

Handbuch für
Maschinenarbeiter

Von

Siegfried Werth

Handbuch für Maschinenarbeiter

Von

Dr.-Ing. Siegfried Werth VDI

Mit 113 Abbildungen im Text



Berlin
Springer-Verlag
1942

ISBN-13: 978-3-642-94128-3 e-ISBN-13: 978-3-642-94528-1
DOI: 10.1007/978-3-642-94528-1

**Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung
in fremde Sprachen, vorbehalten
Copyright 1942 by Springer-Verlag OHG., Berlin
Softcover reprint of the hardcover 1st edition 1942**

Vorwort.

*Die Freude an der Arbeit
macht das Leben schön.*

Diese Anleitung soll allen Maschinenarbeitern ein handliches, übersichtliches und nützliches Lehrbuch sein. Man kann sich aus ihm für alle täglich auftretenden Arbeitsfragen leicht Antwort holen. So wird bei eifriger Durcharbeit auch ein Umschüler, der aus einem fremden Beruf kommt, sich in Kürze über die wesentlichsten Dinge in der Metalltechnik gut unterrichten. Aber auch der gelernte Facharbeiter wird vieles finden, was vielleicht in Vergessenheit geriet oder inzwischen durch den Fortschritt der Technik neu hinzukam. Die Handlichkeit verlangt Beschränkung des Umfanges, und deshalb kann hier nicht von vollständiger Darstellung aller Fragen die Rede sein. Wer über diesen Rahmen hinaus weiter vordringen will, findet am Schluß Hinweise auf geeignetes Schrifttum.

Im ersten Teil „Allgemeine Betriebskunde“ sind bis auf die Abschnitte 7 Kegelberechnungen und 8 Teilkopfberechnungen *die* technischen Grundlagen gebracht, die jeder Maschinenarbeiter als Gedanken- gut kennen und beherrschen soll. Im zweiten Teil „Besondere Betriebskunde“ gehen die Abschnitte 9, 10, 11 und 12 ebenfalls jeden an. Die übrigen Abschnitte enthalten eingehend besondere Bearbeitungsgebiete. Von diesen muß man sich sein Gebiet aussuchen. Trotzdem ist manches aus den Nachbargebieten wichtig.

Befolgt man die Hinweise und Ratschläge, so wird die praktische Arbeit erfolgreich und gut ausfallen. Man bekommt den richtigen Blick für das Anfangen, und stellt sich mit der Zeit die Sicherheit ein, so läuft die Arbeit von der Hand, und das Gefühl der Beherrschung verschafft neue Arbeitsfreude. Arbeitsfreude aber ist die Grundlage für Zufriedenheit und bringt gleichmäßigen und gesicherten Verdienst. Sie macht das Leben schöner und dazu will dieses Handbuch helfen.

Berlin, im Oktober 1942.

S. Werth.

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Vorwort	III
I. Allgemeine Betriebskunde	1
Abschnitt 1: Allgemeines	1
1. Was ist Norm? S. 1. — 2. DIN- und ISA-Normen S. 1. — 3. Metrisches und Zoll-Maßsystem S. 2. — 4. Allgemeine Grund- normen S. 2. — 5. Technische Grundnormen S. 4. — 6. Benutzung der Normblätter S. 5.	
Abschnitt 2: Rechnen und einfache Mathematik	5
1. Zehnersystem S. 5. — 2. Teilen oder Dividieren S. 6. — 3. Grad- einteilung S. 8. — 4. Übliche Winkelbezeichnungen S. 10. — 5. Winkelbeziehungen S. 10. — 6. Winkelberechnung in einem rechtwinkligen Dreieck mit der Tangensbeziehung S. 12. — 7. Be- rechnung des Kreisumfanges S. 13.	
Abschnitt 3: Zeichnungskunde	15
1. Allgemeines über Darstellungen S. 15. — 2. Rechtwinklige Parallel- projektion S. 15. — 3. Grundsätzliche Darstellungsweise der tech- nischen Zeichnung in drei Ansichten S. 16. — 4. Vereinfachte An- sichten durch Sinnbilder S. 17. — 5. Ausführung der Ansichten und Linienbedeutung S. 18. — 6. Schnitte S. 21. — 7. Schräge Kantungen und Schnitte S. 23. — 8. Verschiebungen von Ansicht und Schnitten S. 26.	
Abschnitt 4: Maße und Toleranzen	28
1. Maße, ihre Anordnung und Eintragung S. 28. — 2. Gewinde S. 29. — 3. Oberflächenzeichen S. 30. — 4. Toleranzen und Passungssysteme S. 31. — 5. Allgemeines über Toleranzen S. 32. — 6. Einfache Toleranzangaben S. 33. — 7. Toleranzen nach dem DIN-Passungs- system S. 33. — 8. Toleranzen nach dem ISA-Passungssystem S. 38. — 9. Toleranzen für untolerierete Maße S. 39.	
Abschnitt 5: Meßkunde	39
1. Einfache und verstellbare Meßwerkzeuge für direkte Messung S. 40. — 2. Einfache Maßstäbe S. 41. — 3. Schieblehren S. 42. — 4. Mikrometerschrauben S. 43. — 5. Fehlermöglichkeiten beim Messen S. 44. — 6. Temperatureinflüsse S. 45. — 7. Sehfehler S. 46. — 8. Anwendungsbereich der Meßwerkzeuge S. 47. — 9. Feste Meß- werkzeuge S. 47. — 10. Rachenlehren S. 47. — 11. Grenzlehrdorne S. 48. — 12. Stichmaße S. 48. — 13. Sonderlehren S. 48. — 14. End-	

maße S. 49. — 15. Vergleichsmeßwerkzeuge S. 49. — 16. Feinere Instrumente S. 51. — 17. Behandlung der Meßwerkzeuge und Selbstkontrolle S. 51.	
Abschnitt 6: Grundsätze beim Spannen von Werkstücken . . .	52
1. Direktes Spannen S. 52. — 2. Indirektes Spannen S. 52. — 3. Ausrichten der Werkstücke auf der Maschine S. 53. — 4. Vorrichtungen S. 54. — 5. Auflage der Werkstücke auf der Maschine S. 55. — 6. Spannelemente S. 56. — 7. Spannhilfswerkzeuge S. 57. — 8. Spannwerkzeuge S. 57. — 9. Richtung der Schnittkräfte und ihre Auf- fangung S. 57. — 10. Kraftfluß beim Spannen S. 59. — 11. Fehler- möglichkeiten und Abhilfe S. 60.	
Abschnitt 7: Kegelerrechnungen	60
1. Kegel S. 60. — 2. Kegelermaßung S. 61. — 3. Einstellung der Drehbank S. 62. — 4. Einstellung des Supportes, Umrechnung in Grade S. 62. — 5. Umrechnung der Einstellung des Supportes in Millimeterverdrehung, wenn keine Gradeinteilung am Flansch vor- handen S. 64. — 6. Berechnung der Verstellung des Reitstockes S. 65.	
Abschnitt 8: Teilkopfberechnungen	66
II. Besondere Betriebskunde	67
Abschnitt 9: Maschinenwartung, Einstellung und Vorrich- tungsbehandlung	68
1. Zur Beachtung S. 68. — 2. Beistellungen an Maschinen S. 69. — 3. Werkzeugbefestigung S. 70. — 4. Allgemeine Werkzeugauf- nahmen S. 71. — 5. Vorrichtungen S. 72. — 6. Verschiedenes S. 73.	
Abschnitt 10: Werkstoffkunde und Gliederung nach Zerspan- barkeit	73
1. Allgemeines S. 73. — 2. Werkstoffnormen S. 74. — 3. Eigen- schaften der Werkstoffe in bezug auf die Zerspanbarkeit S. 75.	
Abschnitt 11: Schnittgeschwindigkeit, Vorschub und Spantiefe	76
1. Was ist Schnittgeschwindigkeit bei geradliniger Bewegung? S. 76. — 2. Was ist Schnittgeschwindigkeit bei Drehbewegungen? S. 78. — 3. Wie wird die Schnittgeschwindigkeit ausgerechnet? S. 79. — 4. Was ist Vorschub? S. 80. — 5. Was ist Schnitttiefe? S. 81.	
Abschnitt 12: Bestimmende Einflüsse auf die Wahl der Schnittgeschwindigkeit	84
1. Zerspanbarkeit des Werkstoffes S. 84. — 2. Form des Werkstückes S. 84. — 3. Eignung der Werkzeugmaschine S. 85. — 4. Leistungs- fähigkeit des Werkzeuges S. 85. — 5. Was ist Standzeit? S. 86. — 6. Einfluß von Vorschub und Schnitttiefe auf die Standzeit S. 86. — 7. Kühlmittel S. 87.	

Abschnitt 13: Drehen, Hobeln, Stoßen	88
1. Bedeutung des Spanquerschnittes auf die Dauer der Laufzeit S. 88. — 2. Allgemeine Formen der Drehstähle S. 92. — 3. Wie entsteht die Abstumpfung des Drehstahles aus Schnellstahl? S. 93. — 4. Wie entsteht die Abstumpfung des Drehstahles mit Hartmetallplättchen? S. 96. — 5. Erkennen der Abstumpfung S. 97. — 6. Welchen Einfluß haben die Winkel am Drehstahl auf die Schnittgeschwindigkeit? S. 97. — 7. Hohlkehlen am Drehstahl S. 99. — 8. Einstellung der Drehstähle S. 100. — 9. Fehler beim Schleifen der Werkzeuge S. 101. — 10. Behandlung der Hartmetallstähle S. 102. — 11. Hobel- und Stoßstähle S. 102. — 12. Sonderstähle S. 103. — 13. Bestimmung der Schnittgeschwindigkeit für Schnellstahl und Umrechnung in Umdrehungszahlen an der Maschine S. 103. — 14. Berücksichtigung der verschiedenen Schnellstahlqualitäten S. 107. — 15. Bestimmung der Schnittgeschwindigkeit für Hartmetall S. 108. — 16. Wie entstehen schlechte und unsaubere Oberflächen? S. 108.	
Abschnitt 14: Fräsen, Sägen	109
1. Fräswerkzeuge S. 109. — 2. Welche Fräser verwendet man? S. 109. — 3. Warum Spiralfräser? S. 110. — 4. Wie wirkt sich Fräserschlag aus? S. 110. — 5. Wodurch entsteht Fräserschlag? S. 110. — 6. Was muß bei der Fräseraufspannung noch beachtet werden? S. 111. — 7. Ermittlung der Umdrehungszahlen des Fräasers S. 114. — 8. Ermittlung des Vorschubes S. 115. — 9. Wie lange dauert die Fräszeit? S. 115. — 10. Allgemeine Fräsregeln S. 118. — 11. Wie entstehen fehlerhafte Oberflächen? S. 118. — 12. Sägen S. 119.	
Abschnitt 15: Bohren, Reiben, Ansenken und Ausstechen . .	120
1. Bohrwerkzeuge S. 120. — 2. Spiralbohrer S. 121. — 3. Wie wirken sich Anschliffflächen des Bohrers aus? S. 123. — 4. Spitzbohrer S. 123. — 5. Kanonenbohrer S. 123. — 6. Spiralsenker zum Aufsenken S. 124. — 7. Aufstecksenker zum Aufsenken S. 124. — 8. Wie wird die Drehzahl und der Vorschub festgestellt? S. 124. — 9. Wie groß ist die Laufzeit? S. 124. — 10. Was ist beim Bohren wichtig? S. 125. — 11. Wodurch entstehen schlechte Oberflächen? S. 128. — 12. Reibahlen S. 129. — 13. Wie werden geriebene Bohrungen erzeugt? S. 131. — 14. Wie werden Drehzahl und Vorschub bestimmt? S. 131. — 15. Was muß beim Reiben beachtet werden? S. 131. — 16. Fehlerhafte Oberflächen S. 134. — 17. Senker zum Anflächen S. 134. — 18. Drehzahlen und Vorschübe S. 135. — 19. Was muß beachtet werden? S. 135. — 20. Wodurch entstehen schlechte Oberflächen? S. 137. — 21. Ausstechwerkzeuge S. 138.	
Abschnitt 16: Gewindeschneiden	138
1. Allgemeines über Gewinde S. 138. — 2. Gewindearten S. 138. — 3. Gewindeherstellungsarten S. 139. — 4. Gewindebohrer S. 140. — 5. Fehlerhafte Oberflächen S. 141. — 6. Schneideisen S. 141. — 7. Fehlerhafte Oberflächen S. 142. — 8. Gewindefräser S. 143. — 9. Gründe für fehlerhafte Gewinde S. 143. — 10. Gewindedrehstähle und Strehler S. 144. — 11. Fehlerhafte Gewinde S. 146.	

Inhaltsverzeichnis.

VII

Abschnitt 17: Räumen	146
Abschnitt 18: Schleifen	147
1. Schleifscheiben S. 147. — 2. Worauf muß geachtet werden? S. 148. — 3. Vorbedingungen für gute Schleifflächen S. 148. — 4. Schleif- zugaben S. 148. — 5. Ursachen für schlechte Oberflächen S. 148.	
Abschnitt 19: Verschiedenes	149
1. Werkzeugbruch S. 149. — 2. Feilen S. 150.	
Schlußwort	150
Weiteres Schrifttum	150

I. Allgemeine Betriebskunde.

Die allgemeine Betriebskunde umfaßt das theoretische Rüstzeug. Dieses ist Voraussetzung für das Verständnis und die gestellten Anforderungen an den Ausfall der Arbeit. Es handelt sich sozusagen um das ABC des Maschinenarbeiters. Nur wer gründlich Lesen und Schreiben gelernt hat, kann später fließend lesen. Gerade das Kennen und Beherrschen der theoretischen Grundlage ermöglicht schnelles Erfassen und damit hohe Leistung.

Abschnitt 1.

Allgemeines.

Zum Verständnis der in den folgenden Abschnitten angewandten Kurzzeichen ist ihre Bedeutung wichtig. Diese Kurzzeichen umfassen alle möglichen Begriffe und sind nicht willkürlich angenommen, sondern normalisiert und den Normen entnommen.

1. Was ist Norm?

Das Wort *Norm* kommt aus dem Lateinischen „vorschriftsmäßig“. Normung bedeutet eine planmäßige Vereinheitlichung von Abmessungen und Eigenschaften von gewerblichen und Industrieerzeugnissen. Es tritt eine gewisse Ordnung und ein systematischer Zusammenhang ein. Die Vorteile liegen auf der Hand. Man hat für Teile desselben Verwendungszweckes jetzt noch eine Sorte oder eine Sortenreihe, während früher beliebig viel Formen angefertigt wurden. Es werden so unnötige Mehrarbeiten vermieden. Die Normung findet sich auf allen Gebieten menschlichen Gemeinschaftslebens. Man denke nur an die Vereinheitlichung von Sprache, Schrift, Zeit, Maßen, Gewichten, Geldmitteln, Gebräuchen usw. Von diesen interessiert uns hier besonders der Ausschnitt der technischen Normung.

2. DIN- und ISA-Normen.

Sämtliche Stellen, die sich mit technischer Normung in Deutschland befassen, sind im Deutschen Normenausschuß zusammengefaßt (DNA).

Dieser gibt Normenblätter als Ergebnis besonderer Erfahrungen unter Mitarbeit der Industrie heraus, die allgemein nützlich und notwendig sind. Diese Blätter heißen DIN-Blätter, die Abkürzung von *Das ist Norm*. Ein weiterer Schritt zur Zusammenfassung mehrerer Länder, z. B. von Europa, zu einheitlichen Normen führte dann zur Gründung der ISA. „ISA“ bedeutet „International Federation of the National Standardizing Associations“, zu deutsch: „Internationaler Verband der Nationalen Normen-Vereinigungen“. Im Wesentlichen von Deutschland stark beeinflusst, wurden zum großen Teil die deutschen Normen übernommen. Man hat damit eine Vereinheitlichung für alle Länder mit metrischem Maßsystem geschaffen.

3. Metrisches und Zoll-Maßsystem.

Überall da, wo das Meter als Längenmaß gilt, wie z. B. Deutschland, Dänemark, Schweden, Norwegen, Schweiz, Frankreich, Spanien, Italien, sind alle anderen Maße auf diesem Meter oder einem Teil davon aufgebaut. Man spricht vom metrischen Maßsystem.

In England und in den Vereinigten Staaten von Amerika als Hauptvertretern dagegen hat sich der Zoll als Längenmaß durchgesetzt, ein Zoll = 25,4 mm. Entsprechend hat man dort auch andere Gewichtseinheiten, die sich aber auf das metrische System umrechnen lassen. Zum Teil sind auch in den DIN- und ISA-Normen verschiedene Grundelemente, wie Schrauben, Muttern usw. übernommen, die aus dem Zollsystem stammen, und z. B. Zollsteigung haben. Man ist aber bestrebt, auch diese Abmessungen im Laufe der Zeit durch metrische zu ersetzen.

4. Allgemeine Grundnormen.

Die Grundnormen sind grundlegend für die gesamte Technik und Industrie und umfassen allgemeines, wie Einheiten, Formelzeichen, Benennungen, Formate. Das Wesentliche ist im folgenden herausgegriffen:

a) Längen: Die Kurzzeichen bedeuten jeweils

1 Kilometer	= km	= 1000 m
1 Meter	= m	= 100 cm = 1000 mm
1 Zentimeter	= cm	= 10 mm
1 Millimeter	= mm	= 1000 μ
1 Mikron oder My	= μ	= $\frac{1}{1000}$ mm = 0,001 mm
1 Zoll	= 1"	= 25,4 mm

$\frac{1}{100}$ mm = 0,01 mm (ist zwar in der Werkstätte ein übliches Maß, aber nicht genormt)

Der Zoll wird in Bruchteilen wie $\frac{1}{16}$ " , $\frac{3}{8}$ " usw. unterteilt.

b) Flächen:

1 Quadratkilometer = km² = 1 000 000 m²

1 Quadratmeter = m² = 10 000 cm²

1 Quadratzentimeter = cm² = 100 mm²

1 Quadratmillimeter = mm²

Entsprechend lassen sich Quadratzoll in mm² umrechnen.

1 Quadratzoll hat 643 mm².

c) Räume:

1 Kubikmeter = m³ = 1 000 000 cm³

1 Kubikzentimeter = cm³ = 1000 mm³

1 Kubikmillimeter = mm³

1 Liter = 1000 cm³

d) Gewichte:

1 Tonne = t = 1000 kg

1 Kilogramm = kg = 1000 g

1 Gramm = g = 1000 mg

1 Milligramm = mg = 0,001 g

e) Verschiedenes:

1 Grad Celsius = °C = Maßstab für die Temperatur, Gefrierpunkt von Wasser = 0° C, Siedegrad des Wassers in Meereshöhe = 100° C.

1 Umdrehung = U = Umdrehung von Wellen oder Rädern.

Prozent = % = 1 Hundertstel oder eins von Hundert, z. B. 30% = $\frac{30}{100}$ = 0,3.

Bezogen auf = / = z. B. Vorschub in mm/U = Vorschub gerechnet in Millimeter je Umdrehung; oder $v = \text{m/min}$ = Schnittgeschwindigkeit gerechnet in Meter je Minute. (Erklärung von Vorschub und Schnittgeschwindigkeit in Abschnitt 10.)

plus = + = und

minus = — = weniger

mal = · ×

z. B. 3 mal 4 gleich 12 kann man auch schreiben: $3 \times 4 = 12$ oder

$$3 \cdot 4 = 12$$

geteilt durch = : — / z. B. 12 geteilt durch 4 gleich 3 kann man auch schreiben:

$$12 : 4 = 3$$

$$12 / 4 = 3$$

$$\frac{12}{4} = 3$$

5. Technische Grundnormen.

a) Normaltemperatur. Bei verschiedenen Temperaturen hat dasselbe Stück verschiedene Längen. Bei Erhöhung der Temperatur dehnt es sich aus. Bei Temperaturabfall zieht es sich zusammen. Verschiedene Stoffe dehnen sich verschieden aus, z. B. Messing anders als Stahl und anders als der Werkstoff für die Meßlehren. Man muß also für die Feststellung von richtigen Maßen Werkstück und Meßlehre auf gleiche Temperatur bringen und dann messen, und zwar einheitlich bei allen Messungen. Die Normaltemperatur ist mit 20° C für das DIN- und ISA-System festgelegt. Nur bei dieser Temperatur haben Meßwerkzeuge ihre vorgeschriebenen Größen. Erwärmte Werkstücke müssen also, sobald sie Normaltemperatur angenommen haben, endgültig gemessen werden, wenn genaue Maße festzustellen sind.

b) Normdrehzahlen. Man braucht für verschiedene Zwecke kleinere und größere Drehzahlen an den Maschinen, die durch Schaltungen eingestellt werden. Zwecks Vereinheitlichung sind diese Drehzahlen genormt und in einer Reihe festgelegt. Manchmal sind dann an der Maschine einige Zwischendrehzahlen fortgelassen. Die vorhandenen passen jedoch immer wieder in die Normreihe.

c) Zeichnungsnormen. Von den genormten Abmessungen der Zeichnungen ist es manchmal wichtig, ihre Bezeichnung zu wissen, da nach diesen eine Einordnung in eine Kartei vorgenommen werden kann. Man

Tabelle 1. Zeichnungsabmessungen.

Bezeichnung	A 0	A 1	A 2	A 3	A 4	A 5	A 6
Abmessung in mm	841 × 1189	594 × 841	420 × 594	297 × 420	210 × 297	148 × 210	105 × 148

spricht z. B. von einem Zeichnungsblatt A 4 und meint dann die Größe, wie sie in Tab. 1 steht. Legt man zwei Blätter A 4 mit den längeren Seiten zusammen, so bilden sie gemeinsam das Format A 3, d. h. jeweils Formate mit den breiten Seiten aneinandergelegt, ergibt das nächstgrößere Format. Ein geteiltes Format ergibt entsprechend das nächstniedrigere Format.

Auf jeder Zeichnung Abb. 1 befindet sich unten rechts entweder das Schriftfeld mit Stückliste bei Zusammenstellungen oder das Schriftfeld allein bei Einzelteilzeichnungen. Dieses Schriftfeld enthält u. a. die Werkstoffangabe, die bei der Bearbeitung für die Wahl von Schnittgeschwindigkeit und Vorschub wichtig ist. Es kann auch sein, daß diese Werkstoffangabe aus der Stückliste oder Begleitkarte zum Werkstück entnommen werden muß. Das Kennzeichen der Zeichnung ist die Zeichnungsnummer, die gleichfalls auf dem Schriftfeld steht.

6. Benutzung der Normblätter.

Für die Bearbeitung werden öfter DIN-Normblätter gebraucht, sobald es sich darum handelt, z. B. Steigungen, Kerndurchmesser, Flankenwinkel von Gewinden festzustellen. Man muß sich dazu das angegebene DIN-Blatt anschaffen. Einfache Zeichnungen am Kopf dieser DIN-Blätter erleichtern das Finden der gesuchten Maße an den Werkstücken.

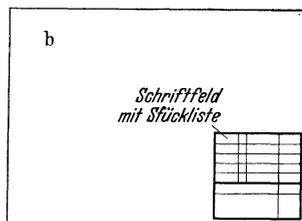
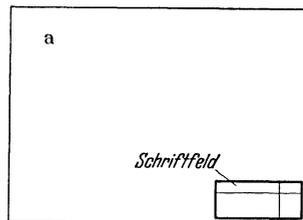


Abb. 1. Zeichnung mit Schriftfeld und Stückliste.

Abschnitt 2.

Rechnen und einfache Mathematik.

Rechnen ist eine ganz einfache Sache. Man braucht nur einige wenige Grundbegriffe aus der Schule zu können oder sie jetzt wieder im Gedächtnis aufzufrischen. Das Einmaleins und das Zusammenzählen von Zahlen werden hier vorausgesetzt.

1. Zehnersystem.

Eine geschriebene 1 bedeutet einen Einer (Abb. 2). Links daneben setzt man eine zweite 1; diese bedeutet einen Zehner. Sie ist $10 \times$

so groß wie die Einer 1. Links neben die Zehner 1 setzt man eine dritte 1. Sie bedeutet 1 Hunderter. Sie ist $10 \times$ so groß wie die zweite, die Zehner 1. Und weiter die vierte 1 ist $10 \times$ so groß wie die dritte T H Z E z h t 1 usw. Daraus ergibt sich: Jede 1 nach links ist $10 \times$ 1 1 1 1, 1 1 1 so groß wie die vorhergehende 1 nach rechts, oder:
 Abb. 2. Wertigkeiten der Stellen. *Jede 1 nach rechts ist $10 \times$ so klein wie die vorhergehende nach links.*

Setzt man nun rechts neben die Einer 1 noch eine 1, so muß nach dem vorhergehenden Satz diese 1 den 10. Teil der Einer 1 betragen, einen Bruchteil also, und zwar ein Zehntel. Zur Deutlichkeit schreibt man sie kleiner. Um es noch deutlicher zu machen, trennt man die Zehner 1 und die Zehntel 1 durch einen Strich oder durch ein Komma. Setzt man rechts neben die Zehntel 1 noch eine 1, so bedeutet diese, wieder nach unserem obigen Satz, den 10. Teil der Zehntel 1, also ein Hundertstel, die nächste 1 ein Tausendstel usf. Links vom Komma stehen die Ganzen, rechts die Brüche. Man nennt diese Wertschätzung der Stellen oder Zahlen das *Zehnersystem* oder *Dezimalsystem*.

2. Teilen oder Dividieren.

Welche Schreibweise gibt es?

$12 : 4 = 3$ heißt 12 geteilt durch 4 gleich 3

$\frac{12}{4} = 3$ heißt ebenfalls 12 geteilt durch 4 gleich 3

$12/4 = 3$ heißt auch 12 geteilt durch 4 gleich 3.

Wir haben also drei Schreibweisen für denselben Zweck. Diese sind nicht unnötig, sondern es ist manchmal praktischer, in dieser oder jener Form zu schreiben.

Es gibt gewöhnliche oder gemeine Brüche, z. B. $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{5}$, $\frac{6}{7}$. Die Zahl über dem Bruchstrich ist der Zähler, die unter dem Bruchstrich der Nenner.

In der Technik werden aber meistens Dezimalbrüche, z. B. 0,1, 2,5, verwendet. Bei ihnen sieht man nur die Zähler. Der Nenner ergibt sich aus der Stelle hinter dem Komma. Er ist immer eine 1 mit so viel Nullen, als der Zähler Stellen hat, also $0,75 = \frac{75}{100}$ oder $1,75 = 1 \frac{75}{100}$ oder $0,075 = \frac{75}{1000}$.

Wie macht man aus einem Gemeinbruch einen Dezimalbruch?

Man teilt einfach den Zähler durch den Nenner.

1. Beispiel: $\frac{1}{4} = ?$

$\frac{1}{4} = 1 : 4 = 0,25.$ Ein Ganzes oder ein Einer läßt sich ohne Zerstückelung durch 4 nicht teilen, geht also 0mal. Ich verwandle den Einer in Zehntel. Das geschieht einfach durch Anhängung einer Null. Da jetzt die Ganzen aufhören, setze ich hinter die Null ein Komma. 10 Zehntel durch 4 ist 2 Zehntel. Die 2 Zehntel stehen in der 1. Stelle hinter dem Komma. Die Abrechnung: $2 \times 4 = 8$, Rest 2. Die 2 Zehntel verwandle ich wieder durch Anhängung einer Null in Hundertstel. 20 Hundertstel durch 4 = 5 Hundertstel. Die 5 kommt in die 2. Stelle der Hundertstel. Abrechnung: 5×4 Hundertstel = 20 Hundertstel, Rest 0.

Somit ist $\frac{1}{4} = 0,25.$

2. Beispiel: $3\frac{1}{4} = ?$

$3\frac{1}{4} = \frac{13}{4} = 13 : 4 = 3,25.$ 13 Ganze durch 4 = 3 Ganze. 4×3 Ganze = 12 Ganze. Rest ein Ganzes, Komma setzen. Jetzt wie Beispiel 1.

$$\begin{array}{r} 10 \\ 8 \\ \hline 20 \\ 20 \\ \hline 0 \end{array}$$

3. Beispiel: $\frac{75}{1000} = ?$

$\frac{75}{1000} = 75 : 1000 = 0,075$

$$\begin{array}{r} 750 \\ 0 \\ \hline 7500 \\ 7000 \\ \hline 5000 \\ 5000 \\ \hline 0 \end{array}$$

Wie muß man nun teilen, wenn das Ergebnis nicht aufgeht?

4. Beispiel: $30 : 11 = ?$

$30 : 11 = 2,7272727272 \dots = 2,73$

$$\begin{array}{r} 80 \\ 77 \\ \hline 30 \\ 22 \\ \hline 80 \\ 77 \\ \hline \end{array}$$

Wenn eine Rechnung eine dauernde Wiederholung von gleichen Zahlen hinter dem Komma ergibt, wird man immer einen Rest behalten.

An sich kommt man desto genauer an das richtige Ergebnis heran, je mehr Stellen man hinter dem Komma ausrechnet. Wie genau man das Ergebnis braucht, entscheidet die Aufgabe. Jeder sieht ein, daß nach einer gewissen Stellenzahl jede weitere Zahl zwecklos ist, weil sie praktisch z. B. bei Längenmaßen nicht gemessen oder eingestellt werden kann. Deshalb ist nach einer bestimmten Stellenzahl abzubrechen.

Für das 4. Beispiel soll es genügen, das Ergebnis auf 2 Stellen hinter dem Komma zu haben. Um die zweite Stelle hinter dem Komma möglichst genau zu erhalten, stellt man noch die dritte Stelle fest. Liegt diese zwischen den Zahlen 5 und 9, so zählt man zu der zweiten Stelle 1 hinzu, man erhöht die zweite Stelle. Das Ergebnis ist dann 2,73.

5. Beispiel: $40 : 73 = ?$

Nach demselben Verfahren, wie für das 4. Beispiel, ergibt sich folgende Rechnung:

$$\begin{array}{r}
 40 : 73 = 0,547 = 0,55 \\
 \hline
 (5 \cdot 73 =) \quad 365 \\
 \hline
 \quad \quad \quad 350 \\
 (4 \cdot 73 =) \quad 292 \\
 \hline
 \quad \quad \quad 580 \\
 (7 \cdot 73 =) \quad 511 \\
 \hline
 \text{Rest} \quad \quad \quad 69
 \end{array}$$

3. Gradeinteilung.

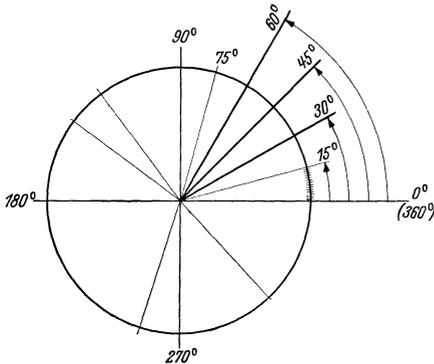


Abb. 3. Kreiseinteilung in Grade.

Der Kreisumfang wird in 360 gleiche Abschnitte eingeteilt. Zieht man jetzt vom Mittelpunkt strahlenförmige Linien durch die 360 Teilpunkte des Kreisumfangs Abb. 3, so verlaufen diese Linien zur Nulllinie unter verschiedenen Winkeln. Die Größe der Winkel wird durch die Zahl der Abschnitte angegeben, Grade genannt mit dem Kurzzeichen $^{\circ}$. Bei 90° ist ein Viertel Kreisumfang erreicht, die beiden Schenkel des

Winkels stehen dann senkrecht zueinander. Man spricht von einem rechten Winkel.

In Abb. 4 sind verschiedene Winkel herausgezeichnet; alle Winkel bis 90° heißen spitze Winkel, über 90° stumpfe Winkel.

Die Abweichungen zweier schräg zueinander liegender Geraden wird also durch den Winkel zwischen diesen genau festgelegt. Zur feineren

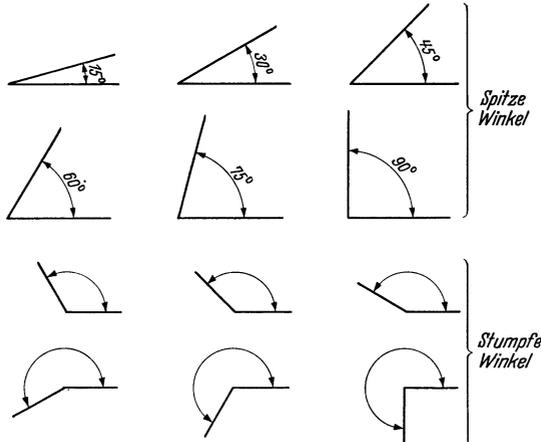


Abb. 4. Verschiedene spitze und stumpfe Winkel.

Unterteilung wird ein Grad (geschrieben 1°) in weitere 60 Minuten jede Minute in weitere 60 Sekunden eingeteilt. Es ist dann

der ganze Kreisumfang	=	360°
$\frac{1}{4}$	=	90°
1 Grad	=	$1^\circ = 60'$
1 Minute	=	$1' = 60''$
1 Sekunde	=	$1''$

Man darf eine Sekunde nicht mit einem Zoll verwechseln, sie haben beide dieselbe Schreibweise $1''$.

30 Minuten	=	$30' = 0,5^\circ$
36 „	=	$36' = 0,6^\circ$
42 Sekunden	=	$42'' = 0,7'$

Umrechnungsbeispiel:

$$27^\circ 42' = ?^\circ \quad \frac{42'}{60'} = 0,7' \quad 27^\circ 42' = 27,7^\circ.$$

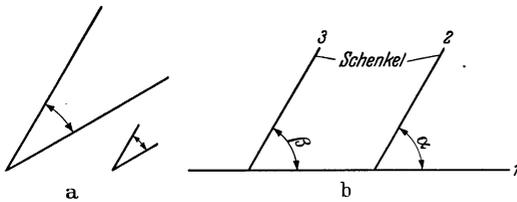
4. Übliche Winkelbezeichnungen.

Ist ein Winkel mit einem Buchstaben bezeichnet, so ist dazu oft ein griechischer benutzt. Üblich sind:

α = Alpha	} Hauptwinkelbezeichnungen	κ = Kappa
β = Beta		λ = Lambda
γ = Gamma		φ = Phi
δ = Delta		η = Eta

5. Winkelbeziehungen.

Bei einem Winkelmaß kommt es nicht auf die Länge der Schenkel an, sondern auf die Winkelweite zwischen den Schenkeln. So sind die



Winkel in Abb. 5 a gleich groß. In Abb. 5 b sollen die Winkel α und β beide je 30° haben. Beiden Winkeln ist der Schenkel 1 gemeinsam. Wenn sie aber gleich groß sind, so müssen die Schenkel 2 und 3 parallel sein. Genau so kann man rückwärts schließen, daß die Winkel α und β gleich groß sind, wenn die Schenkel parallel sind.

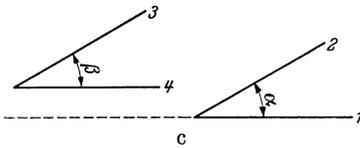


Abb. 5. Gleiche Winkel bei parallelen Schenkeln.

In Abb. 5 c ist der Winkel β parallel nach oben verschoben. Die Schenkel 2 und 3 sind parallel geblieben. Ebenso die Schenkel 1 und 4. Auch hier sind die Winkel α und β gleich groß. Desgleichen sind in

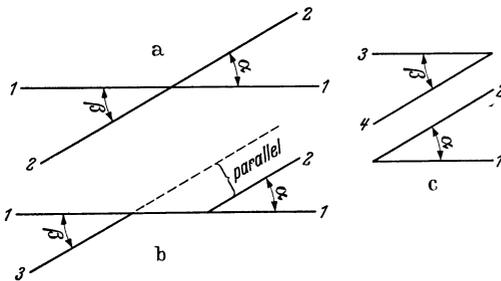


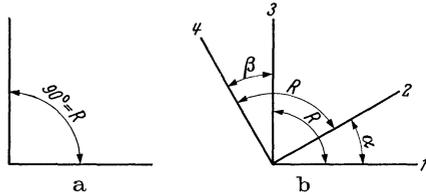
Abb. 6. Gleiche Winkel.

und β gleich, denn sie haben die Schenkel 1—1 und 2—2 gemeinsam. In Abb. 6 b ist der Winkel β nach links verschoben, Schenkel 3 ist

aber parallel zu 2 geblieben. Somit ist $\alpha = \beta$. Auch im Fall Abb. 6c sind die Schenkel 2 und 4 und 1 und 3 parallel und somit α und β gleich.

Allgemein ergibt sich also der Lehrsatz:

Zwei Winkel sind immer dann gleich, wenn ihre Schenkel parallel zueinander liegen.



Stehen zwei Schenkel senkrecht aufeinander, so bilden sie einen rechten Winkel und umschließen 90° (Abb. 7a). Verdreht man nun, wie in Abb. 7b, um den Punkt O den Schenkel 1 bis zur Stellung 2 und gleichzeitig den Schenkel 3 bis zur Stellung 4, soll zwischen 2 und 4 der rechte Winkel erhalten bleiben. Dann muß aber auch der Winkel α gleich dem Winkel β sein; das besagt, daß zwei Winkel auch dann gleich sind, wenn ihre Schenkel senkrecht aufeinander stehen, wie in Abb. 7c.

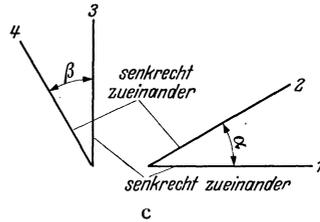


Abb. 7. Gleiche Winkel bei senkrecht zueinander stehenden Schenkeln.

In Abb. 8 haben die Winkel α und β die Schenkel 1 und 2 gemeinsam. Dabei ist 1 eine Gerade. Eine ganze Umdrehung um den Punkt O ist bekanntlich in 360° eingeteilt. α und β zusammen umfassen jedoch eine halbe Umdrehung. Somit sind α und β zusammen gleich 180° .

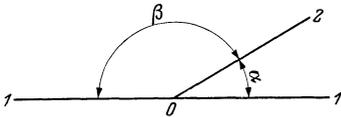


Abb. 8. Ergänzungswinkel β zum Winkel α .

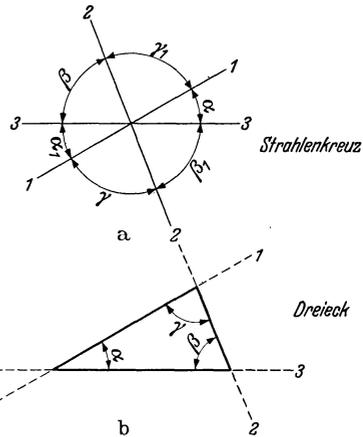


Abb. 9. Winkel im Dreieck und Strahlenkreuz.

Man kann also zum Winkel α stets den zugehörigen Ergänzungswinkel β ausrechnen. Bei Messungen kann man den Winkel β messen und den

gewünschten Winkel α ausrechnen, was oft im praktischen Betrieb vorkommt. Ist z. B. $\alpha = 30^\circ$, so ist $\beta = 180 - 30 = 150^\circ$.

Im Strahlenkreuz Abb. 9a liegen die Winkel α , β und γ . Ihnen jeweils gegenüber liegen die gleich großen Winkel α_1 , β_1 und γ_1 . In Abb. 9b bilden die Geraden 1—1, 2—2 und 3—3 ein Dreieck. Gleichzeitig liegen diese Geraden aber parallel zu den gleichen Geraden im Strahlenkreuz. Somit sind die Winkel α , β und γ im Dreieck gleich groß wie die im Strahlenkreuz. $\alpha + \beta + \gamma + \alpha_1 + \beta_1 + \gamma_1$ im Strahlenkreuz betragen zusammen 360° , weil es sich um eine ganze Umdrehung um den Punkt O handelt. Da aber $\alpha = \alpha_1$, $\beta = \beta_1$ und $\gamma = \gamma_1$ sind, ist auch $\alpha + \beta + \gamma = \alpha_1 + \beta_1 + \gamma_1 = 180^\circ$. Das besagt, daß die Winkel im Dreieck zusammen 180° betragen müssen.

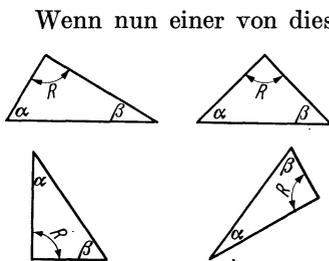


Abb. 10. Rechtwinklige Dreiecke.

Wenn nun einer von diesen Winkeln im Dreieck 90° beträgt, oder einem rechten Winkel gleich wird, wie in Abb. 10a...d, so spricht man von einem rechtwinkligen Dreieck. Dann haben die übrigen Winkel $\alpha + \beta$ zusammen immer 90° . Wenn daher in einem rechtwinkligen Dreieck ein Winkel außer dem rechten bekannt ist, kann man den anderen ausrechnen. Ist z. B. $\alpha = 43^\circ$, wird $\beta = 90 - 43 = 47^\circ$.

Wie kann nun in einem rechtwinkligen Dreieck aus den Seitenlängen der Winkel α oder β ausgerechnet werden?

6. Winkelberechnung in einem rechtwinkligen Dreieck mit der Tangensbeziehung.

Im Dreieck Abb. 11 befindet sich der rechte Winkel oben. Die gegenüberliegende und längste Seite dieses Dreiecks heißt Hypotenuse. Die beiden Schenkel, die den rechten Winkel einschließen, heißen Katheten. Diese Ausdrücke entstammen aus der griechischen Sprache. Für den Winkel α unterscheidet man Gegenkathete a und Ankathete b , je nachdem, ob die Katheten am Winkel dran oder gegenüber liegen.

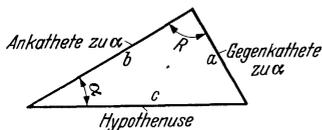


Abb. 11. Winkel und Seitenbenennung im rechtwinkligen Dreieck.

Uns interessiert jetzt die Größe vom Winkel α . Man kann den Winkel aus der Länge der Katheten ausrechnen. Zur Berechnung benutzt man

die Tangensbeziehung, die in der Mathematik Tangensfunktion genannt wird. Tangens α oder geschrieben $\text{tg } \alpha$ ist das Verhältnis von Gegenkathete zu Ankathete. *Man präge sich folgenden Satz ein: $\text{tg } \alpha$ ist gleich Gegenkathete dividiert durch Ankathete.* Für die Berechnung nimmt man die Länge von a und teilt sie durch die Länge b , erhält eine Zahl; diese Zahl ist der Tangens α . Die Werte für $\text{tg } \alpha$ liegen genau fest und sind unabhängig von der Größe der Dreiecke. Sie gelten aber nur für rechtwinklige Dreiecke und sind in der Tabelle 2 enthalten.

1. Beispiel: Für die Abb. 12 soll der Winkel α ausgerechnet werden. Es ist die Gegenkathete $a = 40$ mm, die Ankathete $b = 90$ mm. Dann ist

$$\text{tg } \alpha = \frac{a}{b} = \frac{40}{90} = \frac{4}{9} = 0,4444 \dots$$

Jetzt muß aus Tabelle 2 der Wert für den Winkel α entnommen werden. Dort sind folgende nächstliegende Werte vorhanden:

$$\text{tg } 23^\circ 50' = 0,442$$

$$\text{tg } 24^\circ = 0,445$$

Unser Wert von 0,444 liegt näher bei $\text{tg } 24^\circ$; findet man die Zahl nicht ganz genau in der Tabelle 1, so schätzt man die Minuten ab, indem man sich die Zahl zwischen die zwei nächstliegenden denkt. Der Winkel α ist also schätzungsweise $23^\circ 57'$. In vielen Fällen wird diese Genauigkeit für die Einstellung der Maschine oder Messung ausreichen. Bei verschiedenen tg -Werten sind die Unterschiede verschieden, sie müssen jedesmal ausgerechnet werden.

2. Beispiel:

$$\text{tg } \beta = 2,00 \quad \beta = ?$$

$$\text{tg } 63^\circ 20' = 1,99$$

$$\text{tg } 63^\circ 30' = 2,01$$

$$\text{Geschätzt ist } \beta = 63^\circ 25'.$$

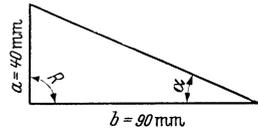


Abb. 12. Berechnungsbeispiel für α .

Es gibt noch weitere Winkelberechnungen und Beziehungen, die hier fortgelassen sind, da man fast immer mit der Tangensberechnung auskommt. Man muß nur stets die Dreiecke genau ansehen, feststellen, wo der rechte Winkel liegt und welches Gegen- und Ankathete sind.

7. Berechnung des Kreisumfanges.

Der Umfang eines Kreises läßt sich mit Hilfe der Zahl $\text{Pi} = \pi$ (griechischer Buchstabe) ausrechnen. Es ist $\pi = 3,14$.

Der Kreisumfang ist $U = \pi \cdot \text{Durchmesser} = \pi \cdot D$. Ist z. B. $D = 100$ mm, so wird der Umfang $U = 3,14 \cdot 100 = 314$ mm.

Tabelle 2. Tangensfunktion.

Grad	Tangens (tg)						Grad	Tangens (tg)					
	0'	10'	20'	30'	40'	50'		0'	10'	20'	30'	40'	50'
0	0,000	0,003	0,006	0,009	0,012	0,015	45	1,00	1,01	1,01	1,02	1,02	1,03
1	0,017	0,020	0,023	0,026	0,029	0,032	46	1,04	1,04	1,05	1,05	1,06	1,07
2	0,035	0,038	0,041	0,044	0,047	0,049	47	1,07	1,08	1,08	1,09	1,10	1,10
3	0,052	0,055	0,058	0,061	0,064	0,067	48	1,11	1,12	1,12	1,13	1,14	1,14
4	0,070	0,073	0,076	0,079	0,082	0,085	49	1,15	1,16	1,16	1,17	1,18	1,18
5	0,087	0,090	0,093	0,096	0,099	0,102	50	1,19	1,20	1,21	1,21	1,22	1,23
6	0,105	0,108	0,111	0,114	0,117	0,120	51	1,24	1,24	1,25	1,26	1,26	1,27
7	0,123	0,126	0,129	0,132	0,135	0,138	52	1,28	1,29	1,30	1,30	1,31	1,32
8	0,141	0,144	0,146	0,149	0,152	0,155	53	1,33	1,34	1,34	1,35	1,36	1,37
9	0,158	0,161	0,164	0,167	0,170	0,173	54	1,38	1,38	1,39	1,40	1,41	1,42
10	0,176	0,179	0,182	0,185	0,188	0,191	55	1,43	1,44	1,45	1,46	1,46	1,47
11	0,194	0,197	0,200	0,203	0,206	0,210	56	1,48	1,49	1,50	1,51	1,52	1,53
12	0,213	0,216	0,219	0,222	0,225	0,228	57	1,54	1,55	1,56	1,57	1,58	1,59
13	0,231	0,234	0,237	0,240	0,243	0,246	58	1,60	1,61	1,62	1,63	1,64	1,65
14	0,249	0,252	0,256	0,259	0,262	0,265	59	1,66	1,68	1,69	1,70	1,71	1,72
15	0,268	0,271	0,274	0,277	0,280	0,284	60	1,73	1,74	1,76	1,77	1,78	1,79
16	0,287	0,290	0,293	0,296	0,299	0,303	61	1,80	1,82	1,83	1,84	1,85	1,87
17	0,306	0,309	0,312	0,315	0,319	0,322	62	1,88	1,89	1,91	1,92	1,93	1,95
18	0,325	0,328	0,331	0,335	0,338	0,341	63	1,96	1,98	1,99	2,01	2,02	2,04
19	0,344	0,348	0,351	0,354	0,357	0,361	64	2,05	2,07	2,08	2,10	2,11	2,13
20	0,364	0,367	0,371	0,374	0,377	0,381	65	2,14	2,16	2,18	2,19	2,21	2,23
21	0,384	0,387	0,391	0,394	0,397	0,401	66	2,25	2,26	2,28	2,30	2,32	2,34
22	0,404	0,407	0,411	0,414	0,418	0,421	67	2,36	2,38	2,39	2,41	2,43	2,45
23	0,424	0,428	0,431	0,435	0,438	0,442	68	2,48	2,50	2,52	2,54	2,56	2,58
24	0,445	0,449	0,452	0,456	0,459	0,463	69	2,61	2,63	2,65	2,67	2,70	2,72
25	0,466	0,470	0,473	0,477	0,481	0,484	70	2,75	2,77	2,80	2,82	2,85	2,88
26	0,488	0,491	0,495	0,499	0,502	0,506	71	2,90	2,93	2,96	2,99	3,02	3,05
27	0,510	0,513	0,517	0,521	0,524	0,528	72	3,08	3,11	3,14	3,17	3,20	3,24
28	0,532	0,535	0,539	0,543	0,547	0,551	73	3,27	3,31	3,34	3,38	3,41	3,45
29	0,554	0,558	0,562	0,566	0,570	0,573	74	3,49	3,53	3,57	3,61	3,65	3,69
30	0,577	0,581	0,585	0,589	0,593	0,597	75	3,73	3,76	3,82	3,87	3,91	3,96
31	0,601	0,605	0,609	0,613	0,617	0,621	76	4,01	4,06	4,11	4,17	4,22	4,27
32	0,625	0,629	0,633	0,637	0,641	0,645	77	4,33	4,39	4,45	4,51	4,57	4,64
33	0,649	0,654	0,658	0,662	0,666	0,670	78	4,70	4,77	4,84	4,92	4,99	5,07
34	0,675	0,679	0,683	0,687	0,692	0,696	79	5,14	5,23	5,31	5,40	5,48	5,58
35	0,700	0,705	0,709	0,713	0,718	0,722	80	5,67	5,77	5,87	5,98	6,08	6,20
36	0,727	0,731	0,735	0,740	0,744	0,749	81	6,31	6,43	6,56	6,69	6,83	6,97
37	0,754	0,758	0,763	0,767	0,772	0,777	82	7,12	7,27	7,43	7,60	7,77	7,95
38	0,781	0,786	0,791	0,795	0,800	0,805	83	8,14	8,34	8,56	8,78	9,01	9,26
39	0,810	0,815	0,819	0,834	0,829	0,834	84	9,51	9,79	10,08	10,4	10,71	11,06
40	0,839	0,844	0,849	0,854	0,859	0,864	85	11,4	11,83	12,25	12,7	13,20	13,73
41	0,869	0,874	0,880	0,885	0,890	0,895	86	14,3	14,92	15,60	16,3	17,17	18,07
42	0,900	0,906	0,911	0,916	0,922	0,927	87	19,1	20,21	21,47	22,9	24,54	26,43
43	0,933	0,938	0,943	0,949	0,955	0,960	88	28,6	31,24	34,37	38,2	42,96	49,10
44	0,966	0,971	0,977	0,983	0,988	0,994	89	57,3	68,75	85,94	114,5	171	343

Abschnitt 3. Zeichnungskunde.

1. Allgemeines über Darstellungen.

Die Sprache der Technik und damit der Werkstatt ist die Zeichnung. Der Konstrukteur bringt seine Gedanken zu Papier und zeichnet Maschinen und Teile.

Die anschaulichste Form ist die perspektivische Darstellung, doch sind die Maße verzerrt, verkürzt. Für die Einzelfertigung ist eine wirklichkeitstgetreue Zeichnung vorteilhafter. Diese muß dann unmittelbare Ansichten enthalten. Da nun eine Ansicht oft nicht genügt, müssen mehrere Ansichten von verschiedenen Seiten gezeichnet werden. Wie diese anzuordnen sind, ist festgelegt. Bewährt hat sich die rechtwinklige Parallelprojektion als einfachste und wirtschaftlichste Form. Sie kommt für technische Zwecke allgemein zur Anwendung.

Die Werkstatt muß in der Lage sein, nach Zeichnung einen Körper mit den gleichen Abmessungen herzustellen. Außer der Form sind daher auch Maße und Schnitte für die Innenform in der Zeichnung enthalten. Ihre Güte ist wesentlich für eine einwandfreie Fertigung, und diese für ein richtiges Funktionieren des Werkstückes am zugeordneten Verwendungszweck.

Wie entsteht eine rechtwinklige Parallelprojektion?

2. Rechtwinklige Parallelprojektion.

(Grundlage für die technisch übliche Darstellungsart.)

Ein Licht wirft nach allen Seiten seine Lichtstrahlen. Eine Kugel K_1 (Abb. 13a) wirft auf eine Wand W_1 einen Schatten S_1 , der je nach den Abständen von Licht zu Kugel und von Kugel zu Wand größer im Durchmesser wird als die Kugel selbst. Die äußersten Lichtstrahlen für den Schatten umschließen den Winkel α .

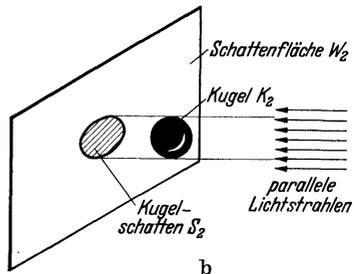
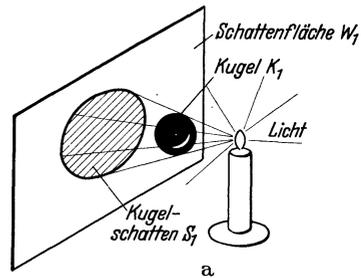


Abb. 13. Auswirkung von parallelen Lichtstrahlen.

Stellt man sich jetzt vor, daß die Lichtquelle, z. B. die Sonne, sehr weit entfernt ist, so würde der Winkel zwischen den die Kugel einschließenden Lichtstrahlen so klein werden, daß er praktisch gleich Null wird, d. h., die Lichtstrahlen laufen parallel. Man spricht vom parallelen Licht, Abb. 13 b

Bei parallelem Licht erfolgt keine Verzerrung des Schattens, wenn dieser auf eine zu diesen Lichtstrahlen rechtwinklig stehende Fläche W_2 fällt. Projiziert man die Umrisse eines Körpers durch parallele Strahlen auf eine rechtwinklig stehende Fläche, so spricht man von rechtwinkliger Parallelprojektion.

3. Grundsätzliche Darstellungsweise der technischen Zeichnung in drei Ansichten.

Für jede technische Zeichnung benutzt man nun die Parallelprojektion, aber gleichzeitig in mehreren Richtungen mit dem Vorteil, daß keine Verzerrungen der Abmessungen eintreten, so daß die senkrecht zur Blickebene liegenden Maße erhalten bleiben. Es gibt die drei Achsen XYZ , von denen jede Achse zu jeder Achse senkrecht steht (Abb. 14).

Durch zwei sich schneidende Achsen wird immer eine Ebene festgelegt. Hier durch XY die Ebene I , durch YZ die Ebene II und durch Ebene ZX die Ebene III . Auch diese drei Ebenen stehen aufeinander senkrecht.

Senkrecht auf diese Ebenen soll paralleles Licht fallen, also in drei verschiedenen Richtungen und der Körper K wird durch diese parallelen Lichtstrahlen getroffen, die nun auf den Ebenen ein Schattenbild des Körpers erzeugen.

Jetzt denkt man sich nach Abb. 14 b die Ebene I nach unten, die Ebene III nach rechts bis in die Richtung der Ebene II geklappt (gestrichelte Stellung). Damit sind jetzt alle drei Ansichten in einer Ebene, wie die Abb. 14 c zeigt.

Läßt man nun die für die Anschauung nicht mehr notwendigen Achsen XYZ fort, so gibt sich die grundsätzliche Anordnung jeder technischen Zeichnung Abb. 14 d. Es ist hierbei sehr wichtig, sich genau den Richtungssinn beim Klappen zu merken, da bei falschen Klappungen leicht Irrtümer und dabei Fehler auftreten können.

Um alle Darstellungsarten auf andere Weise zu erklären, ist in Abb. 15 gezeigt, wie man sich auch durch Umkanten eines herumgekippten

Werkstückes die normale Lage der Ansichten vorstellen kann. Gerade dieses Umkanten des wirklichen Stückes ermöglicht vielfach die genaue

Bestimmung der dazugehörigen Maße in der Zeichnung. Es kann aber auch notwendig werden, daß man ein weiteres Umkanten nach links ausführen muß, das dann sinngemäß wie das Umkanten nach rechts erfolgt, wie später in Abb. 36 genauer gezeigt wird. Hierbei ist wichtig, daß bei einem Umkanten wohl eine Verschiebung des neuen Bildes in der Kanterrichtung zulässig ist, das neue

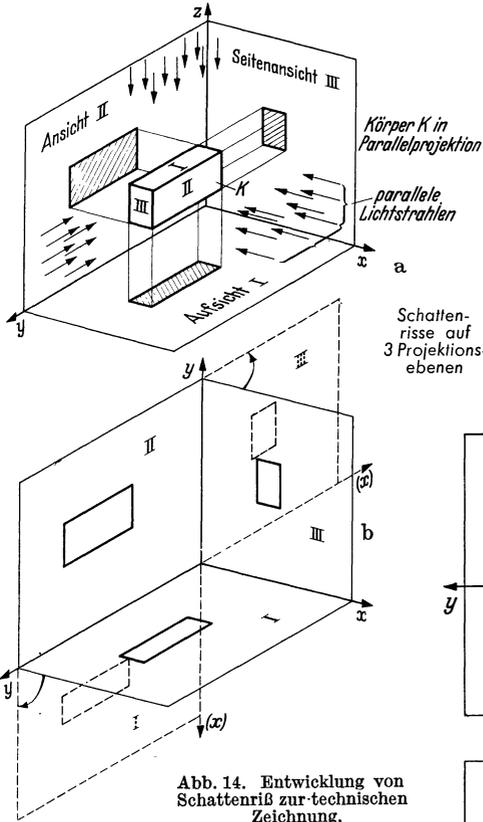
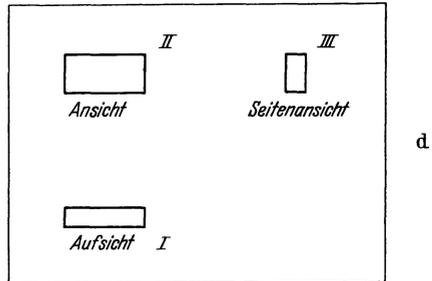
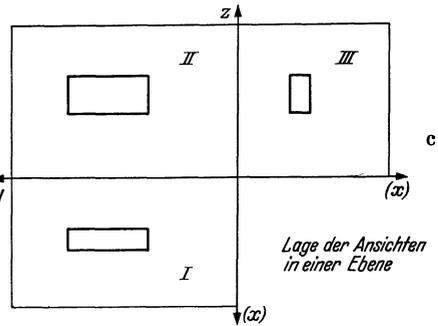


Abb. 14. Entwicklung von Schattenriß zur technischen Zeichnung.

Bild jedoch normalerweise nicht gedreht oder schräg seitlich zur Klapprichtung verschoben ist.

4. Vereinfachte Ansichten durch Sinnbilder.

Um bei einfachen Teilen, wie einer Welle Abb. 16, nicht unnötige Ansichten zeichnen zu müssen, vereinfacht man die Darstellung nach folgender Überlegung.



Die rechtwinkligen Parallelprojektionen der Welle in Abb. 16a ergeben nach Abb. 16b drei Ansichten, von denen die Ansicht 3 gegenüber der Ansicht 1 nichts Neues bringt, da die Welle rund ist. Die An-

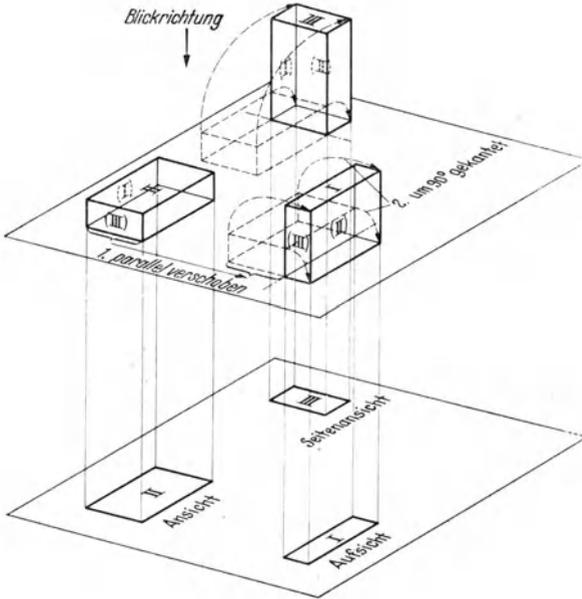


Abb. 15. Richtiges Klappen eines Körpers zur Darstellung in drei Ansichten.

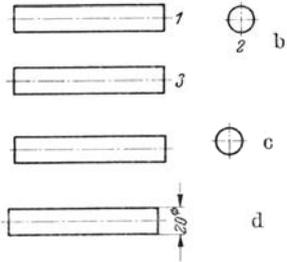
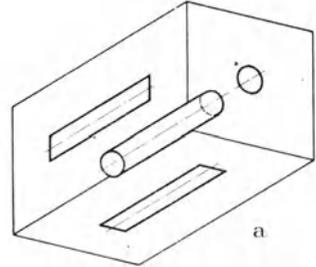


Abb. 16. Vereinfachte Wellenzeichnung durch Kurzzeichen.

sicht 3 kann also fortfallen, wie in Abb. 16c gezeigt. Da die Welle aber rund ist, kann man auch die Seitenansicht 2 fortlassen,

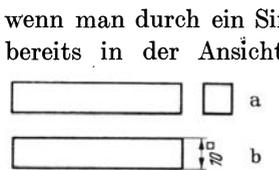


Abb. 17. Vereinfachte Darstellung durch Vierkantkurzzeichen.

wenn man durch ein Sinnbild, hier das Zeichen für Durchmesser (\emptyset), bereits in der Ansicht 1 angibt, daß es sich um einen Drehkörper handelt. Die endgültige und vereinfachte Zeichnung stellt Abb. 16d dar. Ein weiteres Sinnbild ist das Kurzzeichen für Vierkantprofile, das diese Form \square hinter dem Maß trägt (Abb. 17a...b).

5. Ausführung der Ansichten und Linienbedeutung.

In den Ansichten wird all das mit ausgezogenen Linien gezeichnet, was direkt gesehen wird. Erhöhte Punkte werden eingebnet gedacht

(Abb. 18); verschiedene Strichstärken und unterbrochene Linien dienen zur Unterscheidung nach folgender Festlegung (Abb. 19):

1. Starke Vollinie: für sichtbare Kanten und Umrisse.

2. Strichlinie: für unsichtbare (verdeckte) Kanten und Umrisse, für Kernlinien bei Schrauben, Fußkreise bei Zahnrädern usw.

3. Feine Vollinie: als Maß- und Maßhilfslinie und zum Schraffieren von Schnittflächen; zum Andeuten einer scharfen Kante in der Grundform. Die Andeutung solcher Kanten (durch eine feine Vollinie) erleichtert das Lesen von Zeichnungen, wie Abb. 20 für eine geneigte Fläche zeigt.

4. Starke Strichpunktlinie: Zur Angabe von Schnittebenen (die Striche hier kürzer als bei den Mittellinien und stärker als bei den sichtbaren Kanten).

5. Feine Strichpunktlinie: für Mittellinien, Teilkreise bei Zahnrädern,

- | | | |
|---|-----------|--|
| 1 | ————— | Starke Vollinie; 1,2 bis 0,3 mm stark |
| 2 | - - - - - | Strichlinie; dünner als Vollinie 1 |
| 3 | ————— | Feine Vollinie; dünner als Strichpunktlinie 5 |
| 4 | - · - · - | Strichpunktlinie; etwas stärker als Vollinie 1 |
| 5 | - · - · - | Strichpunktlinie; dünner als Strichlinie 2 |
| 6 | ~~~~~ | Freihandlinie; Stärke wie Linien 2 oder 5 |

Abb. 19. Liniestärken.

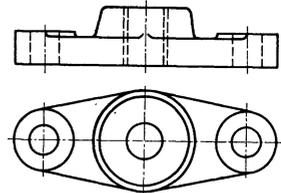


Abb. 18.
Darstellung einer Traverse.

Bearbeitungszugabe, z. B. bei Schmiedestücken; für Teile, die vor dem dargestellten Gegenstande liegen.

6. Freihandlinie: für Sprengfugen und Bruchkanten bei Metallen in der Stärke der Strichlinien, für Bruchkanten bei Holz (Zickzacklinien) in der Stärke der Strichpunktlinie unter 5.

Zu bemerken ist bei Abb. 18, daß bei den Übergängen des ovalen Flansches in die seitlichen Augen oder den mittleren erhöhten Nabenteil die Kanten leicht gekrümmt auslaufen. Für die gestrichelte Linie nimmt man an, daß ein Körper durchsichtig ist und diese Kantenschatten durchschimmern.

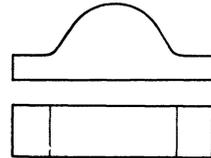


Abb. 20. Andeutung von
Übergängen durch dünnere
Linien.

Zur Ersparnis von einfachen Ansichten oder auch Schnitten kann man leicht übersichtbare Anlagen von Lochkreisen mit Locheinteilung,

Flanschformen, Querschnitte usw. in dünnen Linien senkrecht zur zeichnerischen Ebene, z. B. wie in Abb. 21a...b, einzeichnen.

Eine Vereinfachung ist bei der Darstellung von Gewinden getroffen. Es wird nicht jede einzelne Gewindegabel, wie sie durch einen Schnitt

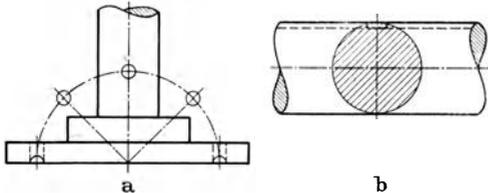


Abb. 21. Im Werkstück eingezeichnete Schnitte oder Ansichten.

entsteht, und die dazugehörige Gangriefe gezeichnet, da dadurch das ganze Bild verwirrt würde. Man verwendet die in Abb. 22 gezeigten Kurzzeichen. Im *Gewindeloch* (Innengewinde) Abb. 22a wird der *Innendurchmesser des Gewindes*

voll, der äußere gestrichelt gezeichnet. Bei einem *Bolzen* (Außengewinde) Abb. 22b wird der *Außendurchmesser voll*, der Innengewindedurchmesser gestrichelt gezeichnet. Kommt in einer Zusammenstellung

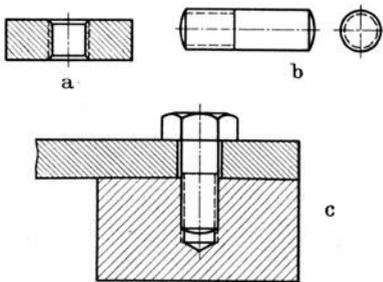


Abb. 22. Gewindedarstellung nicht geschnittener Bolzen.

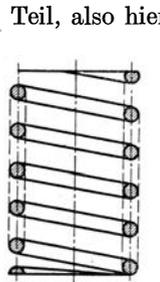


Abb. 23. Zeichnung einer Feder.

Teil, also hier Schraube oder Bolzen, auch im Gewindeteil voll gezeichnet. Das Gegengewinde der Mutter liegt dann im Bolzengewinde eingeschlossen. Hört der Bolzen jedoch in der Gewindebohrung auf, so wird das Gewindeloch weiter, und zwar der Innengewindedurchmesser jetzt voll und der äußere gestrichelt gezeichnet. Das Ende des Loches hat fast immer die charakteristische Form, die von der Bohrerspitze herrührt. Man spricht von Sacklöchern und Gewindecacklöchern im Gegensatz zu Durchgangslöchern (Abb. 22a).

Federn sehen wie in Abb. 23 aus. Die einzelnen Windungen haben zwar scheinbar keinen Zusammenhang miteinander, doch verläuft der fortgeschrittene vordere Teil in der anderen Schräglage, wie bei einer Vorstellung der ganzen Feder leicht einleuchtet.

6. Schnitte.

Vielfach würde das Durchstricheln innen verlaufender Kanten oder Umrisse kein klares Bild der Form ergeben. Deshalb denkt man sich einen Teil oder den ganzen Körper durchgeschnitten. Normalerweise erfolgt der Schnitt durch die Mitte (Abb. 24 a). Die Seitenansicht (Abb. 24 b) ist an sich überflüssig, wenn die Vermaßung des Körpers in Abb. 24 a die Durchmessersinnzeichen trägt, weil der Körper rund ist. Die bei diesem Schnitt abgetrennte Fläche ist schraffiert, und zwar gleichmäßig die beiden Seiten, weil es *ein* Teil ist.

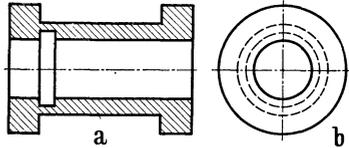


Abb. 24. Schnitt durch eine Buchse.

Wenn dagegen die Buchse geteilt ist (Abb. 25 a···b), werden die zwei Hälften in verschiedener Richtung schraffiert, weil es *zwei* Teile sind.

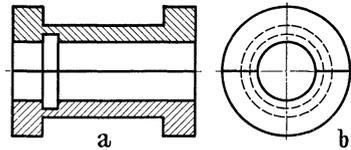


Abb. 25. Schnitt durch eine geteilte Buchse.

Führt man einen Schnitt durch ein Schwungrad, wie in Abb. 26 a···b, der durch einen Arm geht, so wird der Schwungradkranz und die Nabe schraffiert, der Arm jedoch nicht, trotzdem der Schnitt hindurchläuft (Abb. 26 a). Um aber die Form des Armquerschnittes anzugeben, kann nach Abb. 26 b in den Arm ein Schnitt „c“ gelegt werden. Man denkt sich den Arm bei „c“ durchgeschnitten und den Schnitt an dieser Stelle um 90° gedreht hinein-gezeichnet.

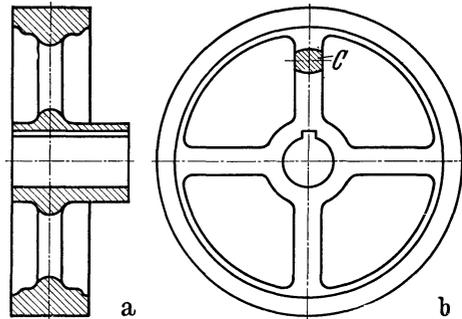


Abb. 26. Zeichnung eines Schwungrades.

Als Regel gilt: Alle vollen Teile, wie Schrauben (Abb. 27), Muttern, Nieten, Bolzen, Unterlegscheiben, Splinte, Keile, Stifte, Kugeln, Wellen, Zapfen, Rippen, Arme von Schwungradern, Zahnräder und Riemenscheiben, Kettenglieder werden niemals im Längsschnitt, sondern stets in Ansicht gezeichnet. Wenn jedoch ein Querschnitt vorliegt, werden auch diese Teile geschnitten (Abb. 28 c) (der durchgehende Bolzen).

In Abb. 28 b sieht man nun, wie zur besseren Übersicht ein Stück des Bolzens herausgebrochen ist. Die Bruchfläche ist dann zur Hälfte etwa schraffiert. Die Rippen sind, wie in Abb. 28 c, ebenfalls nicht geschnitten.

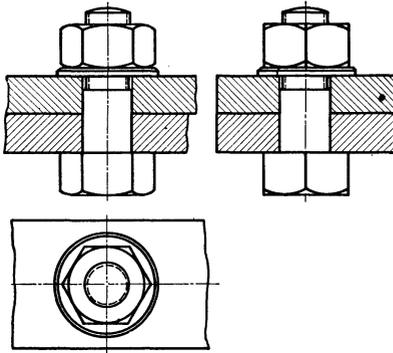


Abb. 27. Volle Teile in Ansicht gezeichnet, auch wenn ein Schnitt durchläuft.

Abb. 29 zeigt den Unterschied der Bruchflächen zwischen Metall, einem Rohr und Holz.

Manchmal wird auch die eine Hälfte eines Körpers im Schnitt, die andere Hälfte in Ansicht gezeichnet (Abb. 30). Bei der Ansicht sind dann die Innenbohrungen durchgestrichelt. Durch Angabe der Durchmessersinnzeichen wird festgelegt, daß es sich um einen Drehkörper handelt.

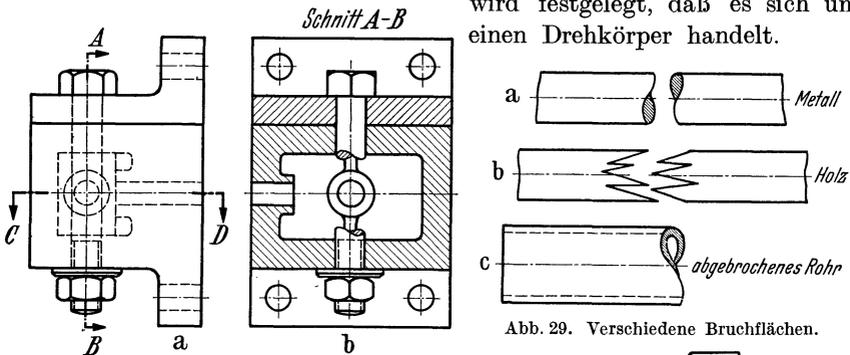


Abb. 29. Verschiedene Bruchflächen.

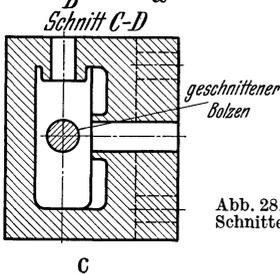


Abb. 28. Ansicht und Schnitte durch einen Kasten.

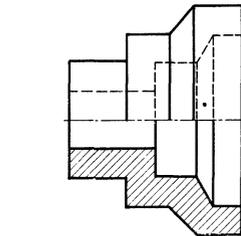


Abb. 30. Halbseitige Darstellung in Schnitt und Ansicht eines Körpers.

Wenn in einer Platte mehrere Bohrungen vorkommen (Abb. 31 a...b), die nicht in einer Achsrichtung liegen, die aber doch durch einen Schnitt

dargestellt werden müssen, so kann ein abgesetzter Schnitt gezeichnet werden. Die Pfeile an den Enden der Schnittlinien geben die Blickrichtung an, mit der auf diesen Schnitt gesehen wird. Der Schnitt selbst wird nach Abb. 15 richtig nach rechts umgelegt. Die Pfeile sind hier z. B. nicht notwendig, da ein Irrtum ausgeschlossen ist, wie der Schnitt anzusehen ist. Bemerkenswert ist bei der Ansicht Abb. 31 a, daß die zwei kleinen Löcher beide von oben als gleiche Kreise gelten, im Schnitt aber die Form ganz verschieden ausfällt. Ebenso ist in der gestrichelten Linie des großen Loches nicht erkennbar, ob es sich um ein Gewinde oder um eine Eindrehung handelt. Erst der Schnitt gibt hierüber Aufschluß bzw. die Vermaßung.

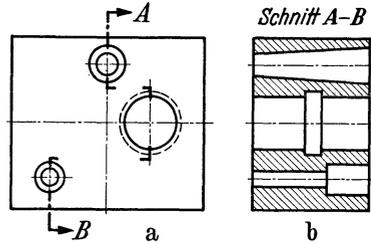


Abb. 31. Abgesetzter Schnitt.

Es kann auch vorkommen, daß der Schnittverlauf unter einem Winkel verdreht weiter verläuft (Abb. 32). Dann denkt man sich die Schnitthälfte BO um den Punkt O gedreht, wie in Pfeilrichtung (Abb. 32 a), bis dieser Teil in die Richtung $I-I$ fällt. Nach rechts geklappt ergibt sich dann Abb. 32 b. Hier wird scheinbar von der Regel abgewichen, daß bei einem Schnitt alle zueinander gehörigen Linien in gleicher Höhe liegen müssen, weil die Bohrung „z“ in Abb. 32 b tiefer liegt, als nach den durchpunktigten Linien angedeutet ist. Die Zeichnung ist aber trotzdem richtig, da ja der Schnitt BO in die Ebene $I-I$ hineingefügt ist und dann erst nach rechts geklappt wurde. Dadurch liegt die Bohrung „z“ auf dem Teilkreisdurchmesser „d“

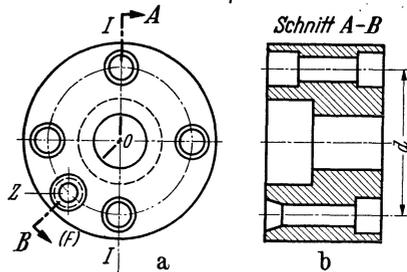


Abb. 32. Winkelschnitt.

7. Schräge Kantungen und Schnitte.

Wenn ein Werkstück eine schräge Fläche hat, auf der z. B. verschiedene Bohrungen mit Abständen im richtigen Verhältnis erkennbar sein müssen, so muß man zu schrägen Klappungen oder schrägen

Schnitten greifen. Das in Abb. 33 gezeichnete Beispiel ist zwecks Anschaulichkeit schräg umgelegt.

Das in Abb. 33 gezeigte Stück ist in Abb. 34 b in Ansicht gezeichnet, wie es in Abschnitt 3 erklärt ist. Jetzt soll die schräge Fläche mit den Punkten 1, 2, 3, 4 in richtiger Ansicht dargestellt werden. Das Werkstück muß derart gekantet werden, daß diese schräge Fläche parallel zur Hauptfläche I zu liegen kommt.

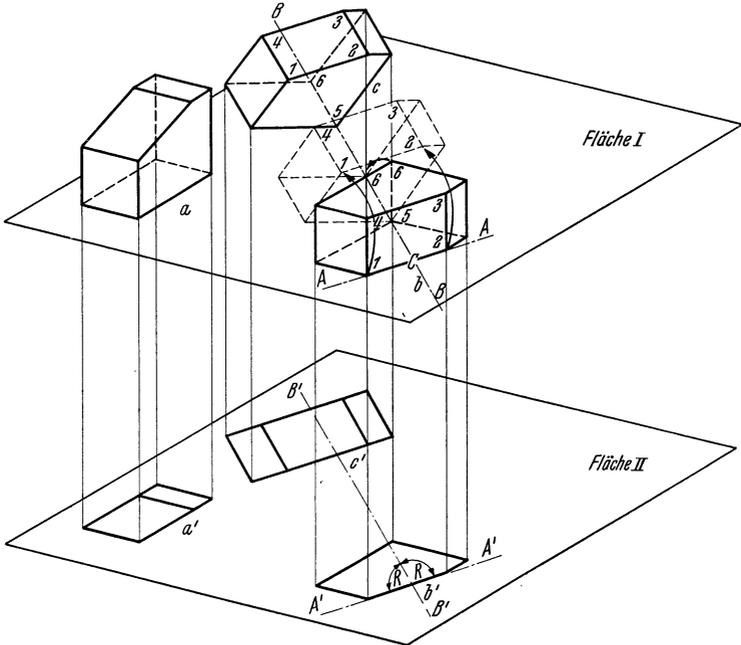


Abb. 33. Schräge Kantung.

Die Linie $B-B$ soll senkrecht auf der Linie A stehen, also bei dem Punkt „o“ jeweils einen rechten Winkel mit der Linie $A-A$ bilden. Nun wird das Werkstück um den Punkt 5 hochgeklappt, so daß die Kanten $5-6$ in die Linie $B-B$ zu liegen kommt, ohne daß dabei das Werkstück nach rechts oder links umfällt. Die Kante $1-2$ bleibt auch in der neuen Lage parallel zu $A-A$. Dadurch liegt jetzt die Fläche 1, 2, 3, 4 parallel zur Fläche I.

Man könnte die neue Ansicht direkt auf die Fläche I projizieren,

tut das aber nicht, weil dann die Ansichten *b* und *c* dicht beieinander zu liegen kommen. Man verschiebt daher den geklappten Körper um ein an sich beliebiges Stück entlang der Linie *B—B*. Zeichnet man jetzt die Aufsicht der drei Stellungen des Körpers auf die Fläche *II*, so ergibt sich die Darstellung *a' b' c'*. Dasselbe Umkanteln, jetzt nicht mehr perspektivisch dargestellt, sondern in technischer Form zeigt Abb. 34a...c. Hier haben wir nun die schräge Fläche in natürlicher Ansicht, auf der auch richtige Maße eingeschrieben werden können.

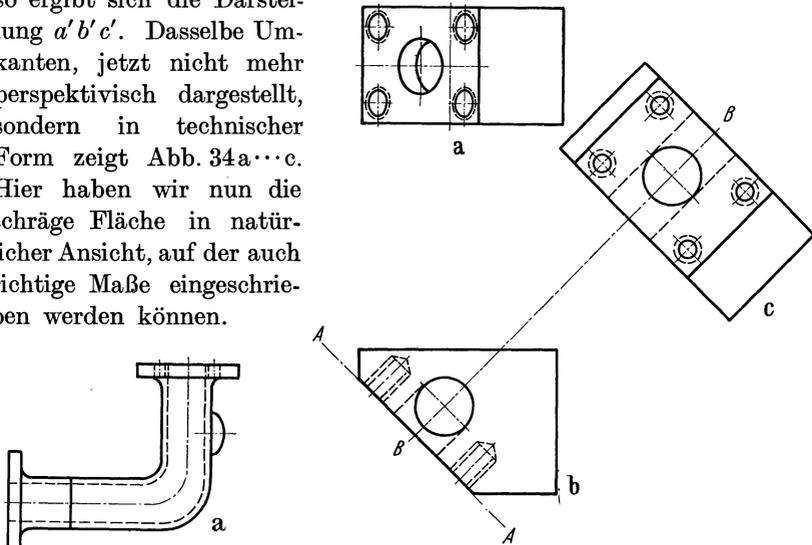


Abb. 34. Schräge Klappung eines Blockes mit ebener und unverzerrter Ansicht der schrägen Fläche.

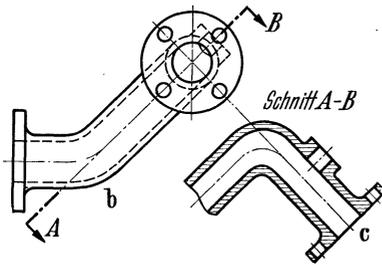


Abb. 35. Schräge Klappung mit Schnitt durch Rohrkrümmer.

Bei einem Rohrkrümmer Abb. 35a...c lassen sich durch die Ansicht *A—B* nicht genau die Maße der Warze mit Gewindeloch angeben. Auch hier wird durch einen Schnitt *A—B* senkrecht durch die Warze und durch Umlegen des Schnittes, wie in Abb. 33, ein genaues

Abbild wiedergegeben. Nur der gerade im Schnitt liegende und wesentliche Teil des Krümmers ist gezeichnet. Der Rest ist abgebrochen gedacht.

Allgemein kann man sich merken, daß jede Ansicht oder jeder Schnitt stets senkrecht zu der Ansicht oder Schnittebene liegt, auf die

er bezogen ist; in dieser senkrechten Richtung kann er beliebig verschoben sein.

8. Verschiebungen von Ansicht und Schnitten.

Bei komplizierten Werkstücken ist es aus Platzmangel manchmal nicht möglich, Ansicht und Schnitte in der richtigen Klapplage zu zeichnen (Abb. 36). Vom gezeichneten Zylinderblock ist a) die Ansicht, b) die Aufsicht, c) die Seitenansicht von rechts. Diese drei Ansichten liegen richtig. Bereits die Schnitte $d-e$ liegen nicht richtig, weil sie in der Aufsicht b eingezeichnet sind, aber von der Ansicht a her nach rechts geklappt wurden. Man hätte also richtiger die Schnittlinien in Abb. 36a eingetragen; jedoch ist die Eintragung in b viel besser, weil man sofort sieht, daß hier der Schnitt $A-B$ durch die Zylindermitte geführt ist, während man bei einer Eintragung in a erst suchen müßte, wo der Schnitt verläuft. Es ist daher trotz der Eintragung des Schnittverlaufes $A-B$ in Abb. 36b ein Schnitt durch a gedacht und dieser richtig nach rechts umgelegt.

Für den Schnitt $C-D$ trifft in bezug auf die Lage dasselbe wie für $A-B$ zu. Er ist auch in b eingetragen, jedoch in a geschnitten gedacht und richtig nach rechts umgelegt, aber nun ein Stück weiter nach rechts verschoben, da am eigentlichen Platz bereits der Schnitt $A-B$ gezeichnet ist. Zu bemerken ist die Abknickung des Schnittes, die nicht in der Mitte erfolgte, wo die Rippe läuft, sondern darunter. Dadurch enthält $C-D$ eigentlich zwei Schnitte. Der Schnitt $E-F$ soll zeigen, wie die Form an der Stoßstelle des Zylinderblockes innen aussieht. Durch die Pfeilrichtung ist angegeben, daß der Blick von unten nach oben gedacht ist. Die richtige Lage des Schnittes wäre in „ f “ oben. Weil aber bei dieser Lage die Zeichnung unhandlich groß wird, und rechts und links neben dem Schnitt „ f “ freie Felder bleiben würden, ist dieser Schnitt parallel zu sich, d. h. ohne Drehung nach der Stelle „ f “ verschoben worden. Ähnlich ist es mit dem abgesetzten Schnitt $GFIK$, der in richtiger Lage von a aus an der Stelle b liegen müßte. Hier ist aber schon b gezeichnet, so daß er weiter in der Klapprichtung nach unten verschoben nach „ g “ kommen mußte. In „ g “ würde er aber wieder ungünstige erhebliche Vergrößerung der Zeichnung hervorrufen, da rechts und links leere Felder bleiben würden.

Er wird also in sich parallel, d. h. ohne Verdrehung, an den freien Platz unter d und e nach „ g “ verschoben, jetzt jedoch so, daß die

fällt, daß also von der Aufsicht *b* ein oberer Teil abgeschnitten gedacht ist. Durch den abgelenkten Schnitt fallen auf der rechten Hälfte von Abb. 36*g'* die Linien für den Vorsprung fort.

Abschnitt 4.

Maße und Toleranzen.

Außer dem Bild, das die Zeichnung von dem Werkstück vermittelt, braucht man zur Herstellung auch seine Abmessungen. Zu diesem Zweck sind Maße und Toleranzen auf den Zeichnungen eingetragen. Diese werden nicht immer an die einzelnen Kanten herangeschrieben, sondern nach bestimmten Regeln zwecks Übersichtlichkeit abgerückt.

1. Maße, ihre Anordnung und Eintragung.

Sämtliche Maßeintragungen in Zeichnungen der Metalltechnik gelten in Millimetern. Sind andere Größen wie z. B. Meter eingetragen, so muß das dabei stehen, z. B. 15 m. Normalerweise schreibt man aber dafür 15000, das sind 15000 mm = 15 m.

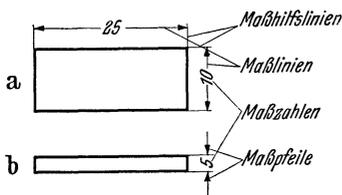


Abb. 37. Benennung der Linien für die Maßeintragung.

Die Benennung der einzelnen Linien geht aus Abb. 37 hervor. Wenn nicht direkte Maße zwischen den Kanten eines Stückes eingetragen werden können, oder zur besseren Übersicht, werden Maßhilfslinien verwendet, die in der Regel senkrecht zu den gemeinten Kanten stehen. Sie können auch schräg herausgezogen werden (Abb. 38). Die Maßlinien jedoch werden parallel zur gemeinten Strecke der Abmessung gezeichnet. Das Maß selbst gilt dann zwischen den Kanten bzw. Maßhilfslinien, bis zu denen die Pfeilspitzen gehen. Bei kleinen Maßen können die Maßpfeile auch von außen hinkommend gezeichnet werden (Abb. 37b).

Der in Abb. 39a...b gezeichnete Bolzen ist ein Drehkörper mit 4kant-Kopf, wie die Zeichen \varnothing und \square angeben. Die einzelnen Maße gelten jeweils zwischen den Kanten oder Maßhilfslinien. Zu beachten ist, daß die ganze Länge größer als 90 mm wird, da dazu noch die Höhe „*h*“ für die Kuppe mit 30 *r* (gemeint ist 30 mm Radius, da sonst immer \varnothing -Eintragungen stattfinden) hinzuzurechnen ist. Das rohe Stück muß

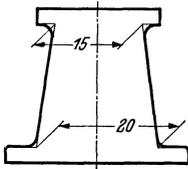


Abb. 38. Vermaßung unzugänglicher Stellen.

also länger sein. Ferner muß man beachten, daß beim Drehen des Ansatzes für den \sphericalangle Kopf Abb. 39 a, gekennzeichnet durch die gekreuzten Flächen, der Drehdurchmesser größer sein muß, wie Abb. 39 b zeigt. Falls, wie in Abb. 39 a, eine Abrundung der Ecken vorhanden sein soll, muß der Radius auf der Zeichnung angegeben sein. Das Durchmesserzeichen wird fortgelassen, wenn beide Maßpfeile in der Kreislinie erscheinen, das Stück ist dann nach Zeichnung rund.

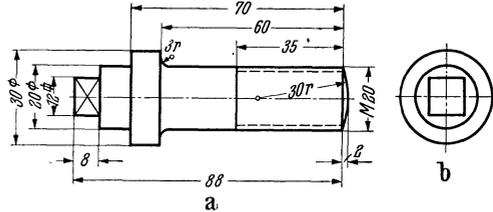


Abb. 39. Maßeintragungen.

Sind an einem Werkstück nach Abb. 40 viele Ansätze vorhanden,

so daß auf jeder Seite sehr viele Durchmesserangaben und Maßlinien notwendig wären, so können zur Übersichtlichkeit nur die eine Hälfte der Maßlinien und Pfeile gezeichnet sein. Wenn dann das Maß mit dem Durchmesserzeichen eingeschrieben ist, gilt es bis zur entsprechenden Kante der anderen Hälfte. Ebenso können bei Durchmesserangaben (Abb. 41 a) nur ein Teil der Maßlinien angegeben sein oder wie in Abb. 41 b eine Abknickung der Maßlinien stattfinden, damit eine genaue Einzeichnung des Ausgangspunktes mit dem Abstand 10 mm vorgenommen werden kann, um nicht unnötig viel Zeichenpapier bei maßstäblicher Eintragung zu erhalten.

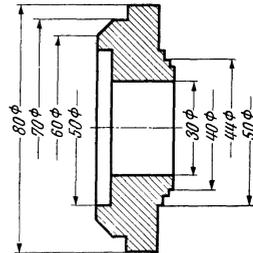


Abb. 40. Fortlassen einer Hälfte von Maßlinien zur besseren Übersichtlichkeit.

Ein Teil nach Abb. 42 enthält innen eine Kugelfläche, deutlich an der Angabe 20 Kugel erkenntlich. Hier muß besonders vorsichtig gearbeitet werden.

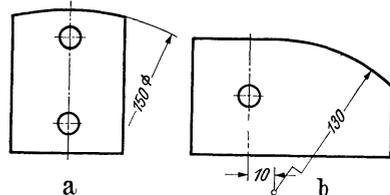


Abb. 41. Eintragungen von großen Radien und Vermaßung.

2. Gewinde.

Die Gewindevermaßung wird immer bis zum äußeren Gewindedurchmesser eingetragen (Abb. 43). Bei Außengewinden bis zu den vollen Gewindelinien, bei Innen-

gewinden bis zur gestrichelten Außendurchmesserlinie (Abb. 43b). Die Art und Größe der Gewinde wird mit Kurzzeichen angegeben. Steht z. B. in der Zeichnung „M 25“, so bedeutet das ein metrisches Gewinde, dessen Abmessungen in einem Normblatt festgelegt sind.

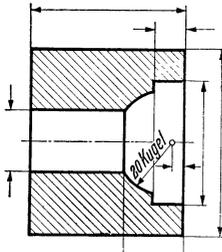


Abb. 42. Vermaßung einer Kugel.

Bei metrischen Gewinden ist der Außendurchmesser immer gleich der Bezeichnung, hier also 25 mm.

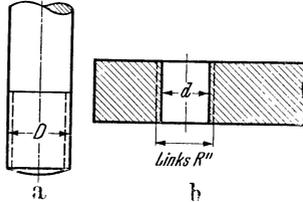


Abb. 43. Sinnbild für Gewinde.

Bei der Angabe $\frac{1}{2}$ '' (gesprochen ein halb Zoll) handelt es sich um Zollgewinde, dessen Hauptabmessungen aus Aushängen im Betrieb entnommen werden können.

Normalerweise haben alle Gewinde Rechtssteigung, wenn keine Bemerkung in der Zeichnung steht. Bei Linkssteigung wird wie in Abb. 43 b „Links“ eingeschrieben. Die Größe des Kerndurchmessers zeigt Abb. 44.

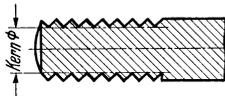


Abb. 44. Kerndurchmesser bei Gewinden.

3. Oberflächenzeichen.

Für die Oberflächengüte sind verschiedene

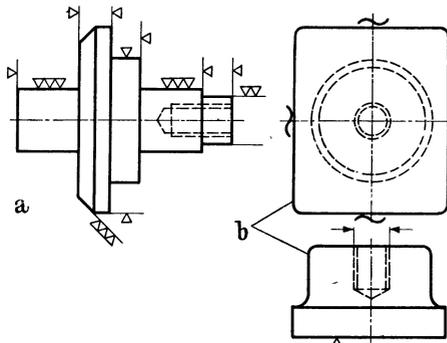


Abb. 45. Verschiedene Oberflächenzeichen.

Kurzzeichen auf den Kanten des Werkstückes oder den Maßhilfslinien eingetragen, und zwar immer auf der Seite, wo die Abnahme der Späne durch das Werkzeug erfolgen soll (Abb. 45). Wenn kein Bearbeitungszeichen vorhanden ist, findet auch keine Bearbeitung statt; diese Stelle bleibt roh. Das Zeichen \sim bedeutet eine ganz rohe Bearbeitung durch Schmirgeln oder Feilen,

Verputzen von Nähten, die durch eine Maschinenbearbeitung selten vorgenommen wird.

Das Beispiel Abb. 45a wird bearbeitet:

1. Nach Abb. 46b die Seitenflächen des \square nicht, weil „~“ vorhanden ist. In besonderen Fällen grob schrappen, Riefen dürfen deutlich sichtbar sein.

2. Nach Abb. 46a ∇ . Riefen dürfen mit bloßem Auge noch sichtbar sein.

3. $\nabla\nabla$ Riefen dürfen mit bloßem Auge nicht erkennbar sein.

4. $\nabla\nabla\nabla$ Keine Riefen und glatte Oberfläche.

Wichtig ist, daß diese Oberflächengüten nichts besagen über die Genauigkeit der Abmessung, vergleiche folgenden Abschnitt. Ebenso nichts über die Herstellungsverfahren, also Drehen oder Schleifen usw. Die Bearbeitungsart ist allein durch die Arbeitsvorschrift festgelegt.

Befindet sich am Werkstück kein Bearbeitungszeichen (Abb. 46a), auf der Zeichnung jedoch (meistens über dem Schriftfeld) das Bearbeitungszeichen $\nabla\nabla$, so sind sämtliche Flächen nach $\nabla\nabla$ zu bearbeiten, wie in Abb. 46b gezeichnet.

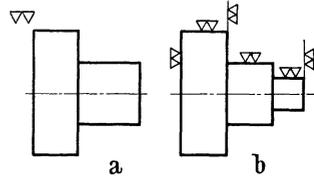


Abb. 46. Bearbeitungszeichen.

Trägt die Zeichnung außer dem Zeichen $\nabla\nabla$ noch das andere Zeichen $\nabla\nabla\nabla$ dahinter in Klammern, so sind alle Flächen nach $\nabla\nabla$ zu bearbeiten, die mit $\nabla\nabla\nabla$ versehenen Flächen dagegen feiner (Abb. 47).

Wenn in einer Bohrung (Abb. 48) zwei Bearbeitungszeichen stehen, ∇ und $\nabla\nabla\nabla$, so wird die Bohrung auf die hier angegebene Länge von 20 mm nach $\nabla\nabla\nabla$ bearbeitet und der übrige Teil der Bohrung mit ∇ .

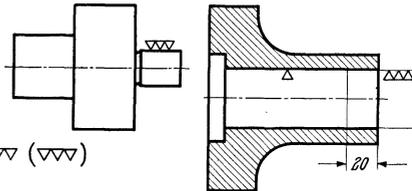


Abb. 47. Bearbeitungszeichen.

Abb. 48. Verschiedene Bearbeitung der gleichen Bohrung.

Gewinde werden allgemein nicht mit Oberflächenzeichen versehen, müssen aber immer $\nabla\nabla\nabla$ entsprechen.

4. Toleranzen und Passungssysteme.

Ein Maß genau einzuhalten ist praktisch überhaupt nicht möglich. Man muß stets eine Abweichung zulassen, auch wenn diese nur ein Bruchteil eines tausendstel Millimeters wäre. Je kleiner diese zulässige

Abweichung wird, um so länger wird die Arbeitszeit und um so teurer das Stück. Aus diesem Grunde versucht man durch eine geeignete Konstruktion möglichst große Abweichungen der Maße zulässig zu machen und nur einen geringen Teil der Maße mit kleinen Abweichungen festzulegen. Man spricht vom „Tolerieren“ der Maße. Gerade bei Serienfertigungen müssen aus der Zeichnung die Toleranzen erkennbar sein. Sache des Konstrukteurs ist es, die Teile so zu tolerieren, daß sie trotz der Abweichungen austauschbar bleiben.

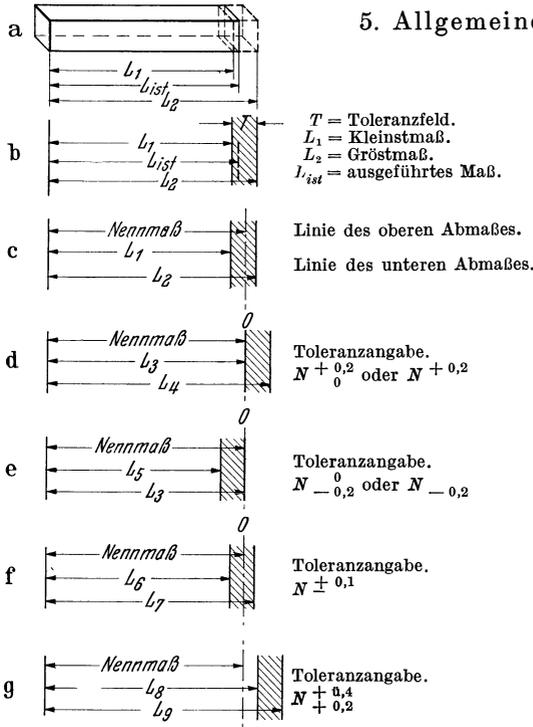


Abb. 49. Lage der Toleranzfelder.

Linie“. Die Begrenzungslinien des Toleranzfeldes werden mit oberem und unterem Abmaß bezeichnet. Von der Null-Linie aus betrachtet sagt man nun, daß die Toleranz über Null liegt (Abb. 49d), das untere Abmaß ist dann gleich Null, oder unter Null liegt (Abb. 49c), das obere Abmaß $\hat{=}$ Null. In Abb. 49f liegt das obere Abmaß über Null

Mehrere nach Zeichnung gleiche Werkstücke (Abb. 49a) werden daher mit verschiedenen Längen zwischen L_1 dem Kleinmaß und L_2 dem Größtmaß bei der Fertigung ausfallen. Das in Abb. 49b schraffierte Bild zwischen dem oberen und unteren Maß heißt „Toleranzfeld“, die wirklich ausgefallene Länge „ L_{ist} “ ist das „Istmaß“, die Breite des Toleranzfeldes = der Toleranz ist „ T “. Das Nennmaß ist das auf der Zeichnung angegebene theoretisch genaue Maß und soll nach Abb. 49c hier innerhalb des Toleranzfeldes liegen. Die Linie des genauen Nennmaßes heißt „Null-

und das untere Abmaß unter Null. Es handelt sich jetzt darum, die Größe der Abmaße anzugeben und in der Zeichnung festzulegen. Dabei wird das obere Abmaß immer hoch, das untere stets tief hinter das Maß gesetzt (Abb. 49 g).

6. Einfache Toleranzangaben.

Eine einfache Eintragung der Toleranzen ist in Abb. 50 angegeben. Hier erscheinen:

$80 \pm 0,2$	das Maß darf also	80,2	bis	79,8	betragen.
$100 + 0,3$	„ „ „ „	105,3	„	105,0	„
$20 \begin{matrix} + 0,2 \\ - 0,1 \end{matrix}$	„ „ „ „	$20,2 \varnothing$	„	$19,9 \varnothing$	„
$35 \varnothing - 0,05$	„ „ „ „	$35,0 \varnothing$	„	$34,95 \varnothing$	„
$10 \varnothing \begin{matrix} + 0,02 \\ - 0,03 \end{matrix}$	„ „ „ „	$10,02 \varnothing$	„	$9,97 \varnothing$	„

Die Toleranz ist also immer vom genauen Nennmaß zuzuzählen oder abzuziehen, je nach dem Vorzeichen. Aufpassen muß man bei dem Abziehen von 0,01 mm, das sind hundertstel Millimeter, damit nicht versehentlich stattdessen $\frac{1}{10}$ mm gerechnet wird.

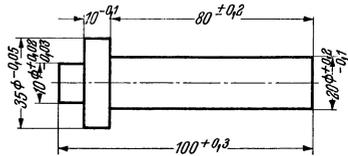


Abb. 50. Einfache Toleranzangaben

7. Toleranzen nach dem DIN-Passungssystem.

Man hat sich nun zwecks Übersichtlichkeit bei der Konstruktion überlegt, welche Toleranzen einheitlich z. B. für die zueinandergehörigen Wellen und Bohrungen gewählt werden müssen, um einen bestimmten Sitz für das Funktionieren der beiden Teile gegeneinander zu erhalten. Diese sind in einer Zahlentafel zusammengefaßt und erleichtern so dem Konstrukteur die Arbeit. Damit dieser nicht jedesmal die verschiedenen Toleranzen aus Zahlentafeln entnehmen und sie in die Zeichnung eintragen muß, werden für den gewünschten Sitz allgemeingültige Kurzzeichen verwendet.

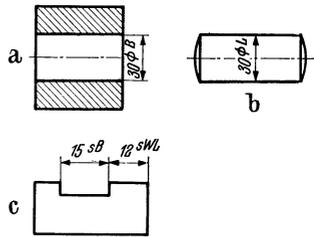


Abb. 51. Eintragungen von DIN-Passungen.

Die in Abb. 51a gezeichnete Buchse soll in der Bohrung mit der Toleranz B auf das Maß 30 mm \varnothing B gefertigt werden, die Welle in

Tabelle 3. Kleine Buchstaben.
Nennmaße in $\mu = 1/1000$ mm für Außenmaße.

Paß- toleranz- feld	Nennbereich in mm																						
	1 3	3 6	6 10	10 18	18 30	30 40	40 50	50 65	65 80	80 100	100 120	120 140	140 160	160 180	180 200	200 225	225 250	250 280	280 315	315 355	355 400	400 450	450 500
a 11	-270 -330	-270 -345	-280 -370	-290 -400	-300 -430	-310 -470	-320 -480	-340 -530	-360 -550	-380 -600	-410 -630	-460 -710	-520 -770	-580 -830	-660 -950	-740 -1030	-820 -1110	-920 -1240	-1050 -1370	-1200 -1560	-1350 -1710	-1500 -1900	-1650 -2050
b 11	-140 -200	-140 -215	-150 -240	-160 -260	-160 -290	-170 -330	-180 -340	-190 -380	-200 -390	-220 -440	-240 -460	-260 -510	-280 -530	-310 -560	-340 -630	-380 -670	-420 -710	-480 -800	-540 -860	-600 -960	-680 -1040	-760 -1160	-840 -1240
c 11	-60 -120	-70 -145	-80 -170	-95 -205	-110 -240	-120 -280	-130 -290	-140 -330	-150 -340	-170 -390	-180 -400	-200 -450	-230 -460	-240 -480	-260 -530	-280 -550	-300 -570	-300 -620	-330 -650	-360 -720	-400 -760	-440 -840	-480 -880
d 9	-20 -45	-30 -60	-40 -76	-50 -93	-65 -117	-80 -142	-80 -142	-100 -174	-100 -174	-120 -207	-120 -207	-145 -245	-145 -245	-170 -285	-170 -285	-190 -320	-190 -320	-210 -350	-210 -350	-230 -385	-230 -385	-280 -480	-385
d 10	-20 -60	-30 -78	-40 -98	-50 -120	-65 -149	-80 -180	-80 -180	-100 -220	-100 -220	-120 -260	-120 -260	-145 -305	-145 -305	-170 -355	-170 -355	-190 -400	-190 -400	-210 -440	-210 -440	-230 -480	-230 -480	-280 -480	-480
d 11	-20 -80	-30 -105	-40 -130	-50 -160	-65 -195	-80 -240	-80 -240	-100 -290	-100 -290	-120 -340	-120 -340	-145 -395	-145 -395	-170 -460	-170 -460	-190 -510	-190 -510	-210 -570	-210 -570	-230 -630	-230 -630	-280 -630	-630
e 8	-14 -28	-20 -38	-25 -47	-32 -59	-40 -73	-50 -89	-50 -89	-60 -106	-60 -106	-72 -126	-72 -126	-85 -148	-85 -148	-100 -172	-100 -172	-110 -191	-110 -191	-125 -214	-125 -214	-135 -232	-135 -232	-185 -232	-232
e 9	-14 -39	-20 -50	-25 -61	-32 -75	-40 -92	-50 -112	-50 -112	-60 -134	-60 -134	-72 -159	-72 -159	-85 -185	-85 -185	-100 -215	-100 -215	-110 -240	-110 -240	-125 -265	-125 -265	-135 -290	-135 -290	-185 -290	-290
f 7	-7 -16	-10 -22	-13 -28	-16 -34	-20 -41	-25 -50	-25 -50	-30 -60	-30 -60	-36 -71	-36 -71	-43 -83	-43 -83	-50 -96	-50 -96	-56 -108	-56 -108	-62 -119	-62 -119	-68 -131	-68 -131	-88 -131	-131
f 8	-7 -21	-10 -28	-13 -35	-16 -43	-20 -53	-25 -64	-25 -64	-30 -70	-30 -70	-36 -90	-36 -90	-43 -106	-43 -106	-50 -122	-50 -122	-56 -137	-56 -137	-62 -151	-62 -151	-68 -165	-68 -165	-88 -165	-165
g 5	-8 -8	-4 -9	-5 -11	-6 -14	-7 -16	-9 -20	-9 -20	-10 -23	-10 -23	-12 -27	-12 -27	-14 -32	-14 -32	-15 -35	-15 -35	-17 -40	-17 -40	-18 -43	-18 -43	-20 -47	-20 -47	-20 -47	-47
g 6	-8 -10	-4 -12	-5 -14	-6 -17	-7 -20	-9 -25	-9 -25	-10 -29	-10 -29	-12 -34	-12 -34	-14 -39	-14 -39	-15 -44	-15 -44	-17 -49	-17 -49	-18 -54	-18 -54	-20 -60	-20 -60	-20 -60	-60

Tabelle 4. Große Buchstaben.
Nennmaße in $\mu = 1/1000$ mm für Innenmaße.

Paß- toleranz- feld	Nennbereich in mm																							
	1 bis 3	3 bis 6	6 bis 10	10 bis 18	18 bis 30	30 bis 40	40 bis 50	50 bis 65	65 bis 80	80 bis 100	100 bis 120	120 bis 140	140 bis 160	160 bis 180	180 bis 200	200 bis 225	225 bis 250	250 bis 280	280 bis 315	315 bis 355	355 bis 400	400 bis 450	450 bis 500	
A 11	+330 +270	+345 +270	+370 +280	+400 +290	+430 +300	+470 +310	+480 +320	+530 +340	+550 +360	+600 +380	+630 +410	+710 +460	+770 +520	+830 +580	+850 +660	+1030 +740	+1110 +820	+1240 +920	+1370 +1050	+1560 +1200	+1710 +1350	+1900 +1500	+2050 +1650	
B 11	+200 +140	+215 +140	+240 +150	+260 +160	+290 +160	+330 +170	+340 +180	+380 +190	+390 +200	+440 +220	+460 +240	+510 +260	+530 +280	+560 +310	+630 +340	+670 +380	+710 +420	+800 +430	+860 +540	+960 +600	+1040 +680	+1160 +760	+1240 +840	
C 11	+120 +60	+145 +70	+170 +80	+205 +95	+240 +110	+280 +120	+290 +130	+330 +140	+340 +150	+370 +170	+400 +180	+450 +200	+460 +210	+480 +230	+530 +240	+550 +260	+570 +280	+620 +300	+650 +330	+720 +360	+760 +400	+840 +440	+880 +480	
D 9	+45 +20	+60 +30	+76 +40	+93 +50	+117 +65	+142 +80	+174 +100	+207 +120	+245 [*] +145	+285 +170	+320 +190	+385 +230	+440 +210	+480 +230	+570 +230	+630 +230	+690 +230	+750 +230	+820 +230	+885 +230	+950 +230	+1015 +230	+1080 +230	
D 10	+60 +20	+78 +30	+98 +40	+120 +50	+149 +65	+180 +80	+220 +100	+260 +120	+305 +145	+355 +170 [*]	+400 +190	+440 +210	+480 +230	+530 +230	+570 +230	+630 +230	+690 +230	+750 +230	+820 +230	+885 +230	+950 +230	+1015 +230	+1080 +230	
D 11	+80 +20	+105 +40	+130 +50	+160 +65	+195 +65	+240 +80	+290 +100	+340 +120	+395 +145	+460 +170	+510 +190	+570 +210	+630 +230	+690 +230	+750 +230	+820 +230	+885 +230	+950 +230	+1015 +230	+1080 +230	+1145 +230	+1210 +230	+1275 +230	
E 8	+28 +14	+38 +20	+47 +25	+59 +32	+73 +40	+89 +50	+106 +60	+126 +72	+148 +85	+172 +100	+191 +110	+214 +125	+232 +135	+250 +145	+265 +155	+280 +165	+290 +175	+305 +185	+320 +195	+335 +205	+350 +215	+365 +225	+380 +235	+395 +245
E 9	+39 +14	+50 +20	+61 +25	+75 +32	+92 +40	+112 +50	+134 +60	+159 +72	+185 +85	+215 +100	+240 +110	+265 +125	+290 +135	+315 +145	+340 +155	+365 +165	+390 +175	+415 +185	+440 +195	+465 +205	+490 +215	+515 +225	+540 +235	
F 7	+16 +7	+22 +10	+28 +13	+34 +16	+41 +20	+50 +25	+60 +30	+71 +36	+83 +43	+96 +50	+108 +56	+119 +62	+131 +68	+144 +74	+157 +83	+170 +90	+183 +97	+196 +104	+210 +110	+223 +117	+236 +124	+250 +130	+263 +137	
F 8	+21 +7	+28 +10	+35 +13	+43 +16	+53 +20	+64 +25	+76 +30	+90 +36	+106 +43	+122 +50	+137 +56	+151 +62	+165 +68	+180 +74	+195 +80	+210 +86	+225 +92	+240 +98	+255 +104	+270 +110	+285 +116	+300 +122	+315 +128	
G 6	+10 +3	+14 +4	+14 +5	+17 +6	+20 +7	+25 +9	+29 +10	+34 +12	+39 +14	+44 +15	+49 +17	+54 +18	+59 +19	+64 +20	+69 +21	+74 +22	+79 +23	+84 +24	+89 +25	+94 +26	+99 +27	+104 +28	+109 +29	
G 7	+12 +3	+16 +4	+20 +5	+24 +6	+28 +7	+34 +9	+40 +10	+47 +12	+54 +14	+61 +15	+69 +17	+77 +19	+85 +21	+93 +23	+101 +25	+109 +27	+117 +29	+125 +31	+133 +33	+141 +35	+149 +37	+157 +39	+165 +41	

Abb. 51 b auf das Maß 30 mm \varnothing L. Wie groß die Abmaße sind, kann aus DIN 7665 entnommen werden. Hier wird

$$30 B = 30,025 \text{ bis } 30,000 \text{ mm } \varnothing$$

$$30 L = 30,060 \text{ bis } 30,025 \text{ mm } \varnothing$$

Die Toleranzen sind für verschiedene Durchmesserbereiche abgestuft. Wenn das Maß gerade auf der Grenze eines Bereiches liegt, z. B. bei 30 mm, ist die Toleranz des höheren Bereiches als von 30...50 mm zu verwenden. Dieselben Toleranzen kommen auch bei Abstandsmaßen, z. B. Nuten oder Leisten (Abb. 51 c) vor. Man unterscheidet bei der DIN-Passung vier Gütegrade und Sitze,

Edelpassung,
Feinpassung,
Schlichtpassung
Grobpassung,

von denen die Edelpassung die kleinsten Toleranzen hat, die bis zur Grobpassung immer größer werden, jeweils innerhalb eines Durchmesserbereiches.

8. Toleranzen nach dem ISA-Passungssystem.

Die DIN-Passungen sind seinerzeit für Deutschland ausgearbeitet worden und ihre Buchstabenbezeichnung lehnt sich mit ihren Abkürzungen an das deutsche Passungswort an, z. B. „eB“ = Edelbohrung. Es bestand der Wunsch, ein einheitlich gültiges System für möglichst viele Länder einzuführen, damit auch im Ausland bei Reparaturen usw. das in der Zeichnung stehende Kurzzeichen verstanden wird und die dort vorhandenen Lehren und Meßwerkzeuge benutzt werden können. Ferner auch, damit einfach genormte Teile ohne weiteres in ausländische Maschinen oder Anlagen eingebaut werden können.

So entstanden die ISA-Toleranzen, an deren Entwicklung Deutschland hervorragend beteiligt war. Es besaß das gut durchgearbeitete DIN-System, das mit geringen Ausnahmen die Grundlage für die ISA-Norm abgab bzw. direkt übernommen wurde. Daher die häufige Übereinstimmung von ISA- und DIN-Lehren.

Statt vier Gütegrade bei der DIN-Passung haben wir bei der ISA-Passung 16 Qualitäten, von 1...16 immer größer werdend abgestuft. Für die Fertigung sind die Qualitäten IT 5 bis IT 11 festgelegt.

Jedes ISA-Passungskurzzeichen setzt sich aus einem Buchstaben und einer Zahl, der Qualität, zusammen. Bohrungen haben alle große

Buchstaben, die Bohrung mit dem unteren Abmaß Null heißt „H“. Wellen haben alle kleine Buchstaben, die Welle mit dem oberen Abmaß Null heißt „h“.

Die verschiedenen Abmaße sind ebenfalls nach Durchmesserbereich abgestuft und sind auf den Tabellen 3 und 4 zu finden. Die Abmaße

sind in μ $1 \mu = \frac{1}{1000} \text{ mm} = 0,001 \text{ mm}$ eingetragen.

Es sind $15 \mu = 1,5$ hundertstel Millimeter.

Die Nabe in Abb. 52 hat folgende

Maße und Abmaße.

10 \varnothing H7 = 10,018 bis 10,000 mm \varnothing

30 \varnothing e8 = 29,960 bis 29,911 mm \varnothing

20 \varnothing h6 = 20,000 bis 19,987 mm \varnothing

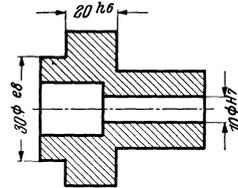


Abb. 52. Eintragung von ISA-Toleranzen.

9. Toleranzen für untolerierete Maße.

Wenn bei einer Reihe von Maßen auf den Zeichnungen keine Toleranzen stehen, so ist das kein Grund, entweder die Maße sehr fein oder ganz grob einzuhalten. Es muß vielmehr dazu eine Anweisung der Betriebsleitung vorliegen, welche Toleranzen als zulässig gegeben sind. Für viele Zwecke reichen die in Tabelle 5 aufgeführten Abmaße aus.

Tabelle 5. Toleranzen für untolerierete Maße nach HgN 11329.

Abmessung in mm	0 bis 10	10 bis 30	30 bis 80	80 bis 180	180 bis 360	360 bis 500	500 bis 750	750 bis 1000	1000 bis 1500	1500 bis 2500	2500 bis 4000	4000
Toleranz mm	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$	$\pm 0,4$	$\pm 0,5$	$\pm 0,6$	$\pm 0,7$	$\pm 0,9$	± 1	$\pm 1,2$	$\pm 1,4$	$\pm 1,6$	± 2

Abschnitt 5.

Meßkunde.

Nachdem in den vorigen Abschnitten die Ausführung der Zeichnung, die Eintragung der Maße und die Kennzeichen der Toleranzen behandelt sind, wird im folgenden die Durchführung der Messungen erklärt. Als Grundsatz gilt, daß eine Toleranz nur mit dem Meßwerkzeug gemessen werden soll, dessen Genauigkeit gerade dazu ausreicht. Es leuchtet ein, daß man z. B. ein grob ausgebranntes Blech, das auf 1000 mm Länge eine Toleranz von ± 3 mm haben soll, nicht mit einem Meßinstrument

mit einer Genauigkeit von 0,01 mm messen wird. Entsprechend wird man bei Toleranzen von 0,2 mm, z. B. mit einer Schublehre, auskommen. Jedenfalls ist es peinlich zu vermeiden, feinere Meßgeräte durch Benutzung für die Messung größerer Toleranzen unnötig zu verwenden, abzunutzen und dadurch für die feinere Messung unbrauchbar zu machen.

Fast sämtliche Messungen werden als Längenmessungen ausgeführt, die mit normalen Werkzeugen vorgenommen werden können. Man kann dabei zwischen einfachen, verstellbaren und festen Meßwerkzeugen unterscheiden.

1. Einfache und verstellbare Meßwerkzeuge für direkte Messung.

In der Tabelle 6 sind die für die Fertigung gebräuchlichen, einfachen und verstellbaren Meßwerkzeuge aufgeführt. Außer der Spalte über die Genauigkeiten, die erreichbar sind, gibt die Spalte Anwendbarkeit an, von welchen kleinsten Toleranzabweichungen ab Messungen

Tabelle 6. Meßbereich von Meßwerkzeugen.

Bezeichnung des Meßwerkzeuges	Erreichbare gesamte Meßgenauigkeit in mm	Anwendbar bei einer Gesamt-toleranz und größer von mm
Zollstock	0,5	1,0
Bandmaß	0,3	0,6
Stahllineal	0,25	0,5
Schublehre ohne Nonius .	0,2	0,4
„ mit $\frac{1}{10}$ Nonius	0,1	0,2
„ „ $\frac{1}{20}$ „	0,05	0,1
„ „ $\frac{1}{50}$ „	0,02	0,04
Mikrometerschrauben . . .	0,005	0,01

mit diesem Werkzeug durchzuführen sind. Wenn eine Schublehre auf 0,1 mm genau mißt, so heißt das, daß bei verschiedenen Messungen die gleiche Person oder verschiedene Personen an ein und demselben Werkstück, z. B. entweder 30,0 oder 30,1 herausmessen. Das Stück war immer dasselbe und hat das Maß 30,05 mm. Die Toleranz des Werkstückes soll jedoch mit $30 \pm 0,2$ mm angegeben sein. Es genügt also vollkommen, wenn man aus der Messung 30,0 oder 30,1 weiß, daß die Abmessung bestimmt innerhalb des zulässigen Toleranzfeldes von 29,8 bis 30,2 mm liegt. Es ist völlig unnötig, mit einer Mikrometerschraube das Werkstück nachzumessen und festzustellen, daß es 30,05 mm hat; die Messung mit dem teureren Meßwerkzeug dauert länger und verkürzt damit den Verdienst. Die angegebenen erreichbaren

Meßgenauigkeiten liegen nicht allein im Werkzeug, sondern das wesentlichste dabei ist das Meßgefühl, das jeder selbst durch Vergleich des Meßdruckes, das Anstellen des Meßwerkzeuges und die Ableseart praktisch erproben muß.

2. Einfache Maßstäbe.

Bei der einfachen Längenmessung eines Werkstückes Abb. 53 wird mit Hilfe eines Zollstockes, Bandmaßes oder Stahllineals der Nullpunkt des Maßstabes an der einen Meßkante genau angelegt. Der Maßstab selbst muß parallel zu der zu messenden Kante liegen. Eine Hilfsleiste erleichtert z. B. das Anlegen des Nullpunktes. Man kann auch das Werkstück auf eine genaue Tischfläche stellen und den Maßstab parallel heranhalten (Abb. 54).

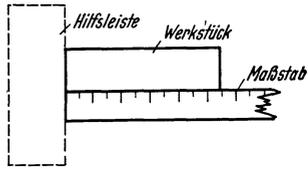


Abb. 53. Messung mit Zollstock.

Wenn der Maßstab schief gehalten wird, wird das Maß zu groß gemessen.

Auf der zweiten Meßkante muß jetzt das Maß abgelesen werden. In Abb. 55a ist die Meßstelle vergrößert dargestellt. Außerdem ist jetzt

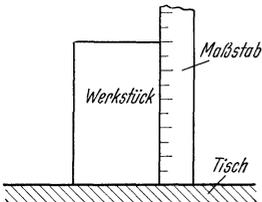


Abb. 54. Richtiges Anlegen von Maßstäben.

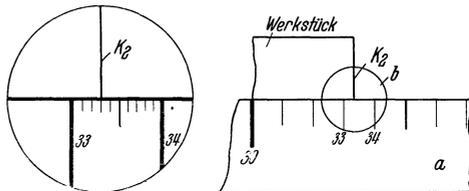


Abb. 55. Schätzen zwischen zwei Maßstrichen.

der Kreis Abb. 55 b, in dessen Bereich das genaue Maß abgelesen werden muß, wiederum vergrößert in Abb. 55 c gezeichnet. Auf dem Maßstab sind nur die Millimeterteilstriche, hier 33 und 34 zu sehen. Man denkt sich nun den Zwischenraum in weitere 10 Teile gleich je $\frac{1}{10}$ mm Zwischenraum eingeteilt, wie in Abb. 55 c gestrichelt angedeutet. Man schätzt ab, welchen dünnen Strich die Meßkante K_2 etwa treffen würde; hier im Beispiel ist es der dritte Strich. Das Maß ist also $33 \text{ und } \frac{3}{10} = 33,3 \text{ mm}$. Die größten Fehler treten bei der Schätzung von 0,2 und 0,8 mm auf.

3. Schieblehren.

Mißt man mit einer Schieblehre (Abb. 56a), so müssen die Schenkel satt auf den Meßflächen liegen. Der bei der Fertigung entstehende leichte Grad an den Kanten des Werkstückes muß vorher mit einer Feile oder mit einem Schaber fortgenommen sein. Das Maß wird jetzt auf dem Schieber mit Hilfe des Nonius abgelesen. Die Maßstelle *b* ist in Abb. 56c

stark vergrößert herausgezeichnet.

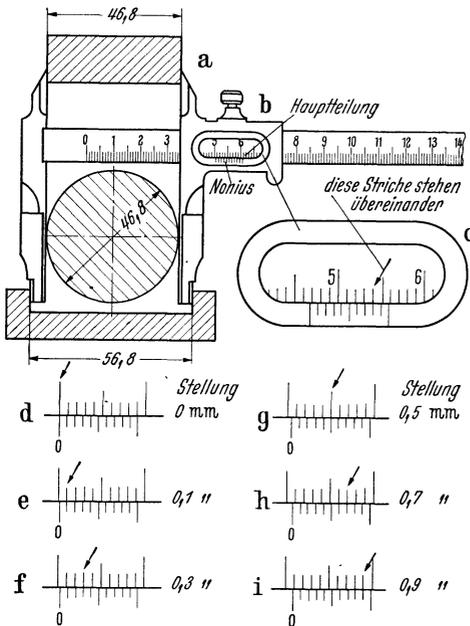


Abb. 56. Messen mit Schieblehre und Ablesung.

Warum kann man mit dem Nonius $\frac{1}{10}$ mm ablesen? 9 mm sind in 10 gleiche Teile, den Nonius, geteilt. Also ist ein Teil gleich $\frac{9}{10}$ mm. Wenn nun, wie in in Abb. 56e, auf dem Nonius der erste Teilstrich mit der Hauptteilung übereinstimmt, der Abstand bis zum Noniusnullstrich beträgt jedoch $\frac{9}{10}$ mm, dann steht der Noniusnullstrich zur Hauptteilung um $\frac{1}{10}$ mm verschoben nach rechts. Verschiedene Stellungen sind in den Abb. 56d...i gezeigt. Auf die Abb. 56c angewendet muß folgendermaßen abgelesen werden:

1. Die Nullstellung des Nonius liegt zwischen 46 und 47 mm, also auch das Maß dazwischen.

2. Der Noniusstrich mit 0,8 liegt genau unter einem Strich der Hauptteilung.

3. Danach ist das Maß $46 + 0,8 = 46,8$ mm.

Entsprechend erhält man bei feineren Noniusteilungen z. B. $\frac{7}{20} = 0,35$ mm oder $\frac{39}{50} = \frac{78}{100} = 0,78$ mm Zusatzlänge zu den ganzen Millimeterlängen.

4. Mikrometerschrauben.

Die Mikrometerschraube erlaubt deswegen eine genauere Messung, weil durch die Benutzung einer Schraube mit feiner Steigung und Anbringung an einem größeren Umfange die Zwischenräume zwischen den Teilstrichen vergrößert sind. In Abb. 57a ist eine Mikrometerschraube im ganzen und in Abb. 57b...e die Meßteilung im besonderen gezeichnet. Jede Umdrehung einer Schraube entspricht $\frac{1}{2} = 0,5$ mm. Der zugespitzte Rand der Meßschraubenhülse trägt eine Rundteilung mit 50 Teilstrichen. Jeder Zwischenraum zwischen zwei Teilstrichen entspricht $\frac{1}{100} = 0,01$ mm.

In der Zeichnung Abb. 57b...c steht der Rundteilstrich 19 auf der Nulllinie der Längsteilung. Auf der Längsteilung kann man abzählen, daß der Längsteilstrich 31 gerade zu sehen ist. Der Abstand k ist kleiner als $\frac{1}{2}$ mm. Das eingestellte Maß ist dann $31 + 0,19 = 31,19$ mm.

Wenn dagegen der Abstand „ g “ (Abb. 57e) von der zugespitzten Kante der Meßschraubenhülle größer wird, als die Hälfte zwischen zwei Teilstrichen der Längsteilung, der Zwischenstrich der unteren Längsteilung wird sichtbar, dann ist die Meßschraube bereits einmal herumgedreht. Die Verschiebung beträgt bereits 0,5 mm und das zusätzliche Maß. Das jetzt eingestellte Maß ist dann $31 + 0,5$ (für eine Umdrehung der Meßschraube) $+ 0,19 = 31,69$ mm. Zwischen zwei Teilstrichen kann man auf etwa $\frac{1}{2}$ hundertstel = 5 tausendstel mm = 0,005 mm schätzen.

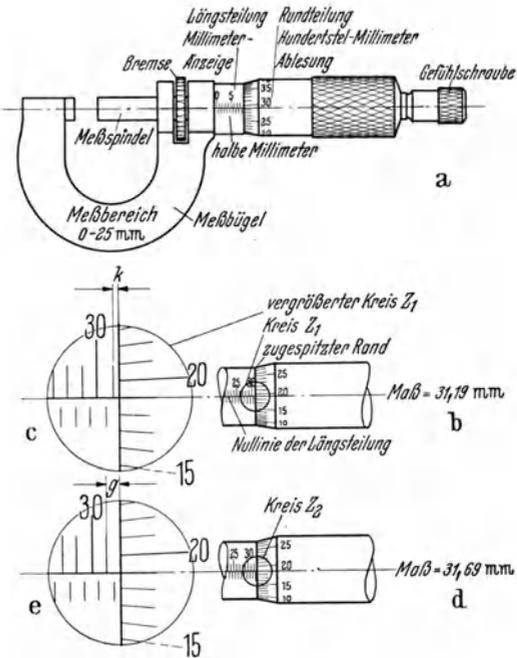


Abb. 57. Mikrometerschraube und Ablesung.

5. Fehlermöglichkeiten beim Messen.

Die Eigenfehler der Meßwerkzeuge sind durch den Messenden selbst nicht beeinflussbar. Es treten aber eine Reihe persönlicher Fehler auf, die teilweise vermieden werden können.

a) Meßdruck. Bei der Benutzung der Schieblehren und Mikrometerschraube ist es möglich, schon bei Anwendung kleinster Kräfte die Schenkel oder den Bügel aufzubiegen. Man muß durch praktische Vergleiche mit einer erfahrenen Person das Gefühl für den anzuwendenden Meßdruck erhalten. Mikrometerschrauben tragen deshalb zum Teil Schraubenköpfe mit Ratschen, die beim Erreichen eines bestimmten Meßdruckes nicht weiter zuspanssen. Trotzdem sind auch mit solchen Ratschen Fehlmessungen möglich.

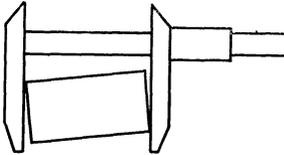


Abb. 58. Meßfehler durch Verkanten des Meßwerkzeuges.

b) Verkanten. Auch das Verkanten der Maßwerkzeuge gegenüber dem Meßwerkstück bringt persönliche Meßfehler (Abb. 58). Man muß z. B. bei Schieblehren möglichst den starren Schenkel fest an die eine

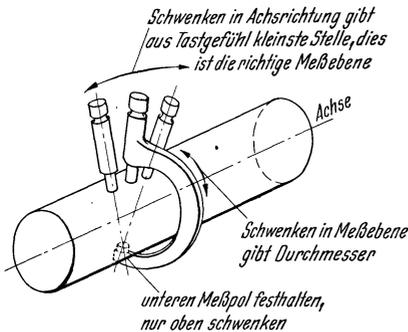


Abb. 59. Messen von Wellendurchmessern.

Werkstückfläche herandrücken und dann den beweglichen Schenkel nachschieben, daraufhin die Klemmschraube auf den Reiter festziehen, die Schieblehre abnehmen, und das Maß ablesen. Schwieriger ist schon das Messen von Wellen mit Mikrometerschrauben (Abb. 59), da bei einem Verkanten der Mikrometerschraube aus der richtigen Maßebene ein zu großer Durchmesser gemessen wird. Man muß in zwei Richtungen schwen-

ken. Bei der Längsschwenkung, also aus der Maßebene heraus, muß man die kleinste Stelle suchen, bei der Querschwenkung in der Maßebene den größten Durchmesser, wenn man von einer kleineren Einstellung der Schraube ausgeht. Hierbei muß bei richtiger Einstellung ein gefühlsmäßig zu erkennender Widerstand beim Gleiten der Meßflächen über das Werkstück zu verspüren sein. Die Mikrometerschrauben

haben auch eine Feststelleinrichtung, so daß das selbständige Verstellen der Schraube unterbunden werden kann.

Bei Messungen an Wellen bzw. Bohrungen ist immer an mehreren Stellen des Umfanges zu messen, da entweder durch fehlerhaftes Arbeiten oder durch die Maschine unrunde Durchmesser entstehen können.

Noch schwieriger ist das richtige Messen einer Kugel (Abb. 60). Hier muß sowohl in der Richtung I—I wie auch II—II durch mehrmaliges Nachprüfen und Schwenken der richtige Durchmesser gefunden werden. Der Punkt „U“ bleibt zweckmäßigerweise festgehalten, während der Punkt „O“ der Suchpunkt ist.

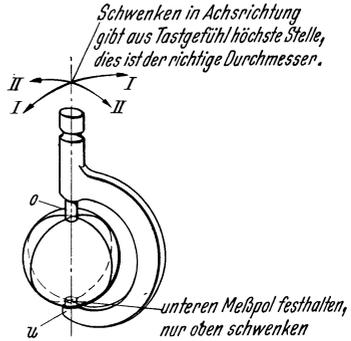


Abb. 60. Messen von Kugelflächen.

6. Temperatureinflüsse.

Wie bereits in Abschnitt I „Allgemeines“ erklärt, findet bei Erwärmung von Metallen eine Längsausdehnung statt. Das besagt, daß z. B. ein Stichmaß bei Erwärmung länger wird, also ein größeres Maß messen würde. Einheitlich ist als Bezugstemperatur 20° C gewählt. Die Lehren stimmen also bei 20° genau. Demnach müssen auch die Werkstücke richtig genommen bei 20° C gemessen werden. Ist ein Werkstück infolge der Bearbeitung warm geworden, müssen genaue Maße in abgekühltem Zustand gemessen werden.

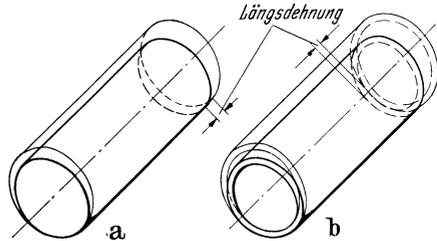


Abb. 61. Wachsen von Wellen oder dünnwandigen Buchsen bei plötzlicher Erwärmung. Wellen bei höherer Temperatur als Normalausdehnung.

Bei einer Erwärmung spricht man auch vom Wachsen der Stücke. Eine Welle (Abb. 61a) wird daher einen größeren Durchmesser bei höherer Temperatur als 20° haben. Eine dünnwandige Buchse (Abb. 61b) kann ebenfalls innen und außen größer im Durchmesser sein als bei Normaltemperatur. Anders verhalten sich Bohrungen, die im Verhältnis zur Wandstärke klein sind (Abb. 62). Bei der Bearbei-

tung werden die Randzonen um die Bohrung schneller warm als die von der Bohrung weiter fortliegenden Randschichten. Außen bleibt die Welle also kalt und innen wird sie warm. Da sich jedoch die innerste Ringzone durch die Erwärmung ausdehnen muß, nach außen kann sie es nicht, weil die starke äußere Ringzone nicht nachgibt, findet eine Ausdehnung nach Innen statt. Hier wird also die Bohrung durch starke Erwärmung kleiner. Das bedeutet, daß bei einer fertigen Bohrung, die im warmen Zustand und bei momentaner großer Wärmezufuhr gepaßt hat, im kalten Zustand bei 20° zu groß ist.

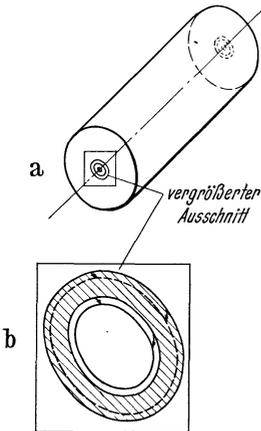


Abb. 62. Wachsen von kleinen Bohrungen.

Bei plötzlicher Erwärmung innerer Zonen einer Hohlwelle dehnt sich das Material so lange nach innen aus, bis die Welle auch außen durch den Wärmefluß warm geworden ist. Dann dehnt sich die Welle wie in Abb. 5/9.

Die Ausdehnung oder auch die Schrumpfung der innersten Ringzone erfolgt mit einer gewissen Zeitverzögerung, so daß es auch passieren kann, daß die einer Bohrung nachlaufenden Reibahlen nicht wieder zurückgenommen werden dürfen, weil die Bohrung durch das zugeführte Kühlmittel (Seifenwasser oder Rüböl) wieder erkaltet und somit enger wird, so daß sich das Werkzeug beim Zurückfahren klemmt und meistens zu Bruch geht.

Die Ausschußgefahr ist bei kleinen Bohrungen besonders groß. Mindestens wird es möglich sein, nach Gefühl bei großen Wandstärken die Bohrung kleiner als die Lehre zu halten. Bei Normaltemperatur geht sie dann auf. Umgekehrt ist es jedoch bei dünnwandigen Buchsen. Eine Berechnung der Kleinerhaltung ist sehr schwierig und praktisch nicht möglich, weil die Werkstückform und die Wärmeausbreitung eine Rolle spielen.

Ferner ist es wichtig, Meßwerkzeuge nicht zu lange in der Hand zu behalten, um sie nicht zu erwärmen und sie möglichst vorsichtig und an den Ecken zu berühren, wo kein direkter Einfluß auf die Meßweite stattfinden kann.

7. Sehfehler (Parallaxe).

Beim Ablesen von Maßen zwischen Werkstückkanten und Maßstab würde ein Beobachter bei genau senkrechtem Sehen auf den Maßstab

Abb. 63, Stellung 1, das richtige Maß mit 45 ablesen. Wenn er dagegen schräg auf den Maßstab sieht, Stellung 2, so erscheint ihm die Werkstückkante mit dem Maße 46 übereinzustimmen. Diesen Meßfehler bezeichnet man mit Parallaxenfehler. Es muß also stets genau senkrecht zur Teilung abgelesen werden. Dies ist wichtig für alle Abmessungen mit Zollstock, Schieblehre und Mikrometerschraube.

8. Anwendungsbereich der Meßwerkzeuge.

Toleranzen, die für Grobpassungen oder die Qualität IT11 von 50 mm aufwärts passen, können mit der Schieblehre mit $\frac{1}{10}$ mm Noniusteilung gemessen werden, z. B. 50 H 11 und größer, jedoch nicht 50 H 7. Bei kleineren Durchmessern und sonst bei allen Durchmessern mit feineren Qualitäten oder Gütegraden sind Mikrometerschrauben zu verwenden.

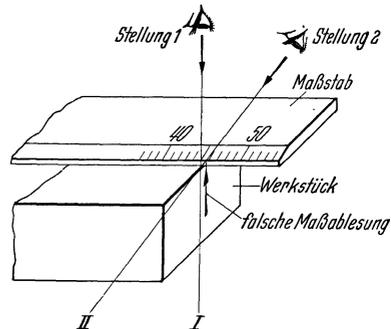


Abb. 63. Schfehler bei Maßablesungen.

9. Feste Meßwerkzeuge.

Kommt ein bestimmtes Maß öfter vor, sei es bei Massenherstellungen eines Werkstückes oder durch die oftmalige Anwendung infolge seiner günstigen Größe, so haben feste Meßwerkzeuge, oder Lehren genannt, bedeutende Vorteile gegenüber einstellbaren Meßwerkzeugen. Aus diesen Gründen entstanden Rachenlehren, Grenzlehrdorne und Stichmaße als typische Meßlehren.

Zur Erfassung der Toleranz vereinigt man übrigens bei Rachenlehren und Grenzlehrdornen die Maße für das zulässige Größtmaß und das zulässige Kleinstmaß in einem Stück.

10. Rachenlehren.

Es ist leicht einzusehen, daß bei Rachenlehren das Größtmaß, die „Gutseite“, über das Werkstück herübergehen muß, während das Kleinstmaß, die „Ausschußseite“, nicht mehr herübergleiten darf. Das Messen muß mit Gefühl erfolgen. An sich ist das Maß des Werkstückes richtig, wenn die Gutseite durch das Eigengewicht der Lehre herüber-

gleitet. Durch Anwendung von größeren Kräften ist es ein Leichtes, die dünnwandig und leicht gebaute Rachenlehre auch über ein größeres Maß, als sie selbst hat, herüberzudrücken. Der Bügel federt auf, verbiegt sich und die teure Lehre wird unbrauchbar. Natürlich ist dann auch das gemessene Maß am Werkstück größer als auf der Lehre angegeben, weil die Lehre aufgedrückt war. Das Werkstück entspricht dann doch nicht dem gewünschten Maß und muß nachgearbeitet werden. Das kostet unnötige Zeit und bringt Verdienstverlust. Man messe also gleich richtig.

Die Ausführung der Messung erfolgt gleichsinnig wie in Abb. 59. Die untere Fläche oder eine Fläche des Meßschenkels wird festgehalten und der andere Schenkel senkrecht zur Achse einer Welle hinübergeschwenkt. Dabei muß ein Verkanten der Lehre vermieden werden. Sobald das Werkstück dem Gewicht nach wesentlich leichter als die Lehre wird, kann man auch das Werkstück in die Lehre hineinführen.

11. Grenzlehrdorne.

Bei Grenzlehrdornen kommt es darauf an, den Dorn genau senkrecht zur Bohrung einzuführen. Rohe Gewalt hilft hier überhaupt nicht. Wenn der Dorn sich verklemmt, muß er herausgeholt und neu angesetzt werden. Hineinstauchen oder Schläge mit einem Hammer sind auf keinen Fall zulässig, da der Dorn bei dünnwandigen Werkstücken die Bohrungen aufweiten würde und außerdem durch Ansetzen von feinem Grad zu falschen Messungen führen muß. Auch hier muß die Gutseite in die Bohrung hineingehen, die Ausschußseite aber nicht.

12. Stichmaße.

Stichmaße werden meistens bei großen Durchmessern verwendet. Ihre Handhabung ist schon schwieriger, da das Ansetzen sinngemäß wie in Abb. 60 bei einer Mikrometerschraube für Außen- und Innenmessung erfolgen muß. Zu einem Maß gehören stets zwei Stichmaße, eines für die Gutseite und eines für die Ausschußseite.

Bei allen festen Meßlehren muß unbedingt ein zu langes In-der-Hand-Halten vermieden werden, weil sonst bei Temperaturanstieg eine Längenänderung eintritt, die zu Fehlmessungen führt.

13. Sonderlehren.

Für viele Zwecke sind Sonderlehren entwickelt worden, die der besonderen Messung Rechnung tragen. Ihre Benutzung und ihre Fehler-

quellen entsprechen den festen Lehren, da sie ebenfalls feste Lehren sind. Man muß sich nur stets überlegen, in welchen Hauptrichtungen man das Größt- bzw. Kleinstmaß suchen, und wie man deshalb bei der Messung mit der Lehre pendeln muß. In schwierigen Fällen wird stets eine Anleitung für den Gebrauch gegeben.

14. Endmaße.

Eine besonders hohe Genauigkeit in der Herstellung tragen Endmaße, das sind feste Maße, die bis zu 0,001 mm, manchmal bis zu $0,0005 = \frac{1}{2}$ Tausendstel mm abgestuft sind. Sie dienen zur Nachprüfung und Einstellung von Lehren und sind nicht für den allgemeinen Gebrauch in der Werkstatt bestimmt.

Für den Einstellzweck an der Maschine benutzt man Meßklötzchen, die im Äußeren fast gleich wie die Endmaße, doch mit größerer Genauigkeit, ausreichend für ihren Verwendungszweck, hergestellt sind.

15. Vergleichsmeßwerkzeuge.

Mit die einfachste und ursprünglichste Meßmethode ist die mittels Vergleich mit einem Musterstück. Hierzu gehört auch der Anschlagwinkel.

a) **Anschlagwinkel.** Beide Schenkel bilden zusammen einen Winkel von 90° , stehen also senkrecht aufeinander. Durch Anlegen an ein Werkstück direkt oder Anlegen an ein Werkstück, wobei dieses und der Winkel auf einer genauen Fläche stehen, z. B. einer Anreißplatte oder Tauschierplatte, kann man mit dem Auge die Breite eines Lichtspaltes abschätzen. Zu diesem Zweck muß der Grat am Werkstück sorgfältig entfernt sein. Das Auge ist für Verbreiterung des Lichtspaltes, also auch Schiefstellung der Werkstückfläche gegenüber dem anliegenden Winkel äußerst empfindlich, so daß bereits bei einiger Übung schon Abweichungen von wenigen Hundertstel Millimeter erkennbar sind. Auch hier ist genaue senkrechte Anlage der Schenkel an die Meßlinie wichtig.

b) **Haarlineal.** Ein Haarlineal benutzt auch die gute Empfindlichkeit des Auges gegenüber einem Lichtspalt und ist ein an der Meßkante scharf zugespitztes Lineal mit genau gerader Meßkante. Es dient zur Nachprüfung von Kanten oder Flächen auf ihre Geradheit und ermöglicht die Feststellung von wenigen hundertstel Millimetern Abweichung. Die Meßkante muß sehr schonend behandelt werden, weil ihre Beschädigung jede weitere richtige Messung unmöglich macht.

c) **Taster.** Messungen mit einem Taster sind die schwierigsten überhaupt. Hier ist allein das Meßgefühl ausschlaggebend. Durch Zu- oder Aufklopfen eines Schenkels wird das Maß ermittelt, wobei die in Abb. 59 angeführten Schwenkrichtungen unter Festhalten eines Tastschenkels am Werkstück auszuführen sind. Nach Ermittlung des Maßes durch die Taststellung muß dieses wiederum an einem Maßstab, einer Schublehre oder Mikrometerschraube verglichen werden, so daß weitere Fehlermöglichkeiten durch falsches Einstellen des Meßwerkzeuges oder Zusammendrücken der Tastschenkel gegeben sind.

d) **Meßuhr.** Mit einer Meßuhr können Unterschiede von 0,01 mm, das ist die Zeigerablenkung zwischen zwei Teilstrichen bei der üblichen Bauart, abgelesen werden. Ein direktes Messen eines Maßes ist nicht möglich; für diesen Fall muß man von einem Musterstück, einem Kaliberdorn oder einem Endmaßsatz das Grundmaß der Meßuhr einstellen. Dies erfolgt durch Einstellen der Meßuhr auf Höhe und Verdrehen des Zeigerblattes genau auf Null oder ein anderes Grundmaß. Die Uhr muß dann an das zu messende Werkstück oder umgekehrt herangeführt werden. Die Abweichung des Zeigers gegenüber dem eingestellten Grundmaß ergibt dann den Maßunterschied des Werkstückes zum Musterstück. Es findet also ein Vergleich statt. Hierin liegen die verschiedenen Fehlerquellen, so daß eine einwandfreie Messung gewiß Übung voraussetzt. Wichtig ist, durch ganz leichtes Klopfen an der Uhr den toten Gang herauszubringen, ferner stets in gleicher Bewegungsrichtung des Taststiftes zu messen und nicht beim Einstellen einmal sich hineinbewegen, den Taststift beim Werkstückmessen aber sich herausbewegen zu lassen. Man überzeuge sich vor Gebrauch stets, ob die Uhr leicht spielt und ob nicht bei bestimmten Stellungen eine Klemmung eintritt. Diese Störungsstellen sind bei dem Messen durch anderes Einstellen der Uhr zu vermeiden. Bei starkem Klemmen des Tasters darf dieser auf keinen Fall geschmiert werden, da das Öl die Uhr verharzt und unbrauchbar macht. In einem solchen Fall ist sie sofort zur Reparatur abzugeben. Eine Umdrehung des großen Zeigers entspricht einem Hub des Taststiftes von 1 mm. Die Zahl der Millimeter zeigt ein kleiner Anzeiger innerhalb des Zifferblattes an. Wichtig ist, daß bei solchen Vergleichsmessungen der Taststift genau parallel zur Meßrichtung läuft, weil sonst falsche Messungen stattfinden.

Eine vielfache Anwendung findet die Meßuhr bei Schlagmessungen von Wellen oder zum Ausrichten von Werkstücken und Vorrichtungen.

Auch hier muß die Uhr vorher auf leichtes Spiel geprüft werden, weil bei schlechten Uhren durch toten Gang und Hängenbleiben 0,02 mm und mehr Falschmessungen entstehen können.

16. Feinere Instrumente.

Für die Messung von tausendstel Millimeter gibt es noch feinere Vergleichswerkzeuge, wie Minimeter, Optimeter, Orthotest usw., die große Ablesegenauigkeit haben, deren Meßbereich dafür aber eingeschränkt ist. Sie kommen für höchste Meßgenauigkeit in Frage. Bei allen Vergleichsmeßwerkzeugen sind ebenfalls Einflüsse durch Temperatur, Sehfehler usw. zu beachten, die sich auch hier in starkem Maße auswirken.

17. Behandlung der Meßwerkzeuge und Selbstkontrolle.

Es ist ganz klar, daß man nur mit sorgfältig behandelten und gepflegten Meßwerkzeugen richtig messen kann. Die Genauigkeit des Meßwerkzeuges ist ausschlaggebend für das Ausfallen des Werkstückes und jede noch so sorgfältige Arbeit kann zu Ausschuß werden, wenn das Meßwerkzeug nicht stimmt. Man muß deshalb darauf sehen, daß keine Beschädigungen auftreten, sei es durch Fallenlassen oder Anschlagen an harten Kanten oder Verunreinigung. Jede Gelegenheit zum Nachprüfen durch die Kontrolle oder den Betrieb nimmt man wahr, um sicher zu sein, daß die auch bei sorgfältiger Behandlung trotzdem eintretende Abnutzung die zulässigen Grenzen nicht überschreitet. Solche Abnutzungen werden beschleunigt, wenn Schublehren oder Rachenlehren z. B. über umlaufende Teile gepreßt werden. Durch die Reibung an den Meßflächen muß eine wenn auch im Einzelfalle geringe Abnutzung eintreten. Man mißt nur am ruhenden Werkstück. Eine Schieblehre halte man sich als Eigentum. Man wird dadurch mit ihr vertraut, kennt ihre vielleicht auftretenden kleinsten Abweichungen und kann durch leichte Korrektur genau mit ihr messen. Auch hier prüft man durch Selbstkontrolle des öfteren die Genauigkeit nach. Zum Beispiel kann man mit einem Grenzlehrdorn von genau 40,000 mm = 40 B Gutseite oder 40 H7 Gutseite feststellen, ob die Schieblehre genau auf 40 mm anzeigt. Entsprechend prüft man Rachenlehren mit Grenzlehrdornen oder mit Endmaßen. Pflege vor allem dein Meßwerkzeug und du wirst auch mehr Geld verdienen!

Abschnitt 6.

Grundsätze beim Spannen von Werkstücken.

Keine Arbeit ist möglich, ohne die Werkstücke auszurichten und gegen den auftretenden Schnittdruck festzuhalten. Schnittdruck ist die vom Werkzeug bei der Spanabnahme ausgeübte Kraft auf das Werkstück. Ihre Größe und Richtung ist maßgebend für die Wahl der Spannwerkzeuge und die Art ihres Ansatzes.

Die Richtung des Schnittdruckes wird genauer unter Absatz 9 erklärt. Sie verläuft oft schräg zur Aufspannung: Der größte Teil dieses Schnittdruckes, den man sich für die Betrachtung nach den Hauptrichtungen der Maschine aufteilt, heißt Hauptschnittdruck. Dieser muß besonders genau erkannt werden, um ihn aufzufangen.

Hier werden nur die Kräfte auf das Werkstück besprochen. (Die gleichen Kräfte in genau entgegengesetzter Richtung wirken auf die Werkzeuge.)

1. Direktes Spannen.

Man wird stets versuchen, die Werkstücke auf eine Maschinenfläche zu spannen, die senkrecht zum Hauptschnittdruck liegt. Dann geht der Kraftfluß direkt in die Maschine und die Spannorgane haben nur gegen seitliche Verschiebung zu sichern. Das wäre dann direktes Spannen, wie es z. B. auf der Räummaschine oder Stoßmaschine normalerweise der Fall ist.

2. Indirektes Spannen.

Indirektes Spannen liegt dann vor, wenn die Kraft des Hauptschnittdruckes umgelenkt werden muß; z. B. ist auf einer Waagrechtfräsmaschine die Richtung des Hauptschnittdruckes waagrecht gerichtet. Parallel zum Aufspanntisch geht die Kraft ins Werkstück hinein. Das Werkstück muß nun senkrecht zur Krafttrichtung nach unten auf den Tisch gespannt werden. Durch die Zusammenpressung von Werkstückfläche und Tischfläche entsteht zwischen beiden Flächen Reibung. Diese Reibung muß jetzt größer als der Hauptschnittdruck sein. Es ist festgestellt, daß zur Erzielung dieser Reibkräfte etwa 5mal soviel senkrechte Spannkraft notwendig sind. Das heißt, man muß Spanneisen usw. 5mal so kräftig drücken lassen, ehe man die notwendige Reibung gegenüber dem Hauptschnittdruck erreicht hat. Es besteht daher die Gefahr, leicht geformte Werkstücke zu verdrücken. Sie können

Ausschuß werden. Man versuche stets, direkt zu spannen. Der Ausfall der Arbeit, die Güte der gefertigten Teile und die Richtigkeit der Teile ist durch richtiges Spannen bedingt, so daß diesem größte Aufmerksamkeit geschenkt werden muß.

Zunächst muß jetzt die richtige Lage der Werkstücke auf der Maschine hergestellt werden.

3. Ausrichten der Werkstücke auf der Maschine.

Bei der Bearbeitung soll eine bestimmte Fläche am Werkstück erzielt werden. Die Bewegungsrichtung der Werkzeuge liegt durch die Maschine fest. Ein Walzenfräser erzeugt eine Fläche parallel zum Tisch, der den Vorschub ausführt. Die Begriffe Vorschub, Schnitttiefe usw. sind in Abschnitt 10 eingehend erläutert. Auf einer Hobelmaschine werden Flächen parallel zum Aufspanntisch hergestellt. Beim Drehen werden Zylinderflächen oder Kegelflächen erzeugt, deren Achsen oder Symmetrielinien zwischen den Spitzen der Maschine oder in der verlängert gedachten Spindelachse der Maschine liegen. Diese Erkenntnis ist der *erste* Grundsatz für das Ausrichten der Werkstücke.

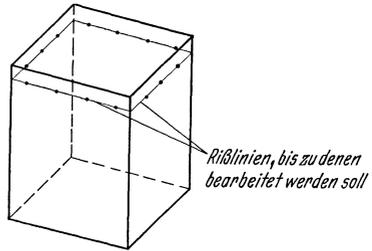


Abb. 64. Rißlinien.

Es müssen also jetzt die Werkstücke so aufgespannt werden, daß unter der Maschinenbearbeitung die gewollten oder angerissenen Flächen entstehen.

Eine ebene Fläche ist *nicht durch eine* Rißlinie, eine gerade Linie bestimmt, sondern nur *durch zwei aufeinander abgewinkelte* Rißlinien. Bei Vierkantstücken geht der Riß deshalb mindestens über zwei Flächen oder über alle vier (Abb. 64). Beim Ausrichten dieses Umfangrisses wird von der Aufspannfläche mit einem Höhenreißer der Riß ausgerichtet. Man fährt praktisch „herum“. Erst wenn die Höhe gleichmäßig eingestellt ist, kann mit der Bearbeitung begonnen werden. Die *ebene Fläche* muß somit *zweifach bestimmt* werden, nämlich in zwei aufeinander senkrechten Richtungen.

Eine zentrierte, rohe Welle wird zwischen Spitzen gespannt, dadurch liegt sie genau in der Spindelachse und ist zweifach bestimmt.

Muß ein vorgedrehtes Stück auf einer Planscheibe neu ausgerichtet werden, so wird mit Kreide oder einer Reißnadel oder genauer mit der

Meßuhr zunächst der Umfang zum genauen Laufen gebracht. Ist das Werkstück länger, so prüft man den Rundlauf einmal dicht an der Einspannstelle, ferner am freien Ende (Abb. 65). Dadurch erfolgt eine zweifache Bestimmung der Welle, sie liegt jetzt außen genau in der Spindelachsenrichtung. Kurze, runde Werkstücke werden außen auf Rundlauf ausgerichtet und als zweite Bestimmung an der Stirnfläche auf axialen

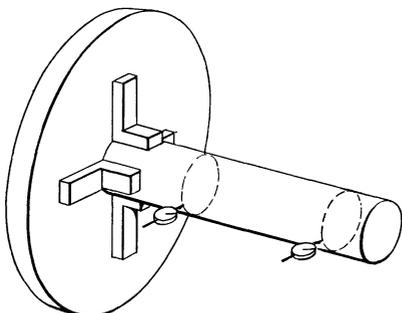


Abb. 65. Ausrichten einer Welle an zwei Meßstellen.

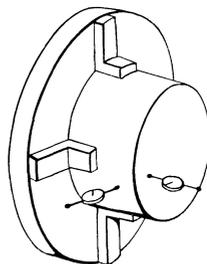


Abb. 66. Ausrichten eines Drehkörpers in zwei Richtungen.

Schlag nachgerichtet (Abb. 66). Genau so kann auch ein Ausrichten roher Stücke nach Anriß erfolgen. Es wird dann mit einer Reißnadel der Riß abgeglichen.

4. Vorrichtungen.

Vorrichtungen sind so gebaut, daß das einzelne Ausrichten der Werkstücke fortgelassen werden kann und das Spannen erleichtert wird. Sie sind ihrem Zweck entsprechend regelmäßig, d. h. Achse und Fläche für die Maschinenanlage oder Aufnahme von Werkstücken stehen senkrecht oder parallel oder im gewünschten Winkel zueinander. Man muß jetzt nur zu Anfang prüfen, ob die Vorrichtung richtig aufgespannt ist.

Bei rundlaufenden Vorrichtungen kann an zwei Durchmesserstellen, oder an einer Durchmesserstelle und einer Planfläche gemessen werden. Wichtig ist, daß die Aufspannstellen für die Werkstücke laufen, auch wenn die Vorrichtung selbst schlägt. Bei Flächenvorrichtungen, z. B. bei Fräsmaschinen oder Bohrmaschinen, müssen die Aufspannstellen für die Werkstücke parallel liegen und manchmal eine seitliche Anlage zwecks genauer Ausrichtung in Vorschubrichtung haben. Es muß stets überlegt werden, welchen Zweck in bezug auf die Richtigkeit des Werk-

stückes die Vorrichtung hat und welche Abweichungen in der Anlagefläche zu Fehlern führen. Diese Abweichungen sind zu prüfen.

5. Auflage der Werkstücke auf der Maschine.

Zur Bearbeitung müssen die Werkstücke fest und sicher aufgespannt sein. Rohe Flächen liegen nicht glatt an, sondern nur auf Oberflächenerhöhungen. Diese können sich unter dem Schnittdruck zusammendrücken und somit die Lage des Werkstückes verändern. Die bearbeitete Fläche wird dann nicht eben, sondern krumm. Es muß somit eine sehr feste Einspannung roher Werkstücke vorhanden sein.

Muß das rohe Werkstück auf eine Fläche gespannt werden, so ist eine eindeutige Lage erreicht, wenn dieses Stück auf drei Punkten aufliegt, die nicht in einer Flucht

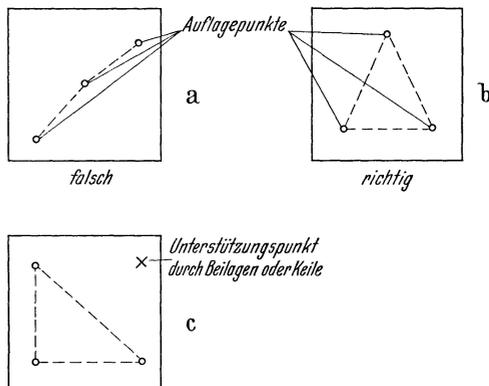


Abb. 67. Anordnung der Auflagepunkte.

liegen, sondern möglichst gleiche Abstände voneinander haben, und zwar jeder Punkt von jedem anderen (Abb. 67). Wenn diese Auflage nicht erreichbar ist, muß ein vierter Unterstützungspunkt durch Beilagen oder Keile geschaffen werden (Abb. 67 c). Dabei ist gefühlvoll so viel beizulegen, daß immer noch die anderen drei Auflagepunkte in Anlage bleiben. Bei zuviel oder zuwenig Beilagen wird das Werkstück unbestimmt gelagert und verzieht sich unter der Festspannung oder gibt beim Schnitt nach.

Ist eine bearbeitete ebene Fläche vorhanden, so kann diese direkt auf den Tisch der Maschine gespannt werden. Um die Haftreibung zwischen zwei Metallflächen zu vergrößern, legt man dünnes Papier dazwischen. Beim Spannen von Teilen im Futter muß auf gute Anlage an den Backenflächen gesehen werden (Abb. 68).

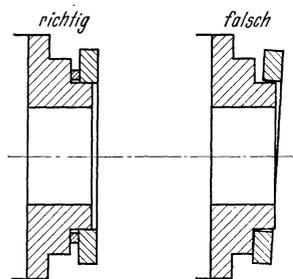


Abb. 68. Spannen schmalere Ringe im Dreiecksfutter.

Durch das Spannen soll erreicht werden:

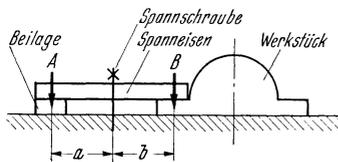
a) Eine feste Lage des Werkstückes gegenüber dem Schnittdruck und gegen Verschieben.

b) Trotz fester Spannkraften keine Verbiegung der Werkstücke, da diese nach dem Entspannen sich wieder frei geben und die Arbeitsflächen sonst krumm werden.

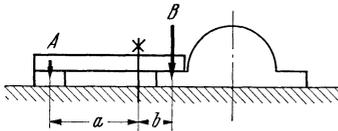
6. Spannelemente.

Zu diesen gehören Spanneisen, Spannschrauben, Parallelstücke, Vorstecker.

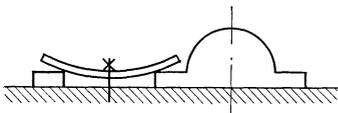
Die Spanneisen müssen richtig angesetzt werden, sonst ist ihre Kraftwirkung gering. In der Anordnung nach Abb. 69a sitzt die Spannschraube in der Mitte zwischen den Druckstellen des Spanneisens auf dem Werkstück und der Anlage. Die Kräfte A und B sind gleich groß. Die Abstände a und b sind gleich.



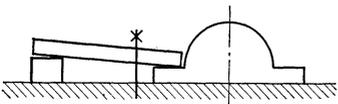
a Spannschraube schlecht angeordnet, zu kleine Spannkraft B auf Werkstück.



b Spannschraube richtig, dicht am Werkstück angeordnet.



c Spanneisen zu schwach, biegt sich durch und gibt nach.



d Beilage zu hoch, Spanneisen liegt nur mit Kante auf.

Abb. 69. Anordnung von Spanneisen.

Spanneisens ist aber der, das Werkstück gut festzuspannen und nicht die Auflage, also muß man stets die Spannschrauben so dicht wie möglich am Werkstück anordnen.

Ein weiterer Fehler liegt vor, wenn das Spanneisen zu schwach ist und sich durchbiegt; es gibt nach und lockert sich unter dem Schnitt-

schraube in der Mitte zwischen den Druckstellen des Spanneisens auf dem Werkstück und der Anlage. Die Kräfte A und B sind gleich groß. Die Abstände a und b sind gleich. Wenn dagegen, wie in Abb. 69b, die Spannschraube dicht am Werkstück sitzt, wird die Kraft B bedeutend größer als A . Wieviel größer der Abstand a gegenüber b ist, soviel größer wird auch die Kraft B am kürzeren Hebelarm. Der Zweck des

druck (Abb. 69c). Ungleiche Höhen zwischen Spannauflagen und Werkstück (Abb. 69d) haben zur Folge, daß das Spanneisen nur mit den Kanten aufliegt, nicht richtig drückt und sich beim Schnittdruck lösen kann.

7. Spannhilfswerkzeuge.

Spannhilfswerkzeuge sind Aufspannwinkel, Stützböcke, Treppenböcke, Spannklöben, verstellbare Stützböcke.

Aufspannwinkel dienen dazu, Werkstücke senkrecht zur Maschinenauflagefläche aufzuspannen. Sie müssen selber genau winkelig sein und gut auf der Maschine festgespannt werden. Stützböcke werden vielfach bei rohen Werkstücken verwendet. Nimmt man zu einem festen Stützbock zwei verstellbare Böcke hinzu, kann jede Fläche nach Anriß genau ausgerichtet werden. Treppenböcke und Spannklöben sind besonders ausgebildete Hilfswerkzeuge, die eine vielseitige Anwendung gestatten.

8. Spannwerkzeuge.

Hierzu gehören Schraubstöcke, Stahlhalter, Zweibackenfutter, Dreibackenfutter, Planscheiben, Vorrichtungen.

Schraubstöcke sollen kräftig und zur Arbeit geeignet gewählt werden. Vorsicht bei Gußeisen, dieses platzt bei harten Schlägen mit Hammer oder Gegenständen. Werden rohe Werkstücke im Schraubstock gespannt, so legt man unter den Werkstücken Auflagen bei und klopft die Werkstücke kurz vor dem Festspannen mit einem Hammer nach unten, damit sie fest aufliegen.

Stahlhalter dienen zur Aufnahme der Werkzeuge und sind ebenfalls vorsichtig zu behandeln. Die Auflageflächen für die Werkzeuge müssen stets eben und sauber sein. Zwei- oder Dreibackenfutter sind Universalvorrichtungen. Rohe Teile soll man möglichst nicht im Futter spannen, sondern in der Planscheibe. Die Futter müssen für Fertigarbeiten geschont werden, damit sie ihre Genauigkeit behalten. Vorrichtungen sind Spannwerkzeuge für einen besonderen Fall.

9. Richtung der Schnittkräfte und ihre Auffangung.

Beim Außendreihen entstehen durch die Spanabnahme Kräfte am Umfang der Werkstücke, die diese zum Herumdrehen im Futter oder der Spannung veranlassen wollen. Für eine kräftige Mitnahme muß gesorgt werden, da die Verdrehungskräfte durch die Klemmkkräfte im

Futter, in der Planscheibe oder durch das Drehherz aufgenommen werden. Beim Fräsen oder Hobeln (Abb. 70) wirken die Hauptkräfte des Schnittdruckes in der Vorschubrichtung. Auch hier werden Klemmkräfte durch die Spanneisen erzeugt.

In oben angeführten Fällen wirken die aufgebrauchten Haltekräfte nicht gegen die Schnittrichtung, sondern senkrecht dazu. Durch Reibung der Werkstücke auf der Auflagefläche werden die Schnittkräfte abgefangen. Die Reibkräfte sind bedeutend kleiner als die senkrecht wirkenden Spannkkräfte, und zwar kann man etwa rechnen, daß fünfmal

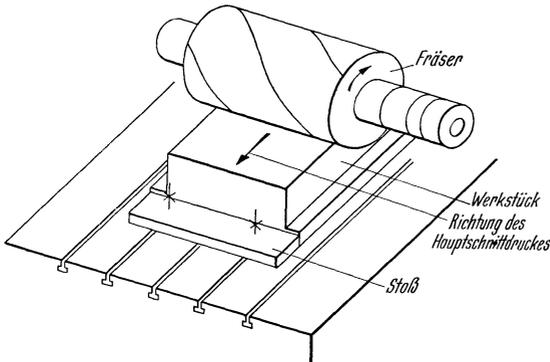


Abb. 70. Stoß zur Aufnahme des Hauptschnittdruckes.

zuviel Spannkkräfte aufgewandt werden müssen, als Reibkräfte zur Verfügung stehen.

Aus diesem Grunde werden, sofern nur möglich, Stöße zur Aufnahme des Hauptschnittdruckes angeordnet (Abb. 70). Diese Stöße dienen vor allem zur verstärkten Aufnahme des Schnittdruckes. Die Spanneisen werden da-

von entlastet und dienen besonders zum guten Festhalten des Werkstückes auf der Auflagefläche. Die Stöße müssen wiederum gleichfalls mit fünffacher Kraft angezogen werden, um den Schnittdruck aufzuhalten.

Die Richtung des Schnittdruckes geht in Richtung der Spanabnahme; der Schnittdruck drückt auf die Schneide und Spanfläche der Werkzeuge in der Richtung, wie die Späne abgenommen werden. Beim Hobeln liegt die Hauptkraft in Vorschubrichtung, daher der Gegenstoß vorn. Beim Fräsen mit geradverzahnten Fräsern liegt der Hauptschnittdruck ebenfalls in Vorschubrichtung. Beim Fräsen mit spiralverzahnten Fräsern kommt dazu noch eine seitliche Schubkraft senkrecht zu den Schneidezähnen. Hier muß gegen seitliches Verschieben ebenfalls möglichst ein Stoß vorgesehen werden. Beim normalen Drehen ist der Hauptschnittdruck auf das vorne eingespannte Werkzeug gerichtet. Der Drehstahl wird also nach unten

gedrückt und muß daher gut festgespannt sein, sonst kommt er ins Schwingen und das Werkstück rattert.

Beim Einspannen in Schraubstöcke soll der Schnittdruck möglichst auf die festen Backen hin gerichtet sein. Geht er auf die verstellbaren Backen zu, so kann unter den Erschütterungen bei der Arbeit ein Lösen der Spindel vorkommen. Das Einspannen und Bearbeiten längs des Spannschlitzes im Schraubstock soll vermieden werden. Hier werden die Schnittkräfte nur durch Reibkräfte aufgenommen, d. h. eine fünffache Spannkraft ist notwendig. Dadurch kann es vorkommen, daß die Werkstücke verdrückt und bereits bearbeitete fertige Flächen beschädigt werden. Oder man ist gezwungen, mit kleineren Schnitten zu arbeiten, was mehr Zeit kostet.

10. Kraftfluß beim Spannen.

Grundsätzlich muß die Spannkraft immer über der Auflagestelle eingeleitet werden. Wenn wie in Abb. 71 a das Spanneisen zu kurz angesetzt wird, muß die Kraft in der gewundenen Richtung zur Auflagefläche gelangen und verbiegt dabei das Werkstück. Dagegen findet nach Abb. 71 b keine Verbiegung durch Spannkraften statt.

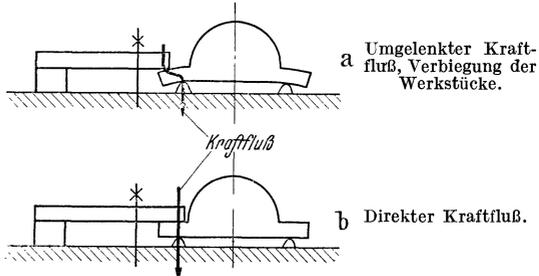


Abb. 71. Anordnung der Spannkraften über den Auflagepunkten.

Genau so ist es falsch, einen U-förmigen Träger nach Abb. 72 a zu spannen. Hier muß das Werkstück durchfedern. Es wird unter dem Spanndruck zusammengedrückt, bearbeitet und geht nach dem Entspannen wieder auf. Die Arbeitsfläche wird krumm. Hier muß, wie in Abb. 72 b, für direkten Kraftfluß die linke Wand gespannt werden.

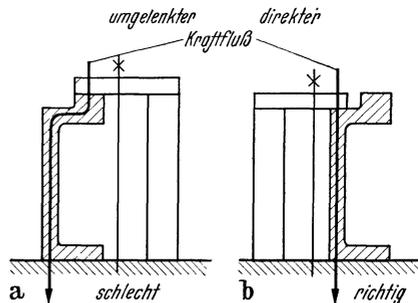
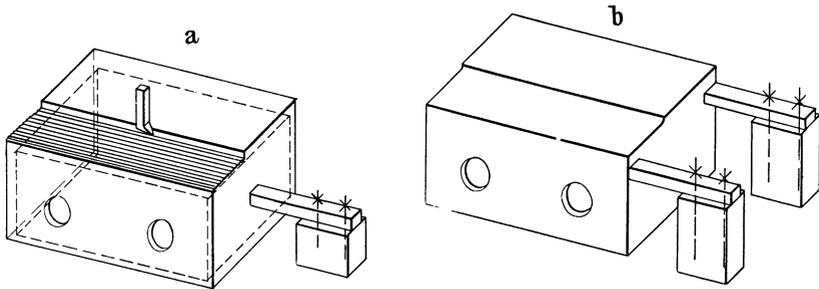


Abb. 72. Vermeidung des Verspannens dünner Werkstücke.

Beim Stoß in Abb. 73 a ist die Kraft auf die dünne Stirnwand ge-

richtet. Diese biegt sich durch, da der Kraftfluß erst quer zu den Längswänden und dann von diesen in der Hauptschnitttrichtung laufen muß.



a) Falsch, Stoß geht auf schwache Stirnwand, die sich durchbiegt, umgelenkter Kraftfluß. b) Richtig, Stöße gehen auf Längswände, direkter Kraftfluß.

Abb. 73. Anordnung des Stoßes, um Verbiegungen des Werkstückes zu vermeiden.

In Abb. 73 b dagegen bleibt die dünne Stirnwand unbelastet, da hier der Kraftfluß des Stoßes direkt auf die Längswände geht.

11. Fehlermöglichkeiten und Abhilfe.

• Schlechter Arbeitsausfall kann folgende Ursachen haben:

1. Werkstück war nicht fest gespannt und hat sich bei der Arbeit verschoben. Fester spannen oder Stoß anbringen.

2. Arbeitsflächen krumm. Auflage nicht gerade, Werkstück verspannt durch umgelenkten Kraftfluß, Auflagefläche ungenügend, Spanneisen zu schwach.

3. Werkstücke werden herausgerissen. Spannanordnung nicht richtig, Haftreibung nicht ausreichend, weil zu schwach festgezogen, direkte Spannung versuchen oder Stoß anordnen, Papierauflagen vergrößern Haftreibung.

4. Unsaubere Oberflächen können auch vom schlechten Spannen herrühren. Mehr Spanneisen anordnen.

Abschnitt 7.

Kegelberechnungen.

1. Kegel.

Ein Kegel (Abb. 74 a) ist ein runder Körper, dessen Grundfläche ein Kreis ist, der sich bis zu seiner Spitze gleichförmig verzüngt. Schneidet man ein Stück der Spitze ab, so entsteht ein Kegelstumpf (früher Konus genannt) (Abb. 74 b).

Der Kegelstumpf wird durch zwei verschieden große Kreisflächen begrenzt. An einer Welle kann ein Teilabschnitt kegelig sein (Abb. 74 c). Man unterscheidet schwache Kegel bis zu einem Kegelwinkel von 90° und steile Kegel mit höheren Winkeln.

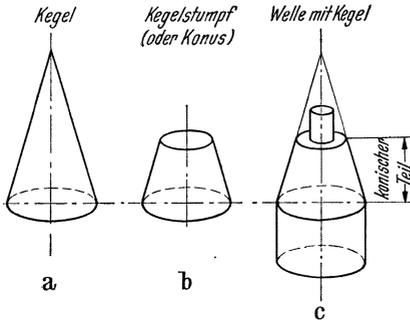


Abb. 74. Kegel und Konusse.

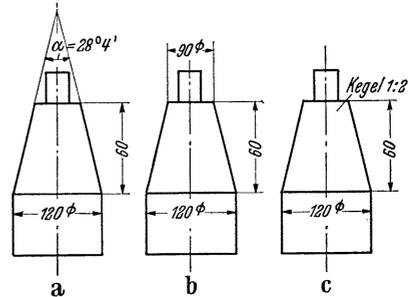
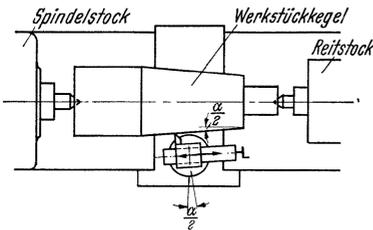
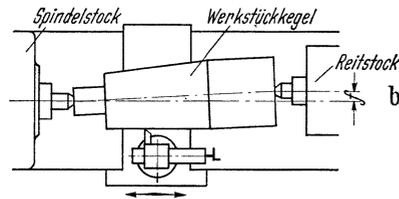


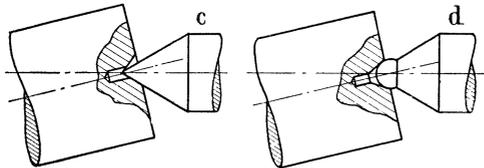
Abb. 75. Verschiedene Vermaßung eines Kegels.



a Supportverstellung um den Winkel α .



b Reitstockverstellung aus der Mitte.



Einseitige Anlage des Körners bei Reitstockverschiebung.

Kugelnkörner.

Abb. 76. Einstellen der Drehbank zum Kegeldrehen.

2. Kegelvermaßung.

Der kegelische Abschnitt kann vermaßt sein. Er wird bestimmt nach Abb.75 außer der Angabe der Länge und dem größten Durchmesser durch weitere Angaben:

Fall a den ganzen Kegelwinkel α , z. B. $28^\circ 4'$,

Fall b den kleinsten Durchmesser,

Fall c die Kegelsteigung. Mit Kegelsteigung ist gemeint, wieviel der Durchmesser auf die Länge zu-

nimmt. In Abb. 75b nimmt der Kegel auf der Länge 60 mm von 90 mm \varnothing auf 120 mm \varnothing zu. Der Unterschied ist also $120 - 90 = 30$ mm. Die Steigung errechnet sich dann zu

$$\frac{30}{60} = \frac{3}{6} = \frac{1}{2} = 1 : 2.$$

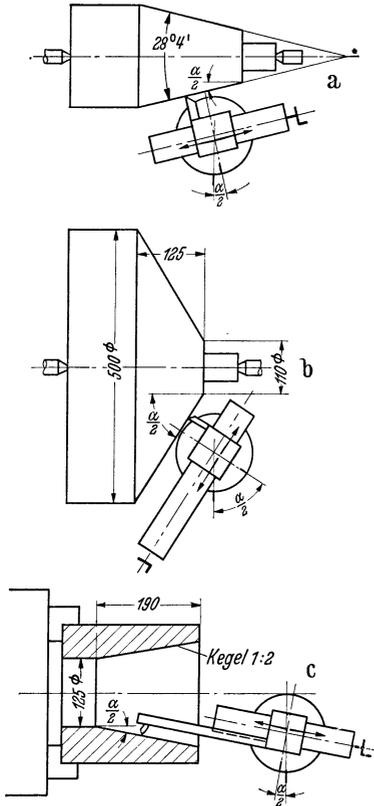


Abb. 77. Einstellungen des Supportflansches für verschiedene Kegelwinkel.

werden. Dieser Winkel $\frac{\alpha}{2}$ muß somit ermittelt werden.

Fall a. Abb. 77a. Da hier der Kegelwinkel angegeben ist, braucht dieser nur halbiert zu werden, $\frac{28^{\circ}4'}{2} = 14^{\circ}2'$. Der Support muß also um $14^{\circ}2'$ verdreht werden.

In welcher Richtung der Support verdreht werden muß, ergibt sich aus der Lage des Werkstückes in der Maschine. Falls die Gradeinteilung

3. Einstellung der Drehbank.

Das Kegeligdrehen kann erfolgen durch

1. Verdrehen des Supportflansches um

den halben Kegelwinkel $\frac{\alpha}{2}$ (Abb. 76 a).

(Das Richtige und Übliche, wenn die Drehbank das Verdrehen des Supportflansches zuläßt. Innen- und Außenkegel drehen möglich.)

2. Verschieben des Reitstockes aus der Achse der Maschine Abb. 76 b schlecht, weil Reitstock für Zylindrischdrehen wieder genau eingerichtet werden muß.

Ferner läuft der Körner nicht richtig in der Zentrierung und reibt sich auf (Abb. 76 c). Einwandfreies Arbeiten gestattet uns ein Körner mit Kugelspitze (Abb. 76 d). Nur schlanke Außenkegel können gedreht werden.

4. Einstellung des Supportes, Umrechnung in Grade.

Wie die Abb. 77 a...c zeigen, muß der Support jeweils um den halben Kegelwinkel $\frac{\alpha}{2}$ aus seiner Nullstellung verdreht

auf dem Supportflansch nicht von Null aufwärts geht, sondern von 90° abwärts, muß der Unterschied $90^\circ - \frac{\alpha}{2} = 90 - 14^\circ 2' = 75^\circ 58'$ ausgerechnet und eingestellt werden.

Man kann die Grade auch einzeln an der Teilung abzählen.

Fall b Abb. 77 b. Gegeben sind die zwei Durchmesser und die Länge des Kegels. Der Winkel $\frac{\alpha}{2}$ ist der halbe Kegelwinkel. Nach Abb. 78 a

u. b berechnet man den Winkel $\frac{\alpha}{2}$ aus einem Hilfsdreieck. Dieses ist rechtwinklig und die Berechnung von $\frac{\alpha}{2}$ erfolgt nach Abschnitt 2, Gleichung 1 mit Hilfe des $\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$. Gegenkathete $a = 195$ mm, Ankathete $b = 125$ mm.

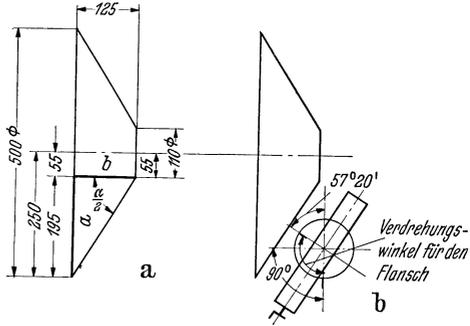


Abb. 78. Berechnung des Winkels $\frac{\alpha}{2}$ aus einem Hilfsdreieck.

$\frac{\alpha}{2}$ ist jetzt nach Tab. 2 auszurechnen und ist $57^\circ 20'$.

Da man beim Drehen die Handkurbel fast immer vorn haben muß (Abb. 77 b), liegt der Winkel $57^\circ 20'$ von rückwärts gerechnet. Der Halbkreis hat 180° . Also wird die Verdrehung des Supportes $180^\circ - 57^\circ 20'$ von der vorderen Nullstellung gerechnet. Beginnt die Teilung der Grade nicht vorne, kommen auch noch $90^\circ - 57^\circ 20'$ Einstellung in Frage. Tab. 7 enthält übliche Kegelwinkel.

Fall c Abb. 77 c. Gegeben sind ein Durchmesser, die Länge des Kegels und die Steigung. Kegel 1 : 2 bedeutet, daß auf jeweils 2 mm Länge der Durchmesser um 1 mm größer wird. Den halben Kegelwinkel $\frac{\alpha}{2}$ kann man jetzt leicht nach folgender Regel berechnen:

Steigung ausrechnen $1 : 2 = 0,5$,

die Hälfte nehmen $\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = 0,5 : 2 = 0,25$,

aus Tab. 2 den Winkel $\frac{\alpha}{2}$ ablesen mit $14^\circ 2'$.

Tabelle 7. Kegelwinkel.

Kegel 1 : k	Kegelwinkel	Einstellwinkel an der Bearbeitungs- maschine $a/2$	Kegel 1 : k	Kegelwinkel	Einstellwinkel an der Bearbeitungs- maschine $a/2$
1 : 0,289	120°	60°	Morsekegel 0		
1 : 0,350	110°	55°	1 : 19,212	2° 58' 54"	1° 29' 27"
1 : 0,500	90°	45°	Morsekegel 1		
1 : 0,652	75°	37° 30'	1 : 20,047	2° 51' 18"	1° 25' 39"
1 : 0,866	60°	30°	Morsekegel 2		
1 : 1,207	45°	22° 30'	1 : 20,020	2° 51' 40"	1° 25' 50"
1 : 1,50	36° 52' 12"	18° 26' 6"	Morsekegel 3		
1 : 1,866	30°	15°	1 : 19,922	2° 52' 34"	1° 26' 17"
1 : 3	18° 55' 30"	9° 27' 45"	Morsekegel 4		
1 : 3,429	16° 35' 40"	8° 17' 50"	1 : 19,254	2° 56' 38"	1° 28' 19"
1 : 4,072	14°	7°	Morsekegel 5		
1 : 5	11° 25' 16"	5° 42' 38"	1 : 19,002	3° 0' 6"	1° 30' 3"
1 : 6	9° 31' 38"	4° 45' 49"	Morsekegel 6		
1 : 10	5° 43' 30"	2° 51' 45"	1 : 19,180	2° 59' 12"	1° 29' 36"
1 : 12	4° 46' 20"	2° 23' 10"			
1 : 15	4° 49' 6"	1° 54' 33"			
1 : 16	3° 34' 48"	1° 47' 24"	1 : 30	1° 54' 34"	57' 17"
1 : 20	2° 51' 52"	1° 25' 56"	1 : 50	1° 8' 46"	34' 23"

5. Umrechnung der Einstellung des Supportes in Millimeterverdrehung, wenn keine Gradeinteilung am Flansch vorhanden.

Ist keine Teilung auf dem Flansch des Supportes mit dem Durchmesser „ d “ vorhanden, kann man sich folgendermaßen helfen:

In der Nullstellung werden zwei Risse a und b (Abb. 79 a) angebracht, die zunächst übereinander stehen.

Verdreht man den Support um den Betrag „ f “, der der Steigung des Kegels entspricht, so kann mit dem Support konisch gedreht werden. Wie groß muß der Betrag „ f “ sein?

Fall a. Ist der Kegelwinkel gegeben, so nimmt man für den halben Winkel $\frac{\alpha}{2}$ aus der Tabelle den Wert für $\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$, z. B. $\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = 0,25$, dann ist

$$f = \frac{d}{2} \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}.$$

Beispiel: Kegelwinkel α ist 60°, $d = 280$ mm Supportflansch Durchmesser.

$$\text{Winkel } \frac{\alpha}{2} = \frac{30}{2} = 15^\circ,$$

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = 0,268,$$

$$f = 140 \times 0,268 = 37,5 \text{ mm.}$$

Der Riß b muß also um 37,5 mm gegenüber a verdreht werden. Für steilere Kegel ist dieses Verfahren ungenau, die wirkliche Verdrehung wird etwas kleiner. Bis $\frac{\alpha}{2} = 15^\circ$ genügt aber dieses Verfahren.

Fall b. Ist der größte und kleinste Durchmesser des Kegels angegeben, wird $\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$, wie in Absatz 4, Fall b, berechnet und daraus die Verdrehung „ f “.

Beispiel: $D = 120$ mm \varnothing , $D_1 = 90$ mm \varnothing , $l = 60$ mm \varnothing ,
 $d = 280$ mm Supportflansch- \varnothing .

$$\frac{a}{b} = \frac{15}{60} = 0,25 = \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}, \quad f = 140 \cdot 0,25 = 35 \text{ mm.}$$

Der Riß b muß also um 35 mm gegenüber a verdreht werden.

Fall c. Gegeben ist die Kegelsteigung mit 1 : 4. Maßgebend ist die halbe Steigung als $\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$ mit 1 : 8 = 0,125, $f = \frac{d}{2} \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$.

Beispiel:
 $d = 280$ mm Supportflansch- \varnothing

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = 0,125$$

$$f = 140 \cdot 0,125 = 17,5 \text{ mm.}$$

Der Riß b muß um 17,5 mm gegenüber a verdreht werden.

6. Berechnung der Verstellung des Reitstockes.

Nach Abb. 79b ist die Verstellung des Reitstockes „ h “ zu berechnen. Zunächst muß die halbe Steigung des Kegels ermittelt werden, wie das in Abschnitt 4 erfolgt ist. Es ist dann

$$h = L \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}. \quad (\text{Gl. 2})$$

L ist Abstand zwischen den Spitzen, also gleich der Werkstücklänge.

Beispiel: Länge des Werkstückes 370 mm,

$$\text{Halbe Steigung } \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = 0,125,$$

$$L = 370 \cdot 0,125 = 46,3 \text{ mm.}$$

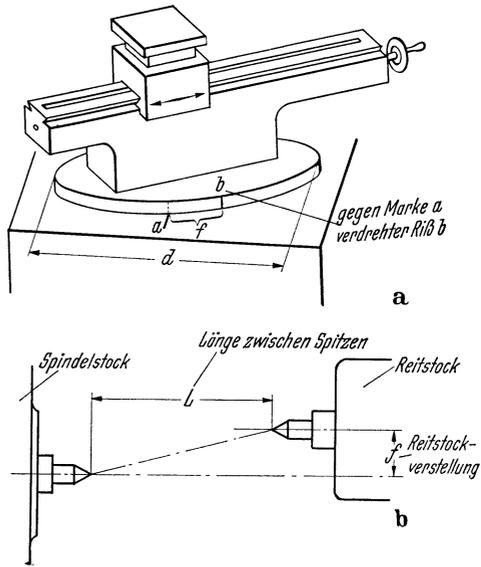


Abb. 79. Messung der Flanschverdrehung in mm und Berechnung der Reitstockverstellung.

Der Reitstock muß also um 46,3 mm aus der Achse der Maschine nach hinten verschoben werden.

Beim Drehen eines Kegels mit Reitstock sollte man nicht zu weit hinausgehen, da man sonst das Zentrum zu arg ausweitet, also die Körnerspitze nicht mehr dem Zentrum entspricht und man somit nur ungenaue und unsaubere Arbeit erhält. Eine bessere Arbeit ermöglicht der Kugelnkörper nach Abb. 76 d.

Abschnitt 8.

Teilkopfberechnungen.

Bei vielen Arbeiten an der Fräsmaschine oder Stoßmaschine sind bestimmte Teilungen erforderlich, die auf den Zeichnungen in Grad angegeben sind und nun auf Umdrehungen der Teilscheiben umgerechnet werden müssen.

Im Teilgerät befindet sich eine Übersetzung mit Schnecke und Wechselrädern, die konstant bleibt. Man muß zunächst wissen, wie oft muß man die Teilscheibe herumdrehen, damit eine Umdrehung der Teilschindel erfolgt. Es kommen für Umdrehungszahlen 20, 30, 36, 40 vor. Diese Zahl ist auf den folgenden Berechnungen mit n bezeichnet. Ist also $n = 36$ U, so muß man die Teilscheibe 36 mal herumdrehen und erhält eine Umdrehung der Teilschindel.

Die Gradeinteilung, siehe Abschnitt 2, hat 360° über den ganzen Umfang. Eine Viertelumdrehung ist gleich 90° , also bei $\frac{1}{4}$ mal 36 U = 9 U, dreht sich die Teilschindel um 90° . 1° ist dann der $\frac{360}{36}$ Teil von n .

Bei $n = 36$ ist $1^\circ = \frac{36}{360} = \frac{1}{10}$ Umdrehung der Teilscheibe. Damit man nun Brüche von $\frac{1}{10}$ Umdrehung auf der Teilscheibe ausführen kann, hat diese Lochkreise mit verschiedenen Lochzahlen. Bei $\frac{1}{10}$ Umdrehung z. B. könnte man bei einem Teilkreis von 10 Löchern bei dem Umfang um 1 Loch weiterdrehen, dann ist $\frac{1}{10}$ Umdrehung gemacht. Wenn aber kein Lochkreis mit 10 Löchern vorhanden ist, nimmt man den doppelten Lochzahlkreis. Bei 20 Löchern dreht man jetzt 2 Löcher weiter, dann sind ebenfalls $\frac{1}{10}$ Umdrehung ausgeführt. Wenn man einen Bruch oben und unten auf das Doppelte oder Dreifache oder Vierfache erhöht, bleibt das Verhältnis immer gleich, die Erhöhung ist so zulässig.

Sind jetzt Teilungen von 3° auszuführen, so muß die Teilscheibe $3 \cdot \frac{1}{10}$ Umdrehung = $\frac{3}{10}$ U gedreht werden. Die Teilscheibe muß also $\frac{3}{10}$ herumgedreht werden, beim Lochkreis $20 = 2 \cdot 3 = 6$ Löcher.

Allgemein wird die Drehzahl der Teilscheibe ausgerechnet nach

$$\text{Umdrehungen } U = \frac{n}{360} \cdot \text{Grad.} \quad (\text{Gl. 3})$$

Beispiele:

1. *Aufgabe:* $3^{\circ} 30'$ sollen geteilt werden. $n = 36$.

Lösung: $3^{\circ} 30' = 3\frac{1}{2}^{\circ} = 7\frac{1}{2}^{\circ}$.

$$U = \frac{n}{360} \cdot 3^{\circ} 30' = \frac{36}{360} \cdot 7\frac{1}{2} = \frac{1}{10} \cdot \frac{7}{2} = \frac{7}{10 \cdot 2} = \frac{7}{20}.$$

Die Teilung erfolgt auf dem Lochkreis 20 und zwar um 7 Löcher weiter.

2. *Aufgabe:* $17^{\circ} 45'$ sollen geteilt werden. $n = 36$

Lösung: $17^{\circ} 45' = 17\frac{3}{4}^{\circ} = 17 \cdot \frac{4}{4} + \frac{3}{4} = \frac{4 \cdot 17 + 3}{4} = \frac{71}{4}$.

$$U = \frac{36}{360} \cdot \frac{71}{4} = \frac{1}{10} \cdot \frac{71}{4} = \frac{71}{40} = \frac{40 + 31}{40} = 1 + \frac{31}{40} \text{ Umdrehungen.}$$

Die Teilscheibe muß also ein ganzes Mal und dazu $\frac{31}{40}$ weiter gedreht werden, d. h. auf dem Lochkreis 40 um weitere 31 Löcher.

3. *Aufgabe:* $68^{\circ} 10'$ sollen geteilt werden. $n = 36$.

Lösung: $68^{\circ} 10' = 68\frac{10}{60}^{\circ} = 68\frac{1}{6}^{\circ} = \frac{6 \cdot 68 + 1}{6} = \frac{409}{6}$.

$$U = \frac{n}{360} \cdot \text{Grad} = \frac{36}{360} \cdot \frac{409}{6} = \frac{1}{10} \cdot \frac{409}{6} = \frac{409}{60} = 6 \frac{49}{60} \text{ Umdrehungen.}$$

Die Teilscheibe muß 6mal herum gedreht werden und dazu noch 49 Löcher auf dem Lochkreis 60.

Wie groß für jede Maschine n ist, muß aus der Maschinenbeschreibung entnommen oder ausprobiert werden. Mit dieser Grundzahl lassen sich leicht die notwendigen Lochzahlen ausrechnen, wie die obigen Beispiele zeigen.

Die Umrechnung von Minuten in Grad ist in Abschnitt 2 eingehend behandelt.

II. Besondere Betriebskunde.

In den ersten Abschnitten sind die allgemein notwendigen Kenntnisse geschildert, wie sie als grundlegendes Handwerkszeug für die Bearbeitung gebraucht werden. Im folgenden werden jetzt die besonderen Verfahren wie Drehen, Hobeln, Fräsen, Bohren, Reiben usw. behandelt. Hier werden zunächst die Werkzeuge, dann die zu wählenden Schnittgeschwindigkeiten, d. h. Umdrehungszahlen, Vorschübe und schließlich alle die besonderen Kleinigkeiten behandelt, die so leicht zu schlechtem Arbeitsausfall führen können, wenn man sie nicht beachtet. Vorausgeschickt werden diesen Betrachtungen die Erklärungen über die Werk-

stoffe und ihre Bezeichnungen sowie die Begriffe Schnittgeschwindigkeit, Vorschübe und Spantiefe.

Abschnitt 9.

Maschinenwartung, Einstellung und Vorrichtungsbehandlung.

Die Bezeichnung und das normale Aussehen der Maschinen, wie Drehbank, Revolverbank, Ständerbohrmaschine, Radialbohrmaschine, Waagrecht-Senkrecht-Fräsmaschinen, Bohrwerk, Hobelmaschine, Stoßmaschine usw. werden vorausgesetzt. Die Bedienung der Maschinen muß doch an Ort und Stelle erklärt werden und ist in kurzer Zeit leicht zu erlernen.

Es ist verständlich, daß eine abgenutzte Maschine nicht mehr so genau arbeiten wird wie eine neue. Man muß dann durch Anfügen eines zusätzlichen Arbeitsganges mit feinerer Spanabnahme die verlangte Genauigkeit des Werkstückes herstellen. Die Schnelligkeit der Abnutzung kann aber durch sachgemäße Behandlung der Maschinen weitgehend vermindert werden. Es ist erreichbar, daß Maschinen noch nach Jahren neuwertig sind, wenn bei der Bedienung folgende Gesichtspunkte peinlichst beachtet werden.

1. Zur Beachtung.

1. Überzeuge dich stets bei Arbeitsbeginn, ob sämtliche Schmierstellen reichlich Fett haben bzw. ob die Schmierpumpe läuft und richtig fördert. Prüfe die Lagerstellen während des ganzen Laufes der Maschine durch Handauflegen auf ihre Erwärmung.

2. Säubere alle Gleitbahnen für Supporte, Werkzeuge und fette sie ein, auch manchmal während der Arbeit, wenn Späne anfallen. Kleine Späne und Staub zwischen Führungsbahnen führen zum Fressen, vermindern die Genauigkeit von Maschine und Arbeit. Reparaturen halten dich auf.

3. Steige nicht auf Führungsbahnen, sondern lege ein Brett oder einen Schutz darüber. Beim Ein- und Ausspannen schwerer Stücke muß gleichfalls eine Unterlage auf der Maschine liegen, um Beschädigungen durch Schlag oder Anstoßen unmöglich zu machen.

Angeschlagene Stellen auf den Gleitbahnen treten hervor, lenken die Supporte ab und geben ungenaue Arbeiten. Alles, wie Hammer-

schläge, Fallenlassen von Werkzeugen usw., trägt zur Beschädigung der Maschine und zur Wertverminderung bei.

4. Das Schalten der Maschine darf nie unter Last oder im vollen Lauf erfolgen, sondern soll bei Stillstand oder letztem Auslaufen ohne Gewaltanwendung stattfinden.

5. Bei Benutzung von Kühlmitteln für reichliche Kühlung sorgen. Kühlwasserpumpen sauber halten, Spanfangkasten von Zeit zu Zeit gründlich säubern, Spritzwasser darf nicht über die Maschine hinausgeschleudert werden, besonders nicht auf oder in Kabelkanäle, da Kurzschlußgefahr vorhanden.

6. Stets auf saubere Haltung der Aufnahmen für Werkzeuge, Konusse, Flächenanlagen usw. achten, da nur ein gut sitzendes und schlagfrei laufendes Werkzeug saubere Arbeit liefern kann.

7. Halte Ordnung im Werkzeugschrank! Schone die Werkzeuge, denn nur so kann schnell und verdienstreich gearbeitet werden.

8. Auch die Arbeitsstücke können mit gleicher Anstrengung gerade und übersichtlich geordnet werden. Das erleichtert die Kontrolle und zeugt von richtiger Einstellung zur Arbeit.

9. Halte deinen Arbeitsplatz von Schmutz und Spänen rein, denn dazu ist während des Maschinenlaufes meist reichlich Zeit vorhanden.

10. Alle diese Punkte sind wichtig, denn nur durch die Vermeidung aller möglichen, auch kleiner Fehler können Dauererfolge erzielt werden.

2. Beistellungen an Maschinen.

Sollen auf einer Drehbank von einer Welle 4 mm im Durchmesser heruntergedreht werden, so stellt man den Support mit dem Drehstahl soweit ein, bis das Werkzeug schabt. Diese Stellung merkt man sich an der Einstellskala oder verschiebt die Einstellskala auf Null. Die Beistellung für die Spanabgabe muß jetzt gleich der halben Durchmesser- verringerung also gleich 2 mm sein. Das trifft sowohl für Außen- als auch für Innendrehen zu. Dagegen muß beim Plandrehen die ganze Spanabnahme, also 4 mm, beigestellt werden.

Bei allen neuen Maschinen ist die Beistellung sinnfällig, d. h. bei Rechtsdrehung läuft der Support nach vorn in Spindelrichtung gesehen, die Skalen tragen jedoch verschiedene Einteilungen (Abb. 80). Man muß sich jeweils vorher überlegen, wieviel Beistellung einem Skalenstrich entspricht und wieviel das auf den Durchmesser ausmacht.

In Tab. 8 sind verschieden vorkommende Verhältnisse zusammen-

gestellt. Es ist einzusehen, daß bei Fräs- und Schleifmaschinen unterschiedliche Teilungen vorkommen werden, weil ganz verschiedene Beistellungen entsprechend den Arbeitsverfahren notwendig sind.

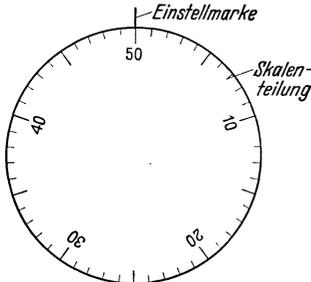


Abb. 80. Beispiel für Skalenteilung.

Das Anstellen eines Fräasers wird erleichtert, wenn man zwischen Werkstück und Fräser ein dünnes Stück Papier hält. Dieses wird abgeschnitten, sobald der Fräser die Werkstückoberfläche erreicht, also berührt.

Beim Bohren von Löchern mit genauer Tiefe ist darauf zu achten, daß die Bohrspitze über diese Tiefe meist hinaus eindringt. Beim Einstellen von festen Anschlägen muß also erst das Loch so weit angebohrt werden, bis der ganze Bohrerdurchmesser anzuschneiden beginnt. Von hier ab kann die Tiefe eingestellt werden.

Tabelle 8. Beistellungswerte bei verschiedenen Skalenteilungen und Skalenwerten.

Zahl der Skalenteilstriche am Umfang	Maßänderung für 1 Skalenstrich in mm	Damit Beistellung für eine ganze Skalenumdrehung in mm	Durchmesseränderung in mm	
			für 1 Skalenstrich	für 1 Spindelumdrehung
50	0,01	0,5	0,02	1
50	0,02	1	0,04	2
50	0,025	1,25	0,05	2,5
50	0,05	2,5	0,1	5
50	0,1	5	0,2	10
100	0,01	1	0,02	2
100	0,02	2	0,04	4
100	0,025	2,5	0,05	5
100	0,05	5	0,1	10
100	0,1	10	0,2	20

3. Werkzeugbefestigung.

Bei Drehbänken wird der Drehstahl in den Stahlhalter eingespannt. Seine Auflagefläche muß eben und glatt sein, da das Vorbedingung für festen Sitz des Werkzeuges ist. Zum Ausgleich der Spitzenhöhe und zur Schonung werden Beilagen dazwischengelegt.

Bei Bohrern ist es wichtig, daß diese genau rund laufen und mittig geschliffen sind und genau in Bohrrichtung stehen. Bei konischen Auf-

lagen muß der Konus satt anliegen. Keineswegs darf der Bohrerlappen zur Hauptmitnahme gegen Verdrehung dienen, da er bei normaler Beanspruchung abreißt. Ein guter Konussitz ist aber nur zu erreichen, wenn die konischen Flächen peinlich sauber und nicht verschlagen sind. Man muß also den Bohrer und die Aufnahmespindel bzw. die notwendigen Konushülsen sorgfältig gegen Schläge oder Verletzungen aller Art schützen. Vor allem dürfen nicht bei Verwendung von Hämmern beim Lösen des Konusses auf der tragenden Fläche Schlagspuren zurückbleiben. Durch Einbeulung werden die Rundpartien auf der Konusfläche herausgedrückt, stehen vor und machen einen satten Konussitz unmöglich. Das Werkzeug läuft dann nur mit Schlag und ohne Halt. Auch Bohrer mit zylindrischem Schaft und Beschädigungen dieses Schaftes müssen unweigerlich schief im Bohrfutter eingespannt werden. Man Sorge deshalb dafür, jedes Werkstück fest und schlagfrei einzuspannen, denn ohne diese Vorbedingung kann keine gute Arbeit geleistet werden.

4. Allgemeine Werkzeugaufnahmen.

Wird ein Werkstück zwischen Spitzen gedreht, muß für eine richtige Ansenkung Sorge getragen sein. Wie in Abb. 81 gezeigt, muß das vorgebohrte Loch für die Körneransenkung so weit in das Werkstück hineingehen, daß die Körnerspitze frei wird, da sonst nur diese anliegen und in kurzer Zeit fressen würden. Reichliche Schmierung dieser Stelle ist vorzunehmen. Werden die Werkstücke mehrfach umgespannt, muß stets bei jedem Einsenken die Körneransenkung und die Körnerspitze sorgfältig gereinigt werden.

Bei Drehherzen legt man gegen Beschädigung des Werkstückes ein Zwischenstück unter die Halteschraube. Patentfutter werden als Zwei- und Dreibackenfutter verwendet; sie sind nur für bereits vorgearbeitete Teile gedacht und sollen für Vorschrupparbeiten nicht verwendet werden, da sie dafür zu schwach sind und dann feinere Arbeiten mit ihnen nicht mehr ausgeführt werden können. Beim Spannen von Ringen, wobei die Backen über den Futterdurchmesser

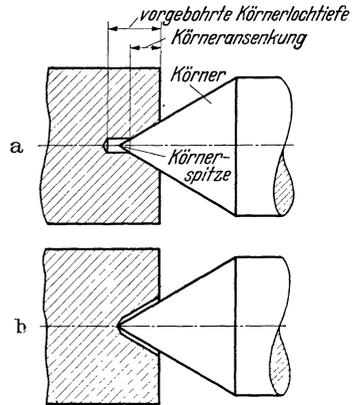


Abb. 81. Richtige und falsche Ausführung der Ansenkung.
 a) Richtig. Spitze läuft frei, Kegel-
 flächen tragen.
 b) Falsch. Spitze trägt allein, frisst und
 nutzt sich ab. Werkstück gibt nach.

weit hinausgeschraubt werden müssen, können Späne in die jetzt hervortretenden Spiralzähne des Futters eindringen. Beim Zuspanssen setzen sich diese dann innen fest. Das Futter klemmt und muß stets auseinandergenommen werden, was Zeitverlust bedeutet. Man deckt in solchen Fällen diese Spiralgänge mit Papier oder Putzwolle ab. Für grobe Arbeiten dienen Planscheiben als Spannorgane. Mit diesen können die kräftigsten Stücke sicher gespannt werden. Rohe Teile niemals in Dreibackenbutter spannen. Beim Aufschrauben von Planscheiben und Patentfutter auf den Spindelkopf der Maschinen müssen unbedingt die Gewinde beider Teile ganz sorgfältig gesäubert und eingefettet werden, weil sonst nach längerer Arbeitszeit ein Abnehmen unmöglich werden kann. Wenn dann infolge des festen Sitzes oder Fressens des Gewindes die Futter mit Gewalt heruntergeholt werden müssen, wird meist die Spindel verbogen, die Genauigkeit der Maschine ist bedeutend verringert und kann niemals wieder erreicht werden. Und das nur als Ursache von Unachtsamkeit. Weitere Spannorgane, z. B. für Bohrmaschinen, Fräsmaschinen, sind Schraubstöcke, bei denen man ebenfalls auf gute Instandhaltung der Führungsbahnen sehen muß. Das Zuspanssen soll nur von Hand erfolgen. Die Spannhebel sind so lang, daß die Handkräfte ausreichen. Es ist grundsätzlich falsch, durch Anwendung von Verlängerungen übermäßige Kräfte anzusetzen, sie können zum Sprengen des Schraubstockes führen.

5. Vorrichtungen.

Zur Erleichterung vieler Arbeiten werden Vorrichtungen verwendet, das sind Sonderspannorgane. Auf Drehbänken ist es zweckmäßig, diese Vorrichtung jedesmal nach dem Aufspannen auf Rundlauf zu prüfen. Auch hier müssen die Spannstellen nach jedem Ausspannen gut gesäubert werden, damit die Werkstücke in die gewünschte richtige Lage kommen. Vor allem ist auf gute Anlage an den Spannflächen und spielfreien Sitz der Zentrierung zu achten. Sämtliche Teile an Vorrichtungen, wie Spannpratzen, Schrauben, Muttern, Unterlagscheiben, Einstellehren usw., müssen immer dabeibleiben, weil sonst bei wiederholter Benutzung bedeutend Mehrverlustzeiten durch Neubeschaffung entstehen, als der einmalige Vorteil des Entfernens eingebracht hat.

Die Genauigkeit der Vorrichtung ist sehr groß. Man soll sie deshalb vorsichtig behandeln, damit nicht durch Hinwerfen oder Schläge Ab-

weichungen der Form auftreten. Beim Ausrichten auf Planscheiben oder Spannplatten kann man sich durch Beilagen von Papier helfen.

Drehdorne müssen vor dem Aufbringen des Werkstückes gut eingefettet sein. Man staucht die Werkstücke auf ein Stück Holz oder anderer weicher Unterlagen, niemals auf harten Unterlagen, da sonst ein Verschlagen der Dornstirnkanten eintritt.

6. Verschiedenes.

Beim Schruppen mit starker Spanabnahme tritt durch Erwärmung eine Verlängerung des Werkstückes ein. Durch die Spannung zwischen den Spitzen, also mit Reitstock, wird das Werkstück festgehalten und erhält eine erhöhte Längsspannung. Unter diesem Druck versucht die Welle auszuweichen und biegt sich durch. Es tritt unter der Wirkung der Spanabnahme ein Rattern auf. Man muß daher von Zeit zu Zeit nachprüfen, ob der Reitstock noch die richtige Spannung in der Körnerspitze hat und diese entsprechend nachrichten. Da diese Fehlermöglichkeiten bei jedem Arbeitsgang auftreten, sind sie stets neu zu beachten. Genaue und saubere Arbeiten sind nur bei restloser Vermeidung dieser Gefahrenquellen möglich.

Abschnitt 10.

Werkstoffkunde und Gliederung nach Zerspanbarkeit.

1. Allgemeines.

Das Eisen ist ein Element. Man muß es aus Eisenerzen gewinnen, da es im reinen Zustand in der Natur nicht vorkommt. Durch die Verhüttung, bei der die chemischen Verbindungen des Eisens mit Sauerstoff und anderen Grundstoffen gesprengt werden, wird das Eisen frei und geschmolzen. Dieser chemische Prozeß der Eisengewinnung wird im Hochofen durchgeführt, der etwa 20····30 m hoch und mit feuerfesten Steinen ausgemauert ist. Das Roheisen aus dem Hochofen wird entweder in einfachen Sandformen zu meterlangen Barren, zu „Masseln“ vergossen oder in flüssigem Zustand zu Stahl weiterverarbeitet. Bei der Stahlherstellung werden die noch im Roheisen vorhandenen nicht erwünschten Beimischungen im flüssigen Zustand verbrannt. Dem fast reinen Eisen werden dann wieder die gewünschten Zusätze beigefügt.

Eine Verbindung von zwei oder mehreren Elementen gibt eine Legierung. Auch Stahl ist eine Legierung aus Eisen und Kohlenstoff

bzw. noch weiteren Elementen. Eisen, Kupfer, Zink, Zinn, Aluminium, Nickel usw. sind Metalle und Elemente. Es gibt 92 Elemente, von denen nur ein Teil Metalle sind, nämlich die, die einen elektrischen Strom gut leiten, gutes Wärmeleitvermögen und einen besonders metallischen Glanz haben.

Legierungen sind Messing, Tombak, Bronze, Weißmetall, Rotguß, Aluminiumlegierungen. Durch die Art der Zusammensetzung einer Legierung erhält der Werkstoff ganz neue und verschiedene Eigenschaften, wie Festigkeit, Dehnbarkeit, Zähigkeit, Härte, Schmelztemperatur, magnetische Eigenschaften, elektrische Eigenschaften, Schweißbarkeit.

Aufgabe eines Konstrukteurs ist es, den für seine Konstruktion benötigten Werkstoff so auszuwählen, daß er in seinen mechanischen und sonstigen Eigenschaften entspricht, trotzdem aber im Preis wirtschaftlich bleibt. Anfangs stellten nun die einzelnen Werke Werkstoffe mit bestimmten Eigenschaften her, die Werksbezeichnungen erhielten. Der Zweck der Normung war der, aus dieser großen Zahl von vorhandenen Werkstoffmarken eine Auswahl zu treffen, wobei dennoch alle erforderlichen Sorten vorkamen. So entstanden die Werkstoffnormen mit bestimmten Kurzzeichen für die verschiedenen Werkstoffklassen.

2. Werkstoffnormen.

Folgende Begriffsbestimmungen sind festgelegt.

- St = Stahl ist alles ohne Nachbehandlung schmiedbare Eisen. Es gibt Flußstahl und Schweißstahl.
- Stg = Stahlguß ist in Formen vergossener Stahl, verschmiedbar, ist also elastisch.
- Ge = Gußeisen ist Eisen, das aus Roheisen allein oder Brucheisen, Stahlabfällen usw. geschmolzen und in Formen vergossen ist. Es ist nicht schmiedbar und spröde.
- Te = Temperguß aus Roheisen gegossen und durch Wärmebehandlung zäh, hämmerbar, leichter bearbeitbar und in kleinem Maß schmiedbar gemacht.
- ECN = Einsatz-Chrom-Nickel-Stahl. Eine Legierung aus Eisen und weiteren Metallen, besonders Chrom und Nickel.
- VCN = Vergütungs-Chrom-Nickel-Stahl. Legierung aus Eisen mit besonders Chrom und Nickel.
- Ms = Messing ist eine Legierung aus Kupfer und Zink.
- GBz = Gußbronze ist eine Legierung aus Kupfer und Zinn.

- WBz = Walzbronze ist eine Legierung wie GBz, jedoch gewalzt.
 Rg = Rotguß ist eine Legierung aus Kupfer, Zinn, Zink und Blei.
 WM = Weißmetall ist eine Legierung aus Kupfer, Zinn, Antimon und Blei.
 SnL = Lötzinn eine Legierung aus Zinn und Blei. Es kommen auch Legierungen aus Blei mit den Metallen Antimon, Quecksilber, Wismut usw. vor.
 MsL = Schlaglot, eine Legierung aus Kupfer und Zink.
 Sn = Zinn = Metall.

Aluminiumlegierungen.

Kennlich an der Zusammensetzung der Kurzzeichen, als erstes „Al“ als Abkürzung für Aluminium.

- | | |
|------------|---|
| Al-Cu-Mg | } Hochwertige Legierung gewalzt oder geschmiedet, besser: geknetet aus Aluminium mit verschiedensten Metallen, Knetlegierungen genannt. |
| Al-Cu | |
| Al-Mg-Si | |
| G-Al-Cu | } Aluminium-Gußlegierungen aus Aluminium mit verschiedenen Metallen, Gußlegierung genannt. |
| G-Al-Zn-Cu | |
| G-Al-Si | |

Für alle Legierungen sowie Stahl und Eisen sind durch weitere Zahlen hinter den Kurzzeichen besondere Zusammensetzungen oder Eigenschaften angegeben. Die Aufführung aller dieser Zahlen geht hier zu weit; sie sind aus den verschiedenen DIN-Blättern ersichtlich.

3. Eigenschaften der Werkstoffe in bezug auf die Zerspanbarkeit.

Die Herstellung der maßgerechten Werkstücke durch Spanabnahme ist außer vom Werkzeug auch abhängig vom Werkstoff, seiner Festigkeit und seiner Form. Danach richtet sich dann die Einstellung der Maschinen, wie schnell sie laufen (Schnittgeschwindigkeit, siehe Abschnitt 11), und welche Vorschübe gewählt werden können. Man spricht von der Zerspanbarkeit der Werkstoffe.

Es würde nun im Rahmen dieses Buches zu weit führen, alle Eigenschaften der Werkstoffe mit ihren Einflüssen anzugeben. Das Hauptmerkmal für uns ist hier die Festigkeit. Diese bestimmt zu 90% die Zerspanbarkeit. Die Sondereigenschaften der einzelnen Legierungsbestandteile machen meist nur 5·10% aus, in besonderen Fällen allerdings auch bis zu 30%. Aber diese Fälle wird man dann durch Versuche bei der Fertigung selbst ausprobieren.

Die Festigkeit der Werkstoffe wird durch die Zerreißprobe oder die Härte bestimmt. Es gibt dafür die Brinellhärte, die Rockwell-Härte,

die Vickers-Härte, die Ritzhärte, die nach bestimmten Verfahren festgestellt werden. Angegeben oder umgerechnet werden die Werte in kg/mm^2 Festigkeit.

Bei der Normung der Werkstoffe nach ihrer Zusammensetzung sind gleichzeitig verschiedene Festigkeitswerte mit festgelegt. Diese Werte haben auch eine Toleranz, z. B. hat St 50.11 von 50 bis 60 kg/mm^2 Festigkeit, d. h. man kann einen Stab mit 1 mm^2 Querschnitt mit 50 bis 60 kg belasten, dann reißt er. Wenn der Stab einen größeren Querschnitt hat, z. B. $1 \text{ cm}^2 = 100 \text{ mm}^2$, dann hält er $100 \cdot 50 = 5000$ und $100 \cdot 60 = 6000 \text{ kg}$ bis zum Zerreißen aus.

So kann es also vorkommen, daß zwei Werkstücke mit derselben Werkstoffangabe Unterschiede in der Festigkeit haben. Das bedeutet, daß sie eine verschiedene Zerspanbarkeit haben, und daß also verschiedene Schnittgeschwindigkeiten gewählt werden müssen. Diese weichen meist wenig voneinander ab.

In den Abbildungen der Abschnitte 13 und folgend sind die verschiedenen genormten Werkstoffe nach Festigkeitsbereichen zusammengestellt, wie sie für die Beurteilung der Zerspanbarkeit, d. h. Wahl der Schnittgeschwindigkeit und Vorschübe notwendig sind. Es kommt auch vor, daß manche Werkstoffe sich wohl gut drehen, aber schlecht fräsen lassen. In diesen Fällen sind die Werkstoffe am Kopf der Zahlentafeln für die Schnittgeschwindigkeiten oder Umdrehungszahlen in verschiedenen Bearbeitungsspalten aufgeführt, so daß dieses Verhalten berücksichtigt ist. Ebenso sind die schwerer zu bearbeitenden Werkstoffe anderen Bearbeitungsspalten zugeteilt. So ist z. B. Vergütungs-Chrom-Molybdän-Stahl = VCMo 125 in Spalte 23 bis 24 angegeben, obwohl seine Festigkeit $70 \cdots 80 \text{ kg/mm}^2$ ist und normale Stähle dieser Festigkeit in Spalte 19 bis 20 stehen. Man kann daher aus dieser Tafel nicht die Festigkeit ablesen, sondern nur die Zerspanbarkeit. Die verschiedenen Bearbeitungsspalten sind von 1 bis 24 laufend numeriert.

Abschnitt 11.

Schnittgeschwindigkeit, Vorschub und Spantiefe.

1. Was ist Schnittgeschwindigkeit bei geradliniger Bewegung?

Auf einer Langhobelmaschine ist ein Werkstück aufgespannt, das $12000 \text{ mm} = 12 \text{ m}$ lang ist und überhobelt werden soll. Die Maschine soll nun so eingestellt sein, daß genau in einer Minute das Werkstück

mit seiner ganzen Länge an dem Hobelstahl vorbeiläuft. Da das Werkstück in einer Minute 12 m zurückgelegt hat, beträgt die Geschwindigkeit 12 m/min. Bei dieser Geschwindigkeit erfolgte die Spanabnahme oder der „Schnitt“. Deshalb bezeichnet man diese als Schnittgeschwindigkeit v , hier $v = 12$ m/min.

Schnittgeschwindigkeit ist immer die Geschwindigkeit, mit der sich Werkzeug und Werkstück gegeneinander bei der Spanabnahme bewegen. Bei dem Beispiel einer Langhobelmaschine steht das Werkzeug still und das Werkstück bewegt sich. Es kann aber auch umgekehrt sein. Bei einem Schnellhobler bewegt sich der Hobelstahl gegen das

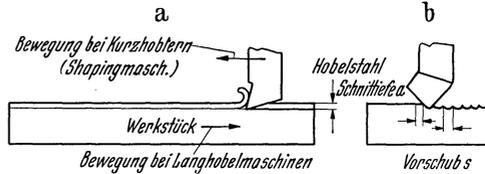


Abb. 82. Geradlinige Bewegungsrichtung an Hobelmaschinen.

festgespannte Werkstück (Abb. 82). Bei der Spanabnahme hat der Stößel mit dem Stahlhalter eine bestimmte Geschwindigkeit. Hier rechnet man nun so, wieviel Hobellänge aneinandergereicht der Hobelstahl in einer Minute zurücklegen würde, wenn er ohne Unterbrechung schneiden könnte. Aus der gesamten Länge in einer Minute ergibt sich dann wieder die Schnittgeschwindigkeit v . Diese Schnittgeschwindigkeiten leuchten ein, weil sie geradlinig sind.

Bei neueren Hobel- und Schnellhobelmaschinen (Shaper oder Shaping) und Stoßmaschinen ist für verschiedene Schaltungen direkt die Schnittgeschwindigkeit angegeben und kann eingestellt werden. Bei älteren Maschinen findet man oft nur die Zahl der Hübe je Minute. Es muß also jetzt diese Zahl in die gewünschte Schnittgeschwindigkeit umgerechnet werden, oder umgekehrt.

Bei Langhobelmaschinen mit langen Hübten und verhältnismäßig kurzer Umsteuerzeit kann man rechnen mit

$$v = \frac{2 \cdot H \cdot n}{1000} \quad (\text{Gl. 4})$$

$$\text{oder} \quad n = \frac{v \cdot 1000}{2H} \quad (\text{Gl. 5})$$

Hierin bedeuten

v = Schnittgeschwindigkeit in m/min,

H = Tischhub in mm/min,

n = Zahl der Hübe/min.

Beispiel: $H = 2700 \text{ mm}$,
 $n = 7,4 \text{ H\u00fcbe/min}$,

$$v = \frac{2 \cdot H \cdot n}{1000} = \frac{2 \cdot 2700 \cdot 7,4}{1000} = 40 \text{ m/min.}$$

Bei Kurzhobelmaschine wirkt sich die Umsteuerzeit st\u00e4rker aus. Hier diene als Faustformel die Regel

$$v = \frac{\pi \cdot H \cdot n}{1000} \quad (\text{Gl. 6})$$

$$\text{oder } n = \frac{v \cdot 1000}{\pi \cdot H}. \quad (\text{Gl. 7})$$

Beispiel: $H = 150 \text{ mm Hub}$,
 $n = 27 \text{ H\u00fcbe-min}$,

$$v = \frac{\pi \cdot 150 \cdot 27}{1000} = \frac{3,14 \cdot 150 \cdot 27}{1000} = 12,7 \text{ min.}$$

Diese Schnittgeschwindigkeit bleibt nicht \u00fcber den ganzen Hub gleichm\u00e4\u00dfig, sondern hat auf halbem Wege etwa die ausgerechnete Gr\u00f6\u00dfe und ist zu Anfang und Ende des Hubes geringer. Die h\u00f6chste Schnittgeschwindigkeit ist aber f\u00fcr die Leistungsf\u00e4higkeit des Werkzeuges ma\u00dfgebend.

F\u00fcr Sto\u00dfmaschinen rechnet man nach Gleichung 6 und 7.

2. Was ist Schnittgeschwindigkeit bei Drehbewegungen?

Viele Werkzeuge und Werkst\u00fccke haben rundlaufende Bewegungen.

Es mu\u00df jetzt \u00fcberlegt werden, wo bei diesen Drehbewegungen die Schnittgeschwindigkeiten auftreten.

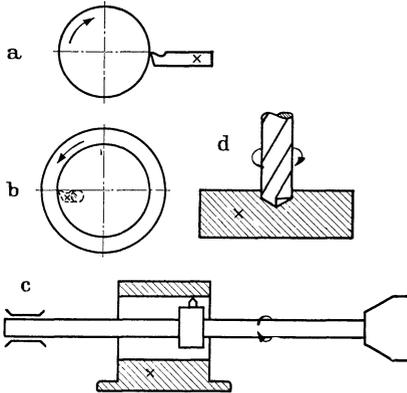


Abb. 83. Drehbewegungen.

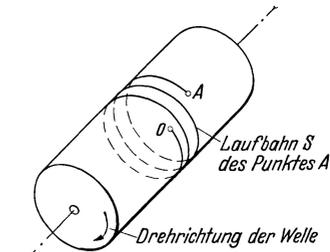


Abb. 84. Laufbahn der Drehstahlspitze auf einer Welle.

Beim Abdrehen einer Welle nach Abb. 83a steht der Drehstahl fest und das Werkst\u00fcck, hier die Welle, dreht sich. Dieses Abdrehen ist

nur möglich, wenn gleichzeitig bei der Drehbewegung der Welle ein gleichmäßiges Vorschieben des Drehstahles erfolgt.

Die genauere Erklärung des Vorschubes erfolgt weiter unten. Wir betrachten jetzt die Laufbahn des Punktes A auf der Welle (Abb. 84). Der Punkt A legt auf der Welle durch das Vorschieben des Drehstahles eine Schraublinie S zurück, die man sich auf die Welle aufgetragen denken kann. Die gesamte Länge der Schraubenlinie S in einer Minute soll von $A-O$ gehen. Diese Länge wird gemessen oder ausgerechnet. Ist sie z. B. 13 m, dann hatte der Punkt A die Geschwindigkeit 13 m/min. Da aber bei dieser Geschwindigkeit der Schnitt erfolgt ist, ist dies auch die Schnittgeschwindigkeit $v = 13$ m/min.

3. Wie wird die Schnittgeschwindigkeit ausgerechnet?

Wenn man einen Kreisdurchmesser D mit der Zahl $\pi = 3,14$ mal nimmt, erhält man die Länge des Kreisumfanges. Zum Beispiel bei einem Durchmesser $D = 100$ mm, der Umfang $L = 100 \cdot 3,14 = 314$ mm. Wenn sich eine Welle mit diesem Durchmesser D einmal herumdreht, so legt ein Punkt A auf dem Umfang eine Strecke von $D \cdot \pi$ mm zurück. Dreht sich jetzt die Welle in einer Minute n mal herum, $n =$ Umdrehungszahl, so wird der Punkt A in der Minute eine Strecke von $\pi \cdot D \cdot n$ mm zurücklegen. Nimmt man $n = 43$ /min. an, so beträgt dann die Geschwindigkeit 13500 mm/min $= 13,5$ m/min. Diese Umfangsgeschwindigkeit erhält man also bei einer Welle von 100 mm \varnothing , wenn man an der Drehbank eine Umdrehungszahl von 43 U/min einstellt. Da beim Überdrehen der Welle der größte Durchmesser gleich dem Wellendurchmesser ist, hat man jetzt bei 43 /min eine größte Schnittgeschwindigkeit von $13,5$ m/min. Diese Umrechnung von Umdrehungszahl auf Schnittgeschwindigkeit kann man auch allgemein angeben. Es ist

$$\text{Schnittgeschwindigkeit } v = \frac{\pi \cdot \text{Durchmesser} \cdot \text{Umdrehungszahl}}{1000} \quad (\text{Gl. 8})$$

oder

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}.$$

Entsprechend ist

$$\text{Umdrehungszahl } n = \frac{\text{Schnittgeschwindigkeit } v \cdot 1000}{\pi \cdot \text{Durchmesser}} \quad (\text{Gl. 9})$$

oder

$$n = \frac{v \cdot 1000}{\pi \cdot D}.$$

1. Beispiel: $D = 250 \text{ mm } \varnothing$, $n = 25 \text{ U/min}$, $v = ?$

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 250 \cdot 25}{1000} = 19,6 \text{ m/min.}$$

2. Beispiel: $v = 25 \text{ m/min}$. $D = 150 \text{ mm } \varnothing$. $n = ?$

$$n = \frac{v \cdot 1000}{\pi \cdot D} = \frac{25 \cdot 1000}{3,14 \cdot 150} = 33 \text{ U/min.}$$

Man kann hiermit für jede Drehbewegung die Umfangsgeschwindigkeiten für verschiedene Durchmesser und für verschiedene Umdrehungszahlen ausrechnen.

Nachdem klar ist, welche Durchmesser beim Drehen genommen werden müssen, stets die größten an den Stellen, wo die Spanabnahme erfolgt, muß jetzt für die anderen Arbeitsverfahren die Kenntnis der richtigen Durchmesserwahl erreicht werden.

Beim Innendrehen (Abb. 83 b) gibt der innere größte Durchmesser das Maß für die Umfangs- und somit Schnittgeschwindigkeit ab. Bei einem Bohrer steht das Werkstück still (auf einer Bohrmaschine) und der Bohrer dreht sich, oder der Bohrer steht still (Drehbank) und das Werkstück dreht sich. Die größte Umfangsgeschwindigkeit tritt immer am größten Bohrerdurchmesser auf, so daß dieser Durchmesser mit seiner Geschwindigkeit das Maß für die Schnittgeschwindigkeit angibt. Bei einem Fräser liegt das Werkstück auf einem Frästisch still und der Fräser dreht sich. Die größte Umfangsgeschwindigkeit und damit Schnittgeschwindigkeit tritt beim größten Fräserdurchmesser D auf. Auf einem Bohrwerk läuft eine Bohrstange mit einem Messer um (Abb. 83 c), dessen äußerster Durchmesser die Schnittgeschwindigkeit bestimmt.

4. Was ist Vorschub?

Beim Hobeln wird bei jedem Hubende das Werkzeug ein Stück quer zur Hobelrichtung verschoben (Abb. 82 b). Die Verschiebung s , die auch an den Hobelriefen erkennbar ist, ist der Vorschub, der hier in mm/Hub ausgedrückt wird.

Beim Überdrehen einer Welle (Abb. 85) wird der Support bei jeder Umdrehung der Welle ein bestimmtes Stück, nämlich den Vorschub s , weitergeschoben sein. Auch hier kann an der Breite der Drehriefen der Vorschub erkannt werden.

Entsprechend wird die Verschiebung eines Bohrers je Umdrehung in der Bohrrichtung mit Vorschub bezeichnet.

Das Fräsen macht eine Ausnahme. Hier wird der Vorschub nicht auf die Umdrehung des Fräasers bezogen, sondern man gibt den Vorschub des Frästisches in mm/min an.

Wie groß ist nun der Vorschub je Fräszahn? Das ist für die Wahl der Vorschubgeschwindigkeit von Wichtigkeit, weil die Belastung jedes Fräszahnes die Schnittgeschwindigkeit bestimmt.

Wenn sich ein Fräser z. B. einmal herumdreht und dabei der Frästisch um 4 mm vorgeschoben wird, so hat dieser Fräser einen Vorschub von 4 mm/Umdrehung erhalten. Hat nun der Fräser 8 Zähne, so bekommt jeder Zahn $\frac{1}{8}$ von diesem Vorschub = 0,5 mm/Zahn. Abb. 86. Bei n U/min kommen $8 \cdot n$ Zähne in der Minute in Eingriff auf dem Werkstück. Bei einem Vorschub des Frästisches von s mm/min wird damit der Vorschub je Zahn

$$s_z = \frac{s}{z \cdot n}, \quad (\text{Gl. 10})$$

wenn z die Zähnezahzahl ist.

Beispiel: $s = 60$ mm/min,
 $z = 8$ Zähne, $n = 30$ U/min,
 $s_z = \frac{60}{8 \cdot 30} = \frac{60}{240} = 0,25$ mm.

Tabelle 9 enthält eine Zusammenstellung mit den Bezugsgrößen für die Vorschübe. Die Fläche aus Schnitttiefe mal Vorschub nennt man Spanquerschnitt.

Tabelle 9. Abhängigkeit des Vorschubes von der Arbeitsart.

Arbeitsart	Drehen	Bohren	Hobeln Stoßen	Fräsen	
Vorschub in	mm/U	mm/U	mm/Hub	mm/min	mm/Zahn

5. Was ist Schnitttiefe?

Die Schnitttiefe ist, wie für Abb. 85 gezeigt, gleich dem halben Durchmesser Unterschied $D - d$ beim Überdrehen einer Welle. In den

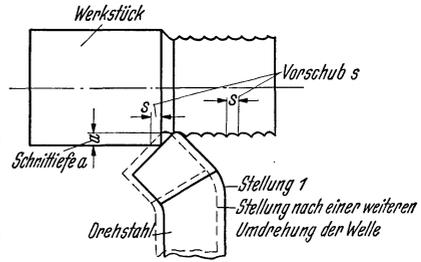


Abb. 85. Vorschub beim Drehen.

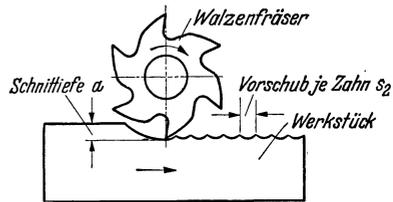


Abb. 86. Vorschub beim Fräsen.

Tabelle 10. Zulässige

Span- querschnitt		Leichtmetall				Rotmetall				Gußeisen							
		Al-Mg-Mn		Al-Mg-Si		Rg 4		Ms 58...63		Rg 8...10		Ge 18.91		Ge 30.91			
Schnitttiefe	Vorschub	Elektron		Al		Cu		GBz 10		GBz 14		GBz 17		Ge 12.91		Ge 22.9	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
Festigkeit						12 15		20 30		50 75		12 18		25 30			
a	s																
mm	mm/U																

Zulässige Schnittgeschwindigkeit

▽▽▽	0,3	2...5	1200	600	70	50	30	55	30	14
	0,5	0,1			110	70	50	75	45	20
▽▽	0,5	0,3	500	200	100	60	40	68	35	16
	2	0,5			70	50	30	55	30	14
	4	0,5			60	40	25	50	26	13
▽	2	0,75	200	120	60	40	25	50	26	13
	2	1			55	36	22	47	23	11
	4	1			48	30	17	40	20	9,5
	4	1,5						35	17,5	8
	8	1,5						29	14	7
	12	1						30	14,5	7,5

Zulässige Schnittgeschwindigkeiten für Hartmeta

▽▽▽	0,3	2...5			700	500	300	80	50	25
	0,5	0,1						130	90	50
▽▽	0,5	0,2			600	450	300	110	80	45
	2	0,3			400	350	300	100	65	30
	4	0,3						90	55	25
▽	2	0,4			400	350	300	90	55	25
	4	0,4			350	300	250	80	50	22
	8	0,5			300	250	200	70	45	18
	12	0,8			250	200	150	60	35	10

Schnittgeschwindigkeiten für Drehen.

Stahl und Stahlguß															
						SoSt 3		SoSt 4		SoSt 100					
												NCT 3			
						EC 100 v		VMC 140 v		VCMo 240 v					
Stg 38.81		Stg 45.81		Stg 52.81		Stg 60.81						EC 80			
				VCN 25		VCN 25 v		ECMo 80							
		EN15				ECN 35									
St IV bis VII 23		StX 23				VCN 15		VCN 15 v		VCN 45		VCN 45 v			
		StC 25.61		StC 25.61 v		StC 45.61		StC 45.61 v		ECMo 100 v					
StC 10.61		StC 16.61		StC 35.61		StC 35.61 v		StC 60.61		StC 60.61 v		VM 125 v			
St 00.11		St 37.11	St 42.11	St 50.11		St 60.11		St 70.11		VCMo 125 v					
30		40	50	60		70		80		90		100		110	120
15		16	17	18		19		20		21		22		23	24
												<i>a</i>	<i>s</i>		
<i>für mittleren Schnellstahl.</i>												▽▽▽			
70		42		30		22		16		0,3		2...5			
95		55		40		30		22		0,5		0,1			
85		50		36		27		19		0,5		0,3			
70		42		30		22		16		2		0,5			
65		39		28		20		14,5		4		0,5			
65		39		28		20		14,5		2		0,75			
60		35		24		18,5		12		2		1			
53		32		22		16		10,5		4		1			
46		27,5		19		14		9		4		1,5			
40		23		16		12,5		8		8		1,5			
42		25		17		13		8,5		12		1			
<i>(nach Art Widia S 58 oder Titanit U 3 für Stahl).</i>												▽▽▽			
120		70		55		43		27		0,3		2...5			
200		100		80		68		50		0,5		0,1			
200		100		80		68		50		0,5		0,2			
120		70		55		43		35		2		0,3			
100		60		45		35		27		4		0,3			
100		60		45		35		27		2		0,4			
90		55		42		32		25		4		0,4			
70		45		35		25		20		8		0,5			
55		36		28		20		16		12		0,8			

Abb. 82 und 86 ist gleichfalls die Schnitttiefe eingezeichnet. Beim Fräsen und Hobeln ist sie der Unterschied zwischen der vorhandenen Werkstückoberfläche und der neuerzeugten Oberfläche. Beim Bohren gibt es keine Schnitttiefe, da dort der Vorschub maßgeblich ist.

Allgemein wird die Schnitttiefe in Millimetern angegeben.

Abschnitt 12.

Bestimmende Einflüsse auf die Wahl der Schnittgeschwindigkeit.

Folgende Haupteinflüsse treten auf:

1. Zerspanbarkeit des Werkstoffes.
2. Form des Werkstückes.
3. Eignung der Werkzeugmaschine.
4. Leistungsfähigkeit des Werkzeuges.
5. Vorschub und Schnitttiefe.
6. Art der Kühlmittel.

1. Zerspanbarkeit des Werkstoffes.

Die Zerspanbarkeit des Werkstoffes kann meistens mit seiner Festigkeit angegeben werden. Lediglich bei einigen besonderen Legierungen, wie ECN, Mg und Chromvanadiumstähle usw. verschiebt sich die Zerspanbarkeit gegenüber den Fällen gleicher Festigkeit. Die in Abschnitt „Werkstoffkunde“ zusammengestellten Werkstoffe sind nach gleichen Bearbeitungseigenschaften sortiert. Es können daher auch Werkstoffe mit höherer Festigkeit in einer anderen Bearbeitungsgruppe stehen.

Aus dem Schriftfeld oder der Stückliste entnimmt man die Werkstoffbezeichnung für das zu bearbeitende Werkstück und benutzt diese zur Ermittlung der Schnittgeschwindigkeit in der Tabelle 10 usw.

Handelt es sich um Fliegwerkstoff, der in Zahlen angegeben ist, so kann aus Tabelle 24 entnommen werden, in welche Bearbeitungsspalte dieser hineingeht.

Als **Beispiel**: StC 45.61 (ohne Vergütung) gehört zur Gruppe 18/19.
StC 45.61v (vergütet) gehört zur Gruppe 19/20.

2. Form des Werkstückes.

Es gibt schwere gedrungene, mittlere schlanke, leichte und sperrige Werkstücke ihrer Form nach. Eine dünnwandige Buchse mit einem großen Durchmesser würde sich bei einem großen Spanquerschnitt ver-

biegen. Man kann sie also nur mit leichteren Spänen bearbeiten. Welche Werkstücke nun kräftig, mittel oder leicht anzusprechen sind, muß von Fall zu Fall entschieden werden und wird nach einiger Übung leicht möglich sein. Eine zu große Beanspruchung des Werkstückes wird sich stets in schlechter Arbeit äußern, denn die gewünschte Form, ob rund oder kantig, wird nicht erreicht, weil die vorher bearbeiteten Flächen verdrückt, also krumm sind und ein Nacharbeiten die zuletzt erzielten, vielleicht geraden Flächen mitverdrücken würde. Eine Nacharbeit kostet dann nur wieder Zeit und Geld. Jeder muß hier selbst empfinden, wo die Grenze liegt.

3. Eignung der Werkzeugmaschine.

Allgemein wird von der Betriebsleitung die Arbeit an die geeignetste Maschine geleitet. Sollte jedoch aus irgendwelchen Gründen eine andere, weniger geeignete Maschine, z. B. zu kleine Maschine gewählt werden, so können dann nur kleinere Spanquerschnitte zulässig werden.

4. Leistungsfähigkeit des Werkzeuges.

Ein gutes Werkzeug, seine richtige Anwendung, Wartung und Einstellung erleichtert ganz wesentlich die Arbeit; man kann fast sagen, ist die halbe Arbeit. Maßgebend ist die Zeit, in der ein Arbeitsgang durchgeführt werden kann. Abhängig ist die Schnelligkeit außer den genannten Einflüssen von der Leistungsfähigkeit des Werkzeuges. Diese setzt sich zusammen aus:

- a) der Güte des Werkzeug-Werkstoffes,
- b) der Form des Werkzeuges,
- c) der anwendbaren Beanspruchung des Werkzeuges.

Die Auswahl der Güte des Werkzeug-Werkstoffes ist Sache des Betriebes. Die Form des Werkzeuges wird weitgehend durch Vorschriften in der Werkzeugmacherei festgelegt. Beim Selbstanschleifen jedoch und zur Kontrolle ist die Kenntnis wichtig und wird daher ausführlich in den Abschnitten 12 bis 18 behandelt.

Zu c. Die Beanspruchung des Werkzeuges ist ausschließlich vom Arbeiter abhängig und wird durch seine Einstellung der Maschine bedingt. Sie setzt sich zusammen aus gewählten Vorschüben und Schnittiefen und den dazu richtigen Schnittgeschwindigkeiten, die wieder vom Werkstoff und der Form des Werkstückes abhängen. Diese Zusammenhänge muß man kennen, um daraus die höchste Leistung erreichen zu können. Denn nur mit höchster Leistung ist höchster Lohn erreichbar und gerechtfertigt. Die einstellbare Schnittgeschwindigkeit wird nun bestimmt durch die Standzeit.

5. Was ist Standzeit?

Sie sei an folgendem Beispiel erklärt.

Eine Welle wird mit einer Schnittgeschwindigkeit von 20 m/min mit einem gleichbleibenden Spanquerschnitt geschruppt. Dieses Schruppen muß nach 20 Minuten unterbrochen werden, weil der Drehstahl plötzlich stumpf geworden ist. Man sagt nun, dieser Drehstahl hat auf diesem Werkstoff bei diesem Spanquerschnitt eine Standzeit von 20 Minuten gehabt. Er hat 20 Minuten Schnitt durchgestanden. Nach dem Neuanschliff wird jetzt dieselbe Welle mit demselben Spanquerschnitt aber mit 22 m/min überdreht. Der Stahl stumpft bereits nach 7 Minuten ab. Diesmal betrug seine Standzeit also 7 Minuten. Nach einem weiteren Anschleifen wird jetzt mit demselben Spanquerschnitt nur mit 18 m/min Schnittgeschwindigkeit weitergedreht. Der Drehstahl steht 150 Minuten. Bei 17,5 m/min Schnittgeschwindigkeit hat der Stahl eine noch bedeutend höhere Standzeit von 600 Minuten.

Der Unterschied von den Schnittgeschwindigkeiten für eine Standzeit von 60 Minuten und von 600 Minuten ist sehr gering. Nimmt man noch kleinere Schnittgeschwindigkeiten, dann steht das Werkzeug bedeutend länger und wird meist durch andere Beschädigungen zerstört. Nun wird man die Schnittgeschwindigkeit möglichst hoch wählen, um den Arbeitsgang schneller zu beendigen. Andererseits darf man nicht zu hoch gehen, weil sonst ein dauernder Drehstahlwechsel vorgenommen werden muß. Als geeignete Schnittgeschwindigkeit hat sich nun die erwiesen, bei der der Drehstahl etwa 60 Minuten reine Laufzeit steht, und man spricht daher immer von der Stundenschnittgeschwindigkeit „ v_{60} “, das ist die, bei der das Werkzeug 60 Minuten Standzeit hat. Es kommt jetzt darauf an, aus der Festigkeit des Werkstoffes, der Form des Werkstückes und der Standzeit des Werkzeuges die richtige Stundenschnittgeschwindigkeit v_{60} im voraus zu bestimmen und einzustellen. Im folgenden wird einfach nur von Schnittgeschwindigkeit gesprochen, gemeint ist stets v_{60} .

6. Einfluß von Vorschub und Schnitttiefe auf die Standzeit.

Der Spanquerschnitt ist die Fläche aus Vorschub mal Schnitttiefe. Er wird in mm^2 angegeben. Es ist nun nicht so, daß z. B. bei 4 mm^2 Spanquerschnitt eine bestimmte Schnittgeschwindigkeit vorhanden ist, sondern diese hängt von der Zusammensetzung von Vorschub und Schnitttiefe für sich ab. Nach Tabellé 10 beträgt z. B. für einen Werk-

stoff von 50 kg/mm² Festigkeit die Schnittgeschwindigkeit für 4 mm Schnitttiefe und 1 mm Vorschub/Umdrehung bei einem guten Schnellstahl 40 m/min. Bei 2 mm Schnitttiefe und 2 mm Vorschub/Umdrehung wird $v = 34$ m/min. Bei 8 mm Schnitttiefe · 0,5 mm Vorschub/Umdrehung jedoch $v = 45$ m/min.

In allen Fällen ist der Spanquerschnitt $f = 4$ mm². Man sieht also, daß die Zusammensetzung des Spanquerschnittes von wesentlicher Bedeutung ist. Ähnlich liegen die Verhältnisse beim Fräsen.

7. Kühlmittel.

Das Kühlen und Schmieren der Werkstoffe beeinflußt die Standzeit der Werkzeuge von 5 bis zu 30%; d. h. ohne Kühlmittel liegt die zu-

Tabelle 11. Kühlmittel für verschiedene Arbeitsarten.

Werkstoff	Drehen Hobeln Stoßen	Fräsen Sägen	Bohren Senken	Reiben	Gewinde- schneiden	Schleifen
Stahl	BE Rüböl	BE Rüböl- ersatz	BE Rüböl- ersatz	Rüböl- ersatz Talg	BE Rüböl dickeres Fett	BE Rüböl- ersatz
Stahlguß Temperguß	BE	BE	BE	Rüböl trocken	BE Rüböl	BE
Gußeisen	trocken	trocken Preßluft Wasser + 5 % Soda	trocken BE Petroleum	trocken Rüböl Maschinen- öl	trocken BE	trocken BE Preßluft
Messing Bronze	trocken BE	BE	trocken BE	trocken Rüböl	trocken Rüböl	trocken BE
Kupfer	BE	trocken BE	BE Rüböl	BE	trocken Rüböl	BE
Aluminium u. Legie- rungen	trocken BE	trocken BE Rüböl- ersatz	BE Rüböl- ersatz Petroleum	Rüböl Terpentin Petroleum	BE Rüböl trocken	trocken Rüböl Petroleum
Silumin	trocken BE	BE Rüböl	BE	Petroleum Terpentin	BE Rüböl	BE Rüböl
Elektron	trocken oder 4 % wässrige Natriumfluoridlösung niemals Wasser anwenden, da Explosionsgefahr					

BE = Bohröl-Emulsion

lässige Schnittgeschwindigkeit unter den Angaben auf den verschiedenen Abbildungen. Bei 5% Abzug ist die ermittelte Schnittgeschwindigkeit

mit 0,95 malzunehmen, bei 30% Abzug mit 0,7. Zum Beispiel ist $v = 40 \text{ m/min}$ minus 5% $= 40 \cdot 0,95 = 38 \text{ m/min}$ oder bei $v = 50 \text{ m/min}$ minus 30% $= 50 \cdot 0,7 = 35 \text{ m/min}$. Die Tabelle 11 enthält geeignete und notwendige Kühlmittel. Verwendet man beim Bohren und Reiben Terpentin, so fällt die Bohrung kleiner aus als bei Verwendung von Rüböl. Es kann dies manchmal zur Einhaltung von kleineren Toleranzen wichtig sein, vgl. auch Abschnitt 15.

Abschnitt 13.

Drehen, Hobeln, Stoßen.

Beim Drehen, Hobeln und Stoßen liegen im wesentlichen gleiche Verhältnisse vor. Daher sind die im folgenden ausführlich behandelten Darlegungen über das Drehen entsprechend auf das Hobeln und Stoßen zu übertragen.

1. Bedeutung des Spanquerschnittes auf die Dauer der Laufzeit.

An einem einfachen Beispiel (Abb. 87) soll grundsätzlich gezeigt werden, welchen großen Einfluß die richtige Wahl des Spanquerschnittes auf die Laufzeit hat. Laufzeit ist die gesamte Zeit, während der der Drehstahl im Schnitt ist. Eine Welle aus St 50.11 mit den rohen Maßen von 160 mm \varnothing und 720 mm Länge soll im Teil a auf 150 mm \varnothing und 600 mm

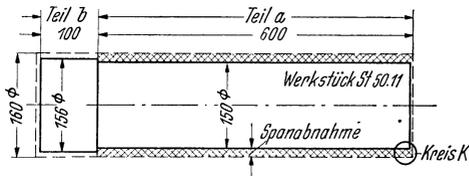


Abb. 87. Drehbeispiel.

Länge angedreht werden. Welche Spanquerschnitte und Schnittgeschwindigkeiten muß man wählen und wie lange dauert die Laufzeit?

In Abb. 88 sind drei Möglichkeiten zusammengestellt, wie man vorgehen kann. Insgesamt sind von 160 mm \varnothing auf 150 mm \varnothing 10 mm im Durchmesser oder eine Spantiefe von 5 mm abzuheben. Da zwei Bearbeitungszeichen die Oberfläche vorschreiben, muß man einen Schrupp- und einen Schlichtspan nehmen. Wie verteilt man nun diese beiden Späne?

Fall 1. Im Fall 1 wird bei 3 mm Schnitttiefe mit 0,5 mm/U Vorschub geschruppt. Die Schnittgeschwindigkeit $v = 41 \text{ m/min}$ wird aus der Tabelle 10 entnommen, und zwar aus der Bearbeitungsspalte 18. St 50.11

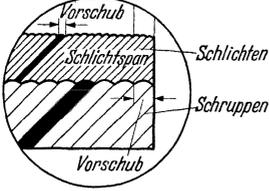
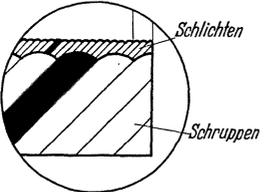
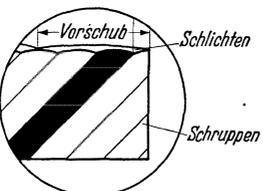
Nr.	Vergrößerter Kreis K mit Spanbild	Arbeits- art	Spanquerschnitt Schnitttiefe Vorsch.		Schnitt- geschwin- digkeit v_{s0} m/min	Drehzahl n U/min	Laufzeit	
			a mm	s mm/U			min	Gesamt min
1			2	0,2	48	(99) 95	31,5	47,5
			3	0,5	41	(82) 95	16	
2			0,5	0,2	58	(122) 118	25,5	35,5
			4,5	1	31	(61,5) 60	10	
3			0,3	3	35	(74) 75	2,7	12,7
			4,7	1	31	(61,4) 60	10	

Abb. 88. Beispiel für Wahl des Spanquerschnittes.

steht im Kopf dieser Tabelle und überdeckt die Spalten 17 und 18. Mit dieser Schnittgeschwindigkeit ergibt sich nach der Gleichung 6 oder aus der Tabelle 13 für 160 mm \varnothing eine Umdrehungszahl von 82 U/min. Da diese Umdrehungszahl die Maschine nicht enthält, muß die nächsttiefere genommen werden, hier 75 U/min. Wie lange dauert die Laufzeit für den ersten Span? Der Vorschub beträgt 0,5 mm/U. In einer Minute macht die Spindel 75 U/min; infolgedessen wird der Support in einer Minute Umdrehungszahl mal Vorschub = $75 \cdot 0,5 = 37,5$ mm weitgeschoben. Die Laufzeit T dauert jetzt so lange, bis der Support die ganzen 600 mm verschoben ist, also Lauflänge 600 mm geteilt durch $37,5$ mm Vorschub/min = 16 min.

Die Laufzeit kann man auch direkt ausrechnen nach der Gleichung

$$\text{Laufzeit } T = \frac{\text{Lauflänge } L}{\text{Vorschub } s \cdot \text{Umdrehungszahl } n}. \quad (\text{Gl. 11})$$

Wie lange dauert jetzt der Schnitt des Schlichtspanes? Der Schlichtspan von 2 mm Schnittiefe und 0,2 mm/U Vorschub kann mit einer Schnittgeschwindigkeit von 48 m/min abgehoben werden. Dazu muß nach Tabelle 13 für 154 mm \varnothing eine Drehzahl von 99 U/min vorhanden sein. Die nächstliegende Drehzahl der Spindel ist 95 U/min. Die Laufzeit ist dann

$$T = \frac{600}{0,2 \cdot 95} = 31,5 \text{ min.}$$

Die gesamte Laufzeit beträgt 16 min + 31,5 min = 47,5 min.

Fall 2. Wählt man jetzt für das Schruppen eine größere Spantiefe von 4,5 mm und einen größeren Vorschub von 1 mm/U, so ergibt sich folgendes Bild:

Bei diesem größeren Spanquerschnitt sinkt die Schnittgeschwindigkeit auf 31 m/min gegen 41 m/min in Fall 1. Die Spindeldrehzahl muß kleiner eingeschaltet werden und beträgt jetzt 60 U/min. Da wir aber jetzt den Vorschub verdoppelt haben, ergibt sich als Laufzeit

$$T = \frac{600}{1 \cdot 60} = 10 \text{ min.}$$

Wir haben also das zunächst überraschende Ergebnis, daß die Schnittgeschwindigkeit gesunken ist und trotzdem die Laufzeit kürzer geworden ist. Der Grund liegt im Verhalten des Drehstahles. Bei doppelt so großen Spanquerschnitten sinkt die Schnittgeschwindigkeit nicht auf die Hälfte, sondern sie liegt höher als die Hälfte. Dadurch gewinnt man Zeit. Man merke sich deshalb als Grundsatz:

Schruppen immer mit großen Vorschüben und großen Schnittiefen, aber kleineren Schnittgeschwindigkeiten, um möglichst viel Werkstoff abzuheben.

Wie liegen nun die Verhältnisse bei dem übrigbleibenden Schlichtspan? Mit der Spantiefe von 0,5 mm und dem Vorschub von 0,2 mm/U ist jetzt durch den kleineren Spanquerschnitt eine höhere Schnittgeschwindigkeit von 58 m/min zulässig, d. h. 122 U/min oder 118 einstellbare Umdrehungen an der Maschine können genommen werden. Durch diese höhere Drehzahl bei gleichem Vorschub wie im Fall 1 beträgt jetzt die Laufzeit

$$T = \frac{600}{0,2 \cdot 118} = 25,5 \text{ min.}$$

Also auch hier ist die Laufzeit gesunken gegenüber Fall 1, weil zum Schlichten nur ein kleinerer Span übriggeblieben ist, der schneller abgehoben werden kann. Somit wird die gesamte Laufzeit

$$T = 10 \text{ min} + 25,5 \text{ min} = 35,5 \text{ min.}$$

Wir haben somit an demselben Werkstück durch bessere Wahl der Spanquerschnitte 12 min Laufzeit eingespart. Man merke sich:

Schlichten immer mit möglichst kleinen Spänen und hoher Schnittgeschwindigkeit, aber kleinen Vorschüben, um eine gute Oberfläche zu erzeugen.

Man muß stets bemüht sein, beim Schruppen viel Zeit herauszuholen, um das Schlichten oder Fertigmachen in Ruhe und gewissenhaft vornehmen zu können.

Fall 3. Wie wir bei Fall 1 und 2 beim Schruppen gesehen haben, bringen große Vorschübe stets Zeitgewinne ein. Kann man nicht auch beim Schlichten große Vorschübe wählen?

Für viele Arbeiten ist das möglich, so z. B. für Ge fast immer und für Stahl bei starren Werkstücken. Große Vorschübe sind bei Stahl dadurch begrenzt, daß Rattern auftritt. Dann müssen andere Spanwinkel, andere Schnittgeschwindigkeiten oder kleinere Vorschübe genommen werden. Bei unserer Welle ist bei richtiger Form und richtigem Anstellen des Drehstahles auch ein großer Vorschub von 3 mm/U möglich. Der Drehstahl muß dazu nachschneiden, d. h. er muß mit der ganzen

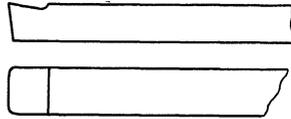


Abb. 89. Breitstahl zum Schlichten mit großen Vorschüben.

Breite schneiden und dazu leicht ballig geschliffen werden (Abb. 89). Gelingt es, mit diesem Vorschub zu arbeiten und vermindert man die Spantiefe für dieses Schlichten auf 0,3 mm, so ergibt sich folgendes:

Beim Schruppen mit 4,7 mm Spantiefe und 1 mm/U Vorschub wird bei 60 Spindelumdrehungen/min die Laufzeit 10 Minuten wie in Fall 2. Beim Schlichten mit 0,3 mm Spantiefe und 3 mm/U Vorschub und einer Schnittgeschwindigkeit von 30 m/min erhält die Spindel 75 U/min und die Laufzeit sinkt auf

$$T = \frac{600}{3 \cdot 75} = 2,7 \text{ min.}$$

Die gesamte Laufzeit beträgt dann nur noch $10 + 2,7 = 12,7$ min. Statt 47,5 min in Fall 1 brauchen wir also hier nur 12,7 min, das ist

rund $\frac{1}{4}$ Zeit gegenüber den ersten Spanquerschnittsverhältnissen. Man wird also danach trachten, auch beim Schlichten mit ganz großen Vorschüben zu arbeiten. Falls Rattern auftritt, kann die Drehzahl auf die Hälfte herabgesetzt werden, die Laufzeit wird dann zwar doppelt so lang, also 5,4 min, aber immer noch wesentlich viel kürzer als 25,5 min von Fall 2. Die Bemühungen um ruhigen Lauf bei großem Vorschub lohnen sich ganz bestimmt. Man merke sich:

Wenn möglich, schlichten mit Breitstahl und Vorschüben von 2 bis 5 mm/U.

Entsprechend gilt für Hobeln und Stoßen:

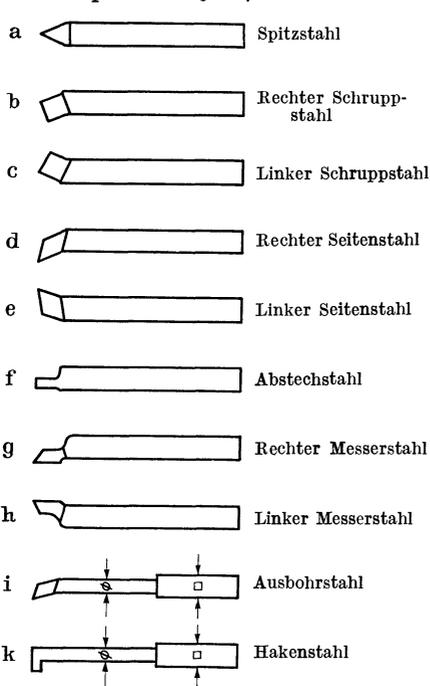


Abb. 90. Gebräuchliche normale Drehstahlformen.

soll hier die Bezeichnung Drehstahl für das Werkzeug beibehalten bleiben. Beim Drehen werden folgende Hauptbegriffe für die Bearbeitungsarten unterschieden: Schruppen, Schlichten, Feinschlichten oder Feinen, Ausbohren, Hinterstechen. Welche Arbeitsweise anzuwenden ist, geht aus der Zeichnung durch die Bearbeitungszeichen hervor.

Große Spanquerschnitte beim Schruppen, Schlichten mit kleinen Spänen, möglichst mit Breitstahl und hohen Vorschüben.

Nachdem jetzt klar ist, wie die Spanquerschnitte für ein wirtschaftliches Arbeiten gewählt werden müssen, werden jetzt alle die vielen Voraussetzungen erörtert, die zur erfolgreichen Durchführung dieser Arbeiten notwendig sind.

2. Allgemeine Formen der Drehstähle.

Abb. 90 zeigt eine allgemeine Übersicht über die gebräuchlichen normalen Drehstähle, die richtiger Drehmeißel genannt werden, um das Wort Stahl für die Werkstoffbezeichnung allein zu verwenden. Wegen des eingebürgerten Werkstattgebrauches

Oftmals ist es jedoch notwendig, vor dem Schlichten oder Feinen einen Schrupperbeitsgang vorauszuschicken, um den Hauptwerkstoff abzuheben. Hier kommt es darauf an, die Werkzeugform und ihre Anwendung zu erklären.

Da die Drehstähle teilweise selbst angeschliffen werden, ist in Abb. 91 die Beschreibung der Winkel erläutert. Hierin bedeuten als festgelegte Bezeichnungen

- α = Freiwinkel (früher Rückenwinkel),
- β = Meißelwinkel (früher Keilwinkel),
- γ = Spanwinkel (früher Brustwinkel),
- \varkappa = Anstellwinkel (früher Einstellwinkel),
- λ = Schneidensteigung,
- ε = Spitzenwinkel.

Die drei Winkel α , β und γ betragen zusammen 90° , d. h. wenn zwei Winkel, z. B. α und γ

festgelegt sind, kann Winkel β ausgerechnet werden. Ist z. B. $\alpha = 5^\circ$ und $\gamma = 12^\circ$, so wird $\beta = 73^\circ$.

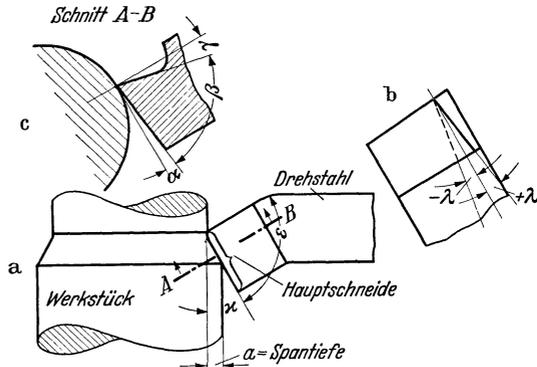


Abb. 91. Winkelbezeichnungen am Drehstahl.

3. Wie entsteht die Abstumpfung des Drehstahles aus Schnellstahl?

Die gesamte Zerspanungsenergie wird in Verformungsarbeit (Späne) und in Wärme umgesetzt. Wir betrachten den Verbleib der Wärme genauer. Ein Teil der Wärme geht in das Werkstück, dieses wird warm; ein Teil geht in die Späne, sie werden ebenfalls warm. Ein Teil wird an die Luft abgestrahlt und vom Kühlwasser fortgeführt, dieses wird auch warm. Der Rest der Wärme geht in den Drehstahl, dieser Teil interessiert uns.

Die dem Drehstahl zugeführte Wärmemenge muß nun abgeführt werden, denn wenn die Wärmemenge weiter ohne Abfluß zugeführt wird, erhöht sich die Temperatur des Drehstahles immer mehr. Bei einer bestimmten Höhe der Temperatur wird das Material des Drehstahles weich. Dann sinkt seine Festigkeit, und es gibt bei dem vorhandenen Schnittdruck nach, Teilchen der Schneide lösen sich ab, der Stahl wird

stumpf. Es kommt also darauf an, soviel Wärmemenge abzuführen, wie zugeführt wird. Wie wird nun die Wärmemenge am Drehstahl abgeführt und wie kann man dieses Abführen verbessern?

Wir betrachten jetzt nur den Teil der Zerspanungswärmemenge am Drehstahl. Diese Menge wird einmal durch Strahlung der Drehstahl-oberflächen an die Luft und besonders durch reichliche Kühlung abgeführt. Es ist deshalb besonders wichtig, daß der Kühlstrom reichlich und direkt auf die Schneide geleitet wird. Ferner fließt ein Teil der Wärmemenge durch den Drehstahlquerschnitt ab. Was kann man tun, damit ein möglichst großer Querschnitt vorhanden ist, weil dann die Wärmemenge besser abgeführt wird? Dazu müssen wir uns erst überlegen, wo und wie die Wärme in den Drehstahl kommt.

Die Zerspanungswärme entsteht

1. durch das Stauchen des Spanes, Stauchwärme,
2. durch die Reibung des Spanes beim Abfließen über den Drehstahl, Spanreibwärme,
3. durch Reibung der Hauptschneide und Spitze beim Abtrennen des Spanes vom Werkstück, Trennwärme.

Nach Abb. 92 wird jetzt die Stauchwärme und Spanreibwärme entsprechend der Fläche des Spanquerschnittes (auf der Abb. 92 schraffierte

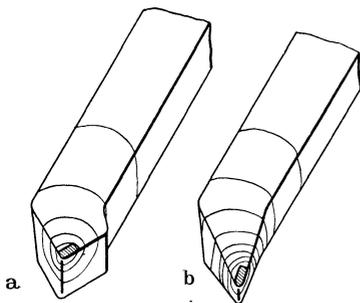


Abb. 92. Wärmestauung beim Seitenstahl (b) durch nicht ausreichenden Stahlquerschnitt für den Wärmeabfluß.

Fläche) dem Drehstahl zugeführt. Dazu kommt die Trennwärme durch das Abtrennen des Spanes, die direkt in die schmale Schneide des Drehstahles eintritt, und zwar so breit auf der Schneide, wie der Span breit ist. Somit wird die Schneide am höchsten mit Wärmezufuhr belastet, einmal durch die Stauchwärme, von der ihr ein Anteil zugeführt wird, und ferner durch die Trennwärme, die ihr ganz zugeführt wird. Beim Schnitt wird dauernd neue Wärmemenge zugeführt.

Wichtig für die Standzeit des Drehstahles ist allein die Wärmeabfuhr von der Schneide und insbesondere von der Spitze, die am schlechtesten die Wärme abführen kann. Die Abfuhr durch das Kühlmittel ist bereits besprochen. Jetzt ist die Abfuhr der Wärme durch den Querschnitt zu betrachten.

Die Wärme sucht sich auszugleichen und fließt durch den Drehstahl nach dem kühleren Schaft und den Stahlhalter hin ab. Die Schnelligkeit hängt vom Temperaturunterschied und dem Flußquerschnitt ab. Stellen wir uns einmal einen dünnen Draht vor, so leuchtet es ein, daß durch diesen eine große Wärmemenge viel langsamer abfließen kann, als wenn wir dazu einen dicken Stab nähmen. Genau so ist es hier. Bei einem Schruppstahl ist von der Schneide aus gesehen mehr Fleisch vorhanden als bei einem Spitzstahl. Der Spitzstahl eignet sich daher zum Schruppen weniger gut, weil er die großen Wärmemengen nicht abführen kann. Genau so kann man auch mit einem Einstechstahl nicht große Späne abheben, weil er einmal wohl die Kräfte nicht aushalten würde, dann aber auch auf keinen Fall große Wärmemengen abführen kann. Man braucht also zum Schruppen für große Späne, d. h. für große Wärmemengenabfuhr geeignete Drehstähle mit viel Fleisch an der Schneide, nämlich Schruppstähle, und zwar möglichst große Schruppstähle.

Der Vorgang beim Abstumpfen verläuft nun so, daß bei richtiger Schnittgeschwindigkeit gerade so viel Wärme zugeführt wird, wie abgeführt werden kann, so daß eine bestimmte Temperatur an der Schneide bleibt. Diese Temperatur liegt etwas unter derjenigen, bei der der Drehstahl beginnt weich zu werden. Wenn jetzt durch das Abtrennen des Spanes vom Werkstück allmählich die Schneide stumpfer wird, entsteht an der Freifläche, das ist die Fläche, wo der Freiwinkel α liegt, eine kleine Phase längs der Schneide. Diese Phase kommt zum Anliegen am Werkstück und reibt. Dadurch entsteht nun zusätzliche Reibungswärme. Diese erhöht die Wärmezufuhr über die Menge der Wärme, die abgeführt werden kann. Die Temperatur an der Schneide steigt, steigt schließlich so weit, daß der Drehstahl weich wird. Die Schneide wird so heiß, daß sich plötzlich Teilchen von ihr abtrennen und auf dem Werkstück manchmal kalt aufschweißen. Man sieht dann blanke Riefen. Wenn nicht sofort ausgeschaltet wird, und zwar der Vorschub zuerst, geht der Drehstahl völlig zu Bruch. Man muß beizeiten ausschalten, damit möglichst wenig nachgeschliffen werden muß. Diese blanken Stellen am Werkstück sind nun bedeutend härter als der Werkstückwerkstoff, da es sich meist um Schnellstahlteilchen handelt. Sie können mit Schnelldrehstählen abgedreht werden, aber nur mit einer Schnittgeschwindigkeit von $4 \cdot \cdot 6$ m/min. Erst wenn wieder reiner Werkstoff vorhanden ist, darf die normale Schnittgeschwindigkeit eingestellt werden. Es ist vorteilhaft, eine größere Abrundung der Spitzen vorzunehmen, weil dadurch

die Wärmeabfuhr begünstigt wird und die Schnittgeschwindigkeit höher gewählt werden kann.

4. Wie entsteht die Abstumpfung des Drehstahles mit Hartmetallplättchen?

Die neuzeitlichen Hartmetalle sind gesinterte Legierungen. In Kugelmühlen werden Gemische aus harten Karbiden des Wolframs, Titans, Molybdäns, Tantals und einem Bindestoff (meist Kobalt oder Nickel) zu feinem Pulver gemahlen. Dieses wird dann in Stahlformen unter einem Druck von 1000 bis 2000 kg/cm² zu Stäben gepreßt. Jetzt erfolgt kein Gießen oder Schmelzen, sondern das Sintern, ein Brennen, ähnlich wie in der Keramik.

Durch eine Vorsinterung bei rund 1000° steigt die Festigkeit der Preßstäbe so weit, daß sie mit dünnen Schleifscheiben zu Plättchen geschnitten werden können. Diese werden dann auf ihre Form geschliffen. In besonderen Öfen werden diese Formstücke mehrere Stunden bei Temperaturen von 1400 bis 1500° fertiggesintert. Sie haben jetzt annähernd die fertige Form. Die Plättchen werden auf Schaftmaterial hart aufgelötet und bilden mit ihm zusammen den Hartmetalldrehstahl usw. Beim Schnitt kommt nur das Hartmetallplättchen zur Spanabnahme. Wie verhält sich dieses?

Es sind also harte Teilchen, die durch ein Bindemittel aneinandergekittet sind. Die Karbide sind hart und gestatten die hohen Schnittgeschwindigkeiten, durch das Zusammensintern wird aber das Hartmetall spröde. Es verträgt daher keine schlagartige Beanspruchung, darf nicht angestoßen werden oder beim Schneiden Erschütterungen ausgesetzt sein, weil diese sofort zur Lockerung des Gefüges und zum Auspringen kleiner Teilchen an den Ecken und Kanten führen.

Die Abstumpfung kann auf zwei Arten herbeigeführt werden. Einmal wie bei Schnellstahl durch Entstehen einer Phase an der Freifläche, erhöhte Wärmezufuhr und Entstehung hoher Temperatur an Schneide und Spitze. Diese Temperaturen erzeugen Eigenspannungen im erhitzten Teil und sprengen kleine Teilchen ab. Die Schneide springt stellenweise aus. Sofort muß das Werkzeug ausgewechselt und nachgeschliffen werden, da beim Weiterdrehen kurz danach größere Teile herausplatzen.

Die zweite Möglichkeit entsteht durch Erschütterungen unter Schnitt. Dauernde Druckänderung beim Schnitt durch Schwingungen der Welle,

starkes Rattern usw. lockern das Gefüge der Schneide und Spitze und führen zum Abspringen kleiner Schneideteilchen. Also stets auf ruhigen Lauf der Maschine achten, sonst andere Schnittgeschwindigkeiten wählen oder Abhilfe schaffen, weil sonst die Standzeit des Hartmetalls sehr kurz ist.

5. Erkennen der Abstumpfung.

Bei einiger Übung ist es leicht, eine beginnende Abstumpfung der Drehstähle zu erkennen. Die Oberfläche des Werkstückes wird rauher, schließlich sehen die letzten Drehriefen sehr blank aus, was durch Aufschweißen von Schnellstahlteilchen auf das Werkstück entsteht, wie oben ausgeführt. Bei Hartmetall tritt auch das sogenannte „Rundfeuern“ auf. Es laufen Funkenbündel um die Welle herum, ein Zeichen der starken Abnutzung. In diesen Fällen ist sofort das Werkzeug zu wechseln.

6. Welchen Einfluß haben die Winkel am Drehstahl auf die Schnittgeschwindigkeit?

Je kleiner wir die Winkel α und γ machen, desto mehr Fleisch bleibt unter der Schneide stehen. Für den Freiwinkel α hat sich gezeigt, daß 4 bis 6°, also etwa 5° die beste Größe ist. Der Drehstahl schneidet gerade noch frei, und die Schneide ist gut unterstützt. Machen wir diesen Winkel bedeutend größer, so wird die Schneidenunterstützung und die Wärmeabfuhr schlechter. Der Stahl muß also früher stumpf werden, es kann auch sein, daß seine Schnittgeschwindigkeit herabgesetzt werden muß.

Je kleiner wir den Spanwinkel γ machen, desto mehr Fleisch bleibt stehen und desto besser wird die Wärmeabfuhr. Es entsteht aber viel Staubwärme, weil wegen des ungünstig kleinen Spanwinkels der Werkstoff sich schlechter abheben läßt. Je größer wir den Spanwinkel γ machen, desto kleiner wird der Schnittdruck und desto kleiner wird die Stauchwärme. Der Span rollt auch besser ab. Aber die Wärmeabfuhr wird schlechter. Man sieht also, daß daher der Spanwinkel γ vermittelt werden muß. In Tabelle 12 sind nun für verschiedene Zerspanbarkeiten der Werkstoffe geeignete Winkel angegeben. Dabei können die Spanwinkel aus den geschilderten Gründen in einem größeren Bereich liegen, ohne daß eine wesentliche Beeinflussung der Schnittgeschwindigkeit auftritt. In dem unteren Teil der Tabelle 12 aufgeführte

vereinfachte Mittelwerte für die Winkel können als Standardwerke angenommen werden. Diese Winkel sind den Schnittgeschwindigkeiten in der Tabelle 10 zugrunde gelegt. Wählt man andere Winkel, ändern

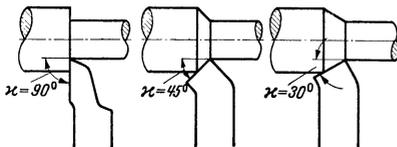
Tabelle 12. Geeignete Winkel am Drehstahl.

Winkel	Schnittwinkel in Grad für Schnellstahl							
	Leichtmetall	Rotmetall	Gußeisen		Stahl und Stahlguß			
Gruppe	1...4	5...10	11...12	13...14	15...18	19...20	21...22	23...24
α	5...7	5...7	4...6	4...6	3...5	3...5	3...5	3...5
γ	15...40	12...30	12...22	10...18	10...18	8...12	4...10	-3 bis +5
κ	90...30	90...45	60...45	60...45	60...45	60...45	60...45	60...45
λ	-10 bis +5	-5 bis +5	-3 bis +5	0...5	-3 bis +5	0...+5	0...+5	0...+3
α	5	5	5	5	5	5	5	5
γ	30	25	18	12	18	12	8	3
κ	60	60	45	45	45	45	45	45
λ	-7	0	+5	+5	+5	+5	+3	+3
DrehstahlNr.	1	2	3	4	3	4	5	6

sich die Schnittgeschwindigkeiten, und zwar werden sie kleiner. Welchen Einfluß hat der Spitzenwinkel ε auf die Schnittgeschwindigkeit?

Der Spitzenwinkel ε soll möglichst groß sein, er kann am besten so groß sein, daß der Drehstahl gerade nicht mehr am Werkstück nachschneidet. Dann ist viel Fleisch für die Wärmeabfuhr und eine lange Standzeit vorhanden.

Welchen Einfluß hat der Einstellwinkel κ auf die Schnittgeschwindigkeit? Wie die Abb. 93a bis c zeigt, wird mit dem Einstellwinkel κ die

Abb. 93. Verschiedene Anstellwinkel κ .

Lage der Hauptschneide zum Werkstück angegeben. Bei einem Messerstahl ist $\kappa = 90^\circ$ (Abb. 93a), bei einem Flachstahl wird $\kappa = 0^\circ$. Die zulässigen Schnittgeschwindigkeiten gegenüber dem Normalstahl mit $\kappa = 45^\circ$ lassen sich für verschiedene Winkel κ umrechnen. Für die Schnittgeschwindigkeiten in Tabelle 10 ist allgemein $\kappa = 45^\circ$ angenommen. Setzt man für diese Schnittgeschwindigkeit 100% an, so erhält man bei gleichen Span- und Freiwinkeln (es sind stets gleiche Schnittiefen und Vorschube

angenommen) für $\alpha = 30^\circ$ 125% für die Schnittgeschwindigkeit, die also ein Viertel höher liegt. Ist z. B. $v(45^\circ) = 40$ m/min, dann ist $v(30^\circ) = 40 \cdot 1,25 = 50$ m/min. Bei $\alpha = 60^\circ$ sinkt die zulässige Schnittgeschwindigkeit auf 80%, bei $\alpha = 90^\circ$ auf 66%. Das würde also bedeuten, daß man möglichst flache Stähle verwenden soll, weil hierbei die Wärmeabfuhr am günstigsten ist. Die Grenze für kleine Winkel α liegt darin, daß einmal die Werkstücke bei flachen Winkeln sehr leicht rattern und dann die Schnittgeschwindigkeiten nicht eingehalten werden können und ferner daran, daß man beim Schrappen nicht die Ecken ausfahren kann. Bei kurzen Längen ist das oft wichtiger. Am ruhigsten schneidet der Drehstahl mit $\alpha = 90^\circ$, er hat aber nur eine Schnittgeschwindigkeit, die $\frac{2}{3}$ so groß ist wie bei $\alpha = 45^\circ$. Dafür können aber die Ecken ohne Umspannen des Stahles ausgefahren werden. Man merke deshalb:

Bei großen Schrappmengen $\alpha = 45^\circ$ wählen, bei starren Werkstücken auch $\alpha = 30^\circ$ wählen, beim Auftreten von Rattern Spanwinkel γ ändern, Drehzahl ändern, Vorschub ändern oder α größer wählen.

Welchen Einfluß hat die Schneidensteigung λ ? Die hängende Schneide, wie in Abb. 91, gibt mehr Fleisch für die Wärmeabfuhr, jedoch werden die Späne auf die Welle geleitet und beschädigen die Oberfläche, beim Schlichten deshalb nicht günstig. Bei fallender Schneide zwar bessere Spanabfuhr, aber ab $\lambda = 3^\circ$ und größer können nur kleinere Schnittgeschwindigkeiten genommen werden. Die Messung der Winkel erfolgt mit festen oder einstellbaren Lehren. Senkrecht zur Schneide messen!

7. Hohlkehlen am Drehstahl.

Bei längeren Arbeiten entsteht durch den Spanabfluß auf der Spanfläche, das ist die Fläche, an der der Spanwinkel liegt, eine Auskolkung (Abb. 94). Diese ist hohlkehlenartig. Es ist klar, daß sich der Span die für ihn günstigste Form selbst erzeugt. Man kann diese Form durch Anschleifen von Hohlkehlen vorweg erzeugen, vergrößert dadurch jedoch nicht die Schnittgeschwindigkeit, sondern erzeugt nur ein besseres Abrollen des Spanes. Manchmal wird diese Hohlkehle notwendig sein, wenn längere Fließspäne entstehen, die Gefahren bedeuten, oder den Abtransport erschweren. Durch Hohlkehlen lassen sich kurze Bruch-

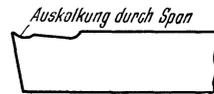


Abb. 94. Auskolkung auf der Spanfläche eines Drehstahles.

späne erzeugen. Die Form solcher Hohlkehlen ist aus Abb. 95 ersichtlich. Man merke sich:

Lieber zu kleine Hohlkehlen anschleifen, Span kolkt diese richtig aus.

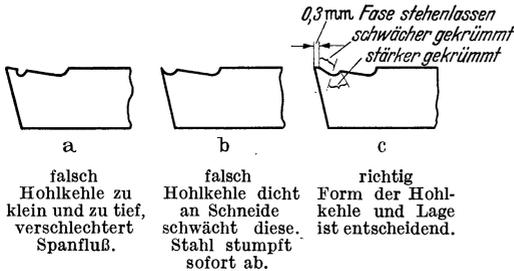


Abb. 95. Form und Lage einer Hohlkehle.

8. Einstellung der Drehstähle.

Es ist richtig, Schrupp- und Schlichtstähle rund 1% des Drehdurchmessers über Spitzenhöhe auf dem Vordersupport oder entsprechend unter Spitzenhöhe auf dem Hintersupport einzustellen wie

in Abb. 96 a. Bei 100 mm \varnothing , also 1 mm über Spitzenhöhe. Gewindestähle nach Abb. 96 b müssen genau auf Spitzenhöhe stehen, da sonst eine Profilverzerrung des Gewindes eintritt. Abstechstähle nach Abb. 96 c

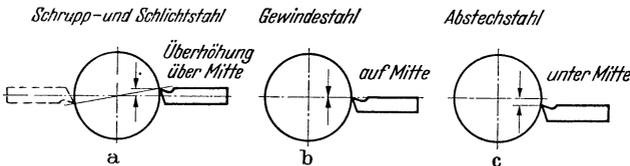


Abb. 96. Einstellung der Drehstähle.

müssen aber unter Spitzenhöhe stehen, weil sie sonst leicht in das Werkstück hineingezogen werden und durch die plötzliche Mehrbelastung abbrechen.

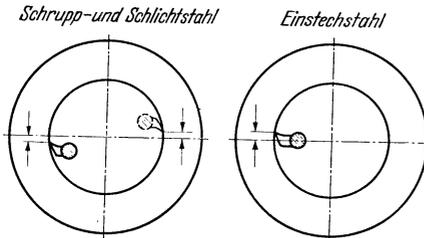


Abb. 97. Einstellung der Ausbohrstähle.

Beim Ausbohren von Bohrungen nach Abb. 97 liegen die Verhältnisse umgekehrt. Hier sollen die Schrupp- und Schlichtstähle unter Mitte liegen, die Einstechstähle über Mitte. Meistens müssen die Ausbohrstähle auch weiter hinterschliffen werden, damit sie an der Wandung

nicht mit dem unteren Ende der Freifläche anstoßen. An der Hauptschneide hält man dann etwa 5° Freiwinkel ein, die tieferliegenden Teile

der Freifläche schleift man weiter fort. Es ist nicht falsch, alle Stähle genau auf Mitte zu stellen.

Die Stähle sollen so kurz wie möglich und fest im Stahlhalter oder auf dem Support eingespannt werden, um ein Federn auf das Kleinmaß zu beschränken. Die Ausladung „ w “ (Abb. 98) soll nicht größer als $1 \times$ der Stahlhöhe „ h “ sein.

Durch Erschütterungen und Federn des Stahles sinkt die Schnittgeschwindigkeit und verschlechtert sich die Oberfläche des gedrehten Werkstückes. Blechbeilagen dienen zum Ausrichten bei der Höhe der Einstellung.

Es muß auch unbedingt eine glatte und satte Auflage des Drehstahles vorhanden sein, wozu die Auflageflächen am Stahl vor-

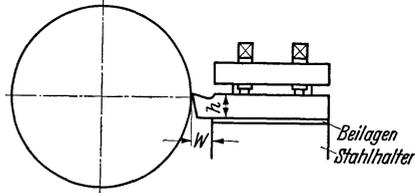


Abb. 98. Einspannung der Drehstäbe.

bearbeitet sein sollten.

9. Fehler beim Schleifen der Werkzeuge.

Im großen unterscheidet man Drehstäbe aus Werkzeugstahl, Schnellstahl und Hartmetall. Drehstäbe aus Werkzeugstahl sind durchgehendes Material. Schnellstahl und Hartmetallplättchen werden auf sogenanntes Schaftmaterial, das ist billigerer Werkstoff, aufgeschweißt oder aufgelötet. Beim Schleifen dieser Stähle können die normalen Schleifscheiben für Werkzeugstahl und Schnellstahl benutzt werden. Hartmetallstähle dürfen auf diesen Scheiben nicht geschliffen werden, da sie ungeeignet sind, die harten Metallplättchen zu heiß werden und springen. Hartmetallstähle dürfen nur auf den dazugehörigen Schleifscheiben und von besonders ausgebildeten Leuten nachgeschliffen werden. Häufige Fehler beim Schleifen sind zu starkes Andrücken des Werkzeuges an die Schleifscheibe. Der Drehstahl wird zu heiß und glüht an den scharfen Kanten bis tief in den Drehstahl hinein aus. Dabei verliert er seine Härte und kann nur mit viel niedrigerer Schnittgeschwindigkeit verwendet werden. Ein sehr baldiges Nachschleifen ist erforderlich. Es muß dann die ganze Glühzone, oft mehrere Millimeter, fortgeschliffen werden. Da jedes Schleifen mit leichterem Druck langsamer geht, braucht man also für das Fortschleifen der Glühzone das 4...5fache an Zeit. Meist wird durch zu scharfes Andrücken auch die Drehzahl der Schleifscheibe herabgesetzt. Die Schleifscheibe schleift nur bei ihrer

hohen Drehzahl richtig. Läuft sie ganz langsam, so beginnt der Drehstahl die Schleifscheibe zu bearbeiten und erzeugt Eindrehung in dieser, die wiederum ein richtiges Schleifen unmöglich macht. Der Kühlwasserstrom muß dabei sehr reichlich sein und genau auf die augenblicklich zu schleifende Schneide gerichtet werden. Setzt der Kühlstrom nur kurze Zeit aus, so findet eine örtliche Überhitzung des Drehstahles statt, und das oben geschilderte Ausglühen setzt ein.

10. Behandlung der Hartmetallstähle.

Bei Hartmetallstählen ist zu beachten, daß die Plättchen sehr spröde sind. Sie dürfen deshalb keine Stöße oder Schläge erhalten, sei es durch Fallenlassen des Werkzeuges oder hartes Anstoßen. Absolut zu vermeiden ist das Stillsetzen der Maschine, solange der Stahl in Eingriff steht, da dies beim Hartmetall sofort zum Bruch der teuren Plättchens führt. Es muß bei Hartmetall also bei jedem Stillsetzen der Maschine erst der Stahl außer Schnitt gebracht werden. Die Abstumpfung dieser Werkzeugschneiden äußert sich im feinen Ausbröckeln der Schneide. Bei ersten Anzeichen dieser Art sind die Werkzeuge sofort auszuwechseln, da beim Nachschleifen bis zu den ausgebrochenen Stellen geschliffen werden muß und bei langer Benutzung durch große Bruchstellen viel zu viel wertvolles Hartmetallmaterial fortgeschliffen werden muß. Ein Abziehen dieser Stähle mit dem Ölstein verlängert die Leistungsfähigkeit bis zum Doppelten. Die Ausführung muß aber sorgfältig und richtig erfolgen. Die Bewegung des Abziehsteines muß immer gegen die Schneide gehen, nie fortführen. Allgemein ist es gut, die scharfen Spitzen abzurunden, da diese eine besonders starke Belastung auszuhalten haben, die sich bei einer Rundung verteilt. Bei Gußeisen und Stahl sind besondere Plättchen entwickelt, wozu die Drehstähle eine Farbenmarkierung tragen.

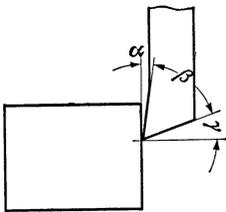


Abb. 99. Schnittwinkel am Stoßstahl.

11. Hobel- und Stoßstähle.

Für die Hobelstähle gelten sinngemäß die gleichen Angaben wie für Drehstähle. Eine Überhöhung beim Einstellen fällt natürlich fort.

Bei Stoßmaschinen findet eine ähnliche Spanabnahme wie beim Hobeln, also auch beim Drehen statt. Es gelten daher die gleichen Regeln, nur liegt hier der Spanwinkel γ an der Stirnseite, wie Abb. 99 zeigt. Es muß also die Stirnseite mit dem dem

Werkstoff entsprechenden Winkel aus Tabelle 12 versehen werden. Schnittgeschwindigkeiten sind aus Tabelle 10 zu nehmen.

12. Sonderstähle.

Zum Nachschlichten von Rundungen oder Hohlkehlen werden manchmal Handstähle verwendet. Es ist wichtig, daß dabei die Auflage „w“ (Abb. 100) so dicht wie möglich an das Werkstück herangebracht wird, da sonst die Gefahr besteht, daß ein Einhaken des Werkzeuges hervorgerufen wird und zu Verletzungen führt. Der Schaber in Abb. 101 ist ein Werkzeug mit stumpfem oder negativem Spanwinkel. Er dient zum Glätten der Oberfläche durch Fortnehmen feinsten hervorstehender Oberflächenteilchen.

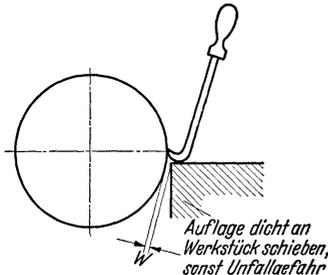


Abb. 100. Lage von Handstählen.

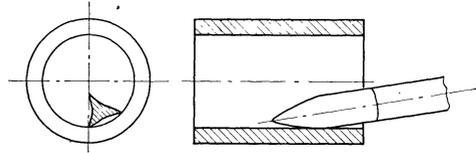


Abb. 101. Wirkungsart eines Dreikantschabers.

Für freihändig schwer herstellbare Profile werden Sonderstähle angefertigt, die genau senkrecht zur Werkstückachse einzustellen sind, da sonst das Profil schräg zu liegen kommt. Die Einstellung dieser Stähle genau auf die Mitte ist Voraussetzung für ein genaues Profil. Das Nachschleifen soll nur in der Werkzeugmacherei vorgenommen werden.

13. Bestimmung der Schnittgeschwindigkeit für Schnellstahl und Umrechnung in Umdrehungszahlen an der Maschine.

Die in der Tabelle 10 angegebenen Werte für Schnittgeschwindigkeiten und Vorschübe gelten stets für starre, kräftige Werkstücke bei einem mittleren Schnellstahl als Werkzeugstoff, günstige Werkzeugwinkel und gut geeignete Werkzeugmaschinen. Sie sind für Hobeln und Stoßen dieselben.

Wie stellt man die Schnittgeschwindigkeit fest? Zunächst stellt man auf der Zeichnung, der Stückliste oder der Begleitkarte den Werkstoff fest. Dann sucht man am Kopf der Tabelle 10 den Werkstoff auf. Die Schnittgeschwindigkeiten stehen jetzt in der gleichen Spalte

senkrecht darunter. Auf der linken Seite stehen verschiedene Spanquerschnitte. Auf der gleichen Zeile geht man jetzt nach rechts, bis die Spalte für den Werkstoff erreicht ist und liest dort die Schnittgeschwindigkeit ab.

Da nun die Werkstoffe eine Toleranz in der Festigkeit haben, kann einmal eine höhere oder niedrigere Festigkeit vorliegen. Das ergibt sich dann beim Schnitt. Deshalb greifen die Werkstoffe manchmal über zwei Spalten hinweg. Man beginnt mit der höheren Schnittgeschwindigkeit und setzt diese bei zu schneller Abstumpfung der Werkzeuge herab, auf die der zunächst niedrigeren Spalte.

Wie wird die Umdrehungszahl an der Maschine berechnet? Wenn jetzt die Schnittgeschwindigkeit bekannt und der größte Durchmesser, von dem Späne abgehoben werden sollen, festgestellt ist, wird die Umdrehungszahl an der Maschine nach der Gleichung 9 ausgerechnet.

$$\text{Umdrehungszahl } n = \frac{\text{Schnittgeschwindigkeit } v \cdot 1000}{\pi \cdot \text{Durchmesser } D}.$$

(= 3,14)

Einfacher ist es, die Umdrehungszahl aus der Abb. 102 abzugreifen. Dort geht man folgendermaßen vor. Man sucht den Durchmesser auf der linken Seite, geht dann parallel zu den Linien nach rechts oben, bis man auf die Schnittgeschwindigkeitslinie von oben links nach unten rechts stößt. Vom Schnittpunkt geht man waagrecht nach rechts und liest die Umdrehungszahl ab.

Beispiele für Abb. 102 :

für $D = 160 \text{ mm } \varnothing$ und die Schnittgeschwindigkeit $v = 15 \text{ m/min}$
wird $n = 30 \text{ U/min}$,

für $D = 30 \text{ mm } \varnothing$ und die Schnittgeschwindigkeit $v = 45 \text{ m/min}$
wird $n = \dots \text{ U/min}$.

Auch aus Tabelle 13 kann die Umdrehungszahl entnommen werden.

Beispiele für Drehen. An obigem Beispiel wird jetzt die Ermittlung der Schnittgeschwindigkeit und der Umdrehungszahl durchgeführt.

Der Werkstoff StC 10.61 von $220 \text{ mm } \varnothing$ soll mit dem Span 3×1 geschruppt werden. StC 10.61 steht in Tabelle 10 in der Spalte 15 und in der nächsten Hälfte der Spalte 16. Beide Spalten zusammen wieder ergeben für 3×1 Spanquerschnitt rund 55 m/min Schnittgeschwindigkeit. Aus der Gleichung (9) oder der Abb. 102 oder Tabelle 13 wird die Umdrehungszahl $n = 80$ festgestellt. Die nächste zur Verfügung stehende Spindeldrehzahl = 75 U/min wird eingestellt.

Dies gibt für einen Drehstahl mit $k = 45^\circ$. Bei anderen Einstellwinkeln ändern sich die Umdrehungszahlen auf

$$k = 30^\circ \quad v_{(30^\circ)} = 125 \% \text{ von } v_{(45^\circ)} = 1,25 \cdot 55 \text{ m/min} = \text{rund } 68 \text{ m/min}$$

oder $= 1,25 \cdot \text{Umdrehungszahl } n = 1,25 \cdot 80 = 100 \text{ Umdrehungen, eingestellt werden dann } 95 \text{ U/min, soweit vorhanden sind.}$

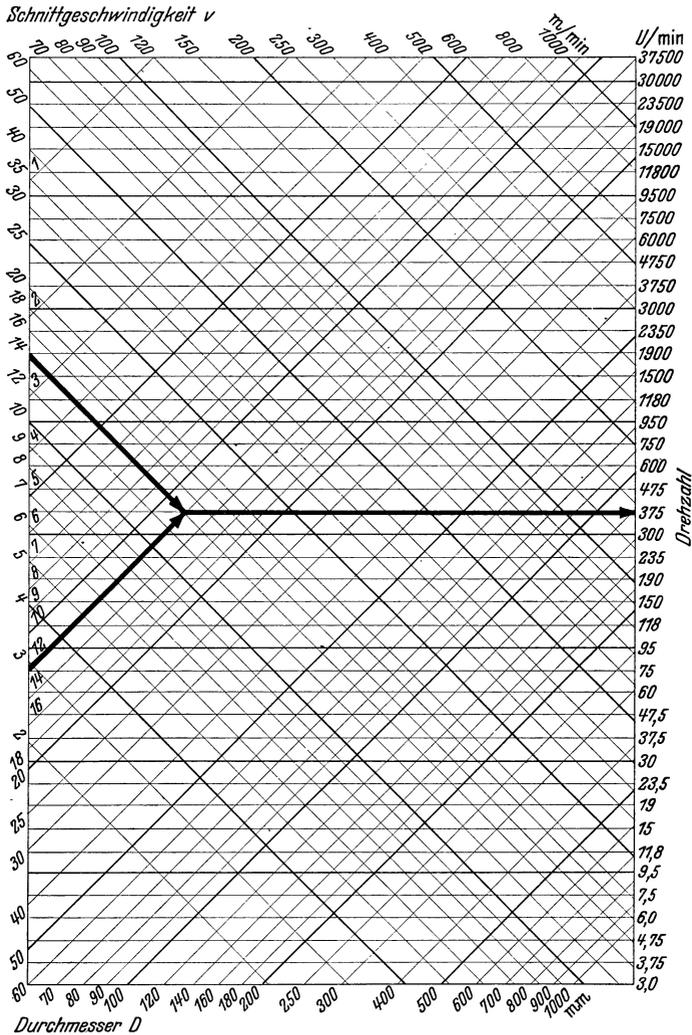


Abb. 102. Drehzahlschaubild.

Ebenso findet man für $D = 220 \text{ } \varnothing$ und $v = 68 \text{ m/min}$ in der Abb. 102, daß der Schnittpunkt etwas über 95 U/min liegt, die also zu nehmen sind.

$$k = 90^\circ v_{(90^\circ)} = 0,66 \cdot v_{(45^\circ)} = 0,66 \cdot 55 = 37 \text{ m/min.}$$

Tabelle 13. Drehzahltafel mit Schnittgeschwindigkeiten v in m/min.

	Drehdurchmesser in mm														Drehzahl					
	20	25	30	40	50	60	80	100	125	150	175	200	250	300		350	400	450	500	
								2,5	3,1	3,9	4,6	5,4	6,2	7,7	9,2	11	12,5	14	15,5	19,8
					2,7	3,2	4,3	3,5	4,1	5,1	6,1	7,1	8,2	10	12	14,5	16,5	18,5	20,0	13
			2,5	3,1	3,7	4,9	4,3	4,3	5,3	6,7	8,0	9,3	10,5	13,5	16	18,5	21	24	27	17
		2,1	2,8	3,5	4,2	5,6	4,2	4,9	6,1	7,7	9,2	10,5	12	15,5	18,5	21,5	24,5	27,5	30,5	19,5
	2	2,5	3,3	4,1	4,9	6,5	4,9	5,8	7,0	8,8	10,5	12,5	14	17,5	21	25	28	32	35	22,4
	1,9	2,4	3,2	4,1	4,9	6,5	4,9	5,8	7,2	9,0	10,5	12	14,5	18	22	26	30	34	41	26
	2,1	2,7	3,2	4,3	5,3	6,4	5,6	7,5	9,4	12	14	16,5	19	24	28	33	38	42	47	30
								8,5	10,5	13,5	16	18,5	21	27	32	37	43	48	54	34
			3,7	4,9	6,1	7,4	9,8	9,8	12,5	15,5	18,5	21	24	31	37	43	49	55	62	39
	2,5	3,1	4,2	5,7	7,1	8,5	11,5	11,5	14	17,5	21	25	28	35	42	49	56	64	70	45
	2,8	3,5	4,9	6,5	8,2	9,8	13	13	16,5	21	24	29	33	41	49	58	65	74	82	52
	3,3	4,1	5,7	7,5	9,4	11,5	15	15	19	24	28	33	38	47	56	66	75	85	94	60
	3,8	4,7	6,4	8,5	10,5	13	17	17	21	27	32	37	43	54	64	75	85	96	105	68
	4,3	5,3	7,4	9,8	12	14,5	19,5	19,5	24	31	37	43	49	62	74	86	98	110	120	78
	4,9	6,1	8,5	11,5	14	17	23	23	28	35	42	49	56	70	85	98	115	125	140	90
	5,6	7,1	9,8	13	16,5	20	26	26	33	41	50	58	66	82	98	115	130	150	165	105
	6,6	8,2																		
	7,5	9,4	11,5	15	19	23	30	30	38	47	56	66	75	94	115	130	150	170	190	120
	8,5	10,5	14,5	17	21	25	34	34	42	52	64	74	85	105	125	150	170	190	210	135
	9,7	12	16,5	19,5	24	29	39	39	49	60	72	85	96	120	145	170	195	220	240	155
	11,5	14	17	20	28	34	45	45	56	70	85	98	115	140	170	200	230	250	280	180
	13	16	19,5	26	32	39	52	52	64	80	96	115	130	160	195	230	260	290	320	205
	14,5	18,5	22	29	37	44	60	60	74	92	110	130	145	185	220	260	290	330	370	235
	17	21	25	34	42	50	68	68	85	105	125	150	170	210	250	300	340	380	420	270
	19,5	24	29	39	49	58	78	78	92	120	145	170	195	240	290	340	390	440	490	310
	22	28	33	45	56	66	90	90	110	140	165	195	220	280	330	390	450	500	560	355
	26	32	39	52	64	78	105	105	130	160	195	230	260	320	390	450	520	580	640	410
	30	37	45	60	74	90	120	120	150	185	220	260	300	370	450	520	600	680	750	475
	34	42	50	68	85	100	135	135	170	210	260	300	340	420	500	600	680	760	850	540
	39	49	58	78	98	115	155	155	195	240	290	340	390	490	580	680	780	880	980	620
	45	56	66	90	110	135	180	180	220	280	330	390	450	560	660	780	900	1000		710
	60	74	90	120	150	185	240	240	300	370	450	520	600	750	900	1050				950
	78	98	120	155	195	240	310	310	390	490	580	680	780	980						1250

Schnittgeschwindigkeit v in m/min.

Aus Abb. 102 wird $n = 53$ U/min. Der Unterschied gegenüber $k = 30^\circ$ beträgt die Hälfte!

Wenn nun das Werkstück nicht starr und kräftig ist, sondern mittelmäßig, z. B. bei langen, dünnen Wellen, können nicht so große Schnittgeschwindigkeiten genommen werden, vor allem meist nicht so große Spanquerschnitte, oder man benutzt eine Hilfsstütze wie eine Lünette. Man wählt die Schnittgeschwindigkeit dann nur 0,8 so groß.

$$\text{Mittleres Werkstück: } v_{\text{Mittel}} = 0,8 \cdot v_{(45^\circ)} = 0,8 \cdot 55 = 44 \text{ m/min} \\ n = 60 \text{ U/min.}$$

Leichte, sperrige Werkstücke. Diese können nicht mit großen Schruppspänen bearbeitet werden. Man wählt kleinere Späne und vermindert die gefundene Schnittgeschwindigkeit ebenfalls auf 80 %, also $v \cdot 0,8$ ausrechnen.

Beispiel für Langhobeln. Eine Grundplatte aus Ge 18.91 mit einer Länge von 5000 mm soll mit einem Span von 6×1 überhobelt werden. Wie groß ist die Schnittgeschwindigkeit und welche Hubzahl ist einzustellen?

Aus Tabelle 10 ist $v = 18,5$ m/min.

Wenn die Schnittgeschwindigkeit nicht direkt eingestellt werden kann, muß die Hubzahl nach Gleichung 2 ausgerechnet werden. Es ist bei einer Hublänge von 5200 für den Überlauf gerechnet nach Gleichung 5

$$\text{Hubzahl } n = \frac{\text{Schnittgeschwindigkeit } v \cdot 1000}{2 \text{ Hobellänge}} = \frac{18,5 \cdot 1000}{2 \cdot 5200} = 1,7 \text{ U/min.}$$

Je nach der Art der Arbeit wird der Spanquerschnitt zu wählen sein. Bei vielem Ansetzen und der Gefahr des Ausbrechens von Ecken oder Kanten muß ein kleinerer Spanquerschnitt genommen werden.

Beispiel für Kurzhobeln. Bei kurzen Hobellängen auf einem Schnellhobler wird die Gleichung 6 und 7 benutzt.

Bei Stg 52.81, einer Hobellänge von 200 mm und einem Spanquerschnitt von $3 \times 0,5$ wird aus Tabelle 10 $v = 41$ m/min. Dabei wird auf eine Hobellänge von 250 mm mit Überlauf

$$\text{Hubzahl } n = \frac{\text{Schnittgeschwindigkeit } v \cdot 1000}{3,14 \cdot \text{Hobellänge}} = \frac{41 \cdot 1000}{3,14 \cdot 250} = 52 \text{ Hübe/min.}$$

Beispiel für Stoßen. In eine Buchse aus Rg 10 mit der Länge von 100 mm soll eine Aussparung hinausgestoßen werden. Auf einen Span von etwa $1 + 0,5$ wird aus Tabelle 10 $v = 38$ m/min. Für 150 mm Gesamthub mit Überlauf wird dabei

$$n = \frac{v \cdot 1000}{3,14 \cdot L} = \frac{38 \cdot 1000}{3,14 \cdot 50} = 80 \text{ Hub/min.}$$

Es wird oft notwendig sein, zur besseren Verfolgung der Arbeit eine kleinere Hubzahl zu wählen, jedoch ist dann das Werkzeug nicht ausgenutzt.

14. Berücksichtigung der verschiedenen Schnellstahlqualitäten.

Es leuchtet ein, daß verschiedene Schnellstahlsorten verschiedene Qualitäten haben. Die eine Sorte wird besser halten, also höhere Schnittgeschwindigkeiten zulassen als die andere.

Die Tabelle 10 ist aufgebaut auf den Forschungsergebnissen aus Versuchen mit dem Schnellstahl *Böhler Super Rapid Extra 214* (DRE 214). Es gibt Sorten, die nur $\frac{3}{4}$ so hohe Schnittgeschwindigkeiten vertragen, und solche, die bis zu $\frac{6}{5}$, also mehr vertragen. Es können wieder hier nur Werte für eine Sorte angegeben werden. Man muß bei der Arbeit feststellen, ob die angegebenen Werte erreicht werden können, dann stimmen alle Werte auch für die übrigen Werkstoffe, oder man stellt für einen bestimmten Spanquerschnitt einmal fest, wieviel die Schnittgeschwindigkeit darüber oder darunter liegt. Den Unterschied errechnet man sich als Faktor aus und nimmt dann alle Schnittgeschwindigkeitswerte mit diesem Faktor mal.

Für StC 10.61 und bei einem Spanquerschnitt 3×1 ist die Schnittgeschwindigkeit $v = 55$ m/min für den normalen Stahlanschliff. Es können aber nur 44 m/min genommen werden, weil sonst der Drehstahl sehr schnell abstumpft. Man teilt jetzt $44 : 55 = 0,8$. Der Faktor 0,8 muß jetzt mit allen anderen Schnittgeschwindigkeiten malgenommen werden.

Beispiel: Aus der Tabelle 10 ist $v = 30$ m/min, dann wird hier $v = 30 \cdot 0,8 = 24$ m/min. Mit $v = 24$ m/min ist die Umdrehungszahl auszurechnen.

15. Bestimmung der Schnittgeschwindigkeit für Hartmetall.

Für Hartmetall sucht man die Schnittgeschwindigkeiten auch aus der Tabelle 10 in der gleichen Art aus Werkstoff und Spanquerschnitt aus. Die Umrechnung in Umdrehungszahlen erfolgt nach Gleichung 9 oder nach der Tabelle 13.

Wichtig ist für das Arbeiten mit Hartmetall, daß unbedingt beim Stillsetzen der Maschine zuerst der Vorschub herausgenommen werden muß und dann erst die Maschine abgestellt werden darf. Es darf auch niemals der Drehstahl im Schnitt stehenbleiben und dann unter diesem Schnitt die Maschine wieder eingeschaltet werden. Hierbei bricht fast stets die Schneide aus.

16. Wie entstehen schlechte und unsaubere Oberflächen?

1. Der Spanwinkel ist ungeeignet.
2. Der Drehstahl steht nicht in richtiger Höhe.
3. Das Kühlmittel ist zu gering und kommt nicht mit kräftigem Strahl auf die Schnittstellen.
4. Das Werkstück ist nicht fest eingespannt und gibt nach.

5. Der Reitstock liegt mit der Körnerspitze nicht fest an, so daß das Werkstück nachgeben kann.

6. Der Reitstock liegt mit der Körnerspitze zu fest an, das Werkstück biegt sich durch. Bei längerem Schneiden findet durch Erwärmung eine Ausdehnung des Werkstückes statt, die durch Nachstellen des Reitstockes berücksichtigt werden muß.

7. Der Drehstahl ist nicht fest eingespannt.

8. Die Schnittgeschwindigkeit muß verändert werden, um die Resonanz auszuschalten.

9. Der Vorschub ist zu grob.

10. Die Bettführung ist nicht sauber, Späne klemmen sich unter den Schlitten und verändern so seine Lage beim Vorschieben.

Abschnitt 14.

Fräsen, Sägen.

1. Fräswerkzeuge.

Die verschiedenen Formen und Bezeichnungen von Fräsern sind als bekannt vorausgesetzt.

Abarten von Fräsern sind Messerköpfe mit festen und einstellbaren Messern, die zum Teil mit Schaft zum direkten Einspannen an den Frässpindelkopf ausgerüstet sind und ebenfalls genau rund laufen müssen. Auf satte Anlage des konischen Teiles ist die größte Sorgfalt zu legen.

Das Nachschleifen der Fräswerkzeuge kann nur auf Werkzeugschleifmaschinen erfolgen. Auch hier sind die Winkel am Fräser wichtig.

2. Welche Fräser verwendet man?

Sind bestimmte Nuten auszufräsen, so nimmt man Scheibenfräser oder Nutenfräser. Mehrere Scheibenfräser, nebeneinander durch genaue Zwischenringe in einem bestimmten Abstand gehalten, bilden einen Satz. Es können in diesen Satz auch Profilfräser eingefügt sein. Mit diesen Sätzen können Profile oder mehrere Operationen gleichzeitig gefräst werden.

Sägeblätter sind schmale Fräser und dienen zum Auftrennen oder zur Erzeugung schmaler Schlitz.

Zum Schrappen nimmt man Walzenfräser mit Spiralverzahnung oder besser Stirnfräser, weil mit diesen die höchste Schrappleistung erreicht wird.

3. Warum Spiralfräser?

Bei geradegezahnten Fräsern ist im ungünstigsten Fall nur ein Zahn im Schnitt. Tritt dieser aus dem Werkstück heraus, so findet eine plötzliche Entlastung statt. Der neu ansetzende Zahn bringt wieder eine plötzliche Belastung hervor. Durch das Spiel am Fräsdorn und der Maschine entstehen ruckartige Bewegungen, die eine erhöhte Beanspruchung des Fräasers bedeuten und seine Schnittgeschwindigkeit herabsetzen. Man muß deshalb solche Fräser wählen, wo mindestens zwei Zähne oder mehr immer gleichzeitig im Eingriff sind. Ein gerade verzahnter Fräser wird meistens rattern und unsaubere Oberflächen verursachen.

Die Überdeckung von mehreren Zähnen im Schnitt erreicht man nun leichter durch die Spiralverzahnung. Deshalb schneiden diese Fräser auch ruhiger und können einen größeren Vorschub erhalten. Die Oberfläche wird auch sauberer. Spiralsteigungen bis zu 40° sind günstig.

Sehr schmale Fräser kann man nicht mit zu hohem Drall ausführen. Der hohe Drall wirkt sich durch seitlichen Schub auf den Fräser aus. Nach Möglichkeit soll diese Kraft auf dem Frässpindelkopf hergerichtet sein, da die Spindelkopflagerung am besten Druckbeanspruchung aufnehmen kann.

4. Wie wirkt sich Fräserschlag aus?

Aus der Größe, der Form und der Güte des Fräasers ergibt sich die höchstmögliche Beanspruchung, damit auch die höchste Beanspruchung für den einzelnen Zahn. Es muß also erreicht werden, daß man jeden einzelnen Zahn gleichmäßig und hoch belasten kann. Sobald nun ein Fräser schlägt, stehen einige Zähne im Durchmesser mehr vor, d. h. bei der Spanabnahme heben diese Zähne mehr Werkstoff ab als die übrigen Zähne. Das bedeutet, daß der Vorschub so weit verringert werden muß, bis die vorstehenden Zähne gerade ihre Höchstspanleistung haben, die sie aushalten können. Die gesamte Fräszeit steigt aber, weil ein kleiner Vorschub notwendig wird gegenüber dem bei genau rundlaufendem Fräser. Es muß also stets Rundlauf der Fräserwerkzeuge zur Erzielung hoher Leistung angestrebt werden.

5. Wodurch entsteht Fräserschlag?

Der Fräserschlag kann durch eine oder mehrere Ursachen gleichzeitig entstehen.

1. Die Fräserzähne sind zur Bohrung nicht rundlaufend geschliffen.
2. Fräserbohrung paßt nicht zum Fräsdorn.
3. Fräsdorn läuft nicht rund und schlägt.
4. Fräsdorn läuft an sich rund, wird aber durch die nicht einwandfreien Zwischenringe verdrückt und schlägt in gespanntem Zustande.
5. Der Fräserkeil paßt nicht in Fräser oder Fräsdorn oder beiden. Fräser gibt ruckartig nach und erzeugt durch die plötzliche Belastungsschwankungen Schlag.

In den Fällen 1 und 2 sind andere Fräser zu nehmen. Fall 3, 4 und 5 sind durch die Behandlung der Hilfswerkzeuge durch den Arbeiter bedingt.

Man muß besonders auf den Dorn achten, daß er nicht durch Anfahren oder Fallenlassen verbogen wird. Meistens wird aber durch unsachgemäße Behandlung der Zwischenringe das Verziehen des Dornes bewirkt. Die Zwischenringe müssen genau parallele Stirnflächen haben. Befindet sich eine Kerbe oder ein Grat auf diesen Stirnflächen, so wird beim Zusammenspannen aller Ringe dieser Grat vorstehen und den Dorn zwangsläufig krumm drücken. Diese Zwischenringe müssen daher ganz sorgfältig aufbewahrt, abgenommen und nachgesehen werden. Erhöhungen sind durch Abfeilen oder Nachschleifen von Gratstellen jedesmal zu entfernen. Nur ein genau laufender Fräser kann Höchstleistungen erzielen und damit den Verdienst heben.

6. Was muß bei der Fräseraufspannung noch beachtet werden?

Die Drehrichtung ist normal immer nach Abb. 103a anzusetzen, nur auf besonderen Maschinen und auf Anweisung der Betriebsleitung nach Abb. 103b. Bei normalen Maschinen und Umlaufrichtung des Fräasers nach Abb. 103b klettert der Fräser auf das Werkstück, wenn der tote Gang in der Vorschubspindel nachgibt und geht zu Bruch. Oft wird auch das Werkstück dabei Ausschuß.

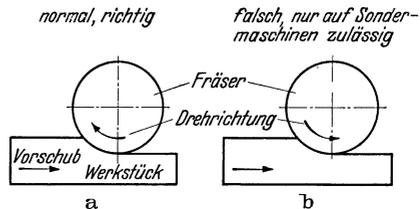


Abb. 103. Drehrichtung der Fräser.

Um ein erschütterungsfreies Laufen und geringe Durchbiegung des Dornes zu erhalten, spannt man die Fräser nicht wie in Abb. 104a mit den großen Abständen a und b zwischen Spindelkopf und Gegenhalter ein. Man schiebt den Gegen-

Tabelle 14. Fräserumdrehungszahle

m/min	500	600	150	200	60	80	40	60	20	40	20	26	
	Leichtmetall				Rotmetall								Gu
									Ms 58...63				
	Elektron		Al-Mg-Si					Rg 4	Rg 8...10				Ge 18.91
	Al		Al-Cu-Mg		Cu		GBz 10	GBz 14	GBz 17		Ge 12.91		
Festigkeit					12	15	20	30	50	75	12	18	
Lauf. Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
D	Schr.	Schl.	Schr.	Schl.	Schr.	Schl.	Schr.	Schl.	Schr.	Schl.	Schr.	Schl.	
<i>Werkstoffgruppe für Vorschul</i>													
D	<i>Fräserumdrehungszahle</i>												
4...6			8500	10500	3350	4200	2100	3350	1050	2100	1050	1500	
6...9			5300	7500	2100	3000	1320	2100	750	1320	750	950	
9...12	13200	17000	4200	6000	1700	2100	1050	1700	600	1050	600	750	
12...15			3350	4200	1320	1700	850	1320	420	850	420	530	
15...20	8500	9500	2350	3350	950	1320	670	950	335	670	335	420	
20...25	6700	7500	1900	2650	750	1050	530	750	265	530	265	335	
25...30	5300	6700	1700	2100	670	850	420	670	210	420	210	265	
30...40	4200	4750	1180	1700	475	670	335	475	170	335	170	210	
40...50	3350	4200	950	1320	375	530	265	375	132	265	132	170	
50...65	2650	3000	750	1050	300	420	210	300	105	210	105	132	
65...80	2100	2350	600	850	235	335	170	235	85	170	85	105	
80...100	1700	1900	475	670	190	265	132	190	67	132	67	85	
100...130	1320	1500	420	530	150	210	105	150	53	105	53	67	
130...160	1050	1180	335	420	118	170	85	118	42	85	42	53	
160...200	850	950	235	335	95	132	67	95	33,5	67	33,5	42	
200...250	670	750	190	265	75	105	53	75	26,5	53	26,5	33	
250...300	530	670	170	210	67	85	42	67	21	42	21	26,5	
300...380	420	530	118	170	53	67	33,5	53	17	33,5	17	21	
380...500	335	375	95	132	37,5	53	26,5	37,5	13,2	26,5	13,2	17	
<i>Fräserumdrehungszahle</i>													
130...160	3350	4200	600	850	235	335	190	265	170	190	132	190	
160...200	2350	3350	475	670	190	235	150	210	132	150	105	150	
200...250	1900	2650	375	530	150	190	118	170	105	118	85	118	
250...300	1700	2100	335	420	132	170	95	132	85	95	75	95	
300...380	1180	1700	265	335	105	118	75	105	67	75	60	75	
380...500	950	1320	190	265	75	95	67	85	53	67	42	60	
m/min	1500	2000	300	400	120	150	100	130	80	100	70	90	

Schr. = Schruppen, Schl. = Schlichten.

für Schnellstahl und Hartmetall.

13	18	20	26	16	21	13	18	11,5	15	8	10		
eisen		Stahl und Stahlguß											
								SoSt 3		SoSt 4		SoSt 100	
												NCT 3	
								EC 100 vgt		VMC 140 v		VCMo 240 v	
Stg 38.81		Stg 45.81	Stg 52.81	Stg 60.81					EC 80				
				VCN 25		VCN 25 v		ECMo 80					
		EN15		ECN 35									
St IV bis VII 23		St X 23		VCN 15		VCN 15 v		VCN 45		VCN 45 v			
		StC 25.61	StC 25.61 v	StC 45.61	StC 45.61 v				ECMo 100 v.				
Ge 30.91		StC 10.61	StC 16.61	StC 35.61	StC 35.61 v	StC 60.61		StC 60.61 v		VM 125 v			
22.91		St00.11	St 37.11	St 42.11	St 50.11	St 60.11	St 70.11			VCMo 125 v			
25	30	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	kg/mm ²	
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Lauf. Nr.	
Schr.	Schl.	Schr.	Schl.	Schr.	Schl.	Schr.	Schl.	Schr.	Schl.	Schr.	Schl.	D	

bestimmung I

II

III

für Schnellstahl

D

750	950	1050	1500	850	1180	750	950	600	850	420	530	4...6
475	670	750	950	600	750	475	670	420	530	300	335	6...9
375	475	600	750	420	600	375	475	300	420	210	265	9...12
265	375	420	530	335	420	265	375	235	335	170	210	12...15
210	300	335	420	265	335	210	300	190	235	132	170	15...20
170	235	265	335	210	265	170	235	150	190	105	132	20...25
132	190	210	265	170	210	132	190	118	170	85	105	25...30
105	150	170	210	132	170	105	150	95	118	67	85	30...40
85	118	132	170	105	132	85	118	75	95	53	67	40...50
67	95	105	132	85	105	67	95	60	75	42	47,5	50...65
53	75	85	105	67	85	53	75	47,5	60	33,5	42	65...80
42	60	67	85	53	67	42	60	37,5	47,5	26,5	33,5	80...100
33,5	47,5	53	67	42	53	33,5	47,5	30	42	21	23,5	100...130
26,5	37,5	42	53	33,5	42	26,5	37,5	23,5	33,5	17	19	130...160
21	30	33,5	42	26,5	33,5	21	30	19	23,5	13,2	15	160...200
17	23,5	26,5	33,5	21	26,5	17	23,5	15	19	10,5	11,8	200...250
13,2	19	21	26,5	17	21	13,2	19	11,8	17	8,5	9,5	250...300
10,5	15	17	21	13,2	17	10,5	15	9,5	11,8	6,7	7,5	300...380
8,5	11,8	13,2	17	10,5	13,2	8,5	11,8	7,5	9,5	5,3	6,7	380...500

für Hartmetall

105	118	118	170	105	118	85	105	53	67	42	53	130...160
85	95	95	132	85	95	67	85	42	53	33,5	42	160...200
67	75	75	105	67	75	53	67	33,5	42	26,5	33,5	200...250
53	67	67	85	53	67	42	53	26,5	33,5	21	26,5	250...300
42	53	53	67	42	53	33,5	42	21	26,5	17	21	300...380
33,5	37,5	37,5	53	33,5	37,5	26,5	33,5	17	21	13,2	17	380...500

50

60

60

80

50

60

40

50

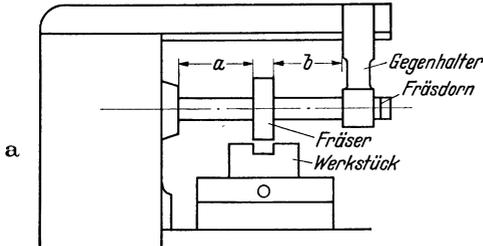
26

33

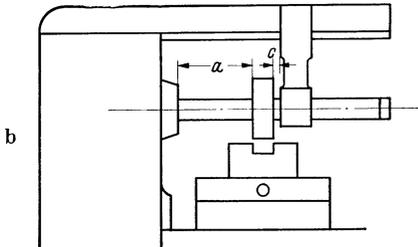
20

26

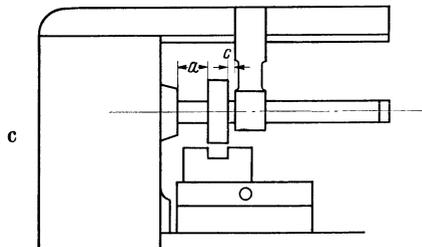
halter dicht heran (Abb. 104b) mit der kürzeren Entfernung c zum Fräser oder noch besser wie in Abb. 104c, man schiebt das Werkstück dicht an den Spindelkopf und lagert den Fräser mit den kurzen Abständen d und e . Hierdurch wird der ruhigste Lauf der Maschine erreicht.



a) Schlechte Einspannung. Abstände des Fräasers von den Lagern zu groß.



b) Bessere Lagerung.



c) Richtige Aufspannung. Fräser dicht an Lagerstellen, keine Erschütterungen.
Abb. 104. Richtige Fräseraufspannung.

Für Fräser mit Hartmetallplättchen gilt schonendste Behandlung wegen der Sprödigkeit. Sie dürfen nicht angestoßen werden.

Eine Abnutzung oder beginnende Abstumpfung erkennt man an der unsaubereren Oberfläche und blanken Stellen am Werkzeug. Es muß sofort ein neues Werkzeug eingespannt werden und das abgenutzte nachgeschliffen werden, sonst muß Bruch eintreten.

Eine Abnutzung oder beginnende Abstumpfung erkennt man an der unsaubereren Oberfläche und blanken Stellen am Werkzeug. Es muß sofort ein neues Werkzeug eingespannt werden und das abgenutzte nachgeschliffen werden, sonst muß Bruch eintreten.

7. Ermittlung der Umdrehungszahl des Fräasers.

Die Umdrehungszahlen der Fräser sind aus den zulässigen Schnittgeschwindigkeiten für mittleren Schnellstahl errechnet. Sie gelten für kräftige und gut gespannte Werkstücke und werden aus Tabelle 14 entnommen. Zuerst stellt man aus der Zeichnung, der Stückliste oder der Arbeitsbegleitkarte den Werkstoff fest und sucht

diesen im Kopf der Tabelle 14, z. B. steht VCN 45 in Spalte 21/22. Steht auf der Begleitkarte VCN 45v, ist der Werkstoff bereits vergütet und seine Lage ist in Spalte 22/23. Meist findet eine Vergütung erst nach der Bearbeitung statt. Es könnte auch möglich sein, daß während

der Bearbeitung in einem Arbeitsgang vor dem Fräsen das Vergüten eingeschaltet ist. Dann steht auf der Begleitkarte nur VCN, die Vergütung liegt aber vor dem Fräsen, und für das Fräsen ist der vergütete Werkstoff einzusetzen. Mit dem Fräsdurchmesser D von z. B. 55 mm \varnothing findet man dann in Spalte 21/22 als Umdrehungszahl $n = 60$ U/min für Schruppen und 75 U/min für Schlichten. Diese Umdrehungszahlen stellt man an der Maschine ein.

8. Ermittlung des Vorschubes.

Bei der Bestimmung der Fräserdrehzahl wird gleichzeitig festgestellt, ob der Werkstoff zur Gruppe I, II oder III gehört. Aus den erfahrungsgemäß zulässigen Vorschüben je Zahn ist für die verschiedenen Zähnezahlen an Fräsern der Vorschub je Umdrehung in der Fräsvorschubtabelle 15 ausgerechnet. Diese Zahl ist der Faktor k , der mit der Fräserdrehzahl malgenommen den Vorschub/min ergibt.

$$\text{Es ist also} \quad s = k \cdot n \quad (\text{Gl. 9})$$

Beispiel: 10 Zähne, Walzenfräser, schruppen, Werkstoffgruppe II, $n = 60$ U/min, ergibt $k = 1,8$. Vorschub ist dann

$$k \cdot n = 1,8 \cdot 60 = 108 \text{ mm/min.} \quad (\text{Gl. 12})$$

Als Schnittiefen dürfen für die Fräsvorschubtabelle 15 bis zu folgenden vorhanden sein:

bei Walzen und Walzenstirnfräsern Frästiefe 3 mm,
 „ Scheibenfräsern „ gleich Scheibenbreite,
 „ Schaftfräsern „ gleich Fräserdurchmesser,
 „ Messerköpfen „ gleich 3 ··· 5 mm.

Bei größeren Schnittiefen muß der Vorschub vermindert werden.

Es ist durchaus möglich, in besonderen Fällen einen höheren Vorschub zu wählen bei Verringerung der Fräserdrehzahlen.

Die Schnittiefe hat auf die Standzeit, also auf die Fräserdrehzahl, geringen Einfluß. Sie hängt nur davon ab, ob die Maschine diese Leistung hergibt. Beim Schruppen nimmt man kleinere Fräserdrehzahlen und höhere Vorschübe, um schnell vielen Werkstoff abzuheben; beim Schlichten kleine Vorschübe und dafür höhere Fräserdrehzahlen, um saubere Oberflächen zu erzielen.

9. Wie lange dauert die Fräszeit?

Die Fräszeit ist leicht auszurechnen, da der Vorschub in m/min angegeben ist. Für den Anlauf des Fräsens rechnet man etwa $\frac{1}{4}$ Fräser-

Tabelle 15. Fräsvorschubtafel.

Zähne- zahl Z	Werkstoff- gruppe	Walzenfräser Walzenstirnfräser		Messerköpfe mit		Schafffräser Hinterdrehte Fräser	
		Schrupp	Schlicht	Schnellstahl	Hartmetall	Scheibenfräser	
						Schrupp	Schlicht
s _z	I	0,2	0,05	0,3	0,1	0,07	0,04
	II	0,15	0,04	0,2	0,08	0,06	0,03
	III	0,1	0,02	0,1	0,05	0,04	0,02
4	I	0,8	0,2	1,2	0,4	0,28	0,16
	II	0,6	0,16	0,8	0,32	0,24	0,12
	III	0,4	0,08	0,4	0,2	0,16	0,08
5	I	1	0,25	1,5	0,5	0,35	0,2
	II	0,75	0,2	1	0,4	0,3	0,15
	III	0,5	0,1	0,5	0,25	0,2	0,1
6	I	1,2	0,3	1,8	0,6	0,42	0,24
	II	0,9	0,24	1,2	0,48	0,36	0,18
	III	0,6	0,12	0,6	0,3	0,24	0,12
8	I	1,6	0,4	2,4	0,8	0,56	0,32
	II	1,2	0,32	1,6	0,64	0,48	0,24
	III	0,8	0,16	0,8	0,4	0,32	0,16
10	I	2	0,5	3	1	0,7	0,4
	II	1,5	0,4	2	0,8	0,6	0,3
	III	1	0,2	1	0,5	0,4	0,2
12	I	2,4	0,6	3,6	1,2	0,84	0,5
	II	1,8	0,48	2,4	0,96	0,72	0,36
	III	1,2	0,24	1,2	0,6	0,5	0,24
14	I	2,8	0,7	4,2	1,4	0,98	0,56
	II	2,1	0,56	2,8	1,1	0,84	0,42
	III	1,4	0,28	1,4	0,7	0,56	0,28
16	I	3,2	0,8	4,8	1,6	1,12	0,64
	II	2,4	0,64	3,2	1,3	0,96	0,48
	III	1,6	0,32	1,6	0,8	0,64	0,32
18	I	3,6	0,9	5,4	1,8	1,26	0,7
	II	2,7	0,72	3,6	1,4	1,08	0,54
	III	1,8	0,36	1,8	0,9	0,7	0,4
20	I	4	1	6	2	1,4	0,8
	II	3	0,8	4	0,6	1,2	0,6
	III	2	0,4	2	1	0,8	0,4
24	I	4,8	1,2	7,2	2,4	1,68	0,95
	II	3,6	0,96	4,8	1,9	1,44	0,72
	III	2,4	0,48	2,4	1,2	0,95	0,5
30	I	6	1,5	9	3	2,1	1,2
	II	4,5	1,2	6	2,4	1,8	0,9
	III	3	0,6	3	1,5	1,2	0,6
40	I	8	2	12	4	2,8	1,6
	II	6	1,6	8	3,2	2,4	1,2
	III	4	0,8	4	2	1,6	0,8
50	I	10	2,5	15	5	3,5	2
	II	7,5	2	10	4	3	1,5
	III	5	1	5	2,5	2	1

Werkstoffgruppen I: Ge, Te, Rotmetall, Leichtmetall, St bis 60 kg/mm² Festigkeit.
 II: St bis 95 kg/mm² III: St bis 110 kg/mm²

durchmesser (Abb. 105) hinzu und hat damit als gesamte Fräslänge $L + D/4$. Diese Länge wird durch den Vorschub geteilt und die Laufzeit in min errechnet wie in dem Beispiel 1 und 3.

Bei Messerköpfen ist die Länge des Überlaufes „U“ (Abb. 106) vom Durchmesser des Messerkopfes und der Breite des Werkstückes abhängig. Jedenfalls wird die Fräslänge immer größer als die direkte Werkstücklänge.

1. Beispiel: Walzenfräser 120 mm \varnothing , 10 Zähne zum Fräsen des Werkstoffes St 50.11. Schruppen mit 3 mm Frästiefe und 100 mm lang, Werkstoffgruppe I.

Tab. 14 $n = 48$ U/min der Frässpindel,

Tab. 15 $k = 2$

somit $s = 2 \cdot 48 = 96$ mm/min Vorschub des Frästisches,

Fräslänge = 100 mm + 120/4
= 130 mm,

Fräszeit $T = 130 : 96 = 1,35$ min.

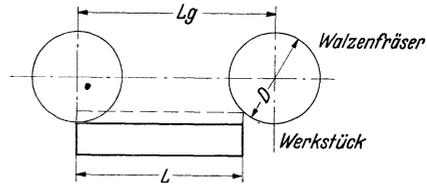


Abb. 105 Laufweg eines Walzenfräasers mit Anlaufweg.

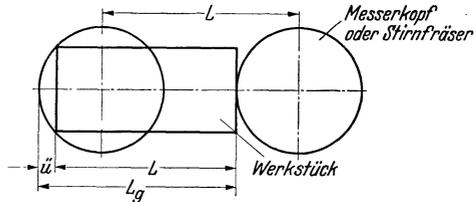


Abb. 106. Laufweg eines Messerkopfes.

2. Beispiel: Messerkopf mit Schnellstahlmessern 210 mm \varnothing , 18 Zähne zum Fräsen des Werkstoffes VCN 45, Werkstoffgruppe III, schrappen mit 3 mm Frästiefe auf 370 mm Länge bei einer Werkstückbreite von 150 mm.

Aus Tab. 14 $n = 46$ U/min der Frässpindel,

„ „ 15 $k = 0,9$,

somit $s = 0,9 \cdot 46 = 41$ m/min Vorschub des Frästisches.

Fräszeit T etwa $410 : 41 = 10$ min.

3. Beispiel: Scheibenfräser 190 mm \varnothing , Breite 15 mm, 12 Zähne zum Fräsen des Werkstoffes „Silumin“, Werkstoffgruppe I; schrappen von 15 mm Frästiefe auf 250 mm Länge.

Aus Tab. 14 $n = 500$ U/min der Frässpindel,

„ „ 15 $k = 2,4$,

somit $s = 2,4 \cdot 500 = 1200$ mm/min Vorschub des Frästisches.

Dieser Vorschub kann aber nur genommen werden, wenn auch die Spindel-drehzahl vorhanden ist, sonst muß mit der geringeren Drehzahl über denselben Faktor 2,4 gerechnet werden.

Fräslänge = 250 + 190/4 = rund 300 mm

Fräszeit $T = 300 : 1200 = 0,25$ min = 15 s.

10. Allgemeine Fräsregeln.

1. Der Fräser muß rundlaufen.
2. Kleiner Fräser — dicker Fräsdorn.
3. Fräser mit Spiralzähnen schneiden ruhiger und gleichförmiger.
4. Lieber zwei Schruppschnitte als wegen zu großer Schnitttiefe den Vorschub herabsetzen. Nach dem Schruppen noch ein Schlichtschnitt.
5. Fräsen mit einem Schnitt: Vorschubgeschwindigkeit und Fräserdrehzahl wie schlichten.
6. Fräserbefestigung: Den Fräser so dicht wie möglich an den Spindelkopf heran; den Schaftfräser so kurz wie möglich spannen; das Fräsdornlager auf beiden Seiten so dicht wie möglich an den Fräser heran.
7. Werkstückbefestigung: Werkstück haltbar spannen und nicht verspannen. Schlecht spannbare Werkstücke mit kleinem Vorschub fräsen.
8. Fräserauswahl und -pflege: Achte auf die Winkel am Fräser und erhalte sie; du fräst sonst schlecht und falsch!
9. Gut und reichlich spülen schon das Werkzeug und gibt saubere Arbeit. Späne niemals mit Prebluft wegblasen.
10. Beim Fräsen über eine Gußhaut schneidet man erst vorsichtig an, am besten mit kleiner Schnittgeschwindigkeit und nach dem Durchbrechen der Haut mit voller Schnittgeschwindigkeit weiter.

11. Wie entstehen fehlerhafte Oberflächen?

Folgende Ursachen können vorliegen:

1. Fräser schlägt rund und seitlich, Aussparungen werden zu weit, die Oberfläche erhält Riefen.
2. Dorn schlägt, Fräser schneidet nur mit einigen Zähnen, Oberfläche wird wellig.
3. Kühlwasser ist zu wenig, Fräser ist abgestumpft und schneidet geringeres Maß aus. Kühlwasserpumpe reinigen und Fräser wechseln.
4. Werkstücke sind gegen Längsverschiebung nicht genügend gesichert und festgespannt.
5. Bei starkem Fräserdrall treten seitliche Kräfte auf, die durch entsprechendes Festspannen des Werkstückes aufgefangen werden müssen.
6. Die Fräserdrehrichtung zum Vorschub ist falsch, Fräser springt und erzeugt ungleiche Oberflächen.

7. Fräser hat im Keil oder dieser gleichzeitig im Dorn Luft und dreht sich ruckartig. Gefahr des Werkzeugbruches und schlechte Arbeit.

8. Die Gegenlager für den Dorn sind zu weit auseinander, der Fräsdorn federt und die entsprechenden Schwingungen übertragen sich als Rattermarken auf das Werkstück.

9. Die Vorschubspindeln für den Frästisch haben zuviel Luft und müssen nachgestellt werden.

12. Sägen.

Das Sägen kann erfolgen mit Bügelsägen, Kaltkreissägen und Metallbandsägen.

a) **Bügelsägen.** Für kurze Trennzeiten und lange Lebensdauer, hohen Bügeldruck und niedrige Schnittgeschwindigkeiten anwenden. Die Zahnteilung richtet sich nach Werkstoff und Werkstück und soll nach Tabelle 16 gewählt werden. Es müssen möglichst mehrere Zähne gleich-

Tabelle 16. Günstige Zahnteilung für Bügelsägeblätter.

Zahnteilung	Werkstoff	Werkstück
grob fein sehr fein	hart weich	größer kleiner dünnwandiger Schnitt

zeitig auf einer Schnittstelle in Eingriff sein, daher müssen sehr feine Teilungen bei dünnwandigen Rohren, Drähten usw. benutzt werden. Es treten auch große Qualitätsunterschiede der Sägeblätter auf, die entsprechend die Schnittgeschwindigkeiten vermindern. Die Schnittgeschwindigkeiten selbst können aus der Tabelle 10 „Schnittgeschwindigkeiten für Drehen“ folgendermaßen entnommen werden:

Zum Werkstoff sucht man sich am Kopf der Tabelle 10 die zugehörige Spalte, z. B. St 50.11 in Spalte 17 oder 18. Zulässig ist jetzt die Schnittgeschwindigkeit, wie sie für den Spanquerschnitt 12×1 empfohlen ist, also hier $V = 25 \text{ mm/min}$. Die Drehzahl muß dann, wie für das Hobeln, mit hin- und hergehender Bewegung ermittelt werden. Meistens wird jedoch ein kurzer Versuch am Werkstück erst die richtige Drehzahl ergeben.

b) **Kaltkreissägen.** Kaltkreissägen kann man wie dünne Scheibenfräser ansehen, mit sehr geringer Starrheit. Die zulässigen Schnittgeschwindigkeiten sind entsprechend dem Durchmesser auf Umdrehungszahlen in Tabelle 14 umgerechnet und können dort abgenommen werden.

Der Vorschub wird wie für Fräser Abschnitt 14 berechnet, und zwar aus Tabelle 15 nach der Spalte Scheibenfräser Schruppen. Bei 500 mm \varnothing und St 50.11 wird $n = 10,5$ U/min, und der Vorschub $s = 3 \cdot n = 60$ mm/min. Bei sehr guten Sägeblattqualitäten kann man bis zu doppelter Drehzahl gehen, muß aber dann den Vorschub etwas kleiner wählen.

Bei Verwendung von Werkzeugstahl-Sägeblättern sind nur die halben Schnittgeschwindigkeitswerte, aber gleichen Vorschübe anzuwenden. Es gibt auch Sägen mit eingesetzten Hartmetallzähnen, die bei kleineren Vorschüben bis zu 100% höhere Schnittgeschwindigkeiten zulassen. Ihre Drehzahl ist gleichfalls auf Tabelle 14 enthalten.

c) Metallbandsägen. Zuerst wurden nur weichere Werkstoffe bearbeitet, jetzt auch Stahl. Je härter der Werkstoff ist, desto schwieriger wird die Erzeugung von sauberen und genauen Schnitten. Die Schnittgeschwindigkeit bzw. die Drehzahl der Metallbandführungsrolle kann direkt nach Tabelle 14 eingestellt werden. Hat die Rolle 500 mm \varnothing , so muß entsprechend dem Werkstoff die Drehzahl abgelesen und eingestellt werden.

Abschnitt 15.

Bohren, Reiben, Ansenken und Ausstechen.

Wenn eine Bohrung gerieben werden muß, ist stets vorher das Bohren und Aufbohren oder Aufsensen des Loches auf Reibmaß nötig, meist kommt dazu noch das Ansenken der Nabe. Diese drei Arbeitsverfahren müssen also gemeinsam betrachtet werden. Als Werkzeuge gehören zu den Gruppen:

A. *Bohrwerkzeuge*: Spiralbohrer, Spitzbohrer, Kanonenbohrer, Spiralsenker zum Aufbohren, Aufstecksenker zum Aufbohren.

B. *Reibwerkzeuge*: Feste und verstellbare Reibahlen, Aufsteckreibahlen.

C. *Ansenkwerkzeuge*: Zapfensenker, Aufstecksenker zum Anflächen, Messerstangen mit Senkmessern, Formsenker.

D. *Ausstechwerkzeuge*: Besondere Werkzeuge.

1. Bohrwerkzeuge.

Die Hauptbohrwerkzeuge, Spitzbohrer, Spiralbohrer, Kanonenbohrer, Spiralsenker und Aufstecksenker sind bekannt. Spitzbohrer

werden seltener gebraucht, da sie ungünstigere Schnittverhältnisse haben als Spiralbohrer.

2. Spiralbohrer.

Am Spiralbohrer unterscheidet man (Abb. 107) die Hauptschnneiden oder Lippen, die Querschnneiden, die Fasenschnneiden und den Drallwinkel δ für die Steigung der Spiralen. Der richtige Anschliff des Bohrers ist die Hauptsache, da sonst sofort Bruch eintritt. Folgendes ist zu beachten bzw. zu prüfen:

Die Lage der Querschnneide (Abb. 107a) muß etwa 55° betragen, sonst ist der Bohrer falsch hinterschleifen. Der Spitzenwinkel muß gleichmäßig zur Achse nach rechts und links verteilt sein und soll für fast alle Werkstoffe $116^\circ \cdots 120^\circ$ betragen. Die Spitze muß auch in der Mitte der Bohrerachseliegen. Abb. 108a...h zeigt verschiedene Fehlermöglichkeiten. Sehr wichtig ist das Freischleifen der Bohrerfreiflächen.

Beim Bohren dringen die Lippen stetig durch den Vorschub vorwärts. Wenn daher die Freiflächen des Bohrers gerade geschliffen wären, würden die hinter den Lippen nacheilenden Teile auf die Grundfläche des Loches drücken, zu Erwärmung und zu Bruch führen. Aus der Lage der Querschnneide erkennt man, ob ein richtiger Freischliff vorliegt. Das Nachschleifen von Hand ist schwer, weil

zu der Drehbewegung beim Schleifen noch zusätzlich eine Schwenkbewegung für den Hinterschliff ausgeführt werden muß. Es ist besser, das Nachschleifen auf Werkzeugschleifmaschinen vorzunehmen.

Die Bohrer haben an der Spitze das Nennmaß, das aufgeschlagen ist. Zum Einspannende hin verjüngt sich der Bohrer um ein geringes, damit die oberen Teile im Durchmesser nicht klemmen. Sehr kurz ge-

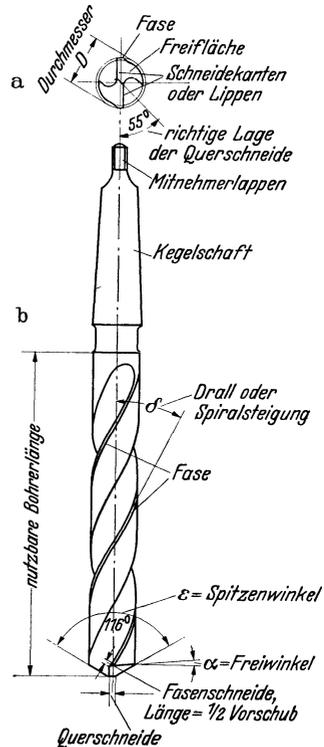


Abb. 107. Winkel am Spiralbohrer.

schliffene Bohrer werden also beim richtigen Anschleifen kleiner als das Nennmaß bohren. Die Seelenstärke nimmt dagegen zum Einspannende etwas zu zwecks Verstärkung des Bohrers. Dadurch nimmt auch die Querschnittenbreite zu. Die ungünstigsten Schnittverhältnisse hat ohne Zweifel die Querschnitte mit ihrem stumpfen Spanwinkel. Hier findet leicht eine Abstumpfung statt durch Verdrücken der Spitzen. Die größte Umfangsgeschwindigkeit und damit Schnittgeschwindigkeit, vgl. Abschnitt 10, hat die Fasenschnitte am größten Durchmesser. Auch hier kann eine Abstumpfung stattfinden. Bei den ersten Anzeichen der Abstumpfung muß der Bohrer ausgewechselt oder nachgeschliffen werden, da immer so viel vom Bohrer fortgeschliffen werden muß, so weit die Zerstörung an der Querschnitte oder den Fasenschnitten reicht. Sind die Ecken an der Fasenschnitte nicht mehr maßhaltig, drückt der Bohrer mit seinen nachfolgenden Partien und führt zu Bruch. Bei Bohrer über 30 mm \varnothing kann ein richtiges Ausspitzen an der Querschnitte gute Leistungssteigerungen bringen. Reichliche Kühlung ist bei allen Bohrarbeiten Vorbedingung für jede Leistung (vgl. Tab. 11).

3. Wie wirken sich Anschliffflächen des Bohrers aus?

1. *Spitzenwinkel zu spitz* (Abb. 108d). Die Schneidkanten der Hauptschnitte sind von oben gesehen gekrümmt, die Lochwand wird rau, der Bohrer rasch stumpf und bricht leicht.

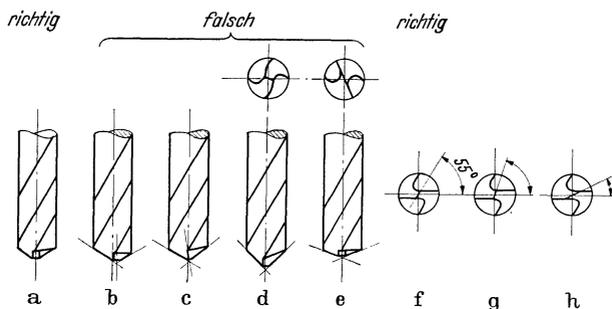


Abb. 108. Fehlermöglichkeiten am Spiralbohrer durch falschen Anschliff.

2. *Spitzenwinkel zu stumpf* (Abb. 108e). Die Schneidkanten sind wieder gekrümmt. Bohrer hakht leicht, Schneiden nützen sich rasch ab, Lochwand wird rau, beim Austritt aus dem Werkstück erfolgt leicht Bruch.

3. *Bohrerschneiden ungleich lang* (Abb. 108 b). Die Spitze liegt nicht in der Achse des Bohrers, die längere Schneide hebt größere Späne ab und wird einseitig beansprucht, Lochdurchmesser wird größer.

4. *Bohrerschneiden mit ungleichen Winkeln zur Achse* (Abb. 108 c). Nur eine Schneidkante arbeitet, einseitige Beanspruchung, Loch wird ungenau.

5. *Bohrerschneiden ungleich lang und ungleiche Winkel* (Abb. 108 f). Beide Fehler zusammen treten meist beim Schleifen von Hand auf. Einseitige Beanspruchung, Lochdurchmesser wird größer.

6. *Zu kleiner Hinterschliff* (Abb. 108 g). Bohrerfreiflächen drücken auf Lochgrund. Der Bohrer kann nicht tiefer eindringen. Der Bohrdruck nimmt zu, starke Erwärmung kommt durch Reibung auf den Lochgrund dazu, dadurch bricht der Bohrer ab.

7. *Zu großer Hinterschliff* (Abb. 108 h). Die Hauptschneiden sind zu wenig unterstützt. Nur geringere Drehzahlen zulässig, Bohrer hakt und bricht an der Schneide leicht aus. Aus der Lage der Querschneide erkennt man leicht den richtigen Hinterschliff.

8. *Ausspitzen der Bohrer* (Abb. 108). Nur bei richtigem Ausspitzen vorteilhaft. Sonst sind die Nachteile so bedeutend, daß eine wesentliche Herabsetzung der Leistung erfolgt und lieber nicht ausgespitzt werden soll.

4. Spitzbohrer.

Der Spitzbohrer ist das älteste Werkzeug. Auch hier gibt die Lage der Querschneide an, ob ein richtiger Hinterschliff vorliegt. Seine Leistung ist meist geringer als die der Spiralbohrer. Es müssen kleine Vorschübe unter 0,1 mm gewählt werden. Beim Ausbohren größerer Bohrungen auf Drehbänken mit Vollmessern wird das Prinzip der Spitzbohrer verwendet. Beginnende Abstumpfung ist am unruhigen Lauf der Maschine und starken Wärmeanstieg des Werkstückes erkennbar. Sofort auswechseln, da sonst unweigerlich Werkzeugbruch eintritt. Reichliche Kühlung ist Bedingung.

5. Kanonenbohrer.

Sie dienen zum Ausbohren langer Bohrungen und stehen still, während das Werkstück umläuft. Wichtig ist das richtige Freischleifen, da sonst durch Drücken Bruch erfolgt. Reichliche Kühlung ist zum Fortführen der Bohrspäne Bedingung.

6. Spiralsenker zum Aufsenken.

Spiralsenker sollen eine vorhandene Bohrung erweitern, meist bis auf Reibzugabe. Entsprechend haben sie keine Querschneide. Es kommen Dreilippen- und Mehrlippensenker vor. Die Abstumpfung erfolgt an der Phasenschneide, für die dasselbe wie bei Spiralbohrern gilt.

7. Aufstecksenker zum Aufsenken..

Diese haben dieselben Aufgaben wie Spiralsenker. Sie werden nicht direkt in der Maschine eingespannt, sondern durch eine Bohrstange aufgenommen. Beide müssen gut zueinander passen, um einwandfreie Arbeit zu erreichen.

8. Wie wird die Drehzahl und der Vorschub festgestellt?

Beides läßt sich direkt aus Tabelle 17 ablesen. Für Spiralbohrer, Spiralsenker, Kanonenbohrer (hierbei ist die Umdrehungszahl am Werkstück einzustellen) liest man zum Bohrerdurchmesser in der Spalte für den Werkstoff, der am Kopf der Tabelle 17 steht, Drehzahl und Vorschub ab.

Beispiel: Werkstoff ECN 35,
Lochdurchmesser 55 mm \varnothing .

Der Werkstoff steht in Spalte 18/19. Man versucht zunächst

$$\begin{aligned} n &= 118 \text{ U/min mit} \\ s &= 0,45 \text{ mm/U Vorschub.} \end{aligned}$$

Ist der Werkstoff jedoch härter, am Schnitt und schneller Abstumpfung erkennbar, muß nach Spalte 19 gewählt werden

$$\begin{aligned} n &= 95 \text{ U/min mit} \\ s &= 0,4 \text{ mm/U.} \end{aligned}$$

Für Spitzbohrer und Aufstecksenker zum Aufsenken nimmt man etwa die Hälfte für die Drehzahl, wie sie Tabelle 21 angibt.

9. Wie groß ist die Laufzeit?

Aus der Bohrtiefe, der Drehzahl und dem Vorschub ergibt sich die Laufzeit T zu

$$\text{Laufzeit } T = \frac{\text{Bohrungslänge } L}{\text{Drehzahl } n \cdot \text{Vorschub } s} \quad (\text{Gl. 13})$$

oder

$$T = \frac{L}{n \cdot s}. \quad (\text{Gl. 8})$$

Beispiel: Bei einer Bohrlänge von 90 mm,
dem Bohrdurchmesser von 55 mm,
der Drehzahl $n = 118$ U/min,
aus dem Vorschub $s = 0,45$ mm/U

wird

$$T = \frac{90}{118 \cdot 0,45} = 1,7 \text{ min.}$$

10. Was ist beim Bohren wichtig?

Das Werkstück muß gut und fest gespannt sein (siehe Abschnitt 9). Wenn es federt, hakt der Bohrer beim Durchkommen ein und bricht. Wird das Werkstück nur von Hand gehalten, ist der Augenblick des Durchkommens des Bohrers am gefährlichsten. Es kann jetzt herumgerissen werden und zu Verletzungen führen. Zumindest muß gegen Herumreißen ein Anschlag auf dem Bohrtisch angebracht werden.

Beim Bohren in Vorrichtungen muß jedesmal die Anlage des Werkstückes frei von Spänen und sauber sein, sonst sitzen die Bohrungen an falschen Stellen oder in falschen Richtungen. Die Werkzeuge müssen leicht in den gehärteten Bohrbuchsen geführt sein. Bei Zwang und Erwärmung der Bohrer findet eine Abnutzung der Phase statt. Der Bohrdurchmesser wird hier kleiner und wenn der Nachschliff bis zu dieser Stelle kommt, drückt der Bohrer. Er wird bald zu Bruch gehen, ebenso durch Zwang in Bohrbuchsen. Gut Schmieren ist Bedingung, jedoch bei Elektron nicht mit Wasser! Eine beginnende Abstumpfung läßt sich bei Vorhandensein am Leistungsanzeiger beobachten. Steigt der Druck und damit die Leistung gegenüber dem frischen Bohrer um 30%, muß der Bohrer nachgeschliffen werden. Ebenso beim Knirschen sofort Vorschub ausschalten und Bohrer wechseln. Ist selbsttätiger Vorschub vorhanden, wird dieser auch benutzt, weil damit eine höhere Leistung erreichbar ist als bei Handvorschub. Besonders beim Austritt aus schrägen Flächen (Abb. 109) ist Handvorschub sehr gefährlich. Hier nur mit selbsttätigem Vorschub arbeiten, desgleichen bei porösen Stellen oder Lunkern im Werkstoff.

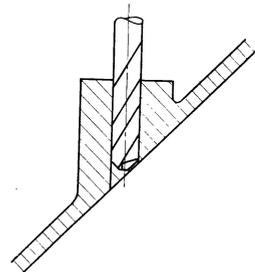


Abb. 109. Bohreraustritt an schrägen Flächen.

Bei allen Bohrwerkzeugen kommt es darauf an, daß sie genau in Richtung der Arbeitsrichtung, also Spindelrichtung sitzen und nicht

Tabelle 17. Umdrehungszahlen und Vorschüb

		Leichtmetall				Rotmetall								Gu											
		Al-Mg-Mn				Ms 58...63																			
		Elektron		Al-Mg-Si		Rg 4		Rg 8...10				Ge 18.91													
		Al		Al-Cu-Mg		Cu		GBz 10		GBz 14		GBz 17		Ge 12.91											
Festigkeit						12		15		20		30		50		75		12		18					
Lfd. Nr.		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12	
D		z		s		z		s		z		s		z		s		z		s		z		s	
1	42000	0,1	23500	0,1	15000	0,06	15000	0,04	10500	0,02	6000	0,0													
2	23500		11800		7500		7500		6000		3000														
3	15000		8500		7500	0,08	6000	0,05	3750	0,04	2350	0,08													
4	11800	0,15	6700	0,15	6000		4250		2650		1900														
5	9500		5300		6000	0,1	3350	0,08	2100	0,06	1500	0,1													
6	7500		4200		5300		2650		1900		1320	0,15													
7	6700		3750		4750	0,12	2350	0,1	1700	0,08	1180	0,15													
8	6000		3350		4200	0,15	2100		1320		1050														
9	5300		2650		3750		1900	0,12	1180	0,1	950	0,2													
10	4750	0,25	2650	0,25	3350	0,2	1700	0,15	1050		850														
11	4200		2350		3000		1500		950		750	0,25													
12	3750		2100		2650	0,25	1320		850	0,12	670														
13	3750		1900		2350		1180	0,18	850		600	0,3													
14	3350		1700		2350		1050		750		600														
15	3000		1700		2100	0,3	1050	0,2	750	0,15	530														
16	3000		1500		1900		950		670		475	0,4													
18	2650		1320		1700	0,4	850	0,25	600	0,2	420	0,5													
20	2350	0,4	1320	0,4	1500	0,5	750	0,3	530	0,3	375														
22	2100		1180		1320		750		475		335	0,6													
25	1900		1050		1180	0,6	670	0,4	420	0,4	300														
28	1700		950		1050		600		375		265														
30	1500		850		950	0,7	530	0,5	335	0,5	235	0,8													
35	1320		750		850		475		300		190	1,0													
40	1180	0,5	670	0,5	750		420		265		170														
45	1050	0,6	600	0,6	670	0,8	375	0,6	235	0,6	150	1,2													
50	950		530		600		335		210		132	1,3													
55	850	0,7	475	0,7	530		300		190		118														
60	750	0,8	420	0,8	475	1,0	265	0,8	170	0,8	105	1,4													
70	670		375		420		210		150		95														
80	600	1,0	300	1,0	375	1,0	190	0,8	132	0,8	75	1,5													

u = Umdrehungen/min, s = Vorschub in mm/U.

für Spiralbohrer und Spiralsenker aus Schnellstahl.

eisen		Stahl und Stahlguß												kg/mm	
		SoSt 3			SoSt 4			SoSt 100			NCT 3				
		EC 100 vgt			VMC 140 v			VCMo 240 v							
		Stg 38.81	Stg 45.81	Stg 52.81	Stg 60.81	EC 80									
		VCN 25			VCN 25 v			ECMo 80							
		EN 15		ECN 35											
St IV bis VII 23		St X23		VCN 15			VCN 15 v		VCN 45		VCN 45 v				
		StC 25.61		StC 25.61 v		StC 45.61		ECMo100 v							
Ge 30.91		StC 10.61		StC 16.61		StC 35.61		StC 35.61 v		StC 60.61		StC 60.61 v		VM 125 v	
22.91		St 00.11	St 37.11	St 42.11	St 50.11	St 60.11	St 70.11			VCMo 125 v					
25	30	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120				
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24				
n	s	n	s	n	s	n	s	n	s	n	s	D			
4200	0,05	6000	0,05	6000	0,05	4750	0,03	3750	0,03	3000	0,02	1			
2100		3000		3000	0,05	2650	0,03	1900		1500	0,02	2			
1500	0,06	2350	0,06	2100	0,06	1700	0,05	1320	0,05	1050	0,03	3			
1050	0,08	1900		1500		1180		950		750		4			
850	0,1	1500	0,1	1320	0,1	950	0,08	750	0,08	600	0,05	5			
750		1320	0,12	1200	0,12	850		670		530		6			
670		1200	0,15	1050	0,15	750	0,1	600	0,1	475	0,08	7			
600		1050		950		670		530		375		8			
530		950		850		600	0,12	475		335		9			
475	0,15	850	0,18	750	0,18	530	0,15	420	0,12	300	0,1	10			
420		750		670		475		375		265		11			
375		670	0,2	670	0,2	420		335		265		12			
375	0,2	670		640		420		335	0,15	235		13			
335		640		600		375	0,18	300		235	0,12	14			
335		600	0,25	530	0,25	375		300		235		15			
300		600		475		335	0,2	265		210		16			
265	0,25	530		420		300		235		190		18			
235		475	0,3	420	0,3	265	0,25	210	0,18	190	0,15	20			
210		420		375		265		190		170		22			
210	0,3	375		335		235	0,3	190	0,2	170		25			
190		335	0,35	300	0,35	210		170	0,25	150		28			
170		300		265		190	0,35	170		150	0,2	30			
150		265		235		170		150		118		35			
118	0,4	235	0,4	190	0,4	150		118	0,3	95		40			
105		190		170		132		105		85		45			
95	0,45	170	0,45	150	0,45	105		95		75	0,3	50			
85		150		118		95	0,4	85		67		55			
75	0,5	118	0,5	105	0,5	85		75	0,35	60		60			
67		105		95		75		60		47,5		70			
53	0,6	95	0,6	75	0,6	60	0,45	47,5	0,35	42	0,3	80			

schlagen. Sie müssen ferner sehr fest sitzen; bei kegeliger Mitnahme soll nur der Kegel tragen, aber nicht die Lappen, da diese sonst abreißen. Größte Sorgfalt ist auf guten Sitz zu verwenden. Bei zylindrischen Bohrern muß der Sitz im Futter gut sein, das Futter muß schlagfrei laufen. Für alle Arbeiten, außer Bohren von Gußeisen und Leichtmetall, reichliche Kühlung anwenden (siehe Tabelle 11). Behandlung von Konushülsen siehe Abschnitt 9.

Müssen kleine Bohrer mit Kegelschaft in einem bedeutend größeren Kegel befestigt werden, dann nicht zwei oder mehr Konushülsen verwenden, sondern nur eine, die vom kleinen Kegel gleich auf den großen der Maschine übersetzt. Beim Lösen von Bohrern usw., die schwer von Hand zu halten sind, legt man einen weichen Gegenstand, z. B. Holz unter, damit beim Herabfallen die Bohrspitze nicht verletzt wird. Normalerweise bohren die Bohrer größer als die angegebenen Durchmesser. Die angegebenen Richtwerte beziehen sich auf genau geschliffene und rundlaufende Bohrer. Die Übermaße betragen etwa bei gutgelagerten Maschinen

Übermaß \ddot{u} in mm = $0,006 \times$ Durchmesser für harte Werkstoffe

„ \ddot{u} in mm = $0,008 \times$ „ „ weiche „

Beispiel: Bei 50 mm Bohrerdurchmesser auf StC 45.61 bohrt der Bohrer größer um $\ddot{u} = 0,006 \cdot 50 = 0,3$ mm. Der Lochdurchmesser wird also $D = 50,3$ mm.

11. Wodurch entstehen schlechte Oberflächen?

1. Bohrer schlägt oder sitzt einseitig im Futter.
2. Bohrspitzenwinkel ist zu groß, zu klein, einseitig oder schief aufgeschliffen.
3. Hinterschliff ist falsch, erkennbar an falscher Lage der Querschneide.
4. Kühlung zu gering, Bohrer ist ausgeglüht und hat keine Schnittleistung mehr.
5. Zu großer Vorschub.
6. Bei langen Bohrungen muß der Bohrer öfters aus der Bohrung herausgeholt werden, um die Späne zu entfernen. Diese verkratzen die Oberfläche, setzen sich in der Spiralnute fest, versperren somit dem weiteren Spanaustritt den Weg, was unweigerlich zum Bruch der sehr teuren Bohrer führt.
7. Auf den Rippen oder Phasen haben sich Aufbauschnneiden, d. h.

Werkstoffteilchen festgesetzt. Entfernen, und Bohrer leicht aber richtig abziehen mit Ölstein.

8. Bei großen Bohrungen soll man etwa mit Seelenstärke des Bohrers ein kleines Loch vorbohren. Dadurch vermeidet man das Verlaufen und kann auf höhere Bohrleistung gehen, weil die Querschneide des großen Bohrers nicht mehr im Schnitt ist.

9. Bohrer Spitze springt beim Anbohren aus der Ankörnung seitlich heraus, wird verdrückt und bohrt schräg. Bruchgefahr! Bei Wellen durch Verdrehen der Wellen im Prisma ausgleichen, z. B. Splintloch bohren.

12. Reibahlen.

Die Reibahlen dienen zur Herstellung genauer Bohrungen. Es gibt feste und nachstellbare Hand- und Maschinenreibahlen, sowie Aufsteckreibahlen. Durch ungleiche Teilung der Zähne werden unrunde Löcher und Rattermarken vermieden. Reibahlen können nur kleine Späne abheben, die von dem vordersten Teil, dem Anschnitt, genommen werden. Der zylindrische Teil glättet nur die Oberfläche. Zum Reiben werden die Bohrungen mit Reibzugabe vorgebohrt, die aus Tabelle 18 entnommen werden können. Je kleiner die Reibzugaben sind, desto sauberer und glatter wird die Oberfläche.

Tabelle 18. Untermaße für zu reibende Bohrungen.

Durchmesserbereich	Vorbohren mit Spiralbohrer zum Aufsenken auf Untermaß in mm	Aufsenken auf Untermaß in mm	
		Reibzugabe für St, Stg, Ge	Reibzugabe für Rotmetall Leichtmetall
0,8...1,2	—	0,05	0,2
1,2...1,6	—	0,05	0,3
1,6...3	—	0,05	0,4
3...6	—	0,1	0,5
6...10	—	0,1	0,6
10...18	1,0	0,15	0,7
18...30	1,5	0,15	0,8
30...50	2	0,2	0,8
50...80	2,5	0,2	0,8
80...110	3	0,3	0,8

Selbstverständlich dürfen beim Vorbohren mit geringen Reibzugaben keine zu tiefen Drehriefen in der Wandung sein, weil diese dann nicht mehr herausgerieben werden können, d. h. beim letzten Bohren oder Senken muß sorgfältig auf guten Schnitt geachtet werden.

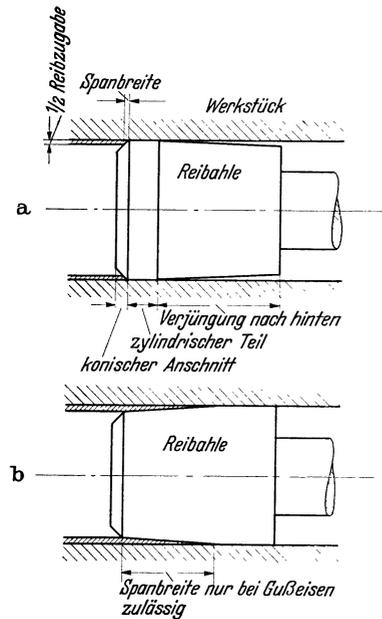
Abziehen der Reibahlen sollte vermieden werden, nötigenfalls aber nur durch erfahrene Werkzeugmacher ausgeführt werden, da hierzu große Übung unerlässlich ist. Bei einem falschen Strich mit dem Ölstein ist die Reibahle verdorben, sie fängt an zu drücken, die Folge ist unweigerlich Bruch.

Ansätze von aufgeschweißtem Werkstoff müssen mit dem Ölstein entfernt werden, da sonst raue Oberflächen erzielt werden. Auch dies nur durch einen erfahrenen Mann. Bei Vorschubmarkierungen in der geriebenen Bohrung, abrunden der Schneidzähne gegen den Schaft, abziehen des Rückganges vom Anschnitt zum zylindrischen Teil. Wenn möglich, stets Pendelfutter benutzen. Bei verstellbaren Reibahlen durch leichte

Schläge mittels Holzhammers auf weiche Auflage und auf sämtliche Messer für glatte Auflage auf den Grund der Schlitze sorgen. Meist schleifen notwendig. Ein Nachschleifen der Reibahlen ist nur auf Werkzeugschleifmaschinen einwandfrei möglich.

Der Anschnitt soll bei Stahl kürzer, bei Gußeisen länger sein. Fehlt bei Reibahlen (Abb. 110a/b) die hintere Verjüngung, so nutzt sich der vordere Teil ab und ein größeres Stück der Reibahle kommt in Eingriff. Durch die hohe Spannbreite wird die Beanspruchung sehr groß, so daß meist Bruch eintritt. Solche Reibahlen müssen rechtzeitig nachgeschliffen werden.

Neue Reibahlen haben meist einen feinen Grat an den Kanten und reiben die ersten Löcher größer. Man kann sich helfen durch Nachwetzen auf Maschinen oder Vorreiben auf Probestücken. Bei zu kleinen Reibahlen kann



- a) Richtiger Anschlag.
 b) falscher Anschlag. Reibahle fängt sich und geht zu Bruch.

Abb. 110. Anschlag von Reibahlen.

man durch Aufziehen mit einem harten Werkzeug, z. B. einem Drehstahl oder Schaber, etwa dreimal das Reibmaß um einige Hundertstel Millimeter erhöhen, aber nur durch einen erfahrenen Werkzeugmacher.

13. Wie werden geriebene Bohrungen erzeugt?

Bei der Herstellung von geriebenen Bohrern geht man üblicherweise wie folgt vor:

1. vorbohren mit Untermaß,
2. senken oder nachbohren (bis zu 18 mm \varnothing nicht üblich),
3. reiben.

Bei Fertigung auf Drehbänken oder Revolverdrehbänken muß mit der Bohrstange angebohrt werden, wenn die Bohrungen genau zum Außendurchmesser laufen sollen, weil der Spiralbohrer verläuft.

Die Unterwerte für das Vorbohren und Senken sind in Tabelle 19 zusammengefaßt. Bis zu dem angegebenen Untermaß muß mit den genannten Werkzeugen gearbeitet werden.

Bei Leicht- und Rotmetall wird direkt auf ein Untermaß entsprechend der Reibzugabe vorgebohrt, weil hier ein größerer Reibspan genommen werden kann.

1. Beispiel: Die Bohrung 5 H7 in Stahl ist herzustellen:

1. vorbohren mit Spiralbohrer auf $5 - 0,2 = 4,8$ mm \varnothing ,
2. senken auf $5 - 0,05 = 4,95$ mm \varnothing ,
3. reiben auf 5 mm \varnothing H7 = $5 \begin{matrix} + 0,012 \\ + 0 \end{matrix}$ mm \varnothing .

2. Beispiel: Die Bohrung 60 H8 soll in Stahlguß hergestellt werden:

1. vorbohren auf 57,5 mm \varnothing mit Spiralbohrer,
2. senken auf $60 - 0,2 = 59,8$ mm \varnothing ,
3. reiben auf Maß 60 mm \varnothing H8 = $60 \begin{matrix} + 0,046 \\ + 0 \end{matrix}$ mm \varnothing .

14. Wie werden Drehzahl und Vorschub bestimmt?

Aus Tabelle 19 werden zur Reibahle aus Werkzeugstahl oder Schnellstahl passend zum Werkstoff am Kopf Drehzahl und Vorschub abgelesen und eingestellt.

Hierbei ist die Güte der Oberfläche maßgebend, obgleich die Schnittgeschwindigkeit (siehe Abschnitt 12) der Reibahle höher sein könnte. Vor allem muß die Reibahle möglichst lange ihr Maß behalten.

15. Was muß beim Reiben beachtet werden?

Reiben stets mit Pendelfutter durchführen, durch das Pendeln wird das Nachschneiden der Reibahle verhindert. Eine Beeinflussung auf die Größe der Bohrung kann durch Verwendung verschiedener Schmiermittel vorgenommen werden.

Tabelle 19. Reibahlen-

m/min	10				6				10				5				2				4											
	Leichtmetall								Rotmetall								Guß-															
	Al-Mg-Mn								Ms 58...63																							
	Elektron				Al-Mg-Si				Rg 4				Rg 8...10				Ge 18.91															
	Al				Al-Cu-Mg				Cu				GBz 10				GBz 14				GBz 17				Ge 12.91				Ge			
Festigkeit									12		15		20		30		50		75		12		18									
Lauf. Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12																				
D	n	s	n	s	n	s	n	s	n	s	n	s	n	s	n	s	n	s	n	s	n	s	n	s								

Umdrehungszahlen von

4...6	530	0,4	335	0,3	530	0,5	265	0,3	105	0,2	210	0,5
6...9	335	1	210	0,5	335	1	210	0,5	75	0,3	132	1
9...12	265		170		265		132		60		105	
12...15	210		132		210		105		42		85	
15...20	170	2	95	1	170	2	85	1	33,5	0,5	67	2
20...25	132		75		132		67		26,5		53	
25...30	105		67		105		53		21		42	
30...40	85		47,5		85		42		17		33,5	
40...50	67		37,5		67		33,5		13,2		26,5	
50...65	53		30		53		26,5		10,5		21	
65...80	42	4	23,5	2	42	4	21	2	8,5	1	17	4
80...100	33,5		19		33,5		17		6,7		13,2	
100...130	23,5		15		23,5		13,2		5,3		10,5	

Umdrehungszahlen von

4...6	670	0,4	420	0,3	670	0,5	335	0,3	170	0,2	265	0,5												
6...9	420	1	300	0,5	420	1	210	0,5	132	0,3	210	1												
9...12	335		210		335		170		75		132													
12...15	265		170		265		132		67		105													
15...20	190	2	132	1	190	2	95	1	47,5	0,5	85	2												
20...25	150		105		150		75		37,5		67													
25...30	132		85		132		67		30		53													
30...40	95		67		95		47,5		23,5		42													
40...50	75		53		75		37,5		19		33,5													
50...65	60		42		60		30		15		26,5													
65...80	47,5	4	33,5	2	47,5	4	23,5	2	11,8	1	21	4												
80...100	37,5		26,5		37,5		19		9,5		17													
100...130	30		21		30		15		7,5		13,2													
m/min	12				8				12				6				3				5			

n = Umdrehungen/min, s = Vorschub in mm/U.

umdrehungszahlen.

3		5		4		3		2,5		2		
eisen		Stahl und Stahlguß										
						SoSt 3		SoSt 4		SoSt 100		
								NCT 3				
						EC 100 v		VMC 140 v		VCM 240 v		
Stg 38.81		Stg 45.81	Stg 52.81	Stg 60.81			EC 80					
				VCN 25	VCN 25 v		ECMo 80					
		EN 15		ECN 35								
St IV bis VII 23		St X 23		VCN 15		VCN 15 v		VCN 45		VCN 45 v		
		StC 25.61	StC 25.61 v	StC 45.61	StC 45.61 v				ECMo 100 v			
Ge 30.91		StC 10.61	StC 16.61	StC 35.61	StC 35.61 v	StC 60.61		StC 60.61 v		VM 125 v		
22.91		St 00.11	St 37.11	St 42.11	St 50.11	St 60.11	St 70.11				VCMo 125 v	
25	30	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	kg/mm ²
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Lauf. Nr.
n	s	n	s	n	s	n	s	n	s	n	s	D

Reibahlen aus Werkzeugstahl.

170	0,3	265	0,3	210	0,3	170	0,2	132	0,2	105	0,2	4...6
132	0,5	210	0,4	132	0,3	132	0,3	105	0,3	75		6...9
67		132		105		75		67		60		9...12
53		105		85		67		53		42		12...15
42	1	85	0,6	67	0,5	47,5	0,4	42	0,3	33,5	0,3	15...20
33,5		67		53		37,5		33,5		26,5		20...25
26,5		53		42		30		26,5		21		25...30
21		42		33,5		23,5		21		17		30...40
17		33,5		26,5		19		17		13,2		40...50
13,2		26,5		21		15		13,2		10,5		50...65
10,5	2	21	1	17	0,8	11,8	0,6	10,5	0,4	8,5	0,4	65...80
8,5		17		13,2		9,5		8,5		6,7		80...100
6,7		13,2		10,5		7,5		6,7		5,3		100...130

Reibahlen aus Schnellstahl.

210	0,3	335	0,3	265	0,3	210	0,2	170	0,2	170	0,2	4...6
132	0,5	210	0,4	210	0,3	132	0,3	132	0,3	132		6...9
105		170		132		105		75		75		9...12
85		132		105		85		67		67		12...15
67	1	95	0,6	85	0,5	67	0,4	47,5	0,3	47,5	0,3	15...20
53		75		67		53		37,5		37,5		20...25
42		67		53		42		30		30		25...30
33,5		47,5		42		33,5		23,5		23,5		30...40
26,5		37,5		33,5		26,5		19		19		40...50
21		30		26,5		21		15		15		50...65
17	2	23,5	1	21	0,8	17	0,6	11,8	0,4	11,8	0,4	65...80
13,2		19		17		13,2		9,5		9,5		80...100
10,5		15		13,2		10,5		7,5		7,5		100...130
4		6		5		4		3		3		

Unter Reibüberweite versteht man das Übermaß des geriebenen Loches gegenüber dem Reibahlundurchmesser. Lochdurchmesser, Spantiefe und Vorschub üben keinen Einfluß auf die Reibüberweite aus, nur die Schmiermittel, d. h. die Reibüberweite ist bei kleinen und großen Löchern etwa gleich. Je geringer die Reibüberweite wird, desto besser wird die Oberfläche. Aber desto leichter ist die Gefahr des Festklemmens der Reibahle vorhanden. Sie geht dann leicht zu Bruch. Andererseits kann man bei frischen, also noch großen Reibahlen dünnflüssige Schmiermittel verwenden, die geringe Reibüberweite erzeugen, also gerade noch paßgerechte Bohrungen; dagegen bei Reibahlen mit kleinem Durchmesser Schmiermittel mit hohen Reibüberweiten benutzen. Dadurch können die Reibahlen länger benutzt werden. In der Tabelle 20 ist die Reibüberweite als Folge verschiedener Schmiermittel zusammengestellt. Mit ihrer verschiedenen Wirkung wird man sich öfter helfen können.

Tabelle 20. Reibüberweiten in mm bei verschiedenen Schmiermitteln.

Werkstoff	Terpentin	Mineralöl leichtflüssig	Rüböl dickflüssig	Bohröl	trocken
Gußeisen		0,009	0,007	0,005	0,020
Stahl		0,014	0,018	0,012	nicht möglich
Rotmetall		0,014	0,012	0,012	0,018
„ -Guß		0,010	0,007	0,006	0,014
Leichtmetall, weich	0,012		0,030	0,040	nicht möglich
„ hart	0,007		0,014	0,020	0,035

16. Fehlerhafte Oberflächen entstehen durch folgendes:

1. Zu hohe Schnittgeschwindigkeit.
2. Zu hoher Vorschub.
3. Zu große Spanabnahme.
4. Zu wenig Schmiermittel und ungeeignete Schmiermittel.
5. Starre Einstellung der Reibahlen statt Verwendung von Pendelhalter.
6. Zu großes vorgebohrtes Loch, Bohrriefen kommen nicht mehr heraus, kleiner vorbohren. Ebenso zu kleines Loch, da zu viel Spanabnahme.
7. Reibahle ist stumpf und drückt.

17. Senker zum Anflächen.

Senker sind Fräswerkzeuge, die auf Drehbänken, Bohrmaschinen und Bohrwerken zum Anflächen von Augen oder Warzen zwecks guter

Auflagefläche für Muttern oder Bolzenbunden Verwendung finden. Bei ihnen kommt es darauf an, daß sie keine Rattermarken erzeugen, was durch ungleiche Teilung der Zähne, Änderung des Vorschubes oder andere Drehzahlen erreicht werden kann. Auch sie müssen genau rund laufen.

18. Drehzahlen und Vorschübe.

Die Drehzahlen und Vorschübe stehen in Tabelle 21. Es ist zwischen Werkzeugstahl- und Schnellstahlwerkzeugen zu unterscheiden, die hauptsächlich vorkommen. Aufstecksenker haben dieselben Leistungen wie Zapfsenker. Auch wird man bei schwachen Werkstücken nur mit kleineren Vorschüben herangehen können als bei starken. Angenommen ist für die angegebenen Werte dieselbe Werkzeugqualität wie beim Drehen, also ein mittlerer Schnellstahl. Für Formsenker müssen zur Schonung des Werkzeuges die Werte wie für Messerstangen verwendet werden. Maßgebend für die Drehzahlen sind die äußersten schneidenden Werkzeugkanten, die als Durchmesser anzunehmen sind. Die Vorschübe werden direkt eingestellt.

Beispiel: Anflächen einer Nabe mit 50 mm \varnothing aus StC 45.61 mit Messerstahl und Schnellstahlmessern.

$$\begin{aligned} \text{Aus Tabelle 21 } n &= 422 \text{ min} \\ s &= 0,02 \text{ mm/U.} \end{aligned}$$

19. Was muß beachtet werden?

Bohrstangen und Werkzeuge. Oftmals werden Werkzeuge, wie Senker, Reibahlen, Messer, Profilsenker und Profilmesser auf Bohrstangen aufgesteckt. Diese sind dann die Träger des Werkzeuges und selbst in der Maschine eingespannt. Voraussetzung für ruhigen Lauf ist bei Bohrstangen der Rundlauf, fester Sitz im Spindelkopf und genaues Zusammenpassen von Stange und Werkzeug. Folgende Ursachen können bei fehlerhafter Arbeit mit Bohrstangen vorliegen:

- a) *Bohrmaschinen.*
1. Bohrstange schlägt.
 2. Bohrstange sitzt nicht im Spindelkopf und gibt einseitig nach.
 3. Bohrstange mit unterer Führung steht nicht senkrecht, sondern verdrückt und klemmt, nachrichten der unteren Führung oder des Auslegers bei Radialbohrmaschinen.
 4. Werkzeuge sitzen nicht richtig auf Bohrstangen, Führung zu weit.

5. Bohrstange frißt in Führung, Bohrbüchse zu eng, Schmierung zu gering.

b) Bohrwerke.

1. Bohrstange schlägt, muß aber nicht immer der Grund für fehlerhafte Arbeit sein. Auch eine schlagende Bohrstange kann genaue und richtige Arbeit liefern.

2. Bohrstange liegt nicht in der Waage, das Gegenlager steht zu

Tabelle 21. Senkerumdrehungszahlen (zum Anfläachen

Festigkeit Lauf. Nr. <i>D</i>	Leichtmetall				Rotmetall						Guf	
	Al-Mg-Mn				Ms 58...63							
	Elektron		Al-Mg-Si		Rg 4		Rg 8...10				Ge 18.91	
	Al		Al-Cu-Mg		Cu		GBz 10	GBz 14	GBz 17		Ge 12.91	G
	1	2	3	4	12	15	20	30	50	75	12	18
	<i>n</i>	<i>s</i>	<i>n</i>	<i>s</i>	<i>n</i>	<i>s</i>	<i>n</i>	<i>s</i>	<i>n</i>	<i>s</i>	<i>n</i>	<i>s</i>

Zapfensenker und

25...30	300	0,2	85	0,2	300	0,2	210	0,2	85	0,2	132	0,2
30...40	235		67		235		170		67		105	
40...50	190		53		190		132		53		85	
50...65	150		42		150		105		42		67	
65...80	118	0,2	33,5	0,2	118	0,2	85	0,2	33,5	0,2	53	0,2

Bohrstangen mit

12...15	600	0,03	132	0,03	600	0,03	420	0,03	132	0,03	190	0,03
15...20	420	0,05	95	0,05	420	0,05	335	0,05	95	0,05	150	0,05
20...25	375		75		375		265		75		118	
25...30	300		67		300		210		67		95	
30...40	210		47,5		210		170		47,5		75	
40...50	170		37,5		170		132		37,5		60	
50...65	132	0,1	30	0,1	132	0,1	105	0,1	30	0,1	42	0,1
65...80	105		23,5		105		85		23,5		37,5	
80...100	85		19		85		67		19		30	
m/min	28		6		28		20		6		9	

n = Umdrehungen/min, *s* = Vorschub in mm/U.

hoch oder zu niedrig und muß nachgerichtet werden, sonst entstehen zwangsläufig schiefe Bohrungen.

3. Stets für ausreichende Schmierung in Gegenführungen sorgen.

4./5. wie unter a.

20. Wodurch entstehen schlechte Oberflächen?

1. Senker läuft nicht schlagfrei und ist schlecht befestigt.

für Werkzeuge aus Schnellstahl.

eisen		Stahl und Stahlguß												
						SoSt 3		SoSt 4		SoSt 100				
										NCT 3				
						EC 100 v		VMC 140 v		VCM 240 v				
Stg 38.81		Stg 45.81		Stg 52.81		Stg 60.81		EC 80						
				VCN 25		VCN 25 v		ECMo 80						
		EN 15		ECN 35										
St IV bis VII 23		St X 23		VCN 15		VCN 15 v		VCN 45		VCN 45 v				
		StC 25.61		StC 25.61 v		StC 45.61		StC 45.61 v		ECMo 100 v				
Ge 80.91		StC 10.61		StC 16.61		StC 35.61		StC 35.61 v		StC 60.61		StC 60.61 v	VM 125 v	
22.91		St 00.11		St 37.11		St 42.11		St 50.11		St 60.11		St 70.11		VCMo 125 v
25 30		30 40		50 60		70 80		90 100		110 120		kg/mm ²		
13 14		15 16		17 18		19 20		21 22		23 24		Lauf. Nr.		
n s		n s		n s		n s		n s		n s		D		

Aufstecksenker zum Anflächen.

85	0,2	150	0,2	118	0,2	105	0,2	85	0,2	67	0,1	25...30
67		118		95		85		67		47,5		30...40
53		95		75		67		53		37,5		40...50
42		75		60		47,5		42		30		50...65
33,5	0,2	60	0,25	47,5	0,25	42	0,2	33,5	0,2	23,5	0,2	65...80

Messern und Formsenker.

132	0,03	170	0,01	150	0,01	132	0,01	105	0,01	85	0,01	12...15
95	0,05	132	0,02	105	0,02	95	0,02	85	0,02	67	0,02	15...20
75		105		95		75		67		53		20...25
67		85		75		67		53		42		25...30
47,5		67		53		47,5		42		33,5		30...40
37,5		53		42		37,5		33,5		26,5		40...50
30	0,1	42	0,03	33,5	0,03	30	0,03	26,5	0,03	21	0,03	50...65
23,5		33,5		26,5		23,5		21		17		65...80
19		26,5		21		19		17		13,2		80...100
6		8		7		6		5		4		

2. Rattermarken durch Umdrehungszahl und Vorschub ändern.
3. Saubere Ansenkflächen erhält man mit kleiner Schnittgeschwindigkeit.
4. Das Werkzeug muß fest und gerade aufliegen.

21. Ausstechwerkzeuge.

Bei großen Bohrungen in Blechen ist es vorteilhaft, eine Nut einzustechen und den Kern nicht zu zerspanen. Die Drehzahlen und Vorschübe für Aufsteckwerkzeuge sind halb so groß wie bei Spiralbohrern zu wählen. Reichliche Kühlung notwendig. Es müssen alle Messer schneiden.

Abschnitt 16.

Gewindeschneiden.

1. Allgemeines über Gewinde.

Das Gewinde ist eines der Grundelemente der Technik, ohne das unsere Entwicklung niemals hätte erfolgen können. Die dem Gewinde übertragenen Aufgaben kann es nur erfüllen, wenn ein genaues Zusammenpassen von Muttergewinde zum Bolzensgewinde vorhanden ist. Dieses wiederum ist nur durch genaue und sorgfältige Fertigung möglich. Die Oberflächen der Gewinde sind meist ohne Bearbeitungszeichen versehen, weil stets höchste Güte entsprechend drei Bearbeitungsdreiecken oder zum Teil geschliffene Gewindeflächen, dann aber angegeben, notwendig sind.

2. Gewindearten.

Es gibt verschiedene Arten von Gewinden, die je nach Zweck vom Konstrukteur verwendet werden. Sie unterscheiden sich durch ihre Form und Steigung. In Abb. 111 sind vergrößerte Gewindeprofile gezeigt.

Beim metrischen Gewinde sind die Gewindespitzen fortgeschnitten, beim Withworth-Gewinde abgerundet. Der Außendurchmesser des Gewindes ist verständlich. Der Kerndurchmesser ist der Durchmesser des inneren vollbleibenden Bolzenmaterials. Beim Muttergewinde liegen die Verhältnisse umgekehrt. Dort stellt der Außendurchmesser den kleinsten vollbleibenden Muttermaterialdurchmesser dar. Wichtig ist, daß einer Gewindespitze auf der Gegenseite eine Rille gegenüberliegt. Dadurch kann man auf dem geraden Teil der Flanke an einer beliebigen

Stelle den richtigen Flankendurchmesser messen, allerdings nur bei symmetrischen Profilen. Ein ganzes eingeschnittenes Profil heißt Gang. Der Abstand von Spitze zu Spitze oder Rille zu Rille heißt Steigung. Diese wird angegeben in mm oder Gangzahl je Zoll. Bei einer Steigung von 2,5 mm beträgt also der Abstand von Gang zu Gang 2,5 mm. Man unterscheidet verschiedene Gewindearten, deren Maße in Normblättern festgelegt sind und aus denen auch die Bezeichnung ersichtlich ist.

3. Gewindeherstellungsarten.

Aus Form und Schneidwirkung können folgende Verfahren nach ihren Werkzeugen unterschieden werden:

- Gewindebohren mit Bohrern.
- Gewindeschneiden mit Schneideisen.
- Gewindefräsen.
- Gewindedrehen mit Drehstäben und Strehlern.
- Gewindedrücken.

Der letztere Fall interessiert hier nicht und ist nicht behandelt.

Bei den vier ersten Herstellarten ist eine vorhergehende Bearbeitung notwendig. Für das Fräsen und Drehen muß der Außendurchmesser bzw. bei Innengewinden der Kerndurchmesser vorher genau hergestellt sein.

Dagegen tritt beim Gewindebohren und Schneiden mit Schneideisen folgende Erscheinung auf. Durch die Art der Spanabnahme wird der Werkstoff außer Gußeisen an den Gewindespitzen etwas herausgequetscht. Würden hier die genauen Außen- oder Kerndurchmesser vorgearbeitet sein, so müssen die Werkzeuge den Gewindegrund oder die Spitzen mit ausschneiden. Das führt zu einer bedeutenden Mehrbeanspruchung und ist oft der Grund für das Ausreißen von Werkstoffteilchen. Man führt deshalb hierfür die Außendurchmesser kleiner und die Kerndurchmesser größer aus. Die Durchmesser sind für verschiedene Werkstoffe verschieden zu halten. In Tabelle 22 sind für die Hauptgewinde Vordreh- und Vorbohrdurchmesser angegeben.

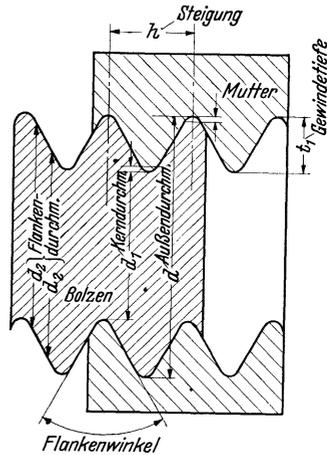


Abb. 111. Gewinde mit Vermaßung.

1. Beispiel: Innengewinde M 18 ist bei Stahl vorzubohren auf 15,25 \varnothing . Beachten, daß Bohrer größer bohren (Abschnitt 15, S. 120). Für gutgelagerte Maschinen also $0,006 \times \varnothing = 0,006 \cdot 15,25$ rund 0,1 mm Übermaß zu erwarten. Daher Bohrer 15,15 \varnothing wählen.

2. Beispiel: Innengewinde M 18 \times 1,5 ist vorzubohren. Vorbohrmaß aus Tabelle 22 für Steigung 1,5 = 16,4 mm. Somit Bohrer- $\varnothing = 16,3$ mm wählen.

Tabelle 22. Vorbohrmaße zum Gewindeschneiden für metrische Feingewinde.

Steigung	Leichtmetall	Rotmetall Gußeisen	Stahl Stahlguß zähe Bronze	Steigung	Leichtmetall	Rotmetall Gußeisen	Stahl Stahlguß zähe Bronze
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
0,25	0,35	0,25	0,25	1	1,3	1,2	1,0
0,3	0,4	0,3	0,3	1,25	1,7	1,5	1,3
0,35	0,5	0,4	0,4	1,5	2,0	1,8	1,6
0,4	0,5	0,5	0,4	1,75	2,4	2,1	2
0,45	0,6	0,5	0,5	2	2,75	2,5	2,25
0,5	0,6	0,6	0,5	2,5	3,25	3	2,75
0,6	0,8	0,7	0,6	3	4	3,5	3,25
0,7	0,9	0,8	0,7	3,5	4,75	4,25	4
0,75	1,0	0,9	0,8	4	5,25	5	4,25
0,8	1,1	0,9	0,8	4,5	6	5,5	5
0,9	1,2	1,1	1,0	5	6,5	6	5,5

Vom Gewindeaußendurchmesser sind die angegebenen Werte abzuziehen, das errechnete Bohrungsmaß ist herzustellen. Z. B. für M60 \times 4 in Gußeisen ist das Vorbohrmaß $60 - 5 = 55$ mm \varnothing .

4. Gewindebohrer.

Bei Gewindebohrern wird das Ausschneiden der Gewinde durch den schrägen Teil des Bohrers, den Anschnitt, ausgeführt. Auch hier muß auf scharfe Werkzeuge geachtet werden. Die zugehörigen Vorbohrdurchmesser sind aus Tabelle 22 zu entnehmen. In Sacklöchern müssen Grundbohrer, d. h. Bohrer mit ganz kurzem Anschnitt, verwendet werden. Durchgehende Löcher können mit Mutterbohrern in einem Schnitt hergestellt werden. Die Gewindebohrer müssen genau senkrecht eingeführt werden, unter Umständen ist eine entsprechende Führung notwendig. Dabei ist besonders darauf zu achten, daß bei mehreren Bohrern der folgende Gewindebohrer genau in den Gang des durch den vorhergehenden Bohrer schon vorgeschrittenen Gewindenganges eingeführt wird. Sonst steigt beim Einführen des zweiten Bohrers derselbe gern auf den vorgeschrittenen Gang auf und macht das Gewinde bzw. das Werkstück zu Ausschluß. Der Schnittwiderstand hängt

im hohen Maße vom richtigen Schmiermittel ab, das reichlich zugeführt werden muß. Vgl. Tabelle 11 Kühlmittel. Dieses hat vor allem auch die Aufgabe, die Späne abzuführen.

Vorschub und Drehzahl. Der Vorschub darf beim Gewindeschneiden niemals eingeschaltet werden, da sich der Bohrer selbst hineinzieht. Die Drehzahl ist $\frac{2}{3}$ so groß zu wählen wie bei Spiralbohrern. Wenn das Gewinde nicht sauber wird, allein die Oberflächengüte ist entscheidend, so muß die Drehzahl weiter herabgesetzt werden. Es kommen dann die Schnittgeschwindigkeiten und damit Drehzahlen wie bei Reibahlen in Frage. Zum Außendurchmesser nimmt man die Drehzahl aus Tabelle 19.

5. Fehlerhafte Oberflächen.

Sie können folgende Ursachen haben:

1. Die Gewindeschneideinrichtung ist nicht in Ordnung.
2. Die Kernlochbohrung ist zu eng.
3. Der Spanwinkel paßt nicht zum Werkstoff.
4. Werkstoffteilchen haben sich auf dem Gewindebohrer festgesetzt und müssen durch Abziehstein entfernt werden.
5. Der Anschnitt des Gewindebohrers ist stumpf, entweder durch ungleichmäßiges Nachschleifen oder durch Abnutzung.
6. Beim ersten Schneiden muß erst der am Gewindebohrerzahn durch Schleifen entstehende Grat entfernt werden, die ersten Gewinde fallen größer aus.
7. Gewindebohrer mit langem Anschnitt erzeugen engere Gewinde, mit kurzem Anschnitt weitere Gewinde.
8. Beim Nachschneiden mit 2. oder 3. Gewindebohrer sind die Gänge nicht richtig getroffen worden.
9. Die Schmierung war schlecht oder das Schmiermittel ungeeignet.

6. Schneideisen.

Schneideisen dienen zur Herstellung von Außengewinden. Größere Gewindedurchmesser, besonders solche mit hoher Steigung, müssen vorgefästä oder vorgeschnitten werden. Normale Gewinde können aus dem Vollen in einem Schnitt hergestellt werden, und zwar in

Stahl und Stahlguß	bis M 16	oder	$\frac{3}{8}$ "
Messing	„ M 33	„	$1\frac{1}{4}$ "
Rotguß	„ M 24	„	1"
Leichtmetall	„ M 20	„	$\frac{3}{4}$ "

Zum besseren Fassen des Schneideisens soll das Bolzenende angeschrägt werden. Das Einspannen der Schneideisen muß folgendermaßen vor sich gehen:

1. Stirnflächen des Schneideisens müssen genau anliegen.
2. Befestigung durch Druck- und Halteschrauben.
3. Einstellbare Schneideisen nach Musterstück einstellen.
4. Die ersten geschnittenen Werkstücke nachmessen.
5. Durchmesser nachstellen durch konische Spreizschrauben im Schlitz.
6. Druckschrauben nachrichten.

Vorschübe und Drehzahl. Auch hier niemals Vorschub einschalten. Als Drehzahlen können nur diejenigen wie bei Reibahlen (Tabelle 19) genommen werden. Man kann sich für Stahl und Ge ungefähr als Faustformel merken

$$\text{Drehzahl } n = \frac{1000}{\text{Durchmesser}}. \quad (\text{Gl. 14})$$

Bei M 20 wird dann

$$n = \frac{1000}{20} = 50 \text{ U/min.}$$

Die Schnitttiefe der Einzelspäne ergibt sich aus der Länge des Anschnittes.

7. Fehlerhafte Oberflächen.

Unsaubere, ungenaue oder ausgerissene Gewinde können folgende Ursachen haben:

1. Das Profil kann nicht auf einmal geschnitten werden, weil zu groß.
2. Der vorgedrehte Außendurchmesser ist zu groß, Gewindegänge reißen aus.
3. Das Kühlmittel ist nicht geeignet oder war zu wenig.
4. Das Schneideisen sitzt nicht genau im Halter und steht schief zur Gewindeachse.
5. Der Rücklauf des Schneideisens ist zu schnell.
6. Das Schneideisen läuft zu weit vor und stößt hart gegen einen Bund. Gänge reißen aus.
7. Die Spanabfuhr ist nicht ausreichend und verstopft das Schneideisen. Andere Schnittwinkel anwenden.
8. Das Schneideisen schneidet einseitig, die Späne verstopfen einen Teil des Schneideisens.
9. Die Schnittgeschwindigkeit ist zu groß. Der Vorschub darf nie-

mals eingeschaltet sein. Ein richtiges Schneiden erkennt man an dem gleichmäßigen Herausquellen der Späne aus allen drei oder mehr Spanöffnungen.

8. Gewindefräser.

Für das Gewindefräsen gibt es Eingangprofilfräser, die den einzelnen Gewindegang herausfräsen oder Mehrganggewindefräser, die in einem Umlauf mit $\frac{1}{6}$ Überlauf für das Ansetzen des Gewindes dieses erzeugen. Der Eingangsgewindefräser muß entsprechend der Gewindesteigung schräg stehen, der Mehrganggewindefräser steht dagegen parallel zur Gewindeachse und kann für Flachgewinde nicht benutzt werden. Näheres ist den Anleitungsvorschriften zu den Maschinen zu entnehmen. Die Fräserdrehzahl ist aus Fräserdurchmesser nach Tabelle 14 zu nehmen, jedoch die niedrigere Drehzahl für das Schruppen. Fräserzähne ergeben sich aus der Zahl der quer zum Gewindeprofil eingeschnittenen Spanlücken. Mit dieser Zähnezahl z ist dann aus Tabelle 15 der Vorschub/min auszurechnen, das ist die Werkstückdrehzahl.

Beispiel: Fräser- $\varnothing = 85$ mm Werkstoff StC 45.61
 Drehzahl aus Tabelle 14 $n = 42$ U/min aus Werkstoff II
 Zähnezahl $z = 8$ Zähne.

Somit aus Tabelle 15 (vgl. Abschnitt 14, Absatz 8) für hinterdrehte Fräser, also letzte Spalte, Werkstoff II

$$k = 0,24 \text{ mm/U.}$$

Der Vorschub wird dann nach Gleichung (12)

$$s = k \cdot n = 0,24 \cdot 42 = 10,1 \text{ mm/min}$$

für direkten Fertigschnitt.

Soll das Gewinde vor- und fertiggefräst werden, wird für das Schruppen

$$k = 0,48 \text{ und } s = 20 \text{ mm/min.}$$

Für das Schlichten die Drehzahl $n = 60$ U/min (Schlichten) aus

$$s = 0,24 \cdot 60 = 15 \text{ mm/min.}$$

Mit diesem Vorschub ist nun nach Anleitung zur Maschinenbedienung die Werkstückdrehzahl zu bestimmen und die Einstellung der Maschine vorzunehmen. Der Vorschub des Frässchlittens ist gleich der Steigung des Gewindes zu nehmen. Die Fräszeit kann aus Maschinentafeln abgelesen werden.

9. Gründe für fehlerhafte Gewinde.

1. Die Steigung stimmt nicht, die an der Maschine als Vorschub für den Bettschlitten eingestellt wird.
2. Die Mitnahme des Werkstückes ist nicht starr und hat nachgegeben.

3. Der Fräser sitzt nicht fest, er hat im Keil nachgegeben oder sich seitlich verschoben oder die Frässpindel hat seitlich Luft.

4. Der Fräser steht nicht parallel zur Gewindeachse und muß nachgerichtet werden.

5. Das Kühlmittel ist nicht geeignet oder zu wenig zugeführt und nicht auf die Schnittstelle.

6. Der Vorschub je Zahn ist zu groß und muß verkleinert werden, d. h. die Umdrehungszahl des Werkstückes muß herabgesetzt werden.

7. Die Schnittgeschwindigkeit ist zu groß. Der Fräser ist abgestumpft und schneidet nicht mehr voll aus.

8. Die Wechslerräder am Spindelkopf zur Erzeugung des Bett-schlittenvorschubes haben zuviel Zahnluft und geben unregelmäßig nach. Die Keile dieser Zahnräder passen nicht genau und lassen unregelmäßige Verdrehung während ihres Umlaufes zu.

9. Die Achse des Spindelkastens steht nicht genau in der Flucht des Bettes oder die Reitstockspitze ist verlagert, das Gewinde wird konisch aufgefräst. Nachrichten.

Dieselben Ursachen treten bei eingängigen Gewindefräsern sinngemäß auf.

10. Gewindedrehstähle und Strehler.

Gewindedrehstähle und Strehler sind als bekannt vorausgesetzt. Außer den allgemeinen Grundsätzen beim Drehen (siehe Abschnitt 11,

12 und 13) ist zusätzlich folgendes zu beachten:

a) Gewindestähle und Strehler müssen auf Mitte stehen,

b) das Profil am Gewindestahl und Strehler muß senkrecht zur Werkstückachse liegen (Abb. 112), da in beiden Fällen bei Abweichungen ein falsches Gewindeprofil eintreten muß.

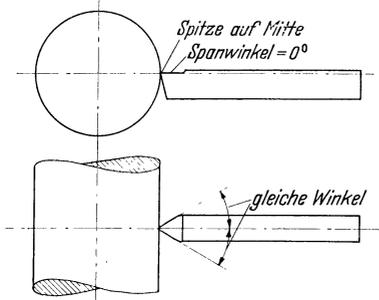


Abb. 112. Lage des Werkzeugprofils zur Maschinenachse.

Zur Einstellung gibt es Einstellmikroskope. Das Schleifen des Profils ist mit Lehren möglich und muß sehr genau durchgeführt werden, da die Gewindetoleranzen äußerst gering sind. Das Schneiden des Gewindes selbst erfolgt mit 10...30 Durchgängen, bei denen jeweils eine

Beistellung des Supportes vorgenommen wird. Dabei darf in den meisten Fällen das Drehbankschloß beim Rücklauf nicht herausgenommen werden, um den Gewindegang wieder zu treffen. Vorschub und Drehzahl ist maßgebend für den Vorschub, der am Räderkasten oder durch Wechselräder eingestellt werden muß.

Die Berechnung von Wechselrädern ist bei neueren Maschinen nicht notwendig, da ein direktes Einschalten der Steigungen möglich ist. Falls dies doch notwendig wird, sei auf die sehr gute und eingehende Darstellung in Heft 4 der Werkstattbücher verwiesen.

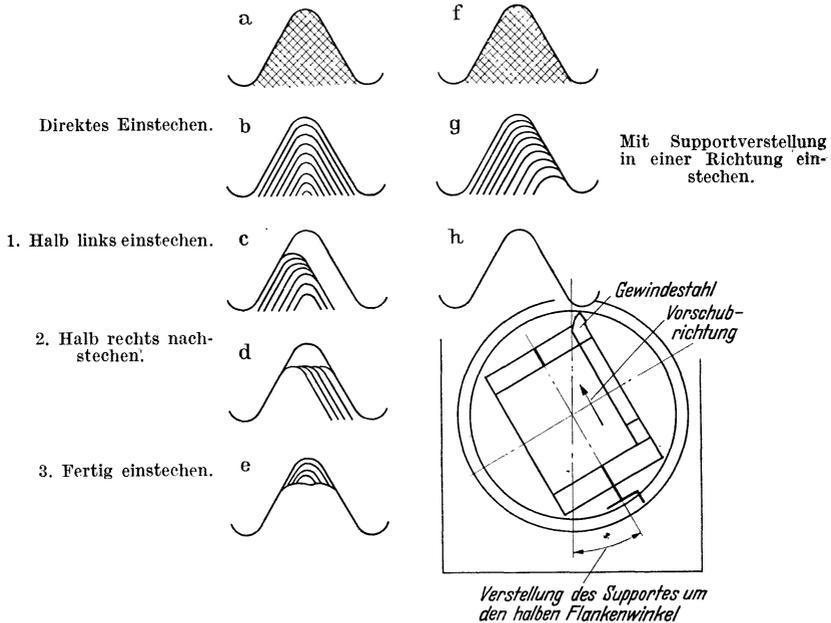


Abb. 113. Verschiedene Einstechverfahren beim Gewindedrehen.

Beim Gewindedrehen nimmt man zuerst Schrappspäne. Bei groben Gewinden kann man nicht direkt bis zum Spangrund hereinfahren, sondern man muß kleinere Späne abheben, wie in Abb. 113 a...e oder wie in Abb. 113 f...h. Zum Schlichten oder Feinen wird 0,1 mm draufgelassen. Das Fertigschneiden des Gewindes wird mit Strehlern am leichtesten genau.

Die Schnittgeschwindigkeiten sind nicht für Höchstleistungen des Werkzeuges, sondern nach Oberflächengüte zu wählen. Für Schrapp-

Werth. Handb. f. Maschinenarbeiter. 10

späne nehme man diejenigen aus Tabelle 10, wie sie für den Spanquerschnitt 2×1 angegeben sind. Zum Fertigdrehen oder Schlichten erhält man die besten Oberflächen mit Drehzahlen wie für Reibahlen aus Abb. 19. Reichlich schmieren! (Siehe Tabelle 11.)

Gewindestrehler sind Formmesser, die im Strehlerhalter auf Drehbänken und Revolverbänken verwendet werden. Ihr Vorschub wird auf Revolverbänken durch eine Gewindepatrone getätigt. Durch mehrfaches Ansetzen bei jeweils größerer Beistellung wird das Gewinde erzeugt.

II. Fehlerhafte Gewinde.

Folgende Ursachen können vorliegen:

1. Drehstahl steht nicht auf Mitte, Gewindeprofil ist verzerrt.
2. Drehstahl liegt nicht genau senkrecht zur Gewindeachse, sondern schräg. Dann stimmt der Winkel des Gewindes nicht.
3. Beim Prüfen müssen die scharfen Spitzen der Gewindegänge gebrochen sein. Bei Abrundung kann die Rundung nicht in der Mitte, sondern seitlich auf den Gangspitzen aufgebracht sein.
4. Eine Verstellung des Quersupportes hat stattgefunden, dadurch wird das Gewinde zu mager.
5. Die Anlage der Strehler in der Gewindepatrone ist nicht spielfrei.
6. Der Strehler steht nicht genau parallel zur Gewindeachse und kann in der Aufsicht und in der Seitenansicht schräg stehen.
7. Der Strehler steht nicht genau auf Mitte und verzerrt das Profil.

Abschnitt 17.

Räumen.

Die Werkzeuge sind sehr teuer und äußerst schonend zu behandeln. Sobald ein Zahn eine Abstumpfung an den Schneidecken zeigt, meist nur mit dem Vergrößerungsglas erkennbar, muß nachgeschliffen werden. Man erkennt eine Abstumpfung auch in der erhöhten Zugkraft der Maschine, die durch Manometer angezeigt sein kann. Bei einer Erhöhung um 30% dieser Zugkraft gegenüber dem ersten Zug soll ein neuer Anschliff erfolgen. Bei besonders hart anfallenden Werkstücken kann aber auch innerhalb einer Serie für ein oder mehrere Stücke eine Erhöhung der Zugkraft auftreten, die dann kein Kennzeichen der Abstumpfung bedeutet. Für größere Querschnitte sind oftmals zwei und mehr Räumnadeln vorgesehen. Die richtige Einführung der folgenden

Nadeln in das vorgeräumte Profil ist wichtig, weil sonst die Nadeln brechen. Beim Räumen von Nuten wird die Räumtiefe durch Beilagen unter den Räumnadeln ausgeglichen. Die Anlage der Werkstücke muß satt und frei von Spänen oder Schmutz sein. Reichliche Schmierung nötig für glatte Oberflächen und lange Lebensdauer des Werkzeuges.

Als Schnittgeschwindigkeiten (siehe Abschnitt 10 und 11) nimmt man für

Stahl und Stahlguß hohe Festigkeit	1···2 m/min
„ „ „ niedrige „	2···4 „
Leichtmetall	4···12 „

Maßgebend ist stets die Oberflächengüte des Werkstückes.

Abschnitt 18.

Schleifen.

1. Schleifscheiben.

Schleifscheiben müssen zur Erreichung ihrer Wirkung große Umfangsgeschwindigkeiten haben, und zwar zwischen 18 und 28 m/s, das bedeutet sehr hohe Drehzahlen. Für verschiedene Werkstoffe sind jeweils bestgeeignete Scheiben entwickelt und ausprobiert, die zur Unterscheidung die Bezeichnung Körnung und Korngrößen tragen und aus Tabelle 23 entnommen werden können. Es gibt natürliche und künst-

Tabelle 23. Geeignete Härte und Körnung für Schleifscheiben.

Scheibensorte	Leichtmetall	Rotmetall	Gußeisen	Stahl und Stahlguß
	Siliziumkarbid	Siliziumkarbid	Siliziumkarbid	Elektrokorund
Rundschleifen . .	30 bis 80 J bis K	24 bis 46 J bis K	36 J bis L	46 K
Innenschleifen . .	30 bis 40 H bis J	36 bis 60 J bis K	36 J bis K	46 bis 60 J bis M
Planschleifen . .	20 bis 40 H bis J	36 bis 60 J bis K	16 bis 30 J bis K	30 bis 60 H bis K

liche Korundscheiben (Elektrokorund), ferner Siliziumkarbidscheiben. Dies sind keramisch gebundene Scheiben, d. h. sie bestehen aus dem Schleifmittel und einem Bindemittel und werden vorgeformt im Ofen gebrannt, oder gummigebundene Scheiben, bei denen die Schleifkörnchen in Gummi eingewalzt sind und die Scheiben später vulkanisiert

werden. Meistens finden die letzteren als Trennscheiben Verwendung. Die Scheiben sollen sich beim Schleifen selbst freischleifen, so daß durch Abnutzung und Ausbrechen abgenutzter Körner frische scharfe Körner zum Eingriff kommen. Findet dagegen beim Schleifen ein Verschmieren der Scheibe statt, so paßt die Körnung nicht für diesen Werkstoff und es muß eine andere Sorte gewählt werden.

2. Worauf muß geachtet werden?

Richtige Kühlung ist notwendig, da durch örtliche starke Erwärmung Spannungen in den Scheiben entstehen, die zu Rissen und zum Zerspringen führen. Es muß ferner auf ein genaues Auswuchten und richtige Flanschanlage der Schleifscheiben mit der Mitnahmewelle geachtet werden. Das Abziehen der Schleifscheiben erfolgt mit Abziehrädchen oder Diamanten. Als Grundsatz merke man sich, daß möglichst Punkt- oder Linienberührung der Schleifscheibe mit dem Werkstück, niemals Flächenberührung auftreten darf, weil sonst durch zu große Erwärmung einmal eine starke Abnutzung der Schleifscheibe stattfindet und ferner die geschliffene Fläche nicht gerade und unsauber wird.

3. Vorbedingungen für gute Schleifflächen.

Die Oberflächengüte beim Schleifen ist abhängig von der Schleifscheibe, also Bindung, Härtung, Körnung, der Umfangsgeschwindigkeit der Schleifscheibe und der Umfangsgeschwindigkeit der Werkstücke, reichlicher Kühlung. Die richtige Wahl dieser Einflußgrößen ist sehr schwer. In schwierigen Fällen müssen Versuche angestellt werden.

4. Schleifzugaben.

Geeignete Zugaben sind dem DIN-Blatt Kr 111, zu entnehmen.

5. Ursachen für schlechte Oberflächen.

1. Zu wenig Kühlwasser.
2. Scheibe verschmiert sich und schleift sich nicht selbst frei. Andere Körnung nehmen.
3. Schleifscheibe muß öfters abgezogen werden.
4. Umfangsgeschwindigkeit auf Scheibe und Werkstück passen nicht zueinander.
5. Bei verschmierten Scheiben oder zu großer Beistellung treten bei gehärteten Werkstücken durch örtlich starke Erwärmung Oberflächen-

risse auf, die die Werkstücke manchmal zu Ausschluß machen, also vorsichtig schleifen und Schleifscheibe öfters abziehen.

6. Oberflächenrisse können aber auch Härterisse sein, die durch falsche Behandlung des Werkstoffes oder durch Abweichung des Werkstoffes von sehr verschiedener Zusammensetzung herrühren.

7. Die Körnerspitzen laufen nicht rund, sind verschmutzt und geben dadurch ungleich nach.

Abschnitt 19.
Verschiedenes.

Tabelle 24. Zuordnung der Fliegwerkstoffe zu den Bearbeitungsspalten 1 bis 24 auf den verschiedenen Tabellen.

Fliegnorm	Be- arbeits- spalte	Fliegnorm	Be- arbeits- spalte	Fliegnorm	Be- arbeits- spalte	Fliegnorm	Be- arbeits- spalte
1000	15 16	1207.1	18 19	1456.4	21 23	1610.4	22 23
1010	15 16	.3	20 21	.5	23 24	1620.3	21 23
1040.7	17 18	1208.1	18 19	.6	24	.4	23 24
1042.7	19 20	.3	20 21	1458.1	19 21	1811.5	19 21
1050.2	18 19	1252.2	18 19	.5	21 23	.6	21 23
.7	19 20	.4	20 21	1470.1	18 19	1900.0	11 13
1100.2	16 19	1253.1	17 18	.3	21 23	1903.9	13 14
1101.2	15 16	.3	18 19	.4	22 24	1940	13 14
1110.2	16 17	.4	20 21	.5	24	2150.7	8 9
.7	18 19	.5	21 22	1471.4	20 22	2160.7	8 9
.8	19 20	1267.4	21 22	1545.4	21 23	.9	9
1111	17 18	1407.3	19 21	1550.5	18 20	2205.0	9 10
1120.2	17 18	1408.3	19 21	1552.4	20 21	2325	5 6
.3	18 19	1452.4	18 19	1554.2	20 21	2326	5 6
.5	19 20	.5	21 23	1556.2	19 20	2327	5 6
1130.2	18 19	1454.3	20 21	1562.5	20 22	2400.6	8 9
.4	19 20	.4	21 23	1570.4	19 21	2405.7	8 9
.5	20 21	1455.4	22 24	1604.2	18 19	2450.1	10
1150.2	19 20	1456.1	18 19	.4	18 20	alle Nr.	1 bis 4
.5	22 23	.3	23 24	.5	21 23	3000 u. darüber	

1. Werkzeugbruch.

Aus dem Werkzeugbruch erkennt man sofort, ob es sich um einen Werkstofffehler im Werkzeug oder Überbeanspruchung gehandelt hat. Daraus werden Schlüsse auf die Sorgfalt bei der Arbeit gezogen, so daß es im Interesse eines jeden liegt, möglichst schonend mit den teuren Werkzeugen umzugehen.

2. Feilen.

Falls bei der Bearbeitung eine kleine Nacharbeit durch Feilen vorgenommen wird, nimmt man feinere Schlichtfeilen. Setzen sich Späne in die Kerben, müssen diese mit einer Bürste oder einem weichen Blech entfernt werden. Feilen mit Kreide und Öl bestreichen, ergeben feinste Oberflächen.

Schlußwort.

Niemand kann verlangen, daß aus ihm bei einmaligem Durchlesen dieses Buches ein vollendeter Fachmann geworden ist. Das ist auch nicht der Zweck der Ausführungen. Wichtig ist zu wissen, wo finde ich Rat, um bessere und schnellere Arbeit leisten zu können. Wer sich dann an die Ratschläge und Beispiele hält, kommt sicher zu guter Leistung. Der Überblick weitet sich und aus dem im Dunkeln Tastenden wird der Sichere, der Beherrscher seiner Maschine und ihrer Leistungsfähigkeit. Doch dazu hilft nur eins: Ran an die Arbeit, immer wieder ran, zähe an sich selbst arbeiten und durchhalten. Dann kommt der Erfolg ganz von selbst und mein Wunsch für alle erfüllt sich:

Die Freude an der Arbeit
macht das Leben schön.

Weiteres Schrifttum.

Werkstattbücher, Springer-Verlag, Berlin, Preis RM. 2.—.

- Heft 1. *Gewindeschneiden*. 3. Aufl. Von Ob.-Ing. O. M. MÜLLER.
 „ 4. *Wechselräderberechnung für Drehbänke*. 4. Aufl. (19. bis 24. Tausend).
 Von Betriebsdirektor G. KNAPPE.
 „ 9. *Rezepte für die Werkstatt*. 3. Aufl. (17. bis 22. Tausend). Von Dr. FRITZ
 SPITZER.
 „ 15. *Bohren*. 2. Aufl. (8. bis 14. Tausend). Von Ing. J. DINNEBIER u. Dr.-Ing.
 H. J. STOEWER.
 „ 16. *Senken und Reiben*. 2. Aufl. (8. bis 13. Tausend). Von Ing. J. DINNEBIER.
 „ 22. *Die Fräser*. 2. Aufl. (8. bis 14. Tausend). Von Dr.-Ing. ERNST BRÖDNER
 u. Ing. PAUL ZIETING.
 „ 26. *Innenräumen*. 2. Aufl. (8. bis 14. Tausend). Von Ing. LEONHARD KNOLL.
 „ 51. *Spannen im Maschinenbau*. Von Ing. A. KLAUTKE.
 „ 52. *Technisches Rechnen*. Von Dr. phil. V. HAPFACH.

Springer-Verlag / Berlin

Werkstattbücher

für Betriebsbeamte, Konstrukteure und Facharbeiter

Herausgeber: Dr.-Ing. **H. Haake** VDI, Hamburg

Heft 63

Der Dreher als Rechner

Wechselräder-, Kegel- und Arbeitszeitberechnungen in einfacher und anschaulicher Darstellung, zum Selbstunterricht und für die Praxis.

Von **E. Busch**

Dritte, erweiterte Auflage. Mit 23 Abbildungen im Text, 19 Zahlentafeln und zahlreichen Übungsbeispielen. 64 Seiten. 1942. RM 2.—

Heft 88

Das Fräsen

Von **H. H. Klein**

Mit 136 Abbildungen und 29 Tabellen im Text. 67 Seiten. 1941. RM 2.—

Heft 26

Innenräumen

Anwendung, Konstruktion und Herstellung der Räumnadeln
Fehler beim Räumen

Von **L. Knoll** VDI

Zweite, erweiterte Auflage des bisher unter dem Titel „Räumen“ erschienenen Heftes. Mit 142 Abbildungen im Text. 61 Seiten. 1942. RM 2.—

Heft 80

Außenräumen

Von **A. Schatz**

Mit 110 Abbildungen und 7 Tabellen im Text. 62 Seiten. 1940. RM 2.—

Heft 79

Maschinelle Handwerkzeuge

Von **H. Graf**

Mit 124 Abbildungen und 6 Tabellen im Text. 60 Seiten. 1940. RM 2.—

Heft 86

Feinstarbeit, Rechnen und Messen im Lehren-, Vorrichtung- und Werkzeugbau

Von **E. Busch** und **F. Kähler**

Mit 104 Abbildungen im Text und einer Tabelle. 59 Seiten. 1941. RM 2.—

Z u b e z i e h e n d u r c h j e d e B u c h h a n d l u n g

Springer-Verlag / Berlin

Konstruktionsbücher

Herausgeber: Professor Dr.-Ing. E.-A. Cornelius, Berlin

Heft 1

Stahlleichtbau von Maschinen

Von Obergeringieur Dipl.-Ing. **K. Bobek**, Berlin, Obergeringieur **W. Metzger**,
Frankfurt a. M., und Obergeringieur Dr.-Ing. **Fr. Schmidt**, Augsburg
Mit 159 Abbildungen. VI, 103 Seiten. 1939. RM 4.80

Heft 2

Kräfte in den Triebwerken schnelllaufender Kolbenkraftmaschinen, ihr Gleichgang und Massenausgleich

Von Dipl.-Ing. **G. H. Neugebauer**, Berlin
Mit 110 Abbildungen. IV, 120 Seiten. 1939. RM 4.80

Heft 3

Berechnung und Gestaltung der Federn

Von Dipl.-Ing. **S. Groß**, Essen
Mit 79 Abbildungen. III, 87 Seiten. 1939. RM 4.80

Heft 4

Gestaltung von Wälzlagerungen

Von Direktor **W. Jürgensmeyer**, Schweinfurt
Mit 134 Abbildungen. IV, 92 Seiten. 1939. RM 4.80

Heft 5

Berechnung und Gestaltung von Schraubenverbindungen

Von Obergeringieur Dr.-Ing. habil. **H. Wiegand**, Falkensee,
und Ing. **B. Haas**, Berlin
Mit 71 Abbildungen. IV, 68 Seiten. 1940. RM 4.80

Heft 6

Berechnung und Gestaltung der Triebwerke schnelllaufender Kolbenkraftmaschinen

Von Dipl.-Ing. **E. Mickel**, Stuttgart, Dr.-Ing. **P. Sommer**, Stuttgart,
und Dr.-Ing. habil. **H. Wiegand**, Falkensee
Mit 151 Abbildungen. IV, 105 Seiten. 1942. RM 4.80

Z u b e z i e h e n d u r c h j e d e B u c h h a n d l u n g