ziemlich proportional dem Vorschub, weil die schrägen Linien für die Durchmesser wieder annähernd Gerade sind, wird aber bei sehr kleinen Vorschüben nicht verschwindend klein, sondern bleibt bei kleinen Vorschüben verhältnismäßig groß, weil diese Geraden nicht durch den Nullpunkt gehen.

Vergleicht man Bohrer mit verschiedenen Durchmessern bei gleichem Material und gleichem Vorschub, so wächst die Vorschubkraft weniger rasch als der Durchmesser, weil die Höhenlage der schrägen Geraden nicht proportional mit dem

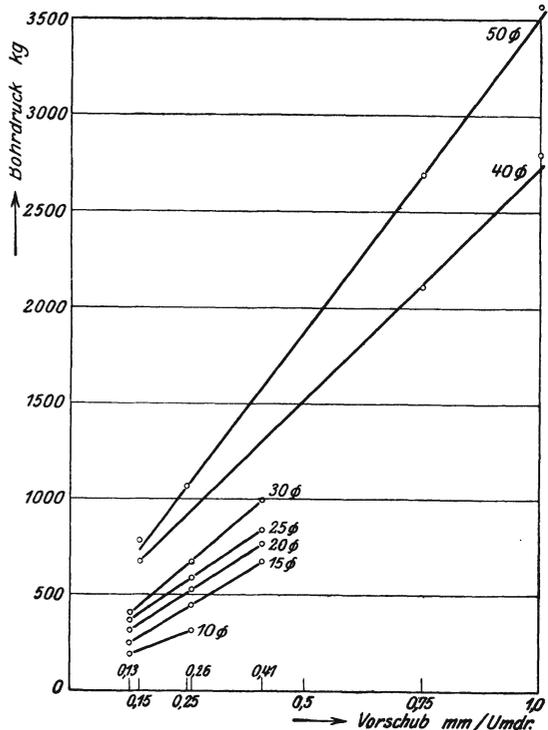


Fig. 45. Bohrdrucke beim Bohren in Flußeisen.

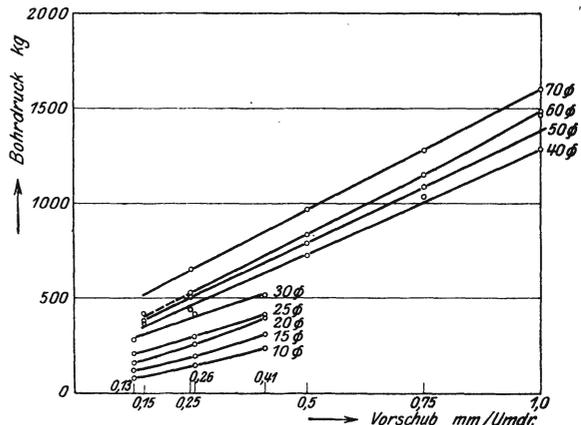


Fig. 46. Bohrdrucke beim Bohren in Gußeisen.

Durchmesser wächst, z. B. bei 0,25 Vorschub der Schnittpunkt mit der 40  $\varnothing$ -Linie nicht  $\frac{4}{2} = 2$  mal so hoch liegt wie der Schnittpunkt mit der 20  $\varnothing$ -Linie. Daher ist bei gleichem Produkt (d. s.) der Vorschubdruck geringer (und die Leistung größer), wenn d verhältnismäßig groß und s verhältnismäßig klein ist, als bei umgekehrtem Verhältnis.

#### Einfluß der Schneidenform auf Schnitt- und Vorschubkraft.

1. Spitzwinkel  $\varphi$ . Schnittdruck nimmt ab, Vorschubdruck wächst, wenn  $\varphi$  größer wird. Daher ist z. B. bei einem Zentrumborner mit  $\varphi = 180^\circ$  der Vorschubdruck unter sonst gleichen Umständen erheblich größer als bei dem gewöhnlichen Spitzbohrer.

2. Querschnide. Sie vergrößert den Vorschubdruck je nach dem Werkstoff bis um 20% und mehr; daher verringert es den Vorschubdruck so erheblich, wenn man ein Loch wenigstens so groß vorbohrt, wie die Seele stark ist. Ist eine Bohrmaschine für die vorliegende Arbeit verhältnismäßig schwach, ist solches Vorbohren zu empfehlen. Ohne Vorbohren kann die Vorschubkraft verringert werden durch Einschleifen an der Querschnide (s. Seite 33). Das wirkt besonders gut bei schmiedbarem Eisen (Stahl), bei dem es die Vorschubkraft um 15% und mehr herabsetzt, weniger stark bei Grauguß, bei dem die Verringerung nur 4÷5% beträgt.

Auch der Schnittwinkel  $\rho$  (Fig. 30) der Querschnide spielt eine Rolle. Da dieser Winkel von den Hinterschleifflächen bestimmt wird, so haben also auch diese Einfluß auf die Vorschubkraft, und zwar folgenden:

3. Hinterschleiffläche. Die Vorschubkraft nimmt in Gußeisen erheblich, in schmiedbarem Eisen (Stahl) wenig ab, wenn der Schnittwinkel  $\rho$  der Querschnide kleiner wird. Auf die Größe der Drehmomente (Schnittkraft) hat  $\rho$  dagegen keinen Einfluß. Die Größe von  $\rho$  wird durch die Hinterschleifwinkel  $\delta$  (Fig. 34) bestimmt, die allerdings, besonders an Umfang und Mitte, nicht sehr groß sein dürfen, damit die Schneide nicht ausbricht. Bei dem üblichen Anschliff wird die Vorschubkraft am geringsten, wenn Neigungswinkel  $\psi$  (Fig. 30) = etwa  $55^\circ$  ist. Jede andere Lage vergrößert die Vorschubkraft, ohne das Drehmoment zu verringern. Die für  $\psi = 55^\circ$  nötigen Größen der Hinterschleifwinkel sind früher angegeben.

### D. Bohrer beim Arbeiten.

**Verlaufen der Bohrer beim Anbohren.** Beim Anbohren nach vorgeschlagenem Körner kommt es häufig vor, daß der Bohrer verläuft. Es darf daher nur so weit angebohrt werden, daß der Kontrollkreis a (Fig. 47) noch zu sehen ist. Ist der Bohrer verlaufen, so wird mit einem Flachmeißel eine Einkerbung in die verlaufene Zentrierung b eingehauen. Der Bohrer wird an dieser Stelle eher eindringen und dadurch wieder auf Mitte gebracht.

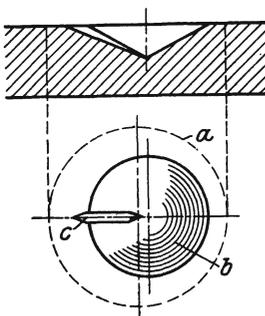


Fig. 47.

**Abnutzung der Bohrer.** Wie jede Schneide, so nutzt sich auch die Bohrerlippe beim Arbeiten ab. Die Zeitdauer bis die Schneide so stumpf geworden ist, daß sie nachgeschliffen werden muß, hängt ab von dem Werkstoff des Arbeitsstückes, von der Schnitt- und Vorschubgeschwindigkeit des Bohrers, vom Werkstoff des Bohrers (gewöhnlicher Werkzeugstahl oder Schnellstahl) und von

der Kühlung. Nie soll man solange bohren, daß die Ecke bei a (Fig. 48) oder gar die anschließende Fase stark abgenutzt oder zerstört wird. Denn da der Bohrer

nur an den Hinterschleifflächen geschliffen wird, müßte man die ganze Länge, auf der der Bohrer angegriffen ist, abschleifen. Fig. 49 zeigt an der Fase, Ecke und Lippe stark beschädigte Bohrer. Setzt sich, was bei zähem Werkstoff leicht



Fig. 48.



Fig. 49. Beschädigte Bohrer.

vorkommt, etwas an die Fase an, so kann man die Fase mit dem Ölstein wieder sauber schleifen.

**Abbrechen der Bohrer.** Die Bohrer selbst, oder die Mitnehmerlappen bei Bohrern mit kegeligem Schaft können aus folgenden Gründen brechen:

1. Wenn der kegelige Schaft in der Bohrspindel nicht fest sitzt. Das kommt vor, wenn die beiden Kegel nicht übereinstimmen, erhabene und verbeulte Stellen haben, bei einseitigem Mitnehmerschlitz oder Mitnehmerlappen, oder wenn der Bohrer zu lose in die Bohrspindel gesteckt ist (Fig. 50). In all diesen Fällen wird der Mitnehmerlappen abreißen, da er das ganze Drehmoment zu übertragen hat, das sonst völlig oder doch hauptsächlich von der Reibung im Kegel aufgenommen wird.

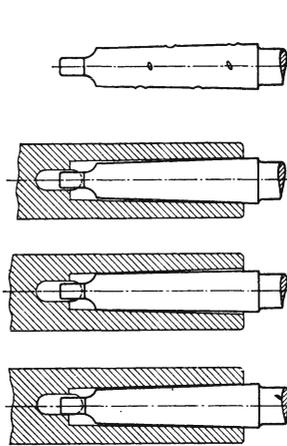


Fig. 50. Schlechter Sitz des Bohrkegels.

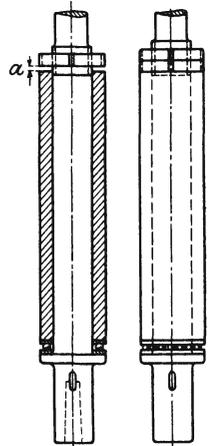


Fig. 51. Bohrspindel mit und ohne toten Gang.

2. Wenn der Bohrer zu hart ist oder zu stark beansprucht wird, ferner wenn er schlecht angechliffen oder stumpf ist.

3. Durch toten Gang in der Bohrspindel (a Fig. 51). Beim Durchbohren des Loches wird sich der Bohrer mit der Bohrspindel schneller senken als es dem Vorschub entspricht, und zwar um den toten Gang. Der Bohrer wird einhaken und brechen. Es muß daher darauf geachtet werden, daß die Bohrspindel völlig spielfrei zwischen ihren Lagern läuft.

4. Durch Federn des Maschinengestells. Wird an verhältnismäßig schwacher Maschine mit großer Vorschubkraft gebohrt, so federt das Maschinengestell, wie auf Seite 20 auseinandergesetzt, elastisch zurück. Tritt nun am Grunde des Loches die Bohrspitze aus dem Werkstoff aus, so verringert sich der Vorschubdruck und die Maschine mit Spindel und Bohrer federt wieder vor. Dadurch kann,

ebenso wie durch den toten Gang der Spindel der Vorschub erheblich vergrößert werden und der Bohrer aufspalten.

5. Durch poröse oder harte Stellen im Material (Fig. 52). Bei porösen Stellen hakt der Bohrer leicht ein, während bei harten Stellen der Widerstand plötzlich zu groß wird.

6. Durch schräge Flächen an der Durchgangsstelle (Fig. 53). Die sind hauptsächlich dann gefährlich, wenn von Hand mit Hebel und Zahnstangentrieb vor-

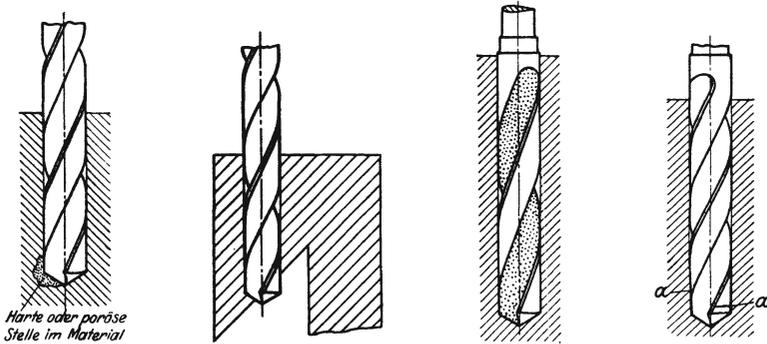


Fig. 52—55. Verhältnisse, unter denen Bohrer leicht brechen.

geschoben wird. Bei solchen Arbeitsstücken ist deshalb der selbsttätige Vorschub zu verwenden.

7. Durch Verstopfung des Dralls. Beim Bohren tiefer Löcher in Gußeisen, Stahl oder auch Messing ist der Bohrer öfter aus dem Bohrloch herauszuziehen und die Bohrung auszublasen, da sich sonst die Späne im Drall festsetzen und durch ihre Reibung an der Lochwand den Bohrer abbrechen können. Auch kommt es vor, daß der Bohrer bis über den Auslauf des Dralls eingeführt wird, so daß die Späne gar nicht heraus können (Fig. 54). Dies kann auch zum Bruch des Bohrers führen.

8. Durch zu geringe Kühlung. Bei nicht genügender Kühlung wird der Bohrer durch die auftretende Wärme an der Schneide ausgeglüht. Er nützt sich an der Fase bei a (Fig. 55) ab, wird vorn schwächer und kann infolge der dadurch auftretenden Reibung und Pressung brechen.

Viele dieser Brüche können natürlich durch Vorsicht und Achtsamkeit vermieden werden.

## E. Schleifen der Bohrer.

**Schleifen von Hand.** Spiralbohrer werden vielfach von Hand geschliffen, was grundsätzlich vermieden werden sollte.

Durch das Schleifen von Hand ist es nicht möglich, Spitze und Hinterschleifflächen richtig und besonders genau symmetrisch herzustellen; auch mit Hilfe einer Lehre ist es schwierig und nur von geschickten und verlässlichen Arbeitern zu erreichen.

Die hauptsächlichsten Fehler, die beim Schleifen von Hand vorkommen, sind folgende:

1. **Falscher Spitzenwinkel.** Der richtige Spitzenwinkel ist  $116^\circ$  (Fig. 56a); ist er zu stumpf (Fig. 56b), so steht der Bohrer nicht genügend auf Schnitt,

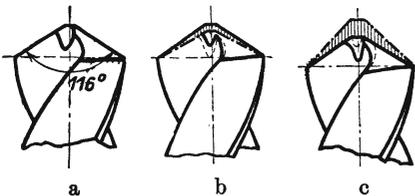


Fig. 56. Richtige und falsche Spitzenwinkel.

arbeitet sich daher nicht schnell genug in das Material hinein und verläuft sich leicht. Er braucht sehr viel Vorschubkraft und wird daher bei der hohen Beanspruchung leicht brechen.

Ist der Spitzenwinkel zu spitz (Fig. 56c), so steht die Spitze zu sehr auf Schnitt und ihre Widerstandsfähigkeit ist gering, daher schnellere Abnutzung und leichtes Ausbrechen der Spitze.

2. Ungleiche Lippenlänge und Winkel. Die Schnittkanten können ungleich lang geschliffen werden (Fig. 57a). Die Schnittkanten können ungleich

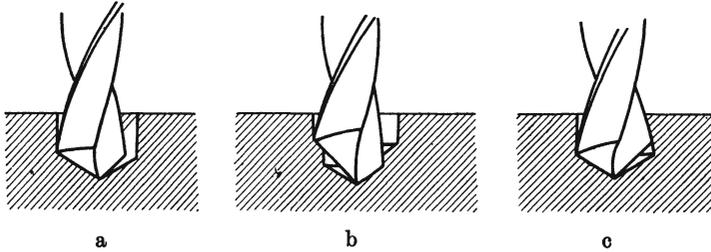


Fig. 57. Bohrer mit ungleich geschliffenen Lippen.

lang und unter verschiedenem Winkel geschliffen werden (Fig. 57b). Die Schnittflächen können bei sonst richtigem Schliff in der Mittelebene unter ungleichem Winkel geschliffen werden (Fig. 57c).

In allen diesen Fällen entsteht ein zu großer Lochdurchmesser. Das ist vor allem bei Bohrern mit Untermaß, die beim Vorbohren der Löcher zum Reiben benutzt werden, sehr ungünstig, denn es bleibt für das Reiben nicht genügend Material stehen, die Bohrung bleibt rissig, wird also nicht sauber. Der Fehler wird dann immer der Reibahle zugeschoben. Der einseitig geschliffene Bohrer wird auch zu leicht stumpf, da immer nur eine Seite schneidet; weiter verläuft er sich auch sehr leicht.

3. Falsche Hinterschleifwinkel. Die richtig geformte Hinterschleiffläche ist ein Teil eines Kegelmantels, der am Bohrerumfang einen Hinterschleif-(Anstell-)winkel  $\delta$  von etwa  $6^\circ$ , an der Seele einen von etwa  $26^\circ$  gibt (s. Seite 17). Solche Fläche, von der Fig. 58a die Abwicklung des Bohrerumfangs zeigt, kann richtig nur mit einer guten Maschine geschliffen werden.

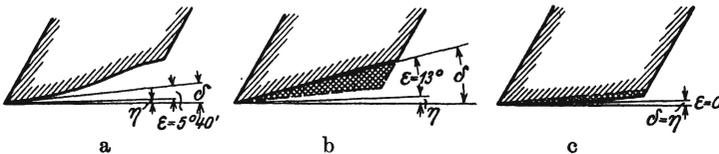


Fig. 58. Richtige und falsche Hinterschleifwinkel.

Bei einem zu spitzen Schnittwinkel, infolge eines zu großen  $\delta$  (Fig. 58b), neigt die Schneide leicht zum Einhaken und bricht aus; sie ist nicht widerstandsfähig genug. Der Bohrer wird anfangen zu rattern und kann leicht zerbrechen. Bei einem zu stumpfen Schnittwinkel, infolge eines zu kleinen  $\delta$ , (Fig. 58c) drückt die Hinterschleiffläche, es wird zu viel Kraft verbraucht, ferner wird der Bohrer zu sehr auf Knickung beansprucht und kann ebenfalls brechen.

4. Falsche Lage der Querschneide. Die Lage der Querschneide wird durch Form und Winkel der Hinterschleifflächen bestimmt (s. Seite 18). Die Querschneide soll zu den Schneiden im Winkel von etwa  $55^\circ$  liegen. Jede größere Abweichung davon, wie in Fig. 59a und 59b, ist falsch.

Müssen jedoch Bohrer von Hand geschliffen werden, so bedient man sich einer Lehre (Fig. 60), um die Schneiden einigermaßen genau zu bekommen. Es ist darauf zu achten, daß die Lehre an den wirklichen Schneidkanten anliegt.

### Spiralbohrerschleifmaschinen <sup>1)</sup>.

Die gebräuchlichste Spiralbohrerschleifmaschine ist die Washburne-Maschine. Fig. 61 zeigt ein Bild der Maschine, Fig. 62 die Lage des Bohrers

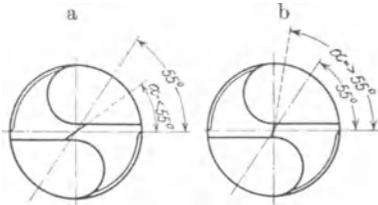


Fig. 59. Falsche Winkel der Querschnitte.

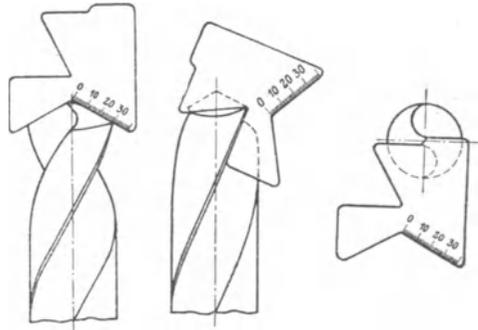


Fig. 60. Schleiflehre.

im Aufriß und den für Bohrerauflage und Bewegung nötigen Apparat im Grundriß.

Der zu schleifende Bohrer wird zwischen die Backen a und b gehalten, von denen a verschiebbar und b fest ist.

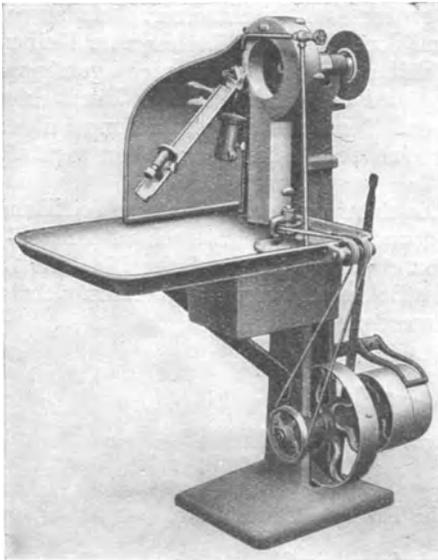


Fig. 61. Washburne-Schleifmaschine.

Die verschiebbare Backe, die zugleich als Bohrerauflage dient, wird auf den Durchmesser des Bohrers angestellt und festgeklemmt. Die feste Backe ist mit dem Drehzapfen c verbunden, dessen Mittelachse stets im Schleifkegel des jeweilig zu schleifenden Bohrers liegen muß. Ist ein Bohrer von dem Durchmesser D geschliffen worden und soll nun einer vom Durchmesser d geschliffen werden, so muß die Bohrerauflage um die Entfernung A—B in Richtung des Pfeiles verschoben werden. Um die Entfernung A—B zu erhalten, wird der Bohrer vom Durchmesser d zwischen die Backen a—b gehalten und die verschiebbare Bohrerauflage mit der Backe a an den Durchmesser des Bohrers herangeschoben und festgeklemmt. Dann wird das Schwenklager mit der Bohrerauflage, das in dem verschiebbaren Arm e drehbar gelagert ist, möglichst nahe an die Schleifscheibe m, und zwar um die Entfernung J—K

herangeschoben. In dieser Stellung kann nun der Bohrer vom Durchmesser d geschliffen werden, da nun die Achse seines Schleifkegels in der Achse des Drehzapfens liegt.

Beim Einlegen des Bohrers muß seine Schneidlippe an der Zunge f anliegen. Um den richtigen Hinterschliff zu erhalten, muß die Spitze des Schleifkegels um

<sup>1)</sup> Über Spiralbohrerschleifmaschinen von A. Wallichs und C. Barth. Werkstattstechnik 1911. S. 615.

die Entfernung  $1,9 D$  von der Bohrermitte entfernt liegen. Beim letzten Schliff ist darauf zu achten, daß die Schneidlippen gleich lang werden; die Schleifscheibe darf also nur ganz wenig greifen. Eine Zustellung erfolgt nicht mehr.

In Fig. 63 ist die Form des Hinterschliffes bei der „Washburne“-Maschine dargestellt. Man erkennt, daß bei dieser Maschine die Schneidlippe

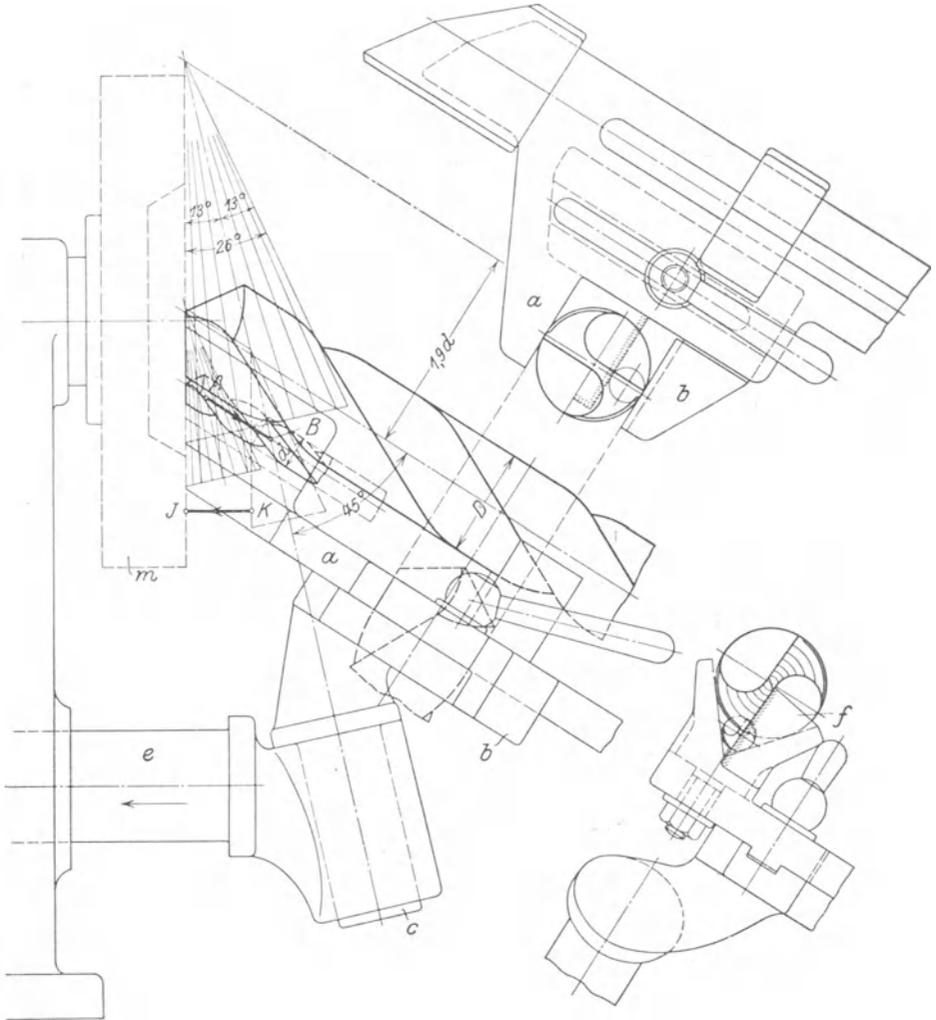


Fig. 62. Bewegung des Bohrers bei der Washburne-Maschine.

nicht von einer Kegelmantellinie erzeugt wird, sondern von mehreren (in Fig. 63 übertrieben.) Der Nachteil der Maschine liegt darin, daß sie für jeden Bohrerdurchmesser eingestellt werden muß.

Neben dieser Maschine kommt eine weitere Maschine in Frage, und zwar eine deutsche nach Patent Weißker (Fig. 64). Bei dieser Maschine ist eine besondere Einstellung auf die Bohrergröße nicht nötig. Der Bohrer wird in die Auflage a eingelegt (Fig. 65) und gegen eine nahe der Schleifscheibe b am Ende

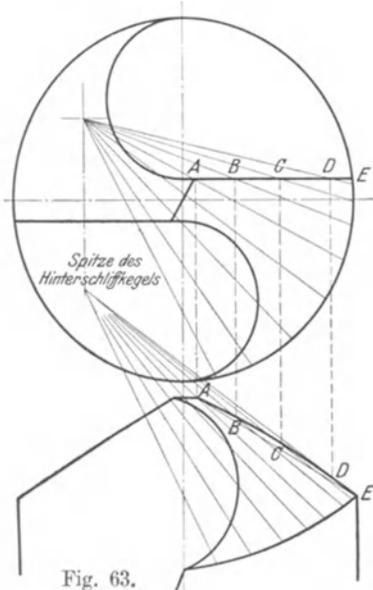


Fig. 63.

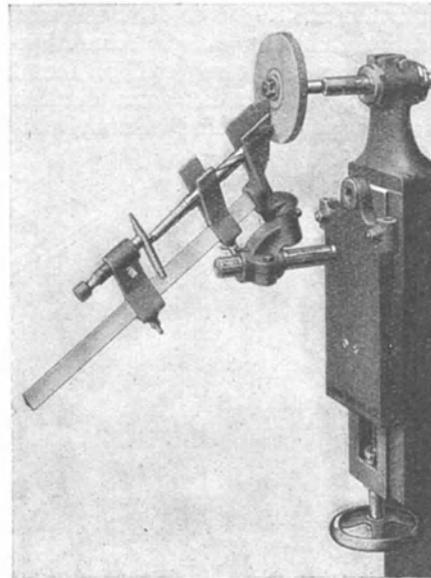


Fig. 64.

Fig. 63. Hinterschliff der Washburne-Maschine.

Fig. 64. Schleifmaschine nach Patent Weißker.

Fig. 65. Einstellung an der Weißker-Maschine.

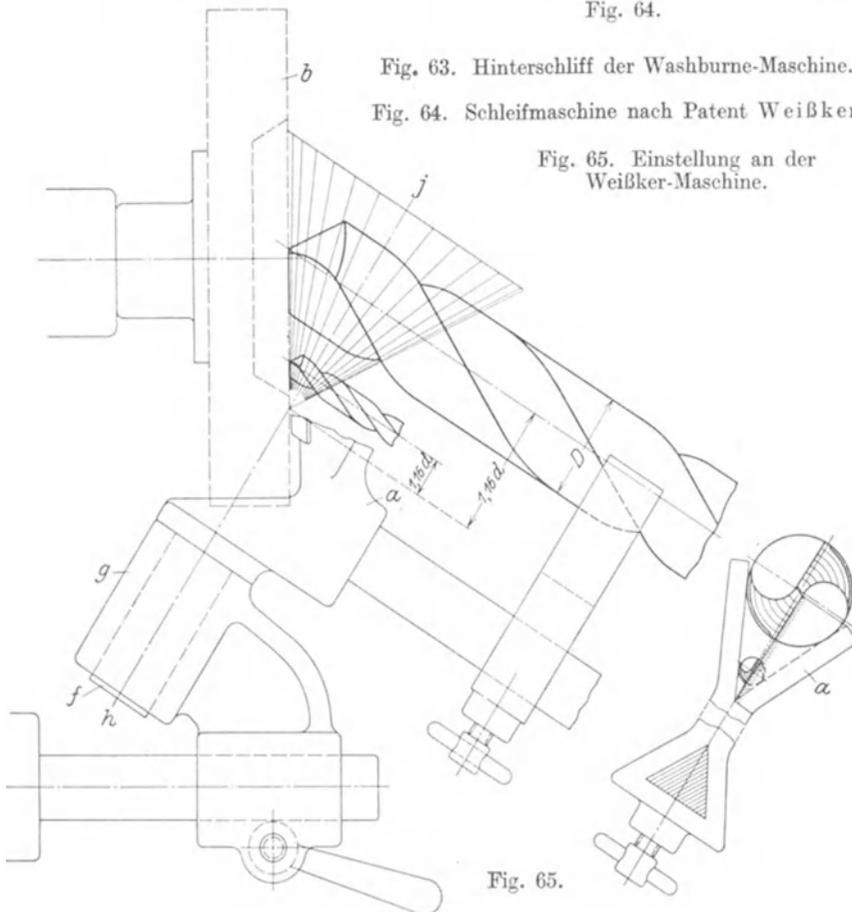


Fig. 65.

der Auflage a angebrachte Zunge angedrückt. Durch eine Anstellschraube wird der Bohrer von rückwärts gehalten bzw. der Schleifscheibe genähert (Fig. 64). Die Auflage hat einen Zapfen f (Fig. 65), der im Lager g drehbar gelagert ist. Um die Achse hj des Zapfens wird die Auflage hin- und hergeschwenkt.

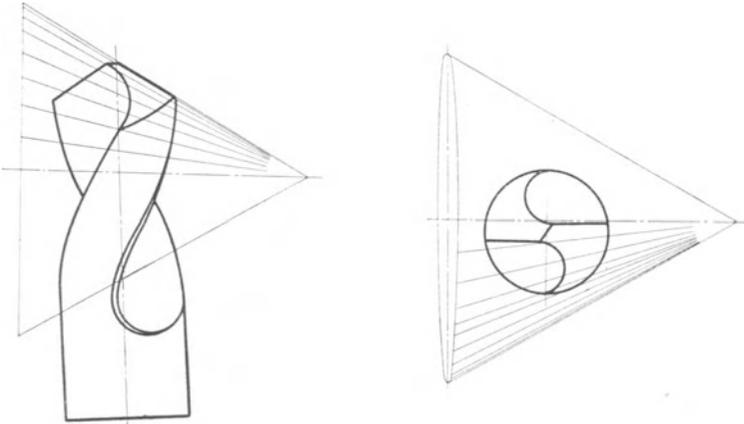


Fig. 66. Schleifprinzip der Weißker-Maschine.

Auch bei dieser Maschine muß, wie bei der vorigen, jede Bohrerlippe für sich geschliffen werden; fertiggeschliffen wird ohne Verstellung der Anstellschraube. Um den richtigen Hinterschliff zu erreichen, muß die Auflage so konstruiert sein, daß die Schleifkegelspitze um die Entfernung 1,16d von der Mitte des Bohrers entfernt liegt. Das Prinzip des Hinterschliffes ist in Fig. 66 dargestellt. Man erkennt, daß entgegen der Washburne-Maschine hier die

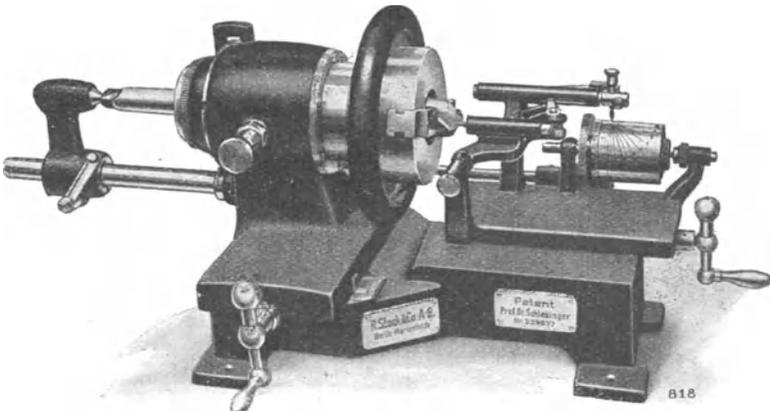


Fig. 67. Spiralbohrerspitzen-Meßmaschine.

Spitze des den Hinterschliff erzeugenden Kegels unter der Bohrer Spitze liegt, und zwar im Grundriß vor der Schneide.

Mag auch vielleicht bei allen Schleifmaschinen das Prinzip, nach dem die Hinterschleiffläche gebildet wird, grundsätzlich brauchbare Schneiden ergeben, so ist doch damit noch nicht gesagt, daß die Maschine auch tatsächlich alle Bohrer richtig schleift und daß sie das auch nach langer Benutzung und bei der Handhabung in der Werkstatt noch tut. Das muß von Zeit zu Zeit nachgeprüft werden.

Eine Prüfung nur nach dem Augenmaß oder dem Gefühl ist durchaus unzulänglich, eine exakte Prüfung aber ohne besondere Hilfsmittel nicht möglich. Ein solches Hilfsmittel ist die Spiralbohrerspitzen-Meßmaschine (Pat. Schleisinger) von A. Stock & Co. (Fig. 67). Sie kann von Bohrern jeden Durchmessers an jeder Stelle der Schneidlippe den Hinterschleifwinkel messen, indem sie vom Punkt der Lippe aus den Verlauf der Hinterschleiffläche beim Drehen um die Bohrerachse (also im Zylinderschnitt) aufzeichnet. Die Neigungswinkel der so entstehenden geraden Linien oder Kurven sind die Hinterschleifwinkel.

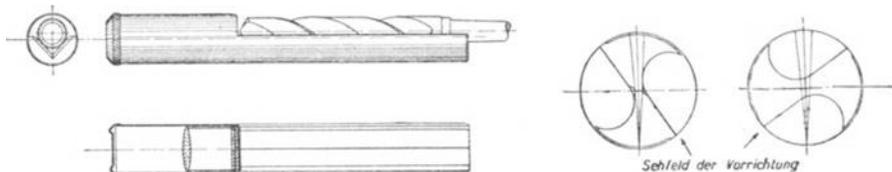


Fig. 68. Lehre für die Schneidlippen.

Da man mit den besprochenen Schleifmaschinen die Bohrerlippen leicht einseitig schleifen kann, so ist, zur Sicherheit, der Bohrer mit Hilfe einer Lehre zu kontrollieren. Eine neue optische Lehre ist in letzter Zeit in den Handel gebracht worden, mit der genau geprüft werden kann, ob die Spitze in der Achse liegt. In einer Prismenführung wird der Bohrer gehalten und die Spitze durch eine starke Lupe mit drei Strichen beobachtet (Fig. 68). Der Mittelstrich gibt die Bohrerachse an, die Seitenstriche sind lediglich Hilfsmittel, um die sym-

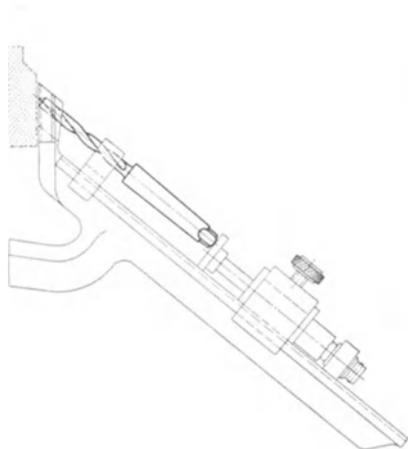


Fig. 69.

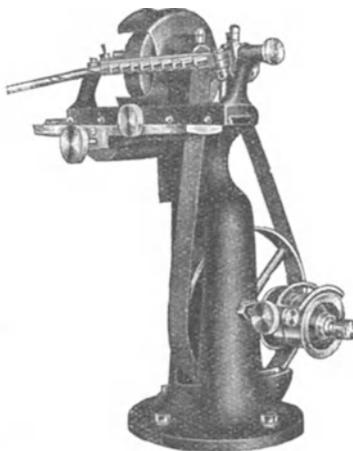


Fig. 70. Maschine von Paul Förster.

metrische Verteilung der Querschneide besser schätzen zu können. Durch Drehen des Bohrers um  $90^{\circ}$  kann ferner geprüft werden, ob die Querschneide durch die Bohrerachse geht.

Ein weiterer Nachteil der Washburne- und Weißker-Maschine ist der, daß kleine kurze Bohrer schlecht geschliffen werden können, da man sie nicht gut halten kann. Auch Bohrer mit Kegel-Schaft, bei denen der Bohrerdurchmesser kleiner ist als der Durchmesser des Schaftes, können nicht geschliffen werden, da das Prisma für die Bohreranfertigung meist keine Unterbrechung hat (Fig. 61).

Bei der Anordnung Fig. 69 können Bohrer wohl bis zu einer gewissen Länge geschliffen werden, sind sie aber kürzer als die vordere Bohrerauflage, dann müssen sie doch wieder von Hand gehalten werden.

In letzter Zeit ist eine Maschine von der Firma Paul Förster, Nürnberg-Eibach, in den Handel gebracht (Fig. 70), bei der es möglich ist, kleine und kurze Bohrer mit zylindrischem und kegeligem Schaft ohne großes Einrichten zu schleifen. Die Maschine besitzt mehrere auswechselbare Büchsenhalter. In jedem Halter sind ungefähr zehn Büchsen mit verschiedenen Bohrungen. Der Bohrer wird in die

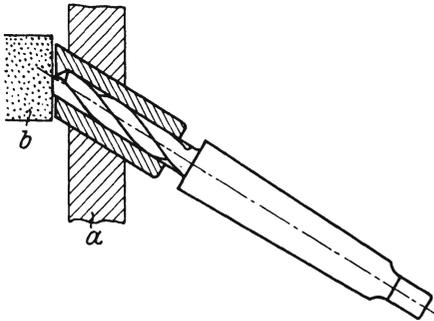


Fig. 71. Schleifen kleiner Bohrer.

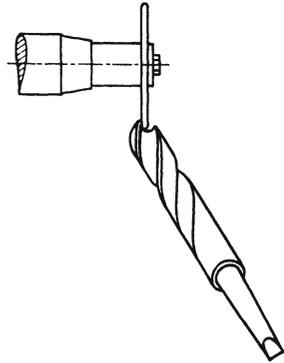


Fig. 72. Anspitzen.

entsprechende Büchse (Fig. 71) eingesteckt, und durch Schwenken des Halters wird die Kegelmantelfläche angeschliffen. Die Maschine ist einfach und vorteilhaft.

Außer diesen Maschinen werden noch verschiedene andere Konstruktionen auf den Markt gebracht, darunter auch automatisch arbeitende, doch ist hier nicht der Platz, sie alle zu besprechen.

**Anspitzen der Bohrer.** Die Seele des Spiralbohrers wird gewöhnlich, wie auf Seite 16 erwähnt, nach dem Bohrerende zu etwas stärker ausgeführt, um den Bohrer wegen der hohen Verdrehungsbeanspruchung zu versteifen. Da nun aber

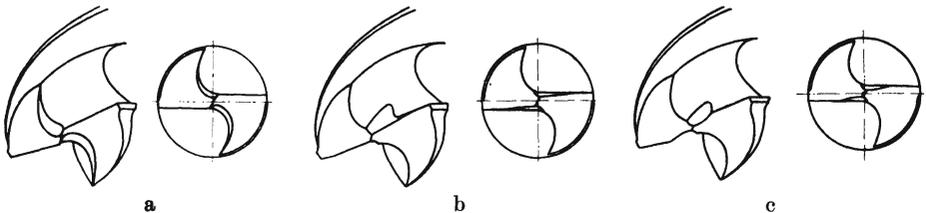


Fig. 73. Verschiedene Arten des Anspitzens.

die Vorschubkraft wächst, wenn die Seele stärker wird, so würde der Bohrer nach jedem Nachschleifen schwerer in den Werkstoff eindringen und schlechter zentrieren, wenn die Seele an der Querschnitte nicht schwächer geschliffen würde. Dieses Einschleifen („Anspitzen“) geschieht gewöhnlich an einer am hinteren Ende der Schleifspindel der Spiralbohrerschleifmaschine sitzenden Schleifscheibe, und zwar freihändig (Fig. 72), oder die Schleifmaschine besitzt eine besondere Bohrerauflage. Zu starkes Anspitzen ist schädlich, da davon die Bohrer leicht aufreißen. Nach Versuchen von Reindl lassen Anspitzformen nach Fig. 73a zwar die Schneidkanten unverändert gerade, verkürzen aber die Querschnitte nicht. Es ist zweckmäßiger, nach Fig. 73b anzuspitzen,

wodurch allerdings die Schneidwinkel etwas beeinflußt werden. Doch ist dies unwesentlich und von geringerer Bedeutung gegenüber der Gefahr der Spitzenbeschädigung. Fig. 73c zeigt eine kurze Anspitzung, die zwar die Querschneide verkürzt, aber am Übergang zur Schneidkante wieder eine scharfe Ecke schafft, die zum schnelleren Stumpfwerden neigt.

## F. Instandsetzen abgebrochener Bohrer.

Ist der Mitnehmerlappen beim Bohrer mit Kegelschaft abgebrochen, so hilft man sich am besten in der Weise, daß man die Bruchstelle abschleift und eine Kegelhülse aufsetzt und verbohrt (Fig. 74). Bei kleinen Kegeln kann man auch einen zylindrischen Schaft andrehen (Fig. 75).

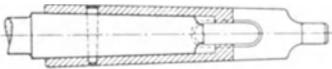


Fig. 74.



Fig. 75.

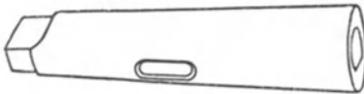


Fig. 76.



Fig. 77.

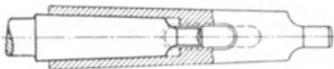


Fig. 78.



Fig. 79.



Fig. 80.

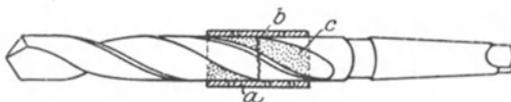


Fig. 81.

Fig. 74—81. Instandsetzen abgebrochener Bohrer.

Ein besseres Mittel sind die Kegelhülsen mit innerer Mitnehmerfläche (Fig. 76). An dem abgebrochenen Schaft (Fig. 77a) wird eine Fläche angefeilt, so daß der Schaft in die Hülse paßt (Fig. 77b). Der Bohrer ist sofort wieder verwendbar. Der Schlitz für den Keiltreiber sitzt in der Hülse etwas weiter nach vorn als bei der normalen Hülse, so daß der Bohrer auch herausgeschlagen werden kann. Diese Hülsen brauchen nicht auf dem Bohrer zu bleiben, sie können auch für andere Bohrer dieser Art verwendet werden. Sie sollten in keinem Werkzeuglager fehlen.

Fig. 78 zeigt eine andere Kegelhülse für Bohrer mit abgebrochenen Mitnehmerlappen. Für diese Hülse muß an den kegeligen Schaft des Bohrers ein neuer Mitnehmerlappen angefeilt werden. Der Kegel in der Hülse ist entsprechend kürzer und der Schlitz für den Keiltreiber sitzt weiter vorn, so daß der neu angefeilte Mitnehmerlappen wieder paßt. Diese Hülsen sind ebenfalls zu empfehlen.

Bohrer, die im Drall gebrochen sind, können in zylindrische oder kegelige Schäfte (Fig. 79) eingelötet oder durch Angießen eines Schaftes aus einer Zink-Aluminium-Kupfer-Legierung von einer Festigkeit von etwa  $14 \text{ kg/mm}^2$  wieder brauchbar gemacht werden. Fig. 80 zeigt einen Bohrer mit angegossenem Schaft. Das Angießen geschieht mit Hilfe einer patentierten Vorrichtung, die von der Firma „Scabus“ Nürnberg hergestellt wird.

Fig. 81 zeigt einen zerbrochenen Bohrer, bei dem über die Bruchstelle eine Hülse b stramm aufgezogen ist. Der Drall wird auf die Länge der Hülse mit Zinn ausgegossen. Die Hülse besitzt eine Anzahl kleiner Löcher a, in die das Zinn einläuft, wodurch die Verbindung fester wird.

In letzter Zeit werden zerbrochene Bohrer auch mit sehr gutem Erfolg mit Enden aus Maschinenstahl elektrisch stumpf zusammengeschweißt.

## G. Besondere Ausführungen von Spiralbohrern.

**Spiralbohrer mit Ölzuführung.** Zum Bohren tiefer Löcher in Stahl ist die Anwendung von Spiralbohrern mit Ölzuführung sehr angebracht. Das Öl wird durch Druck in die Ölrohre entweder von hinten (Fig. 82a u. 82b) oder seitlich (Fig. 82c) gepreßt.

Die Zuführung des Öles durch den Schaft von hinten wird vor allem bei Revolverbänken angewendet (Fig. 83). Diese Anordnung hindert das freie Schalten des Revolverkopfes nicht, während bei seitlicher Ölzufuhr zum Schalten des Revolverkopfes der Ölschlauch mit Kegel a abgehoben werden muß, was sehr umständlich ist (Fig. 84 II).

Bei Senkrechtbohrmaschinen läßt sich die seitliche Ölzufuhr dadurch er-

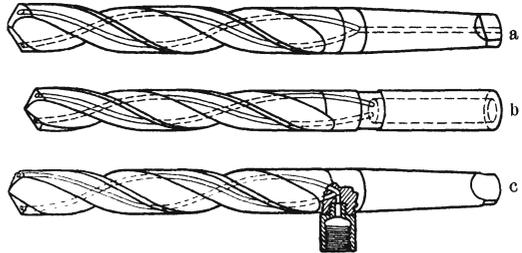


Fig. 82. Bohrer mit Ölzufuhr.

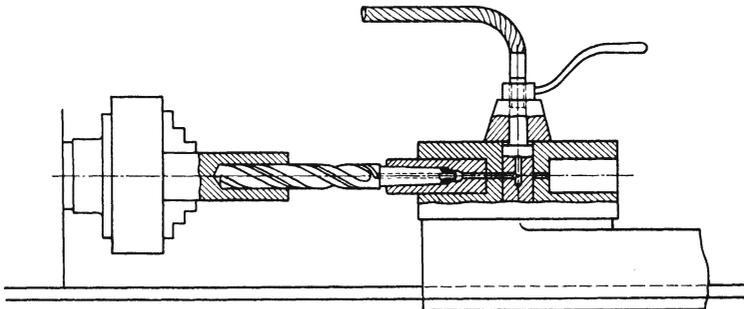


Fig. 83. Zentrale Ölzufuhr durch den Bohrer bei Revolverbänken.

möglichen, daß das Öl in einen drehbar abgedichteten Ring gepreßt wird und von da aus durch die Ölrohre fließt (Fig. 85).

Durch das Einfräsen der Nuten für die Ölrohre wird der Bohrer etwas geschwächt. Der Vorschub muß daher bedeutend geringer gewählt werden, damit der Bohrer nicht bricht und die Späne leicht aus dem Bohrloch ausfließen können. Der Vorteil ist, daß die Schneide stets gekühlt wird. Die Ölrohre müssen gut eingelötet werden, da sie sonst durch die Reibung sehr leicht aus der Nut herauspringen. Es ist zweckmäßig, die Nuten etwas tiefer einzufräsen als der Rohrdurchmesser ist,

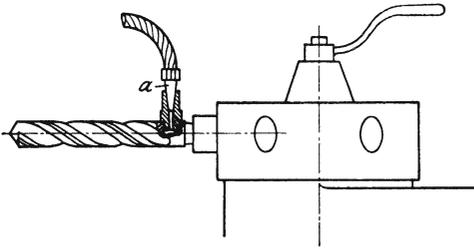


Fig. 84. Seitliche Ölzufuhr durch den Bohrer bei Revolverbänken.

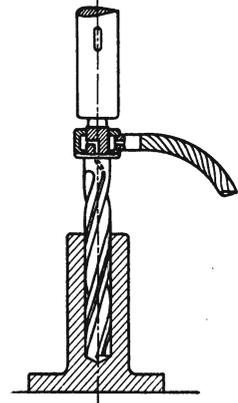


Fig. 85. Ölzufuhr bei Senkrecht-Bohrmaschinen.

da sonst die Röhrcn an der Außenwand leicht durchgerieben werden. Die Röhrcn werden mit Zinn weich eingelötet. Will man ganz sicher gehen, so müssen die Nuten etwas „unter sich“ gefräst werden, damit das Zinn einen Widerhalt findet (Fig. 86).

Es empfiehlt sich noch, beim Arbeiten diese Bohrer öfter aus dem Bohrloch zurückzuziehen, um Verstopfungen der Späne im Drall zu vermeiden.

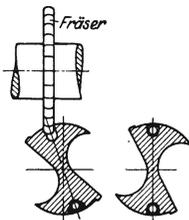


Fig. 86.

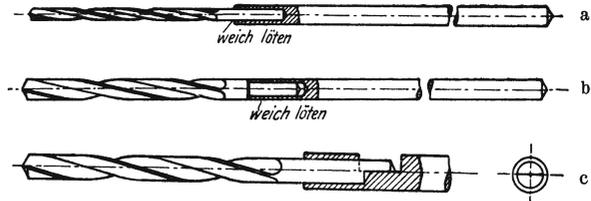


Fig. 87. Verlängerte Spiralbohrer.

**Verlängerte Spiralbohrer.** Es müssen häufig an Stellen Löcher gebohrt werden, wo der gewöhnliche Bohrer nicht ausreicht, sondern verlängert werden muß.

Fig. 87 zeigt verschiedene Bohrer Verlängerungen für Bohrer mit zylindrischem Schaft. Will man tiefe Löcher bohren, so ist die Ausführung b zu verwenden, während sonst Ausführung a besser ist, da der Bohrer am Schaft nicht geschwächt und dadurch haltbarer wird. c zeigt eine Verlängerung zum Aufstecken, wie sie in der Praxis auch häufig verwendet wird.

Für Bohrer mit kegeligem Schaft werden lange Kegelhülsen benutzt (s. Abschnitt Spannwerkzeuge).

## V. Kanonen- und Laufbohrer.

**Kanonenbohrer** dienen zum Bohren tiefer Löcher in Wellen, Spindeln usw. Die älteste und einfachste Ausführung zeigen Fig. 88 und 89. Der Bohrer ist

bei *a* abgeflacht, um die Reibung zu vermindern. Der Körner *b* wird nach dem Rundsleifen abgeschliffen. Vor dem Gebrauch des Kanonenbohrers muß erst mit einem Spiral- oder Flachbohrer eine genaue Führung geschaffen werden, damit der Kanonenbohrer sich nicht verläuft. Ein zwangsläufiges Bohren ist

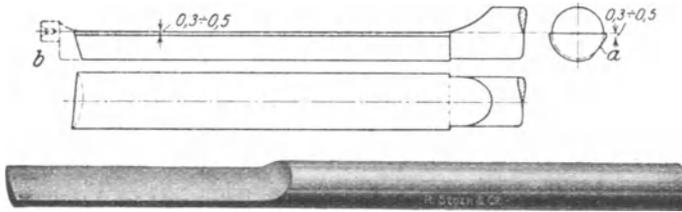


Fig. 88 und 89. Kanonenbohrer.

nicht möglich; der Bohrer wird gewöhnlich auf der Drehbank verwendet und von Hand vorgeschoben. Man muß ihn öfter aus der Bohrung herausziehen, um Öl zuzuführen und die Späne zu entfernen.

Der Lauf- oder Spindelbohrer (Fig. 90) ist eine verbesserte Ausführung des Kanonenbohrers. Er dient zum Ausbohren von Gewehrläufen, langen Boh-

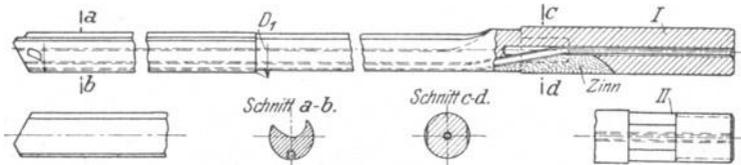


Fig. 90. Laufbohrer.

rungen in Wellen und Spindeln bis zu 70 mm Durchmesser usw. Bei diesen Bohrern dreht sich stets das Arbeitsstück, während der Bohrer feststeht; er verläuft bei dieser Anordnung nicht so leicht. Er wird auf besonderen Maschinen benutzt, den Lauf- oder Spindelbohrmaschinen (Fig. 9 u. 97).

Die Konstruktion dieser Bohrer wird beherrscht von dem Bestreben nach reichlichem Spanraum und guter Führung. Daher hat der Bohrer nur eine Schneide, die bis zur Mitte reicht und dementsprechend eine tiefe Nut, die am besten mit einem besonders zu dem Zweck konstruierten Formfräser eingefräst wird (Fig. 91 I und II). Größere Bohrer erhalten noch einen Spanbrecher (Fig. 91 II).

An der Rückseite bei *b* ist ein Ölrohr eingelötet, durch das Öl mit hohem Druck gepreßt wird, um die Schneide zu kühlen und die Späne aus dem Bohrloch herauszuspülen.

Die Bohrmaschinen sind deshalb mit kräftigen Druckpumpen versehen. Die Nut für das Ölrohr muß etwas tiefer gefräst werden als das Rohr dick ist, damit es an der Wand des Bohrloches nicht reibt. Steht es vor, wird seine Wand bald durchgerieben, so daß es undicht wird. Dann wird das Öl zum Teil vor der Schneide ausströmen und nicht mit voller Kraft die Späne aus dem Bohrloch herauspülen. Das Ölrohr muß ferner sehr sorgfältig eingelötet werden, damit es beim Bohren nicht aus der Nut herausgerissen wird. Es empfiehlt

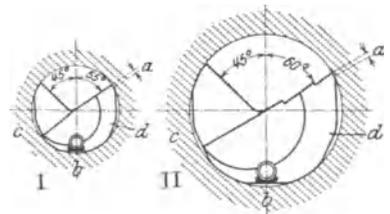


Fig. 91. Laufbohrer (Stirnansicht).

sich deshalb, die Nut für das Ölrohr etwas zu hinterfräsen (wie in Fig. 86), damit das Lötzinn besser hält.

a (Fig. 91) ist die Führungsfase, hinter der die Bohrer bei d abgeflacht (hinterfräst) sind. Es ist zweckmäßig, den Bohrer auch an den Stellen b und c abzufachen, um die Reibung zu vermindern. Die Abflachung am Ölrohr ist besonders zu empfehlen, damit das oben erwähnte Durchreiben ausgeschlossen ist.

Die Bohrer werden nach dem Härten rundgeschliffen, weil bei einer glatten Oberfläche die Reibung möglichst gering ist. Soweit die Führungsfase reicht, ist der Bohrer im Durchmesser nach hinten zu verjüngt, um die Reibung weiter zu vermindern. Die Verjüngung beträgt auf 100 mm etwa 0,1 mm.

Das Scharfschleifen geschieht von Hand oder mit Hilfe besonderer Vorrichtungen. Der Spitzenwinkel beträgt  $120^\circ$ , der Hinterschleifwinkel  $20^\circ$  (Fig. 92).

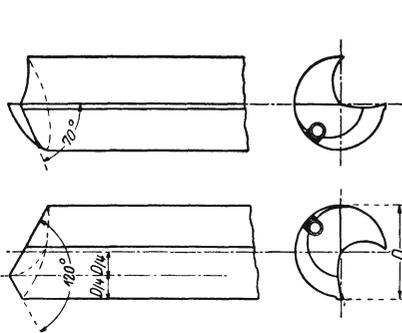


Fig. 92.

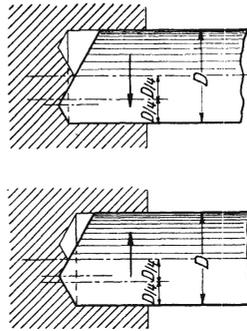


Fig. 93.

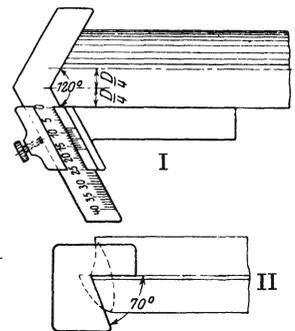


Fig. 94. Lehren für Spindelbohrer.

Die Schneidspitze muß genau im ersten Viertel des Bohrerdurchmessers liegen. Einseitig geschliffene Bohrer werden von der Mitte leicht abgedrängt und verlaufen in Richtung des Pfeiles (Fig. 93), auch tritt zu große Reibung auf, die zum Bruch führen kann. Es empfiehlt sich deshalb, beim Scharfschleifen Lehren zu benutzen (Fig. 94). Mit I läßt sich  $\frac{1}{4}$  Durchmesser bequem einstellen und zugleich der Spitzenwinkel messen; II dient für den Hinterschleifwinkel. Bei richtig geschliffenen Bohrern entsteht ein langer zusammenhängender Span; ein stumpfer oder unrichtig geschliffener Bohrer erzeugt kleine Späne oder Spänekörner, die das Kühlrohr verstopfen, wodurch die Späneabfuhr versagt und Bruch des Bohrers eintritt. Die Spanbildung hängt natürlich auch von der Festigkeit und Zähigkeit des Materials ab.

Spindelbohrer werden aus Kohlenstoff- oder Schnellstahl hergestellt. Bei Schnellstahl empfiehlt es sich, Bohrer über 18 mm Durchmesser aus zwei

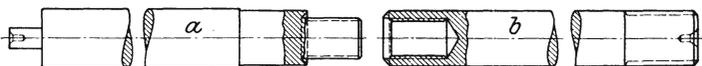


Fig. 95.

Teilen herzustellen, und zwar die Schneide aus Schnellstahl und den Schaft aus Maschinenstahl oder auch aus Rohr und sie zusammenzulöten oder zu schweißen. Fig. 95 zeigt eine mechanische Verbindung von Schneidkopf a und Schaft b. Beide Teile werden fest zusammenschraubt und dann weiter bearbeitet. Nach dem

Härten der Schneide wird die Verschraubung verlötet, wobei die Schneide auf die Länge der Schnittfase mit Lehm verschmiert wird.

Um hohe Leistungen zu erzielen, ist Schnellschnittstahl unentbehrlich, doch hat er die Unannehmlichkeit, daß das Material des Werkstückes sich sehr leicht am Bohrerdurchmesser ansetzt, wodurch der Bohrer leicht festsetzt und ein schwacher Bohrer leicht abbricht. Die Spindelbohrmaschinen besitzen jedoch meist eine Sicherheitskupplung an der Antriebsseibe (Fig. 97), die so eingestellt werden kann, daß sie bei einer größeren Kraft als zur Abhebung eines Spanes nötig ist, sofort auslöst. Sitzt dann der Bohrer fest, sei es durch Ansetzen von Material an seinem Durchmesser, sei es durch Verstopfen der Spannut, so wird das Arbeitsstück still stehen. Der Bohrer muß dann vorsichtig aus dem Bohrloch gezogen werden, möglichst ruckweise, wobei das Arbeitsstück nur wenig gedreht werden darf, damit der Bohrer nicht abbricht. Hat sich bei Schnellstahlbohrern Material angesetzt, so muß es mit einem Ölstein abgewetzt werden. Ist jedoch die Schnittfase vorn abgenützt, so muß das beschädigte Stück abgeschliffen werden, da sonst ein Weiterarbeiten wegen zu großer Reibung unmöglich ist.

Der Vorschub beträgt  $0,005 \div 0,1$  mm für 1 Umdrehung (s. Seite 63), ist also sehr gering. Er wird bedingt durch die Eigenartigkeit dieser Bohrer. Bei tiefen Löchern würden bei einem großen Vorschub die Späne aus dem Bohrloch nicht herauskommen; auch könnte der Bohrer bei seiner Länge und seiner geringen Starrheit einen größeren Vorschub nicht vertragen.

Spindelbohrer, die nur für einzelne Löcher gebraucht werden, können von einem bestimmten Durchmesser an statt des angelöteten Schaftes ein Bohrmesser erhalten. Die Messer sind auswechselbar und können verschiedene Durchmesser haben; sie werden in einem durchbohrten Schaft oder Rohr befestigt. Das Öl wird durch den Schaft unter Druck an die Schneide geführt. Die Ausführung ist ähnlich der Fig. 20, Seite 12. Es ist zweckmäßig, den Schneiden des Messers Spanbrechernuten zu geben.

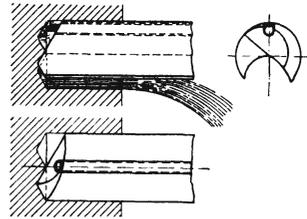


Fig. 96.

Spindelbohrer müssen beim Anbohren des Arbeitsstückes in einer Führungsbüchse geführt werden, um ein Verlaufen zu vermeiden. Es ist deshalb für jeden Bohrerdurchmesser eine Führungsbüchse nötig. Das Anbohren kann jedoch auch mit einem kurzen Spiralbohrer von gleichem Durchmesser des Spindelbohrers geschehen, indem etwa 20 mm tief eingebohrt wird, damit der Bohrer Führung hat. In diesem Falle ist eine Führungsbüchse nicht nötig.

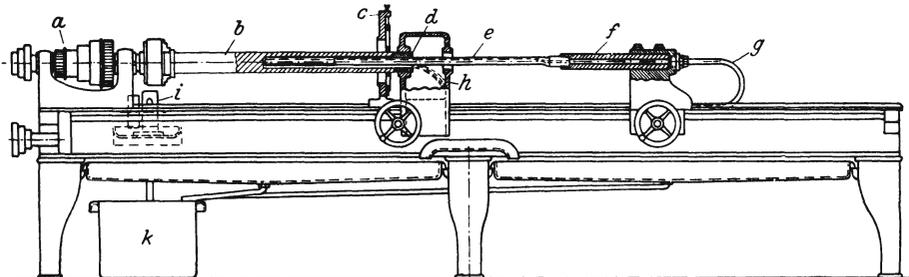


Fig. 97. Spindelbohrmaschine.

a Sicherheitskupplung, b Arbeitsstück, c Lünette, d Führungsbüchse für den Spindelbohrer, e Spindelbohrer, f Bohrerhalter, g Ölzuführungsrohr, h Öl- u. Späneauffang, i Ölpumpe, k Sammelbecken f. Öl.

Als Kühlmittel kommt dünnflüssiges Mineralöl oder Bohrröl zur Verwendung (s. Seite 59). In Fig. 96 ist der Bohrer in Arbeitsstellung gezeichnet. Die Spannut liegt unten, so daß die Späne und das Öl nach unten abfallen bzw. abfließen. Fig. 97 zeigt eine Spindelbohrmaschine mit Bohrer in Arbeitsstellung.

## VI. Hohlbohrer.

**Konstruktion der Bohrer.** Für größere Bohrungen von etwa 60 mm Durchmesser an wird man Hohlbohrer verwenden, um das viele Zerspanen zu vermeiden. Das Material der Bohrlöcher wird beim Bohren mit Hohlbohrern nicht ganz

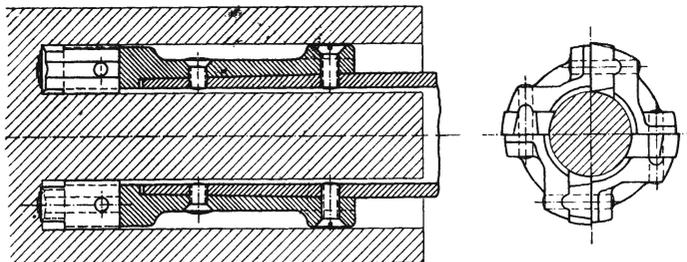


Fig. 98.

zerspannt, sondern es wird ein Kern ausgebohrt (Fig. 98), der wieder weiter verwendet werden kann.

Diese Bohrer werden ebenfalls zum Ausbohren von Wellen, Stangen, Rohren, hauptsächlich aber zum Ausbohren von Geschützrohren verwendet. Auch hierbei dreht sich das Arbeitsstück und der Bohrer steht fest.

Hohlbohrer werden gewöhnlich aus zwei Teilen hergestellt, und zwar aus dem Bohrkopf und dem Schaft, der aus einem Rohr besteht (Fig. 99). Der Schaft muß rund geschliffen sein, da er in einer Lünette geführt wird. Die

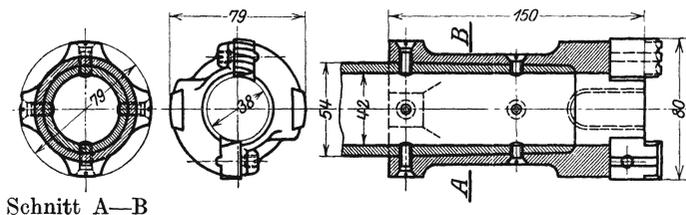


Fig. 99. Zweischneidiger Hohlbohrer.

Bohrer werden in Längen bis zu 5 m und mehr hergestellt. Die Bohrköpfe<sup>1)</sup> werden, je nach dem Verwendungszweck, besonders aber nach der Größe der Bohrung, mit 1÷16 Messern versehen.

Der Bohrkopf (Fig. 99) wird auf einem Rohr durch Kegel und Schrauben befestigt; er wird zum Bohren von Flußeisen und Stahl für Bohrungen von 60÷80 mm verwendet. Durch die rillenförmige Form der Messerschneiden werden die Späne sehr weitgehend zerteilt. Die Führungsleisten sind an der vorderen Seite um 90° versetzt angebracht.

Der Bohrkopf (Fig. 100) hat vier Messer und eignet sich für Bohrungen bis 150 mm. Die Messer sind an der Schnittfläche verschieden breit. Jedes der

<sup>1)</sup> Hohlbohrer und Messerköpfe von Valentin Litz. Werkst.-Technik. Heft 7. 1921.

Messer übernimmt ein Viertel der Spanleistung, damit die Späne schmal und klein bleiben, so daß das Druckwasser sie gut herauspülen kann. Klemmen sich die Späne fest, so neigen die Messer zum Fressen, und der Kopf läßt sich aus der Bohrung nur schwer herausbringen. Die Stellen *a* am vorderen Teile des Kopfes müssen deshalb besonders gut abgeschrägt und abgerundet werden.

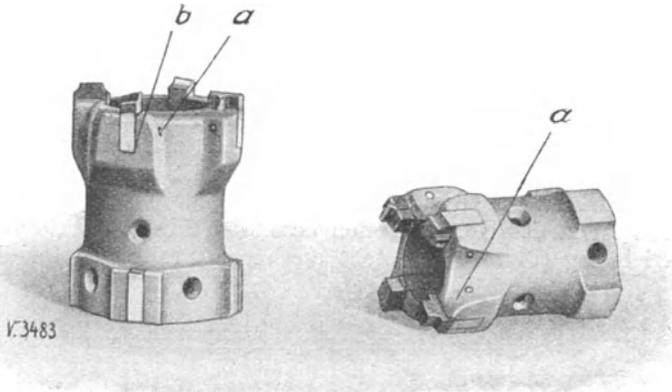


Fig. 100. Vierschneidiger Hohlbohrer.

Am hinteren Ende sind vier eingesetzte harte Führungsleisten angebracht. Da am Übergang *b* die Köpfe zum Brechen neigen, ist besonders gutes Material zu verwenden, am besten zäher Werkzeugstahl in Öl gehärtet oder Nickelstahl im Einsatz gehärtet.

Für Bohrungen bis zu 600 mm Durchmesser dienen Bohrköpfe nach Fig. 101. Die Messer der Bohrköpfe sind aus Schnellstahl fest in die Schlitze des Bohrkopfes eingesetzt und gegen Verschiebung durch halbrunde Federn auf der Rück-

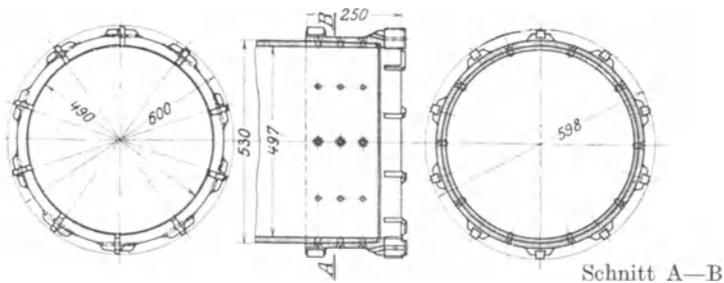


Fig. 101. Vielschneidiger Hohlbohrer.

seite gesichert. Ein Stift verhindert ihr Herausfallen beim Zurückziehen aus der Bohrung.

Die Messer sind 20—55 mm breit, je nach dem Bohrdurchmesser; jedoch schneidet nur das letzte Messer die ganze Breite, alle anderen sind gleichmäßig abgestuft an der Schneide schmäler zur Unterteilung des Spans. An der Stirnseite des Bohrkopfes sind die Messer so eingestellt, daß sie nicht zugleich anschneiden, sondern der Reihe nach. Der Höhenunterschied kann 0,1 bis 0,2 mm betragen, beim ersten Zahn auch etwas mehr.

Die Schneidwinkel sind so auszubilden (möglichst stumpf), daß die Späne in bröcklicher Form, nicht aber als fortlaufende Drehspäne abfallen, damit sie sich nicht zwischen Hohlbohrer und Werkstück festsetzen.

**Entfernen des Kernes.** Wird beim Hohlbohren das Bohrloch nicht durchgebohrt, so bleibt ein Kern stehen, der entfernt werden muß. Im allgemeinen ist es möglich, durch Eintreiben von Keilen an der Außenfläche zwischen Werkstückmantel und Kern, den Kern an dem gefährlichen Querschnitt, also in der Nähe des Bodens der Bohrung, an der gewollten Stelle abzubrechen (Fig. 102). Es verlangt allerdings eine gewisse Sprödigkeit des Materials.

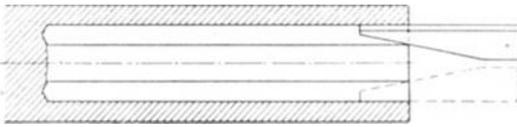


Fig. 102.

den Kern an dem gefährlichen Querschnitt, also in der Nähe des Bodens der Bohrung, an der gewollten Stelle abzubrechen (Fig. 102). Es verlangt allerdings eine gewisse Sprödigkeit des Materials. Ist das Material recht zäh oder weich, so wird es

sich biegen und nicht brechen. In solchen Fällen ist es notwendig, den stehengebliebenen Bohrkern im Grunde einzustechen.

Zum Abstechen des Kernes dienen besondere Abstechvorrichtungen<sup>1)</sup>. Die Abstechvorrichtung (Fig. 103) besteht aus einer im Bohrkopf und in Schellen

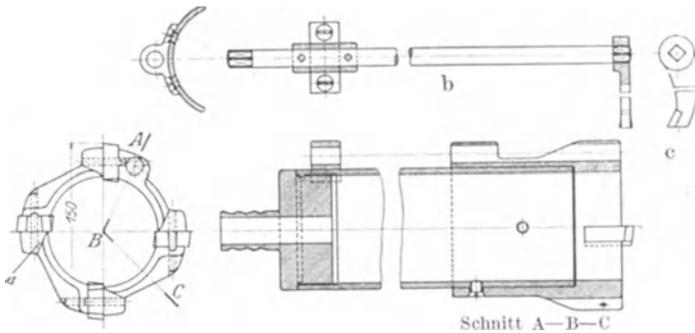


Fig. 103. Hohlbohrer mit Abstechvorrichtung.

am Rohr geführten Stange b, die vorn das Abstechmesser c trägt. Soll der Bohrkern abgestochen werden, so wird auf den Vierkant der Stange ein Hebel mit Gewicht aufgesteckt. Das Messer wird durch das Gewicht gegen den Kern gedrückt und sticht ihn ab.

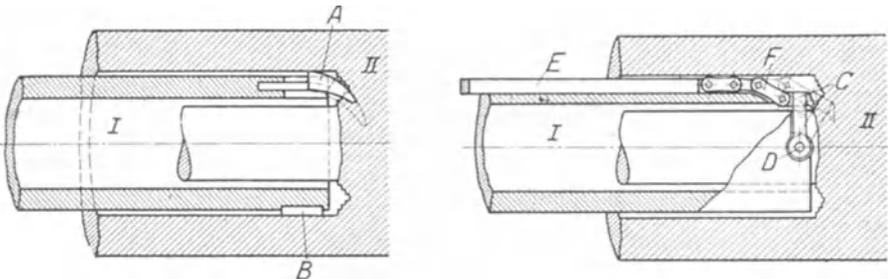


Fig. 104 und 105. Einstechvorrichtungen.

In Fig. 104 ist ein Einstechwerkzeug mit säbelförmigem Drehmesser im Hohlrohr dargestellt. An Stelle des Hohlbohrers wird ein Hohlrohr I in das Bohrloch eingeführt, in dem ein säbelförmig geformter Drehmeißel A mit rundem Schaft befestigt ist. Diesem Drehmeißel gegenüber befindet sich ein Führungsstück B, das ein Verbiegen des Rohres beim Einstechen verhindert. Die säbelförmige Form

<sup>1)</sup> Werkst.-Technik. 1921. S. 56 u. 80.

des Drehmeißels ist deshalb gewählt, weil durch die Form der Schneidmesser des Bohrkopfes eine stufenförmige Eindrehung am Grunde des Werkstückes II entstanden ist. Wird das Messer A durch Vortreiben des Hohlrohres nun so gegen diese Abstufungen gedrückt, daß es sich mit dem Rücken gegen die Abstufungen legt, so wird es sich von selbst keilartig in das Vollmaterial hineinarbeiten; dabei wird der Befestigungsschaft, der aus weichem Material bestehen muß, verbogen.

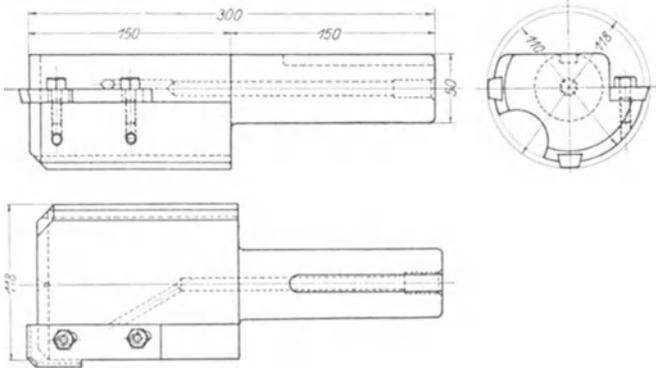


Fig. 106. Fertigbohrer mit 1 Messer.

Es genügt meist eine geringe Einstechtiefe, um den Kern dann durch Eintreiben eines Keiles abzubrechen.

In Fig. 105 ist der Einstechmeißel an einem Hebelarm C, der am Ende des Rohres drehbar befestigt ist, eingespannt. Durch Vortreiben des Hebels C durch die Vortreibstange E und Scharniere F wird eine kugelartige Fläche aus dem Material herausgearbeitet und dadurch der stehengebliebene Kern eingestochen.

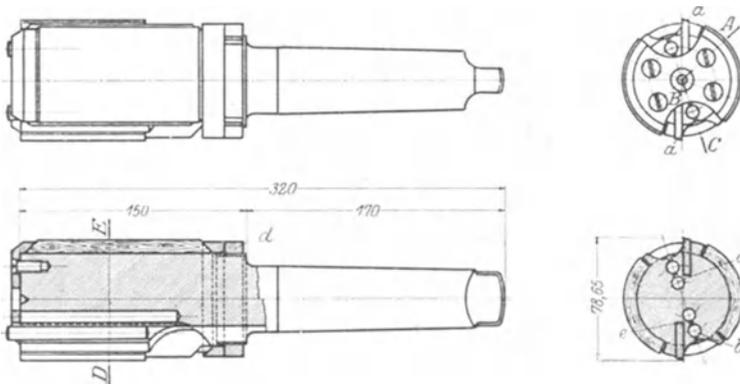


Fig. 107. Fertigbohrer mit 2 Messern.

Diese Verfahren sind selbstverständlich mühsam und zeitraubend. Der Grund liegt darin, daß der Raum zwischen Rohr und Werkstückwand naturgemäß so gering wie möglich gehalten werden muß, und weil namentlich bei längeren Werkstücken die Länge des Bohrkernes ein handlicheres Werkzeug verhindert.

**Fertigbohrer.** Zum sauberen Fertigbohren, namentlich von Geschützrohren genügen die bisher beschriebenen Bohrer nicht. Es ist hierfür ein einfacher Bohrer mit einem Schnellstahlmesser nach Fig. 106 oder eine Reibahle gebräuchlich.

Eine bessere Ausführung zeigt der Bohrkopf Fig. 107. Zwei Messer a, die einander gegenüber liegen, werden durch Stifte b festgeklemmt. Die Schlitzc im Körper erleichtern das Festklemmen. Als Führung dienen zwei Hölzer, deren

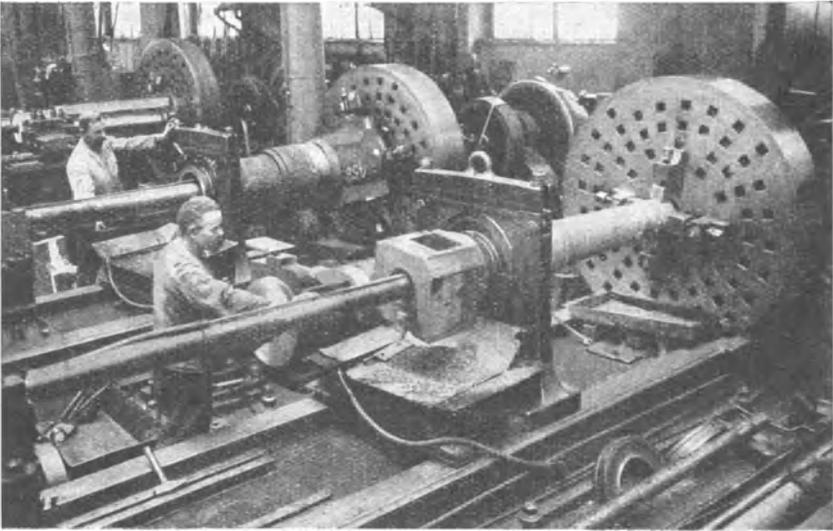


Fig. 108. Hohlbohren leichter Geschützrohre.

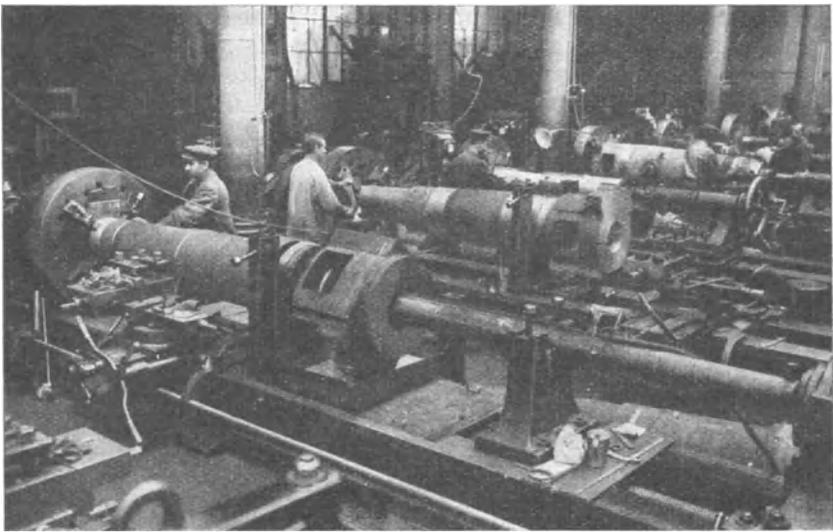


Fig. 109. Hohlbohren schwerer Geschützrohre.

schnelle Auswechselbarkeit besonders wichtig ist. Sie wird dadurch erreicht, daß die Hölzer nur durch die Kegelfläche an beiden Enden festgehalten werden; nach Lösung der Mutter d lassen sich die Hölzer herausnehmen. Für die Hölzer eignet sich am besten Pockholz, jedoch können auch einheimische Hölzer verwendet werden. Damit die Hölzer sich nicht verziehen, empfiehlt es sich, die

Bohrköpfe vor und nach dem Gebrauch in Öl zu stellen, dann können die Holzführungen nicht austrocknen.

Nachgestellt werden die Messer durch Unterlegen von dünnen Blechstreifen bei e. Dann werden die Messer in den Köpfen auf genaues Maß rundgeschliffen und scharfgeschliffen. Die Schnittflächen müssen auf das sauberste abgezogen werden.

Als Schmiermittel wird Rübölersatz oder Bohrlöl verwendet. Die Zuführungsbohrungen sind in den Figuren der Deutlichkeit halber fortgelassen.

Fig. 108 und 109 zeigen das Ausbohren von leichten und schweren Geschützrohren.

## VII. Bohrstangen.

**Allgemeines.** Die Bohrstanze wird zum Ausbohren vorgegossener Löcher und zum Nach- und Aufbohren vorgebohrter Löcher benutzt. Sie muß so stark wie möglich sein, um Durchbiegen oder Zittern zu vermeiden.

Man verwendet sie:

1. feststehend bei umlaufendem Arbeitsstück und
2. umlaufend bei feststehendem Arbeitsstück.

Feststehende Bohrstangen werden hauptsächlich auf Dreh- und Revolverdrehbänken, umlaufende auf Wagerecht- und Senkrechtbohrmaschinen benutzt.

Weiter werden die Bohrstangen noch in freitragende und geführte unterteilt. Unter freitragenden Bohrstangen versteht man diejenigen,

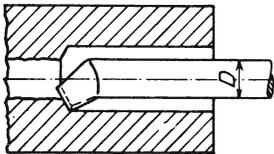


Fig. 110.

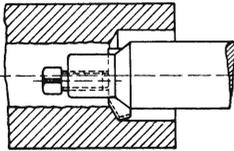


Fig. 111.

Zu Fig. 112.

D	d	l	e	c	f
10	8	11	4	5	—
12	10	12	4	5	—
14	12	13	5	6	—
16	13	14	6	6	—
18	14	15	6	6	—
20	15	15	6	6	—
22	16	16	6	8	—
26	18	18	8	8	—
32	22	20	10	10	—
38	26	22	12	10	2
50	34	24	14	12	4

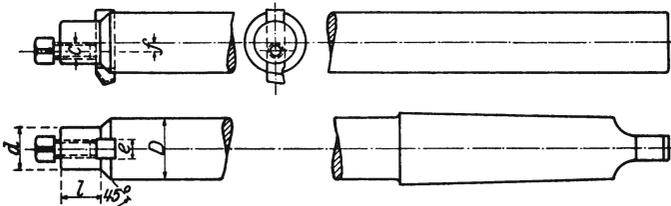


Fig. 112. Bohrstanze für durchgehende Löcher.

die im Schaft eingespannt und vorn am Stahl nicht unterstützt sind. Sie müssen besonders kräftig und in den Abmessungen so gehalten sein, daß sie der jeweiligen Bohrung entsprechen. Sie werden für durchgehende und Sacklöcher verwendet auf Drehbänken, Revolverdrehbänken, Wagerecht- und Senkrechtbohrmaschinen.

Geführte Bohrstangen sind an beiden Seiten geführt, und zwar ist eine Seite festgespannt, während die andere Seite in einer Büchse läuft. Diese Bohrstangen müssen genauen Durchmesser haben, damit sie in die Führungsbüchse bzw. Bohrung des Werkstückes passen.

**Der Bohrstahl (Fig. 110).** Der Bohrstahl wird nur zum Aufbohren für kleine Bohrungen von 4–20 mm verwendet, wenn passende Werkzeuge, Bohrer usw. nicht vorhanden sind, und besonders um verlaufene, mit dem Bohrer gebohrte Löcher gerade und fluchtend nachzubohren.

**Freitragende Bohrstange.** Sie besteht aus einem Schaft aus Maschinenstahl, in dem ein kleiner vierkantiger oder runder Bohrstahl aus Werkzeugstahl eingesetzt und durch Druckschraube festgehalten wird.

In Fig. 111–117 sind freitragende Bohrstangen für durchgehende und Endlöcher dargestellt. Für durchgehende Löcher eignet sich zum Schruppen die

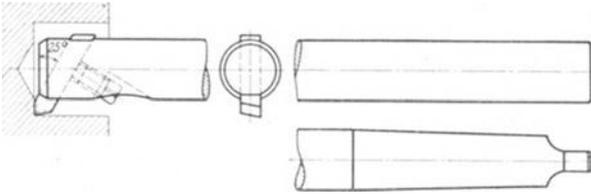


Fig. 113. Bohrstange für Sacklöcher.

Bohrstange Fig. 112 besonders gut, da der Spanndruck den Stahl nicht so leicht verschieben kann. Der Zapfen für die Druckschraube muß schwächer sein als der Schaft, um die Bohrstange in vorgegossene Löcher leicht einführen zu können. Zur Ver-

stellung des Stahles ist es vorteilhaft, eine Stellschraube anzubringen (s. Fig. 123, Seite 49).

Bei Bohrstangen für Endlöcher muß der Stahl schräg liegen, um bis auf den Grund bohren zu können. Fig. 113 zeigt Ausführungen mit zylindrischem und kegeligem Schaft. Die Durchmesser sind dieselben wie in Fig. 112.

Fig. 114 zeigt ebenfalls eine Bohrstange für Endlöcher, doch mit Feineinstellung des Stahles. Für kleinere Durchmesser bis zu 26 mm werden zum

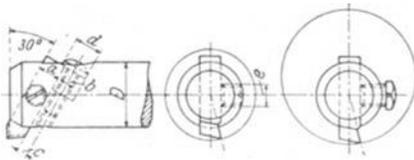


Fig. 114.

Fig. 115.

Bohrstange für Sacklöcher.

Zu Fig. 114 u. 115.

D .	a	c	b	d	e
20	6	3,5	6	10	6
22	6	3,5	6	10	6
26	8	3,5	6	10	8
32	10	4,5	6	12	10
38	12	4,5	6	12	10
50	14	5,5	8	15	12

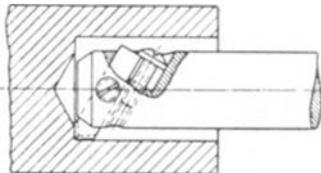


Fig. 116.

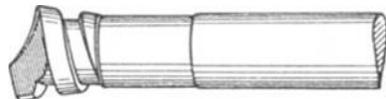


Fig. 117.

Festspannen des Stahles Madenschrauben verwendet, für größere Durchmesser über 30 mm Vierkantschrauben mit flachem Kopf (Fig. 115). Fig. 116 zeigt die Anwendung dieser Bohrstange.

In Fig. 117 ist in einem Schaft ein gewindeartiger Kopf eingeschraubt, von solcher Form, daß der Schnittwinkel des Schneidzahnnes stets gegeben ist.

Die Schneide wird nur von oben (auf der Brustfläche) geschliffen; die Rückenfläche behält dadurch von selbst immer ihren richtigen Winkel (Anstellwinkel).

Die Herstellung dieser Bohrstangen ist allerdings schwieriger als die mit einfachen Bohrstählen. Die Bohrstange ist ein Patent der Scelton Tool Co., Syracuse N. Y. (Amerika).

**Geführte Bohrstangen.** Geführte Bohrstangen werden hauptsächlich in der Senkrecht- und Wagerechtbohrerei verwendet bei Werkstücken, bei denen mehrere Bohrungen hintereinander liegen und fluchten müssen, oder bei großen Bohrungen.

Sehr häufig wird die Führungsbohrstange auch bei größeren Bohrvorrichtungen gebraucht (Fig. 118). Bei kleinen Werkstücken, die auf Wagerechtbohrwerken gebohrt werden und bei denen hintereinander liegende Bohrungen (Fig. 120) zu bohren sind, wird das erste Loch erst gebohrt und gerieben, dann wird in dieses Loch eine Führungsbüchse eingesetzt, in der sich die Bohrstange führt; dann wird die zweite Bohrung nachgebohrt, damit sie fluchtet.

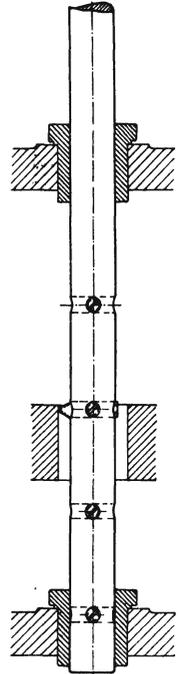


Fig. 118.

Zu Fig. 119.

Bohr- stangen Ø	L								a	b	d	i	Morse-K.
	100	125	150	175	250	350	500	650					
12									15	60	4	4	2
14									15	60	5	5	2
16									15	60	6	6	2
18									15	70	6	6	2
20									15	70	8	6	2
22									15	70	8	8	2
25	150	200	250	300	450	600	750	900	15	75	10	8	3
28									15	75	10	8	3
32									15	75	14	10	3
36									20	75	14	10	4
40									20	80	14	10	4
45									20	80	16	12	5
50									20	80	16	12	5

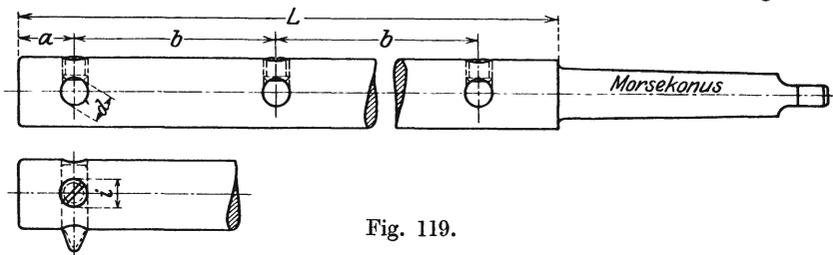


Fig. 119.

Die Führungsbohrstangen werden bis zu 1 m Länge im Einsatz gehärtet, damit sie eine harte Oberfläche bekommen und sich nicht so leicht festfressen. Längere Stangen werden nur an der Führung gehärtet.

Führungsbohrstangen nach Fig. 119 mit mehreren Löchern für Bohrstähle eignen sich für allgemeine Zwecke, von 30 mm Durchmesser ab haben sie zweckmäßig Feineinstellung.

**Einsteckstähe für Bohrstangen.** Die Stähle können rund oder vierkantig sein; beide Ausführungen sind gebräuchlich. Für Bohrstangen, die in der Dreherei und Revolverdreherei verwendet werden, empfiehlt es sich, vierkantige Stähle

zu verwenden, da die abgenutzten Einsteckstähle von Drehstahlhaltern dann für Bohrstangen weiter benutzt werden können. Bei runden Bohrlöchern ist die Herstellung der Bohrstange einfacher, vor allem wenn sie stark ist, da sich die Vierkantlöcher dann nur schwer einarbeiten lassen. Dafür ist allerdings das Widerstandsmoment der quadratischen Stähle größer als das der Rundstähle von gleichem Querschnitt.

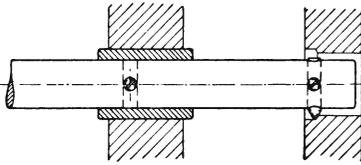


Fig. 120.

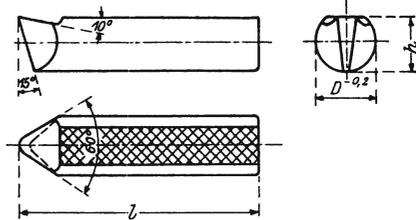


Fig. 121. Einsteckstahl.

Zu Fig. 121.

Stahl Ø	l																h	Für Bohrstangen Ø
4	12	14															3,5	10—12
5		14	18														4,5	13—15
6			18	22													5,5	16—19
8				22	26	30											7	20—23
10					26	30	35	40									8,5	24—30
12						35	40	45	50								10,5	31—35
14							40	45	50	55	60						12,5	36—44
16								50	55	60	70						14,0	45—54
18									60	70	80	90					16,0	55—62
20										70	80	90	100				17,5	63—70
22											80	90	100	110			19,5	71—80
25												90	100	110	125	150	21	81—100

Es empfiehlt sich, die Bohrstähle an der Druckschraubenseite zu riefen, damit der Stahl sich nicht so leicht verschiebt, besonders wenn Madenschrauben benutzt werden.

In der Zahlentafel zu Fig. 121 sind Abmessungen der Bohrstähle angegeben. Die Durchmesser sind so gewählt, daß die Einsteckstähle zum Abflachen von Naben, die weiter aus der Bohrstange hervorstehen und deshalb auch stärker sein müssen, gut verwendet werden können (s. Heft 16: Senken).

Fig. 122 zeigt die Anordnung der Druckschrauben. Für Führungsbohrstangen verwendet man gewöhnlich Madenschrauben (I), die nicht über den Durchmesser der Bohrstange vorstehen dürfen, da sie sonst beim Einführen in eine fertige Bohrung hinderlich sind. Für Bohrstangen zum Schruppen werden vorteilhafter Vier-

Zu Fig. 122.

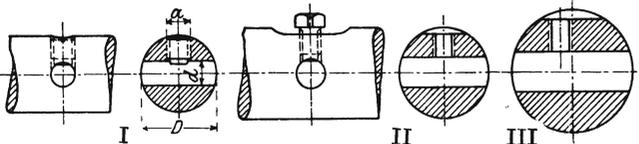


Fig. 122.

D	d	a
15	5	5
16—19	6	6
20	8	6
22—23	8	8
24—30	10	8
31—35	12	10
36—44	14	10
45—54	16	12
55—62	18	14
63—70	20	14
71—80	22	16
81—100	25	16

kantschrauben mit flachem Kopf verwendet, mit denen der Stahl fester angezogen werden kann. Bei stärkeren Stangen wird noch eine Abflachung an die Bohrstange angefräst (II und III), damit die Schraube nicht zu weit vorsteht. In der Tabelle sind die Durchmesser der Druckschrauben angegeben.

Zum Verstellen des Stahles und um denselben vor dem Zurückschieben beim Arbeiten zu schützen, können bei Bohrstangen über 30 mm Durchmesser Stellschrauben nach Fig. 123 angebracht werden. Sie bewähren sich sehr gut vor allem bei der Feineinstellung des Stahles.

Zu Fig. 123.

D	d	a	l	h	e	i
31—35	12	6	12	20	10,5	7
36—40	14	6	12	20	11,5	7
41—44	14	8	15	25	12,5	8
45—54	16	8	15	25	13,5	8
55—62	18	10	18	30	15,5	10
63—70	20	10	18	30	16,5	12
71—80	22	12	23	35	18,5	14
81—100	25	12	23	35	20	16

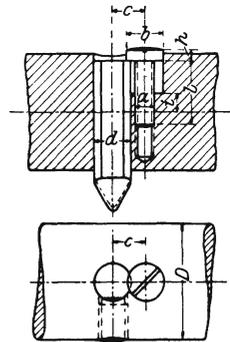


Fig. 123.

Die beschriebenen Bohrstangen arbeiten alle mit einem Stahl, daher einseitig. Beim Schruppen wird die Bohrstange mehr oder weniger durch den Schnittdruck abgedrückt, falls sie nicht kräftig genug ist. Um dies zu vermeiden, werden auch doppelseitig schneidende Bohrmesser verwendet (Fig. 124). Da

Zu Fig. 124.

D	a	b	c	d	e	f	i
12—13	4	30	11	6	20	10	11
14—15	5	32	12	7	22	10	12
16—19	5	35	15	7	25	10	15
20—24	6	40	19	9	28	12	19
25—30	7	46	23	9	32	14	23
32—38	8	52	31	10	36	16	31
40—46	10	62	38	11	42	20	38
48—54	12	62	44	12	42	20	44
55—65	14	72	50	12	50	22	50
70—80	16	84	65	14	58	26	65
85—100	18	84	80	14	58	26	80

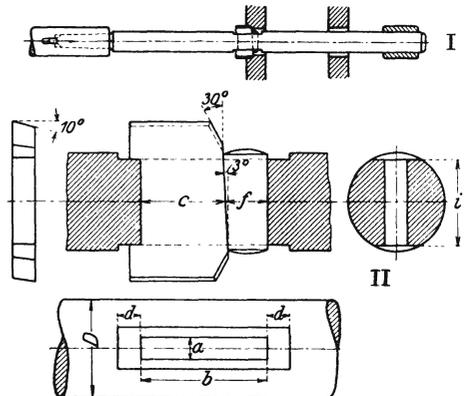


Fig. 124. Bohrstange mit zweischneidigem Messer.

sich diese Messer im Durchmesser sehr leicht abnützen und nicht verstellen lassen, so müssen Schrupp- und Schlichtmesser verwendet werden. Durchmesser und Anschnitt müssen gleichmäßig geschliffen sein, da sonst die Messer einseitig schneiden. Die Messer müssen leicht auswechselbar sein. Es ist deshalb wichtig, daß Maße  $c$  und  $f$  (Fig. 124 II) des Messers und Keiles und Maß  $b$  des Schlitzes der Bohrstange bei allen Messern, Keilen und Stangen gleich und nach Lehren hergestellt sind. Die Keile müßten sonst sehr verschieden sein, was für einen allgemeinen Zweck sehr umständlich und zeitraubend wäre. Auch das Maß  $i$  muß bei Messer und Stange überall gleich sein, damit beim Fertigbohren das Messer nicht einseitig sitzt und dadurch die Bohrung zu groß wird.

Mit diesen Bohrstangen können auch zugleich die Naben angeschnitten werden durch Verwendung von Messern mit geraden Schnittflächen (s. Heft 16:

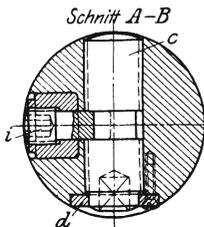
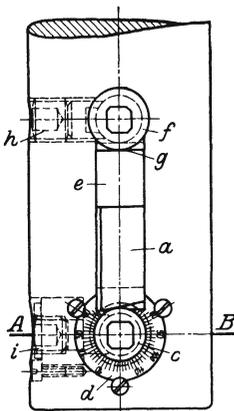


Fig. 125.

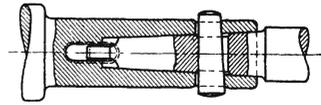
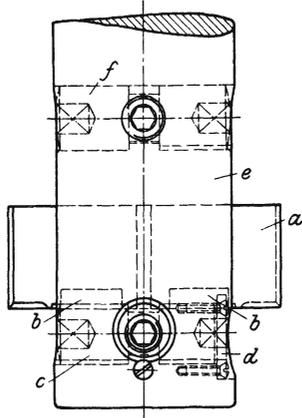


Fig. 126.

Senken). Dies ist jedoch auch mit der Bohrstange mit runden oder Vierkantstäben möglich, und zwar durch Einsetzen eines besonderen Stahles.

Die Herstellung der Bohrmesser nach Fig. 124 und der dazu passenden Stangen ist jedoch bedeutend schwieriger und teurer als der einfacher Einsteckstäbe, auch ist der Verbrauch von Schnellstahl bei größeren Messern sehr groß, ferner brechen die Messer aus Schnellstahl auch sehr leicht.

In Fig. 125 ist eine Bohrstange mit verstellbarem Messer dargestellt (Patent der Expansion Boring Tool Company in Detroit, Michigan). Die Bohrstange besitzt zwei Messer aa, in die je ein Gewindestück bb eingesetzt ist. Mit Hilfe der Spindel c werden die Messer verstellt. Eine Skala d dient zur Feineinstellung. Auf dem Rücken der Messer befindet

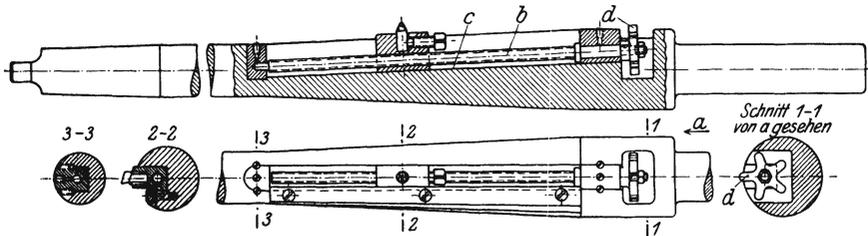


Fig. 127. Bohrstange für kegelige Löcher.

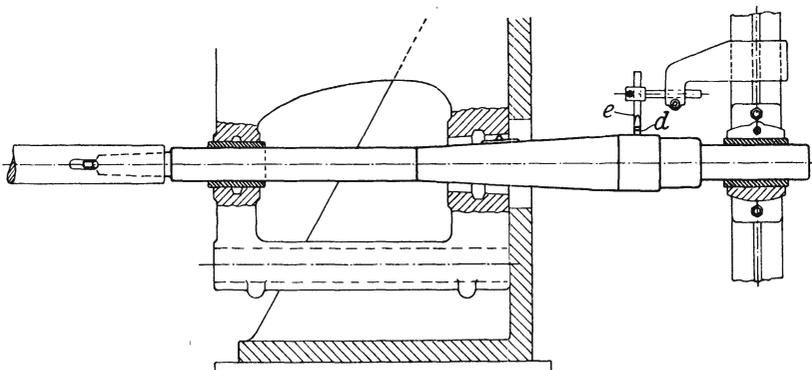


Fig. 128. Bohren kegelliger Löcher.

sich ein Druckstück e, das durch eine Spindel f, deren Zylindermantelfläche an der Stelle g abgeflacht ist, angepreßt wird. Damit sich beim Bohren die

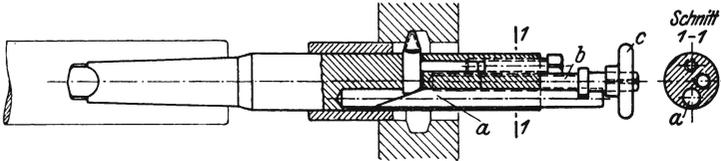


Fig. 129. Bohrstanze für Ölkammern.

Spindeln c und f nicht lösen werden zur Sicherheit die Druckschrauben h und i angezogen. Die Messer können mit Hilfe einer Mikrometereinteilung auf genauen Durchmesser eingestellt werden.

**Befestigung der Bohrstanze in der Arbeitsspindel.** Durch die Erschütterung beim Ausbohren großer Bohrungen kommt es häufig vor, daß sich die Bohrstanze in der Arbeitsspindel löst oder beim

Rückwärtsschneiden aus der Arbeitsspindel herauszieht. Um dies zu vermeiden, wird der Kegel der Bohrstanze durch einen Querkeil Fig. 126 befestigt.

**Sonderbohrstangen.** Für verschiedene Zwecke, z. B. für das Ausbohren von Ölkammern oder für kegelig Bohren sind Sonderbohrstangen erforderlich.

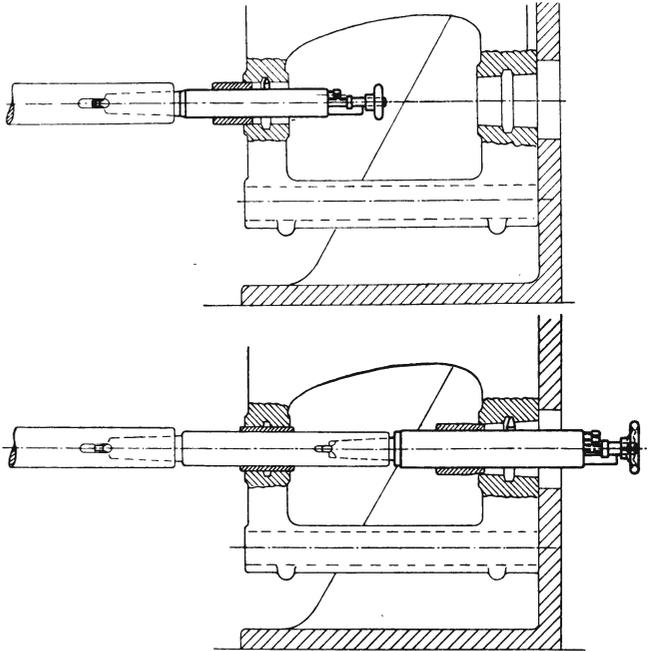


Fig. 130 und 131. Ausbohren von Ölkammern.

In Fig. 127 ist eine Bohrstanze zum Bohren kegelliger Löcher, in Fig. 128 ihre Anwendung dargestellt. Durch einen Schaltstern d, der an einen Anschlag e

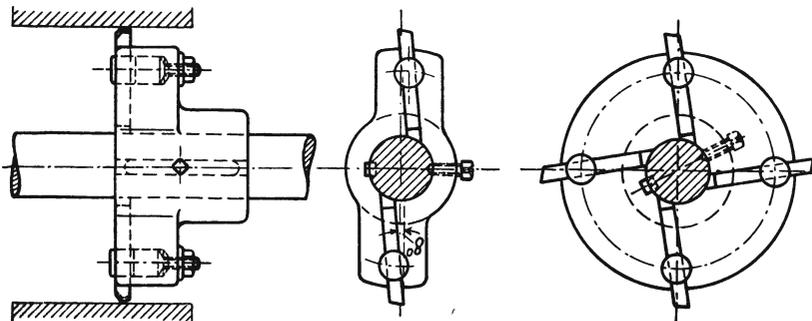


Fig. 132. Bohrköpfe mit 2 und 4 Stählen.

(Fig. 128) bei jeder Umdrehung der Bohrstange anschlägt, wird der Bohrstahl um einen Bruchteil der Steigung der Vorschubspindel *b* (Fig. 127) — hier um ein Fünftel, weil der Schaltstern fünfteilig ist — vorgeschoben. Ist die Bohrung fertig, muß der Bohrstahl zurückgeschraubt werden. Die Bahn *c* muß genau mit dem auszubohrenden Kegel übereinstimmen.

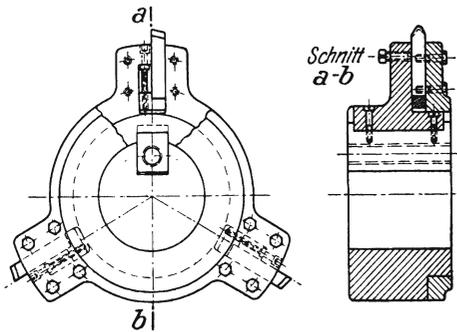


Fig. 133. Bohrkopf mit Feineinstellung der Stähle.

Zum Ausbohren von Ölkammern dient die Bohrstange Fig. 129. Der Stahl wird durch einen Keil *a* mit Schraube *b* und Handrad *c* vorgeschoben. Die Druckschraube für den Bohrstahl wird so angestellt, daß der Bohrstahl sich noch schieben läßt. Ist die Ausdrehung tief genug, dann wird die Druckschraube gelöst und der Stahl fällt beim Zurückziehen des Keiles von selbst zurück. Das Werkzeug ist einfach und hat sich gut bewährt. Fig. 130 und 131 zeigen Anwendungsbeispiele.

**Bohrköpfe.** Zum Ausbohren großer Bohrungen in Zylindern usw. werden Bohrköpfe (Fig. 132 und 133) verwendet. In Fig. 133 haben die Stähle Feineinstellung.

Die Bohrköpfe werden auf Bohrstangen entweder als wandernd (Fig. 134 und 135) oder fest (Fig. 136) oder fest und mit der Bohrstange verschiebbar (Fig. 137 und 138) aufgesetzt (Collet und Engelhardt, Offenbach a. M.).

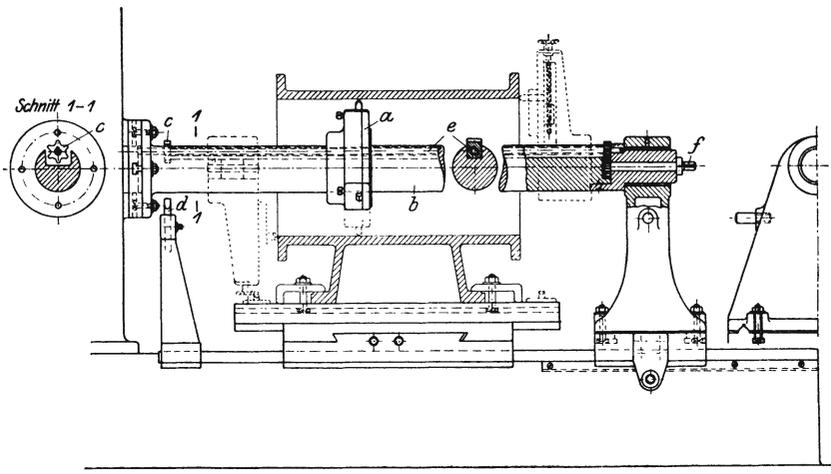


Fig. 134. Bohrstange mit wanderndem Bohrkopf.

Bei dem wandernden Bohrkopf ist die Bohrstange nicht verschiebbar, sondern der Bohrkopf schiebt sich auf der Bohrstange *b* (Fig. 134) durch Schaltstern *c* und festen Anschlag *d*. Der Vorschub beträgt für jede Umdrehung der Bohrspindel ein Sechstel der Steigung der Vorschubspindel *e*, weil der Schaltstern sechsteilig ist. Das Zurückbringen des Stahles in die Anfangsstellung geschieht durch Drehen des mit einem Zahnrad versehenen Bolzens *f*.

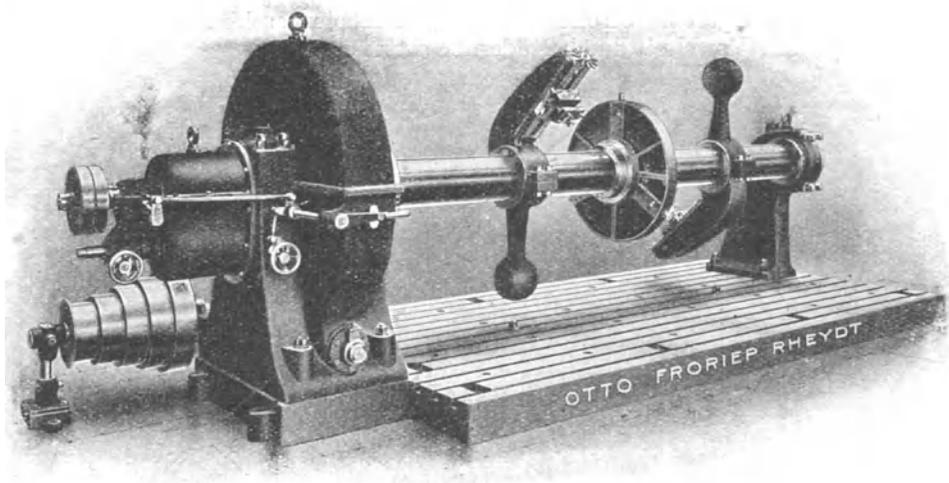


Fig. 135. Maschine mit wanderndem Bohrkopf.

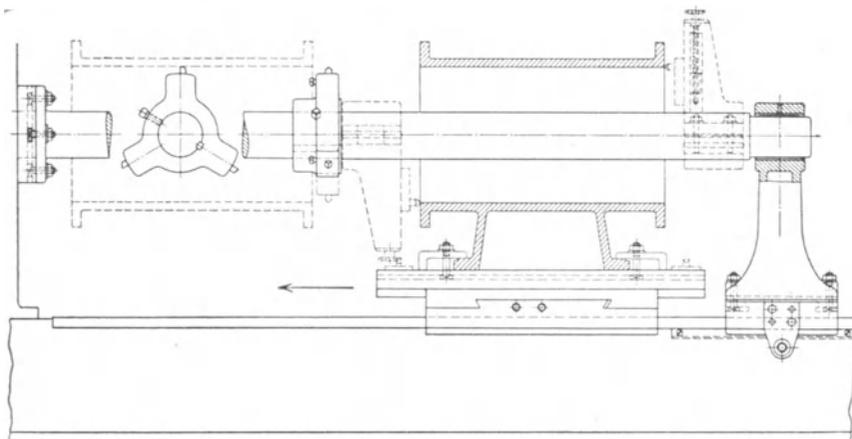


Fig. 136. Bohrstange mit festem Bohrkopf.

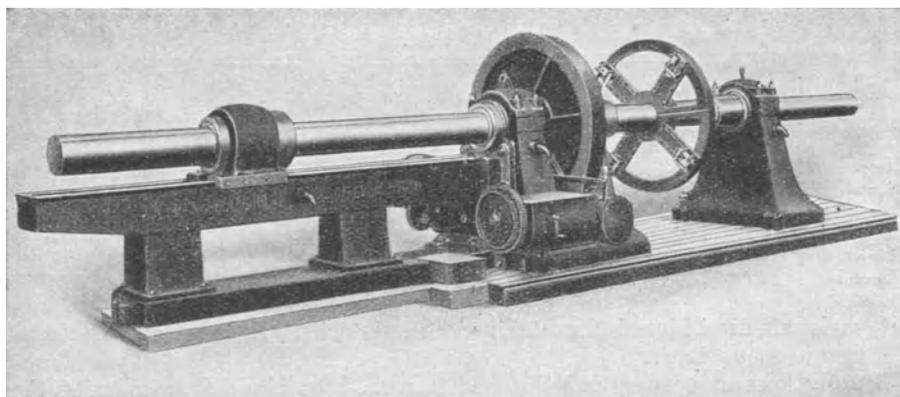


Fig. 137. Maschine mit verschiebbarer Bohrstange.

Fig. 135 zeigt eine besondere Zylinder-Ausbohrmaschine mit wanderndem Bohrkopf, mit Vorschub durch Räderübersetzung.

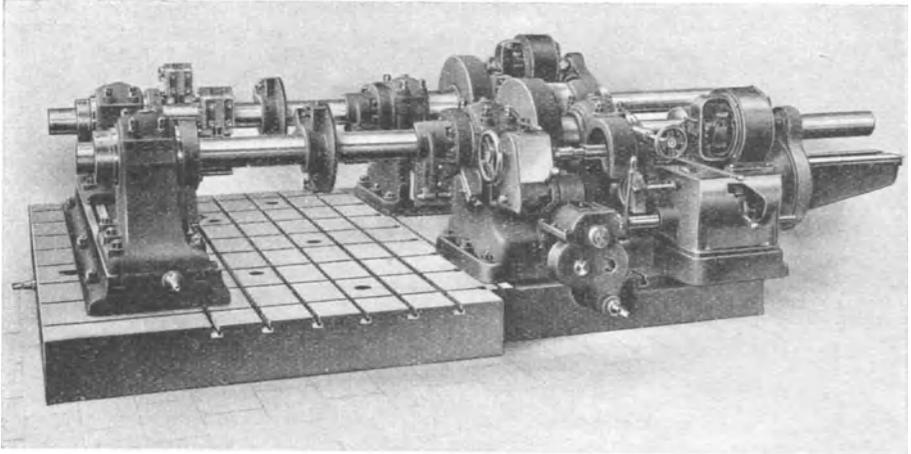


Fig. 138. Maschine mit verschiebbarer Bohrstange.

Bei den festen Bohrstangen (Fig. 136) wird das Arbeitsstück verschoben, während bei den verschiebbaren Bohrstangen (Fig. 137 und 138) das Arbeitsstück feststeht.

## VIII. Spannwerkzeuge.

**Kegelhülsen.** Bohrer und Bohrstangen, Reibahlen und Senker mit kegeligem Schaft werden im Kegel der Bohrspindel festgehalten. Ist der Kegel des Werkzeuges kleiner als der in der Bohrspindel, so verwendet man Zwischenhülsen (Fig. 139). Auch werden wohl mehrere Kegelhülsen ineinandergesteckt, um einen Ausgleich oder eine Verlängerung herzustellen. Es empfiehlt sich jedoch

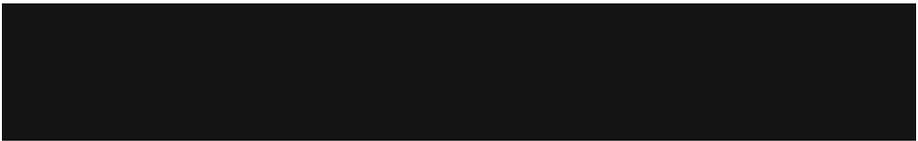


Fig. 139.

Zu Fig. 140.

Fig. 140.

D	l								Morse-Konus	
									innen	außen
15—20	125	175	250	325	400	475	550	650	1	2
22—25	175	250	325	400	475	550	650	800	2	2
24—28	175	250	325	400	475	550	650	800	2	3
30—34	175	250	325	400	475	550	650	800	3	3
32—36	175	250	325	400	475	550	650	800	3	4
38—45	175	250	325	400	475	550	650	800	4	4

nicht, mehr als zwei Kegelhülsen ineinander zu stecken, da sonst das Werkzeug nicht genau genug läuft.

Häufig kommt es vor, daß diese Hülsen zu kurz sind. In solchen Fällen werden verlängerte Kegelhülsen nach Fig. 140 verwendet. In der Tabelle ist

eine Zusammenstellung gebräuchlicher Verlängerungen wiedergegeben (Abmessungen der Kegel s. Tab. V, S. 66).

Für aus Flachstahl gewundene Bohrer dienen Kegelhülsen nach Fig. 141.

**Klemm-Bohrfutter.** Zum Festhalten von Bohrern, Reibahlen und Senkern mit zylindrischem Schaft bis zu einer gewissen Größe bedient man sich Bohr-

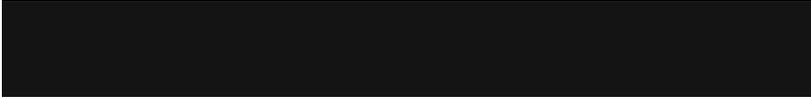


Fig. 141.

Fig. 142.

futter verschiedener Art. Fig. 142 zeigt ein einfaches Spannfutter für nur einen bestimmten Bohrerdurchmesser. Es wird verwendet, wenn der Bohrer ganz genau laufen muß. Deshalb wird die Bohrung nach Fertigstellung des Aufnahmekegels auf der Drehbank genau laufend eingebohrt und außerdem noch mit einem dünnen Bohrstahl nachgedreht, so daß der Schaft des Bohrers genau paßt. Der Ring a wird durch die Mutter b vorgeschoben, wodurch die drei Backen c zusammengedrückt werden.

**Selbstzentrierende Bohr-**  
**futter** können Bohrer verschiedener Durchmesser zentrisch spannen. Es sind meist Futter mit Backen, die gezahnt sind und ineinander greifen. Das Spannen geschieht durch eine Spindel mit Rechts- und Linksgewinde und Innenvierkant für den Schlüssel.

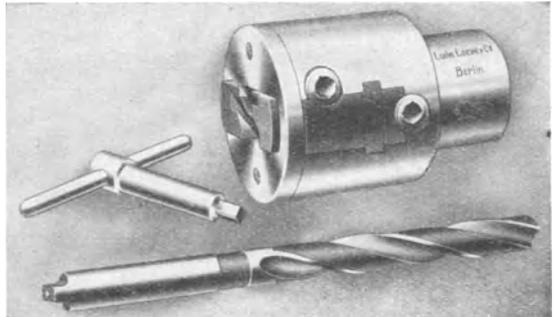


Fig. 143. Selbstzentrierendes Bohrfutter.

Es kommt häufig vor, daß sich die Bohrer in diesen Futter drehen. Das ist bei dem Futter Fig. 143 ausgeschlossen, da ein zweites Paar Backen den Bohrer zwangsläufig mitnimmt. Der Bohrer erhält hierzu an seinem Schaftende Mitnahmeflächen, die infolge der Konstruktion der oberen Spannbacken nicht genau zentrisch zu sein brauchen und sich bei Bruch des Schaftendes leicht neu anarbeiten lassen. Sind die Hauptbacken des Futter kegelig ausgedreht, so eignet es sich auch zur Aufnahme von Kegelschäften, besonders solcher, bei denen der abgebrochene normale Mitnehmerzapfen durch einen neu angearbeiteten ersetzt ist.

**Selbstspannende Klemmbohrfutter** (Fig. 144). Die Konstruktion dieses Futter ist insofern eigenartig als zwischen der äußeren Hülse und den drei Backen eine zwangschlüssige Verbindung durch Zahnsegmentgetriebe besteht. Der bequeme Bohrerwechsel, der während des Ganges der Maschine und ohne Zuhilfenahme irgend eines Schlüssels erfolgen kann, die sichere Mitnahme

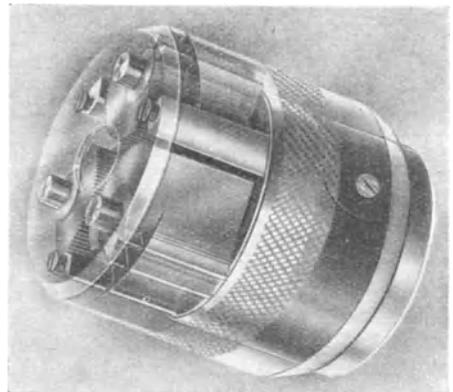


Fig. 144. Selbstspannendes Bohrfutter.

Der bequeme Bohrerwechsel, der während des Ganges der Maschine und ohne Zuhilfenahme irgend eines Schlüssels erfolgen kann, die sichere Mitnahme

des Bohrers, der sich selbsttätig um so fester spannt, je stärker er arbeitet, sind besondere Vorzüge dieses Futters, die es namentlich zum Bohren kleinerer und mittlerer Löcher sehr wertvoll machen.

Der Bohrer wird durch Festhalten der gekordelten Hülse bei laufender Maschine bzw. durch Drehen der Hülse bei stillstehender Maschine gelöst. Eine kräftige Feder hält den Bohrer fest, sobald die Hülse losgelassen wird.

Selbstzentrierende Bohrfutter haben alle den Nachteil, daß sie nach längerem Gebrauch nicht mehr genau laufen und von Zeit zu Zeit nachgearbeitet werden müssen.

**Bohrfutter für aus Profilstahl gewundene Bohrer.** Fig. 145 zeigt ein Spann-

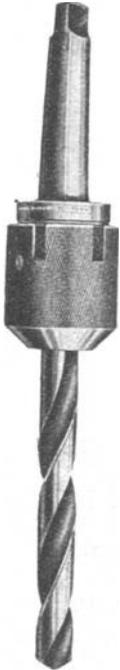


Fig. 145.  
Bohrfutter  
für  
gewundene  
Bohrer.



Fig. 146. Bohrfutter mit Spannpatronen.

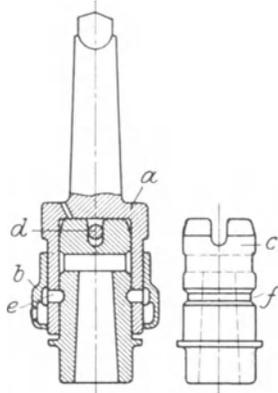


Fig. 147. Schnellwechselfutter.

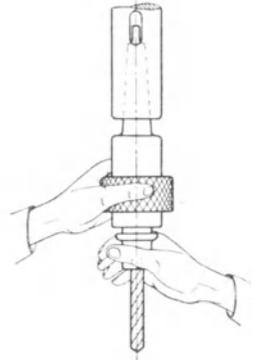


Fig. 148.

futter für aus Profilstahl gewundene Spiralbohrer (Maybohrer) mit geradem Schaft. Zwei Spannklaue, die in die genau ausgefrästen Profilmuten eingreifen, werden durch eine Mutter mit Innenkegel zusammengepreßt und halten den Bohrer fest.

**Bohrfutter mit auswechselbaren Spannpatronen.** Diese Futter (Fig. 146) werden hauptsächlich auf Revolverdrehbänken für genau laufende Arbeiten verwendet. Sie dienen ebenfalls zum Halten von Bohrern, Reibahlen und Senkern mit zylindrischem Schaft, die im Futterkörper durch eine kegelige geschlitzte Spannbuchse zentriert und durch Überwurfmutter festgespannt werden. Für jeden Durchmesser ist eine besondere Spannbuchse nötig, weshalb diese Futter meist nur in der Massenfabrikation Verwendung finden. Sie haben kegelförmigen oder zylindrischen Schaft.

**Schnellwechselfutter.** Das Schnellwechselfutter (Fig. 147) besteht aus einer Hülse a mit Kegelschaft, auf der ein Ring b verschiebbar ist. In diese Hülse wird eine besondere Einsatzhülse c eingeführt. c hat am oberen Ende einen Schlitz zur Mitnahme durch den Stift d. Um c einzusetzen, muß der Ring b gehoben werden, damit die beiden Haltestifte e nach außen gedrückt werden können. Stößt c am Grund der Hülse an, dann wird b gesenkt, so daß die beiden

Stifte e in die Rille f eingreifen. Dadurch wird Hülse c am Herausfallen gehindert. Will man c herausnehmen, so wird b angehoben. Das kann während des Ganges der Maschine geschehen.

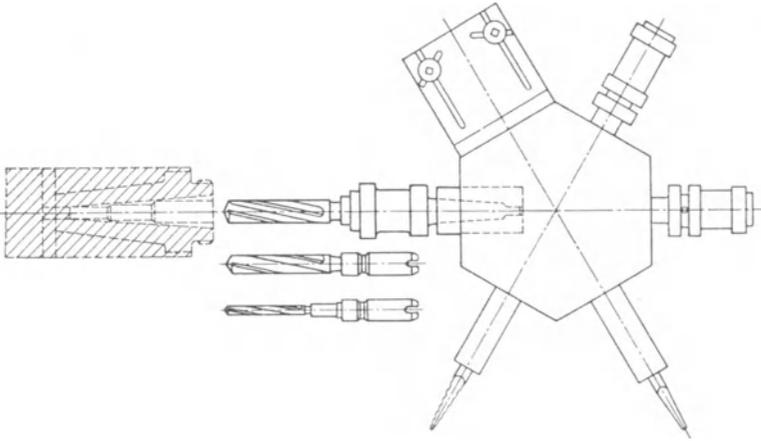


Fig. 149. Schnellwechselfutter im Revolverkopf.



Fig. 150.  
Sicherheitsbohrfutter.

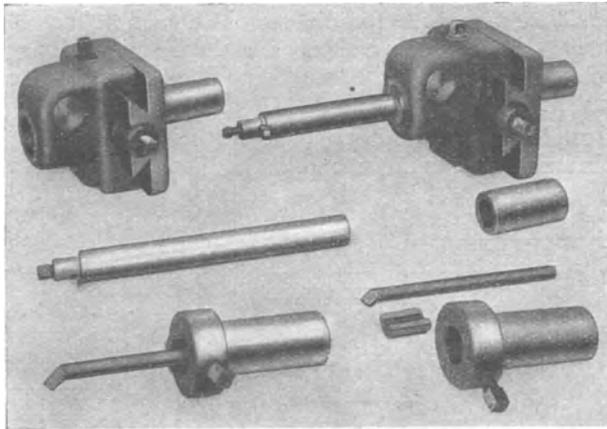


Fig. 152. Bohrstangenhalter für Revolverbank.

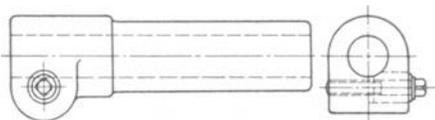


Fig. 153.

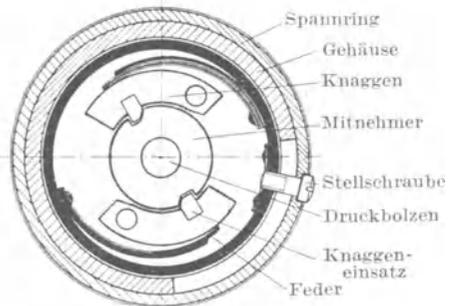


Fig. 151.

Der Vorteil liegt in dem schnellen Wechseln des Werkzeuges. Zu jedem Werkzeug muß aber eine besondere Einsatzhülse da sein, die während der Bearbeitung eines Gegenstandes auf dem Werkzeug bleibt. Fig. 148 zeigt das Einführen bzw. Herausnehmen der Einsatzhülse. Diese Futter werden hauptsächlich in der Senkrechtbohrerei verwendet für Gegenstände, die zu ihrer Bearbeitung viele Werkzeuge erfordern. Sie können jedoch auch in der Wagerechtbohrerei und Revolverdreherei mit Vorteil verwendet werden. In der Revolverdreherei dann, wenn mehr Werkzeuge nötig sind als in dem Revolverkopf untergebracht werden können (Fig. 149).

**Sicherheitsbohrfutter.** In neuerer Zeit ist ein Bohrerspannapparat (Fig. 150) von dem Berlin-Burger Eisenwerk in den Handel gebracht, der bei richtiger Einstellung das Brechen der Bohrer verhindert. Der Apparat eignet sich für Bohrer mit zylindrischem und kegeligem Schaft; für Bohrer mit zylindrischem Schaft hat er ein besonderes Bohrfutter. Der Apparat eignet sich auch zum Gewindeschneiden.

Ein Bruch durch Überdrehung des Bohrers wird durch selbsttätige Auslösung vermieden, da der Bohrer bei zu großem Widerstande oder bei Hemmung stillsteht, während die Spindel der Bohrmaschine leer weiterläuft. Der Apparat wird nach einer Skala, entsprechend dem jeweiligen Bohrerdurchmesser, eingestellt. Das konstruktive Prinzip des Apparates beruht auf einer durch konstanten Federdruck betätigten Knaggenkuppelung (s. Fig. 151). Die entsprechenden Auslösewiderstände für die verschiedenen Bohrergrößen werden durch Verschiebung des Angriffspunktes der Feder am Knaggenhebel hervorgerufen, wodurch es möglich ist, ein und denselben Apparat für viele Bohrergrößen zu verwenden.

**Verstellbare Bohrstangenhalter für Revolverbänke.** Das genaue Einstellen des Bohrstahles in der Bohrstange ist bei Revolverbänken von Hand sehr schwierig,

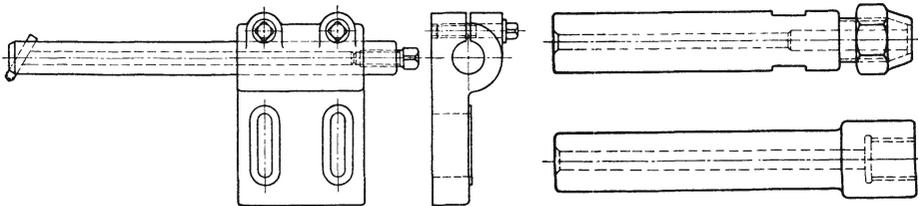


Fig. 154.

Fig. 155 und 156.

zeitraubend und ungenau. Fig. 152 zeigt einen verstellbaren Bohrstangenhalter für diese Maschinen, in den Bohrstange mit Stahl eingespannt wird. Die Genauereinstellung erfolgt durch eine Spindel mit Skala. Für ganz kleine Bohrstähle von 5–12 mm Durchmesser dient ein besonderer Einsatz. Durch Unterlagen, die dem Durchmesser des Bohrstahles angepaßt sind, kommt der Stahl stets in die Mitte der Bohrung zu liegen.

An Stelle von Reduzierklemmhülsen für verschiedene Durchmesser können auch Bohrstangenhalter nach Fig. 153 verwendet werden, die jedoch immer nur für einen bestimmten Bohrstangendurchmesser brauchbar sind. Sie haben den Vorteil, daß sie nicht so leicht verspannt werden wie die Klemmhülsen.

**Bohrstangenhalter für Drehbänke.** Fig. 154 zeigt einen solchen Halter zum Aufsetzen auf den Support.

**Halter für Spindelbohrer.** Zum Festhalten der Spindelbohrer mit zylindrischem Schaft bis zu 20 mm Durchmesser verwendet man Futter nach Fig. 155.

Das Futter ist vorn geschlitzt und wird durch eine Mutter gespannt. Da die Spanstärke beim Spindelbohrer sehr gering ist, so genügt diese Spannung.

Für größere Bohrer dienen Futter nach Fig. 156. Der Schaft des Bohrers ist mit Gewinde versehen und wird in das Futter eingeschraubt.

## IX. Kühl- und Schmiermittel<sup>1)</sup>.

Von größter Wichtigkeit ist das Kühlen der Werkzeuge. Beim Abheben der Späne entsteht Wärme, oft so viel, daß bei schlechter Kühlung die Schneide des Werkzeuges ausglüht und das ganze Werkzeug unbrauchbar wird. Versuche beim Bohren ohne Kühlung, bei denen die Temperatur ganz nahe der Bohrerlippe gemessen wurde, ergaben bei einer Umfangsgeschwindigkeit von 9,5 m/min und einem Vorschub von 0,125 mm/Uml. folgende Temperaturen:

Weicheisen und weicher Stahl . . . . .	482°
Stahlguß . . . . .	350°
Temperguß . . . . .	220°
Vergüteter Stahl über . . . . .	600°

Der Bohrer wird meist in der Weise stumpf, daß die Ecken der Schneidkanten (Lippen), wo diese mit der zylindrischen Fase zusammenkommen, weggedrückt werden. Fig. 49 (Seite 25) zeigen zwei so stark zerstörte Schneiden. Es kommen jedoch auch andere Arten der Zerstörung vor: Es können die Schneidkanten an irgend einer Stelle ausbrechen oder es kann die Querschneide an der Seele zerdrückt sein, oder es kann die zylindrische Fase auf einer erheblichen Länge zerstört sein, oder es können schließlich mehrere dieser Beschädigungen zugleich auftreten.

Durch gute Kühlung soll das Stumpfwerden und die Zerstörung der Schneide soviel wie möglich verhindert werden, so daß man bei ausreichender Kühlung entweder eine längere Schneiddauer mit dem Werkzeug erreicht oder bei etwa gleicher Schneiddauer höhere Schnittgeschwindigkeit und größere Spanquerschnitte. Bis zu einem gewissen Maße können auch beide Vorteile vereinigt werden. Außer der Leistung soll durch die Kühlung oft auch die Sauberkeit der Arbeitsfläche erhöht werden, was anscheinend durch ein gewisses Schmieren der Schnittflächen sehr gefördert wird. Die Kühlung geschieht bei der Bearbeitung von Stahl und Eisen durch eine Kühlflüssigkeit, bei der Bearbeitung von Gußeisen wohl durch Luftzufuhr.

Die Kühlflüssigkeit besteht entweder aus reinem Öl bzw. einer Mischung von Ölen oder aus sog. Bohrölen.

Bohröl wird wegen der Billigkeit gegenüber Mineralöl oder gar fettem Öl (pflanzliches oder tierisches Öl) am häufigsten verwendet, doch hat es auch, wie wir weiter unten hören werden, größere Kühlfähigkeit, allerdings weniger Schmierfähigkeit.

Unter Bohröl versteht man wasserlösliches Öl, besser Öl, das mit Wasser leicht eine Emulsion bildet. Es wird dadurch erhalten, daß man dem allein nicht emulgierbaren Mineralöl oder der gleichfalls nicht emulgierbaren Mischung von Mineralöl und Ölsäure (die aus fetten Ölen gewonnen wird), einen Zusatz von Ammoniak oder Kalilauge oder neuerdings auch Spiritus gibt. Bohröl wird in wässriger „Lösung“ von gewöhnlich 1 : 20 bis 1 : 10 benutzt. Dabei wird es

<sup>1)</sup> Schlesinger-Simon, Untersuchung von Bohrölen. Werkst.-Technik. 1921. S. 140.

meist nicht tropfenweise verwendet, sondern in ununterbrochenem, je nach den Umständen stärkeren oder schwächeren Strom.

Die Eigenschaften des Bohröles sind nach drei Richtungen hin für die Werkstatt von Bedeutung:

1. chemische und physiologische Wirkung,
2. Wirtschaftlichkeit,
3. Förderung des Schneidvorganges.

Zu 1. In bezug auf die chemischen Wirkungen ist zu fordern: Das Bohröl darf den Maschinenbetrieb nicht stören und darf ein Rosten weder des Arbeitsstückes, noch der Maschine hervorrufen; es darf auch sonst keinen Niederschlag bilden, der schwer zu entfernen ist und es darf sich nicht zersetzen. In bezug auf die physiologischen Wirkungen ist zu fordern: Das Bohröl darf die Haut nicht angreifen und darf nicht schlecht riechen, nicht zu Anfang und nicht nach längerem Gebrauch.

Zu 2. Die Wirtschaftlichkeit der Bohröle hängt in hohem Maße von Punkt 3 ab, da die unmittelbaren Kosten des Bohröles gegenüber der Erhaltung der Schneide sehr zurücktreten.

Zu 3. Die Förderung des Schneidvorganges ist die positive Aufgabe des Bohröles. So leicht nun einerseits die Wirkung eines guten Bohröles beim Schneiden gegenüber dem trockenen Arbeiten festzustellen ist, so schwer ist es, genaue zahlenmäßige Angaben zu erhalten, um verschiedene Bohröle miteinander vergleichen zu können. Daher sind auch die Bewertungen der Werkstatt so sehr verschieden und unsicher; denn sie sind im wesentlichen gefühlsmäßig getroffen. Auch eine chemische Untersuchung sagt über den Wert eines Bohröles ohne weiteres nicht viel aus, obgleich vielfach das Bohröl am höchsten geschätzt wird, das am meisten verseiftes Öl enthält.

Tatsächlich ist nun aber für die Erhaltung der Schneide die Kühlung mit reinem Wasser ohne irgend einen Zusatz bei weitem am günstigsten. Sie wird nur unmöglich, weil reines Wasser Maschine, Werkstück und Späne rosten läßt. Um das zu vermeiden, muß man dem Wasser einen Zusatz geben. Da aber jeder Zusatz die Kühlfähigkeit des Wassers vermindert, muß man für eine kräftige Kühlung nicht mehr rost hindernde Stoffe zusetzen, als durchaus nötig ist.

Am wenigsten von solchen Stoffen setzt Soda die Kühlfähigkeit des Wassers herab. Sodawasser hat dafür aber den großen Nachteil, daß es die Maschine angreift: es zerstört nicht nur die Farbe, es zerstört auch das Öl in den Lagern, indem es sich mit ihm emulgiert und es so immer mehr verwässert. Es setzt auch überall eine weiße Sodaschicht an. Weniger nachteilig wirkt Bohröl. Doch setzt es an allen Flächen eine schmierige Schicht an, aber sein Gebrauch ist doch meist unbedenklich, besonders für die Senkrechtbohrmaschine, bei der die Kühlflüssigkeit vom Bohrtisch abläuft, ohne sonst mit den bewegten Teilen der Maschine in Berührung zu kommen. Bei komplizierten Maschinen aber, wie z. B. Revolverdrehbänken und Automaten, wo die Kühlflüssigkeit in stärkerem Strahl dem Werkzeug zugeführt wird und umherspritzt und in die Mechanismen eindringt, verwendet man doch lieber, trotz des höheren Preises, dünnflüssiges Mineralöl, um die Maschine zu schonen. Fette Öle, wie Rüböl oder Schmalzöl, sind zweifellos den Mineralölen überlegen, ganz besonders, soweit es sich um ein Schmiermittel handelt zur Erzeugung einer sauberen Arbeitsfläche. Jedoch scheidet ihre Verwendung, die früher bei Automaten ziemlich allgemein war, heute meistens an dem hohen Preis. (Nur wenn Gewinde geschnitten wird, kann man sie nicht entbehren.)

Im folgenden ist eine Zusammenstellung (Tab. I) über die Verwendung der Kühlmittel für die verschiedenen Materialien und Maschinen gegeben, die unseren heutigen Verhältnissen entspricht.

Daß die Kühlflüssigkeit in vielen Fällen auch die Aufgabe hat, die Späne aus dem Bohrloch zu spülen, davon war schon früher die Rede.

Tab. I. Kühl- und Schmiermittel beim Bohren.

Werkstoff des Arbeitsstückes	Stahl und Eisen	Temper- und Stahlguß	Gußeisen	Bronze und Messing	Aluminium
Senkrecht-Bohrmaschinen	Bohröl	Bohröl	trocken	trocken	trocken; Bohröl, wenn Werkstoff schmiert
Wager. Lauf- und Spindel-Bohrmaschinen	Bohröl oder dünnflüssiges Mineralöl	Bohröl oder dünnflüssiges Mineralöl	—	Bohröl oder dünnflüssiges Mineralöl	—
Revolver-Bohrmaschinen	Bohröl oder dünnflüssiges Mineralöl	Bohröl oder dünnflüssiges Mineralöl	trocken	Messing trocken, Bronze mit Bohröl	trocken; Bohröl, wenn Werkstoff schmiert
Automaten	dünnflüssiges Mineralöl allein oder besser mit Lardöl oder rohem Rüböl vermischt	—	—	Messing trocken, Bronze mit Bohröl	—

## X. Schnittgeschwindigkeiten und Vorschübe.

**Die Größe der Schnittgeschwindigkeit.** Die Schnittgeschwindigkeit des Bohrers setzt man (s. auch Seite 63) gleich seiner Umlaufgeschwindigkeit am Außendurchmesser und gibt sie in m/min. an. Ihre Größe hängt vom Werkstoff des Arbeitsstückes und des Werkzeuges ab.

Je härter und fester der Werkstoff des Arbeitsstückes ist, um so geringer muß die Schnittgeschwindigkeit gewählt werden. Denn die Arbeitswärme, die mit der Schnittgeschwindigkeit einerseits, aber auch mit Härte, Festigkeit und Zähigkeit des Werkstoffes andererseits wächst, wird sonst zu groß und setzt die Lebensdauer des Bohrers herab, indem sie die Schneiden erweicht, so daß sie bald zerstört werden.

Die Werkstoffe des Werkzeuges, von denen für Bohrer nur gewöhnlicher Werkzeugstahl (Kohlenstoffstahl) und Schnellstahl, für Einsteckstähe auch Stellite (Akrit) in Frage kommen, haben auf die Schnittgeschwindigkeit einen großen Einfluß, weil sie für die Arbeitswärme sehr verschieden empfindlich sind. Schnellstahl verträgt, ohne erheblich an Härte zu verlieren, viel höhere Temperaturen als Kohlenstoffstahl, und Stellite höhere als Schnellstahl. Daher ist die Schnittgeschwindigkeit für Stellite am höchsten, für Werkzeugstahl am kleinsten.

**Die Größe des Vorschubes.** Da mit Vorschub das Maß bezeichnet wird, um das der Bohrer bei 1 Umlauf in Richtung seiner Achse vorgeschoben wird, so mißt man den Vorschub in mm/Uml. Seine Größe hängt hauptsächlich vom Durchmesser des Bohrers ab, weil Schnittkraft und Vorschubdruck durch die Widerstandsfähigkeit des Bohrers begrenzt werden. Da nun die Widerstandsfähigkeit mit dem Durchmesser des Bohrers wächst und zwar schneller als der

Durchmesser, so können Schnittkraft und Vorschubdruck bei großem Durchmesser verhältnismäßig größer sein als bei kleinem, d. h. die Größe des Vorschubes selbst kann mit dem Durchmesser wachsen.

Hingegen ist die Widerstandsfähigkeit von Schnellstahlbohrern nicht größer als die von gewöhnlichen Werkzeugstahlbohrern und deshalb sollen die Vorschübe bei beiden Bohrerarten auch ungefähr gleich sein. Wenn trotzdem der Vorschub bei Schnellstahlbohrern meist etwas größer genommen wird als bei gewöhnlichen, so mag das berechtigt sein, weil auch die Widerstandsfähigkeit der Schneide gegen Erwärmung eine gewisse Rolle beim Vorschub spielt und diese Widerstandsfähigkeit, wie wir oben gesehen haben, bei Schnellstahl erheblich größer ist als bei gewöhnlichem Werkzeugstahl.

Das Material des Arbeitsstückes ist natürlich auch von Einfluß auf den Vorschub, doch bei weitem nicht von so großem wie auf die Schnittgeschwindigkeit.

**Zahlenwerte für Schnittgeschwindigkeit und Vorschub.** Man ist auf die Erfahrung angewiesen. Sie hat aber nicht vermocht, einfache allgemeine Regeln zu geben, auch nicht einmal zuverlässig die günstigsten Werte für bestimmte Fälle. Dafür sind die Verhältnisse und Umstände der Werkstattpraxis zu verschieden. Man ist auf Grenzwerte, die dazu noch recht weit auseinander liegen, angewiesen. Für die richtige Auswahl ist somit erhebliche Erfahrung unerlässlich.

Durch ein geringes Zurückgehen der Schnittgeschwindigkeit wird in gewissen Fällen eine wesentliche Erhöhung der Lebensdauer der Schneiden erreicht; wie überhaupt die Zerspanung mit größerem Vorschub und dafür geringerer Schnittgeschwindigkeit in bezug auf Kraftverbrauch immer günstiger ist. Andererseits wird bei weniger kräftigen Maschinen, sowie bei ungenügend starrer Aufspannung oder großer Empfindlichkeit des Arbeitsstückes die Erhöhung der Schnittgeschwindigkeit bei gleichzeitiger Verminderung des Vorschubes eine Steigerung der Tagesleistung ergeben.

Die Frage, ob der teure Schnellstahlbohrer mit größerer Leistungsfähigkeit oder der billigere Werkzeugstahlbohrer mit geringerer Leistungsfähigkeit vorzuziehen ist, kann nur aus bestimmten Verhältnissen heraus beantwortet werden. Bei hartem und zähem Werkstoff und wenn die Maschinen ihn richtig ausnützen können, ist meist Schnellstahl vorzuziehen, besonders dann, wenn es sich um Massen- oder Reihenherstellung handelt.

Die Werte in den Tab. II und III sind mit Rücksicht auf Schonung der Werkzeuge zusammengestellt.

Tab. IV gibt die Möglichkeit, zu einer gegebenen Umfangsgeschwindigkeit für jeden Bohrer die nötigen Umläufe zu bestimmen oder umgekehrt, zu bekannter Umlaufzahl die zugehörige Schnittgeschwindigkeit zu finden.

Tab. II. Schnittgeschwindigkeiten für Bohren in Metern für 1 Minute. (Normale Leistungen.)

Werkstoff des Arbeitsstückes	Gußeisen			Stahlguß			Temperguß und Hart-Bronze					
	weich	mittel	hart	weich	mittel	hart	weich	mittel	hart			
Werkstoff des Werkzeuges	Werkzeugstahl			Werkzeugstahl			Werkzeugstahl					
Spiralbohrer . . .	12	9	6	20	15	12	10	8	6	15	12	10
Kanonbohrer	12	9	6	18	15	12	10	8	6	15	12	10
Bohrstange . . .	10	8	6	15	12	9	10	8	6	13	10	8
Werkstoff des Arbeitsstückes	Stahl und Eisen			Werkzeugstahl			Werkzeugstahl			Rotguß, Messing und Aluminium		
Werkstoff des Werkzeuges	Festigkeit in kg/mm <sup>2</sup>			zäh			sehr			zäh		
	30—40	40—60	60—80	30—40	40—60	60—80	hart	hart	hart	hart	hart	hart
Werkstoff des Werkzeuges	Werkzeugstahl			Werkzeugstahl			Werkzeugstahl			Werkzeugstahl		
Spiralbohrer . . .	10	8	6	25	20	15	10	8	6	18	15	12
Kanonbohrer	9	7	6	18	15	12	9	7	6	15	12	10
Bohrstange . . .	10	8	6	22	18	15	10	8	6	14	12	10

Tab. III. Vorschübe für Bohren in Millimetern für 1 Umdrehung.

Zu bearbeitender Werkstoff	Werkzeug	Für Bohrungen mm										
		1—5	5—10	10—15	15—25	25—40	40—60	60—100	100—200	200—500		
Eisen, Stahl, Stahlguß, Temperguß u. Hart-Bronze	Spiralbohrer	0,05—0,1	0,1	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	—	—
	Kanonbohrer	0,05—0,1	0,1—0,15	0,15—0,2	0,2—0,25	0,25—0,3	0,3—0,35	0,35—0,4	0,4—0,5	0,5—1,0	—	—
	Bohrstange	—	0,005	0,015	0,02	0,025	0,025—0,03	0,03—0,05	0,05—0,1	—	—	—
	Bohrstange	—	0,1	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,3	0,5	0,5	1,0
Gußeisen, Rot- guß, Messing u. Aluminium	Spiralbohrer	0,05—0,1	0,125	0,175	0,2	0,225	0,275	0,3	0,3	—	—	—
	Kanonbohrer	0,05—0,15	0,15—0,2	0,2—0,25	0,25—0,3	0,3—0,35	0,35—0,4	0,4—0,5	—	—	—	—
	Bohrstange	—	0,02—0,03	—	0,03—0,035	—	0,035—0,04	—	—	—	—	—
	Bohrstange	—	0,1	0,15	0,2	0,2	0,2—0,3	0,3—0,4	0,4—0,75	0,5—1,0	0,5—1,0	—

Tab. IV. Zahlentafel zur Ermittlung der Umfangsgeschwindigkeiten oder Umlaufzahlen.

V: Umfangsgeschwindigkeit (Schmittgeschwindigkeit) in m/min; n: Umlaufzahl in 1 min; d: Durchmesser in mm  
 $V = \frac{d \cdot \pi \cdot n}{1000}$ ;  $n = \frac{V \cdot 1000}{d \cdot \pi}$

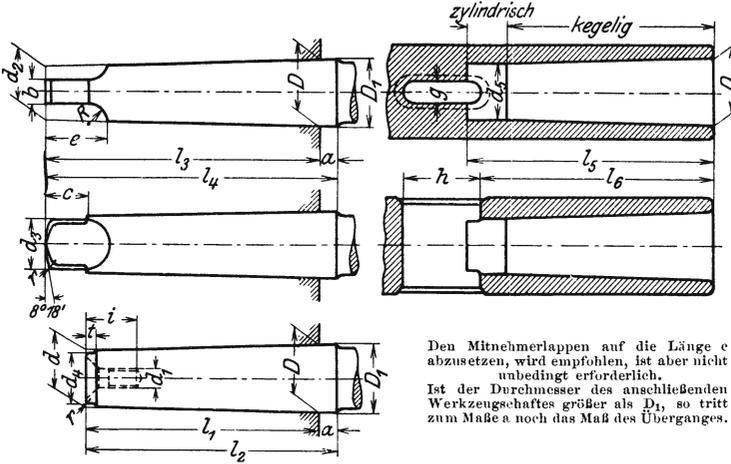
Die Tafel gibt die Zahlenwerte von n an für V von 6 ÷ 55 m/min und für d von 1 ÷ 500 mm

V	Umfangsgeschwindigkeit V in m/min																								
	4	5	6	8	9	10	12	13	14	15	16	18	20	22	25	28	30	32	35	38	40	43	46	50	55
1	1274	1592	1876	2547	2866	3185	3882	4140	4459	4777	5094	5785	6370	7007	7982	8917	9654	10192	11146	12100	12740	13680	14650	15920	17500
2	637	796	938	1274	1433	1602	1912	2070	2229	2388	2548	2867	3186	3505	3980	4459	4777	5096	5573	6050	6370	6840	7350	7960	8760
3	425	531	637	849	955	1062	1274	1380	1486	1592	1699	1910	2122	2335	2654	2972	3186	3397	3715	4034	4250	4570	4880	5310	5840
4	319	399	477	636	717	796	955	1035	1114	1193	1278	1432	1571	1700	1900	2098	2286	2474	2787	3030	3190	3420	3660	3980	4380
5	255	319	382	518	582	645	784	829	891	955	1031	1140	1263	1400	1562	1732	1898	2098	2320	2490	2650	2820	3000	3200	3500
6	213	267	318	424	477	530	637	690	743	796	849	927	1001	1107	1235	1386	1531	1698	1887	2090	2190	2360	2540	2800	3200
7	182	227	273	363	418	469	568	617	667	717	766	838	909	1000	1137	1293	1455	1632	1827	2030	2090	2260	2440	2700	3200
8	162	199	242	318	358	398	485	517	557	597	637	697	756	835	945	1061	1193	1338	1500	1690	1790	1960	2140	2400	2900
9	142	177	212	283	318	354	435	460	496	531	567	617	667	738	835	932	1061	1206	1368	1545	1690	1860	2040	2300	2800
10	128	159	191	261	287	318	382	414	445	478	517	567	617	700	796	882	1000	1132	1293	1470	1620	1790	1970	2240	2740
11	116	145	174	232	260	290	347	376	405	434	474	521	570	657	753	829	955	1081	1242	1410	1560	1730	1910	2180	2680
12	107	133	162	219	239	265	318	348	371	398	431	478	524	604	700	776	891	1017	1168	1330	1480	1650	1830	2100	2600
13	98	124	152	209	229	245	298	328	343	363	393	441	485	568	661	738	853	979	1114	1270	1420	1590	1860	2140	2640
14	91	114	136	193	213	227	275	305	318	341	370	418	462	543	636	713	823	948	1083	1230	1380	1550	1820	2100	2600
15	86	106	127	183	203	217	257	287	307	328	357	405	449	524	617	694	800	920	1055	1200	1350	1520	1790	2070	2570
16	80	100	119	175	195	209	248	278	298	318	347	395	439	510	604	681	780	900	1035	1180	1330	1500	1770	2050	2550
17	75	94	113	169	189	202	243	263	283	303	332	380	424	495	589	666	765	880	1015	1160	1310	1480	1750	2030	2530
18	71	88	106	163	183	196	237	257	277	297	326	374	418	489	583	660	759	870	1005	1150	1300	1470	1740	2020	2520
19	67	84	100	157	177	191	232	252	272	292	321	369	413	484	578	655	754	860	995	1140	1290	1460	1730	2010	2510
20	64	80	96	153	173	187	228	248	268	288	317	365	409	480	574	651	750	856	991	1136	1286	1456	1726	2006	2506
21	61	76	91	147	167	181	222	242	262	282	311	359	403	474	568	645	744	850	985	1130	1280	1450	1720	2000	2500
22	58	72	87	143	163	177	218	238	258	278	307	355	399	470	564	641	740	846	981	1126	1276	1446	1716	1996	2496
23	56	69	83	139	159	173	214	234	254	274	303	351	395	466	560	637	736	842	977	1122	1272	1442	1712	1992	2492
24	53	66	80	135	155	169	210	230	250	270	300	348	392	463	557	634	733	839	974	1119	1269	1439	1709	1989	2489
25	51	64	77	131	151	165	202	222	242	262	291	339	383	454	548	625	724	830	965	1110	1260	1430	1700	1980	2480
26	49	61	74	127	147	161	202	222	242	262	291	339	383	454	548	625	724	830	965	1110	1260	1430	1700	1980	2480
28	46	57	68	123	143	157	194	214	234	254	283	331	375	446	540	617	716	822	957	1102	1252	1422	1692	1972	2472
30	42	53	64	119	139	153	190	210	230	250	279	327	371	442	536	613	712	818	953	1098	1248	1418	1688	1968	2468
32	40	50	60	115	135	149	186	206	226	246	275	323	367	438	532	609	708	814	949	1094	1244	1414	1684	1964	2464
33	37	47	57	111	131	145	182	202	222	242	271	319	363	434	528	605	704	810	945	1090	1240	1410	1680	1960	2460
34	36	45	55	109	129	143	180	200	220	240	269	317	361	432	526	603	702	808	943	1088	1238	1408	1678	1958	2458
35	34	44	54	107	127	141	178	198	218	238	267	315	359	426	520	597	696	802	937	1082	1232	1402	1672	1952	2452
38	34	42	52	107	127	141	178	198	218	238	267	315	359	426	520	597	696	802	937	1082	1232	1402	1672	1952	2452
40	32	40	50	105	125	139	176	196	216	236	265	313	357	424	518	595	694	800	935	1080	1230	1400	1670	1950	2450
42	30	38	48	103	123	137	174	194	214	234	263	311	355	422	516	593	692	798	933	1078	1228	1398	1668	1948	2448
44	29	36	46	102	122	136	173	193	213	233	262	310	354	421	515	592	691	797	932	1077	1227	1397	1667	1947	2447
46	28	35	45	101	121	135	172	192	212	232	261	309	353	420	514	591	690	796	931	1076	1226	1396	1666	1946	2446
48	27	33	43	99	119	133	170	190	210	230	259	307	351	418	512	589	688	794	929	1074	1224	1394	1664	1944	2444
50	26	32	42	98	118	132	169	189	209	229	258	306	350	417	511	588	687	793	928	1073	1223	1393	1663	1943	2443
52	24	31	38	96	116	130	167	187	207	227	256	304	348	415	509	586	685	791	926	1071	1221	1391	1661	1941	2441
54	24	30	37	95	115	129	166	186	206	226	255	303	347	414	508	585	684	790	925	1070	1220	1390	1660	1940	2440
56	23	28	35	94	114	128	165	185	205	225	254	302	346	413	507	584	683	789	924	1069	1219	1389	1659	1939	2439
58	22	27	34	93	113	127	164	184	204	224	253	301	345	412	506	583	682	788	923	1068	1218	1388	1658	1938	2438
60	21	27	32	92	112	126	163	183	203	223	252	300	344	411	505	582	681	787	922	1067	1217	1387	1657	1937	2437
62	21	26	30	91	111	125	162	182	202	222	251	299	343	410	504	581	680	786	921	1066	1216	1386	1656	1936	2436
64	20	25	30	90	110	124	161	181	201	221	250	298	342	409	503	580	679	785	920	1065	1215	1385	1655	1935	2435
66	19	24	29	89	109	123	160	180	200	220	249	297	341	408	502	579	678	784	919	1064	1214	1384	1654	1934	2434
68	19	23	28	89	108	122	159	179	199	219	248	296	340	407	501	578	677	783	918	1063	1213	1383	1653	1933	2433
70	18	22	27	88	107	121	158	178	198	218	247	295	339	406	500	577	676	782	917	1062	1212	1382	1652	1932	2432
72	18	21	26	87	106	120	157	177	197	217	246	294	338	405	500	576	675	781	916	1061	1211	1381	1651	1931	2431
75	17	20	25	86	105	119	156	176	196	216	245	293	337	404	500	575	674	780	915	1060	1210	1380	1650	1930	2430

Umfangsgeschwindigkeit V in m/min

78	16	20	25	30	35	40	43	46	50	55
80	16	20	25	30	35	40	43	46	50	55
85	16	20	25	30	35	40	43	46	50	55
90	14	17,5	21	25	30	35	38	41	44	47
95	13	16,5	20	24	28	32	35	38	41	44
100	12,5	16	19	23	27	31	34	37	40	43
105	12	15	18	22	26	30	33	36	39	42
110	11	14,5	17	21	25	29	32	35	38	41
115	11	14	16	20	24	28	31	34	37	40
120	10,5	13,5	16	19	23	27	30	33	36	39
125	10	13	15	18	22	26	29	32	35	38
130	9,5	12,5	15	18	21	25	28	31	34	37
135	9	12	14,5	17	20	24	27	30	33	36
140	9,5	11,5	14	17	20	24	27	30	33	36
145	8,5	11	13	16	19	23	26	29	32	35
150	8,5	10,5	13	16	19	23	26	29	32	35
155	8	10	12	15	18	21	24	27	30	33
160	8	10	12	15	18	21	24	27	30	33
165	7,5	9,5	11	14	17	20	23	26	29	32
170	7,5	9,5	11	14	17	20	23	26	29	32
175	7	9	11	14	17	20	23	26	29	32
180	7	9	11	14	17	20	23	26	29	32
185	7	8,5	10	13	16	19	22	25	28	31
190	6,5	8,5	10	13	16	19	22	25	28	31
195	6,5	8	10	13	16	19	22	25	28	31
200	6,5	8	9	12	15	18	21	24	27	30
205	6	7,5	9	12	15	18	21	24	27	30
210	6	7,5	9	12	15	18	21	24	27	30
215	6	7,5	9	12	15	18	21	24	27	30
220	5,5	7	9	12	15	18	21	24	27	30
225	5,5	7	9	12	15	18	21	24	27	30
230	5,5	6,5	8	11	14	17	20	23	26	29
235	5,5	6,5	8	11	14	17	20	23	26	29
240	5,5	6,5	8	11	14	17	20	23	26	29
245	5	6,5	8	11	14	17	20	23	26	29
250	5	6,5	8	11	14	17	20	23	26	29
255	5	6	8	11	14	17	20	23	26	29
260	5	6	8	11	14	17	20	23	26	29
265	5	6	8	11	14	17	20	23	26	29
270	4,5	6	8	11	14	17	20	23	26	29
275	4,5	6,5	8	11	14	17	20	23	26	29
280	4,5	6,5	8	11	14	17	20	23	26	29
285	4,5	6,5	8	11	14	17	20	23	26	29
290	4,5	6,5	8	11	14	17	20	23	26	29
295	4	6,5	8	11	14	17	20	23	26	29
300	4	6,5	8	11	14	17	20	23	26	29
305	4	6	8	11	14	17	20	23	26	29
310	4	6	8	11	14	17	20	23	26	29
315	4	6	8	11	14	17	20	23	26	29
320	4	6	8	11	14	17	20	23	26	29
325	4	6	8	11	14	17	20	23	26	29
330	3,5	4,5	6	8	11	14	17	20	23	26
335	3,5	4,5	6	8	11	14	17	20	23	26
340	3,5	4,5	6	8	11	14	17	20	23	26
345	3,5	4,5	6	8	11	14	17	20	23	26
350	2,5	3,5	5	7	9	12	15	18	21	24

Tab. V. Metrische und Morse-Kegel (nach DIN 228).



Maße in mm.

Bezeichnung	Schaft									
	Kegel	D	$D_1$	d	$d_1$	$d_2$	$d_3$	$d_4$	$l_1$	$l_2$
Metrischer Kegel	4 1 : 20	4	4,1	2,85				2	23	25
	6 1 : 20	6	6,15	4,40				3,5	32	35
Morsekegel	0 1 : 19,212	9,045	9,212	6,401	—	6,115	5,9	5,5	50,8	54
	1 1 : 20,048	12,065	12,239	9,371	M 6	8,973	8,7	8	54	57,5
	2 1 : 20,020	17,781	17,981	14,534	M 10	14,060	13,6	13	65	69
	3 1 : 19,922	23,826	24,052	19,760	$1\frac{1}{2}$ "	19,133	18,6	18	81	85,5
	4 1 : 19,254	31,269	31,544	25,909	$5\frac{5}{8}$ "	25,156	24,6	24	103,2	108,5
	5 1 : 19,002	44,401	44,732	37,470	$3\frac{3}{4}$ "	36,549	35,7	35	131,7	138
6 1 : 19,180	63,350	63,762	53,752	1"	52,422	51,3	50	184,1	192	
Metrischer Kegel	80 1 : 20	80	80,40	70,2	$1\frac{3}{8}$ "	69	67	65	196	204
	100 1 : 20	100	100,50	88,4	$1\frac{3}{8}$ "	87	85	85	232	242
	120 1 : 20	120	120,60	106,6	$1\frac{3}{8}$ "	105	103	100	268	280
	140 1 : 20	140	140,70	124,8	$1\frac{1}{2}$ "	123	121	120	304	318

Pezeichnung	Schaft										Hülse					
	$l_2$	$l_4$	a Größt- maß	b	c	e	i	R	r	t	$d_5$	$l_5$	$l_6$	g	h	
Metrischer Kegel	4		2						0,5	2,2	3	25	21	2,5	8	
	6		3						0,5	2,5	4,6	34	29	3,5	12	
Morsekegel	0	56,3	59,5	3,2	3,9	6,4	10,4	—	4	1	2,5	6,7	51,9	49	4,1	14,5
	1	62,0	65,5	3,5	5,2	9,5	14,5	15	5	1,25	3	9,7	55,5	52	5,4	18,5
	2	74,5	78,5	4,0	6,3	11,1	17,1	20	6	1,5	4	14,9	66,9	63	6,6	22
	3	93,5	98,0	4,5	7,9	14,3	21,3	25	7	2	4	20,2	83,2	78	8,2	27,5
	4	117,7	123,0	5,3	11,9	15,9	24,9	30	9	2,5	5	26,5	105,7	98	12,2	32
	5	149,2	155,5	6,3	15,9	19,0	30,0	40	11	3	6	38,2	134,5	125	16,2	37,5
6	209,6	217,5	7,9	19,0	28,6	45,6	50	17	4	7	54,8	187,1	177	19,3	47,5	
Metrischer Kegel	80	220	228	8	26	24	47	60	23	5	8	71,4	200	186	26,3	2
	100	260	270	10	32	28	58	60	30	6	10	89,9	237	220	32,3	60
	120	300	312	12	38	32	68	60	36	6	11	108,4	274	254	38,3	68
	140	340	354	14	44	36	78	65	42	8	13	126,9	310	286	44,3	76

**Vorrichtungen im Maschinenbau** nebst Anwendungsbeispielen. Von Betriebsingenieur **Otto Lich**. Mit 601 Figuren im Text und 35 Tabellen. (VIII u. 507 S.) 1921. Gebunden 18 Goldmark / Gebunden 4.30 Dollar

**Die Ermittlung der Kegelrad-Abmessungen.** Berechnung und Darstellung der Drehkörper von Präzisions-Kegelrädern und kurzer Abriß der Herstellung. Tabellen aller Abmessungen für die gebräuchlichsten Übersetzungsverhältnisse. Von **Karl Golliasch**, Oberingenieur im Automobilbau. Mit 96 Abbildungen im Text. (61 S.) 1923. Gebunden 15.75 Goldmark / Gebunden 3.75 Dollar

**Lehrgang der Härtetechnik.** Von Studienrat Dipl.-Ing. **Joh. Schiefer** und Fachlehrer **E. Grün**. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 192 Textfiguren. (VIII u. 218 S.) 1921. 5 Goldmark; gebunden 6.70 Goldmark / 1.20 Dollar; gebunden 1.60 Dollar

**Die moderne Stanzerei.** Ein Buch für die Praxis mit Aufgaben und Lösungen. Von **Eugen Kaczmarek**, Ingenieur. Mit 30 Textabbildungen. (49 S.) 1923. 1.50 Goldmark / 0.40 Dollar

**Schmieden und Pressen.** Von **P. H. Schweißguth**, Direktor der Teplitzer Eisenwerke. Mit 236 Textabbildungen. (IV u. 110 S.) 1923. 4 Goldmark / 0.95 Dollar

**Die Berechnung des Werkstoffverbrauches bei gestanzten, gezogenen und gedrehten Gegenständen im Bereich der Metallindustrie.** Von **Leonhard Glück**, Ingenieur. Mit 125 Textabbildungen und 10 Zahlentafeln. (V u. 91 S.) 1923. 3.20 Goldmark; gebunden 4 Goldmark / 0.80 Dollar; gebunden 0.95 Dollar

**Metallfärbung.** Die wichtigsten Verfahren zur Oberflächenfärbung von Metallgegenständen. Von **Hugo Krause**, Ingenieur-Chemiker, Lehrer an der Staatlichen Fachschule für Metallindustrie in Iserlohn. (IV u. 206 S.) 1922. Gebunden 7.50 Goldmark / Gebunden 1.80 Dollar

**Die Werkzeugmaschinen,** ihre neuzeitliche Durchbildung für wirtschaftliche Metallbearbeitung. Ein Lehrbuch. Von Prof. **Fr. W. Hülle**, Dortmund. Vierte, verbesserte Auflage. Mit 1020 Abbildungen im Text und auf Textblättern, sowie 15 Tafeln. Unveränderter Neudruck. (VIII u. 611 S.) 1923. Gebunden 24 Goldmark / Gebunden 5.75 Dollar

**Die Grundzüge der Werkzeugmaschinen und der Metallbearbeitung.** Von Professor **Fr. W. Hülle** in Dortmund. In zwei Bänden.  
Erster Band: **Der Bau der Werkzeugmaschinen.** Vierte, vermehrte Auflage. Mit 360 Textabbildungen. (VIII u. 180 S.) 1923. 3 Goldmark / 0.75 Dollar  
Zweiter Band: **Die wirtschaftliche Ausnutzung der Werkzeugmaschinen in der Metallbearbeitung.** Dritte, vermehrte Auflage. Mit 395 Textabbildungen. (VIII u. 168 S.) 1922. 3.60 Goldmark / 0.85 Dollar

**Der praktische Maschinenbauer.** Ein Lehrbuch für Lehrlinge und Gehilfen, ein Nachschlagebuch für den Meister. Herausgegeben von Dipl.-Ing. **H. Winkel**.  
Erster Band: **Werkstattausbildung.** Von **August Laufer**, Meister der Württemb. Staatseisenbahn. Mit 100 Textfiguren. (VI u. 208 S.) 1921. Gebunden 4 Goldmark / Gebunden 0.95 Dollar

Zweiter Band: **Die wissenschaftliche Ausbildung.**  
1. Teil: **Mathematik und Naturwissenschaft.** Bearbeitet von **R. Kramm**, **K. Ruegg** und **H. Winkel**. Mit 369 Textfiguren. (VIII u. 380 S.) 1923. Gebunden 7 Goldmark / Gebunden 1.70 Dollar  
2. Teil: **Fachzeichnen, Maschinenteile, Technologie.** Bearbeitet von **W. Bender**, **H. Frey**, **K. Gotthold** und **H. Guttwein**. Mit 887 Textfiguren. (IX u. 411 S.) 1923. Gebunden 8 Goldmark / Gebunden 1.95 Dollar

**Einzelkonstruktionen aus dem Maschinenbau.** Herausgegeben von  
Dipl.-Ing. C. Volk, Berlin.

- Erstes Heft: **Die Zylinder ortsfester Dampfmaschinen.** Von H. Frey, Berlin.  
Mit 109 Textfiguren. (V u. 40 S.) 1912. 3 Goldmark / 0,75 Dollar
- Zweites Heft: **Kolben.** I. Dampfmaschinen- und Gebläsekolben von Dipl.-Ing. C. Volk,  
Direktor der Beuth-Schule, Berlin, Privatdozent an der Technischen  
Hochschule. II. Gasmaschinen und Pumpenkolben von A. Eckardt,  
Betriebschef der Gasmotorenfabrik Deutz. Zweite, verbesserte Auf-  
lage bearbeitet von C. Volk. Mit 252 Textabbildungen. (V u. 77 S.) 1923.  
3.60 Goldmark / 0.90 Dollar
- Drittes Heft: **Zahnräder.** I. Teil. Stirn- und Kegelräder mit geraden Zähnen.  
Von Prof. Dr. A. Schiebel in Prag. Zweite, vermehrte Auflage.  
Mit 132 Textfiguren. (VI u. 108 S.) 1922. 5.50 Goldmark / 1.35 Dollar
- Viertes Heft: **Kugellager.** Von Ingenieur W. Ahrens in Winterthur. Zweite  
Auflage. Mit etwa 134 Textfiguren. In Vorbereitung
- Fünftes Heft: **Zahnräder.** II. Teil. Räder mit schrägen Zähnen (Räder mit  
Schraubenzähnen und Schneckengetriebe). Von Prof. Dr. A. Schiebel,  
Prag. Zweite, vermehrte Auflage. Mit 137 Textfiguren. (VI u.  
128 S.) 1923. 5.50 Goldmark / 1.35 Dollar
- Sechstes Heft: **Schubstangen und Kreuzköpfe.** Von Oberingenieur H. Frey.  
Mit 117 Textfiguren. (IV u. 32 S.) 1913. 2 Goldmark / 0.50 Dollar
- 

**Handbuch der Fräserei.** Kurzgefaßtes Lehr- und Nachschlagebuch für den  
allgemeinen Gebrauch. Gemeinverständlich bearbeitet von **Emil Jurthe** und **Otto  
Mietzschke**, Ingenieure. Sechste, durchgesehene und vermehrte Auflage. Mit 351  
Abbildungen, 42 Tabellen und einem Anhang über Konstruktion der gebräuchlichsten  
Zahnformen an Stirn-, Spiralzahn-, Schnecken- und Kegelrädern. (VIII u. 334 S.) 1923.  
Gebunden 11 Goldmark / Gebunden 2.65 Dollar

---

**Der Fräser als Rechner.** Berechnungen an den Universal-Fräsmaschinen und  
-Teilköpfen in einfachster und anschaulichster Darstellung; darum zum Selbstunter-  
richt wirklich geeignet. Von **E. Busch**. Mit 69 Textabbildungen und 14 Tabellen.  
(VI u. 214 S.) 1922.  
4.60 Goldmark; gebunden 6 Goldmark / 1.10 Dollar; gebunden 1.45 Dollar

---

**Der Dreher als Rechner.** Wechselläder-, Touren-, Zeit- und Konusberechnung  
in einfachster und anschaulichster Darstellung; darum zum Selbstunterricht wirklich  
geeignet. Von **E. Busch**. Mit 28 Textfiguren. (VIII u. 186 S.) 1919.  
Gebunden 6 Goldmark / Gebunden 1.45 Dollar

---

**Die Dreherei und ihre Werkzeuge.** Handbuch für Werkstatt,  
Büro und Schule. Von **Willy Hippler**, Betriebs-Direktor. Dritte, umgearbeitete  
und erweiterte Auflage.  
Erster Teil: **Wirtschaftliche Ausnutzung der Drehbank.** Mit 136 Abbildungen  
im Text und auf 2 Tafeln. (VII u. 259 S.) 1923.  
Gebunden 13 50 Goldmark / Gebunden 3.25 Dollar

---

**Über Dreharbeit und Werkzeugstähle.** Von **Fred. W. Taylor**,  
Philadelphia. Autorisierte deutsche Ausgabe der Schrift: „On the art of cutting metals“  
von **A. Wallichs**, Professor an der Technischen Hochschule zu Aachen. Viertes,  
unveränderter Abdruck. 5. und 6. Tausend. Mit 119 Figuren und Tabellen. (XII  
u. 231 S.) 1920.  
Gebunden 8.40 Goldmark / Gebunden 2 Dollar

---

**Automaten.** Die konstruktive Durchbildung, die Werkzeuge, die Arbeitsweise und  
der Betrieb der selbsttätigen Drehbänke. Ein Lehr- und Nachschlagebuch. Von  
**Ph. Kelle**, Oberingenieur in Berlin. Mit 767 Figuren im Text und auf Tafeln, sowie  
34 Arbeitsplänen. (X u. 426 S.) 1921. Gebunden 16,80 Goldmark / Gebunden 4 Dollar

# WERKSTATTBÜCHER

## FÜR BETRIEBSBEAMTE, VOR- UND FACHARBEITER

### HERAUSGEGEBEN VON EUGEN SIMON, BERLIN

---

In Vorbereitung befinden sich:

- Reiben und Senken. Von J. Dinnebier.  
Modelltischlerei II. Von R. Löwer.  
Festigkeit und Formänderung. Von H. Winkel.  
Technische Winkelmessungen. Von G. Berndt.  
Herstellung der Fräser. Von P. Zieting.  
Gesensschmiede. Von P. H. Schweißguth.  
Prüfen und Aufstellen von Werkzeugmaschinen. Von W. Mitan.  
Werkzeuge für Revolverbänke. Von K. Sauer.  
Einbau und Behandlung der Kugellager. Von H. Behr.  
Haupt- und Schaltgetriebe der Werkzeugmaschinen. Von Walther  
Storck.  
Fräsen. Von W. Birtel.  
Kaltsägeblätter. Von A. Stotz.  
Herstellung der Gewindeschneidwerkzeuge. Von Th. Müller.  
Kontrolle der Meßwerkzeuge. Von Liebold.  
Herstellung der Lehren. Von A. Stich.  
Einrichten von Automaten. Von K. Sachse, H. Voßmann und  
K. Guldenstein.  
Beizen und Entrosten. Von Otto Vogel.

*Die Werkstattbücher, von bewährten Fachleuten geschrieben, haben überall die größte Anerkennung gefunden. Sie bieten beste Betriebspraxis. Bei aller Gründlichkeit sind sie knapp, gemeinverständlich und besonders anschaulich durch viele klare Zeichnungen. Sie sind die beste Hilfe für jeden, der voran will.*