

WERKSTATTBÜCHER

FÜR BETRIEBSBEAMTE, KONSTRUKTEURE UND FACH-
ARBEITER. HERAUSGEBER DR.-ING. H. HAAKE VDI

HEFT 15

Bohren

Von

Ing. Josef Dinnebier VDI

Berlin

Dritte, verbesserte Auflage
(15.—21. Tausend)

Mit 173 Abbildungen im Text



Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH

WERKSTATTBÜCHER

FÜR BETRIEBSBEAMTE, KONSTRUKTEURE U. FACHARBEITER

HERAUSGEGEBEN VON DR.-ING. H. HAAKE VDI

Jedes Heft 50—70 Seiten stark, mit zahlreichen Textabbildungen

Preis: RM 2.— oder, wenn vor dem 1. Juli 1931 erschienen, RM 1.80 (10% Notnachlaß)

Bei Bezug von wenigstens 25 beliebigen Heften je RM 1.50

Die Werkstattbücher behandeln das Gesamtgebiet der Werkstatttechnik in kurzen selbständigen Einzeldarstellungen; anerkannte Fachleute und tüchtige Praktiker bieten hier das Beste aus ihrem Arbeitsfeld, um ihre Fachgenossen schnell und gründlich in die Betriebspraxis einzuführen. Die Werkstattbücher stehen wissenschaftlich und betriebstechnisch auf der Höhe, sind dabei aber im besten Sinne gemeinverständlich, so daß alle im Betrieb und auch im Büro Tätigen, vom vorwärtsstrebenden Facharbeiter bis zum leitenden Ingenieur, Nutzen aus ihnen ziehen können. 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.

Einteilung der bisher erschienenen Hefte nach Fachgebieten

I. Werkstoffe, Hilfsstoffe, Hilfsverfahren

	Heft
Das Gußeisen. 2. Aufl. Von Chr. Gilles	19
Einwandfreier Formguß. 2. Aufl. Von E. Kothny	30
Stahl- und Tempferguß. 2. Aufl. Von E. Kothny	24
Die Baustähle für den Maschinen- und Fahrzeugbau. Von K. Krekeler	75
Die Werkzeugstähle. Von H. Herbers	50
Nichteisenmetalle I (Kupfer, Messing, Bronze, Rotguß). 2. Aufl. Von R. Hinzmann	45
Nichteisenmetalle II (Leichtmetalle). 2. Aufl. Von R. Hinzmann	53
Härten und Vergüten des Stahles. 4. Aufl. Von H. Herbers	7
Die Praxis der Warmbehandlung des Stahles. 5. Aufl. Von P. Klostermann. (Im Druck)	8
Elektrowärme in der Eisen- und Metallindustrie. Von O. Wundram	69
Brennhärten. Von H. W. Grönegreß	89
Die Brennstoffe. Von E. Kothny	32
Öl im Betrieb. 2. Aufl. Von K. Krekeler. (Im Druck)	48
Farbspritzen. Von R. Klose	49
Rezepte für die Werkstatt. 4. Aufl. Von F. Spitzer	9
Furniere — Sperrholz — Schichtholz I. Von J. Bittner	76
Furniere — Sperrholz — Schichtholz II. Von L. Klotz	77

II. Spangebende Formung

Die Zerspanbarkeit der Werkstoffe. 2. Aufl. Von K. Krekeler. (Im Druck)	61
Hartmetalle in der Werkstatt. Von F. W. Leier	62
Gewindeschneiden. 3. Aufl. Von O. M. Müller	1
Wechselräderberechnung für Drehbänke. 5. Aufl. Von E. Mayer. (Im Druck)	4
Bohren. 3. Aufl. Von J. Dinnebieer.	15
Senken und Reiben. 3. Aufl. Von J. Dinnebieer. (Im Druck)	16
Innenräumen. 2. Aufl. Von L. Knoll	26
Außenräumen. Von A. Schatz	80
Das Sägen der Metalle. Von H. Hollaender	40
Die Fräser. 3. Aufl. Von E. Brödner	22
Das Fräsen. Von Dipl.-Ing. H. H. Klein	88
Das Einrichten von Automaten I (Die Automaten System Spencer und Brown & Sharpe). Von K. Sachse. (Vergriffen)	21
Das Einrichten von Automaten II (Die Automaten System Gridley [Einspindel] und Cleveland und die Offenbacher Automaten). Von Ph. Kelle, E. Gothe, A. Kreil	23
Das Einrichten von Automaten III (Die Mehrspindel-Automaten, Schnittgeschwindigkeiten und Vorschübe). Von E. Gothe, Ph. Kelle, A. Kreil	27
Das Einrichten von Halbautomaten. Von J. v. Himbergen, A. Bleckmann, A. Wassmuth	36
Die wirtschaftliche Verwendung von Einspindelautomaten. Von H. H. Finkelnburg	81
Die wirtschaftliche Verwendung von Mehrspindelautomaten. Von H. H. Finkelnburg	71
Werkzeugeinrichtungen auf Einspindelautomaten. Von F. Petzoldt	83
Maschinen und Werkzeuge für die spangebende Holzbearbeitung. Von H. Wichmann	78

III. Spanlose Formung

Freiformschmiede I (Grundlagen, Werkstoff der Schmiede, Technologie des Schmiedens). 2. Aufl. Von F. W. Duesing und A. Stodt	11
Freiformschmiede II (Schmiedebeispiele). 2. Aufl. Von B. Preuss und A. Stodt	12
Freiformschmiede III (Einrichtung und Werkzeuge der Schmiede). 2. Aufl. Von A. Stodt	56

(Fortsetzung 3. Umschlagseite)

WERKSTATTBÜCHER
FÜR BETRIEBSBEAMTE, KONSTRUKTEURE UND FACH-
ARBEITER. HERAUSGEBER DR.-ING. H. HAAKE VDI

HEFT 15

Bohren

Von

Ing. Josef Dinnebier VDI

Berlin

Dritte, verbesserte Auflage
(15.—21. Tausend)

Mit 173 Abbildungen im Text



Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH

1943

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
I. Einleitung	3
A. Geschichtliches	3
B. Grundbegriffe	3
II. Bohrmaschinen	4
A. Bohrmaschinen mit umlaufendem Werkzeug	4
1. Einspindlige Senkrechtbohrmaschinen S. 4. — 2. Schwenkbohrmaschinen S. 5. — 3. Mehrspindlige Senkrechtbohrmaschinen S. 6. — 4. Waagrechtbohrwerke S. 7. — 5. Vielspindlige Waagrechtbohrmaschinen S. 7.	
B. Bohrmaschinen mit feststehendem Werkzeug	8
6. Tieflochbohrmaschinen S. 8. — 7. Bohrmaschinen mit Revolverkopf S. 9.	
III. Spitzbohrer	9
8. Form der Schneide S. 9. — 9. Verbesserungen S. 10. — 10. Zentrumborher S. 11.	
IV. Spiralbohrer	11
A. Konstruktion der Spiralbohrer	11
11. Allgemeines S. 11. — 12. Durchmesser und Länge S. 12. — 13. Spiralsteigung, Nutenform und Kernstärke S. 12. — 14. Spitzenanschliff S. 13. — 15. Ausspitzung S. 16. — 16. Korrigierte Schneide S. 17. — 17. Sonderanschliff S. 18. — 18. Die Aufnahmelemente S. 18.	
B. Werkstoffe für die Herstellung von Spiralbohrern	19
19. Werkzeugstahl S. 19. — 20. Schnellstahl S. 19. — 21. Hartmetall S. 20.	
C. Herstellung der Spiralbohrer	20
22. Die Weichbearbeitung S. 20. — 23. Das Härten S. 21. — 24. Hartbearbeitung S. 21.	
D. Kräfte beim Bohren mit Spiralbohrern	22
25. Drehmoment, Axialdruck und Schnittleistung S. 22. — 26. Die Verteilung der Kräfte am Bohrer S. 22. — 27. Schnittleistung S. 24. — 28. Einfluß des Bohrerdurchmessers S. 26. — 29. Einfluß von Schnittgeschwindigkeit und Vorschub S. 26. — 30. Einfluß der Spiralsteigung und des Anschliffes S. 27. — 31. Bruchfestigkeit von Spiralbohrern S. 28.	
E. Richtlinien für das Arbeiten mit Spiralbohrern	28
32. Allgemeines S. 28. — 33. Der Anschliff S. 28. — 34. Das Verlaufen der Bohrer beim Anbohren S. 29. — 35. Das Abbrechen der Bohrer S. 29.	
F. Bohrbarkeit verschiedener Werkstoffe	31
36. Einfluß des Feingefüges des zu bohrenden Werkstoffes S. 31. — 37. Stahl und Gußeisen S. 31. — 38. Messing S. 33. — 39. Kupfer S. 34. — 40. Leichtmetalle S. 35. — 41. Sonstige Werkstoffe S. 35. — 42. Das Bohren kleiner Löcher unter 1 mm Durchmesser S. 36.	
G. Instandhaltung der Spiralbohrer	37
43. Spitzenschleifmaschinen S. 37. — 44. Arbeitsweise der Spitzenschleifmaschinen S. 39. — 45. Geräte zum Prüfen des Spitzenanschliffes S. 41. — 46. Ausspitzmaschinen S. 42.	
H. Instandsetzung gebrochener Bohrer	43
47. Bohrer, die im Drall gebrochen sind S. 43. — 48. Bohrer mit abgebrochenem Lappen am kegeligen Schaft S. 43.	
J. Sonderausführungen von Spiralbohrern	43
49. Spiralbohrer mit Ölzuführung S. 43. — 50. Verlängerte Spiralbohrer S. 44. — 51. Bohrer für kegelige Löcher S. 45. — 52. Anbohrer und Zentrumborher S. 45.	
V. Tieflochbohrer	45
53. Kanonenbohrer S. 45. — 54. Neuzeitliche Tieflochbohrer S. 45. — 55. Anschleifen der Tieflochbohrer S. 46. — 56. Betrieb der Tieflochbohrer S. 47. — 57. Hohlbohrer S. 48. — 58. Entfernen des Kernes S. 50. — 59. Fertigbohrer S. 51.	
VI. Bohrstangen und Bohrköpfe	52
60. Allgemeines S. 52. — 61. Der Bohrstahl S. 52. — 62. Freitragende Bohrstangen S. 52. — 63. Geführte Bohrstangen S. 53. — 64. Einsteckstäbe für Bohrstangen S. 54. — 65. Sonderbohrstangen S. 58. — 66. Befestigung der Bohrstange in der Arbeitsspindel S. 59. — 67. Bohrköpfe S. 59.	
VII. Spannwerkzeuge	61
68. Kegelhülsen S. 61. — 69. Klemmbohrfutter S. 61. — 70. Selbstzentrierende Backenfutter S. 61. — 71. Selbstspannende Klemmbohrfutter S. 62. — 72. Bohrfutter mit auswechselbarer Spannpatrone S. 62. — 73. Sicherheitsbohrfutter S. 63. — 74. Verstellbare Bohrstangenhalter für Revolverbänke S. 64. — 75. Halter für Tieflochbohrer S. 64.	

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

ISBN 978-3-662-41705-8

ISBN 978-3-662-41843-7 (eBook)

DOI 10.1007/978-3-662-41843-7

I. Einleitung¹.

A. Geschichtliches.

Bohrwerkzeuge waren schon im vorgeschichtlichen Zeitalter bekannt. DÄDALUS soll ihr Erfinder gewesen sein. Schon die Steinzeit kannte Äxte, bestehend aus einem auf einem Stiel befestigten Stein, in den ein Loch gebohrt werden mußte. Nach Funden aus dieser Zeit² benutzte man zwei Verfahren: das Vollbohren und das Hohlbohren. Zum Vollbohren fand ein Holzstab Verwendung, der mit Hilfe von Feuersteinpulver unter ständiger Drehung sich in den Stein hineinarbeitete. Beim Hohlbohren, wobei nur ein ringförmiger Teil aus dem Stein herausgearbeitet zu werden brauchte, während der Kern stehenblieb, benutzte man Knochen, die durch Entfernen des Markes leicht ausgehöhlt werden konnten, auf die gleiche Weise.

Das Eisenzeitalter benutzte eiserne Bohrer in Form von Spitzbohrern, Löffelbohrern oder Zentrumsbohrern. Altertum und Mittelalter haben diese drei Formen grundsätzlich benutzt und auch entsprechende Maschinen hierfür entwickelt. Wenn auch ein bedeutender Fortschritt gegenüber den ersten Anfängen zu verzeichnen war, so muß diese Art des Bohrens nach heutiger Auffassung doch noch als sehr primitiv angesehen werden. Erst in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts beschäftigte man sich eingehender mit dem Bohren von Metallen. Die ersten Patente zum Bohren von Geschützen aus Metall und sogar zum Bohren von Eisen fallen in die Zeit von 1774 bis 1800. Einen großen Fortschritt brachte die Verwendung von Spiralbohrern, die — soweit bis heute bekannt — zum erstenmal in „Gills Technical Repository“³ im Jahre 1822 erwähnt werden. Die damaligen Bezeichnungen lauteten „Drillbohrer“ oder „Schraubenbohrer“, insofern richtiger als „Spiralbohrer“, da die Nuten nicht nach einer Spirale, sondern nach einer Schraubenlinie verlaufen. Der Erfinder des Spiralbohrers ist bisher nicht mit Sicherheit festgestellt worden. Die Behauptung des aus der Schweiz nach Deutschland eingewanderten JOHANN MARTIGNONI in Schriften aus dem Jahre 1863, der Erfinder des Spiralbohrers zu sein, wird durch die angeführten früheren Veröffentlichungen widerlegt. Bezeichnend ist jedoch, daß seine Gedanken bei deutschen Firmen keinen Anklang fanden und infolgedessen der Spiralbohrer sich erst spät in Deutschland einführte. In Amerika hatte bereits 1864 Morse die „Morse Twist Drill and Machine Comp.“ gegründet, während in Deutschland ROBERT STOCK erst im Jahre 1891 den ersten Versuchsbohrer fräste und 1896 die Spiralbohrerherstellung in größerem Umfang aufnahm. Einen kurzgefaßten Bericht zur Entwicklung der Bohrmaschine bis zur Jahrhundertwende gibt CHR. FISCHER⁴.

B. Grundbegriffe.

Das Bohren bedingt grundsätzlich eine Drehung zwischen Werkzeug und Werkstück und gleichzeitig ein Vorschieben in der Achsrichtung. Zur Kennzeichnung dieses Vorganges haben sich die folgenden Begriffe herausgebildet:

1. Schnittgeschwindigkeit ist die Geschwindigkeit v am Umfang des Bohrers, gemessen in m/min.

¹ Die erste Auflage dieses Heftes wurde bearbeitet von Ing. J. DINNEBIER und ist 1924 erschienen, die zweite Auflage, bearbeitet von Ing. J. DINNEBIER und Dr.-Ing. H. J. STOEWER †, erschien 1932.

² Aufbewahrt in der prähistorischen Abteilung des Provinzialmuseums zu Hannover.

³ Nach Sammlung Quellenforschung FELDHAUS.

⁴ Z. VDI Bd. 86 (1942) S. 715...717. Dort auch Literaturangaben.

Ist d der Durchmesser des Bohrers in mm und n die Umlaufzahl des Bohrers je Minute, so ist $v = d\pi n/1000$ [m/min]. Aus der Abb. 1 kann für gegebene d und v das zugehörige n oder auch für gegebene d und n das zugehörige v abgelesen werden.

2. Vorschub ist der Weg s des Bohrers in axialer Richtung in mm für eine Umdrehung des Bohrers.

Ist s_1 der Weg je Minute, so ist $s_1 = ns$ [mm/min]. s_1 ist die Vorschubgeschwindigkeit und ein Maß für die Zerspanungsleistung.

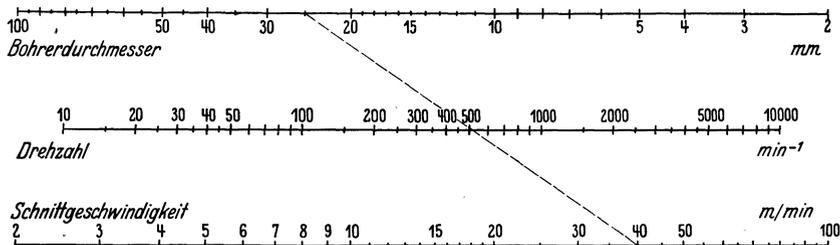


Abb. 1. Leitertafel für d , v , n . Man sucht auf der oberen Leiter den Bohrerdurchmesser (d), auf der unteren die Schnittgeschwindigkeit (v) und verbindet beide Punkte durch eine Gerade (gestrichelt). Im Schnittpunkt dieser Geraden mit der mittleren Leiter liest man die zugehörige Drehzahl (n) ab.

3. Bohrzeit. Bezeichnet T die Zeit in min, die zum Bohren der Lochtiefe L [mm] nötig ist, so ergibt sich: $T = L/ns = \frac{d\pi L}{1000 v s}$ [min].

In L muß die Höhe der Bohrerspitze mit enthalten sein, was besonders bei großem Durchmesser und geringer Lochtiefe ins Gewicht fällt.

II. Bohrmaschinen¹.

A. Bohrmaschinen mit umlaufendem Werkzeug.

1. Einspindlige Senkrechtbohrmaschinen nach Abb. 2 bis 4 sind für hohe Umlaufzahlen — Abb. 2 von 1000 bis 14000 stufenlos veränderlich, Abb. 3 von 1500 bis 12000, Abb. 4 von 600 bis 4000 — eingerichtet und unter dem Namen Schnellaufbohrmaschinen bekannt.

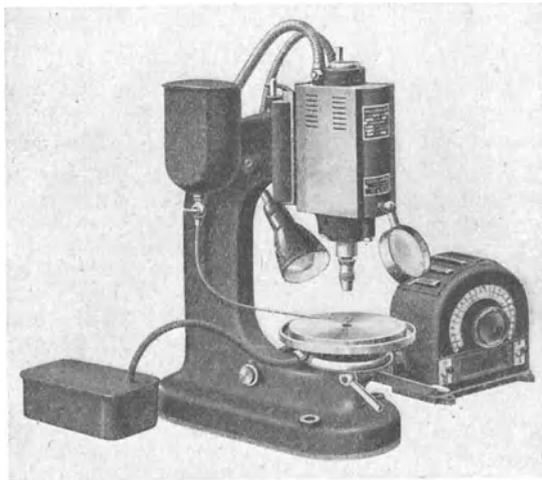


Abb. 2. Düsenbohrmaschine, Bohrerdurchmesser 0,05 bis 1 mm. (Georg Huhnholz, Gera.)

Der Vorschub der Bohrspindel kann von Hand, halb selbsttätig oder auch voll selbsttätig vorgenommen werden. Der Rücklauf ist bei den selbsttätigen Maschinen beschleunigt. Durch den halb- bzw. voll selbsttätigen Vorschub wird die Leistungsfähigkeit der Maschinen ganz bedeutend erhöht.

¹ In den Abbildungen dieses Kapitels sind einige wenige Ausführungsarten von Bohrmaschinen wiedergegeben; es ist selbstverständlich, daß damit kein Werturteil gegenüber den Erzeugnissen der deutschen Bohrmaschinenfabriken zum Ausdruck gebracht werden soll. Wer sich einen vollständigeren Überblick verschaffen beim Reichsmesseamt Leipzig erhält-

will, sei auf die Leipziger Technische Messe und die lichen Bezugsquellenverzeichnisse hingewiesen.

Für größere Bohrungen bis zu 50 mm Durchmesser und mehr kommen Maschinen nach Abb. 5 in Betracht, die kräftiger gebaut sind und eine niedrigere

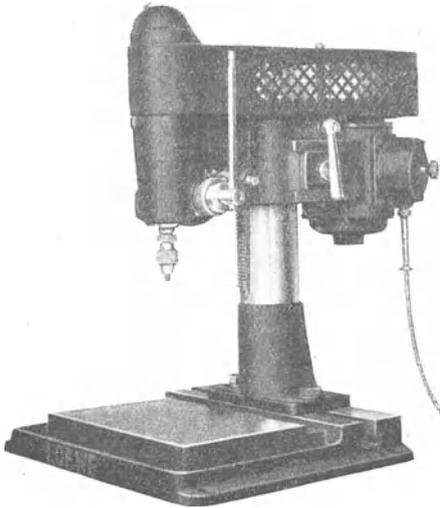


Abb. 3. Schnellbohrmaschine mit elektrischem Antrieb, Bohrdurchmesser 0,25 bis 5 mm. (Löwe, Berlin.)

Umlaufzahl als die Schnellbohrmaschinen haben. Sie werden durch einen Gleichstromregelmotor oder einen polumschaltbaren Drehstrommotor über ein Wechselrädergetriebe angetrieben, wodurch der Bohrspindel bis zu 40 verschiedene Umdrehungszahlen je Minute von 110 bis 1100 erteilt werden können. Der Vorschub der Bohrspindel ist halb- und vollselbsttätig und kann an beliebiger Stelle von Hand unterbrochen und ebenso wieder eingeschaltet werden. Er beträgt etwa 0,15 ··· 1,8 mm/Uml. in sechs Abstufungen. Der Kraftverbrauch beträgt 6 ··· 10 PS.

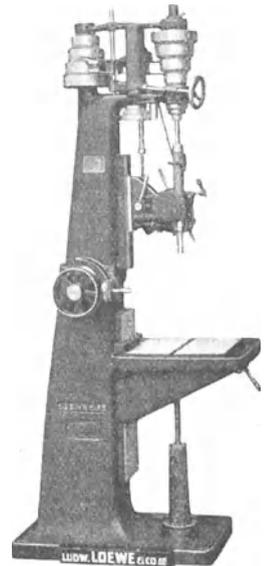


Abb. 4. Schnellbohrmaschine mit Einscheibenantrieb, Bohrdurchmesser 2 bis 22 mm. (Löwe, Berlin.)

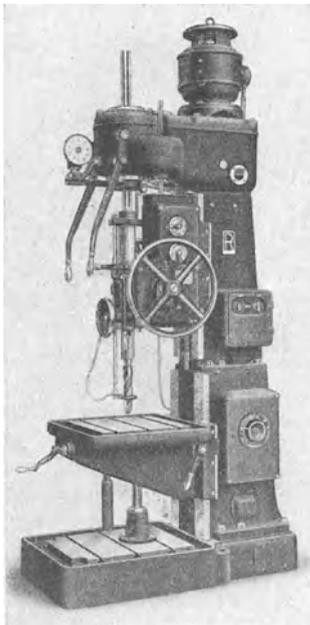


Abb. 5. Schwere Senkrechtbohrmaschine mit elektrischem Antrieb. (Gebr. Reinhold, Gera.)

unterbrochen und ebenso wieder eingeschaltet werden. Er beträgt etwa 0,15 ··· 1,8 mm/Uml. in sechs Abstufungen. Der Kraftverbrauch beträgt 6 ··· 10 PS.

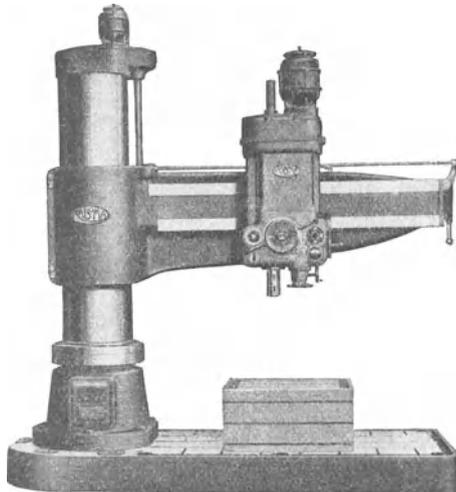


Abb. 6. Schwenkbohrmaschine. (Raboma, Berlin.)

2. Schwenkbohrmaschinen (Abb. 6) sind hauptsächlich für große Werkstücke bestimmt, die, einmal aufgespannt, zweckmäßig nicht bewegt werden. Mit Hilfe des schwenkbaren Auslegers, auf dem der Bohr-

spindelschlitten verschiebbar ist, können alle Löcher in einer Lage des Werkstückes gebohrt werden. Besonders geeignet sind die Maschinen für die Benutzung großer Bohrvorrichtungen mit langen Bohr- und Messerstangen. Die Werkzeuge lassen sich nach Abscheren des Auslegers sehr leicht in die Vorrichtung einführen bzw. herausnehmen. Es ist ferner möglich, Reihen von Werkstücken auf die Grundplatte der Maschine aufzuspannen und nacheinander zu bohren¹. Um dieser Beweglichkeit willen werden die Maschinen in steigendem Maße benutzt.

Bei den neueren Maschinen, wie sie von einer Reihe führender deutscher Firmen, teils auch unter Einbau hydraulischer Bewegungs- und Übertragungselemente gebaut werden, liegt der Bereich der Spindeldrehzahlen zwischen etwa 12 und 2100 in reichlicher Abstufung bis zu 36, je nach Maschine und Stromart. Die hohe Umdrehungszahl der Bohr-

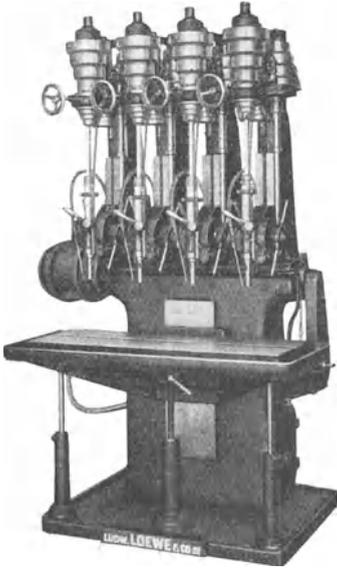


Abb. 7. Mehrspindlige Senkrechtbohrmaschine mit feststehenden Spindeln. (Loewe, Berlin.)

spindel ermöglicht es, auch kleine Löcher in großen Werkstücken wirtschaftlich zu bohren, ein sehr großer Vorteil gegenüber den Maschinen älterer Bauart. Der Bereich der Vorschübe liegt zwischen etwa 0,5 und 3,2 mm/Uml.

Spindeldrehzahlen und Vorschübe werden sehr bequem und schnell vom Standort aus durch Hebel geschaltet oder bei den neueren Maschinen hydraulisch gesteuert.

Der Kraftbedarf beträgt je nach Größe 5...20 PS. Für den Spindeltrieb und die Bewegung des Auslegers sind getrennte Motoren vorgesehen.

3. Mehrspindlige Senkrechtbohrmaschinen nach Abb. 7 und 8 werden hauptsächlich in der Massenfertigung verwendet. Bei der Maschine Abb. 7 kann jede

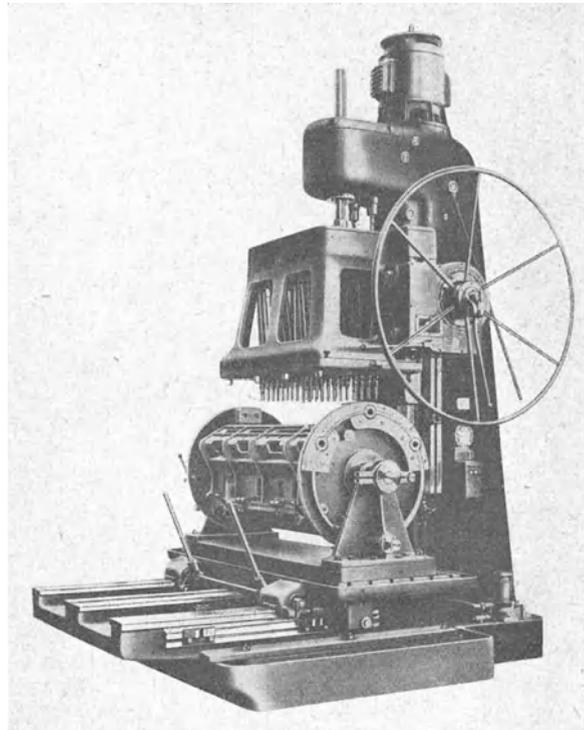


Abb. 8. Mehrspindlige Senkrechtbohrmaschine mit etwa 140 Bohrspindeln. (Habersang & Zinzen G. m. b. H., Düsseldorf-Oberbilk.)

¹ Siehe Heft 42: Wirtschaftliche Herstellung und Ausnutzung der Vorrichtungen.

Spindel einzeln von Hand, halb- und vollselbsttätig bewegt werden. Es können auf ihr Teile mit verschieden großen Löchern gebohrt werden, indem das Werkstück von Spindel zu Spindel weitergeschoben wird.

Bei der Maschine Abb. 8 sind die Spindeln beliebig verstellbar: kreisförmig, im Viereck oder dergleichen. Sämtliche Spindeln werden gleichzeitig vorgeschoben. Diese Maschinen werden hauptsächlich zum Bohren der Löcher in Flanschen und Deckeln an Zylindern oder Ventilen verwendet, jedoch nur bei Massen- oder größerer Reihenfertigung.

Genauigkeit der Senkrechtbohrmaschinen: Hohe Genauigkeit in der Richtung eines Loches, sei es senkrecht zur Auflagefläche, sei es parallel zur Bohrspindel, kann man an den Senkrechtbohrmaschinen mit umlaufendem Werkzeug nur dann 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 Drücke wenig geeignet; es sollte also an diesen Maschinen nur mit mehrschneidigen Werkzeugen gearbeitet werden, bei denen sich die Schnittdrücke quer zur Achse aufheben, oder miteinschneidigen Werkzeugen (Bohrstangen usw.) doch nur dann, wenn sie nochmals in einer Buchse geführt werden.

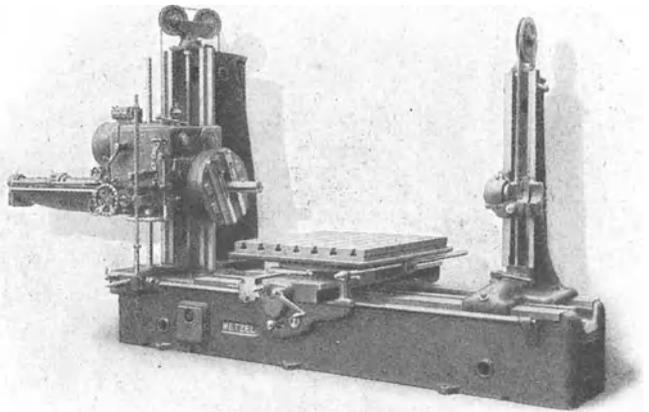


Abb. 9. Waagrechtbohrwerk. (Karl Wetzel, Gera.)

4. Waagrechtbohrwerke (Abb. 9) sind für schwere und schwierig zu bearbeitende Teile bestimmt, und zwar dort, wo ohne Bohrvorrichtung genau gearbeitet werden soll. Im Gegensatz zu den senkrechten Bohrmaschinen ist das Spindellager dieser waagerechten Maschinen so konstruiert, daß es auch seitlichen, quer zur Achse stehenden Druck aufnehmen, daß also auch mit einschneidigen Bohrstählen bzw. Bohrstangen gearbeitet werden kann. Die Bohrstangen werden meist in einem besonderen Gegenhalter geführt. Reiche Einstellungsmöglichkeiten des Tisches und der Bohrspindel machen die Maschine sehr vielseitig: Ist ein Werkstück aufgespannt, so können Löcher in verschiedenen Richtungen und Entfernungen eingebohrt werden, ohne es umzuspannen. Bei Reihenfertigung wird man allerdings das Abspannen der Werkstücke nach jeder Arbeitsstufe vorziehen, da es einfacher ist als das Spindelverstellen.

5. Vielspindlige Waagrechtbohrmaschinen. Abb. 10 zeigt eine vielspindlige Waagrechtbohrmaschine, mit der Löcher in Flansche an Zylindern und Ventilen und an Automobilzylindern, Motorgehäusen, großen Ventilen usw. von zwei (bzw. auch drei) Seiten gleichzeitig gebohrt werden.

Die Bohrspindeln werden jeweils der Arbeit entsprechend eingestellt.

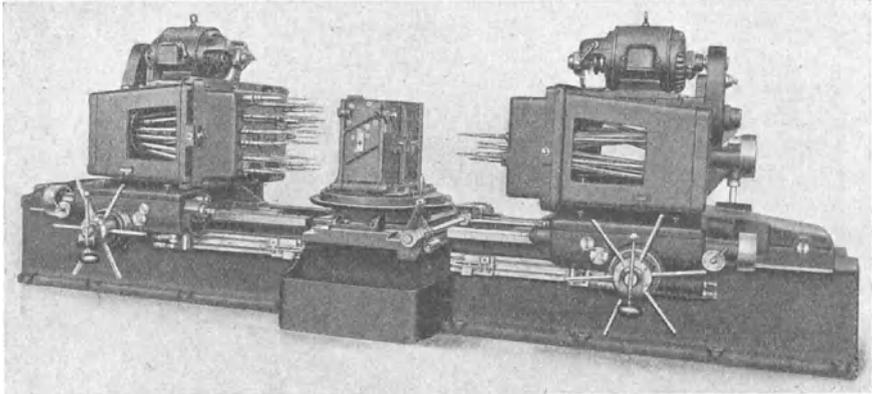


Abb. 10. Mehrspindlige Waagrechtbohrmaschine. (Habersang & Zinzen G. m. b. H., Düsseldorf-Oberbilk.)

Diese Maschinen sind auch nur für Massen- oder größere Reihenfertigung geeignet, da das Einstellen der Bohrspindel sich sonst nicht lohnt.

B. Bohrmaschinen mit feststehendem Werkzeug.

Bohrmaschinen mit feststehendem Werkzeug sind die Tieflochbohrmaschinen und die senkrechten oder waagerechten Bohrmaschinen mit Anbringung der Werkzeuge an einem Revolverkopf.

Das feststehende Werkzeug arbeitet günstiger als das umlaufende, da es nur eine Bewegung, und zwar die vorschiebende, auszuführen hat. Beim Bohren tiefer Löcher ist das besonders wichtig, da das Werkzeug infolgedessen ruhiger steht und nicht so leicht verläuft. Außerdem läßt sich die Kühlflüssigkeit besser durch das Werkzeug leiten. Der Revolverkopf gestattet, mehrere Werkzeuge hintereinander zu verwenden, was bei den Maschinen mit umlaufendem Werkzeug nur auf kostspielige Weise möglich ist.

6. Tieflochbohrmaschinen (Abb. 11) werden im allgemeinen nur für Hülsen, Gewehrläufe, Kanonenrohre und ähnliche Teile gebraucht. Der Vorschub ist zwangsläufig und meist sehr gering. Die Späne werden durch hohen Öldruck —

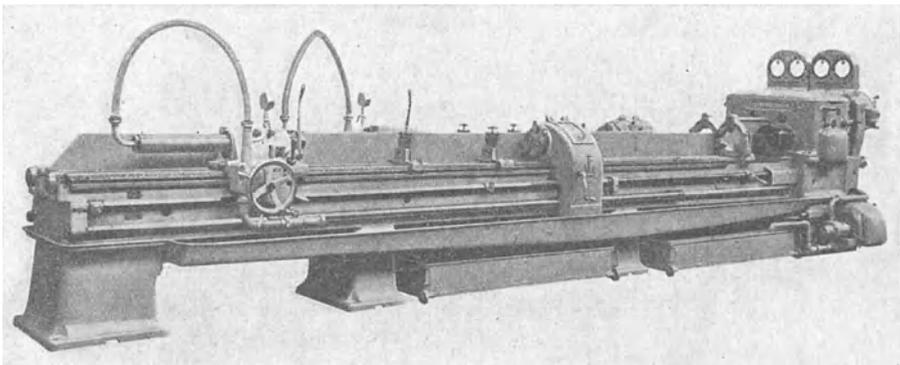


Abb. 11. Tieflochbohrmaschine, Bohrdurchmesser bis 75 mm, Bohrtiefe bis 3000 mm. (Fritz Werner, Berlin-Marienfelde.)

das Öl gelangt durch ein Rohr bis an die Schneide des Bohrers — aus der Bohrung herausgefördert und fließen infolge der großen Spannung des Bohrers gut ab.

7. Bohrmaschinen mit Revolverkopf (Abbildungen 12 und 13) sind für Arbeiten bestimmt, bei denen mehrere Arbeitsstufen vorkommen, z. B. Zentrieren, Vorbohren, Nachbohren, Vor- und Fertigreiben. Infolge der kurzen Bewegung des Revolverschlittens können nur Löcher von etwa 200···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.

Die Maschine Abb. 12 wird mehr für schwerere Werkstücke benutzt, die auf den waagerechten Tisch sehr bequem aufgespannt werden können, während die Maschine Abb. 13 sich mehr für leichtere Werkstücke eignet.

Die Bohrmaschinen Abb. 3, 4, 5, 6 und 9 sind die gebräuchlichsten. Sie finden hauptsächlich in der Einzel- und Reihenfertigung Verwendung, während die übrigen Maschinen fast nur für Reihen- und Massenfertigung bestimmt sind.

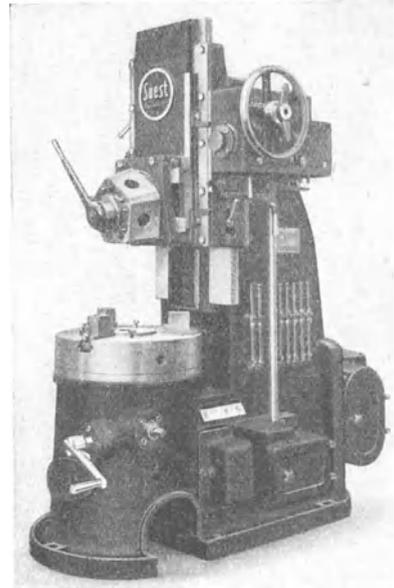


Abb. 12. Senkrechtbohrmaschine mit Revolverkopf. (Louis Soest & Co. G. m. b. H., Düsseldorf-Reisholz.)

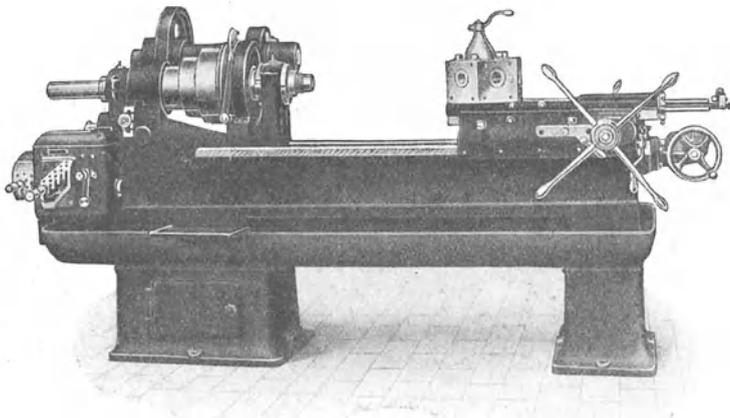


Abb. 13. Waagrechtbohrmaschine mit Revolverkopf. (Löwe, Berlin.)

Außer den oben beschriebenen Maschinen gibt es noch eine große Anzahl Sondermaschinen, auf die hier nicht näher eingegangen werden kann.

III. Spitzbohrer.

8. Form der Schneide. Der Spitzbohrer ist die Urform des Bohrers. Er besteht aus einem flach geschmiedeten Stück härtbaren Stahles, das an seiner Unterseite unter einem bestimmten Spitzenwinkel angeschliffen wird. Ursprünglich

war jede der beiden schrägen Kanten von beiden Seiten, d. i. dachförmig, abgeseigt, so daß sie nach beiden Richtungen hin schneiden konnten. Dies war

notwendig, weil früher die Bohrer mit Hilfe des sog. Fiedelbogens hin- und hergedreht wurden. Bei dieser Art der Zuspitzung entstand ein sehr stumpfer Schnittwinkel, so daß die Kanten mehr schabten als schnitten. Nachdem Maschinen aufgekomen waren, die den Bohrer nur in einer Richtung drehen, konnte die Konstruktion der Spitzbohrer gemäß Abb. 14 geändert werden:

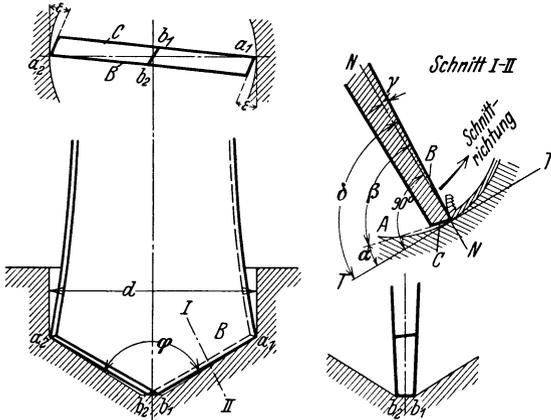


Abb. 14. Konstruktion des Spitzbohrers.

d Bohrerdurchmesser; a_1-b_1 , a_2-b_2 Schneidkanten; b_1-b_2 Querschnitte; A Schnittfläche; B Span- (Brust-) Fläche; C Frei- (Hinterschleif-) Fläche; $N-N$ Normale der Schnittfläche; $T-T$ Tangente der Schnittfläche; α Frei- (Hinterschleif-) Winkel; β Keilwinkel; γ Span- (Brust-) Winkel; δ Schneidwinkel; φ Spitzenwinkel.

Hinterschliff wird dadurch erreicht, daß die Fläche C , die Freifläche (Hinterschleiffläche), um den $\sphericalangle \alpha$, den Freiwinkel, gegen die Schnittfläche A bzw. die Tangente T an A , geneigt wird.

Aber auch bei dieser Ausführung ist der Schnittwinkel $\delta > 90^\circ$, weil die vordere Fläche B des Bohrers um den Spanwinkel γ gegenüber der (rechtwinklig zu T stehenden) Normalen N nach vorn geneigt ist, so daß γ negativ ist. Infolgedessen stauchen die Schneidkanten bei der Spanbildung den Werkstoff stark auf, d. h. sie schneiden die meisten Werkstoffe schwer (Abb. 15).

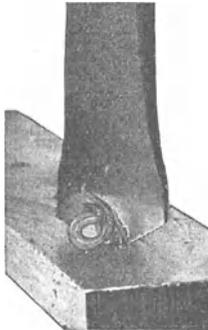


Abb. 15. Spanbildung ohne Hohlkehlschliff.

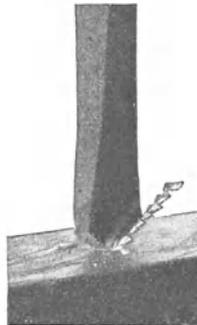


Abb. 16. Spanbildung mit Hohlkehlschliff.

Dieser Nachteil machte sich besonders dort bemerkbar, wo die Maschine noch durch Hand oder Fuß betrieben wurde.

9. Verbesserungen. Man kam daher darauf, den Schnittwinkel zu verringern, indem man längs der Schneidkanten Hohlkehlen (Abb. 16 und k in Abb. 17 und 21) anschliff. Nunmehr schnitt der Bohrer leichter. Der Nachteil dieser Hohlkehlen

ist, daß der Bohrerquerschnitt an der Spitze geschwächt wird, daß der Spanwinkel (γ) leicht zu groß bzw. der Schnittwinkel (δ) zu klein wird und daß nach Abstumpfen der Schneiden ein größeres Stück abgeschliffen oder nachgeschmiedet werden muß, um den Bohrer wieder gebrauchsfähig zu machen. Beim Nachschleifen verringert sich auch der Durchmesser. Ein weiterer Nachteil besteht in der geringen Führung des Bohrers im Loch, da der größte Durchmesser nur an den Schneidenden vorhanden ist und der Bohrer sich nach hinten verjüngt. Maßhaltigkeit und Führung wurden verbessert durch die Ausführung nach Abb. 17. Zur besseren Entfernung der Späne bei zähen Werkstoffen wurden weiterhin Spanbrecher-

nuten (Abb. 18) angebracht. In dieser Form finden sich heute noch Spitzbohrer bei der Bearbeitung von Löchern geringer Tiefe, besonders in spröden Werkstoffen: Gußeisen, Bronze, Messing, auf Revolverbänken und Automaten. Hier ist es häufig auch notwendig, abgesetzte oder kegelförmige Löcher zu bohren. Der Spitzbohrer ist leicht für derartige Formen herzustellen. Abb. 19 zeigt einen abgesetzten Bohrer.

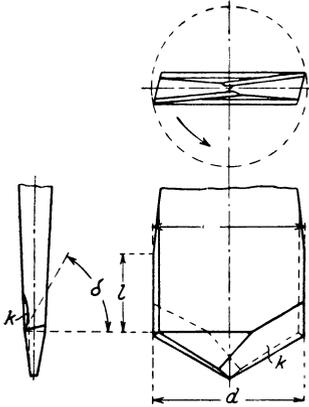


Abb. 17. Verbesserter Spitzbohrer (Hohlkehle k , Schnittwinkel $\alpha < 90^\circ$, Ende parallel).

denen die Schneiden unter 180° angeschliffen sind und nur in der Mitte eine kurze Spitze stehenbleibt. Diese führt den Bohrer gut, so daß die mit solchen Bohrern gebohrten Löcher sehr maßhaltig sind.

Die Leistung des Spitzbohrers ist beschränkt durch seine geringe Starrheit, die ungünstigen Spanwinkel und die meist schlechte Spanabfuhr (Abb. 22a); er ist daher in den meisten Fällen durch den Spiralbohrer verdrängt worden.

IV. Spiralbohrer.

A. Konstruktion des Spiralbohrers.

11. Allgemeines. Die großen konstruktiven Vorzüge des Spiralbohrers, die ihn zum wichtigsten Werkzeug der Bohrererei gemacht haben, sind:

1. Richtiger, positiver Spanwinkel infolge des schraubenförmigen Anstiegs der beiden, an der Spitze bei den Schneidkanten beginnenden Nuten (kein Einschleifen).

2. Gleichbleiben des Durchmessers nach dem Schleifen, bis zuletzt (kein Schmieden).

3. Gute Führung durch die Fasen an den schraubenförmigen Stegen.

4. Gute Abfuhr der Späne durch die schraubenförmigen Nuten.

Zur Wahrung der nötigen Starrheit muß in der Mitte des Bohrers der „Kern“ — auch „Seele“ ge-

Wie eine Ersparnis an dem teuren Schnellstahl erreicht werden kann, zeigt Abb. 20. Ein Schnellstahlmesser ist in einen Schaft aus gewöhnlichem Stahl eingesetzt und kann nach Verbrauch ersetzt werden.

10. Zentrumsbohrer. Zum Bohren von Löchern, die auf dem Grund flach sein müssen, verwendet man Zentrumsbohrer (Abbildung 21), bei

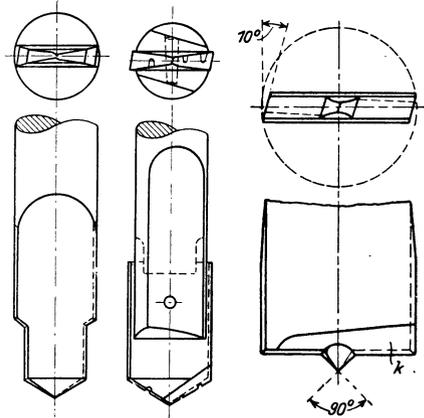
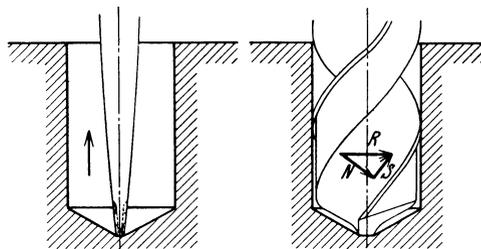


Abb. 19. Sonderformen der Spitzbohrer.

Abb. 21. Zentrumsbohrer.



Spanabfluß in Achsenrichtung nur infolge des Druckes der neu entwickelten Späne

Kraftwirkung R auf die bereits abgetrennten Späne, zerlegt in Normalkraft N und Schubkraft S in Richtung d Spanabflusses

Abb. 22. Spanförderung beim Spitz- und Spiralbohrer.

Die Steigung der schraubenförmigen Nute muß so gewählt werden, wie es die Eigenart des zu schneidenden Werkstoffs in bezug auf den Spanwinkel und auf die möglichst reibungslose Abfuhr der Späne verlangt. Praktisch kommen Spiralsteigungen (γ in Abb. 23), am Außendurchmesser gemessen, zwischen 0 und 45° vor. Ein Nachteil des Spiralbohrers liegt darin, daß die Spanwinkel zur Mitte hin kleiner werden, was aus Abb. 24a (nicht maßstäblich) klar hervorgeht, in der für die drei Durchmesser $d_1 d_2 d_3$ (Abb. 24b) die Spanwinkel $\gamma_1 \gamma_2 \gamma_3$ dargestellt sind, indem über der Abwicklung der zu $d_1 d_2 d_3$ gehörigen Kreise (Zylinder) die Höhe der Steigung h der Spiralnut aufgetragen ist. Durch diese Abnahme von γ (s. auch Tabelle 1) ergibt sich zur Mitte hin eine verschlechterte Schneidwirkung, die man durch ein bestimmtes Ausspitzverfahren allerdings zum Teil wieder ausgleichen kann¹.

Die Bedingungen für die Ausführung der Nutenform sind ebenfalls: möglichst gute Spanabfuhr und Widerstandsfähigkeit des Bohrers. Die Schneidkanten müssen gerade Linien sein, da vorgewölbte Schneidkanten Veranlassung zum Rattern, zurückgewölbte zum Einhaken und Ausbrechen der Bohrerecken, auch infolge von Spanklemmungen, geben. Durch diese Forderung ist die Form des vorderen Teiles der Nutenfläche bei bestimmtem Spitzenwinkel und bestimmter Spiralsteigung eindeutig festgelegt. Der hintere Teil der Nutenfläche kann nach dem Ermessen des Konstrukteurs gewählt werden. Die Bestimmung der richtigen Nutenform für geradlinigen Verlauf der Schneidkante sowie des dazu gehörigen Fräsers ist eine Aufgabe der darstellenden Geometrie, die in der Literatur häufiger eingehend behandelt worden ist².

Der Kern des Bohrers wird üblicherweise mit etwa $0,13 \cdots 0,15 d$ für $d < 10$ mm und $0,25 d$ für $d > 10$ mm angenommen. Für besondere Arbeiten, bei denen große Starrheit verlangt wird, gibt es Bohrer mit verstärktem Kern.

14. Spitzenanschliff³. Ohne zweckmäßigen Anschliff kann der Spiralbohrer nicht gut schneiden. Abb. 23 zeigt die übliche Form des Anschliffes. Man erkennt die beiden unter dem Spitzenwinkel $\varphi \approx 118^\circ$ im Abstand der Kernstärke windschief zueinander liegenden geraden Schneidkanten. Sie sind verbunden durch die Querschneide, d. i. die Schnittlinie der beiden Freiflächen (Hinterschleifflächen). Damit die Schneidkanten beim Bohren ohne Schwierigkeiten in den Werkstoff eindringen können, muß die Neigung der Freiflächen C (Abb. 25) um den Winkel α (Freiwinkel) größer sein als die Neigung ϑ der schraubenförmigen Schnittfläche A . Dabei ist ϑ bestimmt durch den Vorschub s (mm/U) und den

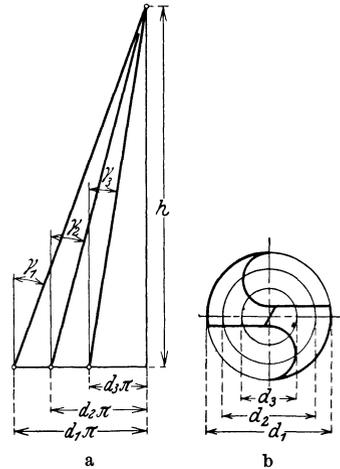


Abb. 24. Spiralsteigung und Spanwinkel.

¹ Siehe S. 18 und Abb. 33a und b.

² Werkst.-Techn. 1911 S. 560. — Z. Mathematik u. Physik 1909 Heft 3. — Werkst.-Techn. 1921 S. 692ff. — Masch.-Bau 1925 Heft 18.

³ KLEIN, H.: Die Ausbildung der Spiralbohrerschneiden für verschiedene Werkstoffe. Werkst.-Techn. 1937 Heft 5 S. 123. — STOEWER, H. J.: Über verschiedene Spitzenanschliffe an Spiralbohrern. Stock-Z. Bd. 2 (1929) S. 23...25. — WALLICHS, A., u. W. MENDELSON: Wirtschaftliches Bohren durch richtigen Anschliff. Werkst.-Techn. u. Werksleiter 1937 Heft 5 S. 97. — SCHROPP, H.: Messung der Schneidwinkel am Spiralbohrer. Masch.-Bau Bd. 12 (1933) S. 427...428. — SOMMERFELD, R.: Über den Hinterschliff von Spiralbohrern. Heft 161 der Forsch. Ing.-Wes., herausgegeben vom VDI, ferner auch Werkst.-Techn. Bd. 8 (1914) S. 258...261.

Umfang $d\pi$ des Bohrers bzw. durch s und den Umfang $d_x\pi$, wenn ϑ nicht am Außendurchmesser, sondern an einem kleineren Durchmesser d_x des Bohrers gemessen wird. Abb. 25 zeigt ohne weiteres, daß $\operatorname{tg} \vartheta = s/d_x\pi$, also ϑ um so größer ist, je kleiner d_x , d. h. je näher der Achse gemessen wird (s. auch Tabelle 2).

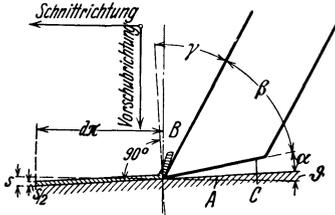


Abb. 25. Abwicklung eines Zylinderschnitts.

Es liegt nahe, die Freiflächen ebenfalls als Schraubenflächen mit überall gleicher Steigung h (Abb. 26) auszubilden. Dies ist jedoch nicht zugänglich, weil die um die Querschnitte liegenden Teile des Bohrers zu sehr geschwächt würden und der Bohrer daher ausbrechen könnte. Man kann eine verzerrte Schraubenfläche wählen, deren Steigung h_1 nach der Mitte zu kleiner wird (Abb. 26).

Eine zweite Möglichkeit besteht darin, die Freifläche als Teil eines Kegelmantels auszubilden. Der Kegelflächenschliff gibt, wie der Schraubenflächenschliff, einen nach der Mitte zu ansteigenden Freiwinkel. Er gestattet auch, die Größe dieses Winkels frei zu wählen, dadurch, daß man den Querschnitt aus dem in Abb. 27 eingezeichneten Kegelmantel demgemäß bestimmt.

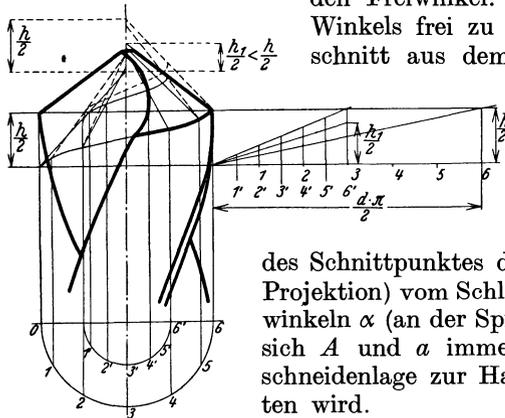


Abb. 26. Freifläche als verzerrte Schraubenfläche.

Maßgebend sind dafür die Untermittestellung a der Schneidkante unter die Schwenkachse, der Winkel zwischen Schwenkachse und Bohrerachse (z. B. 20°) und der Abstand A

des Schnittpunktes der Schwenk- und Bohrerachse (in der Projektion) vom Schleifscheibenumfang. Bei richtigen Freiwinkeln α (an der Spitze $\alpha = 25^\circ$, am Umfang $\alpha = 6^\circ$) lassen sich A und a immer so wählen, daß die richtige Querschnittenlage zur Hauptschneide unter etwa 55° eingehalten wird.

Die zur Herstellung einer solchen Fläche erforderliche Maschine ist von einfacher Bauart.

Ein Grenzfall des Kegelmantelschliffs ist der Zylinderschliff, bei dem die Hinterschleiffläche den Ausschnitt eines Zylindermantels bildet (Abb. 28). Derart ausgebildete Anschliffe sind ungünstiger, weil es schwer ist, gleichzeitig am Außendurchmesser und an den Durchmessern um die Querschnitte herum günstige Schnittwinkel zu erzielen. Eine Verkleinerung des Freiwinkels α am Umfang gegenüber der Mitte läßt sich nur durch Schräglage der Schneidkante zur Schwenkachse um den Winkel β' (bzw. β) erreichen, wodurch die Untermittestellung a an den einzelnen Punkten der Schneide verändert wird. Will man gleichzeitig die richtige Querschnittenlage unter 55° zur Hauptschneide erreichen, so muß man den Bohrer so stark drehen, daß die Ecke der Schneidkante um das Maß b über der Schwenkachse liegt, wodurch an dem über der Schwenkachse liegenden Teil der Schneidkante der Freiwinkel negativ wird. Eine befriedigende Lösung dieser Schwierigkeiten gelingt nur bei kleinen Bohrerdurchmessern.

Der für größere Bohrer am weitesten verbreitete Normalanschliff hat einen Spitzenwinkel von 116 bis 118° , und der Winkel, den die Querschnitte mit den Hauptschneiden bildet, ist 55° . Die bei einem bewährten Anschliff gemessenen Winkel der Freifläche sind aus Tabelle 1 zu ersehen.

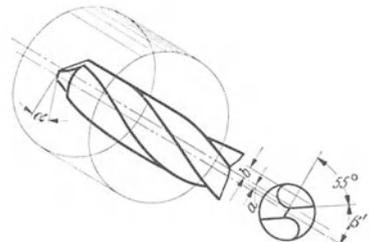
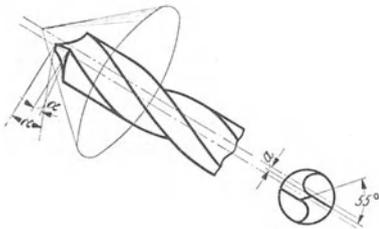
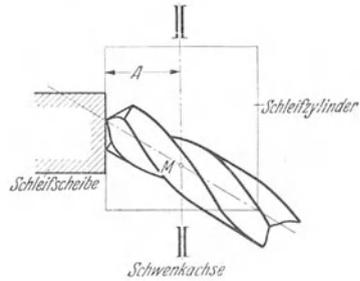
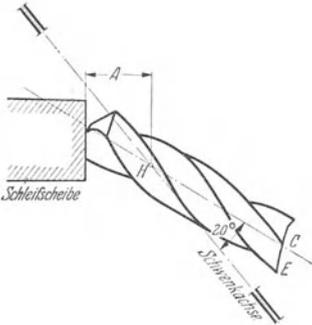
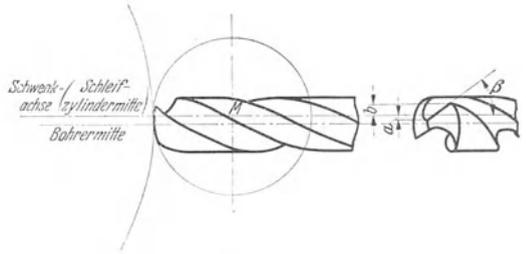
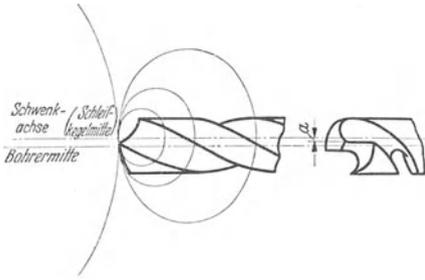


Abb. 27. Freifläche als Kegelfläche (Kegelmantelschliff).

a Untermittstellung der Schneide unter die Schwenkachse; *A* Abstand des Schnittpunktes der Schwenk- und Bohrerachse (in der Projektion) vom Schleifscheibenumfang, veränderlich.

Abb. 28. Freifläche als Zylindermantel (Zylindermantelschliff).

a Untermittstellung der Spitze unter die Schwenkachse; *b* schädliche Übermittstellung der Bohrerachse über die Schwenkachse zur Erzielung richtiger Querschnittdenkmale; *A* gleichbleibender Abstand der Schwenkachse vom Schleifscheibenumfang.

Tabelle 1. Winkel an der Schneide eines Bohrers von 25 mm Außendurchmesser, gemessen in verschiedenen Abständen von der Achse.

Meß- \varnothing mm	Freiwinkel ¹ α		Spanwinkel γ' rechtwinklig zur Schneidkante gemessen.
	gemessen auf konzentrisch zur Bohrerachse liegenden Zylinderflächen (Richtung <i>a, b, c</i> , Abb. 29).	gemessen rechtwinklig zur Schneidkante (Richtung <i>a₁, b₁, c₁</i> Abb. 29).	
5	29° 50'	6°	5°
10	16° 50'	4°	13...14°
15	13° 50'	2°	21...23°
20	9° 40'	2°	25...27°
25	8° 30'	2°	30°

Bemerkenswert ist die Zunahme der Neigung der Freifläche von 8° 30' am Außendurchmesser bis auf 29° 50' vor der Querschnittdenkmale, gemessen auf Zylinder-

¹ Ohne Rücksicht auf die Neigung der Schnittfläche.

flächen. Eine Zunahme ist deshalb notwendig, weil ja auch die Steigungswinkel ϑ der Schraubenfläche, die die Schnittfläche bildet, zur Bohrermitte zu ansteigen¹.

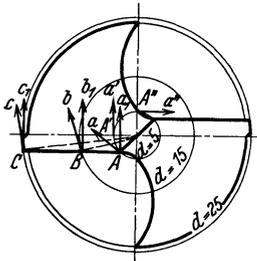


Abb. 29. Querschnitte.

Tabelle 2. Neigungswinkel ϑ der Schnittfläche an verschiedenen Durchmessern (s. Abb. 24).

Meß- \varnothing mm	Vorschub s		
	= 0,5	= 1,5	= 3 mm/U
25	22'	1° 6'	2° 11'
15	36' 30''	1° 49'	3° 39'
5	1° 50'	5° 28'	10° 49'

Bedenken hinsichtlich der Widerstandsfähigkeit der Schneiden bei so großen Freiwinkeln bestehen nicht, denn obgleich die Winkel, in der Bewegungsrichtung gemessen, groß sind, werden sie, in der Kraftrichtung, also rechtwinklig zur Schneidkante gemessen (s. Abb. 29), kleiner als bei einem Drehmeißel.

Tabelle 3. Freiwinkel und Querschnittenwinkel von Bohrern von 2...100 mm \varnothing . Nach Versuchen des Versuchsfeldes von R. Stock & Co.

Bohrer- \varnothing mm	Freiwinkel am Umfang, etwa °	Querschnitten- winkel, etwa °
2,0... 3,5	14	47
3,6... 5,0	11	48
5,1... 7,0	9	49
7,1... 11,0	9	50
11,1... 18,0	8	52
18,1... 30	7	55
30,1... 55	6	55
55,1... 100	5	55

Mit dem Bohrerdurchmesser ändern sich die günstigsten Frei- und Querschnittenwinkel nach Tabelle 3.

Der gebräuchliche Spitzenwinkel von rund 118° ist nicht in allen Fällen angebracht. Bei einer Reihe später zu erwähnender Arbeiten sind flachere oder spitzere Winkel günstiger.

15. Ausspitzung². Den Teilen der Freifläche vor der Querschnitte muß besondere Beachtung geschenkt werden, weil die Querschnitte ebenfalls Späne abheben muß, aber im Gegensatz zu der Hauptschnitte unter sehr ungünstigen

Verhältnissen. Der Spanwinkel — wenn man überhaupt von einem solchen sprechen kann — vor der Querschnitte ist negativ (s. Abb. 23 Schnitt I bis II). Es bleibt zwischen der Schnittfläche und der Freifläche kaum genügend Raum für die von der Querschnitte abgeschabten Späne. Man muß daher danach trachten, den Abfluß der Späne gerade an dieser Stelle zu verbessern, wozu in der Hauptsache das Ausspitzen der Querschnitte dient. Die Ausspitzung entsteht durch Wegschleifen der von der Querschnitte und Hauptschnitte gebildeten Ecke, wodurch an Stelle der Ecke eine schräge Verbindungslinie zwischen Hauptschnitte und Querschnitte gebildet und gleichzeitig der Rücken des Bohrers abgeschragt wird. Die Späne können durch die entstandene Aushöhlung leichter abfließen; die Folge ist eine bedeutende Verringerung des Axialdruckes. Die Ausführungsarten der Ausspitzungen sind sehr verschieden, und zwar bezüglich der Verkürzung der Querschnitte, der Schräglage und Länge der neu entstandenen Verbindungsschnitte zwischen Querschnitte und Hauptschnitte, der Länge des Auslaufs rechtwinklig zur Bohrerachse zum Bohrerücken hin und parallel zur Bohrerachse zum Kern hin. Die gute Ausspitzung in Abb. 30a geht höchstens bis über ein Drittel der Hauptschnitten, verkürzt die Querschnitte um etwa die Hälfte ihres ursprünglichen Wertes, ohne daß die neu entstandenen Spanwinkel größer als etwa 5° sind. Gefährlich sind Ausspitzungen, die die Schneiden-

¹ Siehe S. 13, Abb. 24 und Tabelle 2.

² Siehe auch A. WALLICHS u. W. MENDELSON: Werkst.-Techn. 1937 S. 101.

teile in der Nähe der Querschneide stark unterhöhlen (Abb. 30b, c), ebenso zu starke Schwächungen der Querschneide und des unter der Querschneide liegenden Teiles des Bohrerkerne (Abb. 30d).

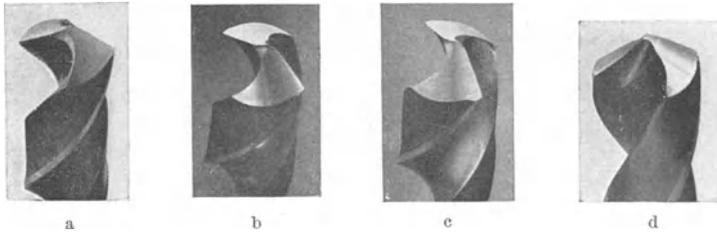


Abb. 30. Ausspitzung der Spiralbohrer. a gut; b...d schlecht.

16. Korrigierte Schneiden. Wird die Verbindungslinie zwischen Hauptschneide und Querschneide bis zum Bohrerumfang verlängert, so also, daß von den ursprünglichen Hauptschneiden nichts mehr stehenbleibt, so erhält man die „korrigierten“ Schneiden. Die Hauptschneiden sind also aus ihrer ursprünglichen Lage mehr zur Bohrermitte hin um die am Umfang liegenden Schneidenecken gedreht, wodurch zunächst eine Verkürzung der Querschneide erzielt wird. Gleichzeitig kann man eine Veränderung — und zwar Vergrößerung oder Verringerung —

der für den Schneidvorgang wichtigen Spanwinkel längs der ganzen Schneide erreichen. Durch Verringerung des Spanwinkels — zweckmäßig beim Bohren spröder oder sehr harter Werkstoffe — erhält man die Form Abb. 31. Eine Unterhöhung der Querschneide tritt hier nicht ein. Beim Bohren der üblichen Stähle des Maschinen-, Schiffs- und Brückenbaus würde diese Maßnahme aber eine unerwünschte Stauchung der Späne und dadurch erhöhten Kraftbedarf ergeben. Richtiger ist hier, die günstigen Spanwinkel am Außendurch-

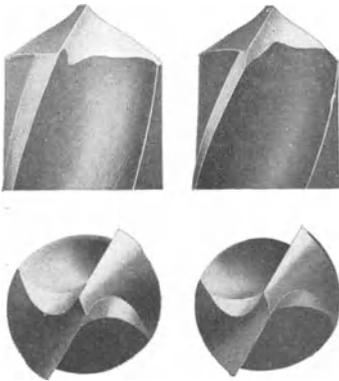


Abb. 31. Korrigierte Schneiden für harte und spröde Werkstoffe mit kleinem Spanwinkel und ohne unterhöhlte Querschneide.

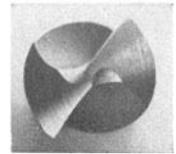
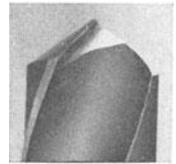


Abb. 32. Korrigierte Schneiden mit längs der ganzen Schneide gleichbleibendem günstigen Spanwinkel, aber unterhöhlter Querschneide (ungünstig).

messer auch an den inneren Schneideteilen zu erzeugen. Schleift man geradlinig über die Schneide hinweg, so wird die Querschneide stark unterhöhlt (Abb. 32), was unwirtschaftlich und gefährlich ist. Eine Ausspitzung, die diesen Nachteil vermeidet und trotzdem die günstigen äußeren Spanwinkel bis dicht an die Querschneide heranzführt, zeigt Abb. 33a und b¹. Längs der Schneide ist eine ebene Fläche mit gleichbleibendem Spanwinkel angeschliffen, die am Umfang breiter ist und zur Mitte hin schmaler wird, also ein spitzes Dreieck bildet. Die Spitze dieses Dreiecks liegt etwas unterhalb der von Haupt- und Querschneide gebildeten Ecke. An die ebene Dreiecksfläche schließt sich eine verwundene Fläche an. Diese Fläche dringt nahe der Querschneide bis

¹ Hergestellt auf der Ausspitzmaschine von R. Stock & Co.

fast zur Hauptschneide vor, so daß der große Spanwinkel an dieser Stelle nur doch an einem ganz schmalen Streifen vorhanden ist und dann sofort in die Rundung der verwundenen Fläche übergeht. Die Vorteile dieser Schneidenkorrektur, die nicht unbedingt bis ganz an den Bohrerumfang herangeführt zu werden braucht (Abb. 33a), bestehen nicht nur in einer erheblichen Verringerung des Axialdrucks, sondern auch des Drehmomentes und — wenigstens auf Stählen geringer und mittlerer Festigkeit — in einer Verlängerung der Lebensdauer der Schneiden¹.

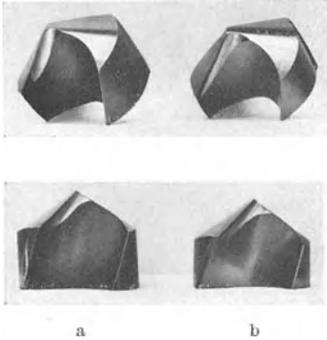


Abb. 33a und b. Korrigierte Schneiden mit längs der Schneide fast gleichbleibendem günstigem Spanwinkel und nicht unterhöhlter Querschneide (gut).

Abb. 33a nicht bis zum Umfang durchgeführte Korrektur, Abb. 33b bis zum Umfang durchgeführte Korrektur.

17. Sonderanschliffe. Neben der üblichen Ausführung des Spitzenanschliffs und der Ausspitzung kommen eine Reihe mehr oder minder bewährter Sonderanschliffe vor. Eine Maschine stellt einen Hinterschliff nach einer verzerrten Schraubenlinie her, jedoch mit der Eigentümlichkeit, daß sie die Teile vor der Querschneide besonders tief aushöhlt (Abb. 34a). Dieser „Anschliff mit hohl ausgeschliffener Mittelschneide“² soll die Winkel vor der Querschneide verbessern. Bei Bohrern mit starkem Kern schrägt man die Freifläche parallel zu den Schneiden bis zur

Bohrermitte stärker ab (Abb. 34b). Hierdurch sinkt der Kraftbedarf. Durch Verkürzung der Querschneide Abb. 34c und der Verringerung des stumpfen Winkels vor der Querschneide erreicht man ein leichteres Arbeiten und erfahrungsgemäß häufig eine Verlängerung der Lebensdauer. Spitzt man bei dem vorerwähnten Anschliff

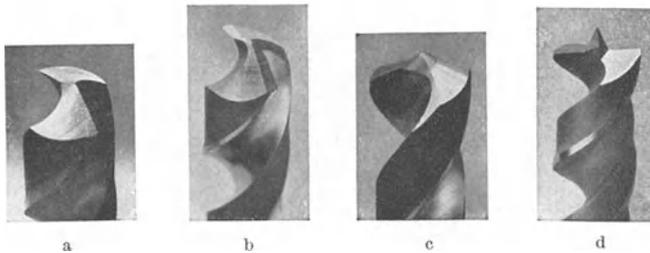


Abb. 34. Sonderanschliffe.

a Querschneide, hohl ausgeschliffen; b Freifläche starr abgeschrägt, Kreuzanschliff; c Anschliff mit in einer Spitze vorgezogener Querschneide (Zweck: Erreichung günstigen Spanabflusses nahe der verkürzten Querschneide, dadurch Lebensdauerverlängerung; bessere Zentrierung des Bohrers im Loch); d Bohrer mit Zentrumschneide für weiche Werkstoffe.

die vorgezogene Querschneide vollständig aus, so ergibt sich der Bohrer mit Zentrumschneide (Abb. 34d), der besonders zum Bohren genauer kalibrierhaltiger Löcher in nachgiebigen Werkstoffen, wie Kupfer, Blei usw., geeignet ist. In diesen Werkstoffen erhält man mit gewöhnlichem Anschliff unrunde und sogar eckige Löcher.

18. Die Aufnahmelemente des Spiralbohrers sind genormt (DIN 228). Man unterscheidet in der Hauptsache zylindrischen und kegigen Schaft. Zylindrische Schäfte müssen in dem dazu benötigten Futter gut festgespannt und zur Verhinderung des Drehens durch einen Mitnehmer gesichert sein (ausgenommen Bohrer geringen Durchmessers). Bohrer mit kegigem Schaft sollen durch den Reibungsdruck des Kegels mitgenommen werden. Der am Ende des Bohrers befindliche „Lappen“ dient also nur zum Herausschlagen des Kegels. Bei den in

¹ Siehe Abschnitt „Kraftbedarf“.

² Siehe Abschnitt „Kraftbedarf“ und „Spitzenschleifmaschinen“.

heutiger Zeit an die Spiralbohrer gestellten höheren Ansprüchen genügen die Morse- oder metrischen Kegel dort, wo ihr größter Durchmesser kleiner ist als der Bohrerdurchmesser, nicht mehr¹. Hochleistungsbohrer, das sind die für besonders hohe Schnittgeschwindigkeiten und Vorschübe aus hochwertigen Schnellstählen hergestellten Bohrer, werden daher mit verstärktem Kegel gefertigt (DIN 346).

B. Werkstoffe für die Herstellung von Spiralbohrern.

19. Werkzeugstähle sind Kohlenstoffstähle, die bei der Werkzeugherstellung Verwendung finden. Sie unterscheiden sich von den allgemeinen Maschinenbaustählen durch eine höhere Güte, die durch Auswahl der Rohstoffe, Art der Er-schmelzung und Sorgfalt bei der Warmbehandlung im Stahlwerk erreicht wird. Sie besitzen einen Kohlenstoffgehalt von etwa 1%.

Es werden auch legierte Werkzeugstähle mit geringen Beimengungen (0,1 bis 2%) an Chrom, Vanadin und Mangan verarbeitet, bei denen man neben höherer Zähigkeit auch eine sehr gute Schneidhaltigkeit erreicht. Die absolute Härte fällt bei diesen Stählen oft etwas geringer aus als bei den reinen Kohlenstoffstählen. Man verwendet die legierten Stähle besonders gern für Bohrerabmessungen unter 3 mm.

Bohrer aus Werkzeugstahl sind für geringe Leistungen sowie beim Bohren von Messing und ähnlichen Teilen verwendbar.

20. Schnellstähle sind Stähle, die hoch mit Wolfram, Molybdän, Vanadin legiert sind. Sie unterscheiden sich von den Werkzeugstählen durch ihre höhere Anlaßbeständigkeit und besitzen infolgedessen eine bedeutend höhere Schneidhaltigkeit, die durch das Vorhandensein der aus den Legierungselementen gebildeten Doppelkarbide noch erheblich gesteigert wird.

Bis zum Jahre 1935 wurde für die Werkzeugherstellung fast ausschließlich ein Schnellstahl mit 18% Wolfram, 4% Chrom und 1% Vanadin verwendet.

Infolge Einsparung an Legierungselementen werden jetzt nur noch Stähle folgender Richtanalyse erschmolzen:

I. Leistungsgruppe A···C:

a) 10,0% Wolfram, 4,0% Chrom, 1,7% Vanadin,

b) 2,5% Wolfram, 4,0% Chrom, 3,0% Vanadin, 2,5% Molybdän.

II. Leistungsgruppe D:

10,0% Wolfram, 4% Chrom, 2,7% Vanadin.

III. Leistungsgruppe E:

11,0% Wolfram, 4% Chrom, 4,5% Vanadin.

Es hat sich gezeigt, daß mit den neuen Stählen gleiche Schnittleistungen erreicht werden können, vorausgesetzt, daß die Wärmebehandlung — also das Härten — genau den Eigenschaften des verwendeten Stahles entsprechend erfolgt. Im allgemeinen Maschinenbau werden Spiralbohrer in den hauptsächlichsten Abmessungen von 3···60 mm benötigt. Sie können aus einem Schnellstahl der Gruppe A···C hergestellt werden. Mit diesen Stählen lassen sich auch noch beim Bohren vergüteter Stähle bis zu 120 kg/mm² Festigkeit wirtschaftliche Leistungen erzielen. Über 60 mm Durchmesser sollten mit Rücksicht auf die Schnellstahleinsparung keine Spiralbohrer, sondern nur noch Aufbohrwerkzeuge verwendet werden. Die Schnellstähle der Gruppe D und E sind nach Möglichkeit nur in Sonderfällen zu verwenden.

¹ Theoretische Begründung siehe H. BOCHMANN: Stock-Z. 1930 Heft 3 S. 44.

21. Hartmetalle¹ bestehen in der Hauptsache aus Doppelkarbiden und übertreffen daher unter bestimmten Arbeitsbedingungen die Schnellstähle in der Leistung um ein Vielfaches. Doch ist bei ihnen die Schneidhaltigkeit auf Kosten der Zähigkeit gesteigert worden. Die Hartmetalle sind also außerordentlich spröde. Die in ihnen liegenden Möglichkeiten können nur voll ausgenutzt werden, wenn das aufgelötete Hartmetallplättchen im Werkzeug einen ganz sicheren Rückhalt findet, und wenn die Werkzeugmaschine die Anwendung hoher Schnittgeschwindigkeiten unter Vermeidung von Schwingungserscheinungen ermöglicht.



Abb. 35. Spiralbohrer mit Hartmetallschneiden.

Diese Voraussetzungen lassen sich am leichtesten beim Dreh- oder Bohrstuhl erfüllen.

Beim Spiralbohrer muß zur Aufnahme des Hartmetallplättchens eine Nut in die Bohrer Spitze gefräst werden. Der Rückhalt, den das Plättchen im Bohrer findet, ist besonders bei kleinen Bohrern gering. Spanwinkel und Spiralsteigung liegen durch die Plättchenform in engeren Grenzen fest. Die Verwendungsmöglichkeit bleibt daher beschränkt. Ein mit Hartmetall bestückter Bohrer (Abb. 35) kann nur dort wirtschaftlich eingesetzt werden, wo ein Schnellstahlwerkzeug völlig versagt oder sich sehr stark abnutzt, z. B. beim Bohren von gehärteten Teilen, sehr hartem Grauguß, Glas, Marmor usw.²

Hartmetalle für die Bearbeitung verschiedener Werkstoffe sind in dem Normblatt DIN 4990 (Beuth-Vertrieb, Berlin) zusammengestellt.

C. Herstellung der Spiralbohrer.

Die Herstellung der Spiralbohrer bietet eine Fülle von Problemen, deren Einzelheiten hier nur kurz gestreift werden können. Sie erstrecken sich erstens auf Verbilligung der Massenfertigung, zweitens auf Gütesteigerung. Man unterscheidet drei Arbeitsstufen: Weichbearbeitung, Härten und Hartbearbeitung.



Abb. 36. Gewundener Bohrer mit gerade genutetem Kegelschaft.



Abb. 37. Gewundener Bohrer mit gerade genutetem Zylinderschaft.



Abb. 38. Gewundener Bohrer mit angestauchtem Kegelschaft.



Abb. 39. Gewundener Bohrer mit gewundenem Kegelschaft.

Genauigkeit. Man kann auf Sondermaschinen jede gewünschte Steigung und Nutenform herstellen. Der Schaft, sei er nun zylindrisch oder keglig, bleibt voll und gewährt eine sichere Aufnahme des Bohrers.

Die gewundenen Bohrer (Abb. 36...39) haben neben dem Vorteil der Werkstoffersparnis meist den Nachteil, daß das der Nutenform entsprechende Profil

¹ Vgl. Werkstattbuch Heft 62: Hartmetalle in der Werkstatt.

² Über Verwendung siehe Abschnitt F: Bohrbarkeit verschiedener Werkstoffe (S. 31).

³ Über Formgebung der Nutenfräser siehe Abschnitt: Konstruktion.

auch im Schaft vorhanden ist, so daß man zum Spannen besonderer Futter bedarf (s. Abschn. 8). Die Spannbacken dieser Futter müssen dem Profil genau angepaßt sein, wenn der Bohrer einigermaßen sicher mitgenommen werden soll. Ist der Schaft ebenfalls verwunden und keglig überschliffen, so daß er ohne Futter in den Kegel der Arbeitsmaschine eingesetzt werden kann, so setzen sich leicht Schmutz und Späne in der Verwindung fest, die den Innenkegel der Arbeitsspindel beschädigen und ein stetes Reinigen notwendig machen. Solche Bohrer sind auch weniger widerstandsfähig und federn stark auf, auch wenn sie in der Form nach Abb. 38 und 39 hergestellt sind. Der häufig erwähnte Vorteil gewundener Bohrer, daß im Gegensatz zum gefrästen Bohrer die „Faser“ nicht zerschnitten wird, besteht in Wirklichkeit nicht, da in einem gut durchgeschmiedeten Schnellstahl, zum mindesten nach dem Härten, eine Faserrichtung nicht festzustellen ist¹. Gewundene Profilbohrer sind aus diesen Gründen nur noch selten anzutreffen.

Die geschmiedeten oder gewalzten Bohrer (Abb. 40) können mit vollem Schaft hergestellt werden. Sie können für sich ebenfalls den Vorteil in Anspruch nehmen, daß zu ihrer Herstellung weniger Werkstoff verbraucht wird und daß bei richtiger Warmbehandlung durch das Ausschmieden der Werkstoff feinkörniger wird. Die Form der Nuten wird allerdings ungenauer als beim Fräsen. Infolgedessen müssen geschmiedete Bohrer, sofern sie ein hochwertiges Erzeugnis darstellen sollen, nachgefräst werden.

Eine Werkstoffersparnis kann bei Bohrern weiterhin dadurch erreicht werden, daß der Kegel aus Maschinenstahl elektrisch stumpf angeschweißt wird, was besonders vorteilhaft bei Bohrern mit verstärktem Kegel (Kegeldurchmesser größer als Bohrerdurchmesser) ist.

23. Das Härten². Die Härtung gibt dem Werkzeug die erforderliche Schneidfähigkeit. Durch Anlassen nach dem Härten werden die Bohrer zäher und damit schneidhaltiger gemacht. Härten und Anlassen sind von großer Bedeutung für die Güte des Werkzeuges.

24. Hartbearbeitung. Viele Bohrer werden beim Härten krumm und müssen gerichtet werden, bevor sie weiter bearbeitet werden können. Diese weitere Bearbeitung besteht hauptsächlich aus dem Rundschleifen des Spiralteils wie des Schaftes und dem Anschleifen der Spitze. Bohrer mit zylindrischem Schaft werden in neuzeitlich eingerichteten Werkstätten durchweg im spitzenlosen Verfahren geschliffen, wobei es durch Sondereinrichtungen auch möglich ist, die Verjüngung

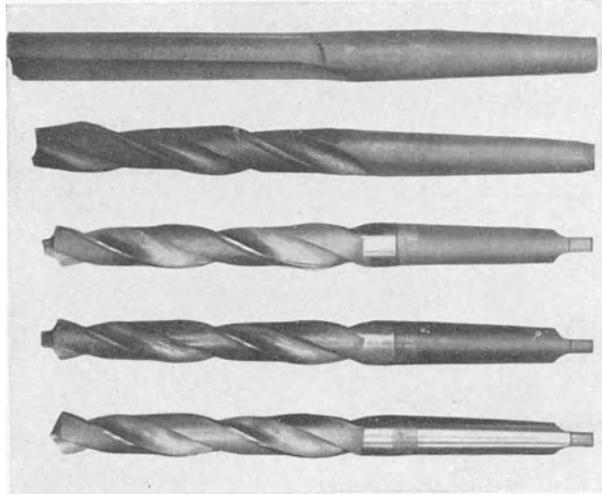


Abb. 40. Fertigungsstufen geschmiedeter Bohrer.

¹ SCHMITZ: Masch.-Bau 1925 S. 832.

² Werkstattbücher Heft 7 und 8. — KOTHNY: Masch.-Bau 1928 S. 959.

zwischen Spitze und Auslauf der Nuten herzustellen. Ein richtiger Spitzenanschliff wird auf den im Abschnitt „Instandhaltung“ dargestellten Maschinen hergestellt.

D. Kräfte beim Bohren mit Spiralbohrern.

25. Drehmoment, Axialkraft und Schnittleistung. Den zwei Bewegungen des Bohrers (s. S. 3), der Schnittbewegung (Drehung um die Bohrerachse) und der Vorschubbewegung (in Richtung der Achse) setzt das Werkstück Widerstand entgegen, der durch die in die Maschine und den Bohrer eingeleiteten Kräfte überwunden werden muß. Diese Kräfte sind: die Drehkraft, die den Schnittwiderstand überwindet, und die Axialkraft, die den Vorschubwiderstand überwindet. Die Drehkraft R , die man sich je zur Hälfte rechtwinklig zu jeder der beiden Schneiden und parallel zueinander im Abstand x (cm!) (Abb. 41) angreifend denken kann, ergibt ein Drehmoment $M_d = Rx/2$ (cmkg), und dieses Moment gibt, multipliziert mit der Winkelgeschwindigkeit $\frac{2\pi n}{60}$ (wobei n die minutliche Umlaufzahl bedeutet) die in der Maschine gebrauchte Schnittleistung¹



$$N_s = \frac{M_d n 2\pi}{75 \cdot 60 \cdot 100} = \frac{M_d n}{71620} \text{ PS bzw. } \frac{M_d n 2\pi}{102 \cdot 60 \cdot 100} = \frac{M_d n}{97410} \text{ kW.}$$

Abb. 41. Kraftwirkung am Bohrer.

Die Axialkraft P beansprucht den Bohrer auf Knickung und die Maschine auf Biegung, so daß sich bei großem Vorschubdruck der Tisch elastisch nach unten, von $b \cdots b$ nach $b' \cdots b'$ (Abb. 42) verbiegen kann und der Ständer der Maschine mit Spindel und Bohrer nach hinten, von $a \cdots a$ nach $a' \cdots a'$. Die zurückfedernde Maschine erhöht den Vorschub beim Durchbrechen der Bohrer Spitze an der Unterseite des Arbeitsstückes. Die Arbeitsleistung N_v der Vorschubkraft P (kg), bei einem Vorschub s (mm/U) ist gegeben durch die Gleichung

$$N_v = \frac{P n s}{75 \cdot 60 \cdot 1000} = \frac{P n s}{4500000} \text{ PS}$$

$$\text{bzw. } \frac{P n s}{102 \cdot 60 \cdot 1000} = \frac{P n s}{6120000} \text{ kW.}$$

Gegenüber der Schnittleistung N_s ist N_v so klein, daß es fast immer vernachlässigt werden kann.

26. Die Verteilung der Kräfte am Bohrer ist in Abb. 43 dargestellt². Es sind zu unterscheiden:

1. die an der Hauptschneide, 2. die an der Querschneide, 3. die auf die Nutenfläche und am Bohrerumfang wirkenden Kräfte.

Bei Betrachtung eines Punktes der Hauptschneide ergibt sich (unter Berücksichtigung des Grundgesetzes der Zerspanung, daß der Span rechtwinklig zur Schneide abfließt) der auf der Spanfläche und also auch auf der Schneidkante rechtwinklig stehende Schnittdruck N_1 , sowie die in Richtung des Spanablaufes wirkende Reibungskraft $R_1 = \mu N_1$. In der

durch diese beiden Kräfte bestimmten, zur Schneidkante rechtwinklig stehenden Ebene wirkt gegen die Freifläche die Normalkraft N_2 . In Richtung der Bewe-

¹ Siehe auch HERMANN HOTH: Wirtschaftliches Bohren. Werkstatt u. Betrieb 1940 S. 82.

² Nach PATKAY: Werkst.-Techn. 1929 S. 34.

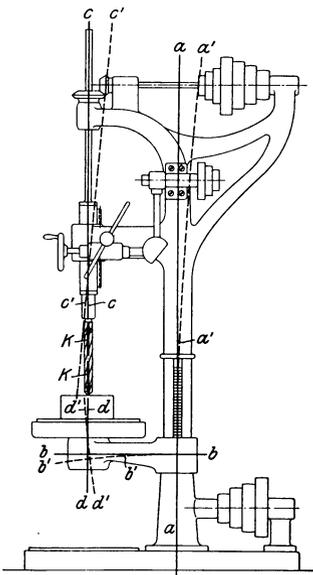


Abb. 42. Durchfedern einer Bohrmaschine.

gung, d. h. als Tangente an die beim Bohren beschriebenen Schraubenlinien wirkt die Reibungskraft $R_2 = \mu N_2$. An jeder Hälfte der Querschnitte sind die Spanndrücke N_Q anzubringen, die beim Abreißen der Späne vor der Querschnitte erzeugt werden. Am Bohrerumfang ist in Richtung der Bewegung eine Reibungskraft R_3 angenommen, die zum Teil durch Reibung der Fäse an der Lochwand, zum Teil durch Reibung der Späne an der Lochwand und Rückdruck auf die Nutenfläche entsteht.

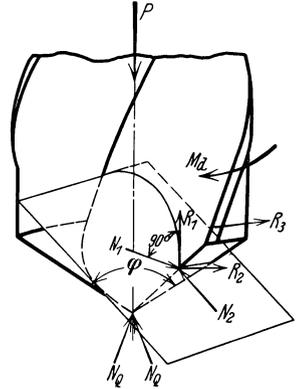


Abb. 43. Kräfte an der Schneide.

Die getrennte Messung dieser Kräfte ist schwierig. Man kann sie zum Teil jedoch durch Rechnung ermitteln, wobei man von dem durch Messung ermittelten Drehmoment und dem Axialdruck des Bohrers ausgeht. Dadurch, daß auf einem Zylinder gebohrt wird, dessen Durchmesser gleich demjenigen des Bohrers ist, erreicht man den Fortfall der Span- und Fasen-Reibungskräfte. Bohrt man außerdem diesen Zylinder auf den Durchmesser der Querschnitte vor, so fallen auch die an der Querschnitte wirkenden Kräfte fort, und man erhält lediglich die an den Hauptschnitten wirkenden Dreh-

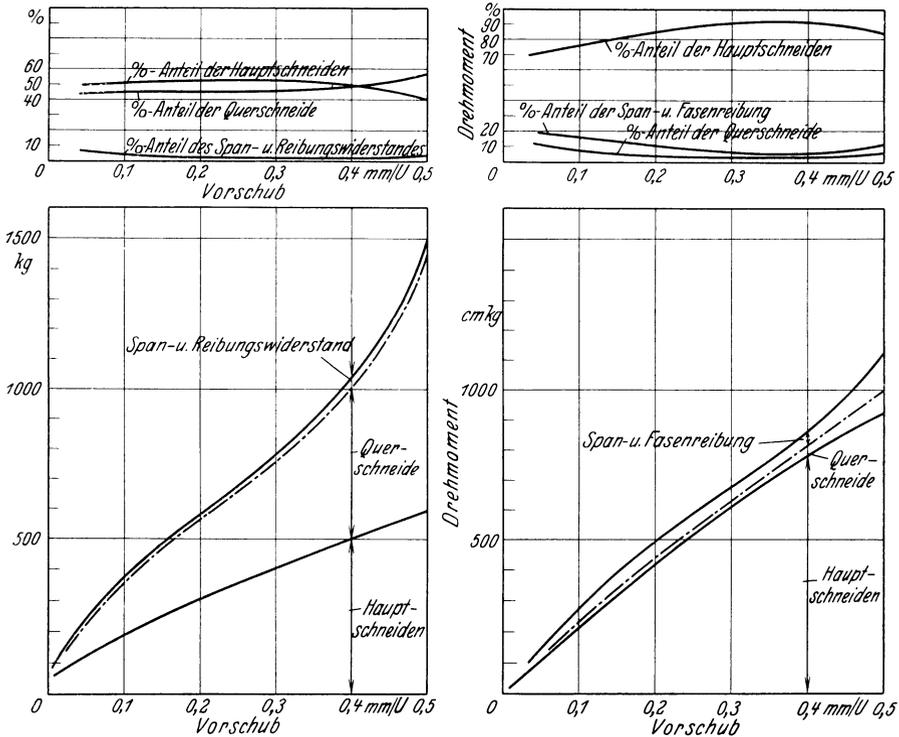


Abb. 44. Aufteilung von Axialdruck und Drehmoment.
Bohrerdurchmesser $d = 26$ mm; Bohrtiefe $= 2d$; Werkstoff: St 60.11.

und Axialkräfte. Eine solche Aufzeichnung ist in Abb. 44 dargestellt. Der Anteil der Hauptschnitten am Gesamtdrehmoment beträgt je nach dem gewählten Vorschub $70 \dots 90\%$. Das Drehmoment der Querschnitte ist mit $10 \dots 3\%$ am

geringsten. Die Span- und Fasenreibung hat einen größeren Anteil am Gesamtdrehmoment. Im vorliegenden Falle, wo die Versuchspunkte für eine Bohrtiefe von 50 mm gelten, beträgt sie $20 \cdots 5\%$. Bei steigender Bohrtiefe nimmt jedoch die Spanreibung sehr stark zu. Ihr Ansteigen ist bereits bei Lochtiefen, die das 5fache des Bohrerdurchmessers betragen, deutlich bemerkbar¹ (s. Abb. 45, Beispiel des Bohrers von 3 mm Durchmesser und Bohrtiefen bis zum 10fachen des Durchmessers). Bei Lochtiefen über $10d$ machen sich meist schon Spanklemmungen bemerkbar, die ein Heraufschneiden des Drehmoments auf das Doppelte und Dreifache des ursprünglichen Wertes hervorrufen.

Der Anteil der Querschnaide am Axialdruck ist mit $45 \cdots 58\%$ wesentlich höher, während der Span- und Fasenreibungswiderstand hier unbedeutend bleibt.

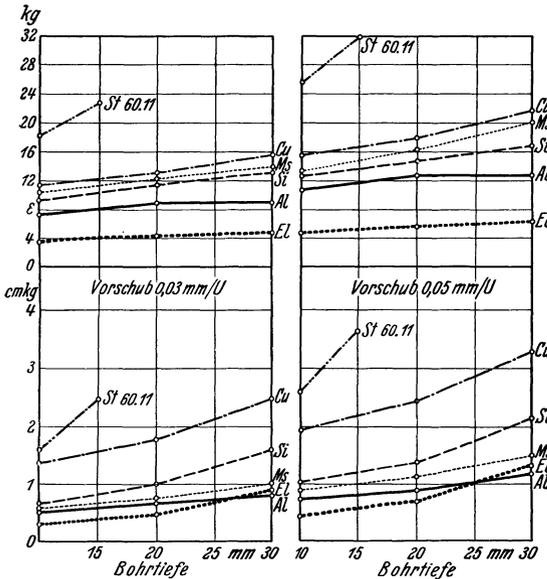


Abb. 45. Abhängigkeit des Axialdrucks und Drehmoments von der Bohrtiefe (Bohrerdurchmesser 3 mm).

stärker ansteigen. Erwähnt werden muß, daß die Kurven nicht durch den Koordinaten-Nullpunkt gehen. Zum Anschneiden ist also bereits ein bestimmter Anpreßdruck notwendig, und die Reibung der Schneide unter diesem Druck ergibt bereits ein, wenn auch geringes Drehmoment. Die Bestimmung dieser durchaus meßbaren Kräfte ist bis nahe an die Vorschubgröße 0 möglich. Diese Eigentümlichkeiten des Bohrvorganges erschweren die Aufstellung einer Gesetzmäßigkeit. Sie erklären auch, daß die aus den Schnittdruckmessungen abzuleitenden Gleichungen je nach Durchmesser und Vorschubbereich verschieden sind.

27. Schnittleistung. Es ist daher vorteilhaft, die Leistungen von Bohrern aus dem Schaubild Abb. 46 abzulesen. Im linken Teil dieses Schaubildes sind die Drehmomente für Gußeisen, im rechten für Stahl zwischen 40 und 70 kg/mm^2 Festigkeit aufgezeichnet². In Verbindung mit den im mittleren Teil des Schaubildes eingetragenen Drehzahllinien läßt sich auf der Abszisse die Nettoleistung

¹ Besonders bei Stahl.

² R. Stock: Berlin-Marienfelde. Das Schaubild gilt für die Bestimmung der Leistung eines Bohrers auf den im allgemeinen im Maschinenbau verwendeten Werkstoffen bei gewöhnlichen Lochtiefen von $1 \cdots 3 d$. — HÜLLE: Grundzüge der Werkzeugmaschinen Bd. 1 (1928) S. 249 —

Besonders bemerkenswert ist das Ansteigen des Druckes bei hohen Vorschüben, das durch die Stauung der Späne vor der Querschnaide, also an einer Stelle, wo nur wenig Platz vorhanden ist, bedingt ist.

Hieraus erklärt sich auch der große Einfluß der Ausspitzung des Bohrers auf den Axialdruck, die eine Verringerung des Druckes bis zu 30% ergeben kann. Im Vergleich zu den Schnittdruckgesetzen anderer zerspanender Werkzeuge zeigt das Schaubild, daß zwar die Drücke der Hauptschnaide denselben Gesetzen folgen, wie diejenigen einer Drehstahlschneide, daß aber die zusätzlichen Beanspruchungen einen anderen Verlauf des Gesamtdrehmoments oder Axialdrucks ergeben insofern, als beide — besonders aber der Axialdruck — mit zunehmendem Vor-

ablesen. Abb. 47 gibt Richtwerte für den Axialdruck unausgespitzter Bohrer in Abhängigkeit vom Vorschub.

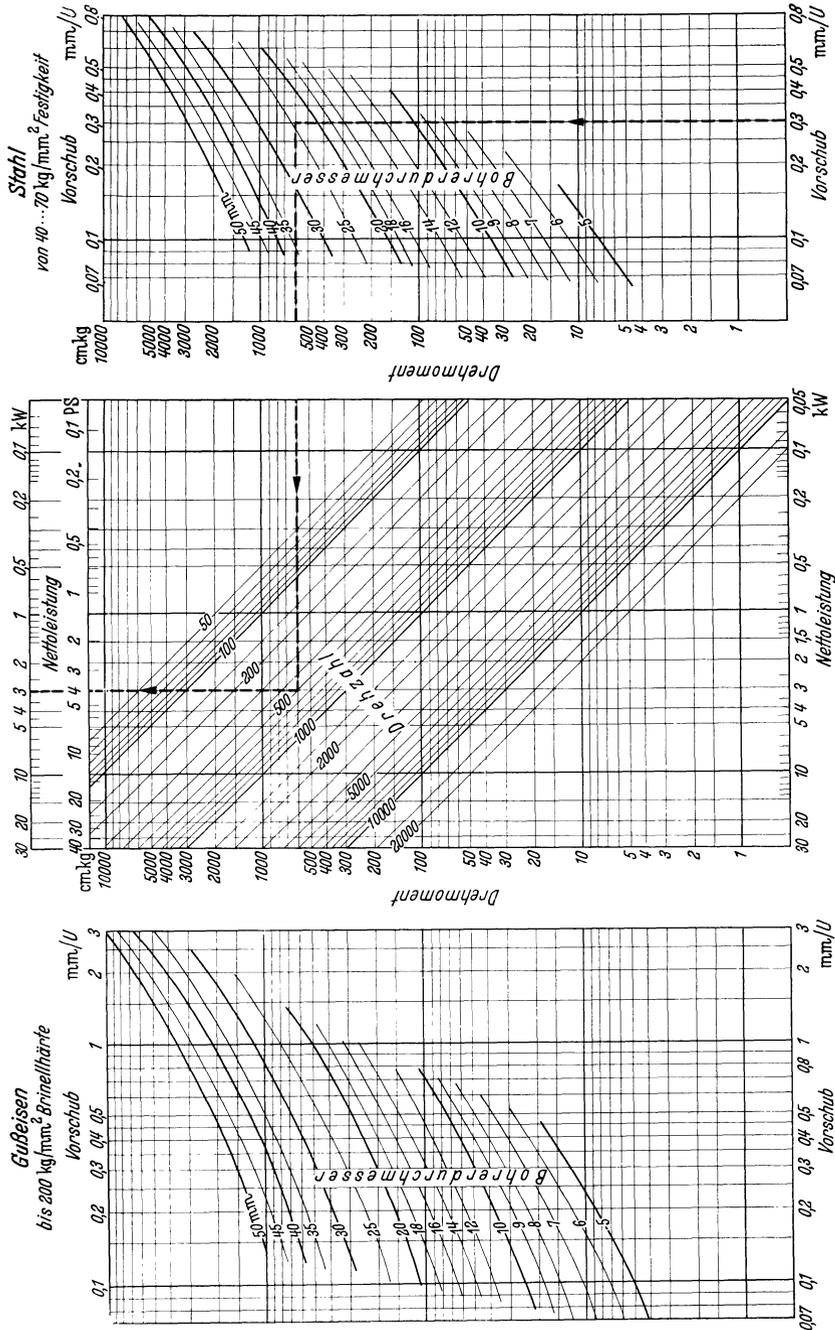


Abb. 46. Drehmoment und Nettoleistung (Schnittleistung) der Spiralbohrer. Beispiel für die Benutzung der Tafel: Es soll die Schnittleistung eines Bohrers von 25 mm \varnothing in Stahl bei einer Drehzahl von 500 U/min und einem Vorschub von 0,3 mm/U bestimmt werden. Im rechten Teil des Schaubildes geht man vom Vorschubpunkt 0,3 senkrecht bis zum Schnittpunkt mit der Durchmesserkurve 25, von diesem Punkt waagrecht nach links bis zur Drehzahlkurve 500 und von da senkrecht nach oben (oder unten) zur Skala der Nettoleistung, die bei 4 PS bzw. 3 KW gesehnten wird. — Um die Gesamtleistung der Maschine zu erhalten, muß man dieser Nettoleistung noch die durch Versuch festgestellte Leerlaufleistung bei der betreffenden Drehzahl (genau genommen: einschl. zusätzlicher Reibungsarbeit) hinzufügen.

WALLICHS, A.: Werkst. u. Betrieb 1933 S. 325...330. — WALLICHS, A., u. H. OPRITZ: Stahl u. Eisen 1931 S. 1478...1479. — Schieß-Nachr. Bd. 12 (1932) S. 35...37. — Z. VDI Bd. 76 (1932) S. 240. — PATKAY, ST.: Werkst.-Techn. Bd. 22 (1928) S. 677...683; Bd. 23 (1929) S. 3...10, 33...42.

28. Einfluß des Bohrerdurchmessers. Der Kraftbedarf steigt nicht proportional mit dem Bohrerdurchmesser. Für das Drehmoment M_a gilt also nicht die Gleichung der geraden Linie $M_a = a \cdot d$, worin a einen vom bearbeiteten Werkstoff

und den allgemeinen Arbeitsumständen abhängenden Faktor, d den Bohrerdurchmesser bedeuten würde. Vielmehr ändert sich M_a nach einer gekrümmten Linie, was in der Gleichung durch Anhängen eines Exponenten n an d zum Ausdruck gebracht wird, wobei man dann n so wählen kann, daß die Krümmung der Kurve den Versuchsergebnissen möglichst nahekommt. Nimmt man also als Näherungsgleichung für die Abhängigkeit des Drehmoments vom Durchmesser die Form $M_a = a \cdot d^n$, so ergibt sich für n auf Stahl der Wert 2,3 bei einem Vorschub von 0,008 und der Wert 2 bei einem Vorschub von 0,5 mm/U. Für Gußeisen sind die entsprechenden Werte 2,2 und 2,1. Die Werte stimmen annähernd mit denen von SMITH-POLIAKOFF¹ und BOSTON-OXFORD² überein.

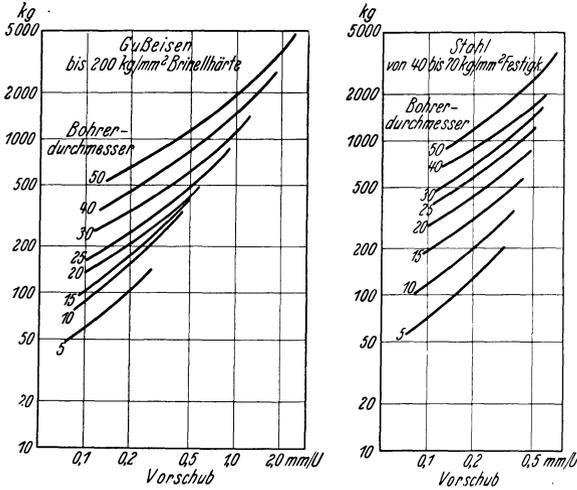


Abb. 47. Abhängigkeit des Axialdrucks vom Vorschub.

der Wert 2 bei einem Vorschub von 0,5 mm/U. Für Gußeisen sind die entsprechenden Werte 2,2 und 2,1. Die Werte stimmen annähernd mit denen von

29. Einfluß von Schnittgeschwindigkeit und Vorschub. Der Einfluß der Schnittgeschwindigkeit auf die Schnittkräfte ist innerhalb der gebräuchlichen Schnittgeschwindigkeit und bei großen Bohrerdurchmessern gering. Bei besonders niedrigen und besonders hohen Schnittgeschwindigkeiten und überdies bei kleineren Bohrerdurchmessern zeigt sich ein bedeutendes Ansteigen von Drehmoment und Axialdruck.

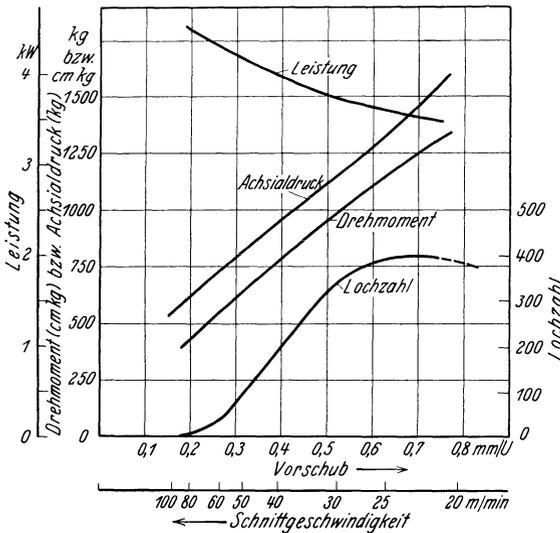


Abb. 48. Einfluß von Schnittgeschwindigkeit und Vorschub auf die Leistung des Bohrers (25 mm \varnothing) bei gleichbleibender Bohrzeit je Loch (15 s).

und Gußeisen Werte zwischen 0,4 bei 50 mm \varnothing und 0,8 bei 5 mm \varnothing . Jedenfalls ist der Exponent n immer kleiner als 1, und aus diesem Grunde ist es für den Gesamtkraftbedarf günstig, mit hohen Vorschüben und niedrigen Schnittge-

¹ Werkst.-Techn. 1911 S. 99.

² Masch.-Bau 1930 S. 244; 1932 Nr. 5 S. 96.

schwindigkeiten zu arbeiten. Abb. 48 zeigt an dem Beispiel eines Bohrers von 25 mm \varnothing , der in SM-Stahl von 60 kg/mm² Festigkeit ein Loch von 50 mm Tiefe in 15 Sekunden bohrt, in welcher Weise der Kraftbedarf bei zunehmendem Vorschub und entsprechender Verringerung der Schnittgeschwindigkeit abfällt. (Um die Bohrzeit je Loch gleichzuhalten, muß bei Erhöhung des Vorschubes die Schnittgeschwindigkeit so verringert werden, daß das Produkt aus beiden immer gleichbleibt.) Ein weiterer Vorteil der Verwendung höherer Vorschübe bei entsprechend niedrigen Schnittgeschwindigkeiten ist die Erhöhung der Lebensdauer des Bohrers. Wie aus dem Schaubild zu erkennen ist, war bei 80 m Schnittgeschwindigkeit der Bohrer bereits nach einigen Löchern stumpf, während er unterhalb 30 m Schnittgeschwindigkeit und bei entsprechend erhöhten Vorschüben Lochzahlen bis zu 400 mit einem Anschliff erreichte.

Wenn die meisten Werkstätten sich auf mittlere Vorschübe eingestellt haben, so liegt dieses daran, daß die meisten Bohrmaschinen die hohen Axialdrücke ohne unzulässig große Abbiegungen nicht aufzunehmen vermögen. Eine starrere Bauart der Maschine bedingt aber einen wesentlich höheren Preis. Hinzukommt, daß die Verwendung von Ausleger- und Mehrspindel-Bohrmaschinen zunimmt und die Ständerbohrmaschinen mehr und mehr verdrängt werden. Gerade bei Auslegermaschinen machen sich aber hohe Axialdrücke besonders unangenehm bemerkbar.

30. Einfluß der Spiralsteigung und des Anschliffs. Je enger die Spiralsteigung, desto größer ist der Spanwinkel. Wie bei anderen zerspanenden Werkzeugen ist auch hier mit zunehmendem Spanwinkel der Kraftbedarf geringer. Hierbei muß allerdings berücksichtigt werden, daß die Spanwinkel nach der Querschneide zu allmählich abnehmen, und daß bei Bohrern, die am Außendurchmesser verschiedene Spanwinkel besitzen, diese nach innen zu sich nicht mehr wesentlich unterscheiden. Es liegt daher auf der Hand, eine Korrektur der inneren Spanwinkel vorzunehmen. Die normale Ausspitzung verringert nur die Länge der Querschneide, ohne die Spanwinkel zu verbessern. Ein einfaches Ausschleifen der Nuten längs der Schneide mit Hilfe einer geradlinig geführten Schleifscheibe würde die Querschneide zu stark unterhöhlen. Derart ausgespitzte Bohrer brechen an der Querschneide ab. Durch ein neueres Ausspitzverfahren¹ gelingt es, zunächst längs der Schneidkante den am Außenumfang vorhandenen Winkel zu erhalten, kurz vor der Mitte jedoch diesen Winkel auf 0° zu verringern (s. Abb. 33a und b). Diese Ausspitzung gibt nicht nur die übliche Verringerung des Axialdruckes, sondern auch eine bedeutende Verringerung des Drehmoments bis zu etwa 20%.

Demgegenüber haben diejenigen Anschliffe, die die Freifläche vor der Querschneide aushöhlen², keinen Einfluß auf die Größe des Drehmoments. Der Axialdruck wird durch solche Schliffe zwar verringert, aber nicht mehr als bei einer richtigen Ausspitzung ohnehin.

Die Größe von Drehmoment und Axialdruck ist auch vom Spitzenwinkel abhängig. Das erklärt sich daraus, daß die senkrecht zur Schneidkante wirkende Schneidkraft mit Änderung des Spitzenwinkels verschiedene Lagen einnimmt und daher ihre Komponenten in axialer Richtung sich ändern. Die Versuche von SMITH-POLIAKOFF³ zeigen ein Ansteigen des Axialdruckes mit zunehmendem Spitzenwinkel in Übereinstimmung mit der Überlegung, daß die axiale Kom-

¹ Ausspitzmaschine von R. Stock & Co. AG. — Siehe auch A. WALLICHS u. W. MENDELSON: Werkst.-Techn. 1937 S. 97.

² Siehe Abb. 34a und Werkst.-Techn. 1929 S. 113.

³ Werkst.-Techn. 1911 S. 99.

ponente der Kraft N_2 (Abb. 43) desto größer wird, je stumpfer der Winkel ist. Das durch diese Versuche ebenfalls festgestellte Fallen des Drehmoments mit zunehmendem Spitzwinkel läßt sich aus den Kraftrichtungen allein nicht erklären, vielmehr ist hier die Änderung des Spanquerschnittes maßgebend. Bei großen Spitzwinkeln ist der Span kürzer und dicker als bei kleinen Spitzwinkeln. Der spezifische Spandruck des dicken Spanes ist geringer und daher auch der Gesamtkraftbedarf.

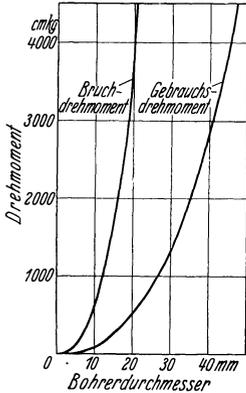


Abb. 49. Bruchdrehmomente handelsüblicher Spiralbohrer im Vergleich zum Gebrauchsdrehmoment.

31. Bruchfestigkeit von Spiralbohrern. Die Widerstandsfähigkeit von Spiralbohrern wird durch dasjenige Drehmoment gemessen, das gerade genügt, den Bohrer zu zerbrechen: Bruchdrehmoment. Je stärker der Bohrer ist, um so größer ist natürlich auch sein Bruchdrehmoment; es wächst sogar sehr viel schneller als der Bohrerdurchmesser: ein doppelt so starker Bohrer hat z. B. ein 5- bis 8mal so großes Moment.

In Abb. 49 sind die Bruchdrehmomente in Abhängigkeit vom Durchmesser aufgetragen¹. Bei werkstattüblichen Arbeiten wird der Bohrer bei weitem nicht bis zu seinem Bruchmoment angestrengt, vielmehr liegen die üblichen „Gebrauchsmomente“ wesentlich niedriger. Die Spanne steigt mit zunehmendem Durchmesser, weshalb die Bruchfestigkeit der Spiralbohrer hauptsächlich nur bei kleinen Durchmessern eine Rolle spielt. Es tritt

leicht ein, daß infolge Spanklemmungen oder Verlaufen der Bohrer die Drehmomente sich um das 3fache erhöhen und daß dann die Bruchgrenze erreicht ist. Bei großen Durchmessern ließen sich an sich die gebräuchlichen Drehmomente noch erheblich steigern, ohne daß die Bruchgefahr praktisch vergrößert würde.

E. Richtlinien für das Arbeiten mit Spiralbohrern.

32. Allgemeines. Vor dem Einspannen des Werkzeuges ist darauf zu achten, daß der Bohrer entsprechend dem Durchmesser des zu bohrenden Loches das richtige Maß hat. Jeder Bohrer bohrt etwas größer als sein Durchmesser. Abb. 50 zeigt Richtwerte für das Übermaß von gebohrten Löchern über dem Bohrerdurchmesser unter üblichen Arbeitsbedingungen. Voraussetzung für die Einhaltung dieser Werte ist zentrischer Anschlag und genaues Rundlaufen der Bohrer. Um die Werkzeuge nicht zu verderben, darf man niemals Schläge gegen Bohrer oder Einsatzhülse führen.

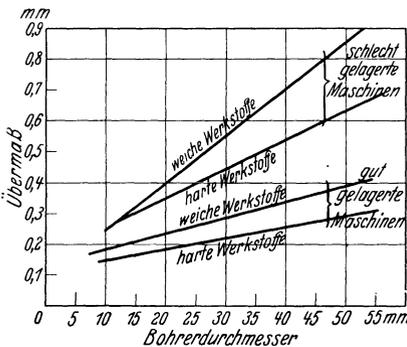


Abb. 50. Übermaß gebohrter Löcher über dem Nenn Durchmesser des Bohrers.

enger die Spiralwindung des Bohrers, um so flacher muß im allgemeinen der Anschlag sein, damit das Werkstück nicht hochgerissen oder, falls es festgespannt ist, der Bohrer nicht aus dem Kegel der Maschine herausgerissen wird.

33. Der Anschlag. Zum Bohren dünner Bleche, die sich durchbiegen, werden flache Anschliffe angewandt, damit der Bohrer möglichst plötzlich an der Unterseite austritt. Je

¹ Nach Versuchen von R. Stock, Berlin-Marienfelde. Mathematisch kann die Beziehung zwischen Bruchmoment M (cmkg) und Durchmesser d (mm) dargestellt werden durch die Gl.: $M = 1,3 d^{2,7}$.

Um möglichst runde Löcher zu bekommen, kann man mit Zentrums- spitze arbeiten.

Harte und spröde Werkstoffe lassen sich häufig besser mit spitzen Anschliffen bearbeiten, weil die Verteilung des Spanes auf eine längere Schneide höhere Lebensdauer ergibt. Gratbildung an der Unterseite des Loches, z. B. bei Stahl geringer Festigkeit, wird durch flachen Anschliff, Ausbrechen der Lochränder, z. B. bei gepreßten Papiermassen, durch spitzen Anschliff vermieden. Von Einfluß sind hier allerdings außer dem Anschliff auch der Spiralwinkel sowie Schnittgeschwindigkeit und Vorschub.

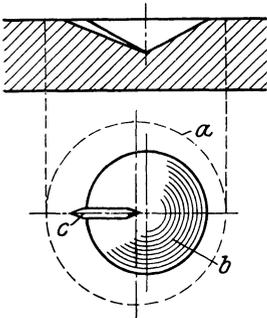


Abb. 51. Verlaufene Anbohrung.

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* (Abb. 51) noch zu sehen ist. Ist der Bohrer verlaufen, so wird mit einem Flachmeißel eine Einkerbung *c* in die verlaufene Zentrierung *b* eingehauen. Der Bohrer wird an dieser Stelle eher eindringen und dadurch wieder auf Mitte gebracht.

35. Das Abbrechen der Bohrer ist eine der unangenehmsten Erscheinungen beim Bohren. Es hat folgende Gründe:

a) Schlechte Aufnahme durch nicht passende oder nicht festsitzende Kegelhülse oder nicht rundlaufende Futter. Das kommt vor, wenn die Kegel des Schaftes und der Hülse nicht übereinstimmen, erhabene und verbeulte Stellen besitzen und einseitige Mitnehmerslitze oder Mitnehmerlappen haben. In solchen Fällen wird meist der Kegellappen abreißen, da er allein das Drehmoment zu übertragen hat, das sonst durch den Kegel übertragen wird (Abb. 52).

b) Schlechter Anschliff und falsche Ausspitzung. Freiflächen, die am Außendurchmesser drücken, erkennt man leicht dadurch, daß die Schneidkanten nicht fassen. Gewöhnlich rutscht die Kupplung im Vorschubantrieb: der Bohrer erhält keinen Vorschub. Schneidet der Bohrer jedoch außen und drückt an den Teilen vor der Querschneide, so reißt der Bohrer im Kern leicht auf. Man muß also besonders auf die Teile der Freifläche vor der Querschneide achten. Zu starker Hinterschleiff ergibt ein Ausbrechen oder Ausbröckeln der Schneiden. Falsche Ausspitzungen (Abb. 30b...d, 32), bei denen die Spitze des Bohrers zu sehr geschwächt oder die von Haupt- und Querschneide gebildete Ecke zu stark unterhöhlt ist, brechen ebenfalls aus oder bedingen ein Aufreißen des Bohrers. Bei Benutzung schlechter



Abb. 52. Bohrer mit beschädigtem Schaft.

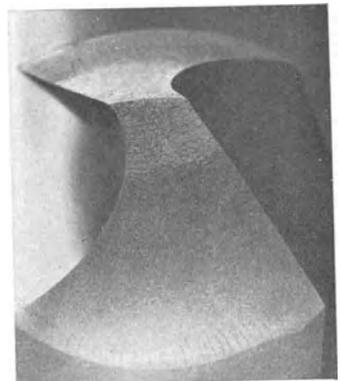


Abb. 53. Bohrerspitze mit Schleifrisse.

Schleifscheiben treten leicht Schleifrisse (Abb. 53) auf, die auch zum Ausbrechen der Schneiden führen. Daher nicht zu harte Scheiben bei genügender Kühlung verwenden!

c) Toter Gang der Bohrspindel (Abb. 54). Solange der Bohrer im Werkstoff arbeitet, wird die Bohrspindel nach oben gedrückt. Sie fällt erst, wenn die Querschnitte durchgebrochen ist. Hierdurch erhält der Bohrer plötzlich einen sehr großen Vorschub, wodurch er abbrechen kann.

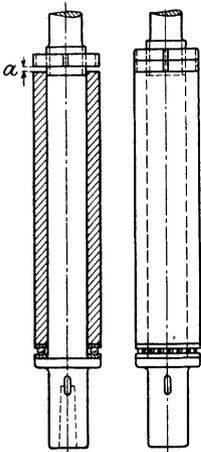


Abb. 54. Bohrspindel mit und ohne toten Gang.

d) Federn des Maschinengestelles. Besonders bei älteren Auslegerbohrmaschinen wird der Auslegerarm während des Bohrens stark nach oben gedrückt und federt beim Durchbruch der Querschnitte zurück. Auch versucht der Auslegerarm, wenn er nicht festgespannt ist, seitlich auszuweichen. Beide Vorgänge können den Bruch des Bohrers zur Folge haben.

e) Schlechte Aufspannung des Werkstückes. Leichtere, nicht festgespannte Werkstücke werden von Bohrern mit engerer Spirale beim Durchbruch hochgerissen und schlagen umher, wodurch meist der Bohrer bricht. Bei schwereren Werkstücken wird der Bohrer aus der Spindel gerissen. Abhilfe: flacher Anschliff, starker Kegel.

f) Bohren in vorgebohrten Löchern. Bohrer, die in vorgebohrten Löchern arbeiten, brechen meist aus, da sie zu unruhig arbeiten und leicht einhaken, weil der Rückdruck an der Querschnitte fehlt. Man soll daher höchstens auf einen

Durchmesser vorgebohrt, der der Länge der Querschnitte entspricht. Für größer vorgebohrte Löcher ist der Senker das richtige Werkzeug.

g) Poröse Stellen, schräge Flächen beim Ansetzen und Durchbrechen veranlassen den Bohrer auszuweichen. Der Bruch besonders kleiner Bohrer ist häufig hierauf zurückzuführen (Abb. 55a und b).

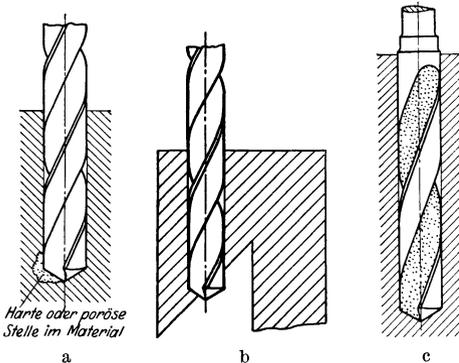


Abb. 55. Bedingungen, unter denen Bohrer leicht brechen.

h) Verstopfen der Nuten (Abbildung 55c). Wenn die Lochtiefe größer ist als die Spirallänge, können die Späne nicht aus der Nute austreten, keilen sich

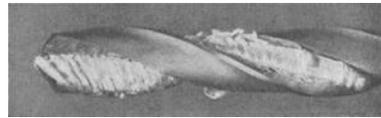


Abb. 56. Festsetzung von Leichtmetallspänen in den Bohrernuten.

in ihr fest und bewirken durch Rückdruck an der Schneide und Reibung an der Lochwand ein so hohes Drehmoment, daß der Bohrer abbricht oder im günstigsten Fall der Kegellappen abreißt.

Verstopfung der Nuten bei dem Bohren von Leichtmetallen (Abb. 56) ist eine Folge von zu hohem Bohrvorschub. Bei der hohen Umdrehungszahl des Bohrers und zu großem Vorschub wird der Werkstoff sehr heiß und weich und verstopft die Nuten. Durch geringen und gleichmäßigen Vorschub des Bohrers kann eine Verstopfung vermieden werden.

i) Schlechte Spanabfuhr. Kommen die Späne, besonders bei tiefen Löchern, schlecht aus der Nut heraus, so treten dieselben Erscheinungen wie

unter h ein. Treten die Späne, wie dies besonders bei kleinen Bohrern beim Bohren in weichen Werkstoffen eintritt, als lange Spiralen aus dem Bohrloch und wickeln sich um den Bohrer, so kann das Kühlwasser nicht mehr an den Bohrer heran. Die Folge ist zu starke Erwärmung, schnelleres Stumpfwerden und Abbrechen. Das kommt besonders häufig bei Mehrspindelmaschinen und beim Bohren mit Bohrbuchse vor.

k) Werkstoff- und Härtefehler. Wenn der Bohrer Risse und Lunkerstellen (Abb. 57) hat, oder wenn er nach dem Härten nicht zweckentsprechend angelassen und daher zu spröde ist, bricht er ebenfalls leicht. Daher betrachte man neue Bohrer vor Inbetriebnahme genau.

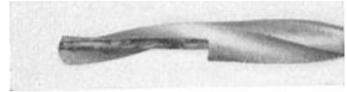


Abb. 57. Aufgerissener Bohrer.

F. Bohrbarkeit verschiedener Werkstoffe¹.

36. Einfluß des Feingefüges des zu bohrenden Werkstoffes. Von der Werkstoffseite her beeinflußt — scheinbar im Gegensatz zum Drehen² — der Gefügebau sehr stark die Lebensdauer der Bohrersehne. Die Abb. 58a und b zeigen in 100facher Vergrößerung das Feingefüge zweier Stähle von fast genau gleicher Festigkeit (63 kg/mm²) und Dehnung (20 %). Auf dem Stahl *b* mit grobem Ferrit-Perlit-Netz bei lamellarer Ausbildung des Perlits erreichten die gleichen Bohrer bei wiederholten Versuchen eine mehr als 10fache Lochzahl wie bei dem durch Vergütung feinkörnigen Stahl *a* mit körnigem Perlit³.

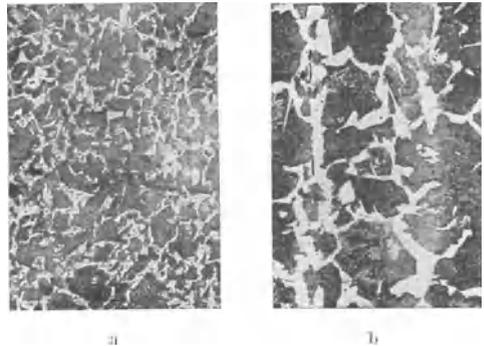


Abb. 58. Gefüge zweier Stähle gleicher Festigkeit.

Im folgenden seien die für die einzelnen Werkstoffe geeigneten Bohrerformen, sowie Richtwerte für Schnittgeschwindigkeit und Vorschübe unter Berücksichtigung ausreichender Lebensdauer beim Arbeiten in Bohrmaschinen und üblichen Lochtiefen angegeben.

37. Bohren von Stahl und Gußeisen. Zur Bearbeitung der verschiedenen Stahlsorten benutzt man den normalen Spiralbohrer mit Spiralsteigungen zwischen 20 und 40°. Die Tabelle 4 gibt einen Anhalt für Schnittgeschwindigkeiten und Vorschübe in Abhängigkeit vom Bohrerdurchmesser.

Besonders bemerkt sei, daß bei Bearbeitung von Gußeisen die Schnittge-

¹ WALLICHS, A.: Werkstattmäßige Prüfung der Spiralbohrer und der Bohrbarkeit von Werkstoffen. *Werkst. u. Betrieb* Bd. 66 (1933) S. 325...330. — WALLICHS, A., u. W. MENDELSON: Zerspanungsprüfung von Gußeisen und Stahl. *Masch.-Bau* Bd. 12 (1933) S. 402...404. — WALLICHS, A. u. H. BEUTEL: Spiralbohrer und Zerspanbarkeit von Stahlguß. *Ber. betriebswirtsch. Arbeiten* Bd. 8 (1932) S. 7. Berlin: VDI-Verlag. — WALLICHS, A., u. W. MENDELSON: Die Bohrbarkeit des Gußeisens. *Ber. betriebswirtsch. Arbeiten* Bd. 8 (1932) S. 20...21. Berlin: VDI-Verlag. — PATKAY, ST.: Bearbeitbarkeit, Bohrarbeit und Spiralbohrer. *Werkst.-Techn.* Bd. 22 (1928) S. 677...683; Bd. 23 (1929) S. 3...10, 33...42. — KLEIN, H.: Die Ausbildung der Spiralbohrersehnen bei verschiedenen Werkstoffen. *Werkst.-Techn.* 1937 Heft 7 S. 123. — SCHALLBROCH, H.: Zerspanbarkeit neuzeitlicher Werkstoffe. *Masch.-Bau* Bd. 12 (1933) S. 237. — WALLICHS, A.: Bohren, Senken und Reiben der Leichtmetalle. *Werkst. u. Betrieb* Bd. 71 (1938) S. 328...332.

² Siehe WALLICHS u. OPITZ: *Arch. Eisenhüttenwes.* 1930/31 S. 251.

³ Siehe GRUMBACH u. STOEWER: *Stock-Z.* 1931 Heft 3/4 S. 58ff.

schwindigkeit für Werkzeugstahl- und Schnellstahlbohrer geringer als bei Stahl, die Vorschübe aber höher gewählt werden können. Diese Angaben gelten jedoch nicht für Bohrer mit Hartmetallspitze, da für sie ganz allgemein hohe Schnittgeschwindigkeiten und besonders niedrige Vorschübe in Frage kommen.

Tabelle 4. Richtwerte für Stahl und Gußeisen¹.

Für Bohrer aus	Kühlmittel	Schnittgeschwindigkeit m/min	Werkstoff	Vorschub Drehzahl	Bohrer \varnothing in mm										
					Vorschub und Drehzahl										
					1	2	5	8	12	16	25	40	63		
Werkzeugstahl	Seifenwasser	10...18	Unleg. Baustähle bis 50 kg/mm ²	0,015 4009	0,03 2000	0,09 1000	0,12 630	0,16 400	0,18 315	0,20 160	0,22 100	0,25 36			
	Seifenwasser trocken od. reichl. Seifenwasser	9...12	Unleg. Baustähle über 50 kg/mm ²	0,015 3150	0,03 1600	0,08 800	0,11 500	0,14 315	0,16 250	0,18 125	0,20 80	0,22 50			
	desgl. oder Petroleum	8...14	Gußeisen bis 18 kg/mm ²	0,025 3150	0,06 1600	0,12 800	0,18 500	0,22 315	0,25 250	0,30 125	0,35 80	0,40 50			
		6...9	Gußeisen über 18 kg/mm ²	0,012 2000	0,03 1000	0,06 500	0,10 315	0,12 200	0,14 160	0,16 80	0,18 50	0,20 32			
	Seifenwasser	25...40	Unleg. Baustähle bis 50 kg/mm ²	0,015 8000	0,03 4000	0,11 2000	0,16 1000	0,22 630	0,26 400	0,30 250	0,35 160	0,40 100			
	Seifenwasser	25...32	Unleg. Baustähle 50...70 kg/mm ²	0,015 8000	0,03 4000	0,10 2000	0,14 1250	0,18 800	0,22 630	0,26 400	0,30 250	0,35 160			
Schnellstahl	Seifenwasser	20...28	Unleg. Baustähle über 70 kg/mm ²	0,01 6300	0,025 3150	0,07 1600	0,12 1000	0,16 630	0,20 500	0,25 250	0,30 160	0,35 100			
	Seifenwasser	12...20	Legierte Stähle 70...90 kg/mm ²	0,008 4000	0,02 2000	0,06 1000	0,10 800	0,14 500	0,18 315	0,22 200	0,28 100	0,30 63			
	desgl. oder Bohrlöl	8...14	Legierte Stähle 90...110 kg/mm ²	0,007 2500	0,01 1250	0,04 630	0,08 500	0,12 315	0,14 200	0,18 125	0,23 63	0,27 40			
	trocken od. reichl. Seifenwasser	20...35	Gußeisen bis 18 kg/mm ²	0,025 6300	0,06 4000	0,16 2000	0,25 1250	0,30 800	0,35 630	0,45 315	0,50 160	0,56 100			
	desgl. oder Petroleum	15...25	Gußeisen über 18 kg/mm ²	0,012 5000	0,04 3200	0,09 1600	0,14 1000	0,20 630	0,25 500	0,30 250	0,36 125	0,40 80			
	Seifenwasser	7...12	Rostfreier Stahl V 2a	0,006 2500	0,02 1600	0,06 800	0,10 500	0,14 315	0,18 250	0,22 125	0,28 63	0,30 40			

¹ Nach Angaben der Firma R. Stock & Co.

Praktische Winke. Bei Stahl von großer Festigkeit und bei Kupfer klemmen die Bohrer oft schon nach dem ersten Nachschleifen, besonders wenn es zu spät vorgenommen wurde, an den Fasen. Das erklärt sich daraus, daß diese Werkstoffe die Fasen hinter der Schneidkante stark abnutzen. Man muß also im all-

gemeinen etwas mehr als bei Bearbeitung weicherer Werkstoffe nachschleifen, um solche Stellen zu entfernen.

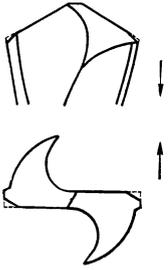


Abb. 59. Blechbohrer mit über die ganze Länge der Spiralnuten zurückspringenden Schneidkanten an der Hauptschneide. DRP. Nr. 698003, Kl. 49 a, Gr. 6001 der Firma R. Stock & Co.

Beim Bohren von Blechpaketen benutzt man mit Vorteil Bohrer mit engerem Drall. Dabei tritt folgende Schwierigkeit auf: beim Durchbohren jedes einzelnen Bleches, besonders aber des letzten, gleichen sich die Durchbiegungen zwischen Auslegerarm und den meist in großen Abständen unterstützten Blechen aus. Dadurch hat der Bohrer jedesmal beim Durchbruch einen sehr großen Vorschub zu bewältigen. Dieser Umstand begünstigt die an sich vorhandene Neigung engspiraliger Bohrer, beim Durchbruch das Blech hochzureißen. Um diese Wirkung abzuschwächen, muß der Durchbruch möglichst plötzlich erfolgen und deshalb ist flacher Anschliff (125° Spitzenwinkel), unter Umständen Benutzung von Bohrern mit Zentrumschneide (Abb. 34d) vorteilhaft.

Einen neuen Blechbohrer zeigt die Abb. 59. Durch die zurückspringenden Ecken erhält der Bohrer beim Durchbohren eine bessere Führung und bröckelt nicht so leicht aus.

Sonderstähle sind häufig sehr schwierig zu bohren. Manganstahl mit hohem Mangan Gehalt (etwa 12%) läßt sich mit Schnellstahlbohrern so gut wie gar nicht bearbeiten, wohl dagegen mit Hartmetallbohrern, die mit Schnittgeschwindigkeiten von $10 \cdots 20$ m/min und Vorschüben bis etwa 0,05 mm/U arbeiten. Es empfiehlt sich, trocken zu bohren, da diese Stähle in dem bei höherer Temperatur vorliegenden Gefügestand günstiger bearbeitbar sind.

Federstahl und nichtrostende Stähle (V2A usw.) lassen sich mit normalen Bohrern großer Durchmesser gut bearbeiten, bei geringen Durchmessern sind Sonderbohrer vorteilhafter. Unter 2 mm \varnothing kurze Bohrer verwenden.

Beim Bohren von Gußeisen kann die Standzeit der Bohrer durch einen Sonderanschliff der Spitze Abbildung 60 bedeutend erhöht werden. Der Spitzenwinkel beträgt wie bei den normalen Bohrern $116 \cdots 120^\circ$, doch werden die Kan-

ten an den äußeren Ecken gebrochen, indem sie unter einem Winkel von $70 \cdots 80^\circ$ auf etwa $\frac{1}{3}$ der Schneidlippenlänge weggeschliffen werden.

38. Messing ist je nach der Legierung und dem Verarbeitungszustand (gezogen, gepreßt oder gegossen) verschieden zu bohren. Kleine Bohrer müssen für das Bohren von Ms 58, Ms 60 und allen gegossenen Messingsorten schlanken Drall



Abb. 60. Sonderanschliff für das Bohren von Gußeisen.



Späne von Ms 58. Bohrer mit schlanker Spirale (Spitzenwinkel 130°).



Späne von Ms 63. Bohrer mit gewöhnlicher Spirale.

Abb. 61. Spanbildung bei verschiedenen Messingsorten.

besitzen. Bei größeren Abmessungen kann man vorteilhaft auch die normalen Spiralsteigungen anwenden (Abb. 61). Geeignete Schnittgeschwindigkeiten und Vorschübe gehen aus der nachstehenden Tabelle 5 hervor.

Tabelle 5. Richtwerte für Messing¹.

Für Bohrer aus	Kühlmittel	Schnittgeschwindigkeit m/min	Werkstoff	Vorschub und Drehzahl	Bohrer ϕ in mm										
					Vorschub und Drehzahl										
					1	2	5	8	12	16	25	40	63		
Werkzeug-Stahl	trocken oder Seifenwasser	bis 80	Schrauben-Messing (spröde)	mm/U U/min	0,03 10 000	0,07 8000	0,14 4000	0,20 3150	0,25 2000	0,30 1600	0,38 800	0,45 500	0,50 315		
	Seifenwasser	18...30	Zähes Messing	mm/U U/min	0,015 6300	0,03 3150	0,08 1250	0,11 1000	0,14 630	0,16 500	0,18 250	0,20 160	0,22 100		
Schnell-Stahl	trocken oder Seifenwasser	bis 120	Schrauben-Messing (spröde)	mm/U U/min	0,03 12 500	0,07 10 000	0,16 6300	0,25 5000	0,32 3150	0,40 2500	0,50 1250	0,63 630	0,71 400		
	Seifenwasser	bis 60	Zähes Messing	mm/U U/min	0,02 8000	0,04 6300	0,10 2500	0,14 2000	0,18 1250	0,22 1000	0,30 500	0,40 315	0,45 200		

Tabelle 6. Richtwerte für Kupfer, Rotguss, Bronze¹.

Für Bohrer aus	Kühlmittel	Schnittgeschwindigkeit m/min	Werkstoff	Vorschub und Drehzahl	Bohrer ϕ in mm										
					Vorschub und Drehzahl										
					1	2	5	8	12	16	25	40	63		
Werkz.-Stahl	Seifenwasser	15...25	Kupfer Rotguss	mm/U U/min	0,015 5000	0,03 2500	0,09 1000	0,12 800	0,16 500	0,18 400	0,20 200	0,22 125	0,25 80		
	Seifenwasser	bis 70	Kupfer, Rotguss Bronze	mm/U U/min	0,02 8000	0,04 6300	0,12 2500	0,16 2000	0,22 1250	0,25 1000	0,30 500	0,40 315	0,45 200		

Tabelle 7. Richtwerte für Leichtmetalle.

Für Bohrer aus	Kühlmittel	Schnittgeschwindigkeit m/min	Werkstoff	Vorschub und Drehzahl	Bohrer ϕ in mm										
					Vorschub und Drehzahl										
					1	2	5	8	12	16	25	40	63		
Werkzeug-Stahl	Seifenwasser (Elektron trocken)	bis 80	Leichtmetalle	mm/U U/min	0,02 10 000	0,04 8000	0,10 4000	0,14 3150	0,18 2000	0,20 1600	0,22 800	0,25 500	0,28 315		
	Seifenwasser	bis 120	Zähe Leichtmetalle	mm/U U/min	0,02 10 000	0,05 8000	0,14 6300	0,20 5000	0,25 3150	0,32 2500	0,40 1250	0,45 630	0,50 400		
Schnell-Stahl	desgl. oder Petroleum	bis 160	Ausgehärtete Leichtmetalle	mm/U U/min	0,02 12 500	0,06 10 000	0,16 8000	0,25 6300	0,32 4000	0,40 3150	0,50 1600	0,63 800	0,71 500		
	trocken	bis 200	Magnesium-Legierungen	mm/U U/min	0,025 12 500	0,07 10 000	0,20 8000	0,30 6300	0,40 5000	0,50 4000	0,63 2000	0,71 1000	0,80 630		

¹ Nach Angaben der Firma R. Stock & Co.

39. Kupfer läßt sich mit Bohrern mit engem Drall (Al-Cu-Bohrer) gut bearbeiten. Beim Bohren tiefer Löcher darf jedoch die Spiralsteigung wegen der Herausschaffung der Späne nicht zu eng gewählt werden. Wirtschaftliche Schnittgeschwindigkeiten und Vorschübe zeigt die Tabelle 6 (Spitzenwinkel 120...125°).

40. Leichtmetalle lassen sich besonders gut mit Bohrern mit etwa 45° Spiralsteigung bearbeiten (Abb. 62). Die Abstumpfung der Werkzeuge spielt hier nur bei Silumin und verwandten Legierungen eine Rolle. Bei allen anderen Leichtmetallen können hohe Schnittgeschwindigkeiten angewandt werden (Tabelle 7).

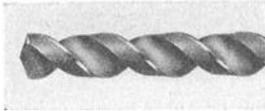


Abb. 62. Sonderbohrer für Leichtmetalle, Pertinax, Vulkanfiber, Kupfer, Tombak. Spiralsteigung etwa 45°; Spitzenwinkel: für Leichtmetalle 140°, für Pertinax, Fiber, Zelluloid usw. 100°, für Kupfer und Tombak 120...185°.

Beim Arbeiten mit Bohrern mit engem Drall sei nochmals auf die Notwendigkeit eines flachen Spitzenanschliffes (etwa 140°) hingewiesen. Zum Bohren dünner Leichtmetallbleche sind wegen des Hochreißens Bohrer mit schlankerer Spirale zu empfehlen.

Die zum Bohren von Elektron geeigneten Spiralsteigungen (γ in Abb. 23) werden sehr verschieden angegeben.

Abb. 63 und 64 erklären diese Frage. Die Arbeitsgüte, d. h. die Glätte des gebohrten Loches, ist bei Bohrern mit schlanker Spirale größer, besonders wenn es sich um Bohrer großen Durchmessers handelt. Dagegen sind die auftretenden Drehmomente und Axialdrücke bei der Spiralsteigung von 45° (also auch Spanwinkel $\gamma = 45$) bedeutend geringer als bei weitem Drall. Ein Bohrer

von 3 mm \varnothing , der ein Loch von 10d = 30 mm Tiefe bohren soll, erreicht mit 45° Spiralsteigung unter einem Axialdruck von etwa 20 kg einen anfänglichen Vorschub von 0,8 mm/U, der allmählich auf 0,5 mm zurückgeht. Ein Bohrer mit 0° Spiralsteigung hat unter gleicher Belastung

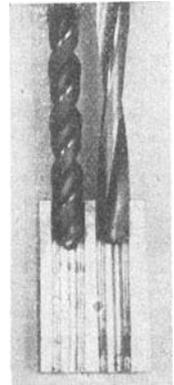


Abb. 63. Löcher in Elektron, gebohrt mit Bohrern verschiedener Spiralsteigungen.

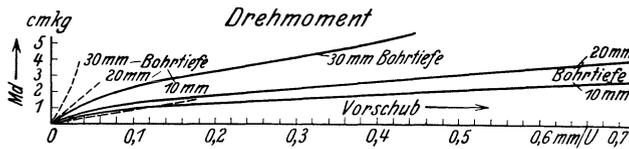
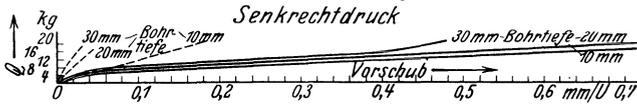
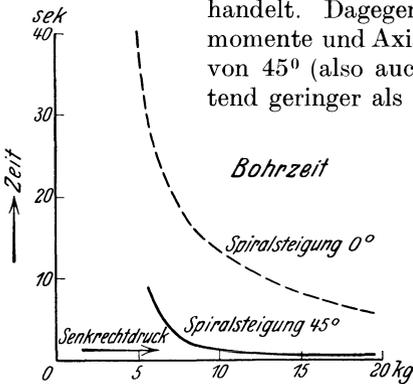


Abb. 64. Kraftverhältnisse beim Bohren von Elektron.

anfänglich einen Vorschub von 0,2 mm und geht bei 30 mm Bohrtiefe auf etwa 0,02 mm zurück, d. h. er bleibt praktisch stecken. Man erreicht also bei kleinen Durchmessern mit engem Drall ganz bedeutend günstigere Bohrzeiten. Größere Löcher (über etwa 15 mm) möge man wegen der Sauberkeit des Loches mit schlanker genuteten Bohrern herstellen. Die Sauberkeit der mit engspiraligen Bohrern gebohrten Löcher wird durch einen Spitzenanschliff von 100° und besonders durch Anschliffe mit Zentrums Spitze bedeutend verbessert.

41. Sonstige Werkstoffe. Gepreßte und geleimte Isolierstoffe lassen sich zu meist mit den für Leichtmetalle günstigen Spiralsteigungen (Abb. 62) bearbeiten,

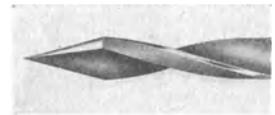


Abb. 65. Sonderbohrer für Hartgummi und dünne Preßstoffteile. Spitzenwinkel 30°.



Abb. 66. Sonderbohrer für Marmor, Trolit, Galalith. Spitzenwinkel: für Marmor 80°, für Trolit und Galalith 50...60°.

während Hartgummi und hartgummiähnliche Stoffe eine schlanke Spirale erfordern (Abb. 65 und 66). Werkstoffe gleicher Bezeichnung lassen sich sehr oft ganz verschieden bohren. Zelluloid muß z. B. mitunter mit Bohrern mit weitem Drall, häufig wieder mit Bohrern mit besonders engem Drall bearbeitet werden. Zum Bohren von Isolierstoffen kann man zum Teil hohe Schnittgeschwindigkeiten anwenden (s. Tabelle 8). Häufig ergibt sich aber ein ziemlich starker Verschleiß nicht nur der Bohrer-



Abb. 67. Dreikantbohrer mit Hartmetallschneiden.



Abb. 68. Steinbohrer mit Hartmetallschneiden.



Abb. 69. Spiralbohrer mit Hartmetallschneiden.



Abb. 70. Spitzbohrer mit Hartmetallschneiden.



Abb. 71. Blechbohrer mit Hartmetallschneiden.

Tabelle 8. Schnittgeschwindigkeiten für Isolierstoffe u. dgl.

Werkstoff	Bohrerform	Schnittgeschwindigkeit in m/min für	
		Werkzeugstahlbohrer	Schnellstahlbohrer
Hartgummi . . .	weiter Drall	20...30	30...50
Trolit, Ebonit . . .	„ „	20...30	30...50
Novotext	„ „	8...12	20...30
Galalit	„ „	8...12	bis 20
Pertinax	enger „	10...12	20...30
Wahnerit	„ „	20	30...50
Vulkan-Fiber . . .	„ „	50...100	bis 200

ecken, sondern auch der Fasen. Aus diesem Grunde, und weil die auftretenden Kräfte klein sind, haben sich als besonders vorteilhaft Bohrer mit Hartmetallschneiden erwiesen. Solche Bohrer können bis zum kleinsten Durchmesser von etwa 1 mm hergestellt werden.

Glas, Porzellan, Marmor, Granit, Beton, Mauersteine, Isolierstoffe, Hartgummi, Trolit, Pertinax, ferner gehärteter Werkzeugstahl, Chromnickelstahl von hoher Festigkeit, Manganstahl und Hartguß werden vorteilhaft stets mit Bohrern mit Hartmetallschneiden gebohrt. Die Abb. 67...71 zeigen einige

Ausführungen solcher Bohrer. Beim Bohren mit diesen Bohrern ist auf senkrechte Führung zu achten, außerdem muß beim Durchbohren vorsichtig gebohrt werden, da sonst die Bohrerspitze leicht einhakt und abbricht. Richtwerte für Bohrer mit Hartmetallschneiden gehen aus der Tabelle 9 hervor.

Tabelle 9¹. Richtwerte für Hartmetallschneiden.

Werkstoff	Schnittgeschwind. m/min	Vorschub mm/U		Kühlmittel
		bei 10 mm Durchm.	bei 20 mm Durchm.	
Chromnickelstahl 140 kg/mm ²	etwa 30	bis 0,05	bis 0,08	Bohrwasser
Werkzeugstahl 180...200 kg/mm ²	10	0,03	0,06	Bohrwasser
Manganhartstahl 12 %	20	0,03	0,06	Trocken
Kokillenhartguß	7	0,04	0,08	Bohrwasser
Grauguß: bis 200 Brinell	75...125	0,15	0,30	Trocken
über 200 Brinell	60...80	0,10	0,25	Trocken
Kararischer Marmor	20...30	0,08	0,15	Wasser
Granit	6...10	0,02	0,05	Wasser
Glas mit Dreikantbohrer	20...30	0,04	0,05	Terpentin
Porzellan je nach Härte	10...20	0,01...0,03	0,02...0,05	Terpentin
Isoliermaterialien	200	0,30	0,50	Trocken

42. Bohren kleiner Löcher unter 1 mm ø. Für die kleinen Bohrer unter 1 mm kommen für alle Werkstoffe wesentlich niedrigere Schnittgeschwindigkeiten in

¹ Nach Angaben der Firma R. Stock, Berlin-Marienfelde.

Frage als für die größeren Bohrer, sowohl wegen des Werkzeuges als auch wegen der Maschinen, die so hohe Umlaufzahlen nicht hergeben. Mit Rücksicht hierauf sind in der Tabelle 10 die Umlaufzahlen angegeben. Abweichungen von diesen Richtwerten können durch besondere Umstände bedingt sein.

Tabelle 10. Umlaufzahlen für Bohrer unter 1 mm Ø.

Werkstoff	Bohrerdurchmesser mm			
	0,1...0,2	0,25...0,35	0,4...0,6	0,8...0,9
	Umlaufzahlen je Minute			
Stahl und Gußeisen	500...1000	4000...6000	6000...8000	6000...8000
Messing und Bronze	500...1000	4000...6000	8000...12000	8000...12000
Kupfer	500...1000	4000...6000	4000...6000	6000...8000
Aluminium, Silumin usw.	800...1000	4000...6000	8000...12000	8000...12000
Hartgummi	1500...2000	6000...8000	8000...12000	8000...12000

Die Vorschübe (Tabelle 11) sind mit Rücksicht auf die Widerstandsfähigkeit der Bohrer um so geringer gewählt, je kleiner der Bohrerdurchmesser ist.

Tabelle 11. Vorschübe für Bohrer unter 1 mm Ø.

Bohrerdurchm. mm	0,1	0,2	0,25	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Vorschub mm/U	nach Gefühl	nach Gefühl	0,001	0,001	0,0015	0,0015	0,002	0,003	0,01	0,02

G. Instandhaltung der Spiralbohrer.

Neben der sachgemäßen Behandlung ist für hohe Bohrleistungen gute Instandhaltung der Spiralbohrer Vorbedingung. Von besonderer Wichtigkeit ist richtiger und gleichmäßiger Anschliff des Bohrers. Es ist infolgedessen notwendig, die Bohrer nicht von Hand, sondern maschinell zu schleifen.

43. Spitzenschleifmaschinen. Die Erfordernisse einer guten Spitzenschleifmaschine sind:

1. Richtige Ausbildung der Freifläche, besonders die Einhaltung des Freiwinkels und des Querschneidenwinkels (s. Tabelle 3, S. 16).
2. Zentrische Lage des Anschliffes.
3. Geringe Kosten eines Anschliffes, d. h. hohe Leistung der Maschine.

Die erste Forderung wird auf verschiedene Weise bei den vorhandenen Konstruktionen erfüllt. Die drei Schleifprinzipien wurden bereits im Abschn. 14, S. 14...16 eingehend erörtert.

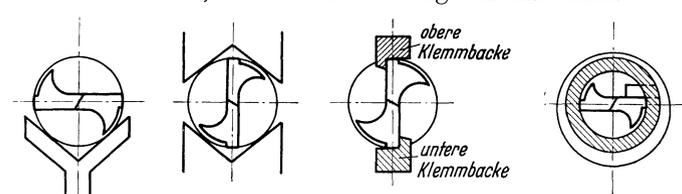


Abb. 72. Spannen in einem Prisma. Abb. 73. Spannen in zwei Prismen (Zange oder Futter). Abb. 74. Spannen in zwei Klemmbacken. Abb. 75. Spannen in einer Buchse.

Am stärksten hat sich der Kegelschliff durchgesetzt. Die zentrische Lage des Anschliffes wird durch die Art der Aufnahme des Bohrers bedingt. Die drei Möglichkeiten der Aufnahme sind:

1. Lagerung in einem oder Spannung durch zwei Prismen (Zange) (Abb. 72 und 73).
2. Spannen des Bohrers auf den Fasen in zwei Klemmbacken (Abb. 74).
3. Lagerung des Bohrers in einer Buchse, die Anschläge für die Verschiebung in axialer Richtung und gegen Verdrehung besitzt (Abb. 75).

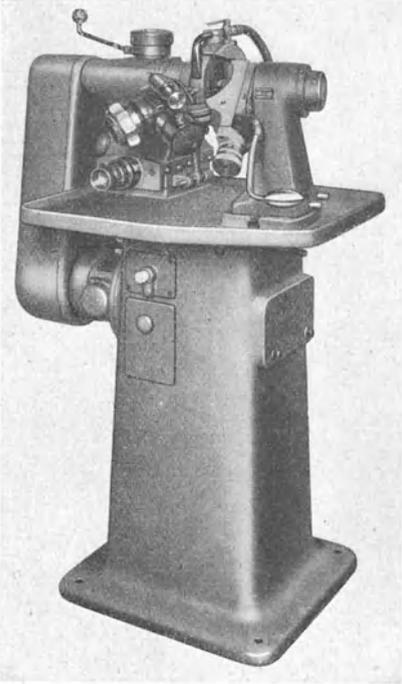
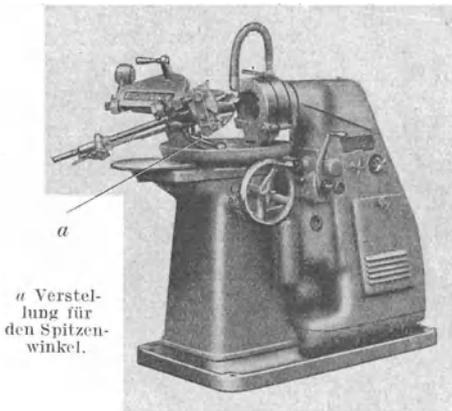


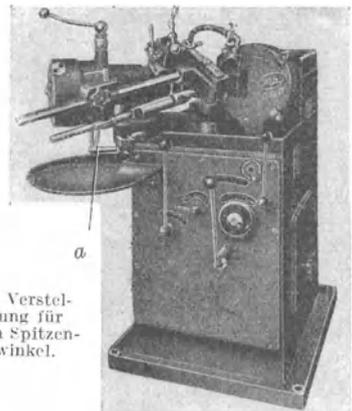
Abb. 76. Spiralbohrer-Spitzenschleifmaschine.
(Julius Ortlieb, Eßlingen.)

drehbaren Kopf verzichtet: Die Klemmbacken bleiben in ihrer Lage, infolgedessen muß beim Schleifen der zweiten Lippe der Bohrer umgespannt werden (Abb. 77



a Verstellung für den Spitzenwinkel.

Abb. 77. Spiralbohrer-Spitzenschleifmaschine für Bohrerdurchmesser von 10 bis 75 mm.
(R. Stock & Co.)



a Verstellung für den Spitzenwinkel.

Abb. 78. Spiralbohrer-Spitzenschleifmaschine mit selbsttätiger Bohrerschwenkung für Bohrer von 10 bis 75 mm.
(Rohde & Dörrenberg.)

und 78). Das Spannen in Klemmbacken ist besonders für größere Bohrer geeignet. Bei kleineren Bohrern wird häufig die Prismaspannzange und das Schleifen in Buchsen angewendet (Abb. 79).

Spannung in einem Prisma ist nur genau, wenn der Bohrer genau gerade ist: auch ist es notwendig, daß der Bohrer mit der Länge einer ganzen Spiralwindung auf dem Prisma aufliegt. Kurze Bohrer lassen sich daher schlecht im Prisma schleifen.

Das Spannen in zwei Prismen, Spannhalter oder Spannzange wird bei Maschinen nach Abb. 76 angewandt. Die Rundlaufgenauigkeit kann bei guter Herstellung der Spannwerkzeuge, besonders bei Spannbacken, bis 0,005 mm betragen.

Spannen in Klemmbacken bietet eine sichere Lage des Bohrers, seine Achse kann dabei nicht verändert werden. Der Bohrer muß jedoch nach jedesmaligem Schleifen einer Bohrerlippe gelöst und um 180° gedreht und wieder festgespannt werden.

Zwei untereinander verschiedene Konstruktionen sind bei Prisma- und Klemmbackenspannung zu unterscheiden. Im ersten Falle ist die Spannvorrichtung in einem drehbaren Kopf gelagert, so daß der Bohrer nach Fertigschleifen der einen Bohrerlippe zum Schleifen der zweiten Bohrerlippe nicht umgespannt zu werden braucht (Abb. 76 und 81).

Bei der zweiten Art ist auf einen solchen

Gegen Verschiebung in axialer Richtung wird der Bohrer sowohl bei Prisma- wie bei Zangenspannung in einer Spitze oder einem Kegel aufgenommen.

Die Leistungsfähigkeit einer Spitzenschleifmaschine hängt u. a. von der Wahl der richtigen Schleifscheibe ab. Größere Bohrer werden häufig an der Stirnseite einer Topfscheibe geschliffen, wobei es vorteilhaft ist, die Scheibe vor dem Bohrer hin und her zu schwenken, damit sie gleichmäßig über die ganze Breite abgenutzt wird. Auch wird die Schleifleistung bei großen Bohrern durch Wasserkühlung bedeutend erhöht, ohne daß die Schneiden Gefahr laufen, auszuglühen.

Wird der Bohrer von Hand zugestellt und die Scheibe von Hand geschwenkt, so kann der Arbeiter den Span so groß wählen, wie es entsprechend der Schleifwirkung irgend möglich ist. Er kann zunächst mit großen Zustellungen vor-schruppen, um dann zuletzt einen feinen Span zu nehmen. Die Spanzustellung sowie die Scheibenschwenkbewegung kann er nach Gefühl regeln und jedem Bohrerdurchmesser anpassen.

Bei den automatisch arbeitenden Maschinen ist die Spanzustellung von Anfang bis Ende eine gleichmäßige. Die Schleifzeit wird dadurch verlängert, besonders, wenn viel abgeschliffen werden muß. Um dafür einen Ausgleich zu schaffen, kann eine andere Schleifmaschine mit bedient werden. Für den Arbeiter ist es jedoch eine Erleichterung, da er die Schwenkbewegungen nicht auszuführen braucht.

44. Arbeitsweise der Spitzenschleifmaschinen. Die Spitzenschleifmaschinen Abb. 77 und 78 greifen den Bohrer zwischen zwei in ihrem Abstand verstellbaren Spannbacken und stützen ihn nach hinten gegen eine Spitze ab, so daß der Bohrer in drei Punkten festliegt.

Die ganze Haltevorrichtung wird um eine Achse geschwenkt, wobei der Bohrer auf der Schleifscheibe vorbeistreicht, so daß die angeschliffene Fläche ein Teil eines Kegelmantels wird¹. Der Spiralbohrer berührt die Schleifscheibe nur in der Waagerechten, die damit die Erzeugende der Freifläche des Bohrers ist.

Es wird zunächst eine Lippe geschliffen, dann wird in Achsenrichtung ein Anschlag festgestellt, der Bohrer aus dem Bereich der Schleifscheibe gebracht, um 180° gedreht und zum Anschliff der zweiten Schleiflippe vorgeschoben. Der Anschlag sichert einen symmetrischen Anschliff.

Die Schleifbewegung der Schleifscheibe wird durch ein Flüssigkeitsgetriebe ausgeführt. Hierdurch läßt sich der Schwenkhub in beliebiger Größe einstellen, die Stelle, an der die Schwenkbewegung ausgeführt wird, verändern und die Schleifscheibe beim Umspannen des Bohrers schnell aus der Arbeitsstellung und wieder in diese zurückschwenken. Der Bohrer wird bei der Maschine Abb. 77 beim Schleifvorgang von Hand geschwenkt². Bei der Maschine Abb. 78 erfolgt außer der Pendelbewegung der Schleifscheibe auch die Schwenkbewegung des Bohrers hydraulisch.



Abb. 79. Spiralbohrer-Spitzenschleifmaschine für kleine Bohrer. (R. Stock & Co., Berlin.)

¹ Über ältere Bauarten siehe A. WALLICHS u. C. BARTH: Werkst.-Techn. 1911 S. 615. — Neuere Bauarten siehe V. JERECZEK: Stock-Z. 1929 Heft 4 u. 5. — GRATHWOHL, A.: Werkst.-Techn. 1929 S. 113. — WALLICHS, A., u. W. MENDELSON: Wirtschaftliches Bohren durch richtigen Anschliff. Werkst.-Techn. 1937 S. 97...103.

² Siehe Stock-Z. 1929 Heft 4/5 S. 74.

Auf der Maschine nach Abb. 76 können alle Arten von Spiralbohrern von 0 bis 15 mm \varnothing mit einem Spitzenwinkel von 50° bis 140° und außerdem rechte und linke Bohrer geschliffen werden.

Der Verwendungsbereich ist daher ein sehr vielseitiger. Die Bohrer werden in einer Spannzange festgespannt. Ein verschiebbarer Anschlag gibt dabei die richtige Lage und Stellung zur Schleifscheibe. Das Schleifen erfolgt in folgender Weise: Die Bohreraufnahme wird in die Schleifstellung gebracht und abwechselungsweise durch dieselbe um 180° die beiden Bohrerschneiden geschliffen. Während des Schleifvorganges erfolgt die Zustellung nicht mit der Supportspindel, sondern durch Auslösen der halbautomatischen Zustellung, mit Hilfe eines schwenkbaren Hebels.

Das Schleifen kleiner Bohrer wird auch in Buchsen Abb. 80 vorgenommen, und zwar bei der Maschine Abb. 79. Sie besitzt einen Exzenter im Schleif-

support, durch den zunächst der Span angestellt wird. Sind nach mehrmaligem Drehen des Bohrers die Lippen scharf geschliffen, so wird durch Zurückstellen des Exzenters die Spananstellung rückgängig gemacht, wodurch der Bohrer um das Maß, um das die Bohrerspitze exzentrisch

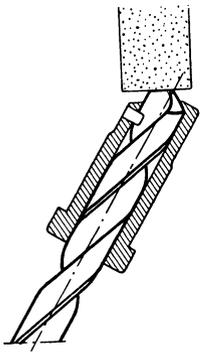


Abb. 80. Lagerung des Bohrers in Buchsen bei der Maschine Abb. 79.

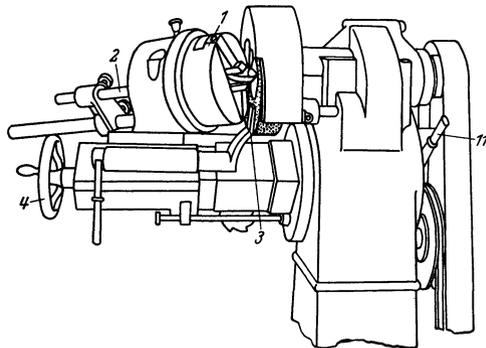


Abb. 81. Automatische Spitzschleifmaschine. (Oliver & Co.)

geschliffen wird, zurückgestellt wird. Hierdurch wird der Anschliff zentrisch, und beim Umstecken des Bohrers um 180° dürfen die Lippen an der Schleifscheibe nicht mehr schleifen. Dadurch kann gleichzeitig die zentrische Lage des Anschliffes kontrolliert werden. Auf der Maschine können Bohrer bis 13 mm \varnothing mit einem Spitzenwinkel von 100° bis 140° geschliffen werden.

Vertreter der vollautomatischen Konstruktion sind die Maschinen von Schmalz und Maier & Schmidt¹. Eine auf ähnlicher Grundlage beruhende neuere Konstruktion ist die Schleifmaschine Abb. 81. Sie dient zum Anschleifen des bereits erwähnten Anschliffes mit hohl ausgeschliffener Mittelschneide. Der Bohrer wird in ein Spannfutter mit zwei prismenförmigen Backen gespannt und mit einer Gegenschneide gehalten. Das Spannfutter wird in Abhängigkeit von der Schleifscheibenbewegung gedreht. Die Schleifachse bewegt sich in axialer Richtung auf den Bohrer zu und führt gleichzeitig eine Planetenbewegung aus. In der Anfangsstellung schleift sie über die ganze

Breite der Bohrerschneide (Abb. 82a). In der Endstellung ragt die Bohrerspitze über die Schleifscheibe hinaus, so daß die Querschneide nicht in demselben Maße

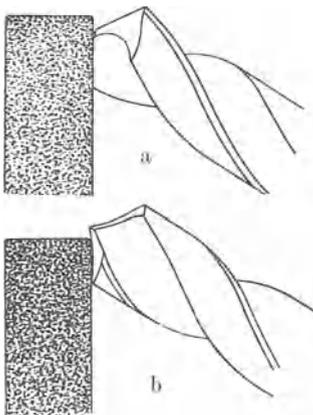


Abb. 82. Arbeitsweise der Oliver-Maschine.

¹ Siehe Werkst.-Techn. 1911 S. 686ff.

tiefer geschliffen wird wie die übrige Freifläche (Abb. 82 b). Die Maschine nimmt dem Arbeiter sowohl die Schwenkbewegung der Scheibe als auch die Drehbewegung des Bohrers und überläßt ihm nur die Zustellung. Schleifgeschwindigkeit und Drehbewegung bleiben immer gleich.

45. Geräte zum Prüfen des Spitzenanschliffes. Für den gewöhnlichen Werkstattgebrauch genügen Blechlehren (Abb. 83 a···c), mit denen

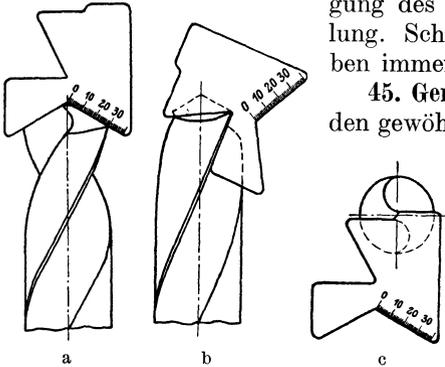


Abb. 83. Blechlehren für den Spitzenschliff.

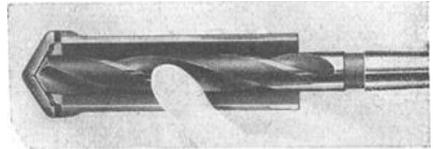


Abb. 84. Lehre für den Spitzenschliff.

man den Spitzenwinkel, die Länge der Schneide, den Freiwinkel und den Querschnittenwinkel auf ihre Richtigkeit prüfen kann.

Zur Untersuchung des zentrischen Anschliffes hat sich die Lehre (Abb. 84) bewährt: Der Bohrer wird in ein Prisma eingelegt und gegen das am Ende der

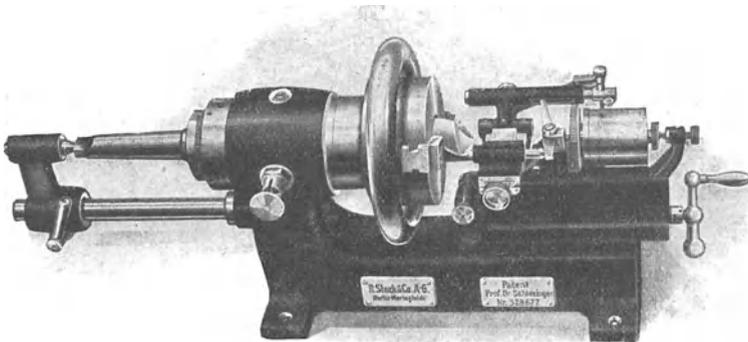


Abb. 85. Freiwinkel-Meßmaschine. (R. Stock & Co., Berlin.)

Lehre befindliche Dach geschoben. Abweichungen des Spitzenwinkels von der zentrischen Lage sind durch den entstehenden Lichtspalt erkennbar.

Höheren Ansprüchen dient die Freiwinkel-Meßmaschine¹ Abb. 85. Sie mißt mit einem Taststift die Freiwinkel auf konzentrisch zur Bohrerachse liegenden zylindrischen Schnitten.

Mit Hilfe eines Schreibwerkes wird die vom Taststift beschriebene Kurve auf einer Trommel aufgezeichnet. Durch Anlegung der Tangenten lassen sich die Freiwinkel bestimmen (Abb. 86).

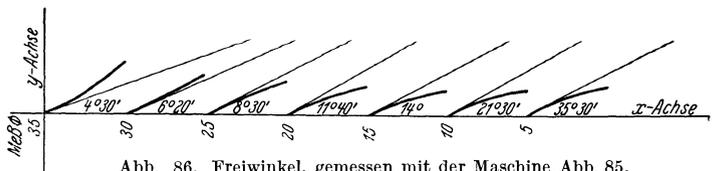


Abb. 86. Freiwinkel, gemessen mit der Maschine Abb. 85.

¹ Gebaut von R. Stock & Co.

Einen einfacheren, aber sehr genau arbeitenden Prüfapparat¹ zeigt Abb. 87. Der Bohrer liegt in einem Prisma. Seine Verschiebbarkeit in axialer Richtung ist durch einen Bock begrenzt. Auf den Kegel wird eine kegelige Buchse mit daran angebaute Skala aufgeschoben. Mit Hilfe eines feststehenden Zeigers kann man an der Skala feststellen, um wieviel Grad der Bohrer gedreht wird. Gegen die Freifläche legt sich der Stift einer Meßuhr. Dreht

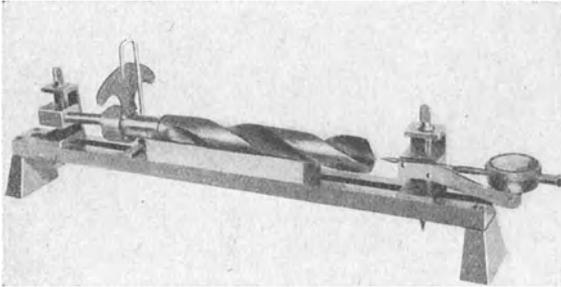


Abb. 87. Freiwinkel-Meßapparat.

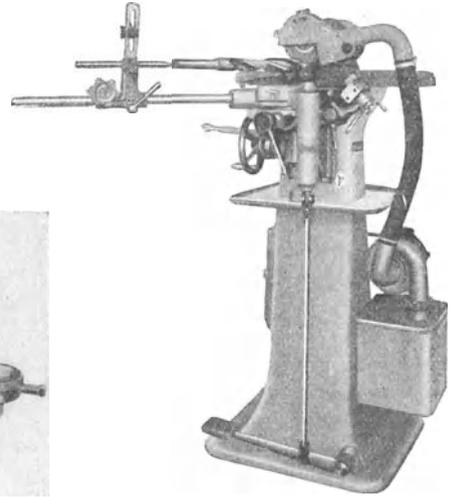


Abb. 88. Spiralbohrer-Ausspitzmaschine.
(R. Stock & Co., Berlin.)

man den Bohrer um eine bestimmte Gradzahl, so zeigt die Meßuhr an, um wieviel mm die Freifläche gegenüber der Schneidkante abfällt. Hieraus läßt sich der Freiwinkel berechnen. Gleichzeitig kann man mit großer Genauigkeit feststellen, ob entsprechende Punkte der Schneiden gleich hoch liegen.

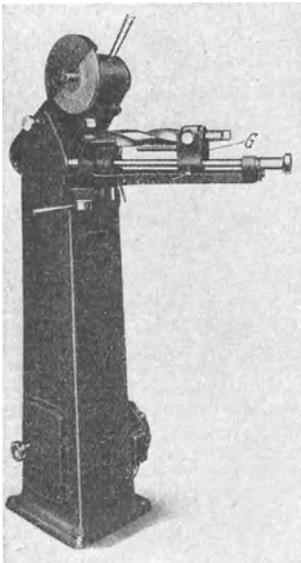


Abb. 89. Spiralbohrer-Ausspitzmaschine.
(Rohde & Dörrenberg, Düsseldorf.)

Zur genaueren Bestimmung der Winkel bei kleinen Bohrern sind diese Einrichtungen nicht geeignet. Hier empfiehlt sich die Verwendung eines Mikroskopes mit Fadenkreuz. Die Bohrer werden mit Kitt auf der Spannplatte des Mikroskopes befestigt. Querschnidwinkel und Freiwinkel am Umfang können dann auf einfache Weise sehr genau ermittelt werden.

46. Ausspitzmaschinen. Das Ausspitzen der Bohrer hat eine bedeutende Verringerung des Axialdruckes zur Folge. Es geschieht häufig von Hand. Hierbei ist es jedoch schwer, die Ausspitzung auf beiden Seiten gleichmäßig zu halten. Auch hängt von der Art der Ausspitzung das Maß der Verringerung des Axialdruckes wesentlich ab. Man kann in Vorrichtungen ausspitzen, die an einer Reihe von Spitzenschleifmaschinen angebracht sind. Die meisten dieser Einrichtungen sind primitiv. Besondere Maschinen zum Ausspitzen² bauen R. Stock & Co. (Abb. 88) und Rohde & Dörrenberg (Abb. 89). Der Bohrer wird bei der Maschine Abb. 88 mit zwei Klemmbacken an den

¹ Nach Boston und Oxford, Trans. Amer. Soc. mech. Engr. Bd. 52 (1930) Nr. 3 S. 5.

² Über verschiedene Ausspitzungen s. S. A. WALLICHS u. W. MENDELSON: Werkst.-Techn. 1937 S. 101...102.

Fasen gefaßt und durch eine Spitze gestützt. Auch hier ist der Grundsatz: Schleifen auf Umschlag, um Ungenauigkeiten auszuschalten. Die Maschine besitzt Verstellungen, die eine Veränderung des Spanwinkels, der Länge und Tiefe der Ausspitzung gestatten. Man kann also entweder die Maschine nach der Tabelle einstellen oder aber nach eigenen Erfahrungen ausspitzten.

Bei der Maschine Abb. 89 wird der Bohrer von einer Kegelhülse oder einem Bohrfutter gehalten. Die Hülse oder das Futter ruhen fest in einem Halter, der in einer Gabel liegt. Hierdurch ist die Gewähr vorhanden, daß der Bohrer genau um 180° geschwenkt wird. Die Schleifscheibe wird entgegengesetzt der Maschine Abb. 88 durch Schwenken dem Bohrer zugeführt. Mit beiden Maschinen lassen sich verschiedene Zuspitzungen erzielen¹.

H. Instandsetzung gebrochener Bohrer.

Häufig kommt es vor, daß Bohrer im Drall brechen, oder daß vom kegligen Schaft der Mitnehmerlappen abreißt infolge schlechten Sitzes des Kegels in der Hülse. Man wird versuchen, diese Bohrer wieder instandzusetzen.

47. Bohrer, die im Drall abgebrochen sind. Der abgebrochene Teil kleiner Bohrer wird in einen zylindrischen oder kegligen Schaft hart (mit einer Stichflamme) eingelötet (Abb. 90), wobei darauf zu achten ist, daß der Bohrer hinterher auch rundläuft. Bei sehr kleinen Bohrern lohnt sich die Instandsetzung jedoch nicht, da sie zu teuer wird.

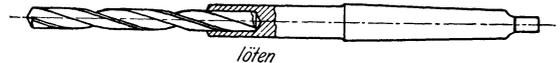


Abb. 90. Eingelöteter Bohrer.

Bei größeren Bohrern kann man, wenn eine elektrische Stumpfschweißmaschine zur Verfügung steht, ein Stück Maschinenstahl mit Drall und Schaft stumpf zusammenschweißen. Man kann auch einen neuen Kegel aus Aluminium anspritzen, sofern die geeigneten Gesenke vorhanden sind.

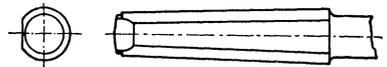


Abb. 91. Kegelschaft mit Fläche.

48. Bohrer mit abgebrochenen Lappen am kegligen Schaft. Instandsetzung:

a) Durch Aufsetzen einer Kegelhülse, die mit dem Schaft vernietet wird.

b) Durch Anfeilen einer Fläche am Kegel (Abb. 91) und Verwendung einer Kegelhülse mit innerer Mitnehmerfläche (Abb. 92).

c) Durch Verwendung einer federnden Kegelhülse (Abb. 93).

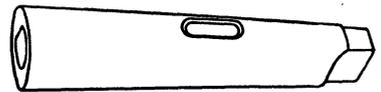


Abb. 92. Kegelhülse mit innerer Fläche.

Bei dieser wird der Bohrer durch die Reibung mitgenommen, weil die Hülse sich auf den Bohrerschaft hinauf- und in den Kegel der Spindel hineindreht, um so fester, je größer der Schnittdruck ist. Die Hülse kann nur dann festhalten, wenn die Kegel unbeschädigt sind und mit der Hülse übereinstimmen.

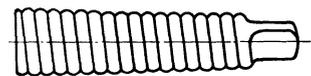


Abb. 93. Federnde Kegelhülse.

J. Sonderausführungen von Spiralbohrern.

49. Spiralbohrer mit Ölzuführung. Zum Bohren tiefer Löcher in Stahl sind Spiralbohrer mit Ölzuführung unentbehrlich. Das Öl² wird durch Druck in die Ölhöhre gepreßt, entweder von hinten (Abb. 94 a und b) oder seitlich (Abb. 94 c).

¹ Siehe Anm. 2, S. 42.

² Mit „Öl“ ist hier jede Kühl- und Schmierflüssigkeit gemeint, die beim Bohren verwendet wird, also außer Öl: Bohrröl, Seifenwasser usw.

Die Zuführung des Öles durch den Schaft von hinten wird vor allem bei Revolverbänken angewendet (Abb. 95). Diese Anordnung hindert das freie Schalten des Revolverkopfes nicht, während bei seitlicher Ölzufuhr zum Schalten des

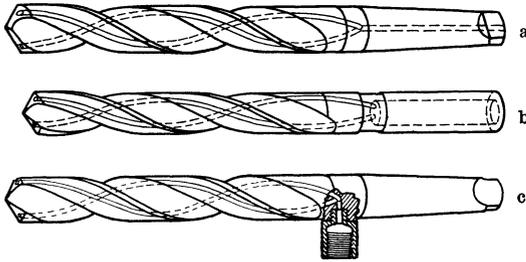


Abb. 94. Bohrer mit Ölzufuhr.

etwas geschwächt. Der Vorschub muß daher etwas geringer gewählt werden, damit der Bohrer nicht bricht und die Späne leicht aus dem Bohrloch ausfließen

Revolverkopfes der Ölschlauch mit Kegel *a* abgehoben werden muß, was sehr umständlich ist (Abb. 96).

Bei Senkrechtbohrmaschinen läßt sich die seitliche Ölzufuhr dadurch ermöglichen, daß das Öl in einen drehbaren, abgedichteten Ring gepreßt wird und von da aus durch die Ölrohre fließt (Abb. 97).

Durch das Einfräsen der Nuten für die Ölrohre wird der Bohrer

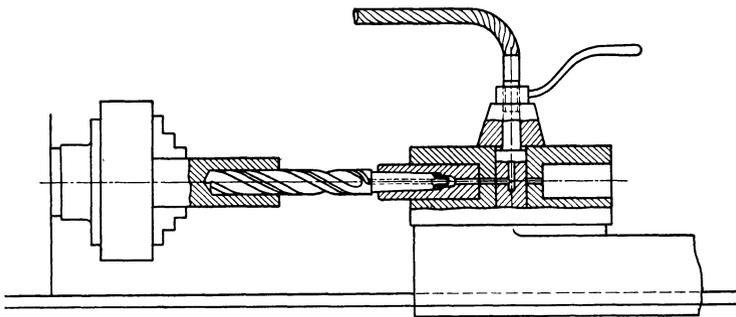


Abb. 95. Zentrale Ölzufuhr durch den Bohrer bei Revolverbänken.

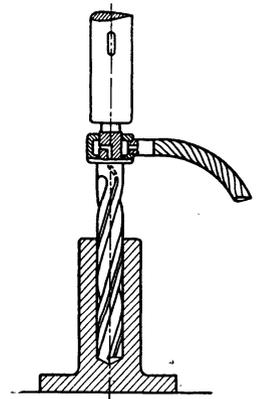


Abb. 97. Ölzufuhr bei Senkrecht-Bohrmaschinen.

können. Der Vorteil ist, daß die Schneide stets gekühlt wird. Die Ölrohre aus Messing oder Kupfer werden noch

häufig mit Zinn eingelötet. Damit das Zinn genügend Halt hat, werden die Nuten etwas „unter sich“ gefräst (Abb. 98).

Trotzdem kommen noch

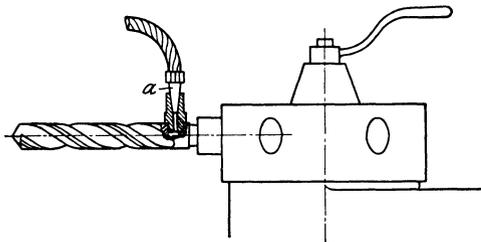


Abb. 96. Seitliche Ölzufuhr durch den Bohrer bei Revolverbänken.

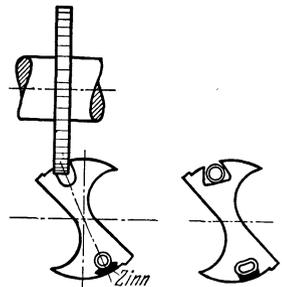


Abb. 98.

Abb. 99.

Anbringen von Ölrohren in eingefrästen Nuten.

Beschädigungen durch die Späne vor, die Ölrohre können sogar herausgerissen werden. Sicherer ist die Konstruktion Abb. 99, bei der das Rohr in eine nach hinten verbreiterte Nut eingedrückt und dann verlötet wird. Am sichersten ist die Konstruktion, bei der gar nicht gelötet, sondern nur ein Stahlrohr in die verbreiterte Nut gewalzt wird¹.

50. Verlängerte Spiralbohrer. Wenn an unzugänglichen Stellen Löcher gebohrt werden sollen, müssen zwischen Bohrspindel und Bohrer Verlängerungen ein-

¹ DRP.; s. auch Stock-Z. 1930 Heft 5.

gefügt werden, damit der Bohrer an die zu bearbeitenden Stellen herangeführt werden kann.

Abb. 100 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 wird und dadurch widerstandsfähiger bleibt. c zeigt eine Verlängerung zum Aufstecken, wie sie in der Praxis auch häufig verwendet wird.

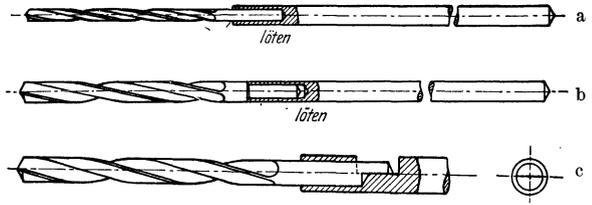


Abb. 100. Verlängerung für Bohrer mit zylindrischem Schaft.

Für Bohrer mit kegeligem Schaft werden lange Kegelhülsen benützt (s. Abschn. Spannerwerkzeuge).

51. Bohrer für kegliche Löcher. Zum Bohren der Löcher für Kegelstifte verwendet man Bohrer, die ein kurzes Stück hinter der Spitze zylindrisch bleiben, dann aber sich keglig verstärken. Diese Bohrer schneiden also auf die ganze Länge ihrer Fase. Sie ersparen die doppelte Arbeitsstufe: Bohren mit zylindrischen Bohrern und Aufreiben mit kegigen Reibahlen.

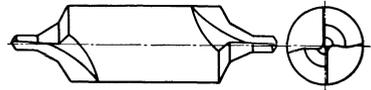


Abb. 101. Zentrierbohrer für Schutzsenkung nach DIN 332 B.

52. Anbohrer und Zentrierbohrer. Bei Arbeiten auf Revolverbänken und Automaten benutzt man kurze und daher starre Bohrer, deren Anschliff genau zentrisch liegen muß (genormt nach DIN 331). Zur Herstellung von Zentrierbohrungen nach DIN 332A sind Versenker nach DIN 333 gebräuchlich, die ein zylindrisches Loch geringen Durchmessers mit anschließendem Kegel herstellen. In Fällen, wo eine Beschädigung der Zentrierungen zu befürchten ist, empfiehlt es sich, Versenker nach DIN 320 für Schutzsenkung nach DIN 332 B (Abb. 101) zu verwenden.

V. Tieflochbohrer.

53. Der Kanonenbohrer (Abb. 102) ist die älteste und einfachste Ausführung eines Tieflochbohrers. Er dient zum Bohren tiefer Löcher in Rohren, Wellen und Spindeln. Der Bohrer ist bei „a“ abgeflacht, um die Reibung im Bohrloch zu vermindern. Der Körner „b“ wird nach dem Rundschleifen abgeschliffen. Vor dem Gebrauch dieses Bohrers wird zuerst mit einem Spiralbohrer in das Werkstück ein Loch gebohrt und genau laufend und passend für den Kanonenbohrer ausgedreht, damit er eine Führung hat und beim Bohren nicht verläuft. Ein zwangläufiges Bohren ist mit dem Kanonenbohrer nicht möglich. Er wird gewöhnlich auf der Drehbank verwendet und von Hand nach Gefühl vorgeschoben. Man muß ihn öfter aus dem Bohrloch herausziehen, um Öl zuzuführen und die Späne zu entfernen.

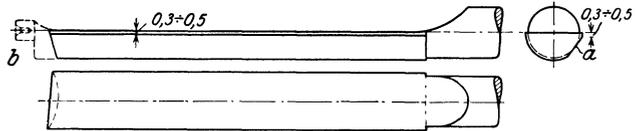


Abb. 102. Kanonenbohrer.

54. Neuzeitliche Tieflochbohrer (Abb. 103...105¹) sind verbesserte Ausführungen des Kanonenbohrers. Sie werden zum Ausbohren von Gewehrläufen,

¹ Siehe auch LOEWE-Notizen 1938 Heft 7/12.

Kanonenrohren, langen Bohrungen in Wellen und Spindeln bis zu 80 mm Durchmesser verwendet. Beim Arbeiten führt das Werkstück die drehende, der feststehende Bohrer die vorschiebende Bewegung aus, oder es drehen sich das Werkstück und der Bohrer in entgegengesetzter Richtung, wobei der Bohrer auch die Vorschubbewegung ausführt.

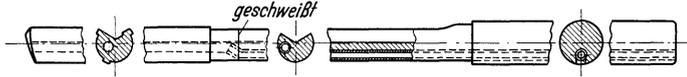


Abb. 103. Tieflochbohrer mit vollem Schaft von 6...60 mm \varnothing und Längen bis 3000 mm.

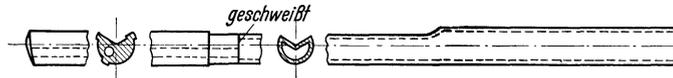


Abb. 104. Tieflochbohrer mit Rohrschaft von 6...60 mm \varnothing und Längen bis 3000 mm.

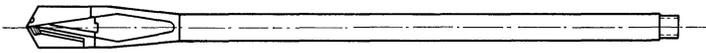


Abb. 105. Velox-Tieflochbohrer von 20...80 mm \varnothing und Längen bis 7000 mm. (Wilh. Sasse, Spandau.)

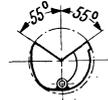


Abb. 106. Tieflochbohrer mit eingeschweißtem Ölrohr.



Abb. 107. Tieflochbohrer mit eingedrücktem Ölloch und angeschweißtem Rohrschaft. 5...18 mm \varnothing .

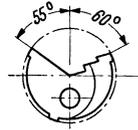


Abb. 108. Tieflochbohrer mit eingebohrtem Ölloch und angeschweißtem Rohrschaft. 20...60 mm \varnothing .

Die Konstruktion dieser Bohrer wird beherrscht von dem Bestreben nach reichlichem Spanraum, guter Führung und der Möglichkeit, Kühlflüssigkeit bis vorn an die Schneide zu bringen. 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 (Abb. 106...108).

Bei dem Bohrer Abb. 106 ist an der Rückseite ein Ölrohr eingeschweißt. Der Bohrer nach Abb. 107 ist aus einem Rohr hergestellt und weist einen eingewalzten Ölkanal auf, während bei dem Bohrer nach Abb. 108 das Ölloch in den Schneidenschaft eingebohrt ist. Das Öl wird mit hohem Druck durch das Ölrohr bzw. durch den Ölkanal gepreßt, um die Schneide zu kühlen und die Späne aus dem Bohrloch herauszuspülen. Die Bohrmaschinen sind deshalb mit kräftigen Druckpumpen bis zu 30 Atm. versehen.

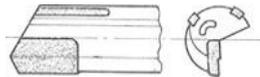


Abb. 109. Tieflochbohrer mit Hartmetallschneide.

Tieflochbohrer werden aus Schnellstahl, am besten aus Hochleistungsstahl mit angeschweißtem Schaft oder Rohrschaft (Abb. 103 und 104) hergestellt. In letzter Zeit werden auch Bohrer mit Hartmetallschneiden nach Abb. 109 gefertigt. Bei guter Ausführung sind die Leistungen höher als bei Bohrern aus Schnellstahl, da sie nicht so schnell stumpf werden und deshalb auch nicht so oft geschliffen werden müssen.

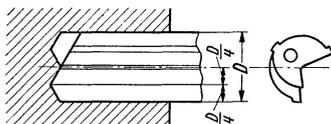


Abb. 110. Lage der Schneidenspitze.

55. Anschleifen der Tieflochbohrer. Die Bohrer werden nach dem Härten rundgeschliffen. Nach dem Schleifen wird die Fäse mit einem Ölstein hinterwetzt. Soweit die Führungsfase reicht, ist der Bohrer im Durchmesser nach hinten zu verjüngt, um die Reibung weiter zu vermindern. Die Verjüngung des Schneidenschaftes beträgt auf 100 mm Länge etwa 0,1 mm im Durchmesser. Sie werden von Hand oder auf Sondermaschinen scharfgeschliffen. Der Spitzenwinkel beträgt 118...120°.

Die Schneidspitze liegt bei den Bohrern nach Abb. 103...104 genau im ersten Viertel des Bohrerdurchmessers (Abb. 110). Einseitig geschliffene Bohrer werden von der Mitte leicht abgedrängt und verlaufen. Dadurch vergrößert sich die

Reibung am Umfang des Bohrers, so daß er leicht abbricht. Es empfiehlt sich deshalb, beim Scharfschleifen Lehren zu benutzen (Abb. 111 I...II). Mit Lehre I läßt sich $\frac{1}{4}$ Durchmesser bequem einstellen und zugleich der Spitzenwinkel messen; II dient für den Freiwinkel. Bei richtig geschliffenen Bohrern entsteht bei weichem Werkstoff ein langer zusammenhängender Span, während sich bei härterem kürzere Späne bilden.

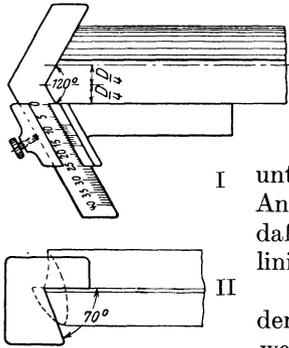


Abb. 111. Lehren für die Schneidenspitze.

Sehr oft kommt es vor, daß beim Bohren mit einem Bohrer nach Abb. 103 und 104 ein dünner Kern von 1...2 mm \varnothing ausgebohrt wird (Abb. 112). Grund: die Schneidkante des Bohrers liegt

unter der Mitte. Es ist deshalb bei der Anfertigung der Bohrer darauf zu achten, daß die Schneide nicht unter der Mittellinie liegt.

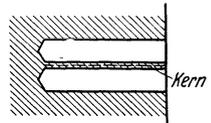


Abb. 112. Stehengebliebener Kern.

56. Betrieb der Tieflochbohrer. Bei den Schnellstahlbohrern setzt sich zuweilen vom Werkstück etwas Werkstoff an den Schneidkopf außen an, wodurch der Bohrer festsetzt und ein schwacher Bohrer leicht abbricht. Die Spindelbohrmaschinen

besitzen jedoch meist an der Antriebsscheibe eine Sicherheitskupplung, die so eingestellt werden kann, daß sie bei einer größeren Kraft, als zur Abhebung des Spanes nötig ist, auslöst. Sitzt dann der Bohrer fest, sei es durch dieses Ansetzen, sei es durch Verstopfen der Spannut, so wird das Werkstück still stehen. Der Bohrer muß dann vorsichtig aus dem Bohrloch gezogen werden, möglichst ruckweise, wobei das Werkstück nur wenig gedreht werden darf, damit der Bohrer nicht abbricht. Angesetzter Werkstoff muß mit einem Ölstein abgewetzt werden. Ist die Schnittfase vorn abgenützt, so muß das beschädigte Stück abgeschliffen werden. Bei Bohrern mit Schneide und Rückenführungen aus Hartmetall nach Abb. 109 fällt dieser Übelstand fort.

Geeignete Schnittgeschwindigkeiten und Vorschübe sind in der Tabelle 12 angegeben. Der Vorschub ist sehr klein, da sich sonst beim Bohren tiefer Löcher das Bohrloch leicht verstopfen würde. Nur für Bohrer von 20...80 mm \varnothing nach Abb. 105 betragen die Vorschübe für Stahl von 60...70 kg Festigkeit etwa 0,15...0,45 mm/U.

Tabelle 12.

Schnittgeschwindigkeiten und Vorschübe für Tieflochbohrer nach Abb. 103 u. 104.

Bohrer \varnothing m/m	Vorschub [mm/U] für		Schnittgeschwindigkeiten [m/min] für Bohrer aus:	
	Stahl 60...70 kg/mm ²	Einsatz-Nickelstahl (gehärtet, Kern weich)	Schnellstahl	Hochleistungs- Schnellstahl
7...10	0,015	0,01	20...25	30...35
10...15	0,020	0,015	20...25	25...30
15...25	0,025	0,02	18...20	20...25
25...40	0,030	0,025	18...20	20...25
40...60	0,035	0,03	15...18	20...22

Tieflochbohrer, die nur für einzelne Löcher gebraucht werden, können von einem Durchmesser über 20 mm ein Bohrmesser erhalten, das in einem durchbohrten Schaft oder Rohr befestigt ist und durch ein anderes ausgewechselt werden kann. Das Öl wird durch den Schaft unter Druck an die Schneide geführt. Die Ausführung ist ähnlich der Abb. 20, S. 11. Es ist zweckmäßig, den Schneiden des Messers Spanbrechernuten zu geben.

Bohrer nach Abb. 103...104 müssen beim Anbohren des Werkstückes in einer Führungsbüchse geführt werden, damit sie nicht verlaufen. Es ist deshalb für jeden Bohrerdurchmesser eine Führungsbüchse nötig. Wird jedoch mit einem kurzen Spiralbohrer vom Durchmesser des Tieflochbohrers etwa 30...40 mm tief angebohrt, dann ist eine Führungsbüchse nicht nötig.

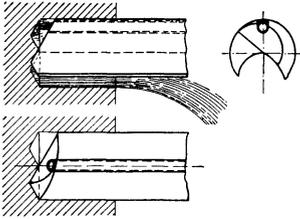


Abb. 113. Bohrer in Arbeitsstellung.

Als Kühlmittel wird dünnflüssiges Mineralöl oder Bohrlöl benutzt. In Abb. 113 ist der Bohrer in Arbeitsstellung gezeichnet. Die Spannlatte liegt unten, so daß die Späne und das Öl nach unten abfallen bzw. abfließen. Abb. 114 zeigt einen Tieflochbohrer in Arbeitsstellung auf der Bohrmaschine.

57. Hohlbohrer. Für größere Bohrungen von etwa 60 mm \varnothing an wird man Hohlbohrer¹ verwenden, um das viele Zerspans zu vermeiden. Der Werkstoff

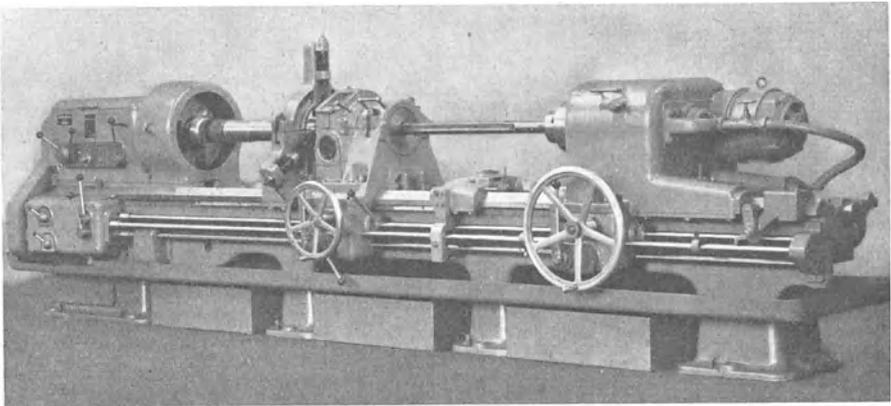


Abb. 114. Tieflochbohrmaschine. (Gebr. Böhlinger, Göppingen.)

der Bohrlöcher wird beim Bohren mit Hohlbohrern nicht ganz zerspannt, sondern es wird ein Kern ausgebohrt (Abb. 115), 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 Werkstück und der Bohrer steht fest, oder es drehen sich Werkstück und Bohrer.

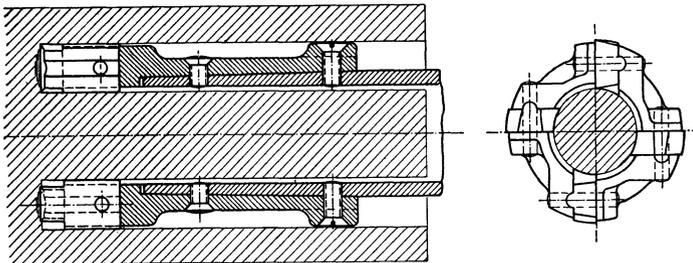


Abb. 115. Vierschneidiger Hohlbohrer.

zwei Teilen hergestellt, und zwar aus dem Bohrkopf und dem Schaft, der aus einem Rohr besteht (Abb. 115). Der Schaft muß rund geschliffen werden, da er

Hohlbohrer werden gewöhnlich aus

¹ Vgl. auch REHFELD: Die Herstellung langer Bohrungen durch Hohlbohren und Aufbohren. Masch.-Bau/Betrieb 1942 S. 409.

in einer Lünette geführt wird. Die Bohrer werden in Längen bis zu 5 m und mehr hergestellt. Ganz lange Rohre werden auch von zwei Seiten gebohrt¹. Die Bohrköpfe² werden, je nach dem Verwendungszweck, besonders aber nach der Größe der Bohrung, mit 2...16 Messern versehen.

Der Bohrkopf (Abb. 116) wird auf einem Rohr durch Kegel und Schrauben befestigt; er wird für Bohrungen von 60...150 mm verwendet. Durch die rillenförmige Form der Messerschneiden werden die Späne sehr weitgehend zerteilt. Die Schneidflächen der Messer sind verschieden breit. Jede Schneidfläche 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 abgeschragt und abgerundet werden.

Am hinteren Ende sind vier eingesetzte harte Führungsleisten angebracht. Für tiefe Bohrungen, bei denen mit einer seitlichen Abnutzung der Messer und einem Engerwerden der Bohrung mit der Tiefe oder mit Klemmungen durch Späne zu rechnen ist, sind Bohrköpfe

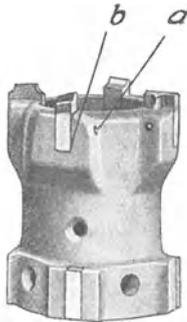


Abb. 116. Vierschneidiger Bohrkopf.

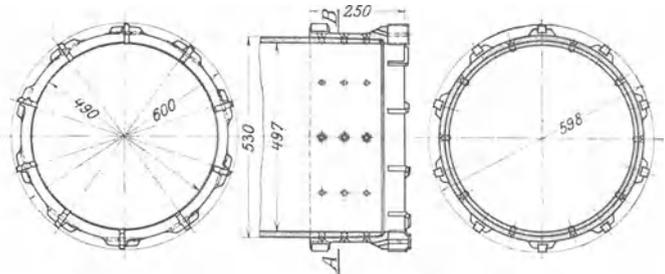


Abb. 117. Hohlbohrer mit 10 Messern.

mit gleichmässig spannenden Führungsleisten zu empfehlen (s. Fußnote 1, S. 48). Da in den Ecken *b* die Köpfe leicht zum Brechen neigen, ist besonders guter Werkstoff zu verwenden, am besten zäher Werkzeugstahl in Öl gehärtet oder Nickelstahl im Einsatz gehärtet.

Für Bohrungen bis zu 600 mm Durchmesser dienen Bohrköpfe nach Abb. 117.

Die Messer der Bohrköpfe sind aus Schnellstahl (möglichst Hochleistungsschnellstahl). Sie können aber auch aus gewöhnlichem Stahl mit aufgelöteten Hartmetallplättchen (S 2) hergestellt werden, die sich nicht so leicht abnutzen, daher auch nicht so oft geschliffen werden müssen. Sie sind fest in die Schlitz des Bohrkopfes eingesetzt und gegen Verschiebung durch halbrunde Federn oder Stifte an der Rückseite gesichert. Eine Schraube verhindert ihr Herausfallen beim Zurückziehen aus dem Bohrloch.

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 und an der Schneide schmäler zur Unterteilung des Spanes. An der Stirnseite des Bohrkopfes sind die Messer so eingestellt, daß sie nicht zugleich anschneiden, sondern der Reihe nach. Der Höhenunterschied kann 0,1...0,2 mm betragen, beim ersten Zahn auch etwas mehr.

¹ KLEIN: Maschinen zum Herstellen langer Bohrungen. Masch.-Bau/Betrieb 1935 S. 539.

² Hohlbohrer und Messerköpfe von Valentin Litz. Werkst.-Techn. 1921 Heft 7; Masch.-Bau 1930 S. 783. — KLEIN: Werkzeuge zum Herstellen langer Bohrungen. Masch.-Bau/Betrieb 1935 S. 603; LOEWE-Notizen 1938 Heft 7/12.

Geeignete Schnittgeschwindigkeit und Vorschübe sind in Tabelle 13 angegeben.

Tabelle 13.

Schnittgeschwindigkeiten und Vorschübe für Hohlbohrer nach Abb. 116 und 117.

Bohrer \varnothing mm	Vorschübe [mm/U] für Stahl 50 ... 70 kg/mm ²	Schnittgeschwindigkeiten [m/min] für Bohrer aus	
		Schnellstahl	Hochleistungs- schnellstahl
60 ... 100	0,05 ... 0,1	16 ... 20	20 ... 25
100 ... 200	0,2 ... 0,4	16 ... 20	20 ... 25
200 ... 400	0,2 ... 0,4	16 ... 18	18 ... 20
400 ... 600	0,2 ... 0,4	16 ... 18	18 ... 20

Die Schneidwinkel sind möglichst stumpf auszubilden, damit die Späne in bröcklicher Form, nicht aber als fortlaufende Drehspäne abfallen. Lange Späne setzen sich zwischen Hohlbohrer und Werkstück fest und erschweren das Bohren.

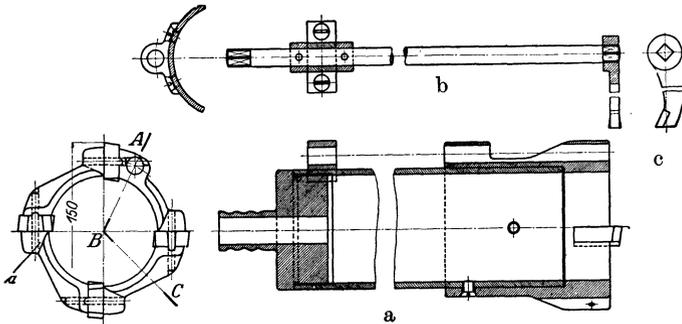


Abb. 118. Hohlbohrer mit Einstechvorrichtung.

a Aufnahmezylinder; b Führungsstange; c Abstechmesser. Schnitt A—B—C.

Bei kleineren Bohrungen ist es möglich, durch Eintreiben von Keilen zwischen Werkstückmantel und Kern den Kern an dem gefährlichen Querschnitt, also in der Nähe des Bodens der Bohrung, an der gewollten Stelle abzubauen. Dieses Verfahren verlangt allerdings eine gewisse Sprödigkeit des Werkstoffes. Bei größeren Bohrungen und bei zähen Werkstoffen ist es notwendig, den stehengebliebenen Bohrkern im Grunde einzustechen.

Dazu dienen besondere Vorrichtungen. Die Abstechvorrichtung Abb. 118 besteht aus einer im Bohrkopf und in Schellen 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.

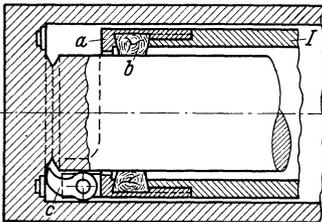


Abb. 119. Einstechwerkzeug.

a Aufnahmezylinder; b Führungsbacken; c Einstechstahl.

In Abb. 119 ist ein Einstechwerkzeug mit säbelartigem Einstechstahl im Hohlrohr dargestellt. An Stelle des Hohlbohrers wird ein Rohr *I* mit einem Aufnahmezylinder *a* und Führungsbacken *b* in das Bohrloch eingeführt, in dem ein säbelartig geformter Einstechstab *c* um einen Bolzen drehbar angebracht ist. Der Einstechstahl wird beim

Einführen des Einstechwerkzeuges in die gestreckte Lage gebracht und bis an den Boden vorgeschoben. Bei einsetzendem Vorschub dreht sich der Stahl nach der Mitte zu und sticht eine spitze Nut von entsprechender Tiefe ein. Der Aufnahmezylinder *a* ist stufenförmig abgesetzt, um Platz für die Späne zu schaffen.

Der Kern wird an einer hydraulischen Presse abgebrochen (Abb. 120). Das Werkstück wird dabei in Prismen auf dem Tisch der Presse festgespannt. Das Druckstück d mit seiner kreisförmigen Ausrundung drückt auf den Kern und bricht ihn an der eingestochenen Ringnute ab.

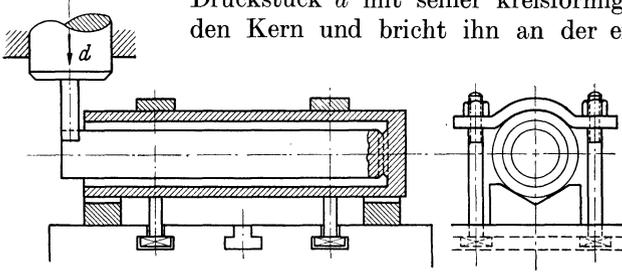


Abb. 120. Abbrechen des Kernes. d Druckstück.

Diese Verfahren sind selbstverständlich mühsam und zeitraubend. Der Grund liegt darin, daß der schmale Ringraum zwischen Kern und Wand, besonders wenn er lang ist, ein handlicheres Werkzeug nicht zuläßt.

59. Fertigbohrer. Zum sauberen Fertigbohren, namentlich von Geschützrohren, genügen die bisher beschriebenen Bohrer nicht. Einen Fertigbohrkopf für größere Durchmesser zeigt Abb. 121¹. Er hat zwei Messer, von denen das eine aufbohrt, während das andere die Bohrwand glättet. Vier Hartholzbacken geben dem Bohrer die Führung. Durch die vorn eingeschraubte Kappe wird den Messern die Kühlflüssigkeit zuge-

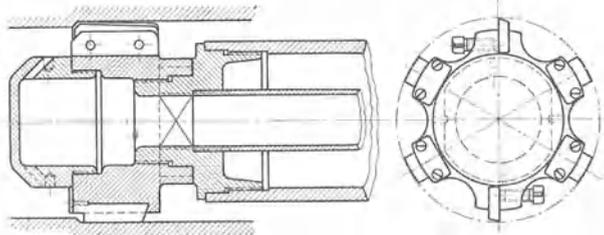


Abb. 121. Fertigbohrer.

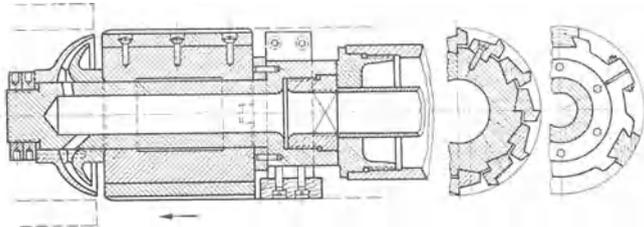


Abb. 122. Reibahle von 200 mm Durchmesser.

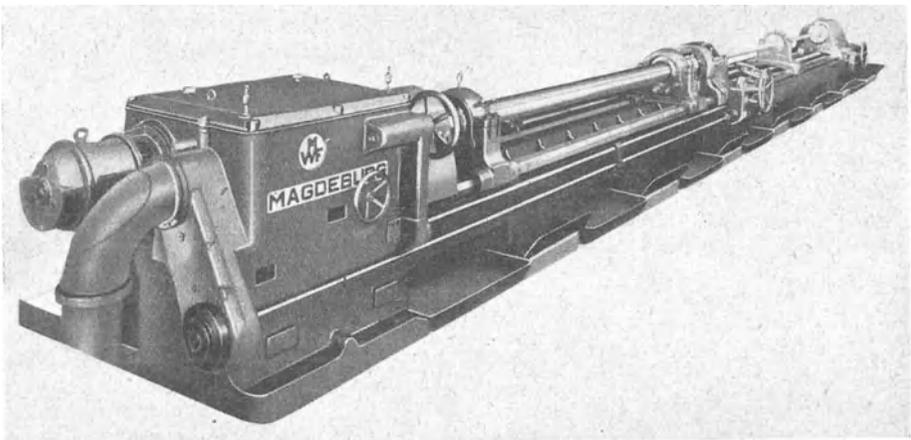


Abb. 123. Tieflochbohrmaschine für große Bohrungen bis 220 mm \varnothing . (Magdeburger Werkzeugmaschinenfabrik.)

¹ KLEIN: Masch.-Bau/Betrieb 1935 S. 605.

führt. Damit sich die Hartholzbacken nicht verziehen, empfiehlt es sich, die Bohrköpfe vor und nach dem Gebrauch in Öl zu stellen, dann können die Holzführungen nicht austrocknen.

Zum Nachreiben wird eine Reibahle nach Abb. 122 verwendet. Sie kann durch Aufschrauben eines Aufsteckhalters im Rohrschaft verwendet werden. Auf dem hinteren Teil des Halters ist ein Führungsring mit drei Hartholzbacken aufgeklemmt. Vorn befindet sich eine zweiteilige glockenförmige Kappe, durch die ein ringförmiger Flüssigkeitsstrahl den Messern zugeführt wird. Abb. 123 zeigt das Ausbohren von Rohren auf einer großen Tieflochbohrmaschine.

VI. Bohrstangen und Bohrköpfe.

60. Allgemeines. Die Bohrstange 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 Waagrecht- und Senkrechtbohrmaschinen benutzt.

Die Bohrstangen können freitragend oder geführt sein. Unter freitragenden Bohrstangen versteht man diejenigen, die im Schaft eingespannt und vorn am Stahl nicht unterstützt sind. Sie müssen besonders kräftig und so bemessen sein, daß sie der jeweiligen Bohrung entsprechen. Sie werden für durchgehende und Sacklöcher auf Drehbänken, Revolverdrehbänken, Waagrecht- und Senkrechtbohrmaschinen verwendet.

Geführte Bohrstangen sind an beiden Seiten gelagert, 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.

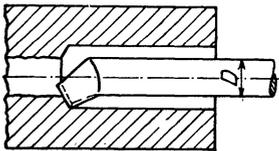


Abb. 124. Bohrstahl im Schnitt.

61. Der Bohrstahl (Abb. 124) wird nur zum Aufbohren kleiner Bohrungen von 4...20 mm verwendet, wenn passende Werkzeuge, Bohrer usw. nicht vorhanden sind, und besonders, um verlaufene, mit

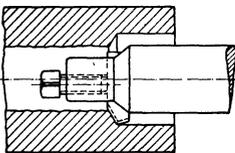


Abb. 125. Bohrstange im Schnitt.

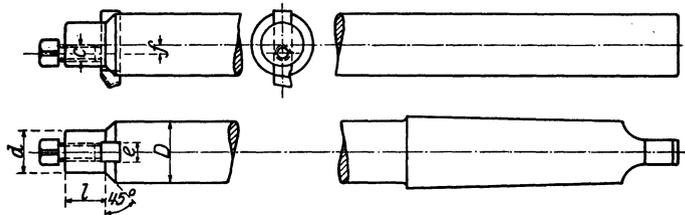


Abb. 126. Bohrstange für durchgehende Löcher.

Zu Abb. 126.

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

dem Bohrer gebohrte Löcher gerade und fluchtend nachzubohren.

62. Freitragende Bohrstangen bestehen

aus einem Schaft aus Maschinenstahl, in den kleine vierkantige oder runde Bohr-
stähle eingesetzt und durch Druckschrauben festgehalten werden.

In Abb. 125...129 sind freitragende Bohrstanzen für durchgehende und Endlöcher dargestellt. Für durchgehende Löcher eignet sich zum Schrappen die Bohrstanze Abb. 126 besonders gut, da der Spandruck den Stahl nicht so leicht verschieben kann. Der Zapfen für die Druckschraube muß schwächer sein als der Schaft, um die Bohrstanze in vorgegossene Löcher leicht einführen zu können. Zum Verstellen des Stahles ist es vorteilhaft, eine Stellschraube anzubringen (s. Abb. 128 u. 129).

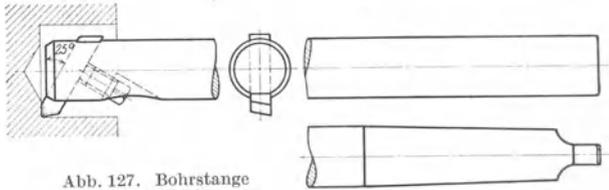


Abb. 127. Bohrstanze für Grundlöcher.

Bei Bohrstanzen für Endlöcher muß der Stahl schräg liegen, um bis auf den Grund bohren zu können. Abb. 127 zeigt Ausführungen mit zylindrischem und kegeligem Schaft. Die Durchmesser sind dieselben wie in Abb. 126.

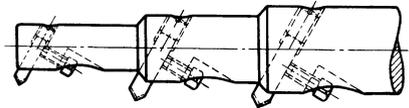


Abb. 128. Bohrstanze für drei hintereinander liegende Löcher verschiedener Größe.

Abgesetzte Bohrungen werden mit Bohrstanzen nach Abb. 128 gebohrt. Sie werden verwendet zum Vor- und Nachbohren von Messing, Rotguß und Aluminium, außerdem zum Nachbohren bei Gußeisen und Stahl.

Zu Abb. 129.

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

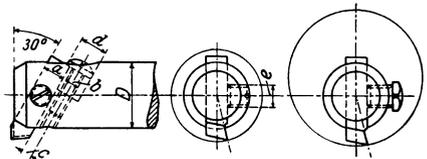


Abb. 129. Bohrstuhlverstellung.

Abb. 127 zeigt eine Bohrstanze für Endlöcher mit Feineinstellung des Stahles.

Für kleine Durchmesser bis zu 26 mm werden zum Festspannen des Stahles Gewindestifte verwendet, für größere Durchmesser über 30 mm Innensechskantschrauben oder besser Vierkantschrauben mit flachem Kopf. Abb. 130 zeigt die Anwendung der Bohrstanze Abb. 129.

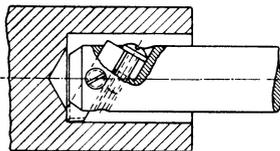


Abb. 130. Bohrstanze im Schnitt.

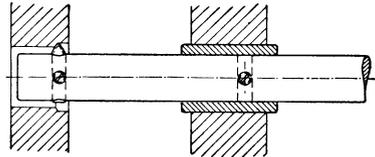


Abb. 131. Geführte Bohrstanze in Anwendung.

63. Geführte Bohrstanzen werden hauptsächlich in der Senkrecht- und Waagrechtbohrerei verwendet bei Werkstücken, bei denen mehrere Bohrungen hintereinander liegen und fluchten müssen.

Sehr häufig wird die Führungsbohrstanze auch bei größeren Bohrvorrichtungen gebraucht. Bei kleinen Werkstücken, die auf Waagrechtbohrwerken gebohrt werden und bei denen hintereinander liegende Bohrungen (Abb. 131) zu bohren sind, wird das erste Loch gebohrt und gerieben, dann wird in dieses Loch eine Führungsbüchse eingesetzt, in der sich die Bohrstanze führt; dann wird die zweite Bohrung nachgebohrt, damit sie zu der vorher gebohrten Bohrung fluchtet.

Bei größeren Bohrvorrichtungen wird die Führungsbohrstanze ebenfalls verwendet. Hier wird ein erstes Loch gebohrt, in das eine Führungsbüchse eingesetzt wird. Die Führungsbohrstanze führt durch dieses Loch und bohrt die zweite Bohrung nach, die dann mit der ersten Bohrung fluchtet.

Die Führungsbohrstangen werden bis zu 1 m Länge im Einsatz gehärtet, damit sie eine harte Oberfläche bekommen und nicht so leicht festfressen. Längere Stangen werden nur am äußeren Ende gehärtet.

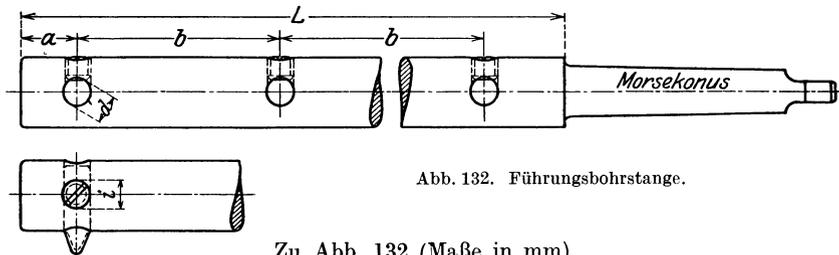


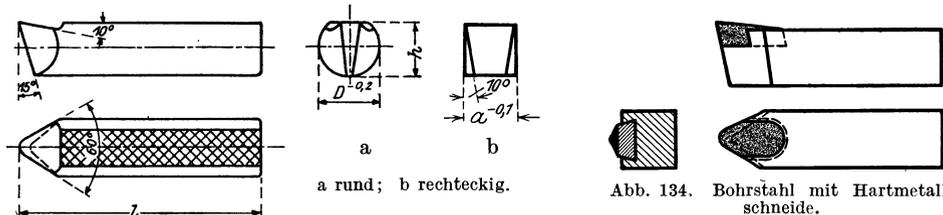
Abb. 132. Führungsbohrstange.

Zu Abb. 132 (Maße in mm).

Bohrstangen \varnothing	L								a	b	d	i	Morsekegel
	100	125	150	175	250	350	500	650					
12									15	60	4	4	2
14									15	60	4	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	12	10	3
36									20	75	14	10	4
40									20	80	14	10	4
45									20	80	14	12	5
50									20	80	16	12	5

Führungsbohrstangen nach Abb. 132 mit mehreren Löchern für Bohrstähe eignen sich für allgemeine Zwecke; von 30 mm \varnothing ab erhalten die Stähle zweckmäßig Feineinstellung.

64. Einsteckstähe für Bohrstangen. Die Stähle können rund oder viereckig sein (Abb. 133 a u. b), beide Ausführungen sind gebräuchlich. Für Bohrstangen,



a rund; b rechteckig.

Abb. 134. Bohrstahl mit Hartmetallschneide.

Abb. 133. Einsteckstähe für Bohrstangen.

Zu Abb. 133 u. 134 (Maße in mm).

die in der Dreherei und Revolverdreherei verwendet werden, empfiehlt es sich, viereckige Stähle zu verwenden, da die abgenutzten Einsteckstähe von Drehstahlhaltern dann für Bohrstangen weiter benutzt werden können. Die Herstellung runder Löcher für die Bohrstähe ist

Stahl D \varnothing — $\alpha \square$	l				h	Für Bohrstangen \varnothing
	12	14	18	—		
4	12	14	18	—	3,5	10...14
6	18	22	26	30	5,5	15...19
8	26	30	35	40	7	20...23
10	30	35	40	45	8,5	24...28
12	35	45	55	—	10,5	30...35
14	45	55	65	75	12,5	36...45
16	60	65	75	—	14	46...60
20	60	75	95	—	17,5	62...80
25	90	120	135	—	21	82...100

einfacher, besonders bei großen Bohrstangen. Runde Bohrstähe finden deshalb auch in der Waagrechtbohrerei Verwendung.

Will man aber höhere Leistungen erzielen, dann sind viereckige Bohrstähe vorzuziehen, da ihr Widerstandsmoment bedeutend größer ist als das der runden vom gleichen Durchmesser (s. Tabelle 14).

Die Abb. 134 zeigt einen Einsteckstahl mit Hartmetallauf­lage. Es empfiehlt sich, Plättchen für Stähle erst von 10 mm \varnothing an aufzulegen, da die Plättchen für Stähle unter 10 mm \varnothing zu klein werden und sehr leicht abspringen. Für Stähle unter 10 mm \varnothing verwendet man am besten volles Hartmetall.

Es ist vorteilhaft, die Bohr­stähle an der Druckschraubenseite zu riefen, damit sie sich nicht so leicht verschieben, besonders wenn Gewindestifte als Druckschrauben benutzt werden.

In der Zah­lentafel zu Abb. 133 und 134 sind Abmessungen der Bohr­stähle ange­geben. Die Durch­messer sind so gewählt, daß die Einsteck­stähle zum Anschneiden von Naben, die weiter aus der Bohr­stange hervor­stehen und deshalb auch stärker sein müssen, gut verwendet werden können (s. Heft 16: Senken).

Abb. 135 zeigt die Anordnung der Druckschrauben. Für Führungsbohr­stan­gen verwendet man gewöhnlich Gewindestifte (I) oder Schrauben mit Innensechskant, 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 Vierkantschrauben mit flachem Kopf verwendet, mit denen der Stahl fester angezogen werden kann. Bei stärkeren

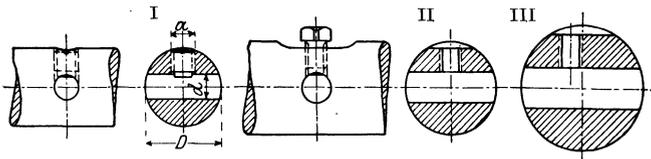


Abb. 135. Bohr­stahl­befestigungen.

Zu Abb. 135 (Maße in mm).

D	d	a	D	d	a
10...14	4	4	30...35	12	10
15...19	6	6	36...45	14	10
20	8	6	46...60	16	12
22...23	8	8	62...80	20	14
24...28	10	8	82...100	25	16

Stangen wird noch eine Abflachung an die Bohr­stange ange­fräst (II und III), damit die Schraube nicht zu weit vor­steht. In der Tabelle zu Abb. 135 sind die Durch­messer der Druckschrauben ange­geben.

Für geführte Bohr­stan­gen von 30 mm \varnothing an ist eine Stahl­feineinstellung nach Abb. 136 sehr zu empfehlen. Sie schützt den Stahl auch vor dem Zurückschieben beim Arbeiten.

Alle diese Bohr­stan­gen arbeiten mit einem Stahl, daher einseitig. Beim Schruppen wird die Bohr­stange mehr oder

Zu Abb. 136 (Maße in mm).

D	d	a	b	l	h	e	i
30...35	12	6	12,5	25	3	10,5	7
36...40	14	6	12,5	25	3	11,5	7
41...45	14	8	15	30	4	12,5	8
46...54	16	8	15	30	4	13,5	8
55...60	16	10	18	35	5	15,5	10
62...70	20	10	18	35	5	16,5	12
71...80	20	12	23	40	6	18,5	14
82...100	25	12	23	40	6	20	16

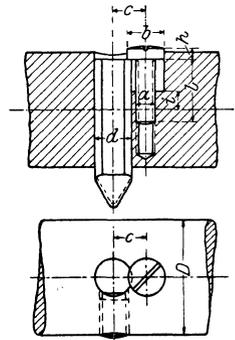


Abb. 136. Bohr­stahl­verstellung.

weniger durch den Schnitt­druck abgedrückt, falls sie nicht kräftig genug ist. Um dies zu vermeiden, werden auch doppel­seitig schneidende Bohr­messer verwendet

(Abb. 137 und 138). Da sich diese Messer im Durchmesser sehr leicht abnutzen und nicht verstellen lassen, ist es vorteilhaft, Schrapp- und Schlichtmesser zu verwenden. Durchmesser und Anschnitt müssen gleichmäßig geschliffen sein,

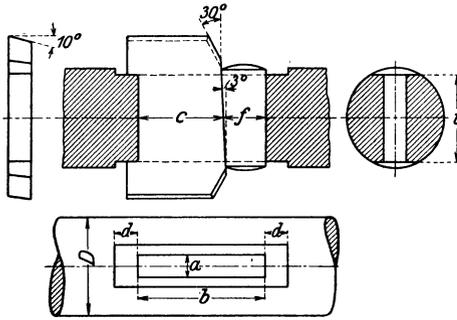


Abb. 137. Bohrstange mit zweischneidigem Messer.

Zu Abb. 137 (Maße in mm).

D	a	b	d	c	f	i
12...14	4	30	6	20	10	11
14...16	5	32	7	22	10	12
16...20	5	35	7	25	10	15
20...25	6	40	9	28	12	19
25...30	7	46	9	32	14	23
31...38	8	52	10	36	16	31
39...46	10	62	11	42	20	38
48...54	12	62	12	42	20	44
55...65	14	72	12	50	22	50
70...80	16	84	14	58	26	65
85...100	18	84	14	58	26	80

sonst schneiden sie einseitig. Die Messer müssen leicht auswechselbar sein. Es ist deshalb wichtig, daß Maße *c* und *f* 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 allgemeine Zwecke sehr umständlich und zeitraubend wäre. Auch das Maß *i* muß bei Messer und Stange überall gleich sein, damit beim Auswechseln von Schrapp-

und Schlichtmesser dieses nicht einseitig sitzt und die Bohrung zu groß schneidet.

Mit diesen Bohrstangen können unter Verwendung von Messern mit geraden Schnittflächen (s. Heft 16: Senken) auch die Naben angeschnitten werden. Dies ist jedoch auch mit der Bohrstange mit runden oder Vierkantstählen möglich, und zwar durch Verwendung besonderer Stähle.

Die Herstellung der Bohrmesser nach Abb. 137 und der dazu passenden Stangen ist bedeutend schwieriger und teurer als der einfacher Einsteckstähle, außerdem ist der Verbrauch von Schnellstahl bei größeren Messern bedeutend.

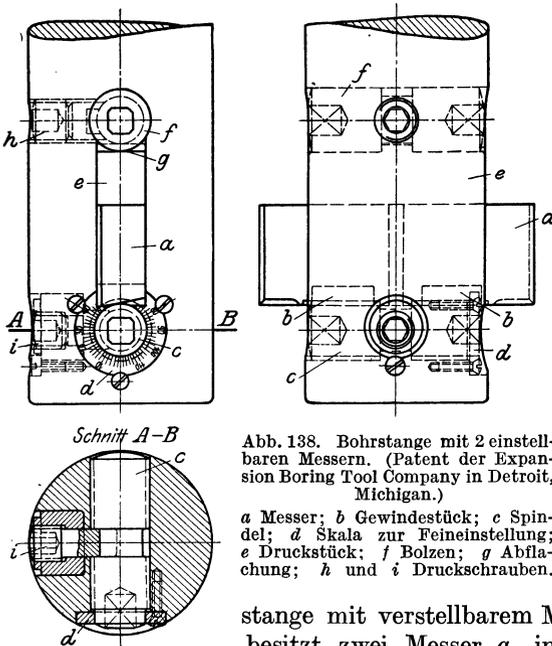


Abb. 138. Bohrstange mit 2 einstellbaren Messern. (Patent der Expansion Boring Tool Company in Detroit, Michigan.)

a Messer; *b* Gewindestück; *c* Spindel; *d* Skala zur Feineinstellung; *e* Druckstück; *f* Bolzen; *g* Abflachung; *h* und *i* Druckschrauben.

In Abb. 138 ist eine Bohrstange mit verstellbarem Messer dargestellt. Die Bohrstange besitzt zwei Messer *a*, in die je ein Gewindestück *b* eingesetzt ist. Mit Hilfe der Spindel *c* werden die Messer verstellt. Eine Skala *d* dient zur Feineinstellung. Auf dem Rücken der Messer befindet sich ein Druckstück *e*, das durch einen Bolzen *f*, der an der Stelle *g* abgeflacht ist, angepreßt wird. Damit sich beim Bohren die 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.

Eine Bohrstange mit verstellbarem Bohr Stahl zeigt die Abb. 139. Die Einstellspindel ist mit einem Skalenring verbunden, dessen Maßskala die Ableseung von $\frac{1}{100}$ mm gestattet.

Bohrstangen zum Feinstbohren mit genau einstellbarem Bohr Stahl zeigen die Abb. 140 und 141. Die Bohrstange Abb. 140 wird zwischen Spitzen geführt, während die Abb. 141 eine freitragende Bohrstange darstellt. Sie eignen sich vorteilhaft zum Feinstbohren bei einem Vorbohrmaß von $-0,1$ bis $-0,5$ mm und ermöglichen zwischen Spitzen auf Spezialbohrwerken und Drehbänken bzw. fliegend auf Lehrenbohr- und Fräsmaschinen

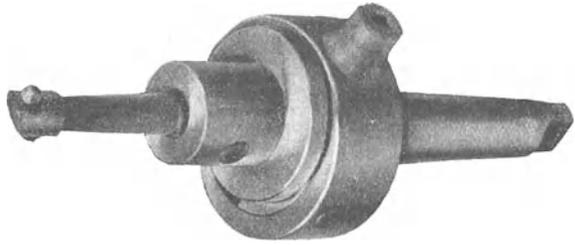


Abb. 139. Verstellbare Bohrstange. (Hahn & Kolb, Stuttgart.)

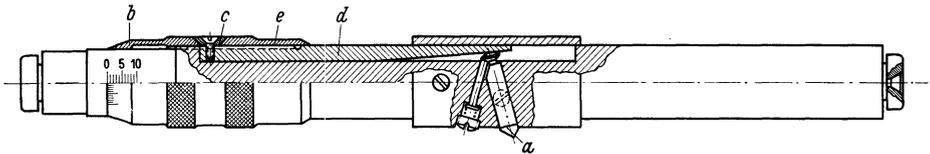


Abb. 140. Feinstbohrstange mit einstellbarem Bohr Stahl. (Bauart Professor KARPINSKI, Hersteller Hahn & Kolb, Stuttgart.)

a Bohr Stahl; *b* Feinmeßschraube; *c* Mitnehmerring; *d* Keil; *e* Gegenmutter.

die Herstellung genauer Bohrungen mit einer Toleranz von wenigen tausendstel Millimetern.

Der Bohr Stahl wird mittels Feinmeßschraube ver stellt, deren leicht ablesbare Teilstriche $\frac{1}{1000}$ mm bei Abb. 140 und $\frac{5}{1000}$ mm bei Abb. 141 im Durchmesser ergeben.

Die Verstellung des Bohr Stahles *a* Abb. 140 erfolgt durch die Feinmeßschraube *b*, die den Mit-

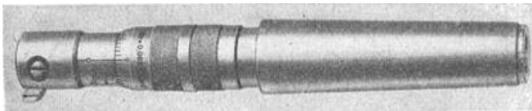


Abb. 141. Freitragende Feinstbohrstange nach Abb. 140.

nehmerring *c*, der mit dem Keil *d* verschraubt ist, axial verschiebt, wodurch die Bohrung vergrößert bzw. verkleinert wird.

Der Gegendruck auf den Bohr Stahl erfolgt durch einen Federbolzen. Mit der Gegenmutter *e* wird die Feinmeßschraube festgestellt.

Als Sonderausführung von Bohr Stählen sei die „Spreizfassung“ erwähnt, die zur Befestigung von Werkzeugeinsätzen mit Diamant- oder Hartmetallschneide in Bohr Stangen dient, Abb. 142 für Durchgangslöcher und Abb. 143 für Sacklöcher in der Bohrstange bestimmt. Beide Fassungen werden erst festgeklemmt und dann fein eingestellt; zu diesem Zweck ist die durchgehende Bohrung in der Bohrstange am freien Ende mit einem Feingewinde versehen, oder man verwendet einen Sonderbügel mit Schraube, wäh-

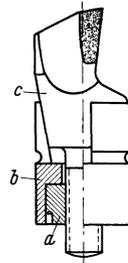


Abb. 142. Sonderbohrstähle mit Spreizfassung. (Ernst Winter & Sohn, Hamburg.)

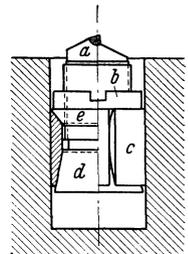


Abb. 143. Spreizfassung für durchgehende Bohrungen.

a Rundmutter; *b* mehrfach geschlitzte Hülse; *c* Kegel des Werkzeugeinsatzes. Abb. 143. Spreizfassung für Sacklöcher. *a* Werkzeugeinsatz; *b* Sonderschlitzmutter; *c* Schlitzhülse; *d* Kegel des Werkzeugträgers; *e* kegeliges Ende der Mutter.

rend die Spreizfassung nach Abb. 143 nach dem Festspannen noch mittels einer Doppelgewindehülse feinverstellt werden kann.

65. Sonderbohrstangen. Für verschiedene Zwecke, z. B. für das Ausbohren von Ölkammern oder für Kegelbohren, sind Sonderbohrstangen erforderlich.

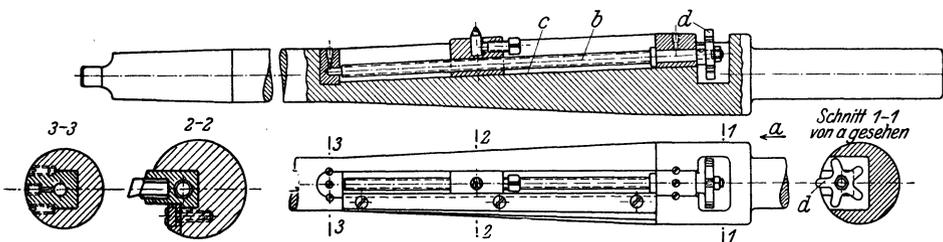


Abb. 144. Bohrstanze für kegelige Löcher.

b Vorschubspindel; *c* Führungsbahn; *d* Schaltstern.

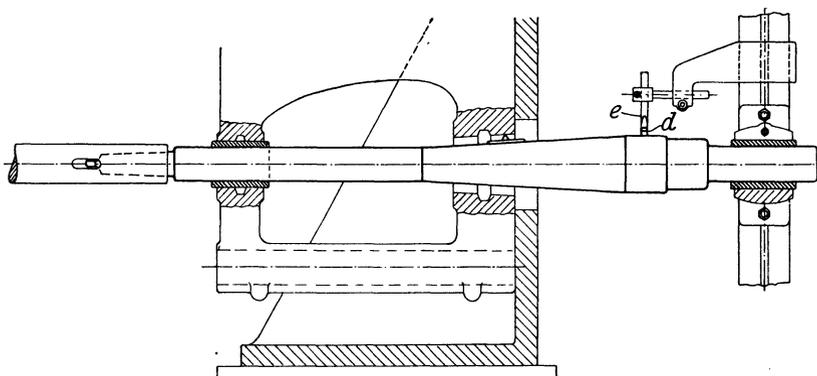


Abb. 145. Bohren kegelliger Löcher.

d Schaltstern; *e* Anschlag.

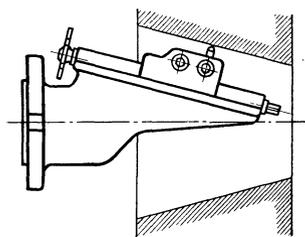


Abb. 146. Bohren kegelliger Löcher.

In Abb. 144 ist eine Bohrstanze zum Bohren kegelliger Löcher, in Abb. 145 ihre Anwendung dargestellt. Durch einen Schaltstern *d*, der an einen Anschlag *e* (Abb. 145) bei jeder Umdrehung der Bohrstanze anschlägt, wird der Bohrstahl um einen Bruchteil der Steigung der Vorschubspindel *b* Abb. 144 — 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.

Abb. 146 zeigt einen freitragenden Bohrapparat für kegelige Bohrungen, der unmittelbar an den Kopf der Bohrspindel bei Waagrechtbohrwerken angeschraubt wird.

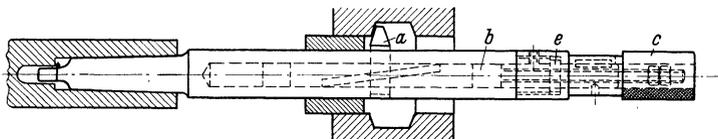


Abb. 147. Bohrstanze zum Ausbohren von Ölkammern.

a Schneidstahl; *b* Vorschubstange; *c* Griff; *e* Mutter.

Zum Ausbohren von Ölkammern dient die Bohrstanze Abb. 147. Der Stahl *a* wird durch Verschieben der Vorschubstange *b* vor- bzw. zurückbewegt. Die Ver-

schiebung geschieht beim Umlaufen der Bohrstange durch Festhalten des Griffes *c*, der auf einer drehbaren Mutter *e* befestigt ist, in der sich die Gewindespindel der Vorschubstange befindet. Die Vor- bzw. Rückwärtsbewegung des Stahles ist von der Drehrichtung der Bohrstange abhängig.

66. Befestigung der Bohrstange in der Arbeitsspindel. Durch die Erschütterung beim Ausbohren großer Bohrungen kommt es häufig vor, daß sich die Bohrstange in der Arbeitsspindel löst oder beim Rückwärtsschneiden aus der Arbeitsspindel herauszieht. Um dies zu vermeiden, wird der Kegel der Bohrstange durch einen Querkeil (Abb. 148) befestigt.

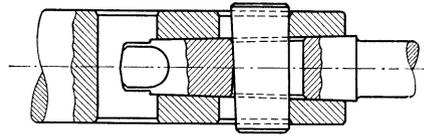


Abb. 148. Querkeilbefestigung.

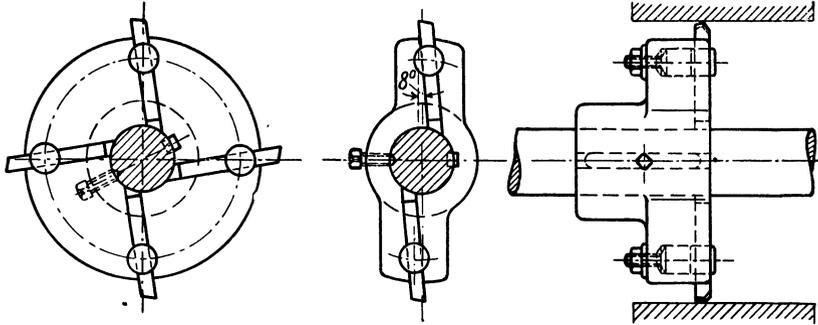


Abb. 149. Bohrköpfe mit 2 und 4 Stählen.

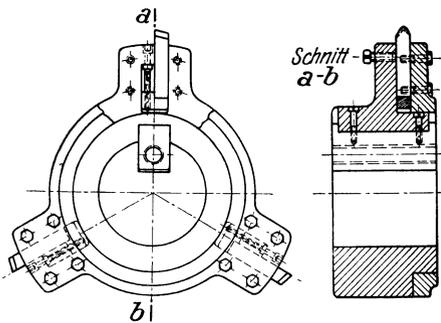


Abb. 150. Verschiebbarer Bohrkopf mit Feineinstellung der Stähle.

Die Querkeilbefestigungen sind vom DNA festgelegt (s. DIN 1806 und 1807).

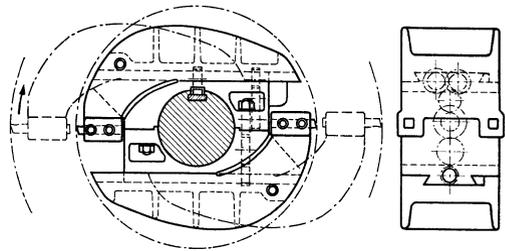


Abb. 151. Universalbohrkopf.

67. Bohrköpfe. Zum Ausbohren großer Bohrungen in Zylindern für Dampfmaschinen, Gasmaschinen und Dampfturbinen werden Bohrköpfe Abb. 149...152 verwendet. Mit dem Bohrkopf Abb. 151 können zylindrische und kegelige Bohrungen sowie das Einstechen von Nuten ausgeführt werden¹. Diese Arbeiten kommen hauptsächlich im Turbinenbau vor. Der Bohrkopf nach Abb. 152 ist besonders zur Herstellung genauester Bohrungen geeignet. Der Stahlhalter wird durch eine Feinstschraube, die tangential zur Bohrung angeordnet ist, verstellt. Ein Skalaring ermöglicht die Ablesung von $\frac{1}{100}$ mm. Die Bohr-



Abb. 152. Bohrkopf zum Feinstbohren. (Hahn & Kolb, Stuttgart.)

¹ Schieß-Defries-Nachr. 1927 Heft 2.

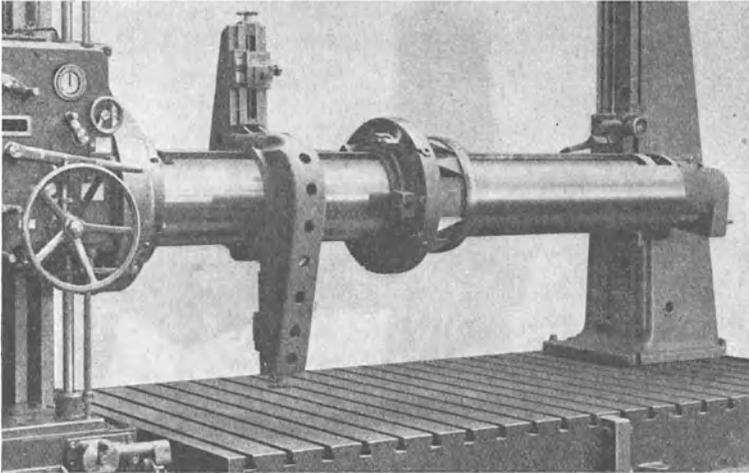


Abb. 153. Ausbohrstange mit verschiebbarem Bohrkopf. (Deutsche Niles-Werke, Berlin.)

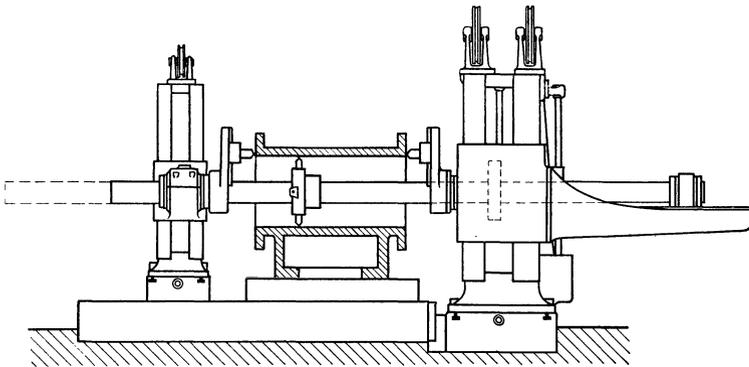


Abb. 154. Ausbohrmaschine mit verschiebbarer Bohrstange und in der Höhe einstellbarem Spindelkasten.

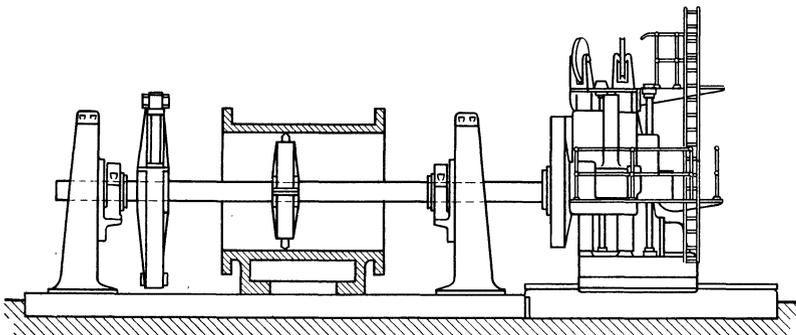


Abb. 155. Ausbohrmaschine mit in der Höhe einstellbarem Spindelkasten und verschiebbarem Ständer.

köpfe werden entweder mit der Bohrstange fest verbunden und die Stange verschiebt sich mit dem Bohrkopf oder die Bohrstange ist an den Spindelkasten der Maschine angeflanscht, und der Bohrkopf verschiebt sich auf der Bohrstange (Abb. 153).

Die Abb. 154 und 155 zeigen Bohrmaschinen mit verschiebbarer und in der Höhe verstellbarer Bohrstange. Für die Maschine nach Abb. 155 werden Bohrstangen von 200 bis 500 mm Durchmesser und Längen bis zu 14000 mm verwendet.

VII. Spannwerkzeuge.

68. Kegelhülsen. Bohrer und Bohrstangen, Reibahlen und Senker mit kegeligem Schaft werden im Kegel der Bohrspindel festgehalten. Ist der Kegel des Werkzeuges kleiner als der der Bohrspindel, so verwendet man Zwischenhülsen (Abb. 156).



Abb. 156. Normale Kegelhülsen.

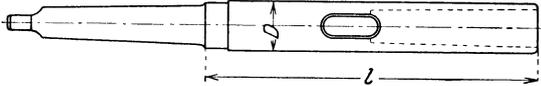


Abb. 157. Verlängerte Kegelhülsen.

Oft werden mehrere dieser Hülsen ineinander gesteckt, um einen Ausgleich oder eine Verlängerung

herzustellen. Es empfiehlt sich jedoch 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 Abb. 157 verwendet. In der Tabelle ist eine Zusammenstellung gebräuchlicher Verlängerungen wiedergegeben.

Zu Abb. 157 (Maße in mm).

D	l								Morsekegel	
									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

Für gewundene Bohrer aus Flachstahl dienen Kegelhülsen nach Abb. 158.

69. Klemmbohrfutter. Zum Festhalten von Bohrern, Reibahlen und Senkern mit zylindrischem Schaft bis zu einer gewissen Größe benutzt man Bohrfutter verschiedener

Art. Abb. 159 zeigt ein einfaches Spannfutter für nur einen bestimmten

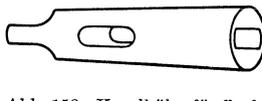


Abb. 158. Kegelhülse für flachgewundene Bohrer.



Abb. 159. Genau laufendes Spannfutter. a Ring; b Mutter; c geschlitzte Spannbüchse.

Bohrerdurchmesser. Es wird da verwendet, wo der Bohrer ganz genau laufen muß. Deshalb wird die Bohrung nach Fertigstellung des Aufnahmekegels auf der Drehbank genau laufend eingbohrt 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 der geschlitzte Teil *c* ein wenig zusammenfedert. Genau laufende Futter sind auch die Rollkup-Spannfutter von der Firma Stieber, München.

70. Selbstzentrierende Backenfutter. Es sind Futter mit zwei Backen, die gezahnt sind und ineinander greifen (Abb. 160, die hinteren Backen dienen zur zwangsläufigen Mitnahme des Bohrers an zwei angefrästen

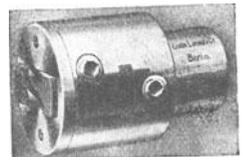


Abb. 160. Selbstzentrierendes Zweibackenfutter mit zwangsläufigen Mitnehmerbacken (die hinteren Backen fassen den Mitnehmer).

Flächen) oder mit drei Backen, die eine schneidenartige Spannfläche haben (Abb. 161 und 162). Die Backen spannen zentrisch. Dazu ist in Abb. 161 ein Schlüssel nötig, während es in Abb. 162 genügt, mit der Hand die außen gekordelte Hülse zu drehen.

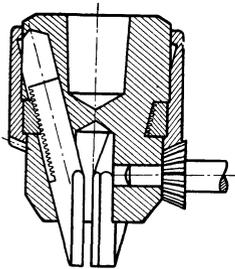


Abb. 161. Selbstzentrierendes Dreibackenfutter mit Spanschlüssel.

71. Selbstspannende Klemmbohrfutter. Die Konstruktion des Futteres Abb. 163 ist insofern eigenartig, als zwischen der äußeren Hülse und den drei Backen eine zwangschlüssige Verbindung durch Zahnsegmentgetriebe besteht.

Der bequeme Bohrerwechsel während des Ganges der Maschine und ohne Zuhilfenahme irgendeines Schlüssels, die sichere Mitnahme des Bohrers, der sich selbsttätig um so fester spannt, je stärker er arbeitet, sind besondere

Vorzüge dieses Futteres, 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.



Abb. 163. Selbstspannendes Bohrfutter. (Josef Albrecht, Esslingen.)

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

72. Bohrfutter mit auswechselbaren Spannpatronen. Diese Futter (Abb. 164)

werden hauptsächlich auf Revolverdrehbänken für genau laufende Arbeiten verwendet. Der zylindrische Schaft des Werkzeuges wird im Futterkörper *a* durch eine kegelige geschlitzte Spannbuchse *c* zentriert und durch

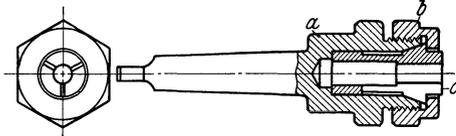


Abb. 164. Patronenfutter.
a Futterkörper; *b* Überwurfmutter; *c* Spannbuchse.

Überwurfmutter *b* festgespannt.

Für jeden Durchmesser ist eine besondere Spannbuchse nötig,

weshalb diese Futter meist nur in der Massenfertigung verwendet werden. Sie haben kegelförmigen oder zylindrischen Schaft.

Schnellwechselfutter. Das Schnellwechselfutter Abb. 165 besteht aus dem Futterkörper *a*, der drehbaren Buchse *b*, mit dem fest aufgefressen, gekordelten Ring *c* und den Hülzen *d* zur Aufnahme der Werkzeuge. Die Hülzen sind außen zylindrisch, und zwar paßt der Durchmesser unterhalb des Mitnehmers *e* genau

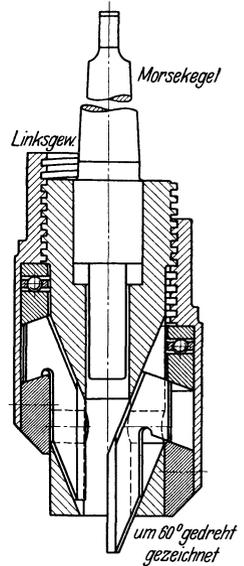


Abb. 162. Selbstzentrierendes Dreibackenfutter ohne Spanschlüssel.

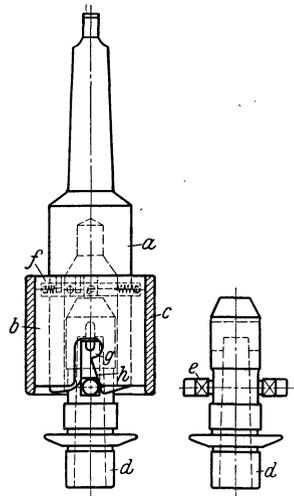


Abb. 165. Amerikanisches Schnellwechselfutter.

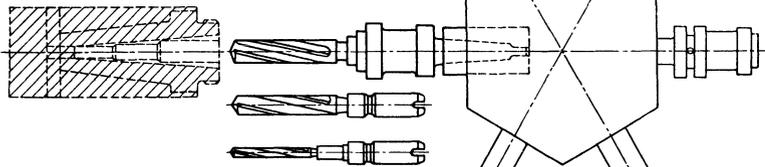
a Futterkörper; *b* drehbare Buchse; *c* gekordelter Ring; *d* Hülse; *e* Mitnehmer; *f* Federn; *g* Ausfräsung; *h* geneigte Fläche.

in die Bohrung des Futterkörpers, während er oberhalb etwas kleiner ist, so daß die Hülse leicht in die Bohrung einzuführen ist. Hält man während des Laufens die Buchse *b* mit aufgepreßtem Ring *c* fest, so kommt ihr Schlitz über den des Futterkörpers, und man kann die Hülse mit dem Mitnehmer leicht einführen. Läßt man dann den Ring mit Buchse los, so springt die Buchse durch die Federn *f* zurück und drückt die Hülse durch die Schrägen *g* mit dem kegeligen Ende in die kegelige Bohrung. Da außerdem der untere Zylinder der Hülse sich in der Bohrung ohne Spiel führt, so läuft die Hülse genau mit dem Futter. Die geneigten Flächen bei *h* gestatten, die Hülse auch ohne Zurückdrehen der Buchse einzuführen.

Wird durch Zurückdrehen der Buchse die Hülse freigegeben, so läßt man sie auf Daumen und Zeigefinger der rechten Hand fallen (Abb. 166).

Diese Futter werden recht verschiedenartig ausgeführt; ihr Vorteil liegt in dem schnellen Wechseln der Werkzeuge. Zu jedem Werkzeug muß aber eine besondere Einsatzhülse da sein, die während der Bearbeitung eines Gegenstandes auf dem Werkzeug bleibt. Die Futter werden hauptsächlich in der Senkrechtbohrerei verwendet für Gegenstände, die zu ihrer Bearbeitung viele Werkzeuge erfordern (Abb. 167). Sie können jedoch auch in der Waagrechtbohrerei und Revolverdreherei mit Vorteil verwendet werden. In der Revolverdreherei dann, wenn mehr Werkzeuge nötig sind, als in dem Revolverkopf untergebracht werden können (Abb. 168).

73. Sicherheitsbohrfutter. Der Bohrerspannapparat Abb. 169



verhindert bei richtiger Einstellung das Brechen der Bohrer. Er eignet sich für Bohrer und Gewindebohrer und hat für Werkzeuge mit zylindrischem Schaft ein besonderes Futter.

Bei zu großem Widerstand bzw. bei Hemmung hört die Mitnahme des Bohrers selbsttätig auf: er bleibt stehen, während die Spindel der Bohrmaschine leer weiterläuft. Der Apparat wird nach einer Skala, entsprechend dem jeweiligen

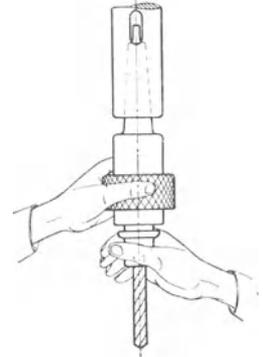


Abb. 166. Bedienung des Schnellwechselfutters.

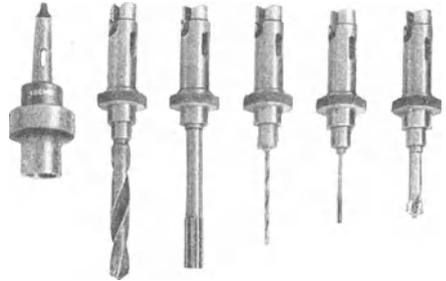


Abb. 167. Schnellwechselfutter mit Werkzeugen.

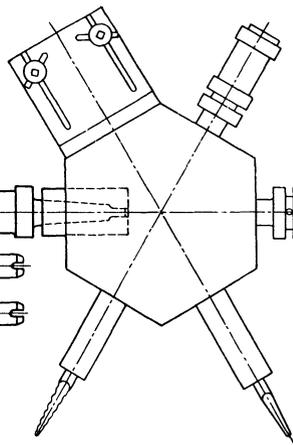


Abb. 168. Schnellwechselfutter im Revolverkopf.



Abb. 169. Sicherheitsbohrfutter.

Bohrerdurchmesser, eingestellt. Das konstruktive Prinzip des Apparates beruht auf einer durch konstanten Federdruck betätigten Knaggenkuppelung. 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.

74. Verstellbare Bohrstangenhalter für Revolverbänke. Bohrstähle auf einen bestimmten Lochdurchmesser genau einzustellen ist bei Bohrstangen, die im Revolverkopf einer Revolverdrehbank fest eingespannt sind, sehr schwierig und zeitraubend und wird meist ungenau. Abb. 170 zeigt einen verstellbaren Halter. Die vordere Aufnahme, in die die Bohrstange eingespannt ist, kann durch eine



Abb. 170. Verstellbarer Bohrstangenhalter für Revolverbänke.



Abb. 171. Einfacher Bohrstangenhalter für Revolverbänke.

Gewindespindel mit Skala genau eingestellt werden. Für kleine Bohrstähle von 5...12 mm dient ein besonderer Einsatz mit Unterlagen, so daß die Stähle stets genau in der Achse der Bohrung liegen.

An Stelle von Reduzierhülsen für verschiedene Durchmesser können auch Bohrstangenhalter nach Abb. 171 verwendet werden, die nicht so leicht verspannt werden wie Klemmhülsen.

75. Halter für Tieflochbohrer. Zum Festhalten der Bohrer mit zylindrischem Schaft bis zu 20 mm Durchmesser verwendet man Futter nach Abb. 172. Das

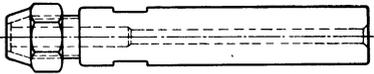


Abb. 172. Halter mit Spannmutter für Tieflochbohrer.

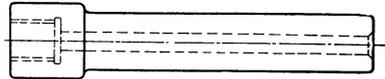


Abb. 173. Halter mit Gewinde für Tieflochbohrer.

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 Abb. 173. Der Schaft des Bohrers ist mit Gewinde versehen und wird in das Futter eingeschraubt.

Einteilung der bisher erschienenen Hefte nach Fachgebieten (Fortsetzung)

III. Spanlose Formung (Fortsetzung)

	Heft
Gesensschmiede I (Gestaltung und Verwendung der Werkzeuge). 2. Aufl. Von H. Kaessberg	31
Gesensschmiede II (Herstellung und Behandlung der Werkzeuge). Von H. Kaessberg	58
Das Pressen der Metalle (Nichteisenmetalle). Von A. Peter	41
Die Herstellung roher Schrauben I (Anstauchen der Köpfe). Von J. Berger	39
Stanztechnik I (Schnitttechnik). 2. Aufl. Von E. Krabbe	44
Stanztechnik II (Die Bauteile des Schnittes). 2. Aufl. Von E. Krabbe	57
Stanztechnik III (Grundsätze für den Aufbau von Schnittwerkzeugen). Von E. Krabbe	59
Stanztechnik IV (Formstanzen). Von W. Sellin	60
Die Ziehtechnik in der Blechbearbeitung. 3. Aufl. Von W. Sellin	25
Hydraulische Preßanlagen für die Kunstharzverarbeitung. Von H. Lindner	82

IV. Schweißen, Löten, Gießerei

Die neueren Schweißverfahren. 5. Aufl. Von P. Schimpke	13
Das Lichtbogenschweißen. 3. Aufl. Von E. Klosse	43
Praktische Regeln für den Elektroschweißer. Von Rud. Hesse	74
Widerstandsschweißen. Von Wolfgang Fahrenbach	73
Das Schweißen der Leichtmetalle. Von Theodor Ricken	85
Das Löten. 3. Aufl. Von W. Burstyn. (Im Druck)	28
Das ABC für den Modellbau. Von E. Kadlec	72
Modelltischlerei I (Allgemeines, einfachere Modelle). 2. Aufl. Von R. Löwer	14
Modelltischlerei II (Beispiele von Modellen und Schablonen zum Formen). 2. Aufl. Von R. Löwer	17
Modell- und Modellplattenherstellung für die Maschinenformerei. Von Fr. und Fe. Brobeck	37
Der Gießerei-Schachtel im Aufbau und Betrieb. 3. Aufl. von „Kupolofen-Betrieb“. Von Joh. Mehrtens	10
Handformerei. Von F. Naumann	70
Maschinenformerei. Von U. Lohse	66
Formsandaufbereitung und Gußputzerei. Von U. Lohse	68

V. Antriebe, Getriebe, Vorrichtungen

Der Elektromotor für die Werkzeugmaschine. Von O. Weidling	54
Hohe Drehzahlen durch Schnellfrequenz-Antrieb. Von Fritz Beinert und Hans Birett	84
Stufengetriebe an Werkzeugmaschinen mit kreisender Hauptbewegung. 2. Aufl. Von H. Rögnitz. (Im Druck)	55
Maschinelle Handwerkzeuge. Von H. Graf	79
Die Zahnformen der Zahnräder. 2. Aufl. Von H. Trier	47
Die Kraftübertragung durch Zahnräder. Von H. Trier	87
Einbau und Wartung der Wälzlager. Von W. Jürgensmeyer	29
Teilkopfarbeiten. 3. Aufl. Von W. Pockrandt. (Im Druck)	6
Spannen im Maschinenbau. Von F. Klautke	51
Der Vorrichtungsbau I (Einteilung, Einzelheiten und konstruktive Grundsätze). 4. Aufl. Von F. Klautke †	33
Der Vorrichtungsbau II (Typische Einzelvorrichtungen, Bearbeitungsbeispiele mit Reihen planmäßig konstruierter Vorrichtungen). 4. Aufl. Von F. Klautke †	35
Der Vorrichtungsbau III (Wirtschaftliche Herstellung und Ausnutzung der Vor- richtungen). 2. Aufl. Von F. Grünhagen	43

VI. Prüfen, Messen, Anreißen, Rechnen

Werkstoffprüfung (Metalle). 3. Aufl. Von P. Riebensahm. (Im Druck)	34
Metallographie. 2. Aufl. Von O. Mies	64
Technische Winkelmessungen. 2. Aufl. Von G. Berndt	18
Messen und Prüfen von Gewinden. Von K. Kress	65
Das Anreißen in Maschinenbau-Werkstätten. 3. Aufl. Von H. Mauri. (Im Druck)	3
Das Vorzeichnen im Kessel- und Apparatebau. Von A. Dorl	38
Technisches Rechnen I. 2. Aufl. Von V. Happach	52
Technisches Rechnen II. 2. Aufl. Von V. Happach. (Im Druck)	90
Der Dreher als Rechner. 3. Aufl. Von E. Busch	63
Feinstarbeit, Rechnen und Messen im Lehren-, Vorrichtungs- und Werkzeugbau. Von E. Busch und F. Kähler	86
Prüfen und Instandhalten von Werkzeugen und anderen Betriebsmitteln. 2. Aufl. Von P. Heinze. (Im Druck)	67