

Die Grundzüge
der Werkzeugmaschinen
und der Metallbearbeitung

Von

F. W. Hülle

Zweite Auflage

Die Grundzüge der Werkzeugmaschinen und der Metallbearbeitung

Ein Leitfaden

von

Professor **Fr. W. Hülle**

in Dortmund

Zweite, vermehrte Auflage

Mit **282** Textabbildungen



Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH
1919

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

Copyright 1919 by Springer-Verlag Berlin Heidelberg
Ursprünglich erschienen bei Julius Springer in Berlin 1919.
Softcover reprint of the hardcover 2nd edition 1919

ISBN 978-3-662-42252-6 ISBN 978-3-662-42521-3 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-662-42521-3

Vorwort zur zweiten Auflage.

Das Buch bringt in knapper Form das Wichtigste aus dem Werkzeugmaschinenbau und der Metallbearbeitung. Besonderer Wert ist auf eine einfache bildliche Darstellung gelegt, die den Baubeflissenen ohne Schwierigkeiten in das Wesen einer Werkzeugmaschine einführen soll. Bei der Beschreibung ist stets auf die Grundbedingungen: „Genaue Arbeitserzeugnisse und Wirtschaftlichkeit im Betriebe“ hingewiesen.

Möge das Buch einen weiteren Freundeskreis finden.

Glückauf!

Dortmund, im September 1919.

Fr. W. Hülle.

Inhaltsverzeichnis.

| | Seite |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| Erstes Kapitel. Allgemeines über die Werkzeugmaschinen | 1 |
| I. Die Hauptbedingungen für Werkzeugmaschinen | 1 |
| II. Die Arbeitsweise der Werkzeugmaschinen | 1 |
| a) Die Arbeitsbewegungen einer Werkzeugmaschine | 1 |
| b) Das Messen der Haupt- und Schaltbewegung | 3 |
| c) Die Arbeitszeit und die Spanleistung einer Werkzeugmaschine | 6 |
| d) Die wirtschaftliche Ausnutzung | 9 |
| III. Die Getriebe | 10 |
| A. Die Hauptgetriebe | 10 |
| a) Der Antrieb der Werkzeugmaschinen | 10 |
| α) Die Antriebe für die kreisende Hauptbewegung | 10 |
| Der Geschwindigkeitswechsel bei Werkzeugmaschinen | 11 |
| 1. Der Stufenriemen | 11 |
| 2. Die Vergrößerung des Geschwindigkeitswechsels | 12 |
| a) am Deckenvorgelege | 12 |
| b) an der Maschine | 13 |
| α) durch Stufenscheiben und Rädervorgelege | 13 |
| β) durch stufenlose Scheiben | 16 |
| γ) durch Stufenrädernetriebe | 16 |
| c) mit dem regelbaren Antriebsmotor | 22 |
| 3. Die Riemenrucker | 23 |
| β) Die Antriebe für die gerade Hauptbewegung | 23 |
| γ) Die Antriebe für die gerade hin- und hergehende Hauptbewegung | 26 |
| 1. Der Kurbelantrieb | 26 |
| 2. Die Kurbelschwinge | 27 |
| 3. Die Umlaufschleife | 28 |
| b) Die Umsteuerungen | 32 |
| 1. Die Räderumsteuerungen | 32 |
| a) Die Stirnräderwendegetriebe | 32 |
| b) Die Kegelräderwendegetriebe | 32 |
| 2. Die Riemenumsteuerungen | 33 |
| α) Riemenwendegetriebe mit gleichzeitiger Riemenverschiebung | 33 |
| β) Riemenwendegetriebe mit aufeinanderfolgender Riemenverschiebung | 34 |
| 3. Die Kupplungsumsteuerung | 35 |
| 4. Die elektrische Umsteuerung | 36 |
| c) Die Ausrückung | 36 |
| B. Die Schaltgetriebe oder Schaltsteuerungen | 37 |
| 1. Die Schaltsteuerungen für Dauervorschübe | 37 |
| 2. Schaltsteuerungen für Ruckvorschübe | 42 |
| IV. Die Lagerungen und Führungen der Hauptteile einer Werkzeugmaschine | 43 |
| a) Die Spindellager | 43 |
| b) Die Führungen für die gerade Haupt- und Vorschubbewegung | 46 |

| | Seite |
|----------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Zweites Kapitel. Der Aufbau der wichtigsten Werkzeugmaschinen . . . | 48 |
| 1. Drehbänke | 48 |
| a) Die Spitzendrehbank | 48 |
| b) Die Sonderdrehbänke | 56 |
| 1. Die Formdrehbänke | 56 |
| 2. Die Radsatzdrehbänke | 57 |
| 3. Die Hinterdrehbank | 58 |
| 4. Die Plandrehbank | 59 |
| 5. Die senkrechten Dreh- und Bohrwerke | 59 |
| 6. Die Radreifendrehbänke | 60 |
| 7. Die Revolverdrehbänke | 61 |
| 8. Die selbsttätigen Revolverbänke- oder Automaten | 64 |
| 9. Die Halbautomaten | 65 |
| 10. Die Mehrspindelautomaten | 65 |
| 11. Die Mehrspindel-Halbautomaten | 66 |
| 2. Die Bohrmaschinen | 67 |
| a) Die senkrechten Bohrmaschinen | 67 |
| 1. Die Säulenbohrmaschine | 67 |
| 2. Die Radial- oder Auslegerbohrmaschine | 73 |
| b) Die wagerechten Bohrmaschinen | 74 |
| 1. Bohrwerke mit festliegendem Spindelstock | 74 |
| 2. Bohrwerke mit verstellbarem Spindelstock | 76 |
| 3. Die Zylinderbohrmaschine | 76 |
| 3. Die Fräsmaschinen | 79 |
| a) Die wagerechten Fräsmaschinen | 79 |
| 1. Der Arbeitstisch der einfachen Fräsmaschine | 82 |
| 2. Der Arbeitstisch der allgemeinen Fräsmaschine | 84 |
| 3. Die Planfräsmaschinen | 85 |
| b) Die senkrechten Fräsmaschinen | 86 |
| c) Die Sonderfräsmaschinen | 87 |
| 1. Die Form- oder Kopierfräsmaschine | 87 |
| 2. Die Rundfräsmaschine | 88 |
| 3. Die Gewindefräsmaschine | 89 |
| 4. Die Zahnradfräsmaschine | 90 |
| 4. Die Schleifmaschinen | 92 |
| a) Die Flächenschleifmaschinen | 92 |
| 1. Die Rundsleifmaschinen | 93 |
| a) Die Rundsleifmaschinen für kreisende Werkstücke | 93 |
| β) Die Rundsleifmaschinen für sperrige Werkstücke | 93 |
| 1. Die Zylinderschleifmaschine | 95 |
| 2. Die allgemeine- oder Universalschleifmaschine | 96 |
| 2. Die Planschleifmaschinen | 97 |
| b) Die Sonderschleifmaschinen | 99 |
| 1. Die Kolbenringschleifmaschinen | 99 |
| 2. Die Zahnraderschleifmaschinen | 99 |
| c) Die Werkzeugschleifmaschinen | 102 |
| 5. Die Schraubenschneidmaschinen | 104 |
| 6. Die Hobel- und Stoßmaschinen | 105 |
| a) Die Tischhobelmaschinen | 106 |
| b) Die Schnellhobelmaschinen | 112 |
| c) Die Einständerhobelmaschinen | 116 |
| d) Die Stößelhobelmaschinen | 117 |
| e) Die Stoßmaschinen | 120 |
| f) Die Keilnutenhobelmaschinen | 122 |
| g) Die Blechkantenhobelmaschinen | 123 |
| 7. Die Sägen | 124 |
| a) Die Kreissägen | 125 |
| b) Die Bandsägen | 127 |
| c) Die Hubsägen | 127 |
| d) Die Reibsägen | 128 |

| | Seite |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 8. Die Blechbiege- und Blechrichtmaschinen | 128 |
| 9. Die Scheren und Lochmaschinen | 129 |
| a) Die Hubschere | 129 |
| b) Die Kreisschere | 131 |
| 10. Die Abnahme der Werkzeugmaschinen | 131 |
| 11. Das Aufstellen der Werkzeugmaschinen | 134 |
| Drittes Kapitel. Die Ausnutzung der Werkzeugmaschinen in der Metall- | |
| bearbeitung | 136 |
| 1. Die Dreherei | 136 |
| a) Das Vorbereiten der Werkstücke | 136 |
| b) Die Einspannvorrichtungen | 138 |
| c) Richtlinien für die Einrichtung von Werkstätten | 143 |
| d) Sonderdreharbeiten | 145 |
| 1. Das Gewindeschneiden | 145 |
| 2. Das Kegeldrehen | 151 |
| 3. Das Formdrehen | 152 |
| 4. Das Ovaldrehen | 153 |
| 5. Das Hinterdrehen | 153 |
| 6. Das Bohren | 158 |
| 7. Das Revolverdrehen | 158 |
| 2. Die Fräseerei | 159 |
| 3. Die Hobelei | 164 |
| 4. Die Bohreerei | 165 |
| 5. Die Schleiferei | 168 |
| 6. Das Prüfen der Arbeitsstücke | 169 |
| 7. Der Teilkopf und seine Anwendung in der Werkzeug- und Räderfräseerei | 176 |
| 8. Die Bearbeitung der Zahnräder | 188 |
| a) Stirnräder | 188 |
| b) Schraubenräder | 192 |
| c) Schneckenräder | 193 |
| d) Kammwalzen und Pfeilräder | 194 |
| e) Kegelhäder | 194 |
| Viertes Kapitel. Berechnungen | 197 |
| 1. Der Schnittdruck und Arbeitsbedarf einer Werkzeugmaschine | 197 |
| 2. Berechnung der Antriebe | 203 |
| 3. Berechnung der Geschwindigkeiten, Vorschübe und Leistung einer Werkzeugmaschine | 208 |

Erstes Kapitel.

Allgemeines über die Werkzeugmaschinen.

I. Die Hauptbedingungen für Werkzeugmaschinen.

Was ist eine Werkzeugmaschine? Auf diese Frage gibt D. Naumann in seinen Berliner Ausstellungsbriefen eine hübsche Antwort: Sie ist eine „metallne Menschenhand“. In der Tat, was die Werkzeugmaschine heute an Arbeit verrichtet, war einmal Handarbeit. Die Maschine ist nur leistungsfähiger und arbeitet genauer als die „knochige Menschenhand“.

In unserer Zeit der Wirtschaftskämpfe ist daher für jeden Fabrikbetrieb die erste Lebensbedingung, möglichst viel Menschenarbeit der leistungsfähigeren Maschine zuzuweisen, um mit geringeren Selbstkosten rechnen zu können.

Jede Werkzeugmaschine ist daher auf zwei Hauptbedingungen zu prüfen:

1. auf ihre Leistung und
2. auf die Güte ihrer Arbeit.

Die Leistung einer Werkzeugmaschine wird gemessen:

- a) bei Schruppmaschinen durch das Spangewicht i. d. Std., z. B. 50 kg Späne i. d. Std. (S. 6);
- b) bei Schlichtmaschinen durch die i. d. Std. geschlichtete Fläche, z. B. 1,5 qm i. d. Std., oder bei Massenarbeiten durch die Stückzahl i. d. Std.

Die Güte der Arbeit prüft man durch Messen der Arbeitsstücke auf Genauigkeit (S. 169).

II. Die Arbeitsweise der Werkzeugmaschinen.

a) Die Arbeitsbewegungen einer Werkzeugmaschine.

Soll eine Werkzeugmaschine ein Werkstück selbsttätig bearbeiten, so muß sie zwei selbsttätige Bewegungen hervorbringen:

1. Die Haupt- oder Schnittbewegung, durch die der Schnitt des Werkzeuges verursacht wird, und
2. die Schalt- oder Vorschubbewegung, durch die das Werkzeug oder das Werkstück vorgeschoben wird.

Bei der Drehbank (Abb. 1) verursacht die Drehbewegung 1 des Werkstückes den Schnitt des Werkzeuges; sie ist demnach die Hauptbewegung. Die gerade Bewegung 2 des Werkzeuges muß daher die Schaltbewegung sein. Sie erfolgt beim Langdrehen parallel zur Bank und beim

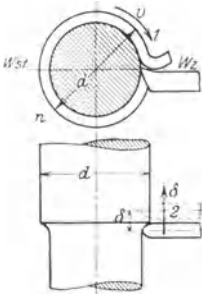


Abb. 1. Arbeitsweise der Drehbank.

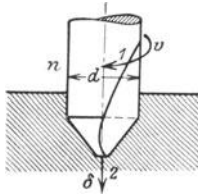


Abb. 2. Arbeitsweise der Lochbohrmaschine.

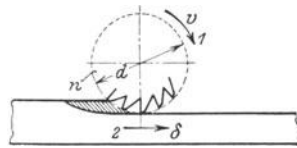


Abb. 3. Arbeitsweise der Fräsmaschine.

Plandrehen quer zu ihr. Bei der Bohrmaschine (Abb. 2) ist die Drehbewegung 1 des Bohrers die Hauptbewegung, da durch sie die Schneiden des Bohrers zum Angriff kommen, die gerade Bewegung 2 hingegen die Schaltbewegung. Bei der Fräsmaschine (Abb. 3) ist die kreisende Bewegung 1 des Fräasers die Hauptbewegung, weil sie die Fräserzähne zum Schnitt bringt. Die gerade Bewegung 2 des Werkstückes ist dagegen die Schaltbewegung. Bei der Rundschleifmaschine (Abb. 4) hat das rasch laufende Schleifrad die

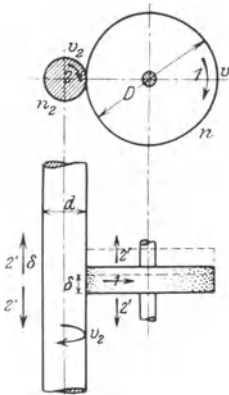


Abb. 4. Arbeitsweise der Rundschleifmaschine.

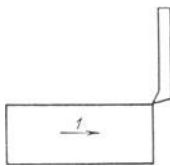


Abb. 5. Arbeitsweise der Tischhobelmaschine.

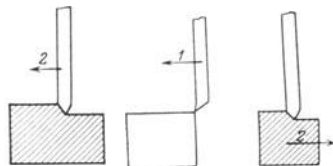


Abb. 6. Arbeitsweise der Stößelhobelmaschine.

Hauptbewegung 1 und das Werkstück die langsam kreisende Schaltbewegung 2 und meist noch die gerade hin- und herspielende Vorschubbewegung 2', die aber auch vom Schleifrad ausgeführt werden kann.

Bei der Hobelmaschine (Abb. 5) ist die gerade hin- und hergehende Bewegung 1 des Werkstückes die Hauptbewegung und das ruckweise Verschieben 2 des Hobelstahles die Schaltbewegung. Bei der Stößelhobel- und Stoßmaschine (Abb. 6) führt der Stößel mit dem Werkzeug

die gerade Hauptbewegung 1 und der Arbeitstisch mit dem Werkstück die ruckweise Schaltbewegung 2 aus.

Zu dieser Haupt- und Schaltbewegung kommen noch die Einstellbewegungen, durch die das Werkzeug auf die Spantiefe an das Werkstück oder umgekehrt eingestellt wird.

Nach der Art der Hauptbewegung gibt es demnach:

1. Werkzeugmaschinen mit kreisender Hauptbewegung, wie Drehbänke, Bohr-, Fräs- und Schleifmaschinen,
2. Werkzeugmaschinen mit gerader Hauptbewegung, wie Hobel- und Stoßmaschinen.

Die Maschinen mit kreisender Hauptbewegung arbeiten in der Regel mit einem Dauervorschub, der sich ununterbrochen auf die ganze Dauer des Arbeitsganges erstreckt. Die Maschinen mit geradem Schnitt haben hingegen einen Ruckvorschub, der beim Umsteuern aus dem Rücklauf in den Arbeitsgang erfolgt.

Prüft man beide Maschinenarten auf Leistung und gute Arbeit, so werden die Maschinen mit kreisender Hauptbewegung im allgemeinen leistungsfähiger sein als die mit gerader, weil mit jedem geraden Schnitt ein leerer Rücklauf verbunden ist. Die kreisende Hauptbewegung bietet auch eine größere Gewähr für genaue Arbeit, da beim geraden Schnitt mit dem Umsteuern und ruckweisen Schalten Erschütterungen auftreten können.

b) Das Messen der Haupt- und Schaltbewegung.

Da die Hauptbewegung den Schnitt verursacht, so wird die Maschine um so schneller arbeiten, je größer die Geschwindigkeit der Hauptbewegung ist. Man mißt daher die Hauptbewegung durch die Schnittgeschwindigkeit. Bei allen Werkzeugmaschinen mit kreisender Hauptbewegung ist die Schnittgeschwindigkeit die Umfangsgeschwindigkeit des Werkzeuges oder des Werkstückes, das jeweils die Hauptbewegung ausführt. Ist d der Durchmesser des Werkzeuges oder des Werkstückes und n die Zahl der Umläufe i. d. Min., so ist die Schnittgeschwindigkeit der Drehbank, Fräsmaschine, Bohrmaschine:

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{60} \text{ in mm/Sek. } [d \text{ in mm}]$$

oder
$$v = \pi \cdot d \cdot n \text{ in m/Min. } [d \text{ in m}].$$

Hierin ist

bei der Drehbank: d = Drehdurchmesser des Werkstückes.

„ „ Fräsmaschine: d = Fräserdurchmesser.

„ „ Bohrmaschine: d = Bohrerdurchmesser.

Bei der Schleifmaschine (Abb. 4) gibt man die Schnittgeschwindigkeit in $\frac{\text{m}}{\text{Sek.}}$ an, z. B. $30 \frac{\text{m}}{\text{Sek.}}$, also $v = \frac{\pi D n}{60} \frac{\text{m}}{\text{Sek.}}$, hierin D = Schleifrad-durchmesser in m.

Bei den Werkzeugmaschinen mit gerader Hauptbewegung ist die Schnittgeschwindigkeit:

$$c = \frac{s}{t} = \frac{\text{Weg}}{\text{Zeit}}.$$

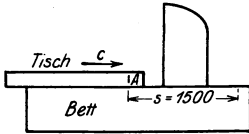


Abb. 7. Hauptbewegung der Hobelmaschine.

Praktisch bestimmt man sie dadurch, daß man an dem Bett der Hobel- und Stoßmaschine mit Kreidestrichen z. B. $s = 1500$ mm abträgt und an den Hobeltisch oder Stößel einen Strich A macht (Abb. 7). Jetzt beobachtet man mit einer Stechuhr die Zeit, die der Tisch oder Stößel zum Durchlaufen der Strecke s gebraucht. Gibt die Uhr 10 Sek. an, so ist die Schnittgeschwindigkeit

$$c = \frac{s}{t} = \frac{1500}{10} = 150 \text{ mm/Sek.}$$

Die Schalt- oder Vorschubbewegung besorgt das Verschieben des Werkstückes oder des Werkzeuges. Sie wird daher durch den Vorschub gemessen. Bei den Maschinen mit kreisender Hauptbewegung ist der Vorschub die Verschiebung des Werkstückes oder Werkzeuges bei jeder Umdrehung der Maschine. Arbeitet die Drehbank mit z. B. $\delta = 2$ mm Vorschub, so wird das Werkzeug bei jeder Umdrehung des Werkstückes um 2 mm vorgeschoben. Der Vorschub i. d. Min. ist daher $= n\delta$ mm, wenn n die Umlaufzahl i. d. Minute ist. Will man an der Maschine den Vorschub bestimmen, so läßt man den Schlitten um s mm vorgehen und zählt dabei die Umläufe n . Der Vorschub ist jetzt

$$\delta = \frac{s}{n} \frac{\text{mm}}{\text{Uml.}}$$

Bei den Maschinen mit gerader Hauptbewegung ist der Vorschub die ruckweise Verschiebung des Werkzeuges oder Werkstückes nach jedem Rücklauf des Tisches oder Stößels. Hat die Hobelmaschine $\delta = 2$ mm Vorschub, so wird das Werkzeug nach jedem Rücklauf um 2 mm verschoben. Auch hierbei ist der Vorschub i. d. Min. $= n\delta$ mm, wenn n die Zahl der Arbeitshübe i. d. Min. ist. Praktisch kann man auch hier den Vorschub dadurch bestimmen, daß man den Schlitten um s mm vorgehen läßt und dabei die Arbeitshübe n zählt (Abb. 8). Der Vorschub ist dann $\delta = \frac{s}{n}$ mm/Hub.

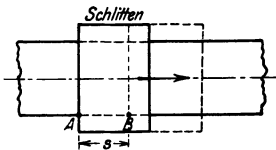


Abb. 8. Vorschubbewegung.

Tafel der Schnittgeschwindigkeiten.

| Rohstoff | Drehen und Hobeln m/Min. | Bohren m/Min. | Fräsen m/Min. | Schleifen m/Sek. |
|---------------------|--------------------------------|------------------|------------------|---------------------|
| Gußeisen . . . | 15 — 25 | 12 — 20 | 10 — 16 | } 20 — 30 |
| Stahlguß . . . | 12 — 22 | 12 — 25 | 8 — 14 | |
| Temperguß . . . | 16 — 28 | 14 — 28 | 10 — 16 | |
| Weichstahl . . . | 15 — 22 | 15 — 25 | 12 — 20 | |
| Werkzeugstahl . . . | 9 — 12 | 10 — 13 | 6 — 12 | |
| Messing . . . | 20 — 40 | 30 — 50 | 15 — 30 | |

Die Vorschübe schwanken beim Bohren und Fräsen zwischen 0,2 bis 1 mm/Uml., 0,5 bis 4 mm/Uml. beim Schruppdrehen, 0,5 bis 3 mm/Hub beim Hobeln und $\frac{1}{5}$ bis $\frac{9}{10}$ der Schleifscheibenbreite beim Schleifen.

1. Aufgabe. Der Fräser einer Fräsmaschine hat 60 mm \varnothing und macht 150 Umdrehungen i. d. Min. Wie groß ist die Schnittgeschwindigkeit?

$$v = \frac{\pi d n}{60} = \frac{\pi \cdot 60 \cdot 150}{60} = 150\pi = 471 \text{ mm/Sek.}$$

$$v = \frac{60 \cdot 471}{1000} = 28,26 \text{ m/Min.}$$

2. Aufgabe. Es ist eine Welle von 80 mm \varnothing abzdrehen bei $v = 20$ m/Min. Auf welche Umläufe muß die Maschine eingestellt werden?

$$v = \pi \cdot d \cdot n; 20 = \frac{\pi \cdot 80}{1000} \cdot n$$

$$n = \frac{20 \cdot 1000}{\pi \cdot 80} = \frac{250}{\pi} \sim 80 \text{ Umläufe i. d. Min.}$$

3. Aufgabe. Eine Drehbank hat als Umläufe $n_1 = 20$, $n_2 = 30$, $n_3 = 45$, $n_4 = 68$, $n_5 = 100$, $n_6 = 150$, $n_7 = 225$, $n_8 = 340$.

Welche Drehdurchmesser kann die Bank mit $v = 20$ m/Min. bearbeiten?

a) Rechnerische Lösung:

$$v = \pi d n \text{ und } \pi d = \frac{v}{n}$$

$$\pi d_1 = \frac{v}{n_1} = \frac{20}{20} = 1 \text{ m; } d_1 \sim 320 \text{ mm}$$

$$\pi d_2 = \frac{v}{n_2} = \frac{20}{30} = 0,667 \text{ m; } d_2 \sim 210 \text{ ,,}$$

$$\pi d_3 = \frac{v}{n_3} = \frac{20}{45} = 0,444 \text{ ,, ; } d_3 \sim 140 \text{ ,,}$$

$$\pi d_4 = \frac{v}{n_4} = \frac{20}{68} = 0,294 \text{ ,, ; } d_4 \sim 95 \text{ ,,}$$

$$\pi d_5 = \frac{v}{n_5} = \frac{20}{100} = 0,2 \text{ ,, ; } d_5 \sim 65 \text{ ,,}$$

$$\pi d_6 = \frac{v}{n_6} = \frac{20}{150} = 0,133 \text{ ,, ; } d_6 \sim 40 \text{ ,,}$$

$$\pi d_7 = \frac{v}{n_7} = \frac{20}{225} = 0,089 \text{ ,, ; } d_7 \sim 30 \text{ ,,}$$

$$\pi d_8 = \frac{v}{n_8} = \frac{20}{340} = 0,06 \text{ ,, ; } d_8 \sim 20 \text{ ,,}$$

b) Zeichnerische Lösung.

$$v = \pi d n \text{ m/Min. und } d \cdot n = \frac{v}{\pi}.$$

Um den Ausdruck darzustellen, setzt man $x = d$,

$$y = n \text{ und } \frac{v}{\pi} = a^2.$$

$x \cdot y = a^2 =$ gleichseitige Hyperbel

$$\text{für } x = y: x^2 = a^2; x = \sqrt{a^2} = \sqrt{\frac{v}{\pi}}$$

In Abb. 9 sind die Hyperbeln für $v = 15 \frac{\text{m}}{\text{Min.}}$, v

$$= 20 \frac{\text{m}}{\text{Min.}}, v = 25 \frac{\text{m}}{\text{Min.}} \text{ gezeichnet.}$$

Nach der Hyperbel $v = 20$ ist für

| | |
|----------------------------------|-----------------------------------|
| $n_1 = 20, d_1 = 320 \text{ mm}$ | $n_5 = 100, d_5 = 64 \text{ mm},$ |
| $n_2 = 30, d_2 = 210 \text{ „}$ | $n_6 = 150, d_6 = 42 \text{ „}$ |
| $n_3 = 45, d_3 = 140 \text{ „}$ | $n_7 = 225, d_7 = 28 \text{ „}$ |
| $n_4 = 68, d_4 = 95 \text{ „}$ | $n_8 = 340, d_8 = 20 \text{ „}$ |

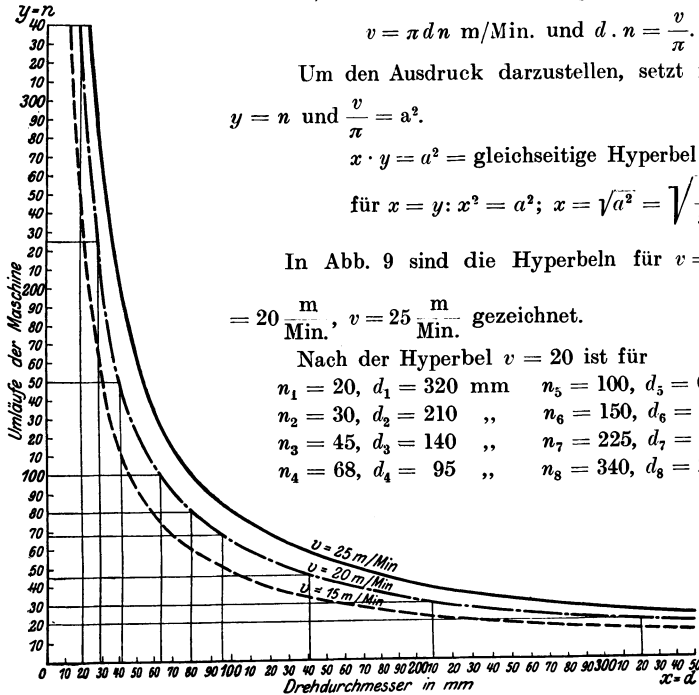


Abb. 9. Geschwindigkeitsplan.

c) Die Arbeitszeit und die Spanleistung einer Werkzeugmaschine.

Mit dem Vorschub und der Schnittgeschwindigkeit lassen sich die reine Arbeitszeit und die Spanleistung einer Werkzeugmaschine berechnen. Ist der Vorschub für eine Umdrehung δ mm, und sind n die Umläufe i. d. Min., so bearbeitet die Maschine i. d. Min. eine Werkstücklänge, die gleich dem Vorschub i. d. Min. $= n \cdot \delta$ mm ist.

a) Rechnerische Bestimmung der Arbeitszeit.

Bei den Werkzeugmaschinen mit kreisender Hauptbewegung ist bei einer Arbeitslänge von L mm

$$\text{die Arbeitszeit } t_a = \frac{L}{n \cdot \delta} = \frac{\text{Arbeitslänge}}{\text{Vorschub i. d. Min.}}$$

$$\text{Drehbank: } t_a = \frac{\text{Drehlänge}}{\text{Vorschub i. d. Min.}}$$

$$\text{Bohrmaschine: } t_a = \frac{\text{Bohrtiefe}}{\text{Vorschub i. d. Min.}}$$

Fräsmaschine: $t_a = \frac{\text{Fräslänge}}{\text{Vorschub i. d. Min.}}$

Schleifmaschine: $t_a = \frac{L}{n_2 \delta} z$, da nach Abb. 4 das Werkstück die Vorschübe vollführt. $z = \text{Anzahl der Schleifgänge}$. Nach Abb. 4 ist die Umfangsgeschwindigkeit des Werkstückes

$$v_2 = \pi d \cdot n_2 \text{ und } n_2 = \frac{v_2}{\pi d}$$

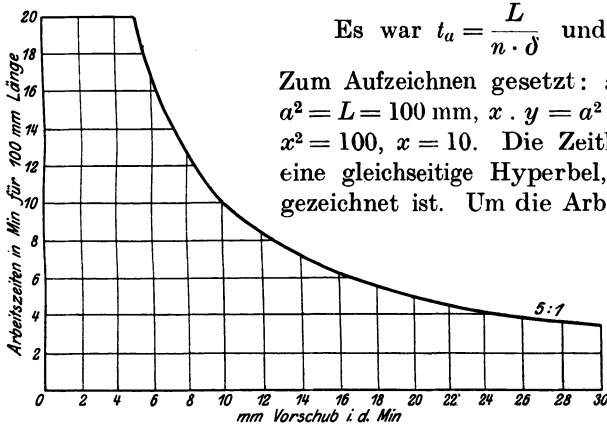
Schleifmaschine $t_a = \frac{\pi d}{v_2} \cdot \frac{L}{\delta} \cdot z$.

Bei den Werkzeugmaschinen mit gerader Hauptbewegung, Hobel- und Stoßmaschinen, ist

die Arbeitszeit $t_a = \frac{B}{n \cdot \delta} = \frac{\text{Hobelbreite}}{\text{Vorschub i. d. Min.}}$

$n = \text{Arbeitshübe/Min.}$

β) Zeichnerische Bestimmung der Arbeitszeit.



Es war $t_a = \frac{L}{n \cdot \delta}$ und $(n \cdot \delta) \cdot t_a = L$.

Zum Aufzeichnen gesetzt: $x = n \cdot \delta$, $y = t_a$.
 $a^2 = L = 100 \text{ mm}$, $x \cdot y = a^2 = 100$; für $x = y$;
 $x^2 = 100$, $x = 10$. Die Zeitlinie ist demnach eine gleichseitige Hyperbel, die in Abb. 10 gezeichnet ist. Um die Arbeitszeit zu finden,

Abb. 10. Zeitlinie.

hat man auf der x -Achse den Vorschub abzulesen, dessen Ordinate die Zeit auf der y -Achse angibt.

Das Spangewicht als Maßstab der Leistung der Werkzeugmaschine läßt sich wie folgt berechnen:

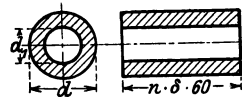


Abb. 11. Spanleistung i. d. St. beim Drehen.

Drehbank: $G = \left(\frac{\pi d^2}{4} - \frac{\pi d_1^2}{4} \right) \delta \cdot n \cdot 60 \cdot \gamma \frac{\text{kg}}{\text{Std.}}$ (Wellendrehen, Abb. 11)

Ausbohrmaschine: $G = \left(\frac{\pi d^2}{4} - \frac{\pi d_1^2}{4} \right) \delta \cdot n \cdot 60 \cdot \gamma \frac{\text{kg}}{\text{Std.}}$

$$\text{Lochbohrmaschine: } G = \frac{\pi d^2}{4} \cdot \delta \cdot n \cdot 60 \cdot \gamma \frac{\text{kg}}{\text{Std.}}$$

$$\text{Fräsmaschine: } G = B \cdot s \cdot \delta \cdot n \cdot 60 \cdot \gamma \frac{\text{kg}}{\text{Std.}} \quad (\text{Abb. 12}).$$

$$\text{Hobel- und Stoßmaschine: } G = L \cdot s \cdot \delta \cdot n \cdot 60 \cdot \gamma \frac{\text{kg}}{\text{Std.}} \quad (\text{Abb. 13}).$$

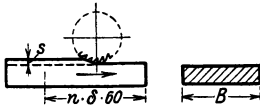


Abb. 12. Spanleistung i. d. St. beim Fräsen.

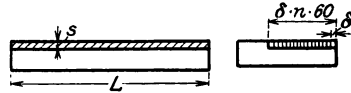


Abb. 13. Spanleistung i. d. St. beim Hobeln.

1. Aufgabe. Es soll eine Welle von 100 mm \varnothing bei 20 m/Min. Schnittgeschwindigkeit und bei einem Vorschub von 2,5 mm abgedreht werden. Die zu bearbeitende Länge sei 1500 mm. Wie groß ist die Drehzeit?

a) Rechnerische Lösung:

$$\text{Arbeitszeit } t_a = \frac{L}{n \delta}, \text{ hierin } n = \frac{v}{\pi d} = \frac{20}{\pi \cdot 0,1} \sim 64$$

$$t_a = \frac{L}{n \cdot \delta} = \frac{1500}{64 \cdot 2,5} = \frac{1500}{160} \sim 10 \text{ Min.}$$

b) Zeichnerische Lösung:

Nach Abb. 10 ist für 16 mm Vorschub i. d. Min. die Zeit 6,5 Min., demnach für 160 mm Vorschub ist die Zeit 0,65 Min. bei 100 mm Drehlänge. Die Arbeitszeit ist daher $\frac{1500 \cdot 0,65}{100} \sim 10 \text{ Min.}$

Wie groß ist die Leistungsfähigkeit der Drehbank, wenn die Spantiefe 6 mm beträgt?

Spanleistung = Gewicht der abgedrehten Spansäule (Abb. 11).

$$G = \left(\pi \frac{d^2}{4} - \pi \frac{d_1^2}{4} \right) \cdot \delta \cdot n \cdot 60 \cdot \gamma$$

$$G = \left(\frac{\pi}{4} 1^2 - \frac{\pi}{4} 0,88^2 \right) \cdot 0,025 \cdot 64 \cdot 60 \cdot 7,8 = \sim 133 \text{ kg/Std.}$$

2. Aufgabe. Es ist ein Werkstück von 1500 mm Länge und 120 mm Breite zu hobeln. Die Hobelmaschine hat eine Schnittgeschwindigkeit von 10,2 m/Min. = 170 mm/Sek. Der Rücklauf wird auf das 3fache beschleunigt. Der Vorschub ist 2 mm. Wie groß ist die Arbeitszeit?

a) Rechnerische Lösung (Abb. 5):

Da der Hobelstahl jedesmal um 2 mm verschoben wird, so muß er bei einer Hobelbreite von 120 mm $\frac{120}{2} = 60$ mal geschaltet werden. Der Hobeltisch muß daher 60mal hin- und zurücklaufen. Nimmt man bei einer Hobellänge von 1500 mm den Hub des Tisches = 1700 mm, so braucht der Tisch bei 170 mm Geschwindigkeit für einen Hobelgang $\frac{1700}{170} = 10$ Sek. Da der Rück-

lauf 3mal so schnell erfolgt, so beansprucht der Tisch hierzu $3\frac{1}{3}$ Sek. Die Zeit für den Hin- und Rücklauf ist daher $10 + 3\frac{1}{3} \sim 15$ Sek. Da der Tisch 60 Hin- und Rückläufe zu machen hat, so ist die Hobelzeit $60 \cdot 15 = 900 \text{ Sek.} = 15 \text{ Min.}$

Wie groß ist die Spanleistung bei 6 mm Spantiefe?

Da die Maschine 15 Sek. für einen Hin- und Rücklauf des Tisches braucht so macht sie $\frac{60}{15} = 4$ Arbeitshübe i. d. Min. und 240 Arbeitshübe i. d. Std.

Bei 2 mm Vorschub würde die stündliche Hobelbreite = $60 n \delta = 240 \cdot 2$ mm betragen. Die Länge des Werkstückes ist 1500 mm, folglich ist das Spangewicht (Abb. 13):

$$G = L. s. \delta. n. 60. \gamma = 15 \cdot 0,06 \cdot 0,02 \cdot 240 \cdot 7,5 = 32 \text{ kg/Std.}$$

b) Zeichnerische Lösung:

Bei 4 Hüben i. d. Min. und 2 mm Vorschub ist der Vorschub i. d. Min. = 8 mm. Hierfür ist nach Abb. 10 bei einer Hobelbreite von 100 mm die Zeit = 12,5 Min. Der Hobelbreite von 120 mm entspricht also eine Arbeitszeit von $\frac{120 \cdot 12,5}{100} = 15$ Min.

d) Die wirtschaftliche Ausnutzung einer Werkzeugmaschine.

Die wirtschaftliche Ausnutzung einer Werkzeugmaschine verlangt bei einem bestimmten Drehdurchmesser und Stoff eines Werkstückes die richtige Umlaufzahl. Den besten Überblick hierüber bietet das

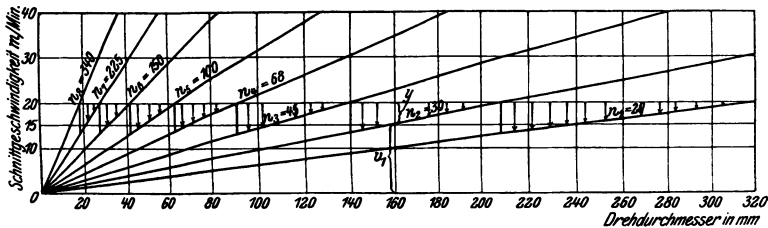


Abb. 14. Arbeitsplan.

Schaubild in Abb. 14, der Arbeitsplan. Er ist entwickelt aus $v = \pi d \cdot n$. Da bei einer Werkzeugmaschine die Umläufe bekannt, dagegen v und d veränderlich sind, so ist $\frac{v}{d} = n \cdot \pi$. Für das Schaubild setzt

man $y = v$ und $x = d$, so ist $\frac{y}{x} = \pi \cdot n$. Das ist die Gleichung einer

Geraden, die durch den Nullpunkt geht. Hat eine Drehbank z. B. $n_1 = 20$, $n_2 = 30$, $n_3 = 45$, $n_4 = 68$, $n_5 = 100$, $n_6 = 150$, $n_7 = 225$, $n_8 = 340$, so wären die Ordinaten y für $x = 100$ folgende:

$$\begin{aligned} y_1 &= 100 \cdot \pi \cdot 20 = 6\,283 \text{ mm} & y_5 &= 100 \pi \cdot 100 = 31\,416 \text{ mm} \\ y_2 &= 100 \cdot \pi \cdot 30 = 9\,428 \text{ „} & y_6 &= 100 \pi \cdot 150 = 47\,124 \text{ „} \\ y_3 &= 100 \cdot \pi \cdot 45 = 14\,137 \text{ „} & y_7 &= 100 \pi \cdot 225 = 70\,686 \text{ „} \\ y_4 &= 100 \cdot \pi \cdot 68 = 21\,363 \text{ „} & y_8 &= 100 \pi \cdot 340 = 106\,810 \text{ „} \end{aligned}$$

Durch Auftragen dieser Maße ist das Schaubild 14 entstanden. Sollen für $v = 20$ m/Min. die Drehdurchmesser ermittelt werden, so ist nur festzustellen, bei welchen Durchmessern die Umlauflinien n_1 bis n_8 die Geschwindigkeitslinie $v = 20$ schneidet. Das Schaubild zeigt, daß bei der Drehbank die Drehdurchmesser von 320 bis 210 mm mit $n_1 = 20$

zu bearbeiten sind. Die Zusammengehörigkeit für $v = 20$ m/Min. ist folgende:

| | | |
|------------------------|------------------------|-----------------------|
| $d = 320$ bis 210 mm | $d = 210$ bis 140 mm | $d = 140$ bis 90 mm |
| $n_1 = 20$ | $n_2 = 30$ | $n_3 = 45$ |
| $d = 90$ bis 65 mm | $d = 65$ bis 40 mm | $d = 40$ bis 30 mm |
| $n_4 = 68$ | $n_5 = 100$ | $n_6 = 150$ |
| $d = 30$ bis 20 mm | $d \leq 20$ mm | |
| $n_7 = 225$ | $n_8 = 340$ | |

In gleicher Weise lassen sich die Drehdurchmesser für jede andere Schnittgeschwindigkeit ablesen, z. B. für $v = 10, 15, 30, 40$ m/Min. Mit einem derartigen Schaubild kann der Werkstatt leicht ein Überblick über das Arbeitsfeld der Maschine gegeben werden. Es soll z. B. bei $v = 20$ m/Min. ein Drehdurchmesser von 160 mm bearbeitet werden. Nach dem Schaubild 14 ist für $d = 160$ $n_2 = 30$ zu nehmen. Die Bank arbeitet dabei mit der wirklichen Schnittgeschwindigkeit $v_1 = 15$ m/Min., also mit einem Geschwindigkeitsverlust $y = v - v_1 \sim 5$ m/Min.

III. Die Getriebe.

Die Getriebe der Werkzeugmaschinen haben die Haupt- und Schaltbewegung hervorzubringen. Sie gehören also zu den Hauptteilen einer Werkzeugmaschine. Die Getriebe der Hauptbewegung heißen Hauptgetriebe, die der Schaltbewegung Schaltgetriebe.

A. Die Hauptgetriebe.

Nach ihrer besonderen Aufgabe haben wir bei den Hauptgetrieben zu unterscheiden:

- a) den Antrieb der Maschine,
- b) die Umsteuerung der Maschine,
- c) die Ausrückung der Maschine.

a) Der Antrieb der Werkzeugmaschinen.

Nach der Hauptbewegung der anzutreibenden Maschine gibt es Antriebe für die kreisende Hauptbewegung und Antriebe für die gerade Hauptbewegung.

a) Die Antriebe für die kreisende Hauptbewegung.

Bei größeren Wellenentfernungen kommen für den Antrieb der kreisenden Hauptbewegung die Ketten-, Seil- und Riementriebe in Frage. Sie übertragen die Drehbewegung des Deckenvorgeleges oder des Motors auf die Arbeitsmaschine. Soll mit dem Riementrieb eine große Leistung erzielt werden, so muß er mit möglichst großer Geschwindigkeit v_r auf möglichst großen Scheiben laufen, da seine Durchzugskraft Z mit v_r und D zunimmt. Die Riemenleistung ist dann

$$N = \frac{Zv_r}{75} \text{ (PS).}$$

Bei kleineren Wellenentfernungen sind Räder und bei gleichachsiger liegenden Wellen Kupplungen für die Bewegungsübertragung zu benutzen.

Der Geschwindigkeitswechsel bei Werkzeugmaschinen.

1. Der Stufenriemen.

Soll die Leistung einer Werkzeugmaschine jederzeit ausgenutzt werden, so muß die vorgeschriebene Schnittgeschwindigkeit v bei großen und kleinen Werkstücken eingehalten werden, also

$$v = \pi d_{\max} \cdot n_{\min} = \pi d_{\min} \cdot n_{\max}.$$

Diese Gleichung lehrt, daß die Maschine bei großen Werkstücken mit kleinen Umläufen und bei kleinen Werkstücken mit hohen Umläufen

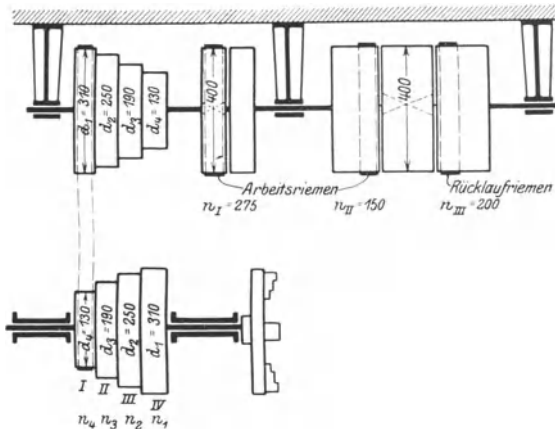


Abb. 15. Deckenvorgelege mit 2 Arbeits- und 1 Rücklaufriemen.

arbeiten muß. Die Leistungsfähigkeit verlangt also, daß jede Werkzeugmaschine eine Reihe verschiedener Umläufe hat, damit die Schnittgeschwindigkeit bei allen vorkommenden Werkstücken möglichst voll ausgenutzt werden kann. Dies ist beim Riemenantrieb der Maschine mit einem Stufenriemen zu erreichen. Die Güte der Arbeit verlangt, daß der Stufenriemen gleichmäßig durchzieht. Hierzu muß er mit Spannung auf den Scheiben liegen, so daß sie mit gleicher Geschwindigkeit laufen. Unter dieser Voraussetzung ist nach Abb. 15

$$V_{\text{oben}} = V_{\text{unten}}, \quad \pi d_1 n_1 = \pi d_4 n_4.$$

$$\frac{d_1}{d_4} = \frac{n_4}{n_1}.$$

Aufgabe. Welche Umläufe hat die Maschine bei dem Stufenriemenantrieb in Abb. 15, wenn das Deckenvorgelege beim Drehen $n_I = 275$ Umläufe i. d. Min. macht?

$$\begin{array}{ll}
 \text{Riemen auf I: } n_4 = n_I \cdot \frac{d_1}{d_4} = 275 \cdot \frac{310}{130} = 656 \\
 \text{„ „ II: } n_3 = n_I \cdot \frac{d_2}{d_3} = 275 \cdot \frac{250}{190} = 362 \\
 \text{„ „ III: } n_2 = n_I \cdot \frac{d_3}{d_2} = 275 \cdot \frac{190}{250} = 209 \\
 \text{„ „ IV: } n_1 = n_I \cdot \frac{d_4}{d_1} = 275 \cdot \frac{130}{310} = 115
 \end{array}$$

Welche Umläufe macht die Bank beim Gewindeschneiden mit $n_{II} = 150$ und beim schnellen Rücklauf mit $n_{III} = 200$?

2. Die Vergrößerung des Geschwindigkeitswechsels.

Der Stufenriemen gestattet bei einer vierstufigen Scheibe nur 4 verschiedene Umläufe der Maschine. Die volle Schnittgeschwindigkeit kann daher nur selten ausgenutzt werden. Will man die Leistung einer Werkzeugmaschine wirtschaftlich ausnutzen, so muß die Reihe der Umläufe vergrößert werden. Was dies bedeutet, zeigt eine einfache Rechnung:

Aufgabe. Es sind 30 Wellen von 60 mm \varnothing abzdrehen bei $v = 18$ m/Min. Die Drehlänge jeder Welle sei 1200 mm und der Vorschub der Bank 2 mm. Die vollen Umläufe seien nicht vorhanden. Wie groß sind die Zeitverluste?

1. Theoretische Arbeitszeit:

$$\begin{aligned}
 v &= \pi \cdot d \cdot n; \quad 18 = \pi \cdot \frac{60}{1000} \cdot n \\
 n &= \frac{18000}{\pi \cdot 60} = \frac{300}{\pi} = 96.
 \end{aligned}$$

Die Maschine müßte also 96 Umläufe i. d. Min. machen.

Hierfür ist die reine Drehzeit $t_a = \frac{L}{\delta n} = \frac{30 \cdot 1200}{96 \cdot 2} = 188$ Min. = 3 Std.

8 Min.

2. Wirkliche Arbeitszeit:

Die Drehbank hat als nächste Umlaufszahl $n = 70$.

$$\text{Wirkliche Drehzeit} = \frac{30 \cdot 1200}{70 \cdot 2} = \frac{1800}{7} = 257 \text{ Min.} = 4 \text{ Std. } 17 \text{ Min.}$$

Die Maschine hat also einen Zeitverlust von 1 Std. und 9 Min. verursacht, weil sie nicht mit der vollen Umlaufszahl arbeiten konnte. Nimmt man für das Ein- und Abspannen jeder Welle 6 Min. an, so wären im ersten Falle $188 + 180 = 368$ Min. = 6 Std. 8 Min., im zweiten Falle $257 + 180 = 437$ Min. = 7 Std. 17 Min. erforderlich. Bei 120 Pfg. Stundenlohn würde das Abdrehen der Wellen 7,36 M. oder 8,74 M. kosten.

Der Geschwindigkeitswechsel kann vergrößert werden:

a) **am Deckenvorgelege:** durch 2 Arbeitsriemen (Abb. 15), von denen der erste dem Deckenvorgelege $n_I = 275$ und der zweite $n_{II} = 150$ Umläufe erteilt. Ist die Stufenscheibe bei diesem doppelten Vorgelege vierstufig, so erhält die Maschine 2×4 verschiedene Umläufe.

Die Geschwindigkeitsreihe läßt sich noch durch einen 3. oder 4. Riemen erweitern. Jedoch geht man selten über 2 Arbeitsriemen

und einen Rücklaufriemen (Abb. 15) hinaus, weil der Arbeiter die vielen Riemen nicht übersehen kann.

b) an der Maschine:

a) durch Rädervorgelege.

Der Spindelstock mit 2 Rädervorgelegen.

Die Anordnung der Rädervorgelege muß hierbei so getroffen werden, daß die Maschine

1. ohne Rädervorgelege, d. h. mit der Stufenscheibe allein,
2. mit den Rädervorgelegen, d. h. mit der Stufenscheibe und den Vorgelegen zusammen betrieben werden kann.

Der Aufbau des Spindelstockes (Abb. 16) setzt daher voraus, daß für das Arbeiten mit Vor-

gelegen die Stufenscheibe S mit r_1 lose auf der Spindel läuft. Für das Arbeiten ohne Vorgelege müssen die Vorgelege ausgeschwenkt und die Stufenscheibe mit dem festgekeilten Rade R_2 gekuppelt werden.

Das Ausschwenken der Vorgelege soll durch Umlegen eines Handgriffs geschehen. Hierzu ist in Abb. 17 die Vorgelegewelle um e außerrachsig gelagert. Dreht man den Griff um 180° (Abb. 16), so wird die Radhülle mit den Schwenkrädern R_1 und r_2 um $2e$ ausgeschwenkt. Die Zähne dürfen dann nicht mehr kämten, daher muß $e > \frac{h}{2}$ sein, wenn h die Zahnhöhe ist. Der Umleghebel wird in beiden Stellungen durch die Federbüchse a verriegelt (Abb. 17).

Das Kuppeln der losen Stufenscheibe S mit dem festgekeilten Spindelrade R_2 besorgt der Mitnehmer M (Abb. 16). Bei leichten Maschinen

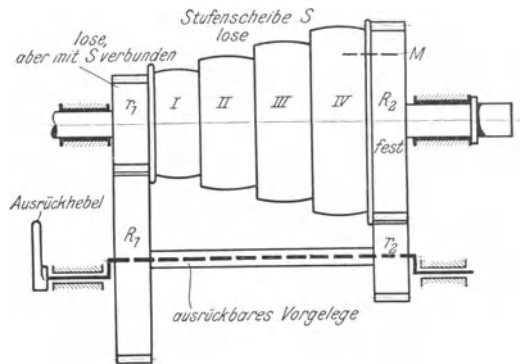


Abb. 16. Plan eines Spindelstockes mit 2 Rädervorgelegen.

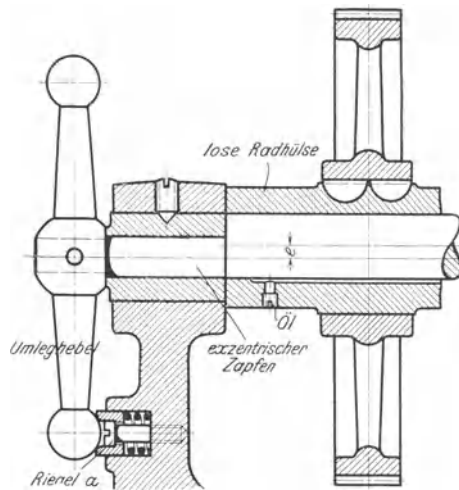


Abb. 17. Ausschwenken der Vorgelege.

kann dieser Mitnehmer ein Springbolzen sein (Abb. 18), der unter Federdruck in die Büchse c von S einspringt, sobald man den Keil vor die Nut der Glocke stellt und die Büchse c vorbeidreht. Zum Ausrücken ist der Bolzen zurückzuziehen, etwas zu drehen und mit dem Keil vor die Stirn der Glocke zu legen.

Bedienungsplan.

- a) Ohne Vorgelege: Vorgelege ausschwenken, M einrücken, Umläufe $n_1 - n_4$;
 b) mit Vorgelegen: M ausrücken, Vorgelege einschwenken, Umläufe $n_5 - n_8$.

Mit der Stufenscheibe und den beiden Vorgelegen (Abb. 16) lassen sich daher 8 verschiedene Umläufe erreichen. Hat das Deckenvorgelege,

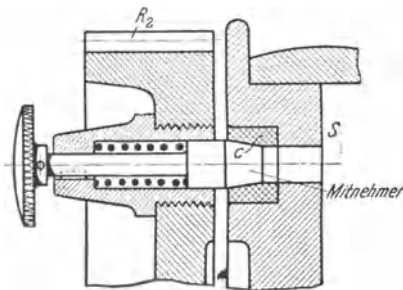
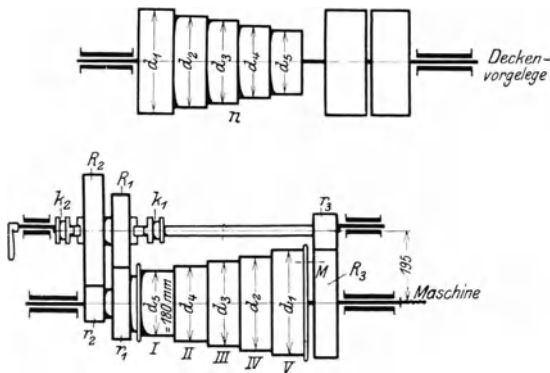


Abb. 18. Mitnehmer. Springbolzen.

wie in Abb. 15, 2 Arbeitsriemen, so ist die Gesamtzahl der Umläufe 2×8 . Die Folge dieses Antriebes ist, daß sich die volle Leistung der Werkzeugmaschine viel öfter ausnutzen läßt. Der Spindelstock ist nur noch mit einem Nachteil behaftet: Er ist nicht betriebssicher. Denn vergißt der Arbeiter bei eingerückten Vorgelegen den Mitnehmer auszuschalten, so treten Zahnbrüche ein. Dieser Nachteil

wird vermieden, sobald man wie bei der Bohrmaschine in Abb. 90 mit dem Handhebel h_3 die Vorgelege oder die Scheibe S_2 mit der Kuppelung k kuppeln kann. Diese Spindelstöcke sind für senkrechte Maschinen besonders wertvoll, da man sie mit einem Handgriff von unten fehlerfrei bedienen kann.



$$d_5 = 180, d_3 = 232, d_1 = 284, z_1 = Z_1 = 65, Z_2 = 99, Z_3 = 59$$

$$d_4 = 206, z_2 = 31, d_2 = 258, z_3 = 19, \text{Deckenvorgelege } n = 382.$$

Abb. 19. Plan des Antriebes.

Der Spindelstock mit 3 Rädervorgelegen.

Soll bei der Stufenscheibe eine noch größere Geschwindigkeitsreihe erzielt werden, so sind 3 Rädervorgelege einzubauen, die paarweise benutzt werden können. Dies ist in Abb. 19 dadurch erreicht, daß die losen Räder R_1 , R_2 auf der Radhülse einzeln gekuppelt werden können.

Mit diesem Antriebe sind also 15 verschiedene Umläufe erreichbar und unter Benutzung des doppelten Deckenvorgeleges 30. Er gestattet also eine erhöhte Ausnutzung der Werkzeugmaschine.

Schaltplan des Spindelstockes in Abb. 19.

| Lage des Riemens | Vorgelege | Schaltung des Mitnehmers M | Schaltung der Kupplungen | | Umläufe der Maschine |
|---------------------|-------------|---------------------------------------|-----------------------------|-------|---------------------------------------------------------------------|
| | | | k_1 | k_2 | |
| I | ausgerückt | eingerrückt | — | — | $n_{15} = 382 \cdot \frac{284}{180} = 602$ |
| II | „ | „ | — | — | $n_{14} = 382 \cdot \frac{258}{206} = 478$ |
| III | „ | „ | — | — | $n_{13} = 382 \cdot \frac{232}{232} = 382$ |
| IV | „ | „ | — | — | $n_{12} = 382 \cdot \frac{206}{258} = 305$ |
| V | „ | „ | — | — | $n_{11} = 382 \cdot \frac{180}{284} = 242$ |
| I | eingerrückt | ausgerückt | R_1 | — | $n_{10} = n_{15} \cdot \frac{r_1}{R_1} \cdot \frac{r_3}{R_3} = 194$ |
| II | „ | „ | „ | — | $n_9 = n_{14} \cdot \frac{r_1}{R_1} \cdot \frac{r_3}{R_3} = 154$ |
| III | „ | „ | „ | — | $n_8 = n_{13} \cdot \frac{r_1}{R_1} \cdot \frac{r_3}{R_3} = 123$ |
| IV | „ | „ | „ | — | $n_7 = n_{12} \cdot \frac{r_1}{R_1} \cdot \frac{r_3}{R_3} = 98$ |
| V | „ | „ | „ | — | $n_6 = n_{11} \cdot \frac{r_1}{R_1} \cdot \frac{r_3}{R_3} = 78$ |
| I | „ | „ | — | R_2 | $n_5 = n_{15} \cdot \frac{r_2}{R_2} \cdot \frac{r_3}{R_3} = 60$ |
| II | „ | „ | — | „ | $n_4 = n_{14} \cdot \frac{r_2}{R_2} \cdot \frac{r_3}{R_3} = 48$ |
| III | „ | „ | — | „ | $n_3 = n_{13} \cdot \frac{r_2}{R_2} \cdot \frac{r_3}{R_3} = 38$ |
| IV | „ | „ | — | „ | $n_2 = n_{12} \cdot \frac{r_2}{R_2} \cdot \frac{r_3}{R_3} = 31$ |
| V | „ | „ | — | „ | $n_1 = n_{11} \cdot \frac{r_2}{R_2} \cdot \frac{r_3}{R_3} = 24$ |

β) durch stufenlose Scheiben,

wie sie der Keilriemen von Reeves in Abb. 20 aufweist:

Auf der Welle *I* sitzt die Antriebsscheibe *E*, die durch den Keilriemen *K* die Drehspindel *II* treibt. Um mit ihm jede Umlaufzahl

zwischen n_{\max} und n_{\min} einstellen zu können, sind auf *I* und *II* je zwei Kegelscheiben vorgesehen, die sich paarweise entgegengesetzt verschieben lassen. Hierzu ist nur das Handrad *H* zu drehen. Die rechts- und linksgängige Stellspindel *s* stellt dabei mit den Hebeln *a*

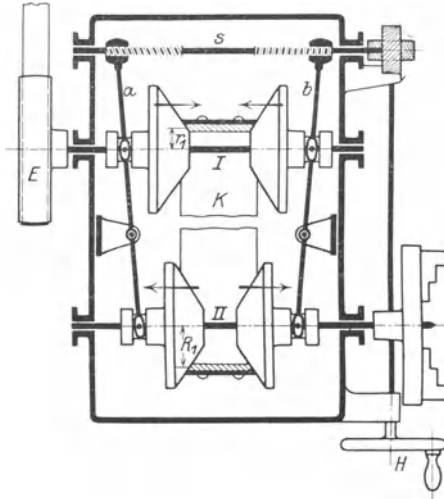


Abb. 20. Spindelstock mit stufenlosen Scheiben.

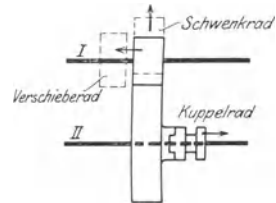


Abb. 21. Ausrücken der Räderpaare.

und *b* die Kegelscheiben auf große oder kleine Übersetzungen $\frac{r_1}{R_1}$ ein.

Der Vorzug dieser stufenlosen Scheiben liegt darin, daß man bei jedem Werkstück die volle Schnittgeschwindigkeit im Betriebe einstellen kann.

 γ) durch Stufenrädernetriebe.

Die Stufenscheibe hat für den Schnellbetrieb zwei Nachteile:

1. Bei der größten Belastung der Maschine, d. h., wenn das größte Werkstück geschruppt wird, liegt der Riemen oben auf der kleinsten Scheibe. Er hat dort eine nur sehr kleine Auflage und läuft dazu mit der kleinsten Geschwindigkeit. Der Riemen wird infolgedessen bei schweren Schnitten nicht durchziehen und die Maschine wenig leisten.
8. Das Verlegen des Riemens von einer Stufe auf die andere erfordert viel Zeit.

Beide Nachteile verschwinden, sobald man die Stufenscheiben durch Stufenräder ersetzt. Der Schnellbetrieb verlangt aber eine rasche Bedienung, damit sie keinen zu hohen Anteil an der Arbeitszeit gewinnt.

Wie gestaltet sich nun der Aufbau eines Stufenrädergetriebes? Nichts einfacher als das. Denkt man sich die Stufenscheiben des Deckenvorgeleges und der Maschine nebeneinander gelegt und beide verzahnt, so sind damit die Stufenscheiben durch Stufenräder ersetzt. Da jedoch von diesen Stufenrädern immer nur eins arbeiten darf, so ist eine Rädergruppe zum Kuppeln, Verschieben oder zum Schwenken einzurichten. Das Stufenrädergetriebe ist also mit Kuppelrädern, Verschieberädern oder mit Schwenkrädern aufzubauen (Abb. 21).

Diese Stufenrädergetriebe haben folgende Vorzüge:

1. Der Riemen braucht nicht verlegt zu werden. Er kann vielmehr oben und unten auf zwei breiten und großen Scheiben mit großer Auflage liegen und schnell laufen. Der Riemen wird daher mit großer Durchzugskraft arbeiten können.
2. An Stelle des Rienumlegens sind nur Handgriffe zu bedienen, die eine rasche Bedienung der Maschine zulassen.
3. Durch ihre Zwangsläufigkeit sind die Stufenrädergetriebe für große Leistungen besonders geeignet.
4. Die Arbeitsspindel ist vom Riemenzug entlastet und läuft daher ruhiger.

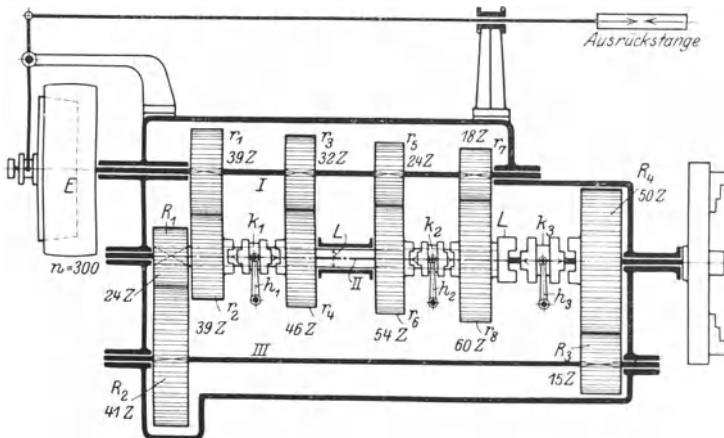


Abb. 22. Stufenrädergetriebe mit Kuppelrädern.

Das Stufenrädergetriebe in Abb. 22 hat auf I die eine Antriebs-scheibe *E* (Einscheibenantrieb). Die Welle *I* treibt die Hülse *L* auf *II* mit 4 Kuppelrädernpaaren, die sich durch die Doppelkupplungen k_1 , k_2 schalten lassen. Die Radhülse *L* erhält dadurch 4 verschiedene Umläufe. Schaltet man k_3 auf *L* ein, so kommen diese Umläufe gleich auf *II* und die Maschine läuft ohne Vorgelege. Wird hingegen k_3 auf R_4 umgeschaltet, so treiben die ausrückbaren Vorgelege $\frac{R_1}{R_2} \cdot \frac{R_3}{R_4}$ auf die Arbeitsspindel *II*. Sie erfährt daher $4 + 4$ verschiedene Umläufe.

Vergleicht man das Stufenrädergetriebe mit Abb. 16, so sind an Stelle der Stufenscheiben die 4 Kuppelräderpaare getreten und an die Stelle des Mitnehmers M und des Ausschwenkhebels die Kupplung k_3 .

Schaltplan zu Abb. 22.

| Schaltung | Arbeitende Räderpaare | Kupplungs-schaltung | | | Umläufe der Maschine | Zulässige Drehdurch-messer in mm | | |
|-----------|---------------------------------------------------------------|---------------------|-------|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| | | h_1 | h_2 | h_3 | | $v \parallel 15$ m/Min. | $v \parallel 20$ m/Min. | $v \parallel 25$ m/Min. |
| 1. | $\frac{r_1}{r_2}$ | ● | ● | ● | $n_8 = n \cdot \frac{r_1}{r_2} = 300 \cdot \frac{39}{39} = 300$ | 16 | 21 | 27 |
| 2. | $\frac{r_3}{r_4}$ | ● | ● | ● | $n_7 = n \cdot \frac{r_3}{r_4} = 300 \cdot \frac{32}{46} = 209$ | 23 | 31 | 38 |
| 3. | $\frac{r_5}{r_6}$ | ● | ● | ● | $n_6 = n \cdot \frac{r_5}{r_6} = 300 \cdot \frac{24}{54} = 133$ | 36 | 48 | 60 |
| 4. | $\frac{r_7}{r_8}$ | ● | ● | ● | $n_5 = n \cdot \frac{r_7}{r_8} = 300 \cdot \frac{18}{60} = 90$ | 53 | 71 | 88 |
| 5. | $\frac{r_1}{r_2} \cdot \frac{R_1}{R_2} \cdot \frac{R_3}{R_4}$ | ● | ● | ● | $n_4 = n_8 \cdot \frac{R_1}{R_2} \cdot \frac{R_3}{R_4} = 300 \cdot \frac{24}{41} \cdot \frac{15}{50} = 53$ | 90 | 120 | 150 |
| 6. | $\frac{r_3}{r_4} \cdot \frac{R_1}{R_2} \cdot \frac{R_3}{R_4}$ | ● | ● | ● | $n_3 = n_7 \cdot \frac{R_1}{R_2} \cdot \frac{R_3}{R_4} = 37$ | 129 | 172 | 215 |
| 7. | $\frac{r_5}{r_6} \cdot \frac{R_1}{R_2} \cdot \frac{R_3}{R_4}$ | ● | ● | ● | $n_2 = n_6 \cdot \frac{R_1}{R_2} \cdot \frac{R_3}{R_4} = 23$ | 207 | 277 | 345 |
| 8. | $\frac{r_7}{r_8} \cdot \frac{R_1}{R_2} \cdot \frac{R_3}{R_4}$ | ● | ● | ● | $n_1 = n_5 \cdot \frac{R_1}{R_2} \cdot \frac{R_3}{R_4} = 16$ | 298 | 398 | 497 |

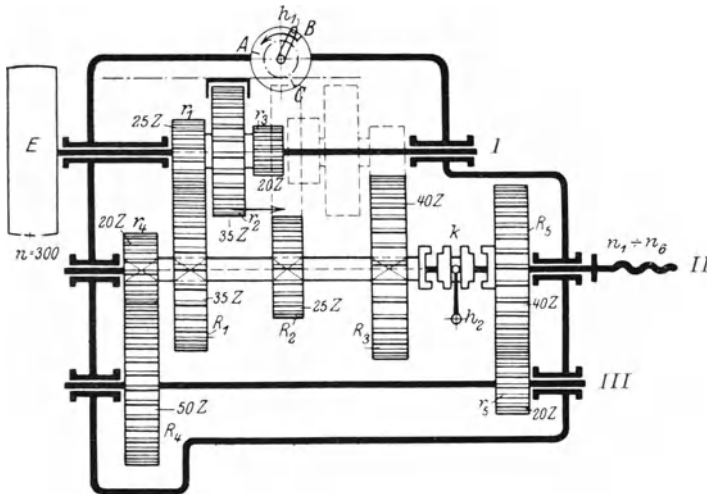


Abb. 23. Stufenrädergetriebe mit Verschieberädern.

Bei dem Stufenrädergetriebe in Abb. 23 sind zwischen den Wellen *I* und *II* drei Räderpaare vorgesehen, die den 3 läufigen Stufenscheiben entsprechen würden. Die 3 Räderpaare lassen sich durch 3 Verschieberäder schalten, die zu dem Blockrad $r_1 r_2 r_3$ vereinigt sind. Zwischen *II* und *III* sind 2 ausrückbare Vorgelege eingebaut, die mit der Kupplung *k* geschaltet werden.

Schaltplan zu Abb. 23.

| Schaltung | Arbeitende Räderpaare | Einstellungen des Blockrades und der Kupplung | | Umläufe der Maschine | Zulässige Drehdurchmesser in mm | | |
|-----------|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|
| | | <i>h</i> | <i>h</i> ₁ | | Gußeisen $v = 15$ m/Min. | Stahl $v = 20$ m/Min. | Schmiedeeisen $v = 25$ m/Min. |
| 1. | $\frac{r_2}{R_2}$ | A | | $n_1 = 300 \cdot \frac{35}{25} = 420$ | 12 | 15 | 19 |
| 2. | $\frac{r_1}{R_1}$ | B | | $n_2 = 300 \cdot \frac{25}{35} = 215$ | 22 | 30 | 37 |
| 3. | $\frac{r_3}{R_3}$ | C | | $n_3 = 300 \cdot \frac{20}{40} = 150$ | 32 | 43 | 53 |
| 4. | $\frac{r_2}{R_2} \cdot \frac{r_4}{R_4} \cdot \frac{r_5}{R_5}$ | A | | $n_4 = 300 \cdot \frac{35}{25} \cdot \frac{20}{50} \cdot \frac{20}{40} = 84$ | 57 | 75 | 95 |
| 5. | $\frac{r_1}{R_1} \cdot \frac{r_4}{R_4} \cdot \frac{r_5}{R_5}$ | B | | $n_5 = 300 \cdot \frac{25}{35} \cdot \frac{20}{50} \cdot \frac{20}{40} = 43$ | 111 | 148 | 185 |
| 6. | $\frac{r_3}{R_3} \cdot \frac{r_4}{R_4} \cdot \frac{r_5}{R_5}$ | C | | $n_6 = 300 \cdot \frac{20}{40} \cdot \frac{20}{50} \cdot \frac{20}{40} = 30$ | 160 | 216 | 270 |

Der Geschwindigkeitswechsel mit Kuppel- und Verschieberädern erfordert zwischen den Wellen *I* und *II* bei einer z -gliedrigen Umlaufreihe $2z$ Räder, d. h. in Abb. 22 bei 4 Geschwindigkeiten 2.4 Räder und in Abb. 23 bei 3 Geschwindigkeiten 2.3 Räder. Diese große Räderzahl läßt sich durch ein Verschiebe- und Schwenkrad auf $z + 2$ Räder vermindern. In Abb. 24 des Nortongetriebes sitzt auf Welle *I* das

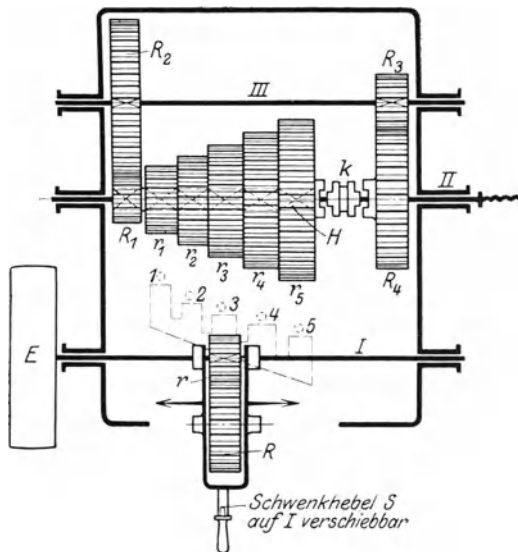


Abb. 24. Norton-Getriebe mit Verschiebe- und Schwenkrad.

Verschieberad r , das in die Ebene eines jeden der 5 Stufenräder r_1 bis r_5 gebracht werden kann. Den Eingriff zwischen Verschieberad r und den Stufenrädern r_1 bis r_5 vermittelt das Schwenkrad R in der Stelltasche S . Sie läßt sich mit einem Schnäpper auf die Löcher 1 bis 5 der Kammplatte einstellen.

Schaltplan zu Abb. 24.

| Stelltasche S auf Loch | Kupplung k | Umläufe der Maschine |
|-----------------------------|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 bis 5 | | $n_1 = n \cdot \frac{r}{r_1}$ bis $n_5 = n \cdot \frac{r}{r_5}$ |
| 1 bis 5 | | $n_6 = n \cdot \frac{r}{r_1} \cdot \frac{R_1}{R_2} \cdot \frac{R_3}{R_4}$ bis $n_{10} = n \cdot \frac{r}{r_5} \cdot \frac{R_1}{R_2} \cdot \frac{R_3}{R_4}$ |

Auch bei Kuppelrädern ist eine geringere Räderzahl möglich, wenn man die Zahl der Wellen um eine vermehrt. Das Stufenrädergetriebe in Abb. 25 hat zwischen den Wellen I , II und III 2 Räderreihen mit je 3 Rädern. Durch diese Anordnung sind 2 Schaltungen in gerader Richtung und 2 Schaltungen im Zickzack möglich. Mit den Vorgelegten $\frac{R_1}{R_2} \cdot \frac{R_3}{R_4}$ läßt sich daher das Getriebe auf 2×4 Geschwindigkeiten schalten. Ein Vorzug dieses Dreiwellengetriebes ist die volle Betriebssicherheit gegen Fehlschaltungen.

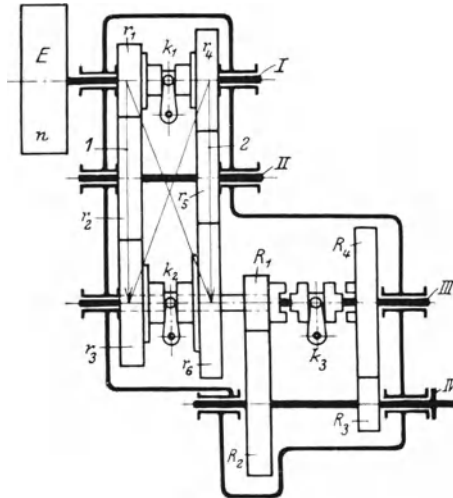


Abb. 25. Stufenrädergetriebe (Dreiwellengetriebe).

Schaltplan zu Abb. 25.

| Nr. | Hebelstellungen | | | Umläufe der Maschine |
|-----|-----------------|-------|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | k_1 | k_2 | k_3 | |
| 1. | | | | $n_1 = n \cdot \frac{r_1}{r_3}$ |
| 2. | | | | $n_2 = n \cdot \frac{r_4}{r_5} \cdot \frac{r_2}{r_3}$ |
| 3. | | | | $n_3 = n \cdot \frac{r_1}{r_2} \cdot \frac{r_5}{r_6}$ |
| 4. | | | | $n_4 = n \cdot \frac{r_4}{r_6}$ |
| 5. | | | | $n_5 = n \cdot \frac{r_1}{r_3} \cdot \frac{R_1}{R_2} \cdot \frac{R_3}{R_4}$ |
| 6. | | | | $n_6 = n \cdot \frac{r_4}{r_5} \cdot \frac{r_2}{r_3} \cdot \frac{R_1}{R_2} \cdot \frac{R_3}{R_4}$ |
| 7. | | | | $n_7 = n \cdot \frac{r_1}{r_2} \cdot \frac{r_5}{r_6} \cdot \frac{R_1}{R_2} \cdot \frac{R_3}{R_4}$ |
| 8. | | | | $n_8 = n \cdot \frac{r_4}{r_6} \cdot \frac{R_1}{R_2} \cdot \frac{R_3}{R_4}$ |

Die Räderzahl läßt sich bei den Dreiwellengetrieben noch weiter verringern, wenn man die Räder in 3 Gruppen von je 3 Rädern anordnet (Abb. 90). Durch 3 Schaltungen der oberen Räder und 3 Schaltungen der unteren sind 3×3 Geschwindigkeiten bei nur 9 Rädern möglich.

Unterzieht man die Stufenrädergetriebe einer Kritik, so bietet das Getriebe mit einem Verschieblock volle Betriebssicherheit. Allgemein verlangen Kuppel- und Verschieberäder eine gegenseitige Verriegelung der Handgriffe h_1, h_2 mit den Sperrschilfern s und Riegel r (Abb. 26), wenn Fehlschaltungen vorgebeugt werden soll. Beide Getriebe lassen sich aber nur im Stillstand oder beim Anlaufen der Maschine schalten. Werden in Abb. 21 die Zahnkupplungen durch Reibkupplungen ersetzt, so ist es auch im Betriebe möglich, jedoch auf Kosten der Durchzugskraft. Die Stufenrädergetriebe mit Reibkupplungen sind daher nur für leichte und mittlere Maschinen geeignet. Dasselbe gilt für Verschieberäder, die bei schweren Maschinen zu unhandlich sind.

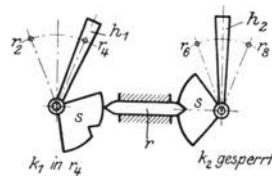


Abb. 26. Verriegelung der Schalter.

Ein gemeinsamer Nachteil beider Getriebe ist die große Räderzahl. Sie läßt sich vermindern, wenn man den Geschwindigkeitswechsel nach Norton mit einem Verschiebe- und Schwenkrad vollzieht (Abb. 24). Aber auch dieses Getriebe ist nur bei leichten und mittleren Maschinen handlich. Für schwere Maschinen verbleibt daher einzig und allein das Getriebe mit Zahnkupplungen, alle ändern für leichte und mittlere Maschinen.

Eine Frage von großer Bedeutung ist: Wann soll man bei einer

Werkzeugmaschine den Stufenräderantrieb anwenden und wann den Stufenscheibenantrieb?

Da die Stufenrädergetriebe 1. für große Leistungen, 2. für rasches Bedienen gebaut sind, so beanspruchen nach 1 alle schweren Maschinen, d. h. Schruppmaschinen mit mehr als 5—8 PS., als Antrieb ein Stufenrädergetriebe. Bei leichten Maschinen mit weniger als 5 PS. genügt daher der Stufenscheibenantrieb, der billiger und auch weniger empfindlich ist. Eine Einschränkung ist jedoch zu machen. Muß im Betriebe die Geschwindigkeit häufiger gewechselt werden, wie das bei der Einzel- fertigung der Fall ist, so läßt das Stufenrädergetriebe mit seiner raschen Schaltung große Zeitersparnisse zu, die seine Mehrkosten mehr als wett machen. Bei leichten Maschinen für die Einzelfertigung ist danach der Stufenräderantrieb und bei solchen für die Massenherstellung der Stufenscheibenantrieb zu empfehlen, da im letzten Falle der Riemen stets liegen bleibt (Revolverbank).

c) mit dem regelbaren Antriebsmotor, dem Stufen motor, dessen Um- läufe durch Verstellen des Anlaßreglers gewechselt werden können (Abb. 27).

Das erreichbare Höchst- maß ist 1: 2 bis 1: 3. Der Vorzug des Stufen- motors liegt in der Vereinfachung des Ma- schinenantriebes, da die zahlreichen Räder der Stufenrädergetriebe fortfallen. An die Stelle

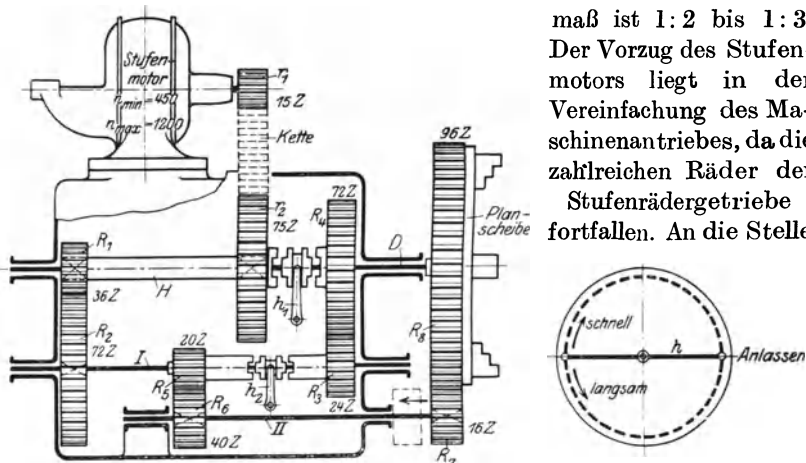


Abb. 27. Antrieb mit Stufenmotor.

Schaltplan zu Abb. 27.

| Motor regeln mit h von n_{min} bis n_{max} | Hebelstellungen | | Verschieberad R_7 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-------|---------------------|
| | h_1 | h_2 | |
| 1. mit $\frac{r_1}{r_2}$ | | | ausgerückt |
| 2. mit $\frac{r_1}{r_2} \cdot \frac{R_1}{R_2} \cdot \frac{R_3}{R_4}$ | | | „ |
| 3. mit $\frac{r_1}{r_2} \cdot \frac{R_1}{R_2} \cdot \frac{R_5}{R_6} \cdot \frac{R_7}{R_3}$ | | | eingerückt |

der Schalthebel ist hier der Anlaßhebel einzustellen. Bei schweren Maschinen hat die Druckknopfsteuerung eine Erleichterung beim Wechseln der Geschwindigkeiten geschaffen. An der Maschine sitzt ein Schaltkasten mit Druckknöpfen. Beim Niederdrücken schalten sie einen kleinen Motor ein, der den Anlaßregler einstellt.

3. Die Riemenrücker.

Um auch bei dem Stufenscheibenantrieb einen ziemlich raschen Geschwindigkeitswechsel durchführen zu können, hat man Riemenrücker gebaut, die den Riemen rasch von einer Stufe auf die andere umlegen.

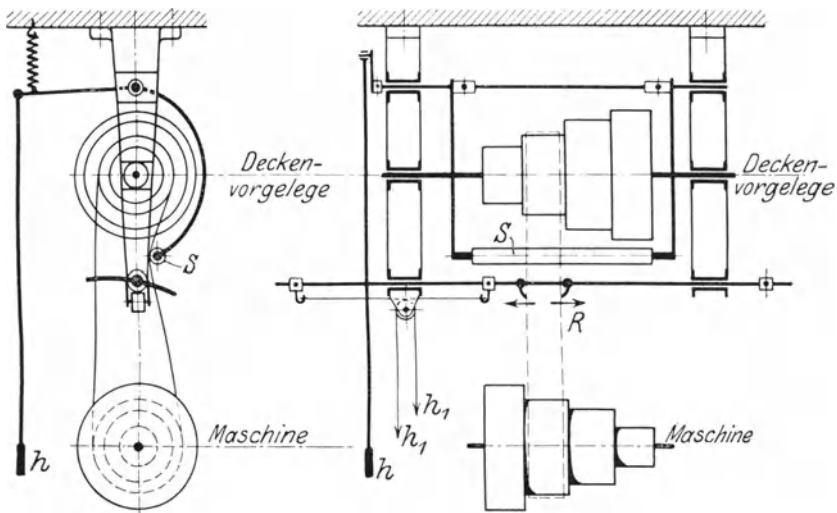


Abb. 28. Riemenrücker.

Eine gute Lösung hat das Riemenumlegen in Abb. 28 gefunden. Mit dem Griff h wird zuerst die Spannrolle S gelüftet und hierauf der lose Riemen R durch Ziehen an einem der Seilenden h_1 auf die passende Stufe verschoben. Der Riemenrücker vereinigt daher mit dem raschen Riemenverschieben ein sicheres Durchziehen des Riemens.

β) Die Antriebe für die gerade Hauptbewegung.

Die Antriebe für die gerade Hauptbewegung haben die Drehbewegung des Deckenvorgeleges oder Motors in eine gerade Bewegung des Hobeltisches oder Stößels umzusetzen. Hierzu können benutzt werden:

1. Zahnrad und Zahnstange,
2. Schraube und Mutter,
3. Schnecke und Zahnstange.

Bei dem Zahnstangenantrieb wird die Zahnstange mit dem Tisch verschraubt und das Zahnrad oder die Schnecke durch Riemen und Rädervorgelege von dem Deckenvorgelege angetrieben (Abb. 31).

Bei dem Schraubenantrieb ist die Mutter mit dem Tisch verschraubt, und die Schraube wird durch Riemen und Rädervorgelege angetrieben.

Soll auch bei diesen Antrieben die Leistung der Maschine bei den verschiedenen Werkstücken ausgenutzt werden, so muß das Triebrad oder die Schnecke der Zahnstange oder die Leitspindel mit verschiedenen Umläufen laufen können, damit die vorgeschriebene Schnittgeschwindigkeit $c = \frac{s}{t}$ eingehalten wird. Der Antrieb der Maschine erfordert daher auch hier für den Geschwindigkeitswechsel Stufenscheiben oder Stufenräder (Abb. 31).

Die Güte der Arbeit verlangt auch von diesen Antrieben ruhigen Gang. Hierzu muß das Triebrad der Zahnstange groß sein, damit möglichst viel Zähne gleichzeitig kämmen. Die Zähne selbst müssen ohne Spiel sauber gefräst sein. In dem großen Triebrade liegt gewissermaßen das Kennzeichen einer guten Hóbelmaschine. Bei dem Leitspindeltrieb muß das Gewinde der Schraube und Mutter sauber geschnitten und die Mutter recht lang sein, damit der Arbeitsdruck sich auf viele Gewindengänge verteilt und der Verschleiß sich nicht so leicht bemerkbar macht.

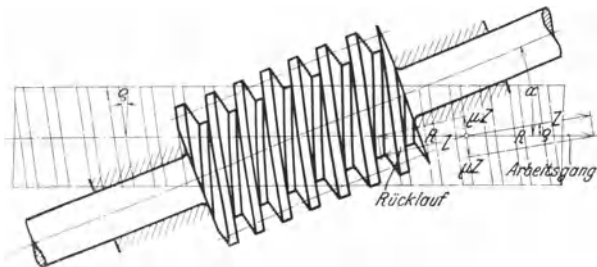


Abb. 29. Schnecken-Zahnstangenantrieb.

Bei dem Schneckenantrieb der Zahnstange verlangt der Eingriff, daß die Schraube unter dem Steigungswinkel α schräg zur Zahnstange liegt, damit die schrägen Gänge der Schnecke in die Lücken der Zahnstange fassen können (Abb. 29).

Prüft man diesen Antrieb auf ruhigen Gang, so wird durch die Zahnreibung μZ , die einmal nach oben und das andere Mal nach unten wirkt, ein Schlag auf den Tisch kommen, sobald umgesteuert wird oder sobald harte und weiche Stellen im Arbeitsstück vorhanden sind. Dieser Stoß läßt sich nur vermeiden, wenn die Mittelkraft R beim Hin- und Rücklauf in die Bewegungsrichtung des Tisches fällt. Hierzu müssen die Zähne der Zahnstange nach Abb. 29 unter dem Winkel ϱ schräg stehen.

$$\operatorname{tg} \varrho = \frac{\mu Z}{Z} = \mu; \text{ bei } \mu = 0,1, \varrho = 5-3^{\circ}.$$

Der Schneckenantrieb in Abb. 29 hat allerdings den Nachteil, daß die Schnecke mit der Zahnstange an jedem Gewindegang nur ein ganz geringes Arbeitsfeld hat. Die Schmierung wird daher schlecht wirken. Die Eingriffsverhältnisse lassen sich aber verbessern, sobald die Zähne der Zahnstange nach einem Schraubengang geschnitten werden. Eine derartige Schraubenzahnstange (Abb. 30) ist daher nichts anderes als ein Ausschnitt aus einer langen Mutter oder ein Schneckenrad von unendlich großem Halbmesser. Die parallel liegende Schnecke wird die Zahnstange innerhalb des Zentriwinkels mit jedem Gewindegang berühren, so daß die Druckverteilung und die Schmierung weit günstiger sind.

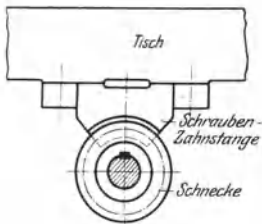


Abb. 30. Schraubenzahnstangenantrieb.

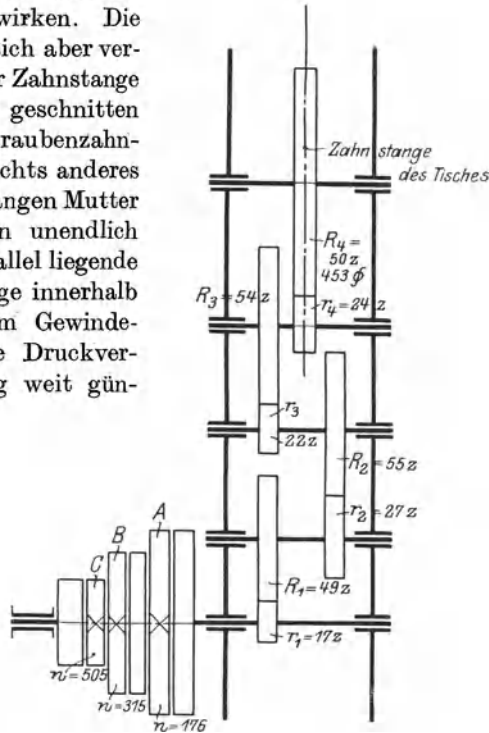


Abb. 31. Zahnstangenantrieb des Hobeltisches.

Da in den Mutter- und Schneckengängen große Drücke aufgenommen werden können, so eignen sich diese Antriebe besonders für schwere Maschinen und das Zahnrad für leichte und mittelschwere.

Aufgabe. Welche Schnitt- und Rücklaufgeschwindigkeit hat die Hobelmaschine, deren Antrieb Abb. 31 darstellt.

1. Riemen auf A.

Umläufe des Zahnstangentriebes R_4 i. d. Min.:

$$n_1 = 176 \cdot \frac{r_1}{R_1} \cdot \frac{r_2}{R_2} \cdot \frac{r_3}{R_3} \cdot \frac{r_4}{R_4} = 176 \cdot \frac{17}{49} \cdot \frac{27}{55} \cdot \frac{22}{54} \cdot \frac{24}{50} = 5,9.$$

Kleinste Schnittgeschwindigkeit $c = \pi \cdot 0,453 \cdot 5,9 \approx 8,4 \text{ m/Min.}$

2. Riemen auf B.

Umläufe von R_4 i. d. Min.:

$$n_2 = 315 \cdot \frac{17}{49} \cdot \frac{27}{55} \cdot \frac{22}{54} \cdot \frac{24}{50} = 10,5.$$

Größte Schnittgeschwindigkeit $c = \pi \cdot 0,453 \cdot 10,5 \approx 15$ m/Min.

3. Riemen auf C .

Umläufe von R_4 i. d. Min.:

$$n_3 = 505 \cdot \frac{17}{49} \cdot \frac{27}{55} \cdot \frac{22}{54} \cdot \frac{24}{50} = 16,9.$$

Rücklaufgeschwindigkeit $c_r = \pi \cdot 0,453 \cdot 16,9 \approx 24$ m/Min.

γ) Die Antriebe für die gerade hin- und hergehende Hauptbewegung.

1. Der Kurbelantrieb.

Die Antriebe der geraden hin- und hergehenden Hauptbewegung haben die Drehbewegung des Deckenvorgeleges oder Motors in eine gerade hin- und hergehende Bewegung des Stößels umzusetzen. Diese Aufgabe erfordert ein Kurbelgetriebe nach Abb. 32. Es steuert die gerade Bewegung des Stößels in jedem Totpunkte selbsttätig um, ohne daß die Maschinenwelle ihre Drehrichtung ändert.

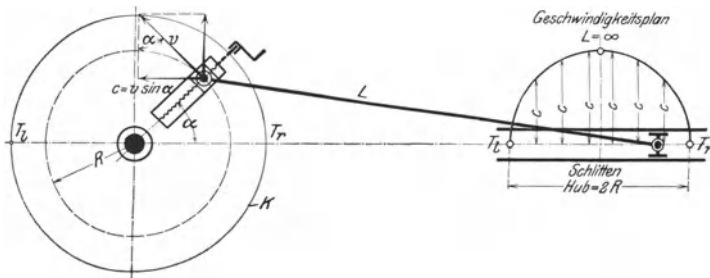


Abb. 32. Plan des Kurbelantriebes.

Der einfache Kurbelantrieb besteht aus der Kurbelscheibe K , die, vom Deckenvorgelege angetrieben, mit der Schubstange L den Stößel hin- und herbewegt. Läuft die Kurbel gleichmäßig von Tr nach Tl , so macht der Stößel seinen Hub nach links. Die Geschwindigkeit des Stößels ist, $L = \infty$ vorausgesetzt, $c = v \cdot \sin \alpha$. Steht die Kurbel in Tr oder Tl , so ist $\alpha = 0^\circ$ oder 180° und daher auch $c = 0$. Steht die Kurbel senkrecht, so ist $\alpha = 90^\circ$ und die Stößelgeschwindigkeit $c = v$. Der Stößel hat also in den Totpunkten die Geschwindigkeit $c = 0$ und gegen Hubmitte die größte Geschwindigkeit $c = v$. Prüft man daher den Kurbelantrieb auf ruhigen Gang, so hat die Maschine während der ersten Hubhälfte den Stößel von $c = 0$ auf $c = v$ zu beschleunigen und während der zweiten Hubhälfte von v auf 0 zu verzögern. Der Gang des Stößels ist infolgedessen ungleichmäßig, so daß sich bei langen Hüben keine saubere Arbeit erzielen läßt.

Die mittlere Geschwindigkeit des Stößels ist bei Hm Hub $c_m = 2 H n$ m/Min.

Die Zeit für den Doppelhub $t = \frac{2H}{c_m}$ und die Arbeitszeit der Maschine bei z Schaltungen

$$t_a = \frac{2H}{c_m} \cdot z$$

Hub der Maschine = Hobellänge + 2.25 mm, Kurbeleinstellung $R = \frac{H}{2}$.

Aufgabe. Ein Gußstück von 450 mm Länge, 120 mm Breite ist mit $c_m = 6$ m/Min. und 1,5 mm Vorschub zu hobeln. Wie groß ist die Arbeitszeit?

$$\text{Hub} = L + 2.25 = 450 + 50 = 500 \text{ mm} = 0,5 \text{ m}$$

$$\text{Schaltungen } z = \frac{B}{\delta} = \frac{120}{1,5} = 80$$

$$\begin{aligned} \text{Umläufe der Kurbel } c_m &= 2 H n \\ 6 &= 2 \cdot 0,5 \cdot n \\ n &= 6 \end{aligned}$$

$$\text{Einstellen der Kurbel auf } R = \frac{H}{2} = 250 \text{ mm}$$

$$\text{Arbeitszeit } t_a = \frac{2H}{c_m} \cdot z = \frac{2 \cdot 0,5}{6} \cdot 80 = 13\frac{1}{3} \text{ Min.}$$

Prüft man den Kurbelantrieb auf Leistung, so gebraucht der Stößel für jeden Hin- und Rücklauf einen halben Kurbelumlauf. Da die Maschinen mit Kurbelantrieb meist nur beim Hingang schneiden, so werden von 10 Arbeitsstunden nur 5 fürs Hobeln ausgenutzt.

Die Hauptnachteile des Kurbelantriebes sind demnach: 1. ungleichmäßiger Gang der Maschine und 2. schlechte Ausnutzung der Zeit.

Die Verbesserung des Kurbelantriebes muß daher einen gleichmäßigeren Arbeitsgang und einen beschleunigten Rücklauf des Stößels anstreben.

Beides wird erreicht, sobald man zwischen Schubstange und Kurbel einen Schleifenhebel einbaut, der mit der Schubstange den Tisch hin- und herbewegt. Diese Anordnung ist bei der Kurbelschwinge und der Umlaufschleife in Abb. 33 und 34 getroffen.

2. Die Kurbelschwinge.

Die Kurbel K (Abb. 33) kreist gleichmäßig wie ein Uhrzeiger um A und nimmt durch den auf dem Kurbelzapfen Z sitzenden Stein die Schwinge mit, die um B außerhalb des Kurbelkreises hin- und herschwingt. Schwingt die Schwinge aus ihrer rechten Totlage Tr in die linke Tl , so geht der Tisch nach links. Während dieses Hubes durchheilt die Kurbel K den großen Winkel α . Geht die Schwinge von Tl nach Tr zurück, so vollzieht der Tisch den Hub nach rechts. Die Kurbel durchheilt dabei den kleinen Winkel β . Da die Kurbel gleichmäßig läuft, so wird sie für α mehr Zeit gebrauchen als für β . Infolgedessen wird der Stößelhub nach links langsamer und daher viel gleichmäßiger vor sich gehen. Der Hub nach rechts wird dagegen der kürzeren Zeit wegen stark beschleunigt werden. Der Stößelhub während des Kurbelwinkels α

ist daher als Arbeitsgang der Maschine zu nehmen und der Hub während β als Rücklauf. Die Winkel α und β können dabei als Zeitmaße benutzt

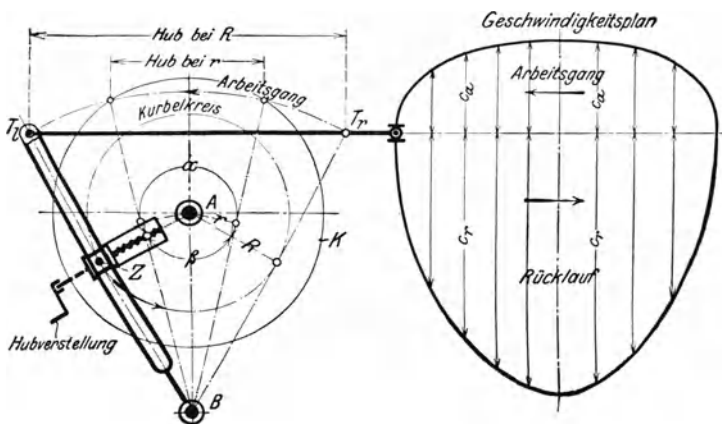


Abb. 33. Plan der Kurbelschwinge.

werden. Ist z. B. $\alpha = 240^\circ$ und $\beta = 120^\circ$, so wird der Rücklauf auf das Doppelte beschleunigt. Ist die Maschine 10 Stunden in Betrieb, so wird sie $\frac{10}{2+1} = 3\frac{1}{3}$ Std. auf den Rücklauf verwenden und während $6\frac{2}{3}$ Std. hobeln.

3. Die Umlaufschleife.

Die Umlaufschleife entsteht aus der Kurbelschwinge, wenn man ihren Drehpunkt B innerhalb des Kurbelkreises anordnet. Dadurch

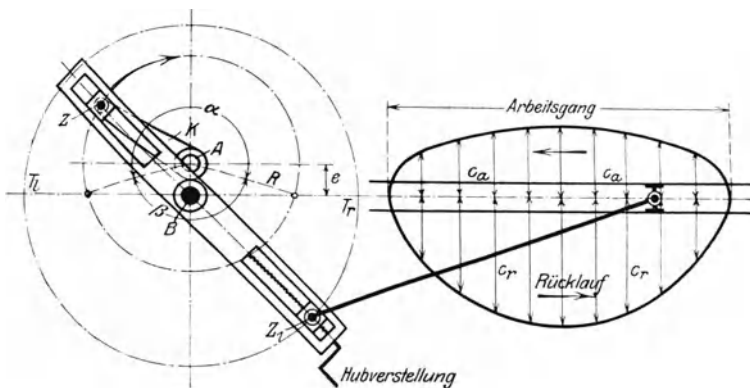


Abb. 34. Umlaufschleife.

muß die Schleife mit der Kurbel die vollen Umläufe machen. Die Schwinge geht also in die Umlaufschleife über. In Abb. 34 kreist die Kurbel K gleichmäßig um A und die Schleife ungleichmäßig um B . Geht die

Schleife mit Z_1 von Tr nach Tl , so durchläuft K den größeren Winkel α . Geht die Schleife von Tl nach Tr zurück, so durchläuft K den kleineren Winkel β . Da auch hier die Winkel α und β Zeitmaße sind, so ist der Stößelhub nach links als Arbeitsgang der Maschine zu nehmen, der langsam und ziemlich gleichmäßig vor sich geht. Der Hub nach rechts ist der beschleunigte Rücklauf.

Die Umlaufschleife verlangt wegen ihrer vollen Umläufe mehr Platz als die Schwinge. Sie wird daher meist bei freiliegenden Antrieben benutzt. Die Schwinge erfordert weniger Platz und läßt sich daher bequem in das Maschinengehäuse einbauen. Sie ist daher der passende Antrieb für kleine Stößelhobelmaschinen (Abb. 157).

Die wirtschaftliche Ausnutzung der Maschine mit Kurbelantrieb verlangt,

1. daß sich der Hub des Stößels auf die Hobellänge des Werkstückes einstellen läßt und
2. daß bei den verschiedenen Werkstücken die zulässigen Schnittgeschwindigkeiten ausgenutzt werden können.

Die erste Bedingung erfordert eine Verstellbarkeit der Kurbelzapfen Z und Z_1 , die zweite setzt voraus, daß die Kurbelwelle durch Stufenscheiben oder durch Stufenräder angetrieben wird.

Aufgabe. Eine Stoßmaschine hat für den Stößel einen Schwinghebelantrieb nach Abb. 35. Der Schwinghebel wird durch eine 4läufige Stufenscheibe betätigt. Der größte Hub der Maschine ist 250 mm. Die Kurbel erhält von der Stufenscheibe 30, 20, 15 und 10 Umläufe i. d. Min. Welches sind die Schnitt- und Rücklaufgeschwindigkeiten bei größtem Hube?

Mittlere Schnittgeschwindigkeiten bei größtem Hub.

Durchläuft die Kurbel den größeren Winkel α , so vollzieht bekanntlich der Stößel den Arbeitshub (Abb. 35). Ist der Stößelhub H mm und nimmt er t_a Sek. in Anspruch, so ist die mittlere Schnittgeschwindigkeit

$$c_a = \frac{H}{t_a} \left(\frac{\text{mm}}{\text{Sek.}} \right).$$

Die Zeit t_a für den Arbeitshub des Stößels läßt sich, wie folgt, berechnen: Während der Stößel niedergeht, durchläuft die gleichmäßig kreisende Kurbel den Bogen $AB = 2R\pi \cdot \frac{\alpha}{360}$. Der Kurbelzapfen Z hat die Geschwindigkeit $v = \frac{2R\pi n}{60} \left(\frac{\text{m}}{\text{Sek.}} \right)$. Infolgedessen gebraucht die Kurbel für das Durchlaufen des Winkels α

$$t_a = \frac{2R\pi\alpha}{360} \cdot \frac{1}{v} = \frac{2R\pi\alpha \cdot 60}{2 \cdot R \cdot \pi \cdot 360 \cdot n} = \frac{\alpha}{6n} \text{ Sek.}$$

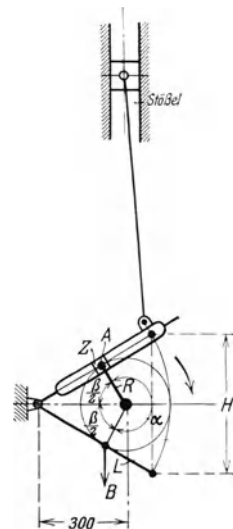


Abb. 35. Stößelantrieb der Stoßmaschine.

Es war
$$c_a = \frac{H}{t_a} = \frac{H \cdot 6 \cdot n}{a}$$

Mittlere Schnittgeschwindigkeit $c_a = \frac{6H \cdot n}{a}$, hierin $n =$ Umläufe der Kurbel.

Da die Kurbel beim Rückgang des Stößels den $\sphericalangle \beta$ durchleitet, so ist die mittlere Rücklaufgeschwindigkeit $c_r = \frac{6Hn}{\beta}$.

Die Winkel α und β lassen sich aus Abb. 35 bestimmen. Hierin ist

$$\cos \frac{\beta}{2} = \frac{H}{2L},$$

wenn L die angegebene Länge der Schwinge ist und $\alpha = 360 - \beta$.

Die Kurbelschwinge ist bis zum Zapfen 500 mm lang, der größte Hub war 250 mm, demnach

$$\cos \frac{\beta}{2} = \frac{H}{2L} = \frac{250}{2 \cdot 500} = \frac{1}{4},$$

$$\frac{\beta}{2} \sim 75^\circ, \quad \beta = 150^\circ, \quad \alpha = 360 - \beta = 210^\circ.$$

Die mittleren Geschwindigkeiten bei größtem Hub sind daher:

$$\text{Riemen auf I: } c_a = \frac{6H \cdot n_1}{a} = \frac{6 \cdot 250 \cdot 30}{210} \sim 215 \text{ mm/Sek.},$$

$$\text{,, ,, II: } c_a = \frac{6H \cdot n_2}{a} = \frac{6 \cdot 250 \cdot 20}{210} \sim 145 \text{ ,,}$$

$$\text{,, ,, III: } c_a = \frac{6H \cdot n_3}{a} = \frac{6 \cdot 250 \cdot 15}{210} \sim 110 \text{ ,,}$$

$$\text{,, ,, IV: } c_a = \frac{6H \cdot n_4}{a} = \frac{6 \cdot 250 \cdot 10}{210} \sim 70 \text{ ,,}$$

Da sich die Geschwindigkeiten beim Niedergang und Hochgang des Stößels wie $\frac{\beta}{\alpha}$ verhalten, so ist

$$\frac{c_a}{c_r} = \frac{\beta}{\alpha}$$

und die Rücklaufgeschwindigkeit:

$$c_r = c_a \frac{\alpha}{\beta} = c_a \frac{210}{150} = \frac{7}{5} c_a,$$

$$c_r = \frac{7}{5} c_a.$$

$$\text{Riemen auf I: } c_r = \frac{7}{5} \cdot 215 \sim 300$$

$$\text{,, ,, II: } c_r = \frac{7}{5} \cdot 145 \sim 200$$

$$\text{,, ,, III: } c_r = \frac{7}{5} \cdot 110 \sim 150$$

$$\text{,, ,, IV: } c_r = \frac{7}{5} \cdot 70 \sim 100$$

Größter Kurbeldurchmesser, auf den der Kurbelzapfen Z einzustellen ist. Nach Abb. 32:

$$\cos \frac{\beta}{2} = \frac{r_{\max}}{300}, \quad \text{für } \frac{\beta}{2} = 75^\circ.$$

$$r_{\max} = 300 \cdot \cos \frac{\beta}{2} = 300 \cdot 0,25 = 75 \text{ mm.}$$

b) Die Umsteuerungen.

Die Umsteuerungen haben die Hauptbewegung umzusteuern. Bei den Maschinen mit gerader Hauptbewegung ist also der Hobeltisch oder der Stößel umzusteuern. Der wirtschaftliche Betrieb einer Werkzeugmaschine mit gerader Hauptbewegung stellt an die Umsteuerung die Bedingung, daß der Rücklauf beschleunigt wird und daß für die verschiedenen Werkstücke mehrere Schnittgeschwindigkeiten vorhanden sind. Die Güte der Arbeit verlangt, daß das Umsteuern stoßfrei vor sich geht.

Das Umsteuern kann erfolgen:

1. durch Räder: Räderumsteuerung;
2. „ Riemen: Riemenumsteuerung;
3. „ Kupplungen: Kupplungsumsteuerung;
4. „ den Elektromotor: elektrische Umsteuerung.

1. Die Räderumsteuerungen.

a) Die Stirnräderwendegetriebe.

Soll mit Stirnrädern umgesteuert werden, so müssen abwechselnd 2 und 3 Räder arbeiten (Abb. 37). Liegt der Riemen auf der Scheibe *A*, so bewirkt das Räder-

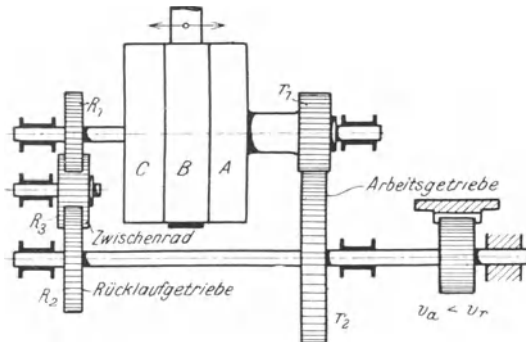


Abb. 37. Stirnräderwendegetriebe.

paar $\frac{r_1}{r_2}$ den langsamen

Arbeitsgang der Maschine. Kommt der Riemen auf *C*, so treibt

$\frac{R_1}{R_2}$ den Tisch zurück, dabei steuert das Zwischenrad R_3 um. Da das Getriebe $\frac{R_1}{R_2}$ ins

Schnelle übersetzt, so

erfolgt der Rücklauf beschleunigt. Das stoßfreie Umsteuern ist dadurch gewahrt, daß der Riemen immer erst über die breite Losscheibe *B* muß, bevor er auf die Gegenscheibe kommt. Hierdurch gewinnt der Tisch jedesmal Zeit für einen ruhigen Auslauf.

b) Die Kegelhäderwendegetriebe.

Für das Umsteuern mit Kegelhädern genügt es schon, wenn das Hauptträd *R* abwechselnd von den beiden Gegenrädern *r* und *r'* betrieben wird. Liegt der Riemen auf *C* (Abb. 38), so treibt $\frac{r'}{R}$ den langsamen Arbeitsgang des Tisches. Wird der Riemen auf *A* verschoben, so voll-

zieht $\frac{r}{R}$ den beschleunigten Rücklauf. Das ruhige Umsteuern ist auch hier durch die breite Losscheibe *B* gesichert.

Die Räderumsteuerungen arbeiten selten vollkommen stoßfrei; sie werden daher bei Genauigkeitsmaschinen selten angewandt, dagegen häufiger bei Blechbearbeitungsmaschinen.

2. Die Riemenumsteuerungen.

Die Riemenumsteuerungen steuern durch einen offenen und einen gekreuzten Riemen um, die abwechselnd auf ihre Fest- und Losscheiben geschoben werden. Soll dabei der Rücklauf beschleunigt werden, so muß der Rücklaufriemen ins Schnelle übersetzen. Hierfür sind in Abb. 39 die Rücklaufscheiben an der Maschine kleiner gehalten als die Arbeits-scheiben. Das stoßfreie Umsteuern hängt von der Riemenverschiebung ab. Bedingung ist, daß der jeweils treibende Riemen auf die Losscheibe kommt, bevor der zweite seine Festscheibe erreicht. In der Zwischenzeit kann der Tisch auslaufen. Das Verschieben der beiden Riemen kann gleichzeitig erfolgen oder auch nacheinander.

a) Riemenwendegetriebe mit gleichzeitiger Riemenverschiebung.

Die gleichzeitige Riemenverschiebung erfordert als äußeres Kennzeichen eine Stange mit 2 Gabeln und 2 breite Losscheiben (Abb. 39). Wird aus dem Arbeitsgang in den Rücklauf umgesteuert, so wird der Tisch die Steuerstange mit den

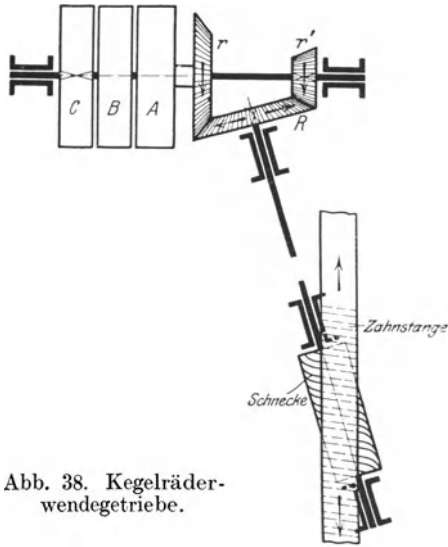


Abb. 38. Kegelrädere-wendegetriebe.

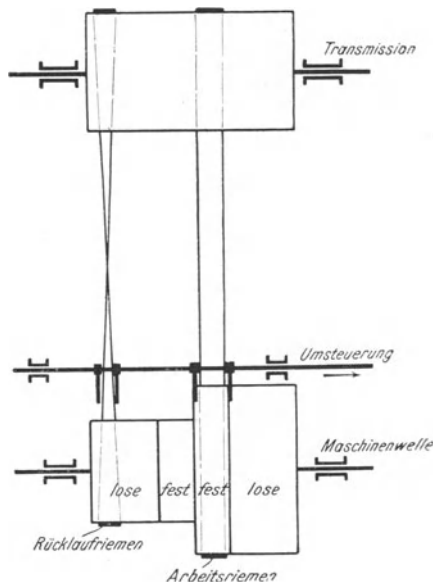


Abb. 39. Riemenumsteuerung mit gleichzeitiger Riemenverschiebung.

Gabeln nach rechts ziehen. Dabei kommt zuerst der offene Arbeitsriemen von der schmalen Festscheibe auf die breite Losscheibe. Der gekreuzte Rücklaufriemen bleibt aber noch kurze Zeit auf seiner breiten Losscheibe. In dieser Zeit kann der Tisch auslaufen. Die Steuerstange bringt schließlich den Rücklaufriemen auf die Festscheibe, so daß der Tisch in den beschleunigten Rücklauf umsteuert.

Das stoßfreie Umsteuern ist aber nur möglich, wenn die Losscheiben mindestens doppelt so breit wie die Festscheiben sind. Die gleichzeitige Riemenverschiebung erfordert daher viel Platz, und die Riemen müssen um große Wege verschoben werden. Hierdurch wird bei dem häufigen Umsteuern ein starker Riemenverschleiß verursacht.

β) Riemenwendegetriebe mit aufeinanderfolgender Riemenverschiebung.

Die Nachteile der gleichzeitigen Riemenverschiebung werden gemildert, wenn die Riemen nacheinander verschoben werden. (Abb. 40.) Es erfordert als äußeres Merkmal 2 Steuerstangen a und b mit je einer Gabel und einen Steuerschieber S mit \sqcap -förmiger Nut. Das Umsteuern erfolgt hierbei wie folgt:

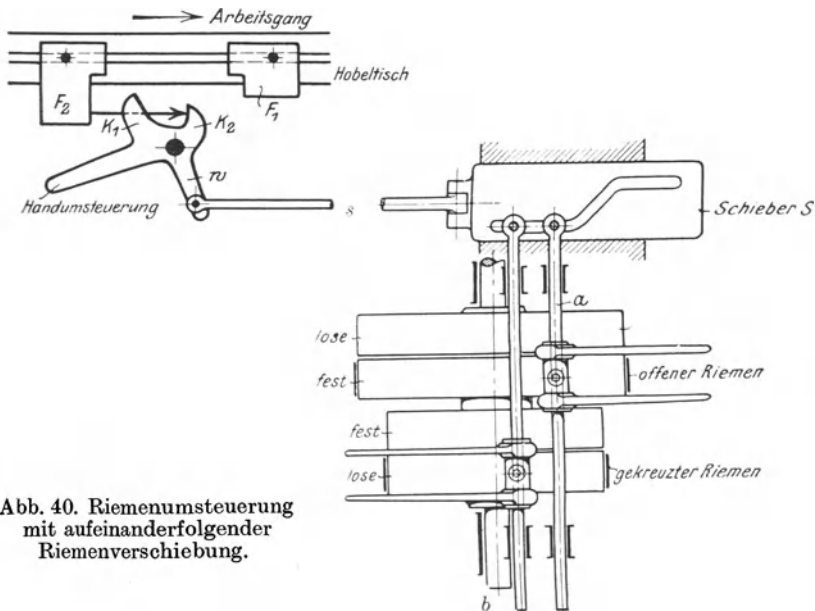


Abb. 40. Riemenumsteuerung mit aufeinanderfolgender Riemenverschiebung.

Steuert der Tisch aus dem Arbeitsgang in den Rücklauf um, so stößt die Knagge F_2 gegen K_2 und legt den Steuerhebel w herum, der mit der Stange s den Steuerschieber S nach links zieht. Dabei wird die Steuernut mit der Stange a den Arbeitsriemen von der Festscheibe

auf die Losscheibe bringen, während der Rücklaufriemen für den ruhigen Auslauf des Tisches noch kurze Zeit auf der Losscheibe bleibt. Sobald die ansteigende Nut die Stange b faßt, wird auch der Rücklaufriemen auf die feste Scheibe gezogen und der Hobeltisch dadurch in den Rücklauf umgesteuert. Die beiden Riemen werden also durch die beiden Stangen und den Steuerschieber S nacheinander verschoben. Die Losscheiben können daher schmaler sein und die Riemenwege etwas größer als die Riemenbreite. Infolgedessen wird die aufeinanderfolgende Riemenverschiebung weniger Platz erfordern und auch einen geringeren Riemenverschleiß verursachen.

3. Die Kupplungsumsteuerung.

Das Verschieben der Riemen verursacht bei dem starken Riemenverschleiß hohe Betriebskosten. Sie können bei großen Hobelmaschinen, die viel zum Kurzhobeln benutzt werden, auf 300 M. für das Jahr geschätzt werden. Will man diese Unkosten vermindern, so müssen die Riemen liegen bleiben und die Scheiben abwechselnd gekuppelt werden. Hierzu wird meist die Vulkankupplung (Abb. 41) angewandt, die durch Elektromagnete kuppelt.

Beim Umsteuern in den Arbeitsgang erhalten die Magnetspulen E_1 Strom. Die Stufenscheibe S wird daher mit der festgekeilten Ankerscheibe M gekuppelt, so daß der Arbeitsriemen den Tisch treibt. Beim Umsteuern in den Rücklauf wird der erste Kontakt ausgeschaltet und ein zweiter eingeschaltet. Die Magnetspulen E_2 erhalten jetzt Strom. Die Rücklaufscheibe R wird daher mit M gekuppelt, während S durch die Federn f zurückgeschoben wird. Der

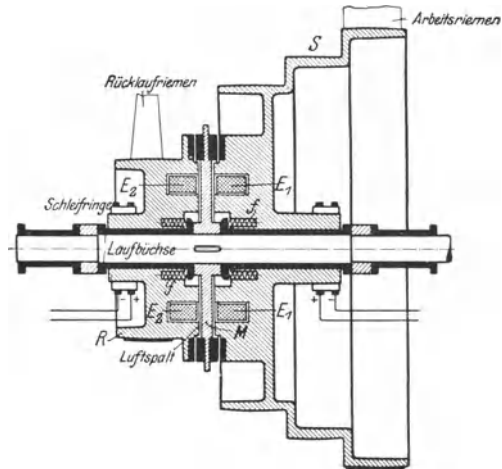


Abb. 41. Elektromagnetische Kupplungsumsteuerung.

Hobeltisch vollzieht also den schnellen Rücklauf. Die Riemenverschiebung ist daher durch das elektromagnetische Ein- und Ausrücken der Kupplung ersetzt. Mit der Stufenscheibe S sind zugleich mehrere Geschwindigkeiten geboten für das Schruppen und Schlichten der Werkstücke mit Werkzeugstahl und Schnellstahl. Der Antrieb bietet also eine bessere Ausnutzung der Maschine.

4. Die elektrische Umsteuerung.

Das elektrische Umsteuern geschieht mit dem Reversier- oder Umkehrmotor, dessen Umschalter und Anlasser durch die Knaggen des Tisches betätigt werden. Das Umsteuern mit dem Motor empfiehlt sich jedoch nur bei schweren Maschinen, bei denen sich die elektromagnetischen Kupplungen zu stark erwärmen. Ist der Umkehrmotor regelbar, so übernimmt er auch den Geschwindigkeitswechsel.

c) Die Ausrückung.

Die Ausrückvorrichtung hat die Maschine nach Bedarf ein- und auszurücken. Diese Ausrückung kann bei den Maschinen mit Stufenscheibenantrieb dadurch erfolgen, daß der Antriebsriemen des Deckenvorgeleges mit einer Stange *c*, wie in Abb. 42, von der rechten Festscheibe auf die linke Losscheibe gebracht wird. Hierzu muß der Arbeiter bei langen Maschinen stets zum Ausrückhebel laufen. Eine Erleichterung ist bei den Maschinen mit Stufenrädernantrieb erreicht. Bei ihnen wird die Einscheibe *E* (Abb. 22) zum Ein- und Ausrücken der Maschine gekuppelt und entkuppelt und zwar mit einer Stange, die sich über die ganze Maschine erstreckt, so daß sie der Dreher von seinem jeweiligen Stande bequem fassen kann.

Die Massenherstellung verlangt von ihren Arbeitsmaschinen Selbstausrückung. So muß sich die Zahnradfräsmaschine stillsetzen, sobald das Rad fertig ist und der Schraubenselbstausrückung, sobald die Rohstange abgearbeitet ist. Eine derartige Selbstausrückung läßt sich am Deckenvorgelege durch ein Fallgewicht oder eine Spiralfeder erreichen, die den Riemen auf die Losscheibe schnellt. Die Spiralfeder *a* ist in Abb. 42 auf das Gegengende der Riemenstange *b* gesteckt. Mit dem Handhebel *c*

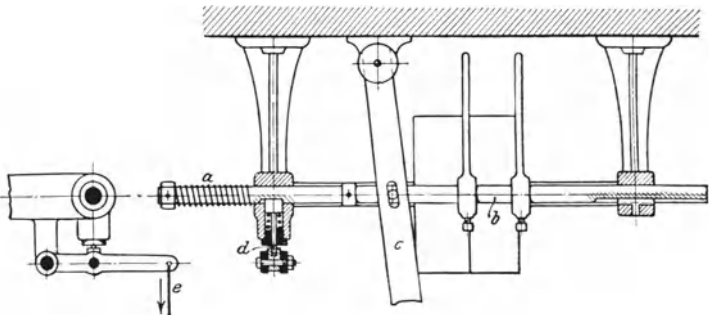


Abb. 42. Selbstausrücker.

wird die Maschine eingerückt. Dabei wird die Feder *a* angespannt und die Stange *b* durch den Schnäpper *d* in ihrer Lage gehalten. Ist der letzte Zahn gefräst oder die letzte Schraube abgestochen, so zieht die Maschine mit der Schnur *e* den Schnäpper *d* aus der Stange *b* zurück.

Infolgedessen wird die Feder *a* die Stange *b* nach links zurückschnellen und dadurch den Riemen von der Fest- auf die Losscheibe bringen. Die Maschine ist damit stillgesetzt.

B. Die Schaltgetriebe oder Schaltsteuerungen.

Die Schaltgetriebe haben:

1. die Schalt- oder Vorschubbewegung zu erzeugen,
2. sie nach Bedarf umzusteuern und
3. den Vorschub nach der Härte des Werkstückes zu regeln.

Sind gerade Schaltbewegungen zu erzeugen, so wird ein Schlitten, z. B. der Werkzeugschlitten der Drehbank, durch Schraube und Mutter, Zahnrad und Zahnstange oder Schnecke und Zahnstange geschaltet. Für die geraden Vorschübe kommen also die Getriebe der geraden Schnittbewegung in Betracht. Ist eine kreisförmige Schaltbewegung hervorzubringen, wie beim Rundstoßen und Rundfräsen, so wird eine Drehscheibe meist durch ein Schneckengetriebe, seltener durch Räder- oder Riementriebe geschaltet.

Die Werkzeugmaschinen mit kreisender Hauptbewegung arbeiten in der Regel mit Dauervorschüben, die sich auf die ganze Dauer des Arbeitsganges erstrecken. Ihre Schaltsteuerung muß daher während der ganzen Arbeitszeit der Maschine schalten. Die Werkzeugmaschinen mit gerader Hauptbewegung haben Ruckvorschübe, die beim Umsteuern des Tisches oder Stößels aus dem Rücklauf in den Arbeitsgang zu erzeugen sind. Die Schaltsteuerung dieser Maschinen dürfen daher nur in diesem Augenblick schalten, während der übrigen Zeit müssen sie stillstehen.

1. Die Schaltsteuerungen für Dauervorschübe.

Die Schaltsteuerungen für Dauervorschübe können, da sie ständig arbeiten müssen, durch Riemen, Ketten oder Räder angetrieben werden. Sollen sie auch die 2. und 3. Bedingung erfüllen, so müssen sie eine Umsteuerung und einen Vorschubwechsel enthalten.

Der Riemenantrieb hat den Vorzug, daß er gleitet, sobald die Maschine überlastet wird. Er bietet also eine gewisse Sicherheit gegen Zahnbrüche. Bei schweren Maschinen zieht er jedoch nicht genügend durch. Seine Anwendung ist daher meist nur

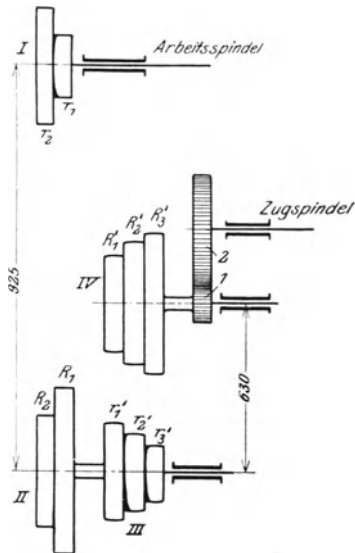


Abb. 43. Riemenantrieb der Schaltsteuerung.

auf leichte und mittlere Maschinen zu beschränken. Die Größe des Vorschubes läßt sich in Abb. 43 durch Verlegen der beiden Riemen ändern. Der vordere Riemen ist zweimal und der hintere dreimal zu verlegen. Es sind daher 2×3 Vorschübe möglich. Die gleiche Zahl Vorschübe läßt sich auch durch Umstecken von zwei dreiläufigen Scheiben erreichen. Voraussetzung ist jedoch, daß diese Scheiben verschieden groß und zum handlichen Umstecken fliegend angeordnet sind. Das Umsteuern der Schaltbewegung besorgt meist ein Räderwendegetriebe.

Der Kettenantrieb arbeitet im Vergleich zum Riemen zwangsläufig. Er ist daher für schwere Maschinen besonders geeignet. Der Größenwechsel des Vorschubes ist jedoch mit der Kette umständlich, weshalb er meist mit Rädern ausgeführt wird (Abb. 45). Ebenso wird das Umsteuern mit einem Räderwendegetriebe besorgt.

Der Räderantrieb wird heute in der Zeit des Schnellstahles allgemein bevorzugt. Er gewährt durch seine Zwangsläufigkeit genauere Vorschübe als der gleitende Riemen. Infolgedessen ist der Räderantrieb

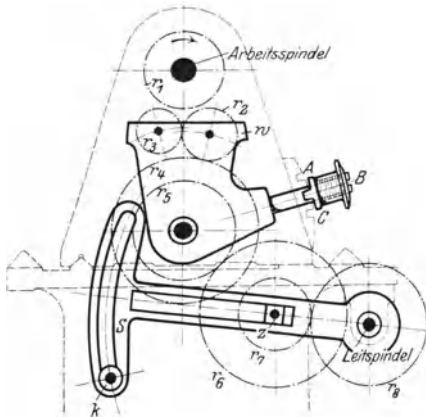


Abb. 44. Räderantrieb der Leitspindel.

der Schaltsteuerungen beim Gewindeschneiden, bei dem es auf hohe Genauigkeit der Steigungen ankommt, geradezu eine Notwendigkeit. Die Leitspindel der Drehbank wird daher durch Räder nach Abb. 44 von der Drehspindel angetrieben. Für das Schneiden von Rechts- und Linksgewinde kann die Leitspindel mit dem Wendeherz w umgesteuert werden. Stellt man w auf C , so hat die Leitspindel Linkslauf und auf A Rechtslauf. Das Umsteuern geschieht also durch die Herzräder r_2 , r_3 , von denen bei C beide und bei A nur r_2 in Eingriff steht. Stellt man w auf B , so ist der Leitspindelantrieb ausgerückt.

Die Größe der Vorschübe wird für die verschiedenen Gewindesteigungen mit den Wechselrädern r_5 — r_8 geändert, die zum Auswechseln vor dem Kopf der Bank leicht zugänglich sind. Das Einsetzen der verschieden großen Räder erfordert eine Wechselräderschere S mit einem verstellbaren Zapfen z , auf den die mittleren Räder r_6 , r_7 gesteckt werden. Die Schere ist um die Leitspindel drehbar, so daß sie durch Rechtsdrehen die Räder in Eingriff bringt. Mit der Klemmschraube k wird sie in ihrer Arbeitsstellung festgeklemmt.

Übersetzung des Räderantriebes.

$$\begin{aligned}
 w \text{ auf } C: \varphi &= \left(\frac{r_1}{r_3} \cdot \frac{r_3}{r_2} \cdot \frac{r_2}{r_4} \right) \left(\frac{r_5}{r_6} \cdot \frac{r_7}{r_8} \right) \\
 w \text{ auf } A: \varphi &= \left(\frac{r_1}{r_2} \cdot \frac{r_2}{r_4} \right) \left(\frac{r_5}{r_6} \cdot \frac{r_7}{r_8} \right)
 \end{aligned}
 \left. \vphantom{\begin{aligned} w \text{ auf } C: \varphi \\ w \text{ auf } A: \varphi \end{aligned}} \right\} = \begin{array}{c} \frac{r_1}{r_4} \cdot \left(\frac{r_5}{r_6} \cdot \frac{r_7}{r_8} \right) \\ \downarrow \qquad \qquad \downarrow \\ w \qquad \qquad \qquad S \end{array}$$

Die Übersetzung ist also in beiden Stellungen von w gleich, da die Herzkäder r_2, r_3 nur umsteuern. Sind die Räder r_1 und r_4 gleich, so haben nur die Wechselräder Einfluß auf die Übersetzung:

$$\varphi = \frac{r_5}{r_6} \cdot \frac{r_7}{r_8}$$

Die Wechselrädernetriebe.

Der Nachteil der Wechselräderschere liegt darin, daß das Auswechseln und Einsetzen der Wechselräder r_5 – r_8 viel Zeit erfordert. Der Zeitaufwand fällt besonders ins Gewicht, wenn der Vorschub häufiger gewechselt werden muß. Muß der Dreher im Tage z. B. zehnmal die Räder auswechseln, so verursacht dies einen Zeitverlust von etwa 50 Min. Man kann diesen Zeitverlust dadurch kürzen, daß man die für die ge-

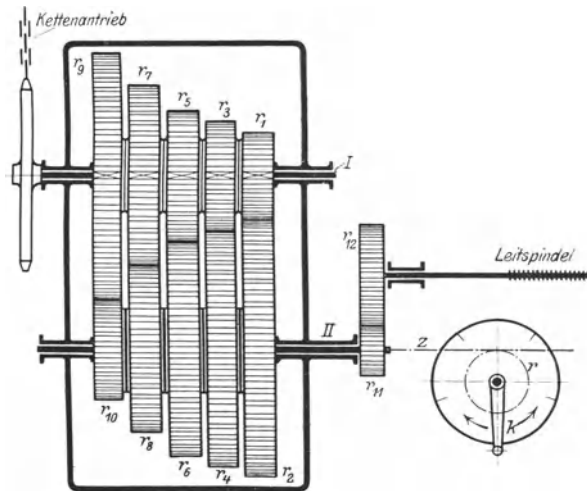


Abb. 45. Ziehkeil-Wechselrädernetriebe.

bräuchlichsten Vorschübe erforderlichen Räderpaare gleich in einem Kasten einbaut, wie dies bei den Wechselrädernetrieben der Fall ist. Von diesen Räderpaaren darf wie bei den Stufenrädernetrieben immer nur eins arbeiten, die anderen müssen lose mitlaufen. Die Wechselrädernetriebe sind daher ebenfalls mit Kuppel- oder Verschieberädern einzurichten.

Bei dem Ziehkeil-Wechselrädernetriebe in Abb. 45 sind 5 Räderpaare für 5 Vorschübe vorgesehen. Die obere Rädergruppe

ist auf *I* festgekeilt, die untere besteht aus 5 Kuppelrädern. In der hohlen Welle *II* liegt in einem langen Schlitz ein Ziehkeil *Z* (Abb. 46), der beim Drehen der Kurbel *k* von einem Rade ins andere gezogen wird und hier durch Federdruck in die Keilnut *n* einspringt. Um hierbei das gleichzeitige Kuppeln von 2 Räderpaaren zu verhindern, drücken die Ringe *s* den Ziehkeil *Z* jedesmal zurück.

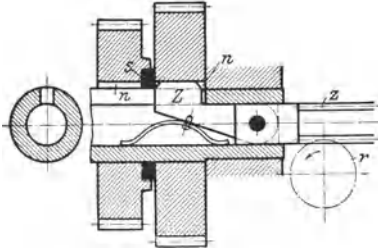


Abb. 46. Ziehkeil.
n = Keilnut, *s* = Ring, *z* = Ziehkeil-
rundzahnstange zum Verstellen des
Ziehkeiles *Z*.

Wenn möglich, soll der Ziehkeil in der getriebenen Welle liegen, damit die Kuppelräder nicht ins Schnelle getrieben werden und das Öl herausschleudern. Der Hauptvorzug dieses Getriebes ist, daß mit der Kurbel *k* der Vorschub jederzeit ohne nennenswerte Zeitverluste nach einer Zahlentafel eingestellt werden kann.

Bei dem Norton-Wechselrädergetriebe in Abb. 47 ist die untere Rädergruppe der Abb. 45 durch das Verschieberad *r* und das

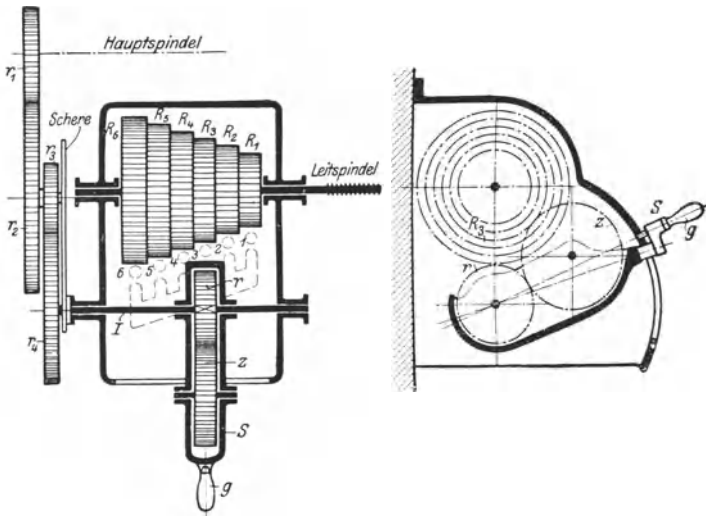


Abb. 47. Norton-Vorschubantrieb.

Schwenkrad *z* ersetzt. Dadurch ist die Zahl der Räder stark vermindert. Während das einfache Ziehkeilgetriebe für 6 Vorschübe 12 Räder verlangt, würde das Nortongetriebe nur $6 + 2$ Räder beanspruchen. Der Vorschub wird beim Nortongetriebe mit der Tasche *S* geändert, die sich

auf die verschiedenen Käme 1—6 einstellen läßt. Mit der Norton-tasche S kann nämlich das Schwenkrad z auf jedes der Räder $R_1—R_6$ eingeschwenkt werden. Hierzu ist sie mit dem Federgriff g auszuklinken, vor das betreffende Rad zu verschieben, einzuschwenken und einzuklinken. Auch bei diesem Vorschubgetriebe kann man die Vorschübe nach einer Tafel einstellen.

Die Wechselrädergetriebe sind bei allen Maschinen zu empfehlen, bei denen ein häufiger Vorschubwechsel erforderlich wird, weil sie das Auswechseln der Wechselräder durch ein Verstellen des Ziehkeils oder der Stelltasche ersetzen. Es sind dies wieder die Maschinen für die Einzelfertigung, wie Drehbänke, Fräsmaschinen, Bohrmaschinen usw. Bei leichten und mittelschweren Maschinen genügt es, diese Rädergetriebe durch Riemen anzutreiben. Bei schweren Maschinen ist der Ketten- oder Räderantrieb vorzuziehen. Rechnet man für das Einstellen des Ziehkeils $\frac{1}{4}$ Min., der Stelltasche $\frac{1}{2}$ Min., so wäre bei zehnmalem Räderwechsel der Zeitverlust auf $2\frac{1}{2}$ Min. oder 5 Min. vermindert gegen 50 Min. bei der Wechselräderschere.

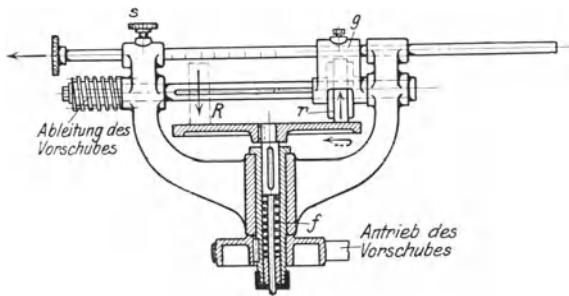


Abb. 48. Reibscheibenantrieb.

Der Reibscheibenantrieb des Vorschubes (Abb. 48) gewährt einen raschen Vorschubwechsel und ein bequemes Umsteuern. Er ersetzt also Wechselräder und Wendeherz. Für kleine Vorschübe ist die Reibscheibe r auf R nach der Mitte und für große nach außen zu schieben. Zum Umsteuern des Vorschubes hat man r über die Mitte hinaus zu ziehen. Hierzu läßt sich r mit dem Knopf nach dem Maßstab verschieben und mit der Schraube s feststellen. Die Durchzugskraft des Antriebes, die durch die Feder f hervorgebracht wird, genügt aber nur für leichte Maschinen.

Aufgabe 1. Es sind die Vorschübe des Nortongetriebes in Abb. 47 zu berechnen. Die Wechselräder haben $z_1 = 12$, $z_2 = 36$, $z_3 = 15$, $z_4 = 30$. Das Verschieberad r hat 20 Zähne. Die Räder auf der Leitspindel haben 56, 52, 48, 44, 40, 36. Die Leitspindel hat 6 mm Steigung.

$$\delta_1 = \frac{12}{36} \cdot \frac{15}{30} \cdot \frac{20}{56} \cdot 6 = 0,357 \text{ mm.}$$

$$\delta_2 = \frac{12}{36} \cdot \frac{15}{30} \cdot \frac{20}{52} \cdot 6 = 0,385 \text{ mm}$$

$$\delta_3 = \frac{12}{36} \cdot \frac{15}{30} \cdot \frac{20}{48} \cdot 6 = 0,417 \text{ ,,}$$

$$\delta_4 = \frac{12}{36} \cdot \frac{15}{30} \cdot \frac{20}{44} \cdot 6 = 0,455 \text{ ,,}$$

$$\delta_5 = \frac{12}{36} \cdot \frac{15}{30} \cdot \frac{20}{40} \cdot 6 = 0,500 \text{ ,,}$$

$$\delta_6 = \frac{12}{36} \cdot \frac{15}{30} \cdot \frac{20}{36} \cdot 6 = 0,556 \text{ ,,}$$

Aufgabe 2. Bei dem Ziehkeilgetriebe in Abb. 45 hat der Kettenantrieb die Übersetzung 1:3, das erste Räderpaar $\frac{r_1}{r_2} = \frac{12}{48}$, $\frac{r_3}{r_4} = \frac{16}{44}$, $\frac{r_5}{r_6} = \frac{20}{40}$, $\frac{r_7}{r_8} = \frac{24}{36}$, $\frac{r_9}{r_{10}} = \frac{28}{32}$.

Das Vorgelege hat $\frac{r_{11}}{r_{12}} = \frac{12}{36}$ und die Leitspindel 6 mm Steigung.

$$\delta_1 = \frac{1}{3} \cdot \frac{r_1}{r_2} \cdot \frac{r_{11}}{r_{12}} \cdot 6 = \frac{1}{3} \cdot \frac{12}{48} \cdot \frac{12}{36} \cdot 6 = 0,167 \text{ mm.}$$

$$\delta_2 = \frac{1}{3} \cdot \frac{r_3}{r_4} \cdot \frac{r_{11}}{r_{12}} \cdot 6 = \frac{1}{3} \cdot \frac{16}{44} \cdot \frac{12}{36} \cdot 6 = 0,242 \text{ ,,}$$

$$\delta_3 = \frac{1}{3} \cdot \frac{r_5}{r_6} \cdot \frac{r_{11}}{r_{12}} \cdot 6 = \frac{1}{3} \cdot \frac{20}{40} \cdot \frac{12}{36} \cdot 6 = 0,333 \text{ ,,}$$

$$\delta_4 = \frac{1}{3} \cdot \frac{r_7}{r_8} \cdot \frac{r_{11}}{r_{12}} \cdot 6 = \frac{1}{3} \cdot \frac{24}{36} \cdot \frac{12}{36} \cdot 6 = 0,444 \text{ ,,}$$

$$\delta_5 = \frac{1}{3} \cdot \frac{r_9}{r_{10}} \cdot \frac{r_{11}}{r_{12}} \cdot 6 = \frac{1}{3} \cdot \frac{28}{32} \cdot \frac{12}{36} \cdot 6 = 0,583 \text{ ,,}$$

2. Die Schaltsteuerung für Rückvorschübe.

Die Schaltsteuerung darf bekanntlich bei den Maschinen mit gerader Hauptbewegung nur arbeiten, wenn der Hobeltisch oder Stößel aus dem Rücklauf in den Arbeitsgang umsteuert. Bei der Stoßmaschine muß daher das Schalten des Tisches in der höchsten Stellung des Stößels erfolgen. Hierzu wird die Schaltsteuerung in Abb. 49 durch die Nutenscheibe N angetrieben. Ihre Kennzeichnung liegt in der ausgekragten Steuernut ABC . Umläuft die ansteigende Nut AB den Zapfen Z , so kommt der Hebel h in die punktierte Lage. Die Stange s wird den Winkelhebel w nach rechts drehen und die Schaltklinke k das Schalt-
rad S mitnehmen. Dieser kurze Ausschlag des Schaltwerkes S wird durch die Nut AB erzeugt und durch die Kegelräder 1–4 und die Stirnräder 5, 6 auf die Spindel q übertragen, die den Querschlitten Q des Arbeitstisches mit einem Ruck um den Vorschub verschiebt. Gleich darauf bringt die Nut BC den Hebel h in die alte Lage zurück. Die Steuerstange s geht hoch, und der Winkel w schlägt nach links aus. Die Schaltklinke k wird daher über mehrere Zähne in die alte Lage zurückklinken, der Querschlitten aber stehen bleiben. Die Nut AB verursacht also das Schalten, und die Nut BC zieht die Steuerung für das nächste Schalten auf. Die Größe des Vorschubes wird durch Ver-

stellen des Zapfensteines x geändert. Er ist für große Vorschübe nach rechts, für kleine nach links zu verschieben. Soll die Maschine nach

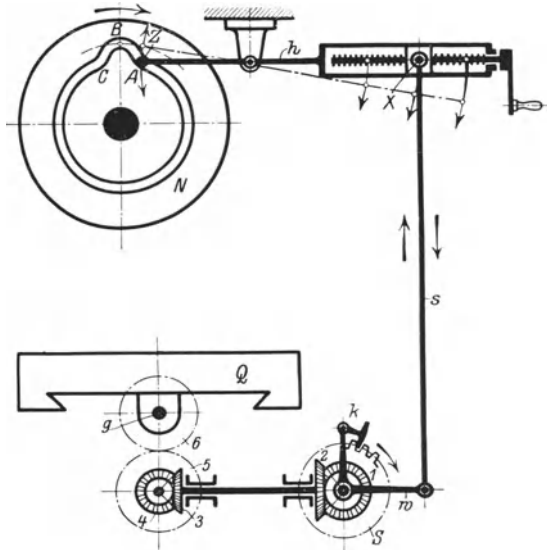


Abb. 49. Schaltsteuerung der Stoßmaschine.

beiden Richtungen arbeiten können, so muß der Vorschub umgesteuert werden. Hierzu ist die doppelte Schaltklinke k nach links herumzulegen.

IV. Die Lagerungen und Führungen der Hauptteile einer Werkzeugmaschine.

a) Die Spindellager.

Die Güte der Arbeit hängt bei den Maschinen mit kreisender Hauptbewegung in hohem Maße von der Hauptspindel und ihrem Lauf ab. Soll die Maschine genaue Arbeit gewährleisten, so darf ihre Arbeitsspindel nicht zittern und schlagen, damit das Werkstück oder Werkzeug ruhig läuft.

Das Zittern und Schlagen der Spindel kann verursacht werden 1. durch zu schwache Abmessungen und 2. durch eine schlechte Lagerung. Die Güte der Arbeit verlangt daher eine Spindel, die sich unter dem Riemenzug, dem Gewicht des Werkstückes und dem Druck des Werkzeuges nicht verbiegt. Die Gleichung $f = \frac{Pl^3}{CE \frac{\pi d^4}{64}}$ lehrt nämlich, daß

die Durchbiegung f der Spindel mit l^3 zunimmt und mit d^4 abnimmt. Die wichtigste Forderung für gute Arbeit ist daher eine kurze und

dicke Spindel aus widerstandsfähigem Baustoff (E_{\max}), die bei den Stufenrädertrieben noch vom Riemenzug entlastet ist (P_{\min}).

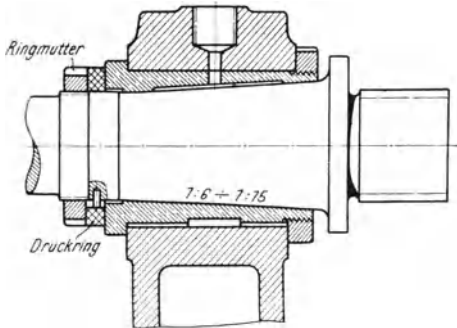


Abb. 50. Hauptlager mit Kegelzapfen.

nehmen. Dazu kommt noch die wichtigste Forderung, daß die Lage der Spindel nachstellbar sein muß.

Die Nachstellbarkeit der Spindellagerung kann mit einem Kegelzapfen oder mit einer Kegelschale erreicht werden. Das Hauptlager (Abb. 50) hat einen Kegelzapfen, der mit der Ringmutter wie ein Hahnkücken angezogen wird, so daß er an allen Stellen schließt.

Das Endlager (Abb. 51) hat ebenfalls einen Kegelzapfen, der durch Anziehen der Schale schließt.

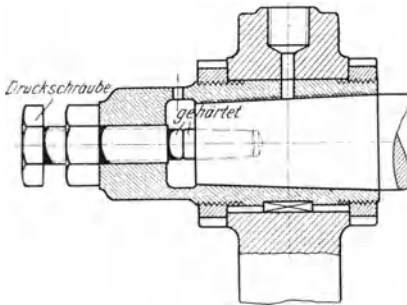


Abb. 51. Endlager.

Soll die Spindel nicht schlagen, so darf sie sich in ihren Lagern weder längs noch quer bewegen. Sie muß also in ihren Lagern unverschiebbar sein und genau rund laufen. Der größte Feind einer ruhig laufenden Spindel sind ausgelaufene Lager. Sie sind daher möglichst lang zu halten, die Zapfen zu härten und die Schalen aus harter Phosphorbronze oder gar aus Stahl zu

nehmen. Dazu kommt noch die wichtigste Forderung, daß die Lage der Spindel nachstellbar sein muß.

Die Nachstellbarkeit der Spindellagerung kann mit einem Kegelzapfen oder mit einer Kegelschale erreicht werden. Das Hauptlager (Abb. 50) hat einen Kegelzapfen, der mit der Ringmutter wie ein Hahnkücken angezogen wird, so daß er an allen Stellen schließt.

Das Endlager (Abb. 51) hat ebenfalls einen Kegelzapfen, der durch Anziehen der Schale schließt.

In der Rückwand der Schale sitzt eine Druckschraube zur Entlastung der beiden Lager. Beim Drehen nach dem Spindelstock wird der Spindelstock demnach von den beiden Zapfen und der Druckschraube aufgefangen. Beim Drehen nach dem Reitstock nehmen der Druckring und die Ringmutter am Hauptlager den Zug der Spindel auf. Zum Nachstellen der Spindel ist zunächst das Endlager zu lösen, hierauf die

Ringmutter am Hauptlager anzuziehen und das Endlager mit der Druckschraube wieder einzustellen.

Bei dem Hauptlager in Abb. 52 läuft die Spindel in einer Kegelschale. Sie ist zum Nachstellen wie die Kegel der Sellerskupplung unten bei b aufgeschnitten und zum guten Anschmiegen an den Zapfen bei a mehrfach angeschnitten. Gegen Querschlagen der Spindel ist daher die rechte Ringmutter zu lösen, die linke anzuziehen und hierauf ebenfalls die rechte. Dieses Hauptlager gestattet also, nur das Quer-

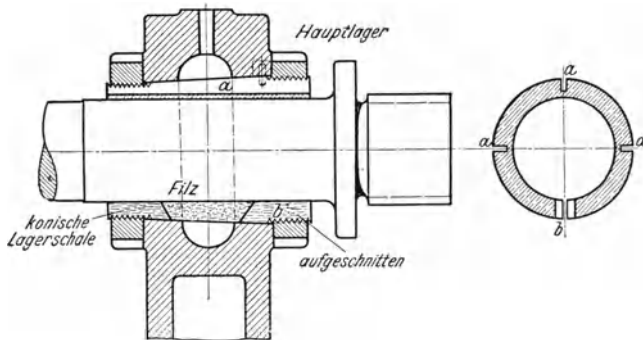


Abb. 52. Hauptlager mit Kegelschale.

schlagen zu beseitigen. Gegen Längsschlagen ist die Spindel im Endlager (Abb. 53) durch 3 Druckringe festgelegt.

Der mittlere Druckring *b* ist auf der Spindel durch die Ringmutter *d* festgezogen und durch die Feder *f* gezwungen, mit der Spindel zu laufen. An der Lagerschale sitzt der Druckring *c* und in der Kappe *m* der Druckring *a*. Der Spindel-
druck wird daher von *b* auf *a* und *m* übertragen und der Spindelzug von *b* und *c* aufgefangen. Zum Nachstellen der Spindel gegen Längsschlagen ist die Ringmutter etwas zu lösen und die Kappe *m* anzuziehen. Dadurch wird das Spiel zwischen den Ringen beseitigt.

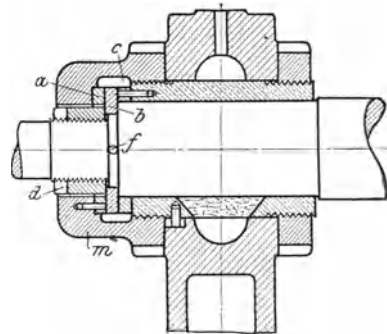


Abb. 53. Endlager oder Drucklager.

Die Kegelzapfen sind umständlicher nachzustellen als die Zylinderzapfen. Sie laufen auch leicht warm, sobald sie etwas scharf angezogen werden. Aus diesen Gründen bevorzugt man allgemein die Zylinderzapfen. Den Kegelzapfen verwendet man hier und da noch bei Frässpindeln, weil er sich dem Kegel des Fräsdornes gut anschmiegt und einen kräftigen Spindelkopf ergibt.

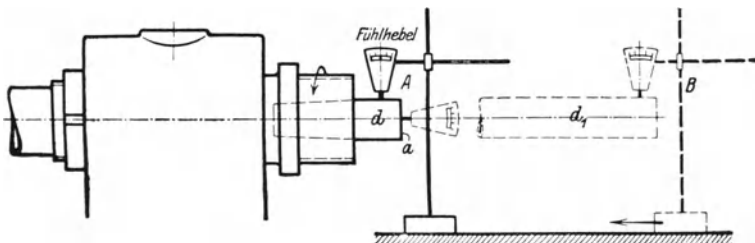


Abb. 54. Prüfen der Spindel.

Das Prüfen der Spindel auf ruhiges Laufen geschieht mit dem Fühlhebel, den man an den Prüfdorn d ansetzt (Abb. 54) und ruckweise am Riemen zieht. Das Längsschlagen wird an der senkrechten Stirnfläche a und das Querschlagen am Umfang des Dornes geprüft. Gibt der Zeiger des Fühlhebels stärkere Ausschläge an, so schlägt die Spindel und muß eingestellt werden. Schwache Ausschläge rühren von der Ölverdrängung im Lager her.

b) Die Führungen für die gerade Haupt- und Vorschubbewegung.

Bei der geraden Hauptbewegung handelt es sich um die Führung des Hobeltisches und des Stößels. Soll diese Führung genaue Arbeit sichern, so darf der Tisch weder kippen noch entgleisen noch Stöße erfahren. Wie die Spindel der kreisenden Hauptbewegung, so muß auch der Tisch und der Stößel einen ruhigen Gang haben.

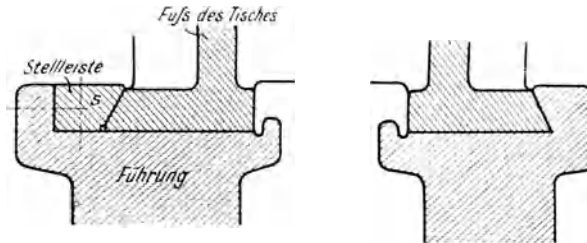


Abb. 55. Flachführung.

Die Führung des Hobeltisches ist eine Flachführung oder eine Dachführung. Bei der Flachführung kann der Stahldruck bei ungünstiger Lage des Werkstückes den Tisch um die eine Führungskante kippen. Soll es vermieden werden, so muß beim Hobeln nach rechts das Werkstück genügend weit links liegen, damit der Tisch nicht um die rechte Kante kippt. Baulich kann das Kippen auch durch schräge Seitenflächen verhindert werden (Abb. 55).

Der ruhige Gang dieser Flachführung verlangt sauber geschabte Flächen und eine Stelleiste zum Ausgleich etwaiger Querschläge (Abb. 55), sowie Ölrollen zum Schmieren der Gleitbahnen. Die Stelleiste soll fest mit dem Schlitten oder dem Bett verschraubt sein, damit sie nicht ausweichen kann.

Bei der Dachführung kann der Stahldruck den Tisch entgleisen, sobald der Dachwinkel zu groß ist. Er darf daher nur $90-100^\circ$ sein.

Die Dachflächen selbst (Abb. 56) sind sauber zu schaben und einzupassen, damit alle vier gut tragen. Die umständlichen Stelleisten fallen hier fort, da sich der Tisch unter seiner Last selbst nachstellt. Die Schmierung der Dachführung geschieht durch eingedrehte Ölrollen, die in Öl laufen und durch Federn angedrückt werden.

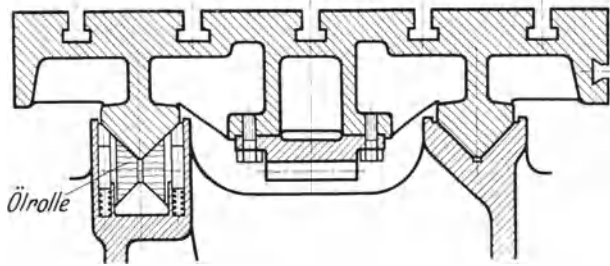


Abb. 56. Dachführung.

Das Prüfen des Hobeltisches (Abb. 57) auf ruhigen Gang geschieht mit dem Fühlhebel, den man in den Hobelschlitten spannt und mit dem Taster an den Tisch ansetzt. Der Zeiger wird dabei jeden Stoß des Tisches angeben.

Die Schlittenführungen der Vorschubbewegung sind auch Flach- oder Dachführungen. Die Flachführung verlangt für das Nachstellen gegen Querschläge Stelleisen *L*, die mit mehreren Stellschrauben *s* anzudrücken sind (Abb. 58). Die Dachführungen sind für Bettschlitten bestimmt. Sie verlangen gegen Entgleisen des Schlittens eine Führungsschiene *F* (Abb. 59). Wesentlich ist, die Führungen gegen Späne zu schützen. Der beste Schutz ist eine Schutzkappe oder -blech.

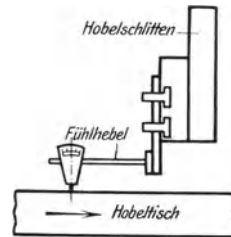


Abb. 57. Prüfen des Hobeltisches auf ruhigen Gang.

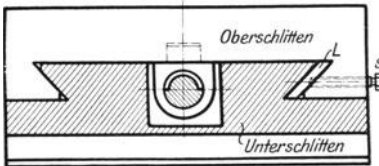


Abb. 58. Kreuzschlitten.

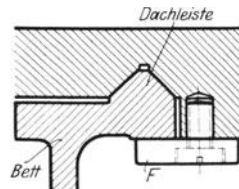


Abb. 59. Dachführung.

Auch die Schlitten der Arbeitstische oder der Werkzeugschlitten sind mit dem Fühlhebel auf ihren Gang zu prüfen. So untersucht man den Werkzeugschlitten einer Drehbank, indem man den Fühlhebel *D* in den Stahlhalter *C* spannt (Abb. 60). Bei der Flachführung setzt man den Taster an die ebene Tragfläche, bei der Dachführung an eine der schrägen Dachflächen. Zeigt der Fühlhebel Ausschläge, so sind die Stelleisen nachzustellen oder die Flächen nachzuschaben.

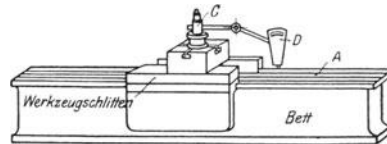


Abb. 60. Prüfen eines Schlittens.

Zweites Kapitel.

Der Aufbau der wichtigsten Werkzeugmaschinen.

1. Drehbänke.

Die Drehbänke dienen zum Abdrehen von Drehkörpern, die zwischen Spitzen oder in Einspannvorrichtungen gespannt werden. Trägt die Drehbank das abzdrehende Werkstück zwischen zwei Spitzen, so heißt sie Spitzendrehbank.

a) Die Spitzendrehbank.

Die Spitzendrehbank (Abb. 61) beansprucht für das Einspannen und für die Hauptbewegung des Werkstückes einen Spindelstock und

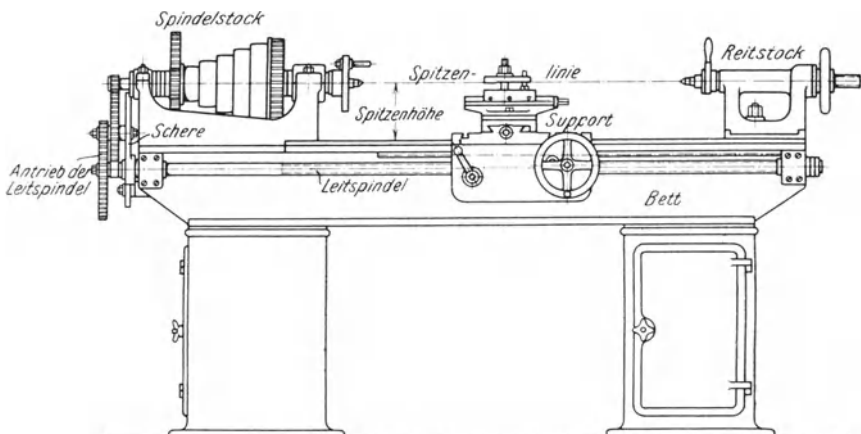


Abb. 61. Spitzendrehbank.

einen Reitstock. In dem Spindelstock ist die Hauptspindel mit der laufenden Spitze gelagert. Das angekörnte Werkstück wird auf diese Spitze gesteckt und durch Mitnehmer und Drehherz von der Spindel angetrieben. Mit der Gegenseite reitet das Werkstück auf der toten

Spitze des Reitstockes. Die Handlichkeit der Bank verlangt, daß der Reitstock rechts auf dem Bett sitzt, damit der Dreher mit der rechten Hand den Reitnagel ansetzen kann. Für den Vorschub des Werkzeuges ist ein Werkzeugschlitten erforderlich, der auf dem Bett zwischen Spindelstock und Reitstock geführt ist.

Die Hauptteile einer Drehbank sind daher: Spindelstock, Reitstock, Werkzeugschlitten und Bett, die Hauptmaße: Spitzenhöhe H und Spitzenweite L , von denen Drehdurchmesser und Drehlänge abhängen. Größter Drehdurchmesser für das Langdrehen: $D \sim 1,4 H$ mm.

„ „ „ „ Plandrehen: $D \sim 2,25 H$ mm.
Größte Drehlänge = Spitzenweite.

1. Der Spindelstock.

Der Spindelstock soll das Werkstück tragen und antreiben. Soll dabei die Leistung der Bank wirtschaftlich ausgenützt werden, so muß der Antrieb mit einer Stufenscheibe und zwei oder mehreren Rädervorgelegen erfolgen (Abb. 16 und 19). Der Spindelstock in Abb. 281 hat 3 ausrückbare Rädervorgelege, die sich durch die Verschieberäder R_1 , R_2 paarweise einschalten lassen. Dadurch erhält die Bank eine Reihe von 9 Umläufen, die gestattet, bei den verschiedenen Baustoffen die Schnittgeschwindigkeit besser auszunutzen.

Bei schweren Bänken ist der Stufenräderrantrieb wegen seiner großen Leistungsfähigkeit vorzuziehen und bei leichten Bänken für Einzelarbeiten wegen des raschen Schaltens (Abb. 22 bis 27).

Die Güte der Arbeit verlangt eine kurze, kräftige Drehschindel, die in nachstellbaren Lagern läuft und nach keiner Richtung schlägt (Abb. 50–53). Sie ist nach Abb. 54 auf ruhigen Lauf zu prüfen und mit dem langen Prüfdorn d_j auf ihre wagerechte Lage.

2. Der Reitstock.

Der Reitstock (Abb. 62) trägt den Reitnagel als tote Gegenspitze für lange Werkstücke. Für das Ansetzen der Spitze dienen Schraube und Mutter. Die Mutter m sitzt in der Patrone P , die vorn den Reitnagel R trägt. Mit dem Handrad H wird die innere Spindel S gedreht und dadurch die Patrone mit dem Reitnagel an das Werkstück angesetzt. Für einen ruhigen Lauf des Werkstückes muß die Patrone P in dem Reitstock festgeklemmt werden. Hierzu ist der Mantel des Reitstockes geschlitzt und durch Schraube und Mutter zusammenzuklemmen. Diese Mantelklemmung wird mit dem Griff g angezogen.

Bei dem Aufbau des Reitstockes sind folgende Gesichtspunkte zu beachten: Soll die Drehbank genaue Zylinder drehen, so müssen die Spitzen des Reit- und Spindelstockes in gleicher Höhe und Richtung liegen, d. h. die Spitzen müssen fluchten. Die gleiche Spitzenhöhe wird schon bei der Bearbeitung angestrebt, indem man Reit- und Spindelstock auf einen Dorn steckt und gemeinsam abhobelt. Kleinere Unterschiede

werden weggeschabt. Schlägt die laufende Spitze, so ist die Spindel-lagerung auf die genaue Spitzenhöhe wieder einzustellen. Für das seitliche Fluchten der Spitzen ist der Reitstock auf der Bettplatte *B* geführt

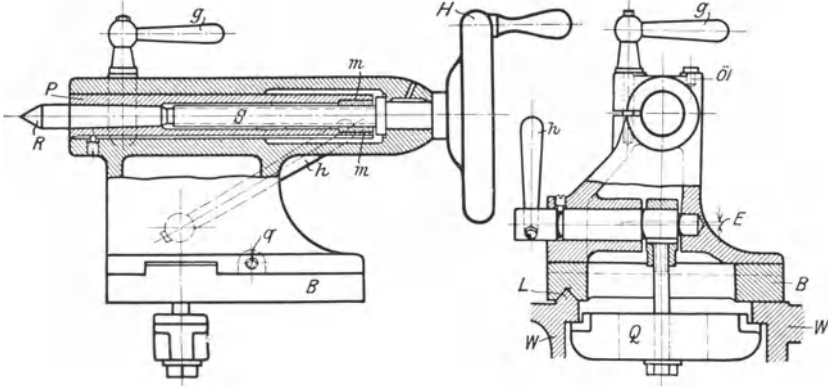


Abb. 62. Reitstock.

und mit der Schraube *q* quer zur Bank auszurichten. Mit dieser Querverschiebung *q* können auch die Spitzen beim Abdrehen schlanker Kegel nach einer Millimeterteilung um $\frac{d_1 - d_2}{2}$ verstellt werden. Die

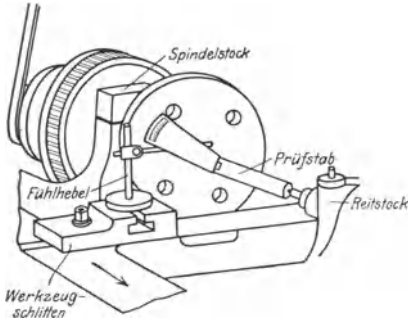


Abb. 63. Prüfen der Spitzen.

Spitzenlänge der Bank muß man ohne große Zeitverluste der Werkstücklänge anpassen können. Hierzu ist der Reitstock auf dem Bett verschiebbar und rasch festzuklemmen. Damit er jedoch beim Verschieben die Spitzenrichtung nicht ändert, ist die Bettplatte auf einer Dachleiste *L* des Bettes geführt. Das Festklemmen gegenüber dem Druck des Werkstückes geschieht mit einer

Kurbelwelle *E*, die beim Umlegen des Handgriffes *h* die Querplatte *Q* gegen die Bettwangen *W* drückt.

Das Fluchten der Spitzen prüft man mit dem Fühlhebel und einem genau geschliffenen, langen Prüfdorn. Den Prüfdorn spannt man zwischen die Spitzen und den Fühlhebel in den Stahlhalter und führt ihn so mit dem Werkzeugschlitten im Sinne der Abb. 63 an dem Dorn entlang.

3. Der Werkzeugschlitten.

Der Werkzeugschlitten hat das Werkzeug aufzunehmen und daher zwei Bedingungen zu erfüllen:

1. die Vorschübe beim Lang- und Plandrehen, sowie beim Kegeldrehen und Bohren zu erzeugen;
2. den Stahl bei allen Dreh- und Bohrarbeiten in die richtige Schnittstellung zu bringen.

Da sich beim Lang- und Plandrehen die Vorschübe 1 und 2 kreuzen, so muß der Unterschlitten ein Kreuzschlitten sein. Er besteht daher aus dem Bettschlitten L und dem Planschlitten P .

Der Γ -Bettschlitten L ist fürs Langdrehen mit langen Führungsflanschen auf dem Drehbankbett geführt (Abb. 64). Der Planschlitten P sitzt mit seiner Führung auf dem Steg von L . Er läßt sich mit dem Handrad h quer zum Bett verschieben.

Beim Kegeldrehen muß nach Abb. 65 der Stahl parallel zum Kegelmantel, also schräg zur Bank, geschaltet werden. Dieser schräge Vorschub 3 kann weder mit L noch mit P erzeugt werden. Er verlangt vielmehr im Werkzeugenschlitten eine Drehscheibe D , auf deren Brücke der Aufspannschlitten A geführt ist. Die Drehscheibe D sitzt mit einem Zapfen Z auf dem Planschlitten P . Der Oberschlitten kann daher auf den Kegelwinkel α schräg gestellt und mit 2 Klemmschrauben k festgeklammert werden ($\operatorname{tg} \alpha = \frac{d_1 - d_2}{2l}$). Das Schalten des Stahles beim Kegeldrehen geschieht mit der Kurbel h_1 , mit der der Aufspannschlitten A schräg zur Bank verschoben wird.

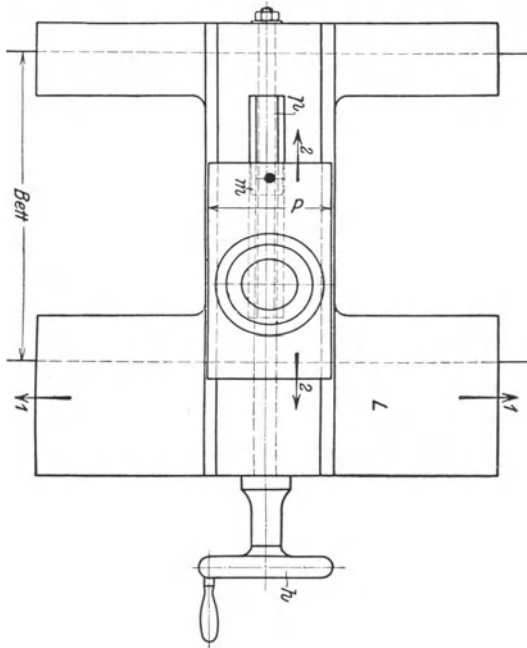


Abb. 64. Werkzeug-Unterschlitten.

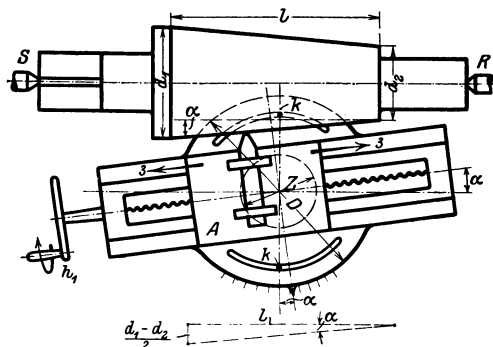


Abb. 65. Werkzeug-Oberschlitten.

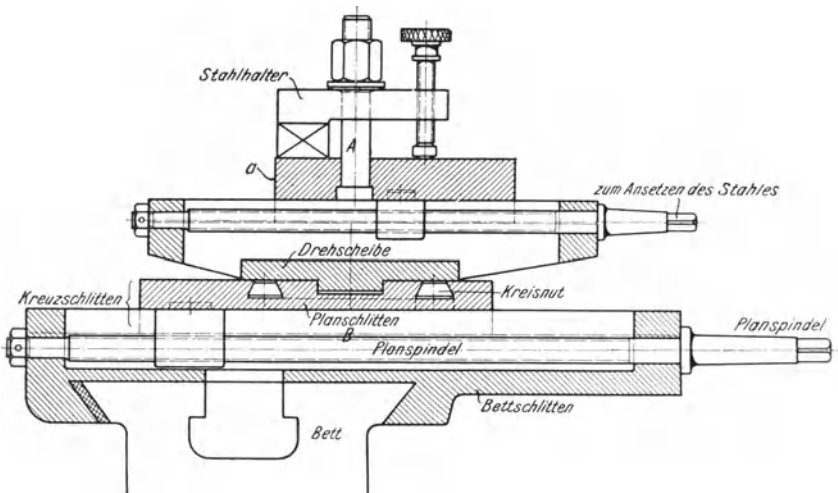


Abb. 66. Aufbau des Werkzeugschlittens.

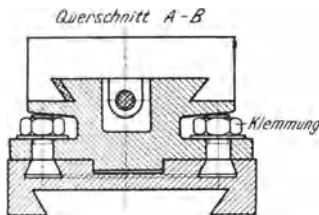


Abb. 67. Drehscheibe.

Der Drehstahl wird mit der Klemmschraube und Klemmplatte in den Stahlhalter gespannt (Abb. 66). Damit er in die richtige Schnittstellung beim Lang-, Plan- und Kegeldrehen gebracht werden kann, ist der Halter um die Schraube *A* drehbar. Der Oberschlitten (Abb. 67) besteht daher aus der Drehscheibe und dem Aufspannschlitten mit dem Stahlhalter.

a) Die Steuerung des Werkzeugschlittens.

1. Bei einfachen Leitspindelbänken.

Soll die Drehbank selbsttätig lang- und plandrehen, so muß die Steuerung des Werkzeugschlittens einen Längszug und einen Planzug enthalten. Der Längszug hat den Bettschlitten beim Langdrehen zu verschieben und der Planzug den Planschlitten beim Plandrehen. Da beim Langdrehen der Planzug ausgerückt sein muß und umgekehrt beim Plandrehen der Längszug, so müssen beide Züge zu öffnen und zu schließen sein. Die Züge sind daher als Schloß auszuführen. Sie sollen zum Schutz des Drehers hinter der Schloßplatte liegen und ihre Handgriffe leicht faßbar vor ihr.

Der Längszug (Abb. 68) besteht daher aus dem Mutterschloß und der Leitspindel. Die Mutterbacken *a* und *b* sind in der Schloßplatte geführt und lassen sich öffnen und schließen. Hierzu fassen die Stifte *s* in die Nuten der vorderen Schloßscheibe *S*. Wird der Handgriff *h*₁

nach rechts gedreht, so gehen die Backen auseinander und das Schloß wird geöffnet. Beim Linksdrehen von h_1 wird es wieder geschlossen.

Der Planzug besteht aus den Kegelrädern 1, 2 und den Stirnrädern 3, 4, 5, die die Planspindel p treiben. Das Planschloß liegt hier in dem verschiebbaren Kegelrade 1. Stellt man die Kurbel h_2 auf R , so ist das Planschloß offen, d. h. 1 und 2 sind außer Eingriff. Stellt man h_2 auf P , so ist der Planzug fürs Plandrehen eingerückt.

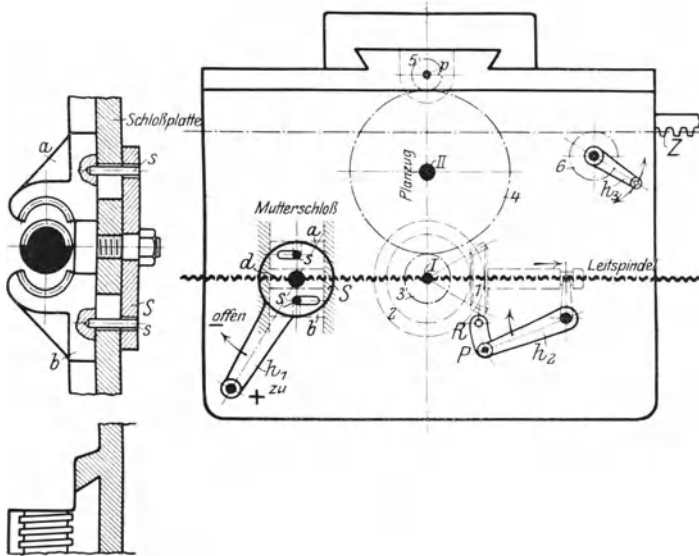


Abb. 68. Schloßplatte einer Leitspindelbank.

Als Planschloß kann auch das Planrad 5 benutzt werden. Hierzu müßte es mit einem Handgriff auf der Planspindel zu verschieben sein, so daß es mit 4 in und außer Eingriff gebracht werden kann.

Sitzt der Bolzen I höher oder tiefer als die Leitspindel, d. h. kreuzen sich beide, so muß das Getriebe 1, 2 ein Schnecken- oder Schraubengeräte sein (Abb. 69).

Der Handzug soll das schnelle Einstellen des Werkzeugschlittens auf dem Bett vermitteln. Hierzu besteht er aus dem Handrad h_3 und dem Stirnrade 6, das mit der Zahnstange Z des Bettes kämmt. Bei jeder Umdrehung von h_3 läuft daher der Schlitten um den Umfang des Rades 6 an der Zahnstange entlang. Das ganze Geheimnis hinter der Schloßplatte besteht daher aus dem Mutterschloß und einigen Rädern.

2. Bei Leit- und Zugspindelbänken.

Bei den Leitspindelbänken muß die Leitspindel ständig den Werkzeugschlitten steuern. Sie wird sich daher stark abnutzen und beim

Gewindeschneiden ungenau arbeiten. Mit den höheren Ansprüchen an die Genauigkeit der Arbeit mußte man neben der Leitspindel eine Zugspindel anbringen. Bei diesen Leit- und Zugspindelbänken soll die Leitspindel nur beim Gewindeschneiden benutzt werden und die Zugspindel bei allen anderen Dreharbeiten.

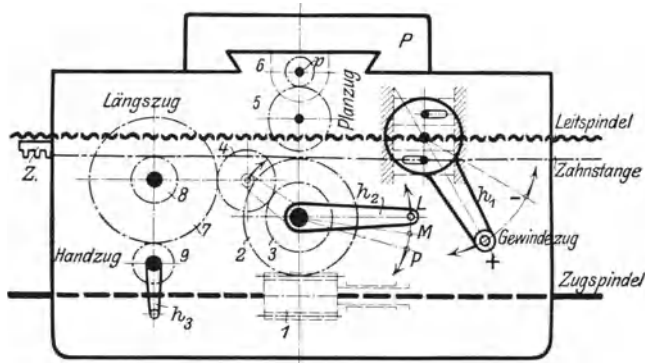


Abb. 69. Schloßplatte einer Leit- und Zugspindelbank.

Die Schloßplatte (Abb. 69) muß daher folgende Züge enthalten:

1. einen Gewindezug, bestehend aus Leitspindel und Mutterschloß;
2. einen Längszug fürs Langdrehen, der aus dem Schneckengetriebe 1, 2 und den Stirnrädern 3, 4, 7, 8 besteht, von denen 8 mit der Zahnstange *Z* des Bettes kämmt. Das Längsschloß liegt im Schwenkrad 4, das mit h_2 auf 7 eingeschwenkt wird;
3. einen Planzzug, der aus den Trieben 1, 2, 3, 4, 5, 6 besteht. Das Planschloß liegt in dem gemeinsamen Schwenkrad 4, das mit h_2 auf 5 einzuschwenken ist;
4. einen Handzug für das Einstellen des Werkzeugschlittens auf dem Bett. Er besteht aus 9, 7, 8, *Z* und dem Handrade h_3 .

Bedienungsplan:

1. Gewindeschneiden,
 h_2 auf *M*, h_1 auf +.
2. Langdrehen,
 h_1 auf —, h_2 auf *L*.
3. Plandrehen,
 h_1 auf —, h_2 auf *P*.
4. Einstellen,
 h_1 auf —, h_2 auf *M*, kurbeln mit h_3 .

Derartige Schloßplatten enthalten daher 4 Züge, die häufig eine ganze Reihe Räder und Handgriffe aufweisen. Der Schnellbetrieb verlangt aber von einer gut durchgebildeten Schloßplatte 1. eine sichere Bedienung, 2. wenig Handgriffe und 3. möglichst wenig Räder in den Zügen.

Die 2. und 3. Bedingung ist hier dadurch vorzüglich gelöst, daß Längs- und Planzug in dem Schneckengetriebe 1, 2 einen gemeinsamen Antrieb und im Schwenkrad 4 ein gemeinsames Schloß haben. Deshalb sind hier trotz der 4 Züge nur 3 Handgriffe, wie in Abb. 68, erforderlich. Damit ist auch die Sicherheit in der Bedienung erhöht, da der Dreher den Längs- und Planzug niemals zugleich einrücken kann. Nur ein Fehler ist möglich: Das Mutterschloß kann nämlich mit dem Längs- oder Planzug gleichzeitig eingerückt werden. Will man dies vermeiden, so muß man die Handgriffe gegenseitig verriegeln.

β) Die Verriegelung der Züge.

Die Verriegelung der Leit- und Zugspindel-Züge erfordert nach Abb. 70 nichts anderes als den Hebel des Schwenkrades 4 mit dem Sperrhebel s des Mutterschlosses durch eine Stange g zu verbinden. Wird bei dieser Anordnung h_2 auf L oder P eingestellt, so steht der Sperrhebel s mit dem Zapfen z bei 1 oder 2 in der Sperrnut des Mutterbackens b , das Mutterschloß ist daher gesperrt. Steht h_2 auf R , so kann das Mutterschloß geschlossen werden. Dabei kommt z in die mittlere Nut und sperrt so h_2 . Jede Fahrlässigkeit in der Bedienung ist damit ausgeschlossen.

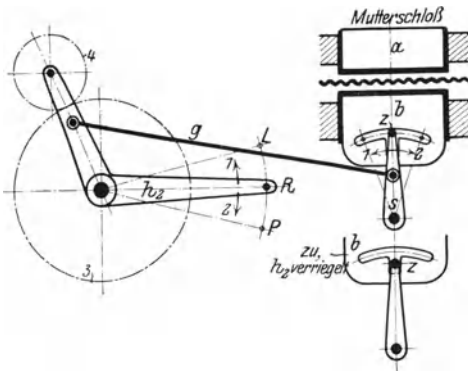


Abb. 70. Verriegelung der Züge.

γ) Die Selbstaurückung des Vorschubes.

Die Drehbänke für Massenarbeiten sollen den Vorschub an der Arbeitsgrenze selbsttätig ausschalten, damit die Arbeitsstücke gleiche Länge erhalten und der Arbeiter mehrere Maschinen bedienen kann. Diese Aufgabe läßt sich dadurch lösen, daß Anschläge das Kegelrad oder

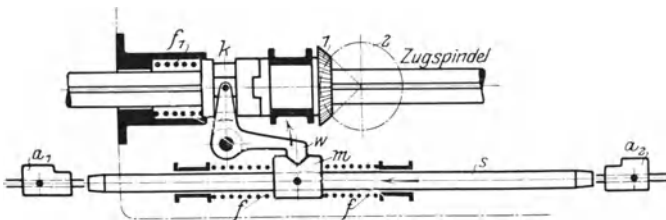


Abb. 71. Selbstaurückung der Zugspindel.

die Schnecke I des Plan- und Längszuges auf der Zugspindel entkuppeln. Stößt nämlich in Abb. 71 die Schloßplatte mit der Ausrückstange s gegen einen der verstellbaren Anschläge des Bettes, z. B. a_2 , so hebt das Schloß m den Winkelhebel w an, der die Kupplung k aus I zurückzieht. Damit ist der Vorschub ausgerückt. Wird der Schlitten zurückgebremst, so stellen die Federn f das Schloß m wieder ein und die Feder f_1 rückt die Kupplung k in I ein. Damit springt auch w wieder auf die Nut von m ein.

Der neuere Drehbankbau unterscheidet bei den Spitzenbänken:

Die allgemeine Drehbank für allgemeine Zwecke des Maschinenbaues, wie Lang-, Plan- und Kegeldrehen, Bohren und Gewindeschneiden, Schruppen und Schlichten, Feilen und Polieren. Sie muß daher für diese Arbeiten alle Einrichtungen haben. Soll sie dazu den Schnellstahl ausnutzen, so muß sie Schnelldrehbank sein. Die Kennzeichen einer neueren Drehbank für allgemeine Zwecke sind daher: Große und breitstufen, breite Räder mit großer Übersetzung, großer Geschwindigkeitswechsel, dicke Spindel mit langen Lagern, lange Schlitten, Leitspindel fürs Gewindeschneiden, Zugspindel fürs Drehen, Schloßplatte mit gesperrten Zügen, Wechselrädlerkasten für 4 bis 6 Vorschübe, Selbstausrückung für den Vorschub. Gewindedrehbänke erhalten größeren Vorschubwechsel für die wichtigsten Gewindesteigungen.

Die Schruppbank ist eine vorbereitende Arbeitsmaschine mit großer Spanleistung. Ihre Hauptforderungen sind stärkste Bauart und größte Einfachheit. Spitzenhöhe und Spitzenweite sollen daher möglichst klein sein, damit die Schruppkräfte an kleinen Hebelarmen wirken. Geschwindigkeits- und Vorschubwechsel kann gering sein, und die Leitspindel kann fehlen. Dagegen müssen die Einzelteile ausnehmend stark gebaut sein. Der Antrieb soll durch ein Stufenrädlergetriebe erfolgen, Lager und Schlitten müssen besonders lang gehalten sein.

Die Großdrehbank hat Spitzenhöhen bis 2,5 und 3 m, Spitzenweiten bis 16 m und ein Gewicht von etwa 350 t. Sie ist durch die Entwicklung der Schiffsturbine entstanden, von der sie die Turbinenwellen mit den Laufrädern im Gewichte von etwa 150 t bearbeitet. Spindelstock und Reitstock haben Motorantrieb. Die ganze Maschine wird von einer Bühne mit Druckknöpfen gesteuert.

b) Die Sonderdrehbänke.

Die Sonderdrehbänke sind aus der Spitzendrehbank hervorgegangen und mit dem Aufschwung der Massenherstellung den Sonderzwecken der Praxis angepaßt worden.

1. Die Formdrehbänke.

Die Formdrehbänke dienen zum Drehen von Formstücken, d. h. von Drehkörpern mit veränderlichen Durchmessern, z. B. Handgriffen.

Für diese Arbeiten muß der Drehstuhl gleichzeitig einen Längs- und einen Planvorschub erfahren. Die Kennzeichnung der Formdrehbank liegt daher in der Steuerung des Werkzeugschlittens (Abb. 72). Der Längszug besteht wie früher aus einer Zugspindel und den zugehörigen Rädern (Abb. 69). Der Planzug muß hingegen den Stahl dem Werkstück gegenüber abwechselnd vorschieben und zurückziehen, damit dessen Durchmesser verschieden werden. Hierzu besteht der Planzug aus einer Lehre und dem Arm *Z*, der den Leitstift *K* trägt und am Planschlitten *P* sitzt. Geht der Bett- schlitten *B* nach *1* vor, so muß der Planschlitten *P* mit dem Handgriff *H* (oder durch ein Gewicht oder durch Federdruck) so nach *2* gesteuert werden, daß der Leitstift *K* an der Lehre entlang gleitet. Dadurch wird die Lehre am Werkstück nachgebildet und so das Formstück herausgedreht.

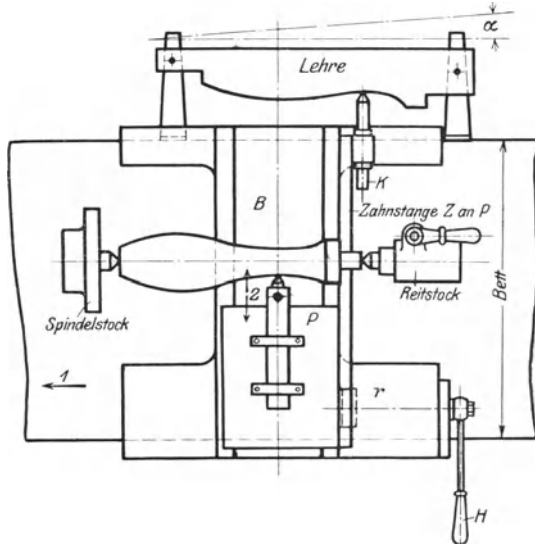


Abb. 72. Werkzeugschlitten einer Formdrehbank.

Soll eine gewöhnliche Drehbank in eine Formdrehbank umgebaut werden, so ist daher die Planspindel herauszunehmen und der Arm *Z* und die Lehre anzubringen.

Das Kegeldrehen nach dem Leitlinienal ist ebenfalls ein Formdrehen. Nur ist die geschweifite Lehre durch ein gerades Lineal zu ersetzen, das unter dem Kegelminkel α stehen muß $\left(\operatorname{tg} \alpha = \frac{d_1 - d_2}{2l} \right)$.

2. Die Radsatzdrehbänke.

Die Radsatzdrehbänke drehen die Radreifen vor und nach. Das Nachdrehen geschieht nach Lehren (Abb. 73). Der schräge Laufkranz wird vom Werkzeugschlitten *I* gedreht. Geht er nach *1*, so schiebt die Lehre *L*₁ den Planschlitten *P*₁ mit dem Stahl unter dem $\sphericalangle \alpha$ vor. Den Wulst des Spurkranzes dreht der Werkzeugschlitten *II*, der von der Lehre *L*₂ gesteuert wird. Mit der Kurve *r B* zieht sie den Planschlitten *P*₂ mit dem Kugelstahl bis auf den größten Durchmesser des Wulstes nach *I'* vor, mit *B C r* schiebt sie ihn nach *2'* zurück, so daß der Stahl durch

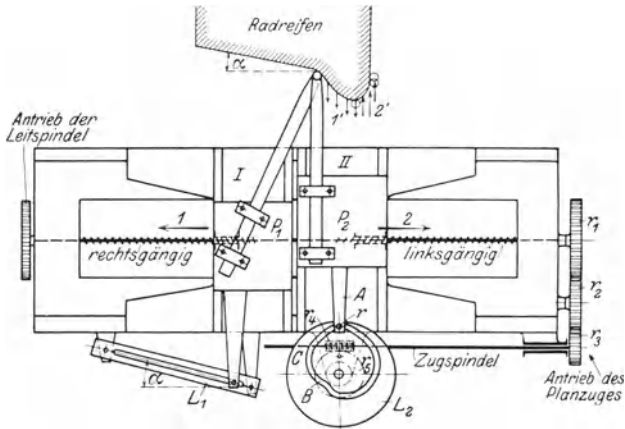


Abb. 73. Radsatzdrehbank.

die Lehre L_1 um den Sparkranz geführt wird. Die Radsatzdrehbank ist daher nichts anderes als eine doppelte Formdrehbank.

3. Die Hinterdrehbank.

Die Hinterdrehbank soll das Hinterdrehen der Formfräser besorgen, damit beim radialen Nachschleifen der Fräserzähne die Zahnform gewahrt bleibt. Soll in Abb. 74 von dem Zahnrücken das Stück $A BC$ hinterdreht werden, so muß der Formstahl, so lange der Zahn durch seine Schneiden läuft, um die Hinterdrehung BC auf ihn eindringen und hierauf mit einem Ruck zurückspringen. Dieser

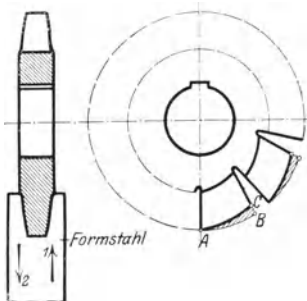


Abb. 74. Hinterdrehen eines Fräasers.

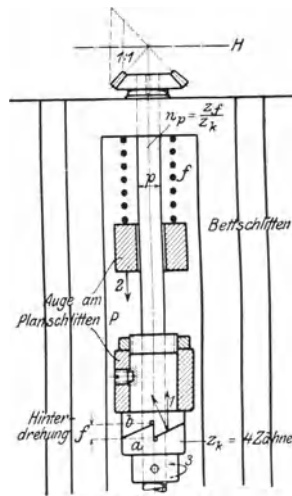


Abb. 75. Hinterdrehsteuerung.

hin- und herspielende Planvorschub wird in Abb. 75 mit einem Planzug erreicht, der aus der selbsttätigen Ein- und Ausrückkupplung besteht. Die Zahnmuße a sitzt hier fest auf der Planspindel p und die Gegen-

muffe b fest in einem Auge des Planschlittens P . Wird die Planspindel p von der Zugspindel angetrieben, so werden die schrägen Zahnrückten den Planschlitten P nach 1 zum Hinderdrehen vorschoben und die Feder f wird ihn nach 2 zurückschnellen, sobald die Zahnspitzen aneinander vorbei sind. Die Kupplung rückt sich daher beim Hinderdrehen eines Zahnes selbsttätig aus und springt dann wieder ein. Hat die Zahnkupplung $z_k = 4$ Zähne, so muß p für jeden Fräserzahn $\frac{1}{z_k} = \frac{1}{4}$ Umlauf machen und bei z_f Fräserzähnen $\frac{z_f}{z_k} = \frac{z_f}{4}$ Umläufe. Die Wechselräder müssen daher die Übersetzung $\frac{z_f}{z_k}$ haben, z. B. $\frac{15}{4}$ (s. S. 154).

4. Die Plandrehbank.

Die Plan- oder Kopfdrehbank ist eine Drehbank, die vorzugsweise zum Plandrehen benutzt wird. Die scheibenförmigen Werkstücke werden in eine große Planscheibe gespannt, so daß der Reitstock fehlen kann und die Maschine dadurch zugänglicher wird. Sie besteht daher im Sinne der Abb. 114 aus dem Spindelstock mit Stufenscheibe und mehreren Rädervorgelegen und einem Querbett mit dem Werkzeugschlitten. Der Nachteil dieser Maschine liegt in dem zeitraubenden Einspannen und Ausrichten der Werkstücke, was meist mit einem Kran geschehen muß.

5. Die senkrechten Dreh- und Bohrwerke.

Die Dreh- und Bohrwerke haben eine Planscheibe mit senkrechter Spindel. Ihrer liegenden Planscheibe wegen heißen sie auch Karussell-drehbänke. Die Vorzüge dieser Maschine liegen in dem bequemen Aufspannen der Werkstücke, der guten Übersicht über die Arbeitsflächen und der besseren Ausnutzung als Bohr- und Drehwerk (Abb. 76).

Die liegende Planscheibe P kann mit ihrer Spindel S in langen Hals- und Stirnlagern laufen und am Umfang durch die Rundbahn R des Bettes gut abgestützt werden. Dadurch gewährleistet die Maschine einen ruhigeren Lauf der Scheibe, als es bei der Kopfbank möglich ist. Der Antrieb 1–5 liegt, abgesehen von der Stufenscheibe, im Bett eingeschlossen. Der sonstige Aufbau der Maschine ergibt sich aus folgender Betrachtung: Da das Werkzeug quer zum Werkstück geschaltet werden muß, so sitzt der Werkzeugschlitten I auf einem Querträger Q_t , der sich auf dem Rahmenständer S_2 mit K hoch und tief stellen läßt. Damit ist die Möglichkeit geboten, das Werkzeug mit dem Querträger Q_t auf die Höhe des Werkstückes einzustellen. Beim Abdrehen der wagerechten Oberfläche muß der Werkzeugschlitten Q auf Q_t nach 1 querschaltet werden und bei senkrechten Flächen der Werkzeugschieber S_1 senkrecht nach 2. Dieser Aufbau der Maschine gleicht dem der Hobel-

maschine. Man kann daher das Drehwerk als eine Hobelmaschine mit Drehtisch auffassen.

Da das Werkzeug von oben her das Werkstück faßt, so kann die Maschine auch als Bohrwerk benutzt werden. Hierzu ist der Schieber S_1 beim Zylinderbohren senkrecht und beim Kegelbohren schräg nach unten zu schalten. Für das Schrägstellen des Schiebers ist die Drehscheibe D

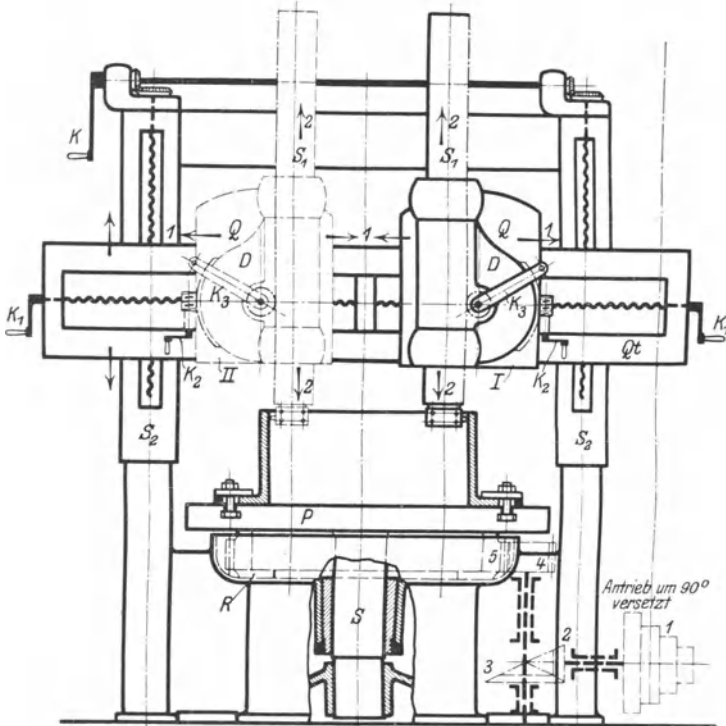


Abb. 76. Senkrecht Dreh- und Bohrwerk.

vorgesehen, die sich mit K_2 einstellen läßt. Die beiden Ständer S_2 der Maschine bieten eine willkommene Gelegenheit für das gleichzeitige Arbeiten mehrerer Werkzeuge. Soll mit der Oberfläche des Werkstückes zugleich die Mantelfläche bearbeitet werden, so ist an einem oder beiden Ständern S_2 ein Werkzeugschlitten anzubringen, der die Seitenarbeiten verrichtet. Dasselbe läßt sich in Abb. 76 mit dem Werkzeugschlitten II erreichen. Auf diese Weise kann die Maschine gleichzeitig mit einer Reihe Werkzeuge drehen und bohren.

6. Die Radreifendrehbänke.

Die Radreifendrehbänke sind senkrechte Drehwerke, die die Radreifen meist selbsttätig ausdrehen. Nach Abb. 77 schruppt der rechte

Werkzeugschieber mit den Stählen 1 und 2 den Innenmantel *a* und den Bund *b* des Reifens aus. Sobald der Schruppstahl 1 an *c* vorbei ist, beginnt der rechte Schieber, geführt durch eine Lehre, mit den Einstechstählen 3 und 4 die Sprengnut *c* und die Leiste *d* zu stechen. Nach dem Ausschuppen gehen die Schruppstähle 1, 2 hoch, und die Schlichtstähle werden angesetzt, die mit 3 und 4 zugleich fertig werden.

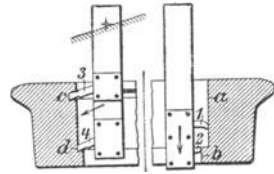


Abb. 77. Ausdrehen eines Radreifens.

7. Die Revolverdrehbank.

Die Revolverbank soll in dem Werkzeugschlitten eine Reihe Werkzeuge bereit halten, wie sie zur Herstellung von Schrauben und sonstigen Massenteilen erforderlich sind. Hierzu ist der Ober Schlitten als Revolver auszubilden. Der Revolverwerkzeugschlitten (Abb. 78) besteht daher aus dem Bettschlitten *B*, dem Planschlitten *P* und dem Revolverkopf *R*, der als Stahlhalter dient. Nach der Lage der Drehachse gibt es senkrechte (Abb. 78) und wagerechte Revolverköpfe (Abb. 79). Interessant ist die innere Steuerung des Revolverkopfes, der sich beim Zurückziehen selbsttätig entriegeln, umlegen und verriegeln muß (Abb. 79).

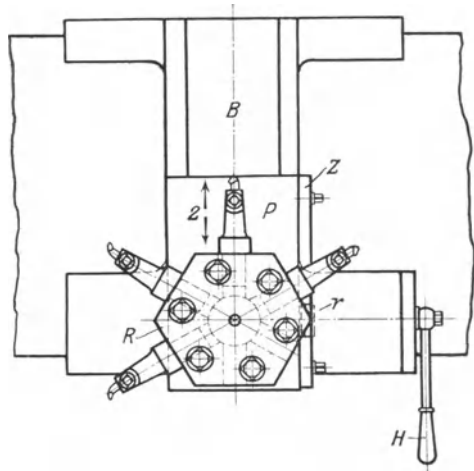


Abb. 78. Senkrechter Revolverkopf.

Wird der Revolverkopf mit dem Griff 1 zurückgeholt, so legt der Anschlag *d* die Klinke *c* (Abb. 80) um, die den Riegel *b* aus dem Sperrbolzen *a* zieht. Die Rolle *e* ist inzwischen auf die schiefe Ebene einer Klinke gekommen, so daß der Kopf entriegelt wird. Das Umschalten besorgt das Klinkwerk in Abb. 81. Mit dem Entriegeln des Kopfes stößt nämlich der Hebel *h* gegen den Anschlag *f*. Die obere Klinke legt mit dem Schaltrad den Revolverkopf um eine Teilung herum. Der Sperriegel *a* springt unter Federdruck in die neue Sperre ein, ebenso der Riegel *b*, so daß der Kopf wieder fest verriegelt ist. Der Stahlwechsel vollzieht sich daher selbsttätig. Beim Ansetzen des Kopfes drückt der Federbolzen *g* den Schalthebel in die alte Lage zurück, dabei stellt sich die Klinke auf eine neue Lücke des Schaltrades ein.

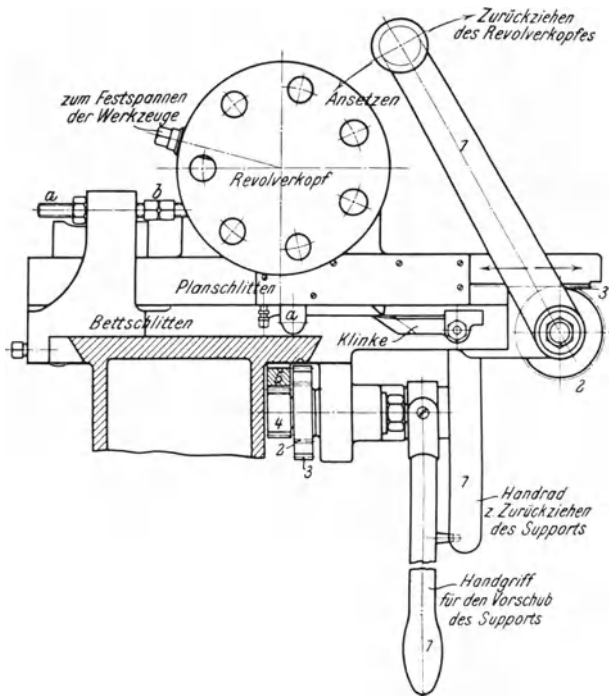


Abb. 79. Wagerechter Revolverkopf.

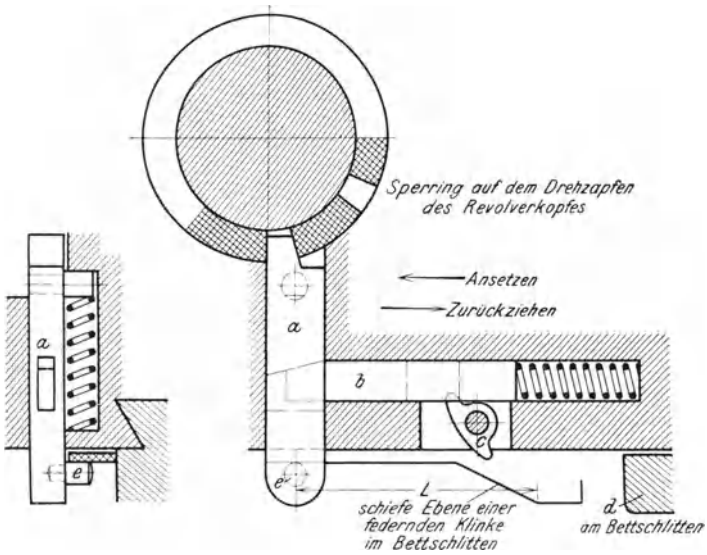


Abb. 80. Verriegelung des Revolverkopfes.

Beim Arbeiten von der Stange wird die Rohstange durch die hohle Drehbankspindel gesteckt und mit dem Spannfutter S festgespannt (Abb. 82). Mit dem Handkreuz H_1 des Stangenvorschubes kann die

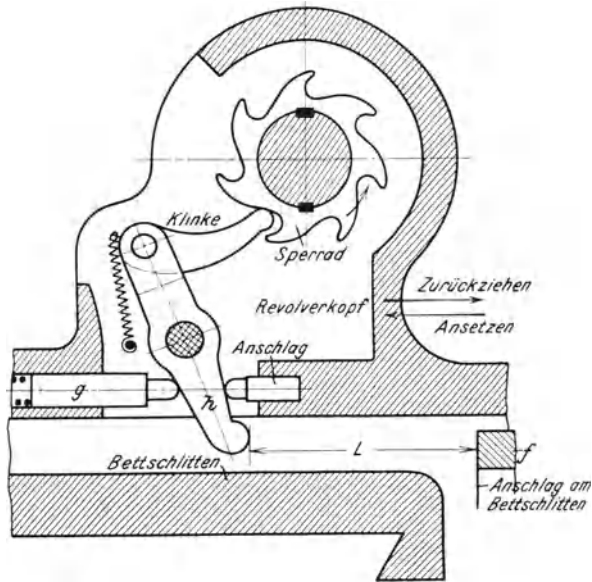


Abb. 81. Umschalter des Revolverkopfes.

Stange nach Bedarf gelöst, gegen einen Anschlag vorgeschoben und festgespannt werden. Hierauf beginnt das Arbeiten mit dem Revolver-

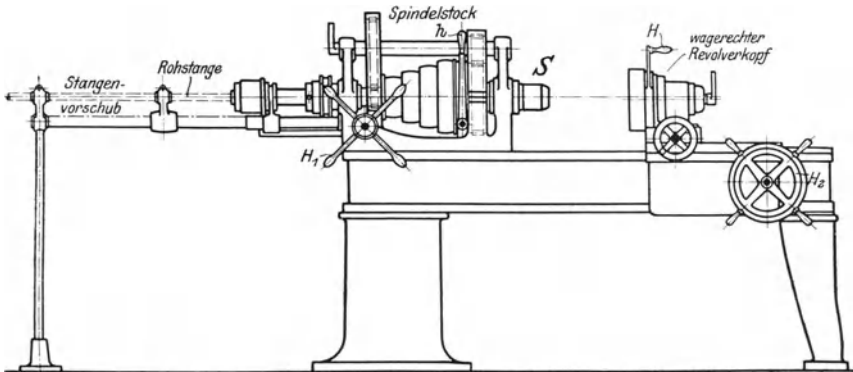


Abb. 82. Revolverdrehbank.

kopf, dessen Werkzeuge das Formstück aus der Rohstange nach Abb. 222 herausschälen. Der Revolverkopf ist dabei mit dem Griff H herumzulegen und mit den Handrädern anzustellen und zu steuern.

Bei Futterarbeiten wird das Gußstück in ein Backenfutter gespannt und nach Fertigstellung herausgenommen (Abb. 223). Ist die Revolverbank einmal eingestellt, so hat der Arbeiter nur die Handgriffe zu bedienen. Mit H und den Handrädern steuert er den Revolverkopf, mit H_1 den Stangenvorschub, und mit dem Hebel h kann er die Radvorgelege am Spindelstock ein- und ausschalten, um die Maschine schnell und langsam laufen zu lassen.

8. Die selbsttätigen Revolverbänke oder Automaten.

Die Automaten arbeiten vollkommen selbsttätig ein Formstück nach dem anderen von der Rohstange herunter. Hierzu werden Werkstück

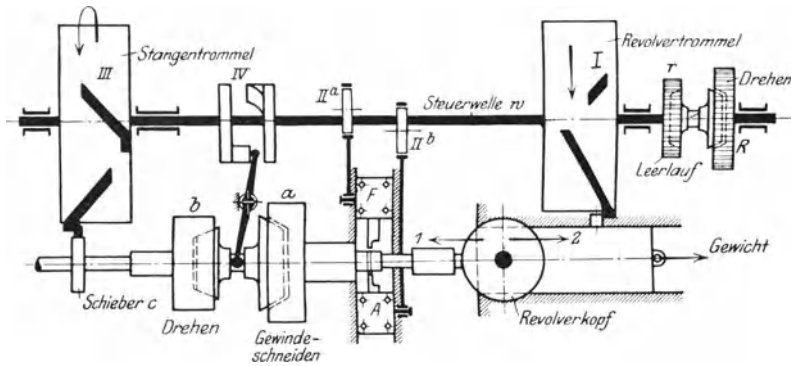


Abb. 83. Plan eines Automaten.

und Werkzeuge von einer Zentralsteuerung gesteuert (Abb. 83). Im Gestell der Maschine liegt nämlich die Steuerwelle w , die beim Arbeiten der Werkzeuge mit R langsam und beim Zurückziehen und Ansetzen mit r schnell läuft. Sie hat rechts eine Trommel I , die durch angeschraubte Leisten den Revolverkopf nach 1 zum Arbeiten vorschiebt und nach beendeter Arbeit nach 2 schnell zurückzieht; dabei wird der Kopf selbsttätig entriegelt, umgelegt und wieder verriegelt. Dieses Spiel wiederholt I so oft, bis das Langdrehen, Bohren usw. erledigt ist. Bevor der Kopf zum Gewindeschneiden angesetzt wird, schaltet die Steuerscheibe IV den langsamen Gewindengang a ein. Nach beendetem Schnitt stellt die Gegenscheibe IV die Maschine wieder auf den schnellen Drehgang b um. Inzwischen schiebt der Daumen II^a den Querschlitten F zum Formdrehen vor und hierauf II^b den Querschlitten A zum Abstechen. Ist das fertige Werkstück abgestochen, so wird die Rohstange durch die linke Trommel III mit dem Schieber c gelöst, vorgeschoben und wieder festgespannt. Beobachtet man einen Automaten, so ist es, als wenn ein „eiserner Mensch“ arbeitete.

9. Die Halbautomaten.

Die Ganzautomaten arbeiten von der Stange. Dabei wird nach dem Abstechen des fertigen Arbeitsstückes die Rohstange immer wieder vorgeschoben. Die Halbautomaten sind für Futterarbeiten bestimmt, z. B. für das selbsttätige Bearbeiten von Gußstücken, die in ein Spannfutter gespannt werden. Bei den Halbautomaten werden daher nur Revolverkopf und Querschlitzen von der Steuertrommel bedient. Die Werkstücke werden dagegen mit der Hand ein- und abgespannt. Hierzu müssen die Halbautomaten jedesmal stillgesetzt werden.

10. Die Mehrspindelautomaten.

Der Einspindelautomat verlangt, daß der Revolverkopf so oft vorgeschoben wird, wie es die Arbeitsfolgen fordern. Die Leistung des Automaten würde jedenfalls vervielfacht, wenn mit jedem Hub des Revolverkopfes ein Arbeitsstück fertig würde. Dieser Gedanke setzt voraus, daß jedem Werkzeuge des Revolverkopfes eine Rohstange gegenübersteht, so daß alle Werkzeuge zugleich vorgehen und arbeiten können.

Der Vierspindelautomat hat daher in der Spindeltrommel die 4 Drehspindeln I—IV zum Durchstecken und Festspannen der Rohstangen (Abb. 84). Die vier Spindeln erhalten von dem Mittelrade R über die Triebe $R_1—R_4$ die Hauptbewegung. Bei dem Rückgang der Werkzeuge muß die Trommel entriegelt und umgeschaltet werden, damit die Stangen vor die nächsten Werkzeuge kommen. Das Entriegeln besorgt der Daumen D mit dem Arm H , der den Riegel r auslöst. Mit dem Entriegeln kommt der Zahnbogen Z mit dem Zahnkranz Z_1 der Trommel in Eingriff und legt sie um eine Teilung herum. Der Riegel r springt hierauf unter Federdruck in die neue Sperre ein. Den Drehspindeln gleichachsig gegenüber steht der Werkzeugkopf mit den 4 Werkzeugspindeln. Die Vorschubtrommel schiebt bei jeder Umdrehung den Werkzeugkopf zum Arbeiten langsam vor und holt ihn schnell zurück. Der Vierspindelautomat kann auch vielgestaltete Formstücke drehen. Außer den Kopfwerkzeugen müßten hierzu an den Stangen I und II Werkzeuge langdrehen und an den Stangen III und IV querdrehen. Der Automat würde somit gleichzeitig mit 8 Werkzeugen arbeiten können. Die

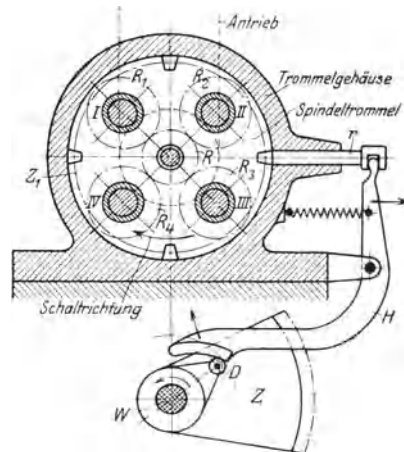


Abb. 84. Mehrspindelautomat.

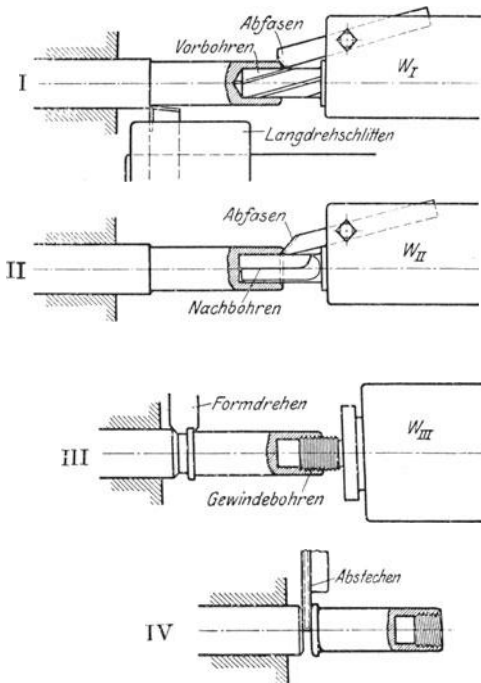


Abb. 85. Arbeitsweise eines Mehrspindelautomaten.

Arbeitsweise eines Vierspindelautomaten geht aus Abb. 85 hervor. Die Stange *I* wird vom Werkzeugkopf W_I vorgebohrt und außen abgefast, Stange *II* nachgebohrt und innen abgefast und in *III* Gewinde geschnitten. Gleichzeitig wird an *I* mit einem Langdrehschlitten außen langgedreht, an *III* vom hinteren Querschlitten die Kopfform gedreht und an *IV* das fertige Stück abgestochen. Nach dem Zurückholen der Werkzeuge schaltet die Trommel um, so daß Stange *I* vor die Werkzeuge *II* kommt usw. Jede Stange macht also einen Kreislauf zu den einzelnen Werkzeugen und mit jedem Vorgehen des Werkzeugkopfes wird bei *IV* ein fertiges Stück abgestochen.

Die Herstdauer richtet sich allgemein nach dem längsten Arbeitsvorgang, z. B. dem Schruppen, das möglichst zu beschleunigen ist.

11. Die Mehrspindel-Halbautomaten.

Der Einspindelautomat muß für das Ein- und Abspannen der Werkstücke jedesmal stillgesetzt werden. Diese Umspannzeit geht der Maschine für das Arbeiten verloren. Rechnet man für das Umspannen nur 1 Minute, so würde der Zeitverlust bei 60maligem Wechsel 1 Stunde sein. Will man diese Zeit ausnutzen, so muß der Halbautomat mit mehreren Werkzeugen an mehreren Werkstücken zugleich arbeiten, während an der Umspannstelle ein fertiges Stück abgespannt und ein neues eingespant wird.

Der Vierspindel-Halbautomat (Abb. 86) hat daher in einem feststehenden Spindelstock 4 Spindeln mit Werkzeugen fürs Drehen, Bohren, Fasen und Gewindeschneiden. Der umschaltbare, wagerechte Revolverkopf *R* hat 5 Löcher für die Spannfutter der 5 Werkstücke. Eine Steuertrommel schiebt den Revolverkopf mit 4 Werkstücken den 4 Werkzeugspindeln zu, während der Arbeiter am Loch *V* ab- und einspannt. Holt die Steuertrommel den Revolverkopf *R* schnell

zurück, so entriegelt Scheibe *S* das Kreuz *M* und Daumen *D* durch Hebel *H* die Sperrscheibe. Gleich darauf faßt die Rolle *r* das Maltheserkreuz *M* und schaltet den Revolverkopf auf dem Wege *A B* um, so daß jedes Stück vor die nächste Werkzeugspindel kommt. Hierauf schnappt *H* wieder ein und *S* sperrt wieder *M*.

Die Arbeitsweise ist folgende (Abb. 87): In den Spannfütern *I* bis *IV* sind in der Bearbeitung begriffene Ventilkörper eingespannt.

Der Revolverkopf geht mit 4 Ventilen gegen die Werkzeuge vor. Die Spindel *I* bohrt und dreht vor, *II* bohrt und dreht nach, *III* senkt das Loch ein und bricht die Kanten, während *IV* Gewinde schneidet. Unterdessen spannt der Mann an Loch *V* ein fertiges Stück gegen ein neues um. Der Hals wird nach Abb. 88 bearbeitet.

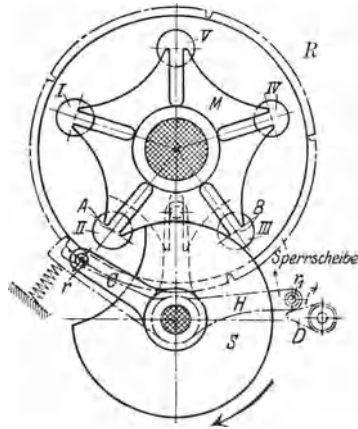


Abb. 86. Mehrspindel-Halbautomat.

2. Die Bohrmaschinen.

Nach den Bohrarbeiten unterscheiden wir:

1. Lochbohrmaschinen zum Bohren aus dem Vollen,
2. Ausbohrmaschinen zum Ausbohren vorhandener Löcher.

Die Werkzeuge der Lochbohrmaschinen sind Spiralbohrer und Spitzbohrer, die in die Bohrspindel gesteckt werden. Die Werkzeuge der Ausbohrmaschinen sind die Bohrmesser, die man in einen Bohrkopf oder in eine Bohrstange spannt. Eine scharfe Grenze läßt sich allerdings zwischen Lochbohrmaschinen und Ausbohrmaschinen nicht ziehen.

Nach der Lage der Bohrspindel unterscheidet man:

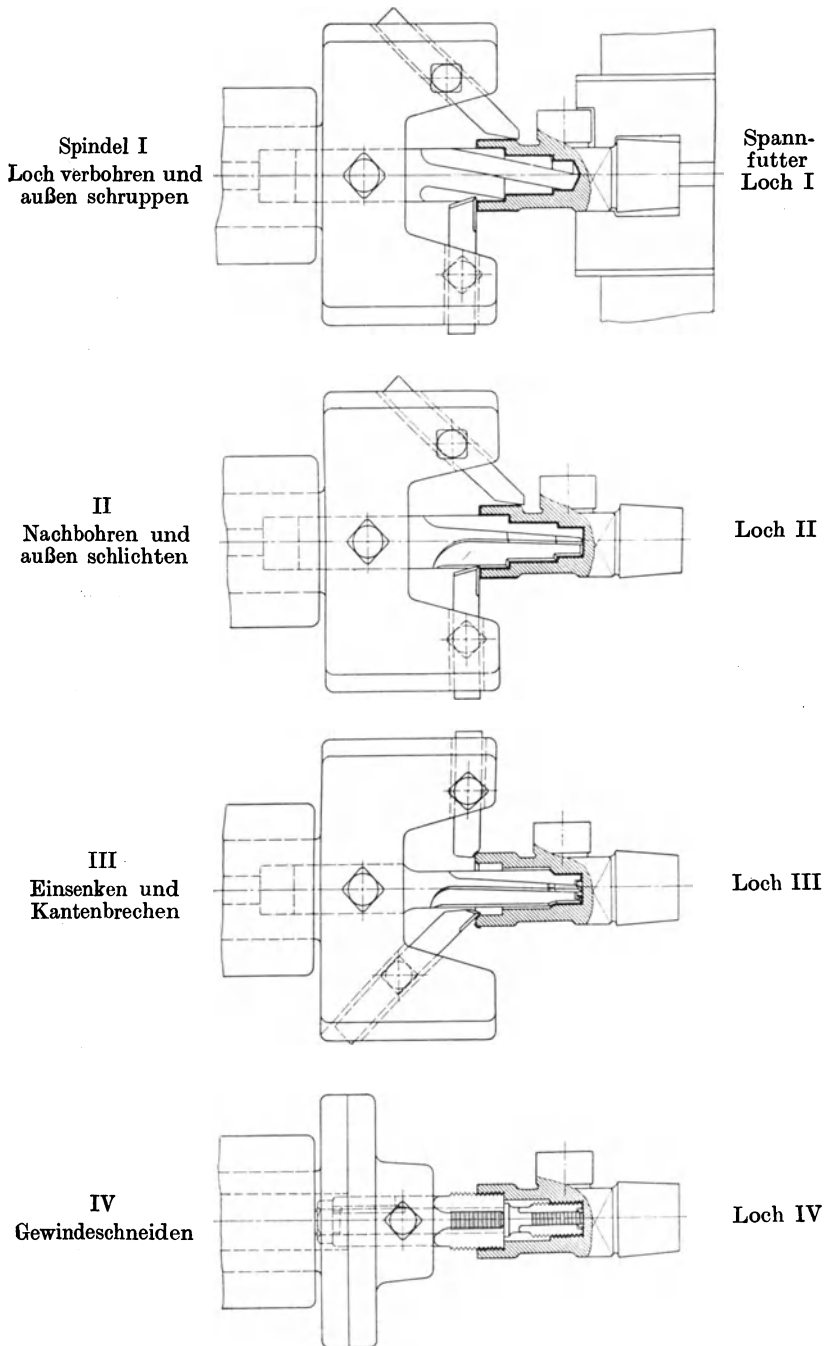
1. Senkrechte Bohrmaschinen, die meist Lochbohrmaschinen sind und entweder als Ständer- oder Säulenbohrmaschinen oder auch als Wandbohrmaschinen gebaut werden.
2. Wagerechte Bohrmaschinen, die meist Ausbohrmaschinen sind.

a) Die senkrechten Bohrmaschinen.

Die senkrechten Bohrmaschinen eignen sich besonders für das Lochbohren. Sie haben eine senkrechte Bohrspindel, die den säulenartigen Aufbau des Gestelles erforderlich macht. Das äußere Kennzeichen der Bauart liegt daher in der Säule oder dem Ständer der Maschine.

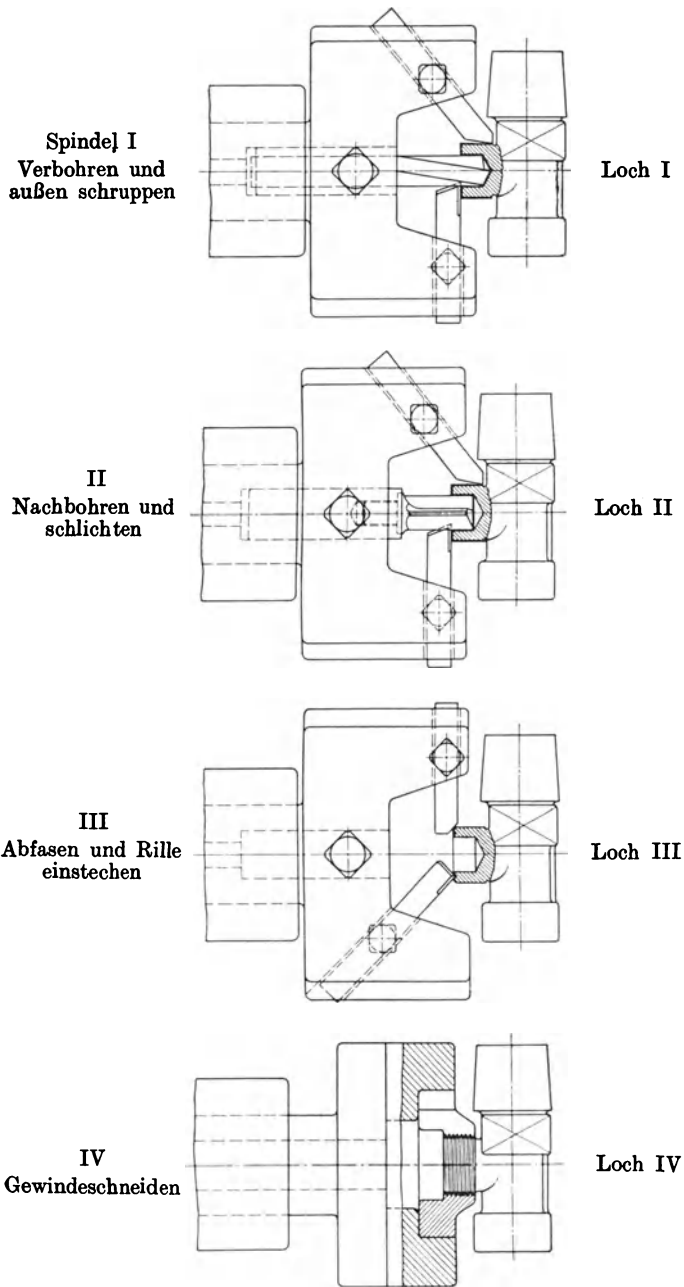
1. Die Säulenbohrmaschine.

Nach der allgemeinen Arbeitsweise der Bohrmaschinen hat der Bohrer die Haupt- und Schaltbewegung auszuführen. Er wird hierzu



Loch V. Ab- und Einspannen.

Abb. 87. Bearbeiten eines Ventilkörpers. I. Einspannung.



Loch V. Ab- und Einspannen.

Abb. 88. Bearbeiten eines Ventilkörpers. II. Einspannung.

mit seinem Kegel in die senkrechte Bohrspindel gesteckt, mit der er von oben her bequem an die einzelnen Bohrstellen des Werkstückes angesetzt werden kann. Das Arbeitsstück läßt sich dabei auf dem Bohrtisch mit der Hand rasch ausrichten und festhalten oder mit einer Spannvorrichtung festspannen. In dieser Bedienung liegt eine größere Handlichkeit gegenüber dem Bohren auf der Drehbank. Die Bohrmaschine ist daher bei allgemeinen Bohrarbeiten der Drehbank vorzuziehen.

Die Bohrspindel ist der wichtigste Einzelteil einer Bohrmaschine. Ihre Aufgabe ist eine doppelte. Sie hat bekanntlich dem Bohrer die

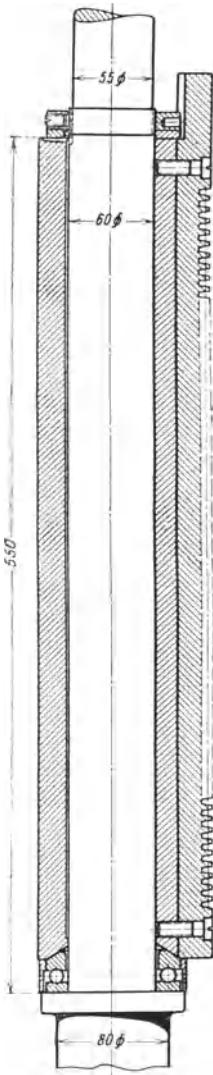


Abb. 89. Bohrspindel.

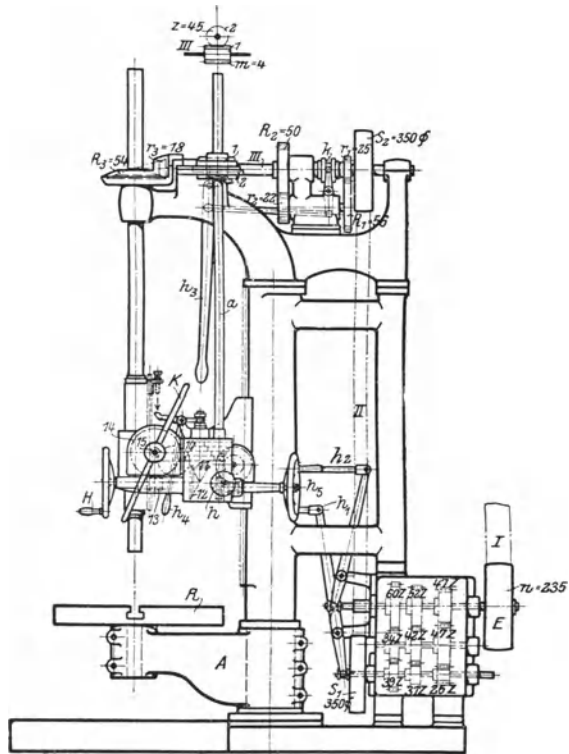


Abb. 90. Säulenbohrmaschine.
Ludw. Loewe & Co., Berlin.

kreisende Hauptbewegung und den geraden Vorschub zu erteilen. Zum Unterschied von der Dreh- und Frässpindel muß sie daher in ihren Lagern verschiebbar sein. Dadurch wird zwar die genaue Führung der Spindel

erschwert, doch darf nicht vergessen werden, daß sich die Spiralbohrer im Werkstück selbst führen. Aus diesem Grunde verzichtet man meist auf eine nachstellbare Lagerung der Spindel im Sinne der Abb. 52. Für den geraden Vorschub ist in Abb. 89 auf den Schaft der Bohrspindel eine Zahnstangenhülse gesteckt. Mit ihr läßt sich die Spindel in dem Lager des Bohrschlittens führen und mit einer Mantelklemmung genau einstellen (Abb. 90 u. 92).

Die Zahnstangenhülse stützt sich unten auf das Kugellager am Spindelkopf und oben gegen den Fiberring und die Ringmutter. Beim Bohren wird daher der Bohrdruck von dem Kugellager aufgenommen und beim Abfräsen von Putzen von den Ringmuttern, vorausgesetzt, daß dabei die Spindel hochgezogen wird. Die Ringmuttern sind gegen Schlagen der Spindel so weit anzuziehen, daß kein Spiel in der Hülse ist.

Der Antrieb der Bohrspindel ist so einzurichten, daß die Leistung der Maschine bei allen Lochdurchmessern und Werkstücken voll ausgenutzt werden kann. Dies erfordert wiederum einen Stufenscheiben- oder Stufenräderntrieb.

Der Stufenscheibenantrieb ist wegen der senkrechten Bohrspindel wie bei den senkrechten Fräsmaschinen auszuführen. Der Deckenriemen *I* arbeitet, wie in Abb. 112, auf das Fußvorgelege *I*, von dem aus der Stufenriemen *2* über zwei ausrückbare Vorgelege nach Abb. 90 die Bohrspindel mit 8 Geschwindigkeiten treiben würde.

Der Stufenräderntrieb ist bei den Bohrmaschinen besonders empfehlenswert, damit bei dem häufigen Bohrerwechsel auch die Umläufe der Bohrspindel schnell geändert werden können. Eine Ausnahme bilden allerdings die Bohrmaschinen für Massarbeiten. Der Deckenriemen *I* in Abb. 90 treibt zunächst das Stufenräderngetriebe, das für 3×3 Geschwindigkeiten eingerichtet ist und sich mit h_1 und h_2 schalten läßt. Der Riemen *II* kann die Antriebswelle *III* entweder direkt treiben (k in r_1) oder über die Vorgelege $\frac{r_1}{R_1} \cdot \frac{r_2}{R_2}$ (k in R_2). Bei diesem Antrieb stehen daher 2×9 Geschwindigkeiten zur Auswahl.

Die Vorschubsteuerung der Bohrmaschine muß gestatten:

1. den Bohrer rasch an das Werkstück anzustellen und nach dem Bohren hochzuschlagen;
2. den Bohrvorschub mit einem Handrade oder durch die Maschine selbst zu steuern;
3. den Vorschub der Härte des Werkstückes anzupassen und
4. für das Bohren gleicher Tiefen den Vorschub an der Bohrgrenze selbsttätig auszurücken.

Diese verschiedenen Bedingungen sind in Abb. 91, wie folgt, gelöst. Der Selbstgang der Steuerung wird nach Abb. 90 durch das Schneckengetriebe *1, 2* von der Antriebswelle *III* hergeleitet. Die senkrechte Steuerwelle *a* treibt über das Ziehkeilgetriebe *3—10* und die Kegelräder

11, 12 die Schneckenwelle *c*. Das Schneckengetriebe 13/14 erzeugt mit dem Zahnstangengetriebe 15 den selbsttätigen Vorschub der Bohrspindel. Die Größe dieses Vorschubes wird mit dem Ziehkeilgetriebe gewechselt, dessen Ziehkeil in der Welle *b* sitzt und mit der Kurbel *h*

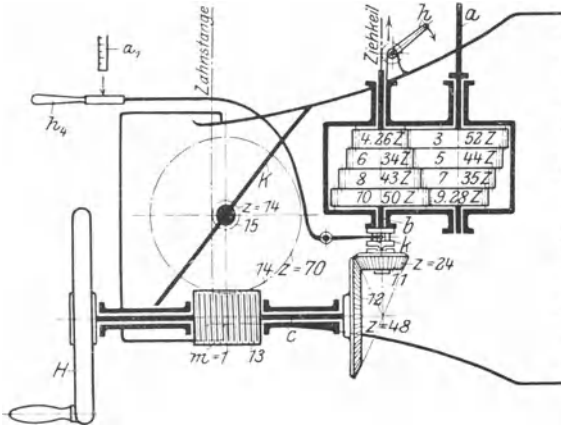


Abb. 91. Steuerung einer Bohrmaschine.

verstellt werden kann. Beim Bohren mit der Hand ist das Handrad *H* zu steuern. Dies setzt allerdings voraus, daß der Selbstgang der Steuerung

ausgeschaltet wird. Hierzu ist das Kegelrad 11 mit dem Handgriff *h*₄ und der Kupplung *k* zu entkuppeln. Das Ansetzen und Hochschlagen der Bohrer soll mit dem Handgriff *K* geschehen. Um *K* benutzen zu können, muß aber das Schneckengetriebe ausgeschaltet werden. Dies geschieht in Abb. 92 durch Entkuppeln des Schneckenrades 14, indem man durch Vor-

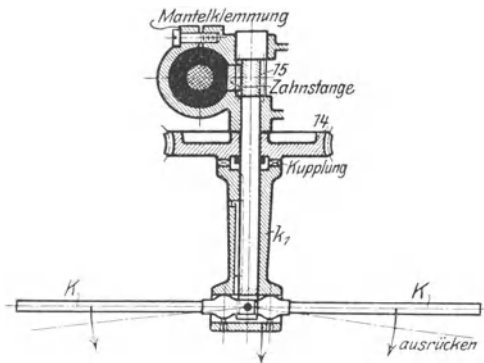


Abb. 92. Ausrücker für den Selbstgang.

ziehen des Handgriffs *K* die Kupplung *k*₁ ausrückt. In Abb. 93 wird das Schneckengetriebe mit der Fallschnecke 13 ausgerückt. Das Schneckenlager *L* ist nämlich am Bolzen *A* drehbar aufgehängt und vorn an dem Klinkhebel *w* eingeklinkt, den der Federstift *s* in Eingriff hält. Wird nun mit einem Fingerdruck *w* ausgeklinkt, so fällt das Schneckenlager gegen die Fangschraube *F*. Das Schneckengetriebe ist damit ausgerückt, und der Bohrer kann mit dem Handkreuz hoch-

geschlagen oder angesetzt werden. Die Selbstausrückung des Vorschubes besorgt in Abb. 91 der Anschlag a_1 , indem er an der Bohrgrenze die Kuppelung k ausrückt. In Abb. 93 klinkt die Stellschraube a die Fallschnecke aus.

Der Bohrtisch dient als Auflage oder zum Festspannen des Werkstückes mit einem Schraubstock. Um das festgespannte Werkstück mit der angekörmten Bohrstelle genau unter den Bohrer bringen zu können, muß der Bohrtisch aus einem drehbaren Rundtisch R bestehen, der sich mit dem Arm A um die Säule schwenken läßt. Mit dem Ausschwenken des Tisches ist auch die Möglichkeit geboten, größere Werkstücke auf die Grundplatte zu legen.

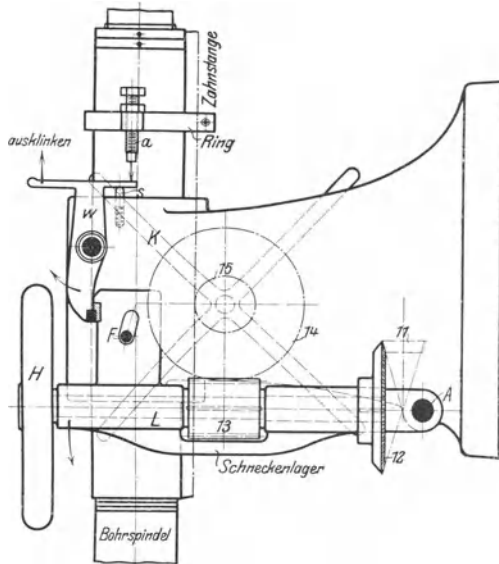


Abb. 93. Selbstausrücker mit Fallschnecke.

Bei der Säulenbohrmaschine muß das Werkstück zum Bohren mehrerer Löcher jedesmal verlegt werden, weil die Bohrspindel festliegt. Diese Maschine ist daher vorwiegend für kleinere Werkstücke gebaut. Sind schwere Werkstücke an verschiedenen Stellen zu bohren, so ist es wirtschaftlicher, die Maschine so einzurichten, daß man mit ihr den Bohrer an die verschiedenen Bohrstellen bringen kann. Das schwere Werkstück braucht daher nicht verlegt zu werden.

2. Die Radial- oder Ausleger-Bohrmaschine.

Bei der Säulenbohrmaschine muß das Werkstück zum Bohren mehrerer Löcher jedesmal verlegt werden, weil die Bohrspindel festliegt. Diese Maschine ist daher vorwiegend für kleinere Werkstücke gebaut. Sind schwere Werkstücke an verschiedenen Stellen zu bohren, so ist es wirtschaftlicher, die Maschine so einzurichten, daß man mit ihr den Bohrer an die verschiedenen Bohrstellen bringen kann. Das schwere Werkstück braucht daher nicht verlegt zu werden.

Diese Aufgabe erfordert nach Abb. 94 und 95 in dem Aufbau de.

Maschine drei Einstellbewegungen für die Bohrspindel:

1. ein seitliches Ausschwenken nach 1 für die Breite B des Werkstückes,
2. ein radiales Verschieben nach 2 für die Länge des Werkstückes und
3. ein Hoch- und Tiefstellen nach 3 auf die Höhe des Werkstückes.

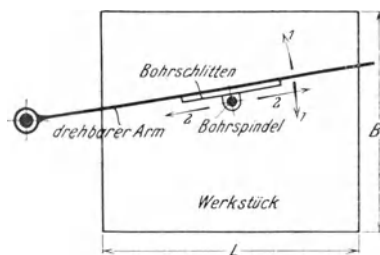


Abb. 94. Einstellbarkeit der Auslegerbohrmaschine.

Durch diese dreifache Einstellbarkeit der Bohrspindel kann der Bohrer auf die Höhe des Werkstückes und nach jeder Stelle seiner Oberfläche gebracht werden. Dieser Grundgedanke ist in der Radial- oder Auslegerbohrmaschine in Abb. 95 verkörpert. Der Ausleger *A* ist mit

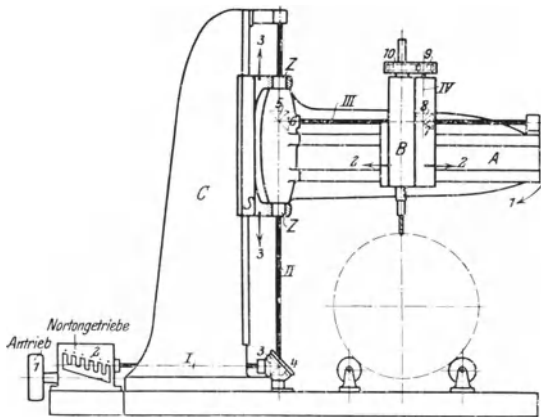


Abb. 95. Auslegerbohrmaschine.

den beiden Zapfen *Z* drehbar in dem Ständerschlitzen *S* aufgehängt. Er kann daher in der Breite *B* des Werkstückes geschwenkt werden. Der Bohrschlitten *B* läßt sich auf dem Ausleger *A* nach *2* in der Länge *L* des Werkstückes verschieben. Durch diese doppelte Einstellbarkeit kann daher der Bohrer die ganze Werkstückoberfläche bestreichen. Durch Heben und Senken des Ständerschlitzens *S* wird die Maschine auf die Höhe des Werkstückes eingestellt. Etwas umständlich gestaltet sich allerdings der Antrieb der Bohrspindel. Er verlangt die 4 Wellen *I—IV*, die durch die Kegel- und Stirnräder 3—10 von dem Nortongetriebe aus die Bohrspindel treiben.

Die einfache Auslegerbohrmaschine in Abb. 95 kann nur senkrecht bohren. Soll sie in allen Richtungen bohren, so muß der Ausleger *A* mit einer Drehscheibe auf dem Ständerschlitzen und ebenso die Bohrspindel mit einer Drehscheibe auf dem Bohrschlitten sitzen. Die allgemeine Auslegerbohrmaschine hat daher als Kennzeichnung eine fünf-fache Einstellbarkeit.

Bei sehr schweren Gußstücken wird die Auslegerbohrmaschine mit einem Wagen oder einem Kran herangefahren.

b) Die wagerechten Bohrmaschinen.

Die wagerechten Bohrmaschinen sind Ausbohrmaschinen mit einer wagerechten Bohrspindel, die für das Ausbohren größerer Werkstücke handlicher als die senkrechte ist und sich auf der Gegenseite gut führen läßt. Bei den wagerechten Bohrmaschinen sind Bohrwerke für leichtere und solche für schwere Werkstücke zu unterscheiden. Ihr äußeres Merkmal liegt in dem festen oder verschiebbaren Spindelstock.

1. Bohrwerke mit festliegendem Spindelstock.

Die Bohrwerke mit festliegendem Spindelstock sind für leichte und mittlere Werkstücke gebaut, die sich mit dem Arbeitstisch hoch und tief

stellen lassen. Die größte Länge ist durch den Abstand des Rahmenständers R begrenzt und der größte Lochdurchmesser durch die tiefste Stellung des Tisches. Die Bohrspindel liegt daher wie die Dreh- und Frässpindel in ihrer Höhe fest. Der ganze Aufbau dieser Maschine zeigt daher eine große Verwandtschaft mit der einfachen Fräsmaschine (Abb. 102).

Soll das Bohrwerk wirtschaftlich ausgenutzt werden, so hat der Antrieb der Bohrspindel B wiederum mit Stufenscheiben und Räder-

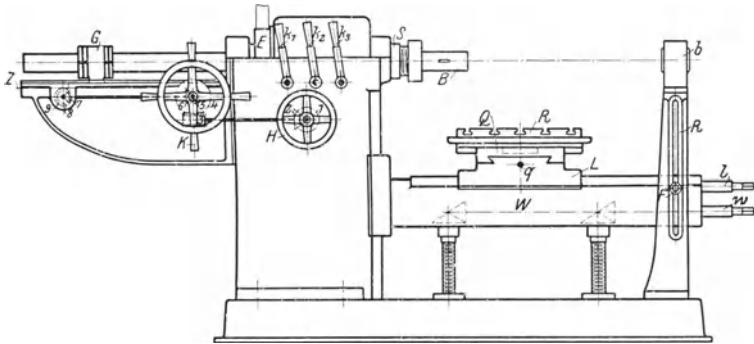


Abb. 96. Wagerechtes Bohrwerk mit festliegender Spindel.

vorgelegen oder mit einem Stufenrädergetriebe zu erfolgen. In Abb. 96 wird das Bohrwerk durch die Einscheibe B angetrieben. Mit den Griffen k_1 , k_2 , k_3 läßt sich das Stufenrädergetriebe auf 8 Geschwindigkeiten schalten. Da die Spindel wagerecht liegt, so ist der übrige Aufbau des Spindelstockes wie bei der Drehbank. Nur ein Unterschied ist festzustellen: die in nachstellbaren Lagern laufende Hauptspindel S muß hier hohl sein, damit die Bohrspindel B in ihr verschoben werden kann.

Den Bohrvorschub erzeugt die Schaltsteuerung, die meist von der Hauptspindel S betrieben wird und auch mit dem Handrad H bedient werden kann. Zum schnellen Ansetzen und Zurückziehen des Bohrers ist das Handkreuz K vorgesehen. Es ist hierzu im Sinne der Abb. 91 von dem Schneckenrade 4 abzukuppeln.

Der Arbeitstisch hat das Werkstück hoch, längs und quer einzustellen. Hierzu besteht er aus dem Winkeltisch W und einem Kreuzschlitten, der sich aus dem Längsschlitten L und dem Querschlitten Q zusammensetzt. Will man das Werkstück ohne Umspannen auch seitlich bohren können, so muß es mit dem Tisch geschwenkt werden. Hierzu ist der Rundtisch R vorgesehen, der mit einem Zapfen auf dem Querschlitten sitzt. Für ein erschütterungsfreies Arbeiten muß der lange Winkeltisch in dem vorderen Führungsrahmen R festgeklammert und die Bohrstange in dem Lager b geführt werden.

2. Das Bohrwerk mit verstellbarem Spindelstock.

Das Bohrwerk mit verstellbarem Spindelstock dient zum Ausbohren schwerer Gußstücke, die sich nicht mit dem Tisch heben lassen. Die Bohrspindel läuft daher in den Lagern eines Bohrschlittens, mit dem sie an dem Ständer hoch und tief gestellt werden kann.

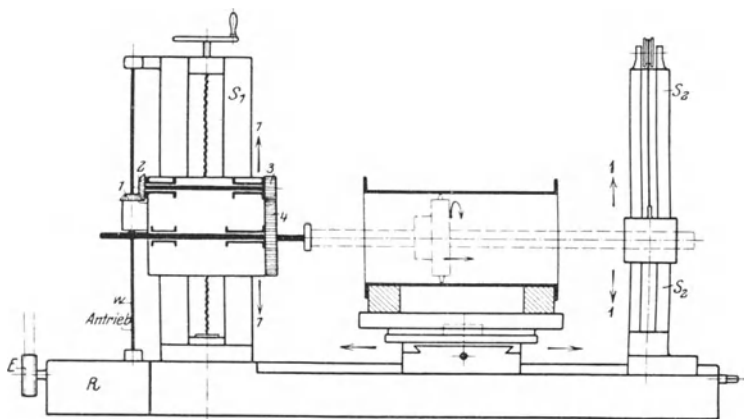


Abb. 97. Bohrwerk mit verstellbarem Spindelstock.

Der Bohrschlitten ist für das Einstellen der Bohrspindel auf dem Ständer S_1 geführt und die Bohrstange auf dem rechten Ständer S_2 in einem verstellbaren Lager. Der Antrieb dieser verschiebbaren Bohrspindel erfolgt von dem Räderkasten R aus über die Vorgelege $\frac{1}{2}, \frac{3}{4}$.

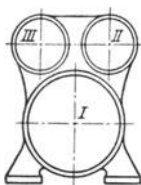


Abb. 98.
Zylinder mit
Schieberkasten.

Der Arbeitstisch hat hier das schwere Werkstück längs und quer einzustellen und zu schwenken. Hierzu ist er als Kreuzschlitten mit Rundtisch auf dem Bett geführt. Der Vorzug dieser Maschine ist, daß sie sich bequem auf verschiedene Bohrlöcher eines Gußstückes einstellen läßt, z. B. Zylinder und Schieberkasten (Abb. 98).

Die Bohrwerke in Abb. 96 und 97 sind zugleich Fräswerke, mit denen man Flanschen und Putzen an den Werkstücken abfräsen kann. Bei diesen Fräsarbeiten muß das Werkstück querzur Spindel vorgeschoben werden. Der Arbeitstisch muß daher selbsttätigen Quergang haben.

3. Die Zylinderbohrmaschine.

Die Zylinderbohrmaschine ist eine Sondermaschine für das Ausbohren größerer Dampf-, Pumpen- und Gebläsezyliner. Ihre Werk-

zeuge sind daher Bohrmesser, die in den scheibenförmigen Bohrkopf gespannt werden.

Zum Ausbohren eines Zylinders kann die Maschine dem Bohrkopf mit den Messern die Hauptbewegung und dem Zylinder durch einen

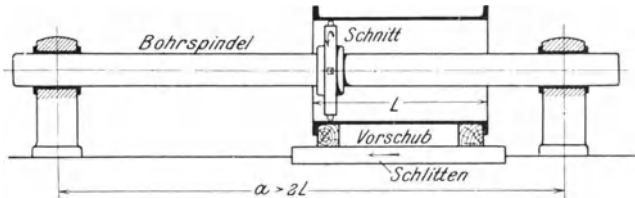


Abb. 99. Zylinderbohrmaschine mit wanderndem Tisch.

Schlitten den Vorschub erteilen. Diese Arbeitsweise mit getrennten Bewegungen verlangt nach Abb. 99 eine lange und schwere Maschine mit einer Lagerentfernung $a > 2L$ und einem großen Arbeitsaufwand für das Vorschieben des schweren Zylinders.

Beide Nachteile verschwinden bei der Maschine mit wanderndem Bohrkopf (Abb. 100), der sowohl die Hauptbewegung als auch den

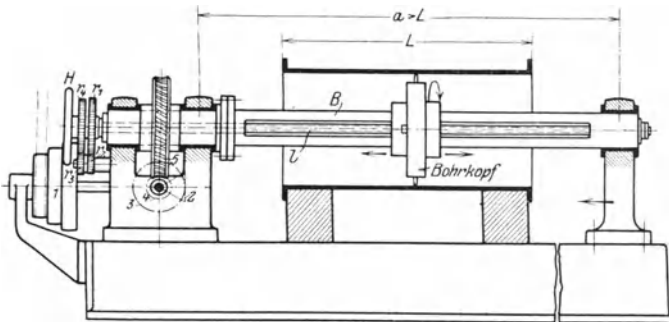


Abb. 100. Zylinderbohrmaschine mit wanderndem Bohrkopf.

Vorschub hat. Bei dieser Maschine genügt daher eine Lagerentfernung $a > L$.

Der Antrieb des Bohrkopfes verlangt auch hier einen bestimmten Geschwindigkeitswechsel. Die Hauptbewegung wird daher dem Bohrkopf durch einen Stufenriemen 1, die Kegelräder 2, 3 und das Schneckengetriebe 4, 5 erteilt, das die Bohrspindel B treibt. Für den Vorschub des Bohrkopfes liegt in der hohlen Bohrspindel die Leitspindel l , die den Bohrkopf mit einer Mutter faßt. Für ein selbsttätiges Arbeiten der Maschine muß diese Leitspindel Selbstgang haben. Sie wird daher durch die Räder r_1, r_2, r_3, r_4 von der Bohrspindel B angetrieben. Soll mit diesem Antrieb ein Vorschub des Bohrkopfes erreicht werden, so muß die Leitspindel entweder langsamer oder schneller laufen als die

Bohrspindel, da sonst der Bohrkopf an derselben Stelle kreist. Die Räder r_1-r_4 müssen daher einen Unterschied in den Umläufen der Bohr- und Leitspindel erzeugen. Der Antrieb heißt daher Unterschiedsrädergetriebe. Der mit ihm erzeugte Vorschub des Bohrkopfes ist gleich dem Unterschied der Umläufe \times Steigung der Leitspindel.

Von jeder Sondermaschine verlangt man mit Recht besonders genaue Arbeit. Die Zylinderbohrmaschine wird nur dann genau rundbohren, wenn die Bohrspindel nicht federt. Prüft man die beiden Maschinen auf diese Grundbedingung, so ist der Maschine mit wanderndem Bohrkopf entschieden der Vorzug einzuräumen. Denn die Durchbiegung der Bohrspindel ist $f = \frac{P a^3}{48 E J}$. Diese Gleichung lehrt, daß die Federung der Spindel mit a^3 zunimmt und mit d^4 abnimmt. Ein wesentlicher Faktor für eine gute Zylinderbohrmaschine ist daher eine kurze und dicke Bohrspindel. Von diesem Gesichtspunkt betrachtet, ist daher die Maschine mit wanderndem Bohrkopf wegen $a > L$ vorzuziehen. Da die Durchbiegung auch mit der Belastung P wächst, so ist die Spindel

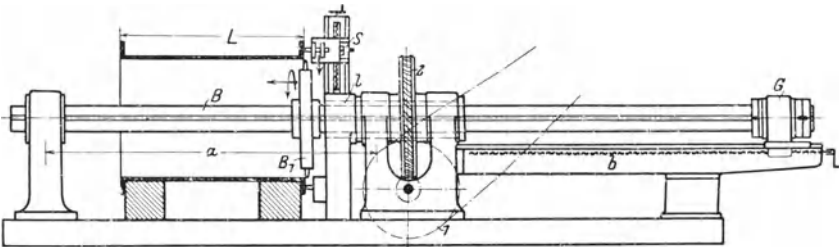


Abb. 101. Zylinderbohrmaschine mit wandernder Bohrstange.

im Interesse genauer Arbeit möglichst zu entlasten. Die Belastung der Spindel setzt sich aus dem Gewicht der Bohrspindel und des Bohrkopfes, sowie dem Stahldruck zusammen. Eine geringere Durchbiegung ist daher zu erwarten, wenn die liegende Spindel von dem Stahldruck entlastet wird. Dies ist nur möglich, wenn im Bohrkopf mehrere Messer, z. B. 3, sitzen, deren Druck auf die Stange sich ziemlich ausgleicht. Noch eins ist zu bemängeln. Bei der Maschine mit wanderndem Bohrkopf muß die Bohrspindel wegen der inneren Leitspindel hohl sein und daher aus Gußeisen oder Stahlguß bestehen. Sie ist daher mit einem geringeren J und E behaftet, was zu einer größeren Durchbiegung führt. Diese Schattenseite wird durch die wandernde Bohrstange beseitigt, die aus Stahl und aus dem Vollen geschmiedet werden kann. Die Maschine mit wandernder Bohrstange in Abb. 101 erhält die Hauptbewegung von dem Stufenriemen 1 und dem Schneckengetriebe 2. Der Vorschub wird von der äußeren Leitspindel erzeugt, die durch den Gleitschuh G die Bohrstange mit dem Bohrkopf vorschiebt. Diese

Maschine neuerer Bauart ist daher theoretisch am besten durchgebildet. Nur erfordert sie wegen der Gleitbahn b mehr Platz.

Die Zylinderbohrmaschine läßt sich auch als Drehwerk für das Abdrehen der Flanschen benutzen. Der Werkzeugschlitten muß hierbei die kreisende Hauptbewegung und den Vorschub ausführen. Er sitzt hierzu auf dem Doppelparm S , mit dem er den Flanschen umschwärmt. Den Vorschub erzeugt ein Sternrädchen, das gegen einen Anschlag stößt.

Aufgabe 1. Die Leitspindel macht $n_l = 8$ Umläufe i. d. Min., die Bohrstange $n_b = 10$, die Steigung der Leitspindel sei 10 mm. Wie groß ist der Bohrvorschub i. d. Min.?

$$\delta = (n_b - n_l)s$$

$$\delta = (10 - 8) 10 = 20 \text{ mm i. d. Min.}$$

Aufgabe 2. Wie groß ist der Vorschub des Bohrkopfes bei einer Umdrehung der Bohrspindel? Es war $\delta = (n_b - n_l)s$.

Hierin ist $n_b = 1$ und nach Abb. 91 $\frac{r_1}{r_2} \cdot \frac{r_3}{r_4} = \frac{n_l}{n_b} = \frac{n_l}{1}$. Diese Werte er-

geben einen Bohrvorschub $\delta = \left(1 - \frac{r_1}{r_2} \cdot \frac{r_3}{r_4}\right) s$.

Beispiel: $r_1 = 61$ z, $r_2 = 18$ z, $r_3 = 17$ z, $r_4 = 62$ z.

Steigung $s = 10$ mm.

$$\delta = \left(1 - \frac{61}{18} \cdot \frac{17}{62}\right) \cdot 10$$

$$\delta = (1 - 0,93) \cdot 10 = 0,07 \cdot 10$$

$$\delta = 0,7 \text{ mm.}$$

Bei jeder Umdrehung der Maschine wird der Bohrkopf um 0,7 mm vorgeschoben.

3. Die Fräsmaschinen.

Die Fräsmaschinen haben eine kreisende Hauptbewegung und einen geraden Vorschub (Abb. 3). Die Hauptbewegung wird dem Fräser erteilt, der hierzu mit dem Fräsdorn in die Frässpindel gespannt wird. Soll auch bei den Fräsmaschinen die Schnittgeschwindigkeit bei den verschiedenen Fräsern und Werkstücken voll ausgenutzt werden, so ist die Frässpindel mit Stufenscheiben oder Stufenrädern anzutreiben (Abb. 102 und 103). Diese Aufgabe erfordert als ersten Hauptteil der Maschine einen Spindelstock. Das Werkstück erhält beim Fräsen den Vorschub. Hierzu wird es auf den Arbeitstisch gespannt und durch ihn dem Fräser zugeschoben. Somit verlangt der Vorschub des Werkstückes einen Arbeitstisch als zweites Hauptstück der Maschine. Beide Hauptteile sitzen auch bei dieser Maschine an dem Bett oder Ständer.

Nach der wagerechten oder senkrechten Lage der Frässpindel unterscheidet man wagerechte und senkrechte Fräsmaschinen.

a) Die wagerechten Fräsmaschinen.

Die wagerechten Fräsmaschinen (Abb. 102) kann man so aufstellen, daß die Frässpindel parallel zum Deckenvorgelege liegt. Die Stufen-

scheibe oder die Stufenräder können daher auf der Frässpindel und parallelen Vorlegewellen angeordnet sein. Der Spindelstock baut sich daher wie bei der Drehbank auf. Der Spindelkasten läßt sich mit dem Kastenbett als ein Gußstück ausführen, so daß Stufenscheibe und Rädervorgelege im oberen Ständer liegen.

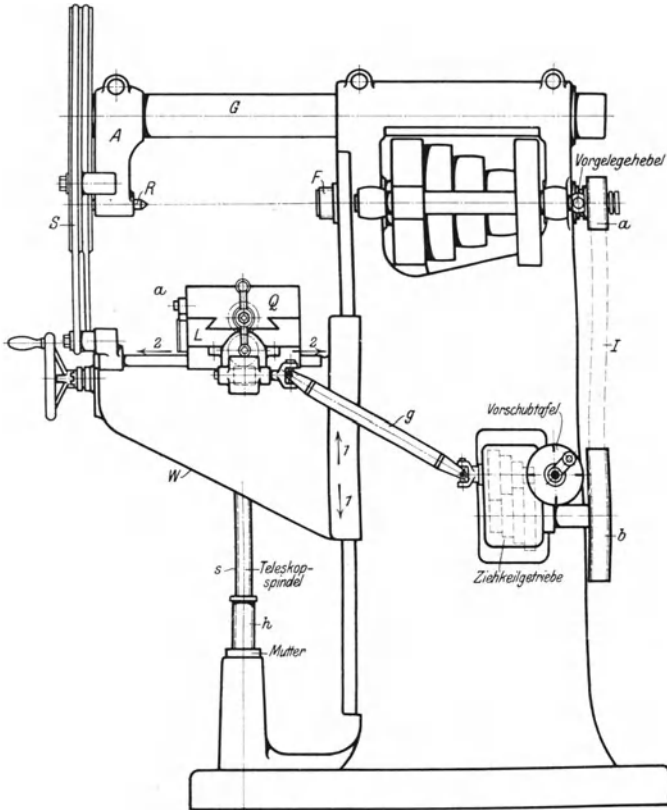


Abb. 102. Einfache Fräsmaschine.

Bei Fräsmaschinen mit mehr als 5—8 PS (Abb. 103) ist der Stufenräderantrieb wegen seiner größeren Leistung vorzuziehen. Dieser Antrieb läßt sich ganz in den Ständer einbauen, so daß nur die Einscheibe E freiliegt. Sie treibt nach Abb. 104 über ein Nortongetriebe mit 3 Vorgelegen die Frässpindel F mit 18 Geschwindigkeiten. Die Nortonschwinge kann nämlich auf R_1 bis R_6 eingestellt werden. Ist dann k_1 auf L eingeschaltet, so treibt die Hülse L die Frässpindel F mit 6 Geschwindigkeiten. Schwenkt man die Vorgelege ein und rückt k_2 auf R_8 ein, sowie k_1 auf R_{12} , so treibt L über $\frac{R_7}{R_8} \cdot \frac{R_{11}}{R_{12}}$ die Frässpindel abermals mit 6 Geschwindigkeiten.

Wird jetzt k_2 auf R_{10} umgeschaltet, so arbeitet L über $\frac{R_9}{R_{10}} \cdot \frac{R_{11}}{R_{12}}$ und die Maschine erhält wiederum 6 Geschwindigkeiten.

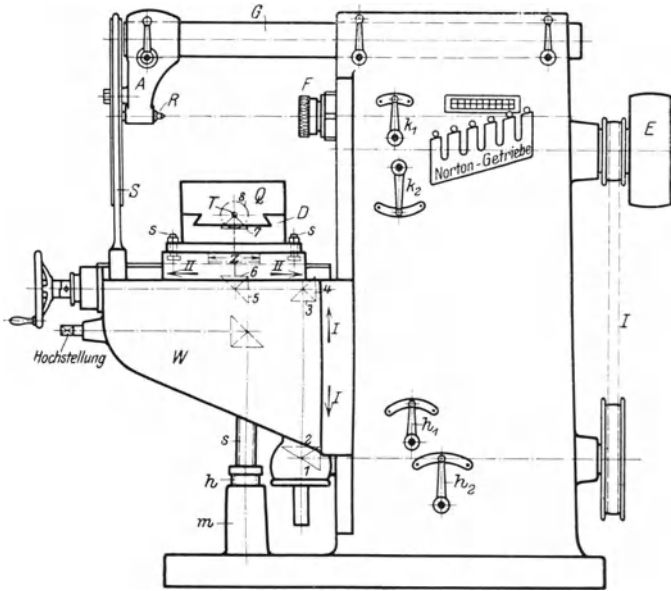


Abb. 103. Allgemeine Fräsmaschine.

Die Frässpindel F ist für ruhigen Lauf wie die Drehspindel recht kurz und dick zu halten und unverschiebbar zu lagern. Im Hauptlager kann sie daher mit einem Kegelzapfen oder Zylinderzapfen laufen.

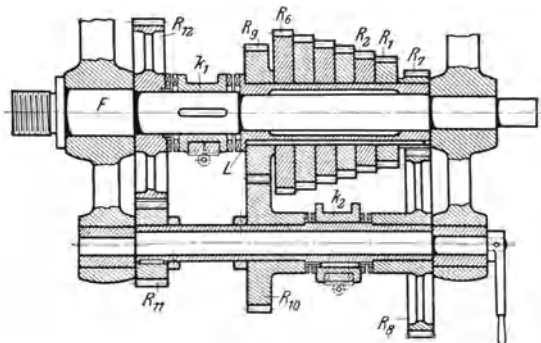


Abb. 104. Stufenräderantrieb der Fräsmaschine.

Im Endlager muß sie dagegen einen zylindrischen Zapfen haben, damit sie sich bei den höheren Umläufen frei ausdehnen kann.

Eine besondere Einrichtung erfordert noch der ruhige Lauf des Fräasers als Sicherheit für saubere Arbeit. Gegen starkes Zittern muß nämlich das freie Ende des Fräsdornes durch einen Reitnagel *R* abgestützt werden. Dieser Reitnagel sitzt im Arm *A* des Gegenhalters *G*, auf dem er verstellbar und festgeklemmt werden kann. Der Reitstock ist hier also über den Spindelstock gelegt, damit die Freiseite des Tisches für das Auf- und Abspannen der Werkstücke gewahrt wird.

Der Arbeitstisch.

Ist die Maschine nur für einfache gerade Schnitte bestimmt, bei denen das Werkstück senkrecht zur Frässpindel vorgeschoben wird, so ist die wagerechte Fräsmaschine eine einfache Fräsmaschine. Hat die Maschine dagegen alle vorkommenden Arbeiten auszuführen, also auch Spiralnuten und Schraubenzähne zu fräsen, bei denen das Werkstück schräg zur Spindel vorgeschoben werden muß, so ist die Maschine eine allgemeine oder Universalfräsmaschine. Der einzige Unterschied der beiden Maschinen liegt daher im Arbeitstisch.

1. Der Arbeitstisch der einfachen Fräsmaschine.

Der Arbeitstisch der einfachen Fräsmaschine hat als Aufgaben:

1. das Werkstück an den Fräser anzustellen,
2. den Vorschub senkrecht zur Frässpindel hervorzubringen.

Zum Hochstellen des Werkstückes ist der Winkeltisch *W* an dem Ständer geführt und mit der Gliederspindel nach *I* hochzukurbeln (Abb. 101 und 102). Sie besteht aus der Gewindespindel *s* und der Ge-

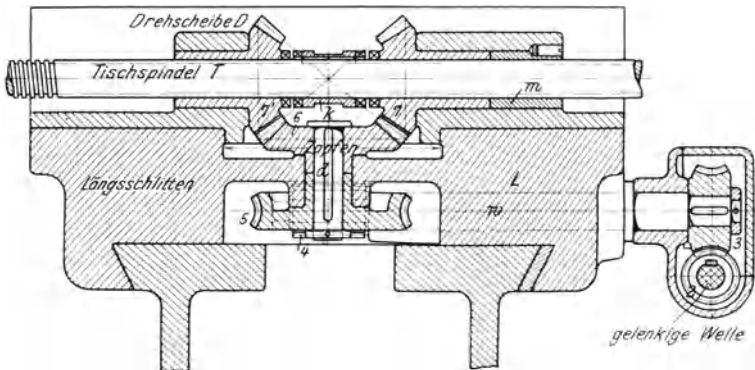


Abb. 105. Tischantrieb.

windebüchse *h*. Beim Hochstellen des Tisches schraubt sich erst *s* in *h* hoch und hierauf *h* in der Mutter des Ständers. Für das seitliche Einstellen des Werkstückes in der Längsrichtung *2* der Spindel ist auf *W* der Längsschlitten *L* vorgesehen und für das Anstellen quer zur

Spindel der Querschlitten Q . Der ganze Arbeitstisch besteht daher aus dem Winkeltisch W mit dem Kreuzschlitten LQ .

Der Querschlitten Q hat als Aufspanntisch auch den Vorschub des Werkstückes senkrecht zur Frässpindel hervorzubringen. Hierzu ist die Tischspindel T von der Maschine anzutreiben. Die Bedingungen für diesen Antrieb sind, daß der Tisch 1. nach den drei Richtungen verstellbar bleibt, 2. mit mehreren Vorschüben arbeiten und 3. an der Arbeits-

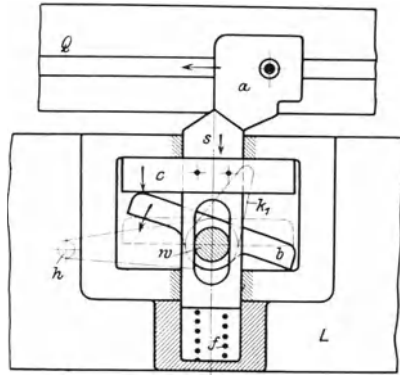


Abb. 106. Selbstausrücker des Vorschubes.

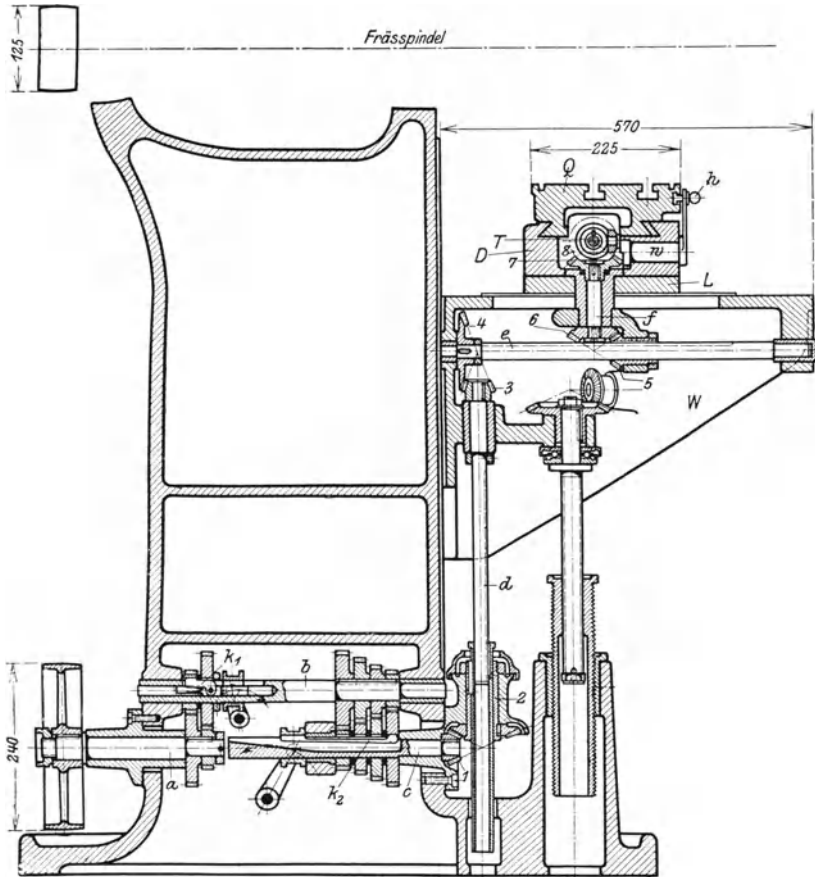


Abb. 107. Innerer Tischantrieb.

grenze selbsttätig stillgesetzt und mit der Hand umgesteuert werden kann.

Der Tisch wird in Abb 102 durch einen Riemen I von der Frässpindel angetrieben. Der Riemen treibt ein Ziehkeilschaltwerk, das durch die doppelte Gelenkwelle g auf das Räderwerk des Tisches wirkt. Dieses Räderwerk besteht im Sinne der Abb. 105 aus dem äußeren Schneckengetriebe $2/3$, dem inneren $4/5$ und dem Kegelrädewendegetriebe $6/7,7'$. Durch die ausziehbare Gelenkwelle g ist die Verstellbarkeit der 3 Tischschlitten gewahrt. Das Ziehkeilgetriebe läßt 4 Vorschübe zu, deren Zahl sich durch Umstecken der beiden Riemenscheiben a, b verdoppeln läßt.

Die Selbstaustrückung des Vorschubes besorgt der Anschlag a des Querschlittens Q . Er drückt in Abb. 106 an der Arbeitsgrenze den Stab s nach unten, der mit dem angenieteten Querstab c den schräg-stehenden Stab b in die wagerechte Lage dreht. Dabei zieht die Welle w mit der Kurbel k_1 die Kupplung k aus dem Kegele 7 zurück. Wird nun der Querschlitten Q zurückgekurbelt, so springt s unter dem Druck der Feder f gleich hoch, so daß man mit dem Handgriff h die Kupplung k wieder einrücken kann. Soll der Tisch selbsttätig zurücklaufen oder den Vorschub nach der Gegenrichtung hervorbringen, so ist k auf $7'$ einzustellen.

Eine größere Sicherheit für schwere Schnitte bietet der innenliegende Antrieb 1—8 (Abb. 107), der für den Vorschubwechsel ein doppeltes Ziehkeilgetriebe hat. Es läßt sich mit h_1 und h_2 2×4 mal schalten (Abb. 103) und gestattet so 8 Vorschübe. Dieser Antrieb erfordert allerdings eine ganze Anzahl Wellen e bis f und 8 Kegelräder. Soll sich dabei der Winkeltisch W heben und senken lassen, so muß die Welle d in dem Rade 2 verschiebbar sein. Für das Einstellen des Längsschlittens L muß sich das Rad 5 auf e verschieben lassen. Der Antrieb ist also umständlich und teuer, trotzdem wird er viel bevorzugt.

2. Der Arbeitstisch der allgemeinen Fräsmaschine.

Bei der einfachen Fräsmaschine kann der Querschlitten Q nur senkrecht zur Frässpindel vorgeschoben werden. Die Maschine ist daher nur für das Planfräsen und für das Fräsen gerader Nuten und Zähne geeignet, nicht aber für das Spiralfräsen. Sollen Spiralfräser oder Schraubenräder geschnitten werden, so ist nach Abb. 108 erforderlich:

1. daß das Werkstück auf den Spiralwinkel β eingestellt wird, damit die Spirale in die Schnittebene des Fräasers kommt,
2. daß das Werkstück eine langsame Drehbewegung nach 2 und gleichzeitig eine gerade Bewegung nach 1, d. h. schräg zur Frässpindel, macht. Als Mittelweg dieser beiden Bewegungen entsteht dann die Spirale oder Schraubenlinie.

Gegenhalter verankert (Abb. 102/3) und bei schweren Maschinen durch einen Schieber an der Grundplatte des Bettes abgestützt. Bei der ausgesprochenen Planfräsmaschine ist der schwache Winkeltisch ganz beiseite und der Kreuzschlitten LQ unmittelbar auf dem kräftigen Kastenbett geführt. Dadurch wird die Maschine für besonders schwere Planarbeiten brauchbar (Abb. 109). Da jedoch dem Arbeitstisch jetzt die Hochstellung fehlt, so muß bei dieser Maschine der Fräser auf das Werkstück eingestellt werden. Hierzu läuft die Frässpindel F in den Lagern eines Frässlittens F_1 , der sich an dem Ständer S_1 hoch und tief stellen läßt. Zum Abstützen des Fräsdornes dient auch hier ein Gegenlager oder Reitstock R , der auf dem Ständer S_2 verstellbar und festgeklemmt wird. Um dabei das Einstellen und Ausrichten von Frässpindel und Reitstock zu erleichtern, ist der Frässlitten durch den Querarm Q mit dem Reitstock verbunden. Durch diese Verbindung ist noch eine weitere Verstärkung der Maschine geschaffen. Der Antrieb der Frässpindel geht von der Einscheibe E aus über ein Stufenrädergetriebe, das über die Welle I , die Kegelhäder $1/2$ und die Stirnräder $3/4$ die Frässpindel F treibt.

b) Die senkrechten Fräsmaschinen.

Die senkrechten Fräsmaschinen haben als äußeres Merkmal eine senkrechte Frässpindel, die für manche Arbeiten, wie Nutenfräsen (Abb. 110) und Rundfräsen (Abb. 111), handlicher ist als die wagerechte. Dadurch daß jetzt die Frässpindel das Deckenvorgelege kreuzt, wird der Antrieb der Maschine etwas umständlicher. Von dem Decken-

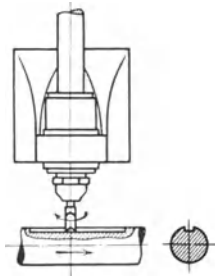


Abb. 110. Nutenfräsen.

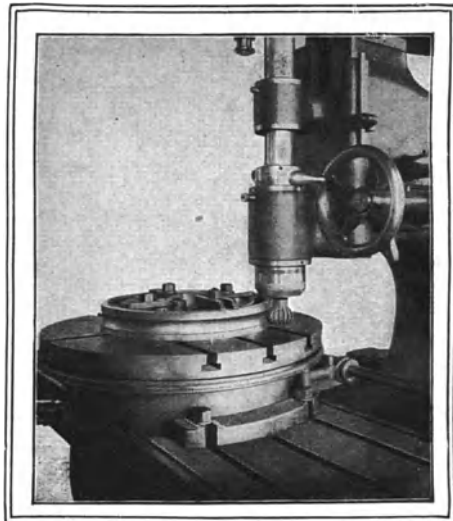


Abb. 111. Rundfräsen.

vorgelege geht zunächst der Deckenriemen 1 (Abb. 112) zum Fußvorgelege I , das durch den Stufenriemen 2 über zwei ausrückbare Vorgelege

$\frac{r_1}{R_1}$ oder $\frac{r_2}{R_2}$ die Frässpindel F mit 8 Geschwindigkeiten treibt. Gegenüber diesem umständlichen Antrieb läßt sich allerdings die senkrechte Frässpindel F sehr gut zum Feineinstellen der Späne benutzen. Hierzu läuft sie in dem Lager eines Frässchlittens, mit dem der Fräser durch Drehen des Handrades h nach einem Maßstab auf die genaue Spantiefe eingestellt werden kann.

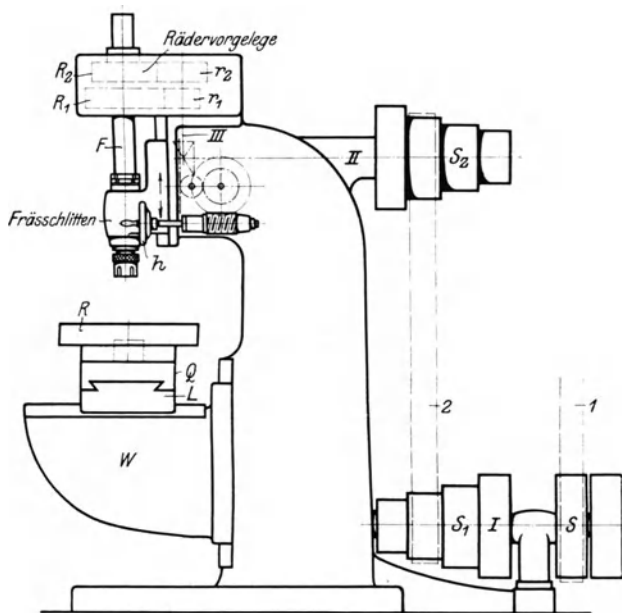


Abb. 112. Senkrechte Fräsmaschine.

Der Arbeitstisch der senkrechten Fräsmaschinen hat dieselben Aufgaben, also auch dieselben Einrichtungen wie der der einfachen Fräsmaschine. Er besteht daher aus dem Winkeltisch W zum Hochstellen des Werkstückes, dem Längsschlitten L zum seitlichen Einstellen und dem Querschlitten Q für das Querverstellen und den Quervorschub beim Fräsen. Das Rundfräsen erfordert allerdings noch einen Rundtisch R , der auf einem Zapfen des Querschlittens sitzt.

c) Sonderfräsmaschinen.

1. Die Form- oder Kopierfräsmaschine.

Die Formfräsmaschine (Abb. 113) ist ein Fräswerk, das wie die Formdrehbank nach einer Lehre arbeitet. In Lokomotivwerkstätten wird es zur massenweisen Bearbeitung der Schub- und Lenkstangen benutzt. Mehrere Stangen werden auf den Frästisch gespannt, der

sie dem Fräser zuschiebt. Um hierbei die vorgeschriebenen Kopf- und Schaftformen herauszufräsen, ist rechts am Tisch die Lehre oder Schablone festgeschraubt, auf die sich der Leitstift *K* des Frässchlittens stützt.

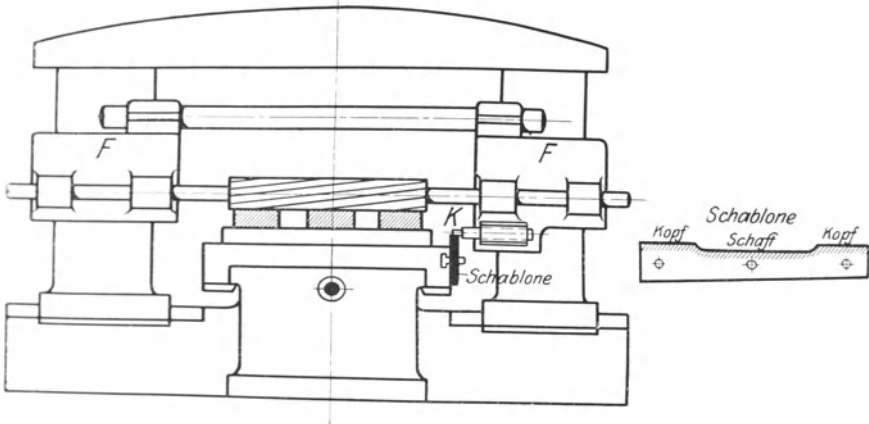


Abb. 113. Formfräsmaschine.

Beim Langfräsen wird daher die Schablone die Frässchlitten *F* der vorgeschriebenen Form entsprechend heben und senken. Der Fräser wird dabei die Lehre am Werkstück abbilden. Durch Umspannen der Stangen lassen sich beide Seiten nacheinander fräsen.

2. Die Rundfräsmaschine.

Die Rundfräsmaschine hat den Wettbewerb mit der Drehbank aufgenommen. Sie arbeitet mit einem Formfräser, der der zu fräsenden

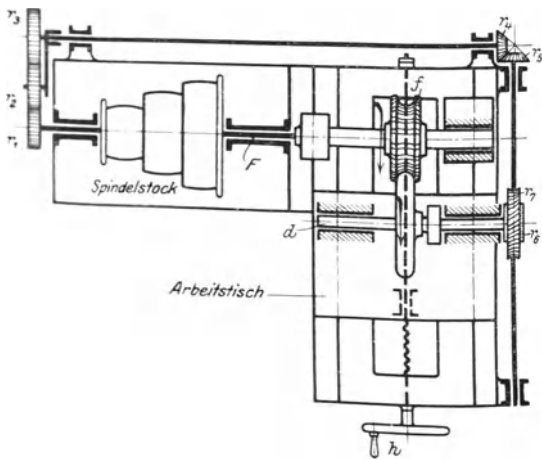


Abb. 114. Rundfräsmaschine.

Form entsprechen muß (Abb. 114). Die teuren Werkzeuge müssen natürlich ausgenutzt werden können. Die Rundfräsmaschine ist daher nur für Massenarbeiten. Selbst auf diesem Gebiete behauptet sich die Drehbank seit der Einführung der Formstähle aus Schnellstahl.

Die Hauptbewegung wird dem Formfräser *f* wie bei der Drehbank durch den Spindelstock erteilt. Soll das Werk-

stück an seinem Umfang rund gefräst werden, so muß es sich bei Gußeisen mit etwa 20—60 mm/Min. auf dem Fräser abwälzen. Hierzu wird das Werkstück auf einen Dorn d gespannt und mit dem Handrade h an den Fräser angestellt. Der Vorschubtrieb des Aufspanndornes erfolgt durch die Wechselräder r_1 — r_3 , die Kegelräder r_4 , r_5 und das Schneckengetriebe r_6 , r_7 .

Die Rundfräsmaschine braucht nur eingestellt zu werden. Der Fräser arbeitet die Form des Werkstückes ohne Zutun von Hand heraus. Infolgedessen ist der Arbeiter nicht wie bei der Drehbank an seine Maschine gebunden. Er kann vielmehr 4—6 Maschinen beaufsichtigen und bedienen.

$$\text{Arbeitszeit} = \frac{\text{Umfang des Werkstückes}}{\text{Geschwindigkeit des Werkstückes}} = \frac{\pi d}{u} \text{ (Min.)}$$

3. Die Gewindefräsmaschine.

Die Gewindefräsmaschine ist ebenfalls mit der Drehbank in den Wettbewerb getreten und zwar beim Schneiden von Gewindespindeln. Das Werkzeug ist ebenfalls ein Formfräser, der in die Gewindenut passen muß. Er muß wie beim Spiralfräsen schräg stehen und zwar hier unter dem Steigungswinkel des Gewindes. Damit saubere Gewindeflanken entstehen, müssen die spitzen Fräserzähne gegenseitig versetzt sein (Abb. 115). Es läßt sich jedoch nur Trapez- und Spitzgewinde fräsen.



Abb. 115. Gewindefräser.
(A = Kontrollzahn.)

Das Gewindefräsen erfordert wie das Spiralfräsen 3 selbsttätige Bewegungen der Maschine:

1. die kreisende Hauptbewegung des Fräasers, die in Abb. 116 von der Scheibe a eingeleitet und durch Kegeltriebe auf die Frässpindel F übertragen wird. Der Frässlitten muß hierbei schräg unter α stehen.

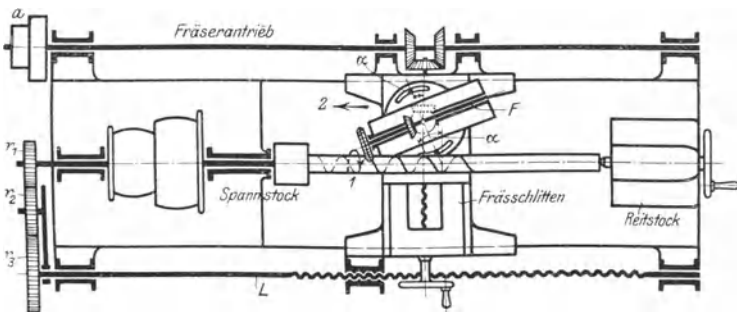


Abb. 116. Gewindefräsmaschine.

2. eine langsame Drehbewegung 1 des Werkstückes, damit der Gewindegang um die Spindel herumgeschnitten wird.
3. einen geraden Vorschub 2 des Fräasers für die Steigung des Gewindes.

Wie beim Gewindeschneiden auf der Drehbank, so muß auch hier der Fräser bei jeder Umdrehung des Werkstückes um die Steigung des Gewindes nach 2 vorgeschoben werden. Die Drehbewegung 1 wird der Gewindespindel durch den Spannstock erteilt, der durch einen Stufenriemen angetrieben wird. Der gerade Vorschub 2 des Fräasers wird durch die Leitspindel L hervorgebracht, die durch die Wechselräder r_1-r_3 von dem Spannstock betrieben wird. Die Übersetzung der Wechselräder muß auch hier $= \frac{\text{Gewindesteigung}}{\text{Leitspindelsteigung}}$ oder $= \frac{\text{Leitspindelgangzahl}}{\text{Gewindegangzahl}}$ sein (S. 143).

Die Gewindefräsmaschine gleicht in ihrem Aufbau ganz der Drehbank, nur arbeitet sie anstatt mit einem Gewindeschneidstahl mit einem Gewindefräser. Dies erfordert als Ergänzung zur Drehbank den hinteren Fräserantrieb.

Der Vorzug des GewindefräSENS liegt darin, daß mit einem Schnitt fertiges Gewinde geliefert wird. Will man hinreichende Genauigkeit erzielen, so muß die Spindel sauber auf Maß geschliffen sein. Die Arbeitszeit der Gewindefräsmaschine wächst mit dem Umfang $\pi \cdot d$ und der Länge L der Spindel. Sie nimmt ab mit der Umfangsgeschwindigkeit u der Spindel und der Steigung s des Gewindes, also

$$t = \frac{\pi d}{u} \cdot \frac{L}{s} \text{ für eingängiges Gewinde,}$$

$$t = \frac{\pi \cdot d}{u} \cdot \frac{L}{s} \cdot z \text{ für } z\text{-gängiges Gewinde.}$$

Aufgabe. Eine Spindel hat $d = 60$ mm, 900 mm Länge und soll eingängiges Gewinde auf 15 mm Steigung erhalten. Die Umfangsgeschwindigkeit der Spindel sei 120 mm/Min. Die Leitspindel hat 25 mm Steigung.

Lösung:

$$\text{Arbeitszeit } t = \frac{\pi d}{u} \cdot \frac{L}{s} = \frac{\pi \cdot 60}{120} \cdot \frac{900}{15} = 95 \text{ Min.}$$

$$\begin{aligned} \text{Wechselräder } \frac{r_1}{r_3} &= \frac{15}{25} = \frac{3}{5} = \frac{24}{40} \\ r_1 &= 24 z \quad r_2 = 90 z \\ r_3 &= 40 z \end{aligned}$$

4. Die Zahnradfräsmaschine.

Bei der Zahnradfräsmaschine (Abb. 117) sitzt der Fräser auf der Frässpindel F des Frässchlittens F_1 , der auf dem Ständer S geführt ist. Mit dem Handrade H_3 kann der Frässchlitten hoch und tief gestellt werden. Der Antrieb des Fräasers geht von der Stufenscheibe 1 aus

über die Kegeltriebe 2—7 und die Stirnräder 8, 9. Soll hierbei die Frässpindel F mit der Drehscheibe D schräg gestellt werden können, so muß wie in Abb. 66 der Antrieb in der Mitte des Drehzapfens liegen. Das Werkrad W wird auf den Dorn d des Rundtisches R gespannt und mit dem Handrade H_1 auf die Zahntiefe eingestellt.

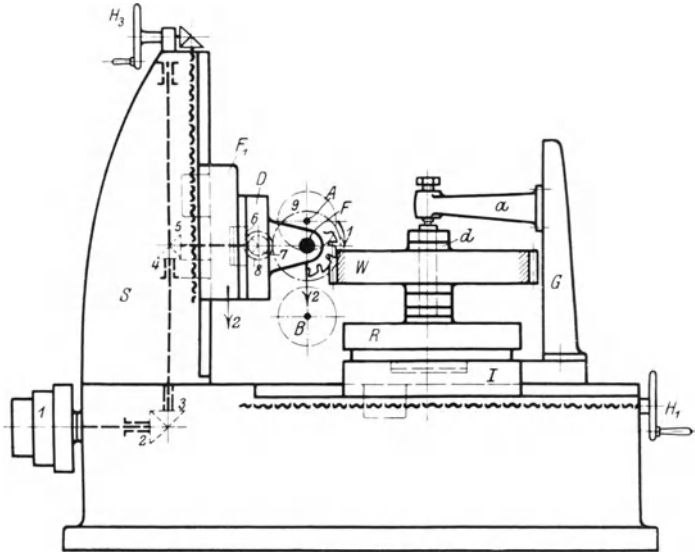


Abb. 117. Zahnradfräsmaschine.

Die Zahnradfräsmaschinen arbeiten entweder nach dem Teilverfahren oder dem Wälzverfahren.

Bei dem Teilverfahren ist das Werkzeug ein hinterdreher Scheibenfräser von der Form der Zahnücke. Sollen mit diesem Fräser die Lücken des Rades gefräst werden, so muß er mit der Schnittgeschwindigkeit in Richtung I laufen. Dabei muß ihn der Frässlitten F_1 nach 2 durch das Rad hindurchführen. In B steuert die Maschine durch einen Anschlag den Schlitten um, der beschleunigt nach A zurückläuft. Gegen Ende des Rücklaufs schaltet ein Anschlag die Teilvorrichtung ein, die das Rad um eine Teilung nach 3 weiterteilt (Abb. 118). Der Fräser arbeitet daher beim Teilverfahren nur zeitweise, und für jeden neuen Schnitt muß das Rad von neuem geteilt werden.

Bei dem Wälzverfahren ist das Werkzeug ein Schneckenfräser (Abb. 119). Das Verfahren selbst ist dem Zusammenarbeiten von Schnecke und Rad nachgebildet. Macht nämlich die Schnecke z Umläufe, so ist jeder Zahn des Rades einmal mit der Schnecke in Eingriff gewesen. Denkt man sich nun die Schnecke als Fräser ausgebildet, so wird er sich bei jeder Umdrehung des Rades z mal auf dem

Kranz des Rades abwälzen und dabei die Zahnluken auf eine gewisse Breite herauschneiden. Beim Wälzverfahren muß daher die Maschine dem Fräser z Umläufe erteilen, sobald sich das Rad einmal gedreht hat. Damit die schrägen Gänge des Fräasers die Zähne des Rades gerade schneiden können, muß der Fräser mit der Drehscheibe D auf den Steigungswinkel α schräg gestellt werden. Geht nun der Frässchlitten nach I auf das Rad zu, so wird der Fräser bei der ersten Umdrehung des Rades alle Zähne anschneiden und bei jeder weiteren Umdrehung die Schnitte weiterführen. Ist der Fräser von A bis B gekommen, so ist das Rad fertig. Der Fräser schneidet also ständig und wälzt sich dabei auf dem Kranze des Rades ab, das hierbei eine ständige, langsame Teilbewegung ausführt.

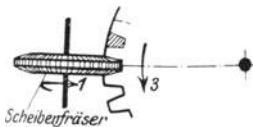


Abb. 118. Teilverfahren.

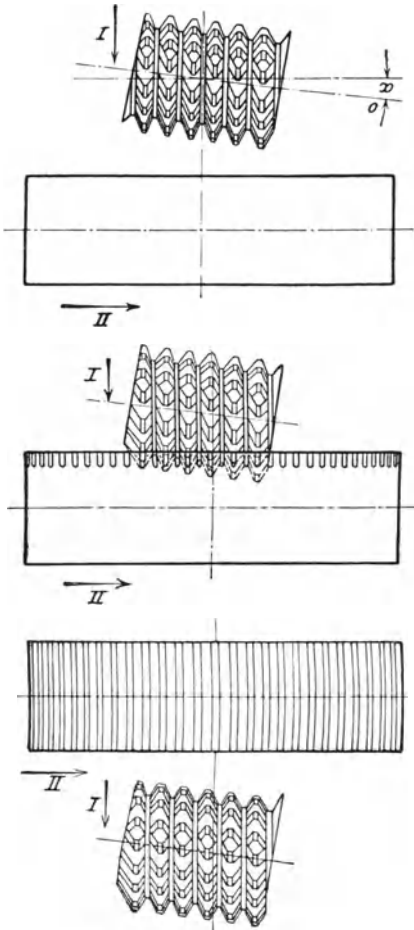


Abb. 119. Wälzverfahren.

4. Die Schleifmaschinen.

Die Schleifmaschinen dienen in der heutigen Metallbearbeitung zum Schleifen der Flächen — Flächenschleifmaschinen — und zum Schärfen der Werkzeuge — Werkzeugschleifmaschinen —.

a) Die Flächenschleifmaschinen.

Die Flächenschleifmaschinen haben ihre heutige Bedeutung dadurch gewonnen, daß die Praxis die Austauschbarkeit der Massenteile fordert. Die hierzu erforderliche Genauigkeit läßt sich am schnellsten auf Schleif-

maschinen erreichen. Nach der Form der zu schleifenden Flächen gibt es: Rundsleifmaschinen für runde Flächen, Plansleifmaschinen für ebene Flächen und Sondersleifmaschinen für besondere Zwecke.

1. Die Rundsleifmaschinen.

Das Rundsleifen eines Werkstückes erfordert 3 Bewegungen:

1. die kreisende Hauptbewegung des Schleifrades, durch die die einzelnen Schmirgelkörner zum Angriff kommen;
2. den langsam kreisenden Vorschub *I*, der das eigentliche Rundsleifen des Werkstückes bewirkt;
3. den geraden Vorschub *II*, durch den das Werkstück seiner Länge nach geschliffen wird.

Bei Werkstücken, die eine kreisende Bewegung zulassen, können die Vorschübe *I* und *II* vom Werkstück selbst ausgeführt werden. Bei sperrigen Werkstücken, die nicht kreisen können, muß das Schleifrad alle 3 Bewegungen ausführen. Man unterscheidet daher: Rundsleifmaschinen für kreisende Werkstücke und solche für sperrige Werkstücke.

a) Rundsleifmaschinen für kreisende Werkstücke.

Bei den Rundsleifmaschinen für kreisende Werkstücke (Abb. 120) wird das Werkstück *W*, eine Achse oder Spindel, zwischen die Spitzen des Spindelstocks *S* und Reitstocks *R* gespannt. Der kreisende Vorschub *I* wird ihm vom Spindelstock *S* erteilt, der durch den Riemen *I*

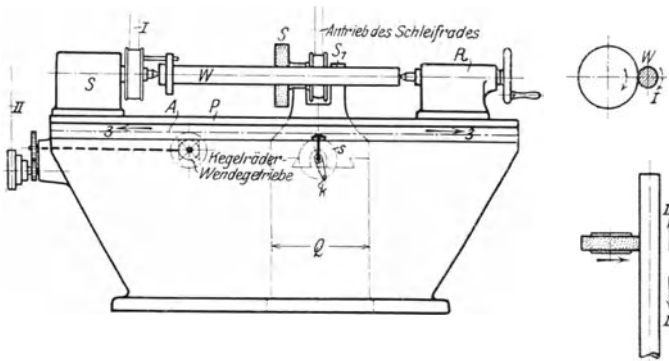


Abb. 120. Rundsleifmaschine.

angetrieben wird. Den Längsvorschub *II* führt der Schleiftisch *A* aus, der durch den Riemen *II* angetrieben und durch ein Kegelräderwendegetriebe umgesteuert wird. Für das Schleifen kegelter Werkstücke trägt der Tisch eine drehbare Platte *P*. Mit ihr kann das Werkstück auf den Kegelwinkel eingestellt werden (Abb. 66). Das Schleifrad *S* sitzt auf der Schleifspindel des Schleifschlittens *S*₁ und wird durch einen

Riemen mit etwa 25–30 m/Sek. Geschwindigkeit angetrieben. Mit dem Handrad k kann der Schleifschlitten auf dem Querbett Q verstellt und so das Schleifrad S an das Werkstück angestellt werden. Zum Schleifen wird das Werkstück auf einer Schnelldrehbank auf etwa 0,5–0,8 mm Übermaß vorge dreht und hierauf auf der Rundschleifmaschine mit mehreren Gängen fertig geschliffen. Für jeden Schleifgang muß das Schleifrad um etwa $\frac{1}{10}$ – $\frac{1}{100}$ mm beigestellt werden. Dies besorgt ein Schaltwerk s , das am Ende eines jeden Hubes den Schleifschlitten mit einem Ruck näher rückt.

β) Rundschleifmaschinen für sperrige Werkstücke.

Bei den Rundschleifmaschinen für sperrige Werkstücke (Abb. 123 und 124) muß das Schleifrad die Hauptbewegung und auch die Vorschübe I und II ausführen, da sperrige Werkstücke keine Drehbewegung zulassen. Soll z. B. eine Büchse an einem sperrigen Werkstück aus geschliffen werden, so muß das Schleifrad nach Abb. 121 auf den inneren

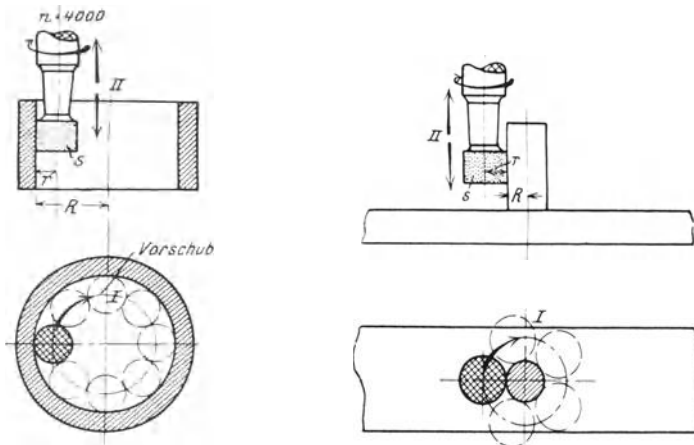


Abb. 121. Ausschleifen einer Büchse. Abb. 122. Rundschleifen eines Zapfens.

Umfang der Büchse, d. h. die Schleifspindel auf $e = R - r$, eingestellt werden und an ihm in Richtung I kreisen. Um auch die Tiefe der Büchse zu fassen, muß das Schleifrad nach II ständig auf- und abspielen. Zum Rundschleifen eines Zapfens muß nach Abb. 122 das Schleifrad S auf den Zapfenmantel, d. h. die Schleifspindel auf $e = R + r$, eingestellt werden, diesen nach I umkreisen und an ihm nach II auf- und abspielen.

Die Schleifspindel einer Rundschleifmaschine für sperrige Werkstücke muß sich daher auf verschiedene Schleifhalbmesser einstellen lassen und 3 Bewegungen ausführen:

1. die Hauptbewegung um die eigene Achse mit $v = 25-30$ m/Sek. Geschwindigkeit des Schleifrades,

2. eine Planetenbewegung *I* auf dem Kreise vom Halbmesser e am inneren oder äußeren Mantel des Werkstückes und
3. eine auf- und abspielende Bewegung *II* in der Längsrichtung des Werkstückes.

1. Die Zylinderschleifmaschine.

Die Zylinderschleifmaschine in Abb. 123 hat für diese 3 Bewegungen eine Planetenspindel, die in dem Lager des Schleifschlittens läuft. Diese Bauart gestattet, das Schleifrad mit dem schrägen Zylinder *A* auf den Umfang des Werkstückes einzustellen und ihm durch Drehen des Zylinders *B* eine Planetenbewegung zu erteilen. Für kleine Zylinder ist der Stellzylinder *A* nach rechts zurückzuziehen und für große nach links vorzuschieben. Die Schleifspindel s bekommt durch einen Riemen die Hauptbewegung. Der Laufzylinder *B* wird durch Riemen *I* und den

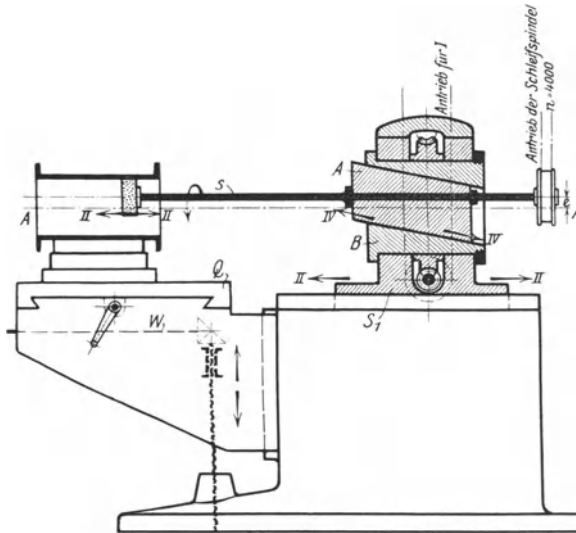


Abb. 123. Zylinderschleifmaschine.

Schneckenantrieb in langsame Drehung versetzt. Dadurch kreist die Schleifspindel auf einem Kreise vom Halbmesser e und erteilt dem Schleifrade die Planetenbewegung *I* am inneren Zylindermantel. Der Schleifschlitten S_1 führt das Schleifrad in Richtung *II* ständig hin und her. Für jeden neuen Schliff ist der Stellzylinder *B* durch ein Schaltwerk nach links etwas vorzuschieben. Der Arbeitstisch hat hier nur die Aufgabe, den sperrigen Zylinder genau auf die Achse *AA* auszurichten. Dies erfordert eine Hoch- und Querbewegung, die durch den Winkeltisch *W* mit dem Querschlitten *Q* zu erreichen sind.

2. Die allgemeine oder Universalschleifmaschine.

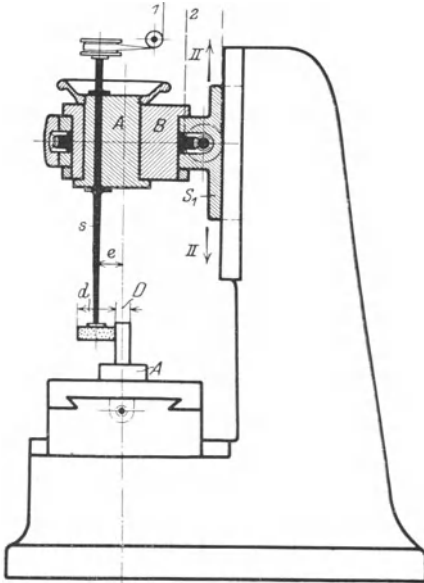


Abb. 124. Allgemeine Schleifmaschine.

Die allgemeine oder Universalschleifmaschine für sperrige Werkstücke (Abb. 124) hat eine senkrechte Planetenspindel, die mit dem Schleifschlitten S_1 an dem Ständer der Maschine auf- und abspielt. Die Schleifspindel wird durch den Riemen I angetrieben und mit dem Handrade auf e eingestellt. Die Schleifspindel s läuft nämlich außenachsig in A , und A ist wiederum

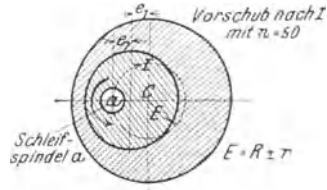


Abb. 125. Anstellung fürs Rundschleifen.

außenachsig in B gelagert. Durch diese doppelt außenachsige Lagerung (Abb. 125) kann die Spindel a mit dem Handrade auf alle

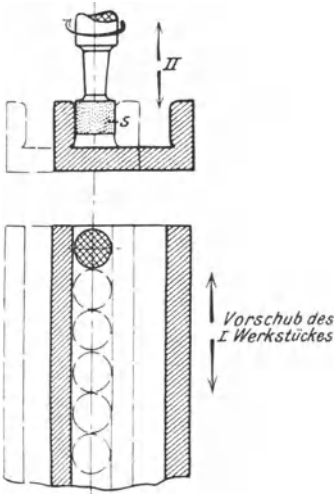


Abb. 126. Planschleifen.

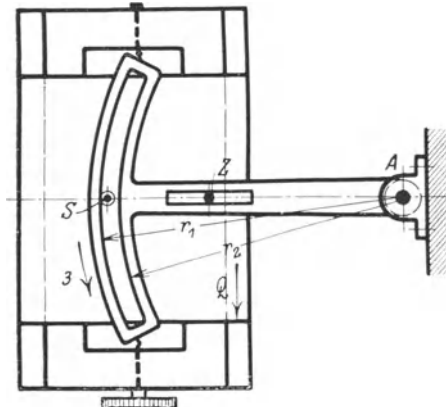


Abb. 127. Ausschleifen eines Steuerbogens.

Stellungen von 0 bis e gebracht werden. Sollen z. B. Zapfen an Steuerstangen rund geschliffen werden, so ist die Planetenspindel auf $e = R + r$ einzustellen. Das rasch laufende Schleifrad wird dann nach Abb. 122 nach *I* den Zapfen umkreisen und nach *II* auf- und abspielen. Beim Ausschleifen von Büchsen an sperrigen Werkstücken ist die Planetenspindel auf $e = R - r$ einzustellen. Auch hierbei wird das Schleifrad nach *II* auf- und abspielen und am inneren Umfang die Planetenbewegung *I* ausführen. Selbst ebene Arbeitsflächen lassen sich auf der Maschine schleifen. Bei diesem Planschleifen darf allerdings die Schleifspindel keine Planetenbewegung ausführen. Sie ist daher auf $e = 0$ einzustellen, so daß die Schleifspindel s in der Achse von B läuft. Das Schleifrad wird in dieser Einstellung ständig an der geraden Mantelfläche kreisen und nach *II* auf- und abspielen (Abb. 126). Das Werkstück muß dabei durch den Arbeitstisch nach *I* vorgeschoben werden.

Das Ausschleifen von Steuerbogen (Abb. 127) erfordert nur eine kleine Ergänzung des Arbeitstisches. Die Planetenspindel ist wieder auf $e = 0$ einzustellen. Das Werkstück muß dagegen durch den Querschlitzen Q des Arbeitstisches um den Zapfen A nach den Halbmessern r_1, r_2 der Bogenschleife geschaltet werden. Das Schleifrad spielt dabei auf und ab.

2. Die Planschleifmaschinen.

Die Planschleifmaschinen (Abb. 128) dienen zum Schleifen ebener Flächen. Das Werkzeug ist eine Flachscheibe, sobald es sich um eine Schlichtmaschine handelt, eine Topfscheibe oder Segment-scheibe bei Schruppmaschinen. Die Flachscheibe setzt eine wagerechte, die Topfscheibe eine senkrechte Bauart der Maschine voraus. Das Planschleifen mit der Flachscheibe erfordert nach Abb. 128 drei selbsttätige Bewegungen: a) Die Hauptbewegung des Schleifrades; b) den geraden Vorschub *I* des Werkstückes; c) den hin- und herspielenden Quervorschub *II* des Schleifrades.

Da beim Schleifen ebener Flächen das Schleifrad wie beim Hobeln quer zum Werkstück geschaltet werden muß, so gleicht die Genauigkeits-schleifmaschine in ihrem Auf-

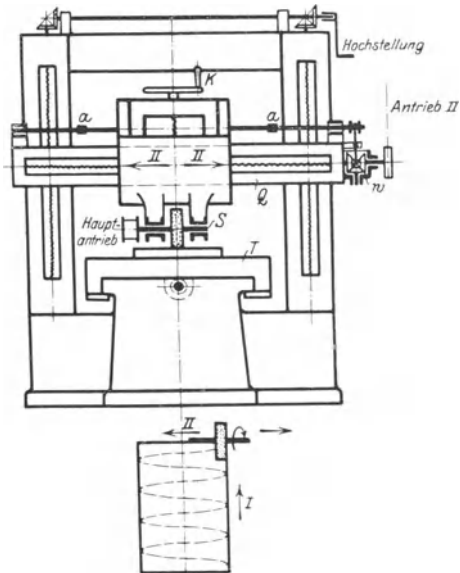


Abb. 128. Planschleifmaschine.

bau der Hobelmaschine. Das Werkstück wird durch den Arbeitstisch *T* dem Schleifrade nach beiden Richtungen mit gleicher Geschwindigkeit zugeschoben. Der Schleifschlitten sitzt auf dem Querträger *Q*, mit dem man ihn auf die Höhe des Werkstückes einstellen kann. Die Feineinstellung des Schleifrades geschieht mit der Kurbel *K*. Der Quervorschub *II* wird durch ein Hin- und Herbewegen des Schleifschlittens erreicht. Hierzu steuern die Anschläge *a* die Leitspindel *L*

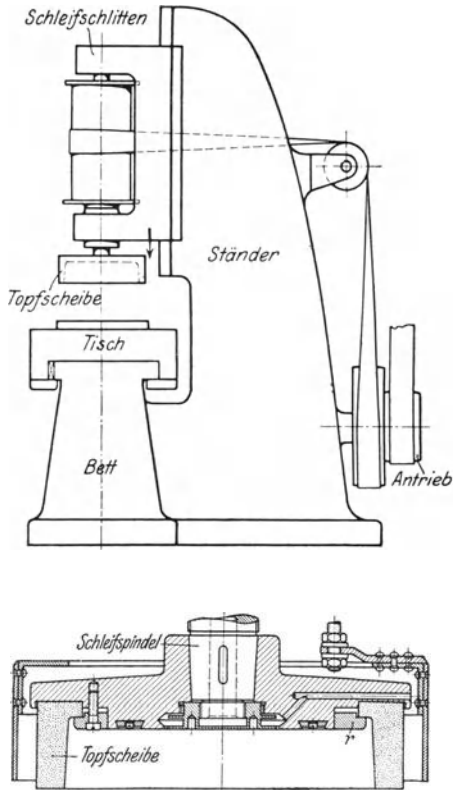


Abb. 130. Topfscheibe.

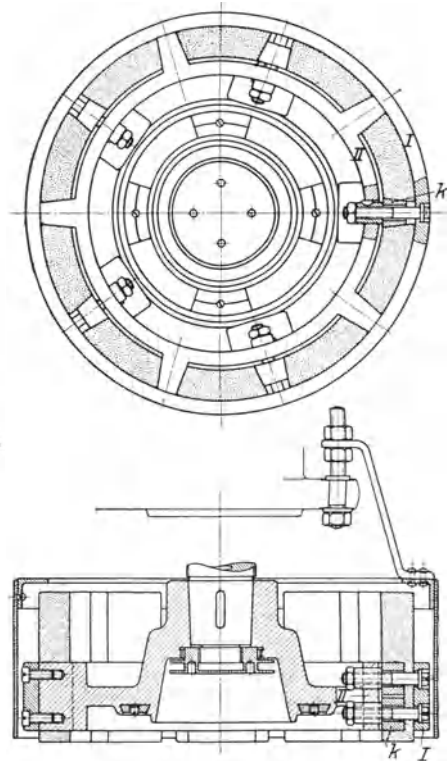


Abb. 131. Klauenscheibe.

mit dem Wendegetriebe *w* nach Bedarf um. Das Werkstück geht also unter dem hin- und herspielenden Schleifrade mit gleicher Geschwindigkeit hin und zurück. Dabei wird das Schleifrad für jeden Gang durch ein Schaltwerk etwas tiefer gestellt. Der Antrieb des Arbeitstisches ist wie bei der Hobelmaschine auszuführen, aber ohne beschleunigten Rücklauf.

Das Schleifen mit der Topfscheibe verlangt ein Anstellen der ebenen Ringfläche und ein Verschieben des Werkstückes gegen die Scheibe. Dabei sollen Flächen, die mehr als $\frac{2}{3}$ der Schleiffläche be-

anspruchen, vermieden werden. Die Bauart der Hochleistungsschleifmaschine (Abb. 129) entspricht etwa der der senkrechten Fräsmaschine. Der Ständer trägt den Schleifschlitten zum Anstellen des Spanes und das Längsbett den Tisch für den Vorschub des Werkstückes.

Die volle Topfscheibe (Abb. 130) wird mit dem Ring r festgeschraubt, die Klauen (Abb. 131) mit den Keilen k zwischen den Stegen von II und dem Ring I festgezogen.

b) Die Sonderschleifmaschinen.

1. Die Kolbenringschleifmaschine.

Die Kolbenringschleifmaschine hat die Stirnflächen der Kolbenringe auf genaues Maß zu schleifen, damit sie nicht in den Kolbennuten schlagen. Auch hierfür sind nach Abb. 132 wiederum 3 Bewegungen erforderlich. Im Vergleich zu Abb. 128 ist hier nur der gerade Vorschub I des Tisches durch eine Drehbewegung I in Abb. 132 zu ersetzen. Hierfür beansprucht die Kolbenringschleifmaschine einen Drehtisch D , auf dem der Ring mit Elektromagneten E festgespannt wird. Der ganze Aufbau der Maschine gleicht daher der Karusselldrehbank. Nur tritt an die Stelle des Drehstahles das nach II hin- und herspielende Schleifrad.

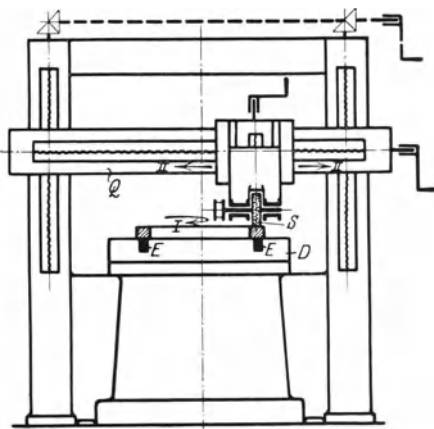


Abb. 132. Kolbenringschleifmaschine.

2. Die Zahnradschleifmaschine.

Die Zahnradschleifmaschine ist eine wichtige Sonderschleifmaschine für den Automobil- und Werkzeugmaschinenbau. Ihre Aufgabe ist, Zahnräder auf eine höhere Genauigkeit der Zahnflanken nachzuschleifen. Bekanntlich verursachen schnelllaufende Räder um so mehr Geräusch, je ungenauer die Verzahnung ist. Werden ihre Zähne gehärtet, so tritt leicht ein Verziehen ein, das die Hauptursache für Stöße und Geräusche in den Getrieben ist. Will man diese Ungleichheiten beseitigen, so müssen die Räder geschliffen werden. Die Zahnradschleifmaschinen arbeiten nach dem Teilverfahren oder dem Wälzverfahren.

Beim Teilverfahren muß das Schleifrad zum Nachschleifen der vorgefrästen und gehärteten Zähne genau auf die Form der Zahnflanken

abgedreht werden. Diese Form ist durch zeitweises Nachdrehen mit Diamanten aufrecht zu erhalten.

Das Schleifrad S sitzt bei der Zahnraderschleifmaschine (Abb. 133) an dem Schleifschlitten des Stößels S_1 , der wie bei der Stößelhelmaschine

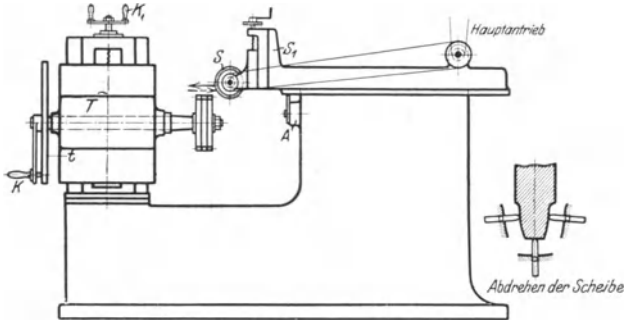


Abb. 133. Zahnraderschleifmaschine.

eine hin- und hergehende Bewegung durch die Zahnflanke macht. Das Werkrad kann zu mehreren auf die Spindel des Teilkopfes T gesteckt und mit der Teilkurbel K , die auf der Teilscheibe t um eine bestimmte Anzahl Löcher zu drehen ist, eingeteilt werden. Dieses Einteilen des Rades kann

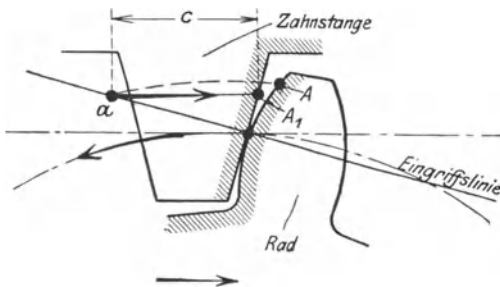


Abb. 134. Stoßwälzverfahren mit Formstahl.

auch wie bei der Zahnradfräsmaschine selbsttätig erfolgen. Die Arbeitsweise ist folgende: Der Stößel führt das Schleifrad durch die Zahnflanke. Bevor er jedoch das Zahnrad erreicht, hält der Stößel kurze Zeit an. Das Schleifrad wird jetzt durch 3 Diamanten, die nach Schablonen geschaltet werden, auf die genaue Form abgedreht. Der Stößel geht jetzt weiter vor, und das Schleifrad schleift die Seitenflanken und den Grund der Zahnflanke zunächst vor. Am Ende des Stößelrücklaufs wird nach dem Teilverfahren das Rad geteilt, das Schleifrad durch ein Schaltwerk etwas tiefer gestellt und wieder nachgedreht. Dieses Spiel wiederholt sich so oft, wie das Rad Zähne hat. Zum Schlichten des Rades wird die Scheibe jedesmal genau nachgedreht und mit ganz feinem Span angestellt.

Das Wälzverfahren erfordert eine einfache Scheibe, die am Rande nach dem Evolventen-Zahnstangen Zahn mit 15° Eingriffswinkel abgedreht ist (Abb. 134). Die theoretische Grundlage ist folgende: Soll die Flanke bis A geschliffen werden, so muß sich das Zahnrad

um den Bogen aA nach links drehen und zugleich um die Strecke aA_1 nach rechts verschieben. Dabei wälzt es die Flanke bis A auf der Scheibe ab.

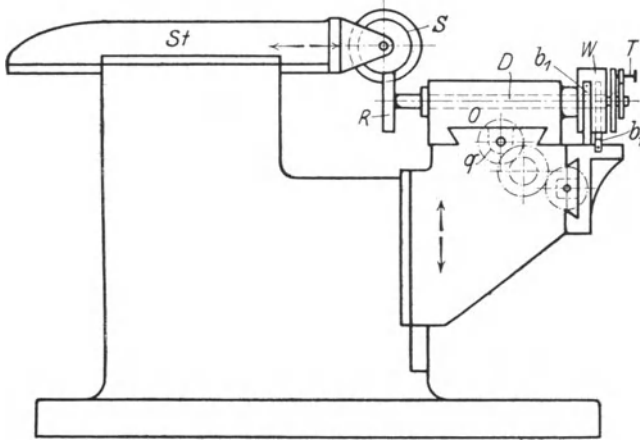


Abb. 135. Zahnraderschleifmaschine.

Die Schleifscheibe S sitzt auch bei der Wälzmaschine (Abb. 135) am Stößel St , der durch eine Schwinde hin- und herbewegt wird. Mit 3 Diamanten wird die Scheibe nach Bedarf auf die genaue Form gedreht. Das gehärtete Zahnrad R steckt man auf den Dorn D , der am Gegenende den Wälzbogen W und den Teilkopf T trägt und für den Vorschub auf dem Querschlitzen Q gelagert ist. Der Wälzbogen ist mit 2 Stahlbändern bb_1 angebunden. Wird der Querschlitzen durch ein Schaltwerk um aA_1 nach 2 verschoben (Abb. 136), so drehen Wechselräder das Rad R um aA . Die Stahlbänder bb_1 nehmen dabei den Seitendruck auf und verhindern jedes Gleiten. Vor jedem neuen Schliff wird das Rad mit T geteilt, so daß jeder Zahn nach einer vollen Umdrehung wieder an die Scheibe kommt. Durch die strichweisen Schliffe aller Zähne wird eine gleichmäßige Zahnstärke gesichert.

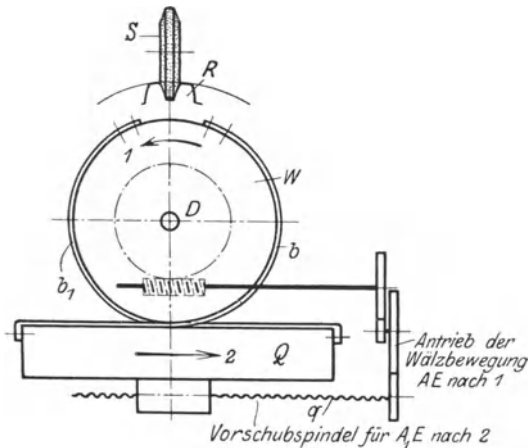


Abb. 136. Schleiftisch.

e) Die Werkzeugschleifmaschinen.

Die Werkzeugschleifmaschine hat die Werkzeuge zu schärfen, denn von einem scharfen Werkzeug hängt nicht nur die Leistung der Maschine,

sondern auch die Güte der Arbeit ab. Dazu hält ein scharfes Werkzeug den Arbeitsbedarf einer Werkzeugmaschine gleich. Die Werkzeugschleifmaschine ist daher ein unentbehrliches Hilfsmittel für jede Werkstatt.

Die Werkzeugschleifmaschine (Abb. 137) dient insbesondere zum Schärfen der Fräser. Da diese Werkzeuge auf der allgemeinen Fräsmaschine geschnitten werden, so muß die Werkzeugschleifmaschine in ihrem Aufbau eine große Verwandtschaft mit der allgemeinen Fräsmaschine haben, weil zum Schleifen der Fräser dieselben Bewegungen und Arbeitsstellungen erforderlich

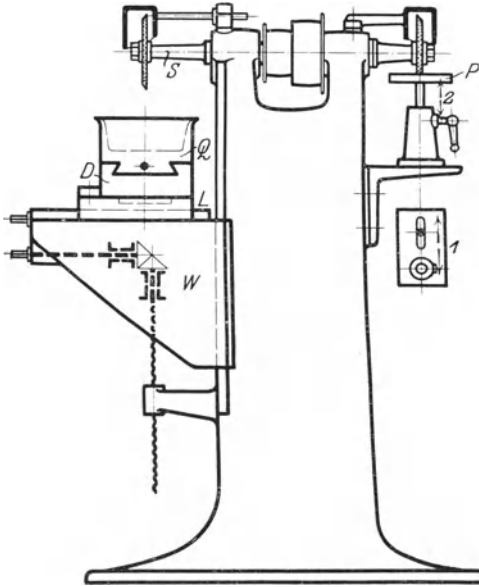


Abb. 137. Werkzeugschleifmaschine.

sind wie beim Fräsen. Man hat sich nur an Stelle des Fräasers die Schleifscheibe zu denken. Die Werkzeugschleifmaschine hat daher wie

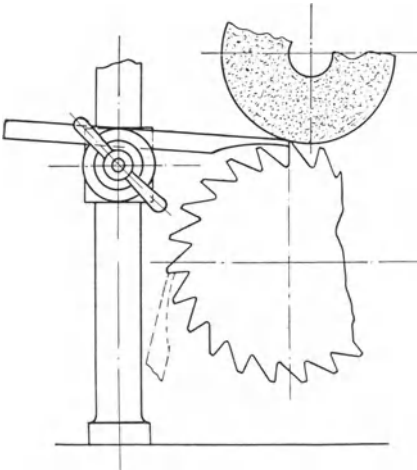


Abb. 138. Die richtige und falsche Stützfinger-Anordnung.

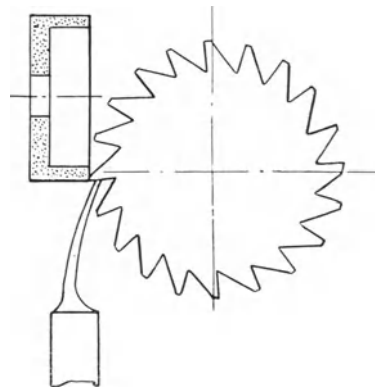


Abb. 139. Das Schärfen mit der Topscheibe.

die allgemeine Fräsmaschine einen Spindelstock, dessen Schleifspindel durch eine Stufenscheibe angetrieben wird. Die Schleifscheibe sitzt hier fliegend auf der Schleifspindel, so daß der Gegenhalter der Fräsmaschine fehlen kann. Der Arbeitstisch besteht auch hier aus dem Winkeltisch W mit dem Kreuzschlitten LQ und der Drehscheibe D als Zwischenglied. Die Drehscheibe wird schräg gestellt, wenn spiralige Werkzeuge zu schleifen sind.

Zum Schleifen von Fräsern mit spitzen Zähnen kann die Flach-

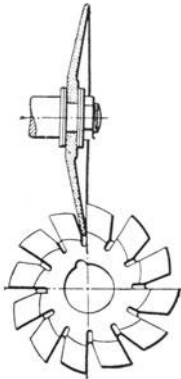


Abb. 140. Schärfen mit der Kegelscheibe.

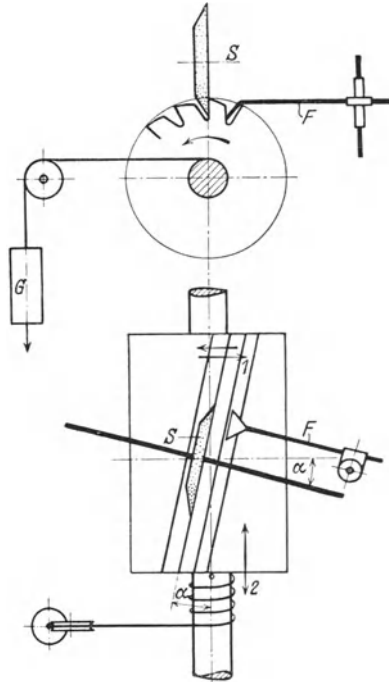


Abb. 141. Schärfen eines Spiralfräasers.

scheibe oder die Topfscheibe (Abb. 138 und 139) verwendet werden. Bei hinterdrehten Fräsern muß die Schleifscheibe in die Nut hineinpassen. Sie muß daher eine Kegelscheibe sein (Abb. 140), die gegen Ausglühen des Fräasers mit der kleinsten Fläche angreifen soll, also mit der hohlen Seite oder mit dem Kegelmantel. In allen Fällen muß das Werkzeug beim Schleifen ruhig stehen. Hierzu wird der zu schärfende Zahn oder ein Nachbarzahn mit einem Stützfinger abgestützt. Spiralfräser müssen beim Schärfen eine Drehbewegung 1 machen. Sie wird durch ein Gewicht G oder einen Stützfinger F erzeugt, sobald der Fräser nach 2 an der Schleifscheibe vorbeigeführt wird. Wie beim Spiralfräser muß die Schleifscheibe unter α zum Fräser stehen (Abb. 141). Für das Schleifen einfacher Werkzeuge ist auf der Gegenseite eine zweite Schleifscheibe vorgesehen und eine nach 1 und 2 verstellbare Auflageplatte P . Meist ist noch ein Halter für das Schleifen von Spiralbohrern beigegeben.

5. Die Schraubenschneidmaschinen.

Die Schraubenschneidmaschinen sind für das Schneiden von Schrauben- und Muttergewinde bestimmt. Gegenüber der Drehbank haben sie den Vorzug, daß sie mit einem Schnitt fertiges Gewinde liefern. Sie sind daher Maschinen für Massenarbeiten.

Für das Schneiden von Bolzengewinde beanspruchen die Schraubenschneidmaschinen als Werkzeuge Gewindeschneidbacken, wie sie die Schneidkluppe hat, und für das Schneiden von Muttergewinde Gewindebohrer. Das Werkzeug wird in den Schneidkopf und das Werkstück in den Spannstock gespannt. Dabei kann das Werkzeug entweder die Hauptbewegung oder den Vorschub erhalten. Maschinen der ersten

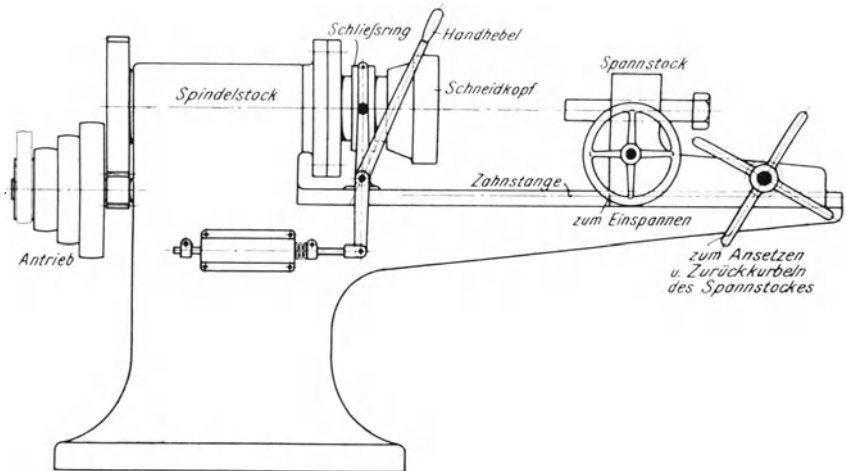


Abb. 142. Schraubenschneidmaschine.

Arbeitsweise haben einen kreisenden Schneidkopf, die der letzten einen feststehenden Schneidkopf.

Die Schraubenschneidmaschine in Abb. 142 arbeitet mit kreisendem Schneidkopf, der hierzu mit dem Spindelkopf verschraubt ist. Ihr Antrieb erfolgt durch einen Stufenriemen und ein Rädervorgelege. Das Werkstück wird in den schraubstockartigen Spannstock gespannt, der mit dem Handkreuz vorgeschoben und zurückgezogen wird.

Der wichtigste Hauptteil der Schraubenschneidmaschine ist der Schneidkopf (Abb. 143). Er enthält 4 Schneidbacken m , die in dem rohrförmigen Grundkörper in gehärteten U -Stücken geführt und durch die Stirnscheibe a gehalten sind. Das Öffnen und Schließen geschieht mit dem Stellring b . Er hat 4 schräge Nuten, in denen sich die Schneidbacken m mit den Kappen k führen. Wird der Stellring b nach links vorgeschoben, so werden sämtliche Backen m durch ihre schräge Führung

angesetzt und beim Zurückziehen von *b* geöffnet. Der Druck der Backen wird von dem gehärteten Futter und der Kappe aufgenommen.

Um die Backen *m* in ihrer Schnittstellung zu sichern, ist die Schließvorrichtung zugleich zum Verriegeln des Schneidkopfes eingerichtet.

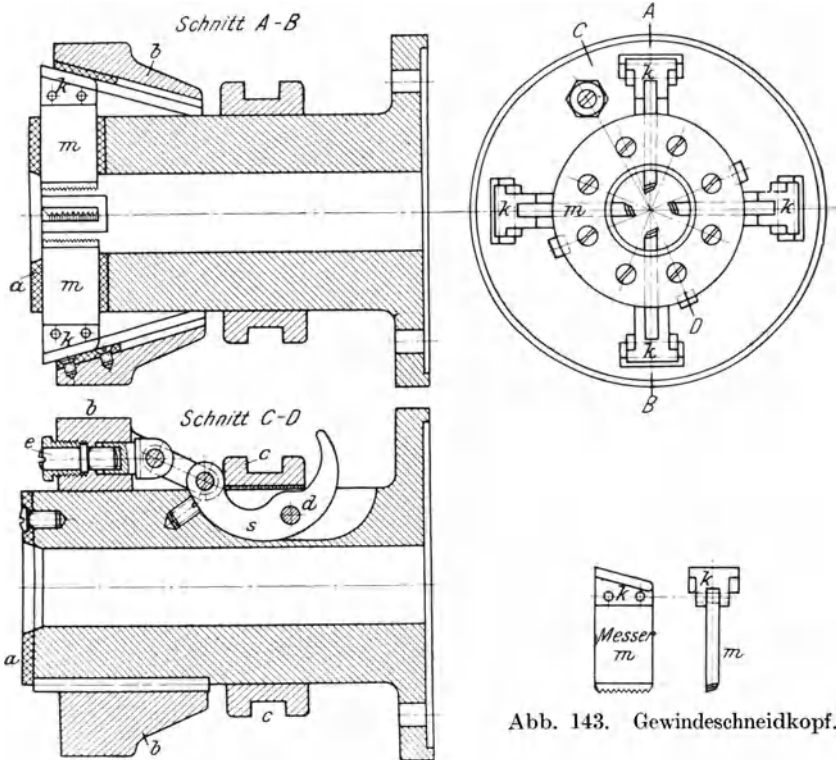


Abb. 143. Gewindeschneidkopf.

Wird nämlich in Abb. 142 der Handhebel nach rechts herumgelegt, so drückt er den Schließring *c* nach vorn, die um *d* drehbare Sichel *s* schiebt dabei den Stelling *b* vor, der den Kopf schließt. Die Form der Sichel ist derart gewählt, daß sich der Schließring *c* ohne Benutzung des Handhebels weder nach rechts noch nach links verschieben kann.

6. Die Hobel- und Stoßmaschinen.

Das Hobeln der Arbeitsflächen läßt nach Abb. 144 praktisch 3 verschiedene Arbeitsweisen der Hobelmaschinen zu, die für ihren Aufbau ausschlaggebend sind:

1. das Werkstück steht still, so daß der Hobelstahl die Hauptbewegung 1 und den Vorschub 2 auszuführen hat;

2. das Werkstück hat die Hauptbewegung 1 und der Stahl den Vorschub 2;
3. der Hobelstahl hat die Hauptbewegung 1 und das Werkstück den Vorschub 2.

Die erste Arbeitsweise wird benutzt, wenn lange, sperrige und schwere Werkstücke zu hobeln sind, die bei der zweiten Arbeitsweise zu lange und schwere Maschinen erfordern würden. So würde ein 10 m langes Werkstück eine Maschine von mehr als 20 m Länge verlangen. Nach der ersten Arbeitsweise arbeiten daher alle Blechkanten- und Grubenhobelmaschinen, die für das Abhobeln langer Bleche und schwerer Maschinenrahmen bestimmt sind. Die Grubenhobelmaschinen haben

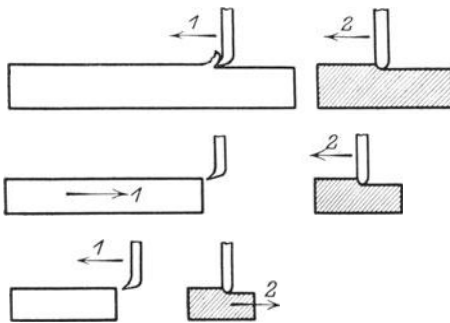


Abb. 144. Arbeitsweise der Hobelmaschinen.

als Kennzeichen wandernde Ständer, die die Werkzeuge über das Werkstück führen. Auch die Arbeitsweise der Stößelhobelmaschinen für sperrige Werkstücke beruht auf diesem Grundgedanken. Die Kennzeichnung dieser Maschinengruppe liegt daher in den beweglichen Hobelschlitten, die dem Hobelstahl die Hauptbewegung und den Vorschub erteilen.

Nach der 2. Arbeitsweise arbeiten alle Tischhobelmaschinen. Bei ihnen wird das Werkstück auf dem beweglichen Hobeltisch festgespannt, der unter dem Gewicht des Werkstückes einen ruhigen Gang erfährt. Der Hobelschlitten hat den Stahl nur zu schalten, so daß die Tischhobelmaschine mit getrennten Bewegungen arbeitet. Diese Arbeitsweise ist im allgemeinen nur bei Werkstücken bis Mittelgröße empfehlenswert, wird aber heute auch bei großen und schweren Werkstücken angewandt, z. B. bei Turbinengehäusen, Panzerplatten usw.

Nach der 3. Arbeitsweise arbeiten die leichten Stößelhobelmaschinen und die Stoßmaschinen, die für kurze und leichte Werkstücke gebaut sind. Diese Werkstücke verursachen selbst bei dem ruckweisen Vorschub keine merkbaren Erschütterungen der Maschine.

a) Die Tischhobelmaschine.

Die Tischhobelmaschine (Abb. 145 und 146) arbeitet, wie erwähnt, mit getrennten Bewegungen. Das Werkstück hat die hin- und hergehende Hauptbewegung und der Stahl den Ruckvorschub. Aus dieser Arbeitsweise ergeben sich als wichtigste Einzelteile der Hobelmaschine 1. der Hobeltisch mit seinem Antrieb und seiner Umsteuerung, 2. der Hobelschlitten mit der Schaltsteuerung.

Der Hobeltisch. Für die hin- und hergehende Hauptbewegung wird das Werkstück auf dem Hobeltisch festgespannt, der in flachen oder

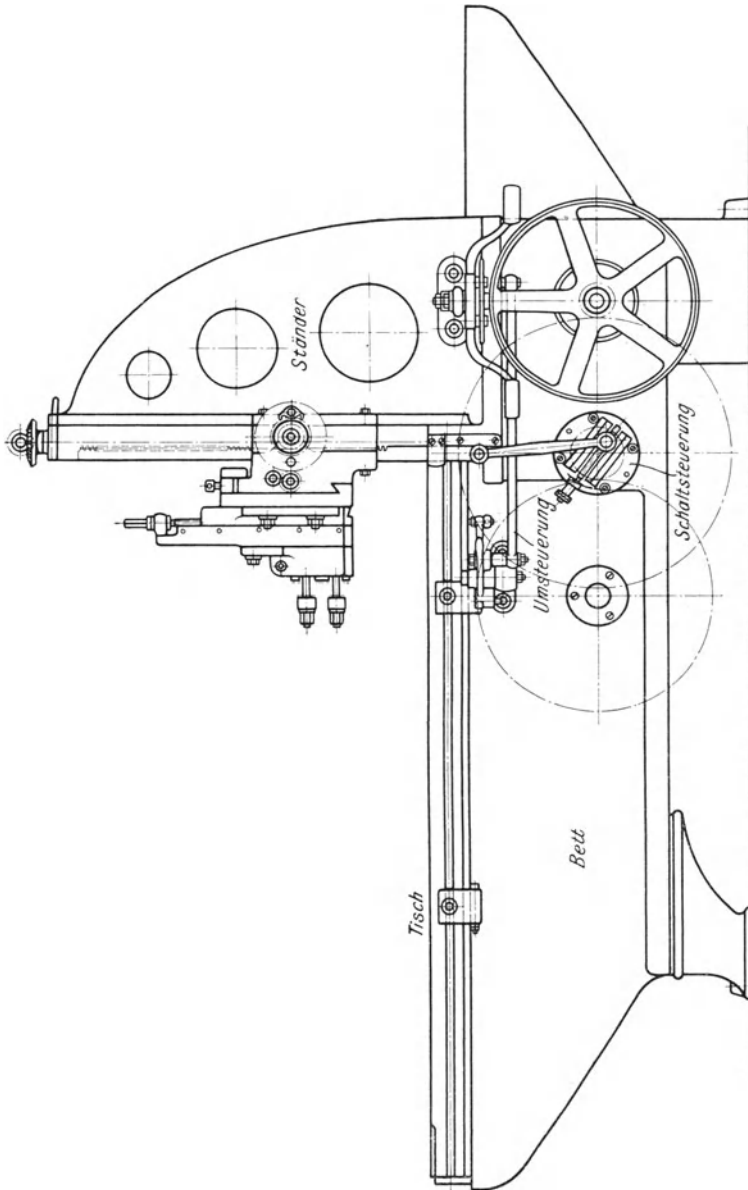


Abb. 145. Tischhobelmaschine.

Tischbreite 570. Tischlänge 2100 mm, Hobellänge 1800 mm. Antrieb des Tisches: Scheiben 520×50 , $n = 115$.

1. Vorgelege $z = 26$, $Z = 192$, $M = 3,5$; 2. Vorgelege $z = 18$, $Z = 84$, $M = 7$.

dachförmigen Führungen des Bettes gleitet. In diesem beweglichen Hobeltisch liegt das Merkmal der Tischhobelmaschine. Grundbedingung für ihn ist ein ruhiger Gang, den man mit dem Fühlhebel prüft. Hierzu

wird er in den Hobelschlitten gespannt und mit dem Taster an den Tisch angesetzt (Abb. 57).

Der Antrieb des Hobeltisches kann erfolgen: 1. durch Zahnrad und Zahnstange, 2. Schraube und Mutter, 3. Schnecke und Zahnstange.

Der Hobeltisch in Abb. 145/6 wird von den Antriebsscheiben über 2 Rädervorgelege angetrieben, die auf die Zahnstange des Tisches treiben.

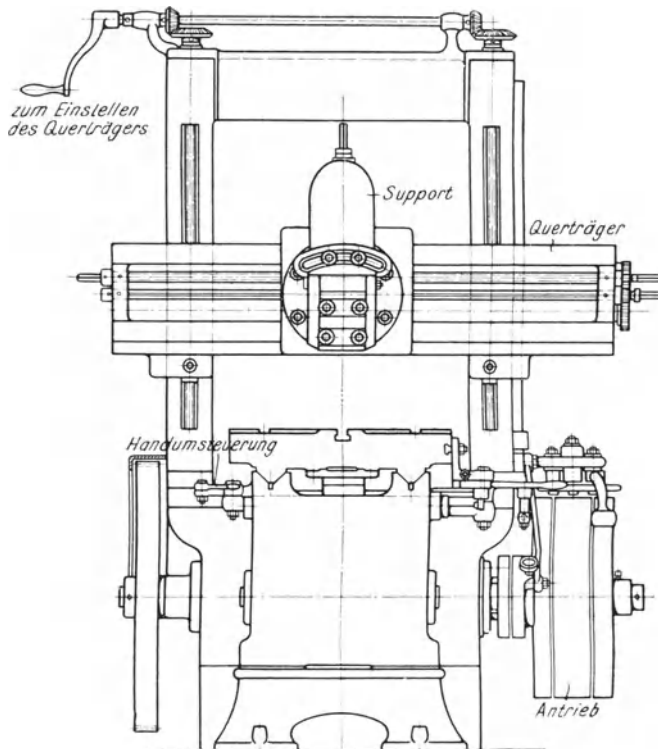


Abb. 146. Tischhobelmaschine.

Für den weiteren Aufbau der Hobelmaschine ist zu beachten, daß der Hobelschlitten mit dem Werkzeug über dem Werkstück stehen und quer zu ihm geschaltet werden muß. Dadurch wird für das Querschalten des Hobelschlittens eine Querbahn erforderlich, die quer über den Hobeltisch geht. Dieser Querträger muß den Hobelschlitten auch auf die Höhe des Werkstückes einstellen lassen. Er ist hierzu auf den beiden Ständern geführt und mit einer Kurbel zu heben und zu senken. Soll dieser Aufbau keine Erschütterungen des Hobelstahles zulassen, so müssen die Ständer oben durch ein Querstück verbunden und unten auf zwei Seitenflächen des Bettes verankert sein. Auf diese Weise ist ein geschlossener Rahmen geschaffen, der den Hobelschlitten erschütterungsfrei

hält. Für das Einstellen und Querschalten beim Hobeln läßt sich der Hobelschlitten durch die Leitspindel verschieben.

Der Hobelschlitten hat als Werkzeugschlitten den Hobelstahl einzustellen und ihm alle Vorschübe zu erteilen, die für das Quer-, Senkrecht- und Schräghobeln notwendig sind (Abb. 147). Beim Rücklauf des Hobeltisches muß er den Stahl lose an das Werkstück legen oder gar abheben.

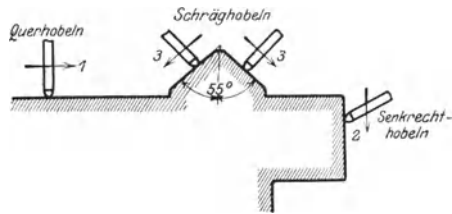


Abb. 147. Vorschübe und Schnittstellungen des Stahles beim Hobeln.

Das Querhobeln ebener Flächen verlangt einen Querschlitten Q , der sich nach 1 quer zum Tisch auf dem Querträger schalten läßt (Abb. 148). Für das Hobeln senkrechter Flächen wird ein Senkrechtschlitten S erforderlich, der in senkrechter Richtung nach 2 geschaltet werden kann.

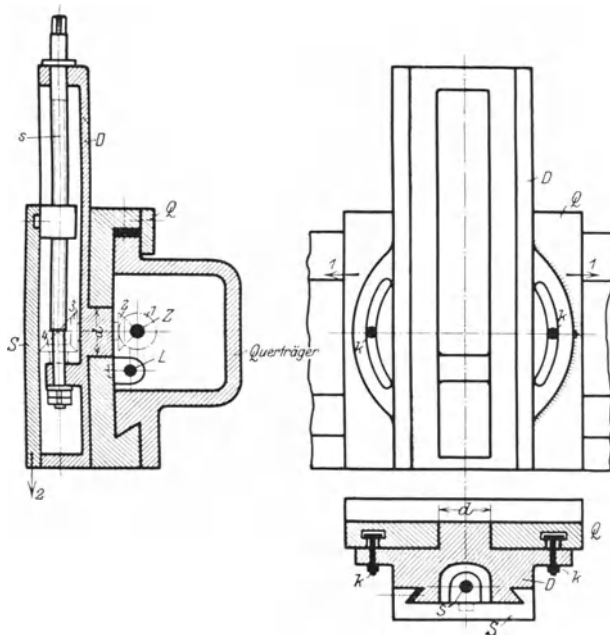


Abb. 148. Hobelschlitten (Unterschlitten).

Da der Senkrechtschlitten S auch die Vorschübe beim Schräghobeln in Richtung 3 auszuführen hat, so muß er auf dem Querschlitten Q mit einer Drehscheibe D schräg, d. h. parallel zur schrägen Fläche, zu stellen und mit den Klemmschrauben k festzuklemmen sein. Der Hobelschlitten besteht daher in seinem Unterteil aus einem Kreuzschlitten mit einer

Drehscheibe oder Lyra als Zwischenglied. Er gleicht also in seinem Aufbau dem Obertisch der allgemeinen Fräsmaschine.

Die Vorschübe dieser beiden Schlitten müssen durch die Schaltsteuerung erzeugt werden. Sie hat daher beim Querhobeln die Leitspindel L ruckweise zu treiben, die den Querschlitten Q verschiebt. Für das Senkrecht Hobeln liegt im Querträger die Zugspindel Z , die über die Kegelräder $1-4$ die Senkrechtspindel s treibt. Soll dieser Antrieb auch beim Schräghobeln den Schlitten S steuern, so muß er auf Mitte des Drehzapfens d liegen. Damit ist die Hauptaufgabe des Hobel-schlittens erschöpft.

Der Vorderschlitten (Abb. 149) hat den Hobelstahl in die richtigen Schnittstellungen beim Quer-, Senkrecht- und Schräghobeln zu bringen

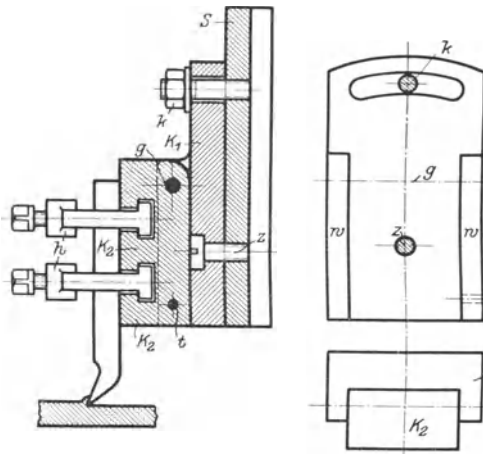


Abb. 149. Hobel-Vorderschlitten.

und ihn beim Rücklauf des Hobeltisches lose an das Werkstück zu legen oder gar abzuheben. Für die richtigen Schnittstellungen des Hobelstahles (Abb. 149) ist der Klappen-träger K_1 des Vorder-schlittens als zweite Dreh-scheibe um den Zapfen z auf S drehbar und in jeder Schrägstellung mit der Klemmschraube k festzu-klemmen. Für das lose Anlegen oder Abheben des Stahles sitzen die Stahl-halter h in den Spannuten einer Klappe K_2 , die zwi-

schen den Seitenwangen w gelenkig am Bolzen g hängt. Beim Schlichten muß jedoch der Stahl feststehen, damit er nicht die Flächen anschlägt. Dies wird durch den Einsteckstift t erreicht, der die Klappe K_2 festhält.

Die Steuerung der Hobelmaschine hat 1. den Hobeltisch um-zusteuern und 2. den Hobelschlitten zu schalten. Sie besteht daher aus einer Umsteuerung für den Hobeltisch und einer Schaltsteuerung für den Hobelschlitten.

Die Umsteuerung des Hobeltisches erfolgt bei neueren Hobel-maschinen durch Riemen, die nach Abb. 37 durch einen Steuerschieber nacheinander verschoben werden. Sehr wichtig ist hierbei die Geschwin-digkeit, mit der die Verschiebung der Riemen erfolgt. Werden bei dem beschleunigten Rücklauf die Riemen zu schnell verschoben, so muß der Tisch stark gebremst werden. Die Riemen pfeifen, und die Maschine wird stark erschüttert. Um dies zu vermeiden, werden die Frösche wie in Abb. 37 ungleichschenkelig gemacht. Der schnell zurücklaufende

Tisch hat daher den langen Schenkel K_1 herumzulegen. Hierzu gebraucht er einen längeren Weg, so daß der Tisch ruhiger auslaufen kann. Um die lebendige Kraft der schnelllaufenden Riemscheiben, die beim Umsteuern zu vernichten und gleich darauf in der Gegenrichtung wieder

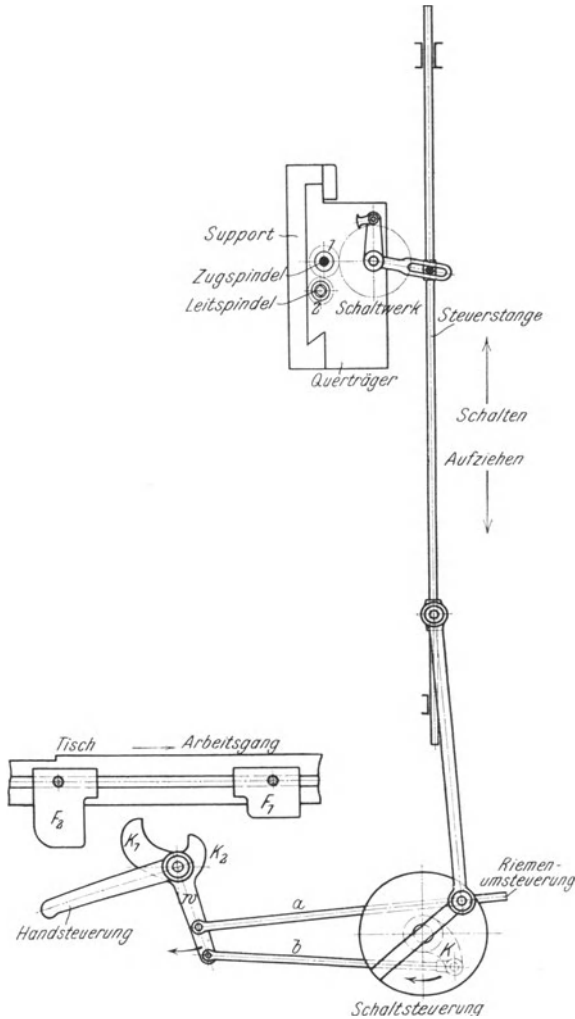


Abb. 150. Schaltsteuerung der Hobelmaschine.

hervorzubringen ist, zu vermindern, empfehlen sich Riemscheiben aus Aluminiumguß. Sie gewähren beim Umsteuern etwa 25 v. H. Kraftersparnis und erhöhen die stündliche Hubzahl um etwa 15 v. H.

Will man den Verschleiß der Riemen vermindern, so wird mit Kupplungen umgesteuert, die abwechselnd den offenen und gekreuzten

Einfluß war hierbei der Schnellstahl. Die leitenden Gesichtspunkte für die Entwicklung der Hobelmaschine waren:

1. Erhöhung der Leistung als Schnellhobelmaschine,
2. Vervollkommnung als Schlichtmaschine.

Die Erhöhung der Leistung der Hobelmaschine forderte in erster Linie größere Schnittgeschwindigkeiten. Hier setzte der Schnellhobelstahl ein. Die Schnittgeschwindigkeit, die früher selten über 5,4 m i. d. Min. hinausging, wurde beim Schruppen auf 12—20 m und beim Schlichten auf 8—12 m erhöht. Dabei steigerte man die Rücklaufgeschwindigkeit auf 18—30 m i. d. Min. und mehr.

Was eine hohe Schnittgeschwindigkeit für die Leistung der Maschine bedeutet, zeigt eine einfache Rechnung: Hat eine Hobelmaschine 3,6 m Hub, 10 m Schnittgeschwindigkeit und einen dreifach beschleunigten Rücklauf, so beansprucht jeder Hobelgang 0,36 Min. und jeder Rücklauf des Tisches 0,12 Min. Die Maschine könnte daher etwa 120 Arbeitshübe in der Stunde machen. Ist die Schnittgeschwindigkeit nur 5 m und der Rücklauf gar aufs vierfache beschleunigt, so beansprucht der Tisch für jeden Hobelgang 0,72 Min. und für den Rücklauf 0,18 Min. Die Maschine würde daher nur etwa 63 Arbeitshübe i. d. Stunde machen können. Bei 2 mm Vorschub und einem Werkstück von 3,3 m Länge würde daher die erste Maschine in 10 Stunden eine Fläche von etwa 8 qm, die zweite dagegen nur etwa 4,2 qm hobeln. Im ersten Falle würde 1 qm etwa 1,50 M. Löhne kosten, im zweiten 2,86 M.

Eine andere wichtige Forderung des Schnellbetriebes ist, die Schnittgeschwindigkeit dem Material des Werkstückes und Werkzeuges anpassen zu können. Hierzu müßte der Hobeltisch mehrere Geschwindigkeiten haben. Dies wird bei dem Tischantriebe in Abb. 38 durch die 3läufige Stufenscheibe *S* erreicht. Die gleiche Aufgabe läßt sich auch mit einem Stufenrädernetz lösen mit dem Vorzug eines rascheren und größeren Geschwindigkeitswechsels. Neuere Schnellhobelmaschinen haben 3, 4 oder 6 Tischgeschwindigkeiten je nach der Hobelbreite z. B.:

| Hobelbreite | Schnittgeschwindigkeiten | Rücklaufgeschwindigkeit |
|----------------|---------------------------|-------------------------|
| 610 bis 765 mm | 6, 9, 12, 17 m/Min. | 18 bis 30 m/Min. |
| 765 „ 915 „ | 6, 9, 11, 14 „ | und mehr |
| 1070 „ 1830 „ | 5, 6, 8, 9, 10, 12 m/Min. | gleichbleibend |

Eine Eigenart hat die Powell-Hobelmaschine aufzuweisen. Zur vollen Ausnutzung des Schnellstahles schneidet sie mit 9 m/Min. an, schaltet während des Schnittes auf 36 m/Min. um und hobelt mit 9 m/Min. aus. Hierauf steuert sie in den Rücklauf mit 36 m/Min. um. Durch das langsame An- und Aushobeln soll das Ausbrechen der Gußkanten vermieden werden. Bei schweren Hobelmaschinen ist der regelbare Umkehrmotor vorzuziehen.

Ein allgemeiner Nachteil der Maschine mit gerader Hauptbewegung ist der leere Rücklauf. Auch hiergegen hat der Kampf durch das Hobeln beim Vor- und Rücklauf eingesetzt. Schon Sellers hat dies durch

einen umsteuerbaren Hobelstahlhalter versucht, der bei dem Umsteuern des Tisches den Hobelstahl jedesmal um 180° drehte und so zum neuen Schnitt anstellte. Diesen Gedanken hat die Neuzeit wieder aufgegriffen

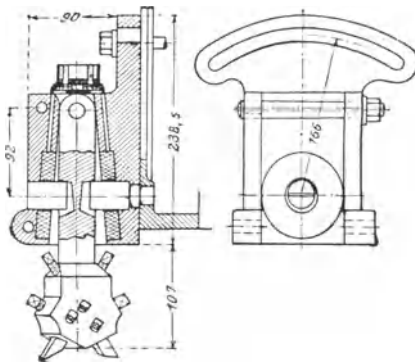


Abb. 152. Doppelstahlhalter.

und in dem Doppelstahlhalter (Fig. 152) verkörpert, der elektromagnetisch gesteuert wird. Beim Hobeln nach rechts hält der rechte Elektromagnet den linken Stahl arbeitsbereit und beim Hobeln nach links der linke Magnet den rechten Stahl. Die Stromzuführung erfolgt durch Schleifkontakte. Eine andere Möglichkeit ist, auf der Vorder- und Rückseite des Querträgers einen Hobelschlitten anzuordnen. Von ihnen hätte der vordere Schlitten beim Gang nach rechts

zu hobeln und der hintere beim Rücklauf des Tisches. Dieser Weg ist allerdings bei Tischhobelmaschinen wenig, dagegen bei Grubenhobelmaschinen durchweg üblich.

Eine allgemeine Verbreitung hat dagegen das gleichzeitige Hobeln mit mehreren Werkzeugen gefunden. Es erfordert mehrere Hobelschlitten, von denen in der Regel zwei auf dem Querträger sitzen und je einer auf den Ständern. Auf dem Querträger kann neben dem Hobelschlitten ein Bohr- und Frässlitten sitzen, so daß an dem Hobelstück auch Bohr- und Fräsarbeiten erledigt werden können. Der Rücklauf wird bei diesen Maschinen beschleunigt und zwar bei schweren Maschinen auf 1:2 und weniger, bei mittleren auf 1:3 und bei leichten auf 1:4. Eine zu starke Beschleunigung verursacht großen Zeitaufwand für den An- und Auslauf des Tisches und großen Kraftaufwand. Die wirkliche Schnittdauer ist nur $0,5-0,6 \times$ Zeit für einen Hin- und Rücklauf.

Mit der Einführung des Schnellhobelstahles mußte auch die Steuerung der Hobelmaschine eine Umwandlung erfahren. Soll nämlich bei der hohen Tischgeschwindigkeit das Umsteuern und Schalten keine zu starken Stöße verursachen, so muß die Schaltsteuerung von der Umsteuerung getrennt werden. In Abb. 150 hat bekanntlich der Steuerhebel w beide Steuerungen zu bedienen. Die Stöße, die hier beim Umsteuern und Schalten entstehen, werden um so stärker sein, je größer die Geschwindigkeit ist, mit der die Knaggen des Tisches gegen den Hebel w stoßen, und je schwerer dieser Hebel w heranzulegen ist. Will man daher bei Schnellhobelmaschinen trotz der großen Geschwindigkeiten ein sanftes Umsteuern erzielen, so sind getrennte Steuerungen auszuführen. Hierbei sind zwei Wege möglich:

1. Es werden nach Abb. 153 zwei Steuerhebel W_1 und W_2 eingebaut, W_2 für das Schalten des Schlittens und W_1 für das Umsteuern des Tisches. Beide Hebel müssen aber um einige Grade versetzt sein. Beim Umsteuern aus dem Arbeitsgang stößt daher zuerst F_2 gegen K_2 an W_2 und zieht damit das Schaltwerk des Hobelschlittens auf. Gleich darauf

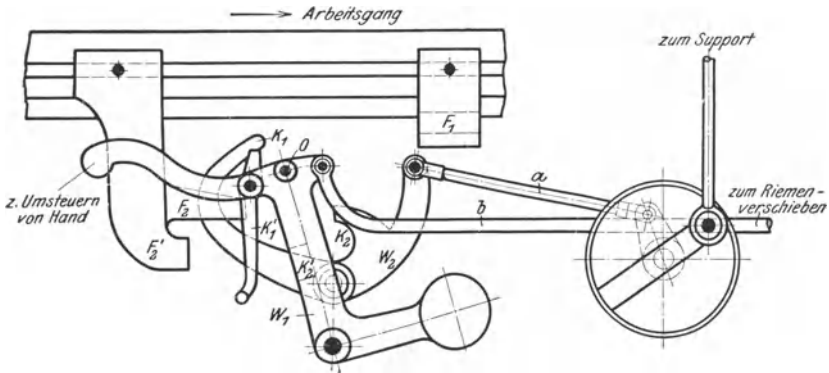


Abb. 153. Getrennte Schalt- und Umsteuerung. Billeter & Klunz.

trifft F'_2 gegen die hintere Klaue K'_2 und legt den vorderen Umsteuerhebel W_1 herum. Der Tisch erfährt also zwei leichte Stöße zu verschiedenen Zeiten. Mit dieser getrennten Steuerung ist noch der Vorzug

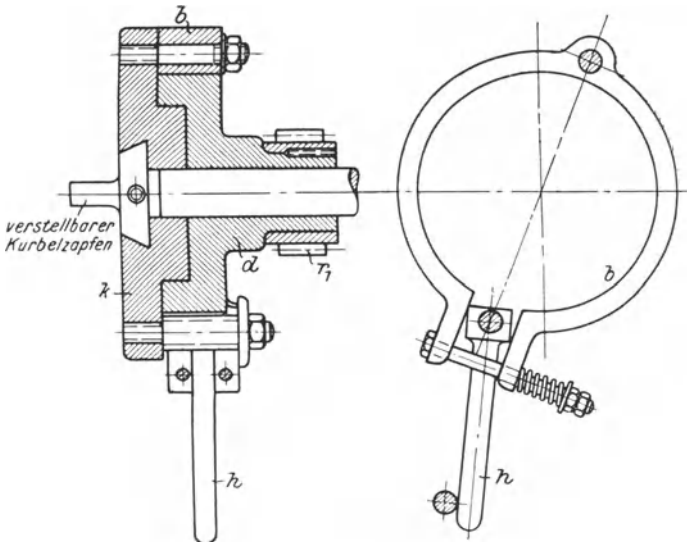


Abb. 154. Spreizringkupplung.

verbunden, daß sie leichter mit der Hand bedient werden kann. So kann in Abb. 153 mit dem Handgriff der Tisch nach Bedarf stillgesetzt

und umgesteuert werden, ohne daß der Hobelstahl seine Stellung ändert. Durch Zurückschlagen der Klaue K'_1 kann man den Tisch auch über sein Ziel laufen lassen, um z. B. Zeit zum Nachmessen zu gewinnen.

2. Will man den Stoß, der von der Schaltsteuerung verursacht wird, vom Tische selbst fernhalten, so dürfen die Knaggen nur die Riemenumsteuerung bedienen. Die Schaltsteuerung muß hingegen von der Antriebswelle des Tisches angetrieben werden. Es erfordert eine selbsttätige Kupplung (Abb. 154), die nur für einen Augenblick die Schaltsteuerung mit der Antriebswelle kuppelt. Diese Aufgabe löst die Spreizringkupplung. Die Kupplung besteht aus der Mitnehmerscheibe d (Abb. 155), die durch das Vorgelege $\frac{R_1}{r_1}$ von der Tischwelle angetrieben wird. Vor dem Mitnehmer d sitzt die lose Kurbelscheibe k , an deren Zapfen das Steuergestänge angeschlossen ist. Das zeitweise Kuppeln der Kurbel k mit dem Mitnehmer d besorgt der Spreizring b , der mit der Kurbel verschraubt ist und durch eine kräftige Feder gegen den Umfang von d gepreßt wird. Sobald die Maschine den Hub wechselt, steuert auch der Mitnehmer d um. Der Spreizring kuppelt jetzt so lange, bis der Ausrückhebel h gegen den rechten oder linken

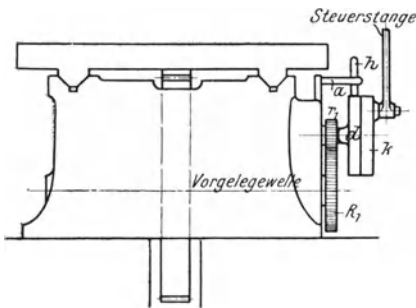


Abb. 155. Antrieb der Schaltsteuerung.

Anschlag a stößt und den Ring b aufspreizt. Die Kupplung ist damit gelöst und der Vorschub beendet. Beim nächsten Umsteuern vollzieht sich dasselbe Spiel auf der Gegenseite zum Aufziehen der Schaltung.

b) Die Einständerhobelmaschine.

Die Zweiständerhobelmaschine hat durch die beiden Ständer nur eine begrenzte Hobelbreite. Ihr Anwendungsgebiet ist dadurch auf Werkstücke begrenzt, die schmaler als die Hobelbreite sind. Mit dem Aufschwung des Großmaschinenbaues trat dieser Mangel der Zweiständermaschine immer mehr zutage. Der Ruf nach Hobelmaschinen mit unbegrenzter Hobelbreite führte daher zur Einständermaschine. Sie hat eine offene Längsseite zum Aufspannen sperriger Werkstücke W . Diese Maschine verlangt aber einen äußerst kräftigen Ständer S und Querträger Q (Abb. 156), wenn sie saubere Hobelarbeit liefern soll. Der Ständer bietet mit den Flächen S_1 Platz für einen Seitenhobelschlitten III , so daß gleichzeitig mit I und II quer und mit III senkrecht gehobelt werden kann.

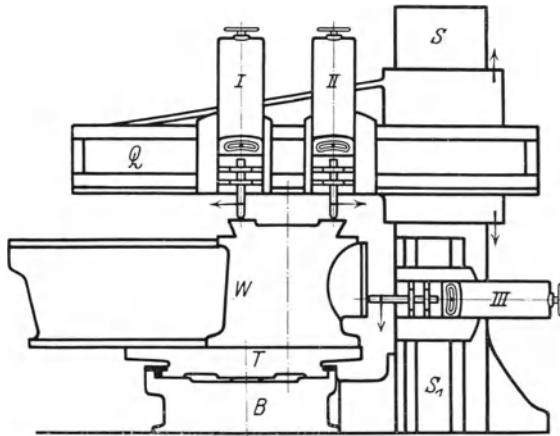


Abb. 156. Einständerhobelmaschine.

c) Die Stößelhobelmaschinen.

Die Stößelhobelmaschinen oder Shapingmaschinen (Abb. 157) sind Kurzhobelmaschinen für Hübe von 600—800 mm und mehr. Bei diesen

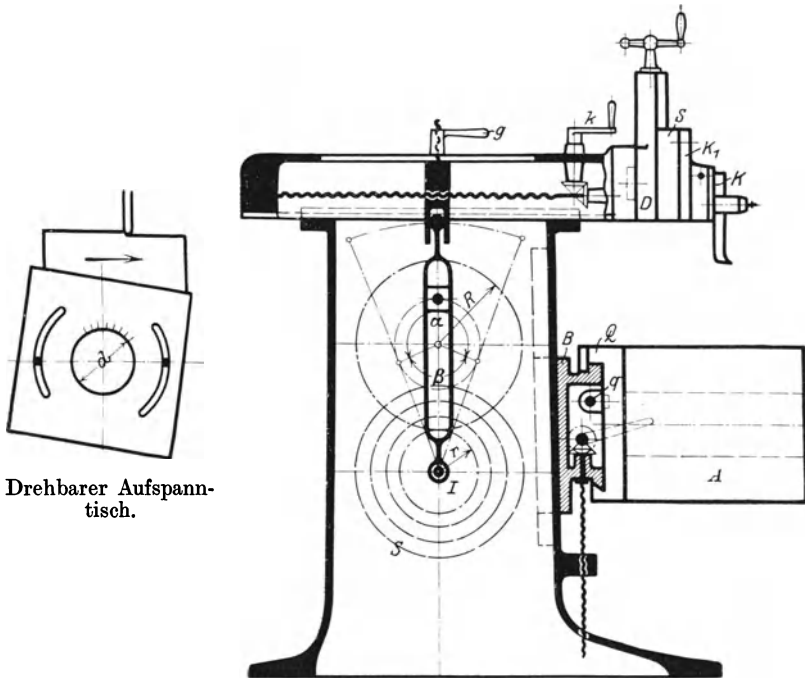


Abb. 157. Stößelhobelmaschine.

kleinen Hüben erhält das Werkzeug die Hauptbewegung und das leichte Werkstück den Vorschub.

Das Werkzeug wird auch hier in den Hobelschlitten gespannt, der

1. die Hauptbewegung ausführen muß und
2. den Stahl an die Arbeitsfläche anzustellen hat.

Für die Hauptbewegung sitzt der Hobelschlitten an einem Stößel, der in dem oberen Kastenbett geführt ist. In diesem wagerecht hin- und hergehenden Stößel liegt das äußere Kennzeichen der Stößelhobelmaschine. Für die Arbeitsstellungen des Stahles ist der Hobelschlitten ebenso gebaut wie der der Tischhobelmaschine. Nur fehlt hier der Querschlitten, weil ja das Werkstück quergeschaltet wird. Der Hobelschlitten besteht daher aus der Drehscheibe D , mit der er am Stößelkopf schräg gestellt werden kann, dem Senkrechtschlitten S für das Einstellen des Spanes und dem Klappenträger K_1 mit der beweglichen Klappe K zum Schrägstellen und Abheben des Stahles. Um den Stößel an die Arbeitsfläche des Werkstückes anstellen zu können, ist er nach dem Lösen von g mit der Kurbel k vor- und zurückzuschrauben.

Der Stößel wird bei manchen Maschinen durch eine Kurbelschwinge angetrieben, die sich bequem in das Kastenbett einbauen läßt. Bei anderen Maschinen wird der Stößelantrieb durch Zahnrad und Zahnstange bewirkt. Die Vorzüge des Zahnstangenantriebes liegen in dem gleichmäßigen Gang des Stößels und in der gleichbleibenden Rücklaufgeschwindigkeit.

Der Kurbelschwingenantrieb ist aus Abb. 33 bekannt. Bei dem großen Kurbelwinkel α muß der Stößel den Hobelgang vollführen und während des Kurbelwinkels β den Rücklauf. Die Schnittgeschwindigkeit ist $c_a = \frac{6 H n}{a}$ und die Rücklaufgeschwindigkeit $c_r = \frac{6 H n}{\beta}$. Will man auch hier die Schnittgeschwindigkeit der Beschaffenheit der Bau-

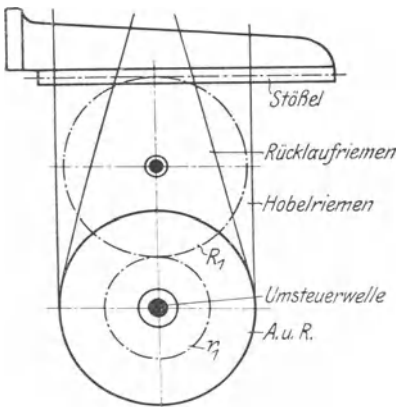


Abb. 158. Zahnstangenantrieb.

stoffe anpassen, so muß die Maschine durch eine Stufenscheibe S oder durch Stufenräder angetrieben werden. Mit jeder anderen Umlaufzahl ändert sich aber die Rücklaufgeschwindigkeit, so daß bei hohen Umläufen starke Erschütterungen eintreten können. Der Hub der Maschine H ist jedesmal der Hobellänge L anzupassen ($H = L + 2.15 \text{ mm}$). Will man dabei die Schnittgeschwindigkeit c_a beibehalten, so muß der Kurbelzapfen verstellt und der Riemen verlegt werden.

Bei dem Zahnstangenantrieb (Abb. 158) muß durch eine Kupplung einmal der Rücklaufriemen und das andere Mal der Arbeitsriemen gekuppelt werden. Diese Aufgabe ist in Abb. 159 gelöst. Gegen Ende des Rücklaufs legt der Stößel mit einem Anschlag a den Winkelhebel w herum. Die Stange s zieht dabei die Kupplung K aus der Rücklaufscheibe R in die Arbeitsscheibe A . Damit die Kupplung trotz ihres Rückdruckes durchzieht, wird der Winkel w jedesmal verriegelt. Diese Verriegelung übernimmt die Blattfeder f , die sich beim Umsteuern mit ihrem Dreikant rechts oder links gegen w legt. Am Ende des Hobelganges legt der zweite Anschlag a den Steuerhebel w wieder herum

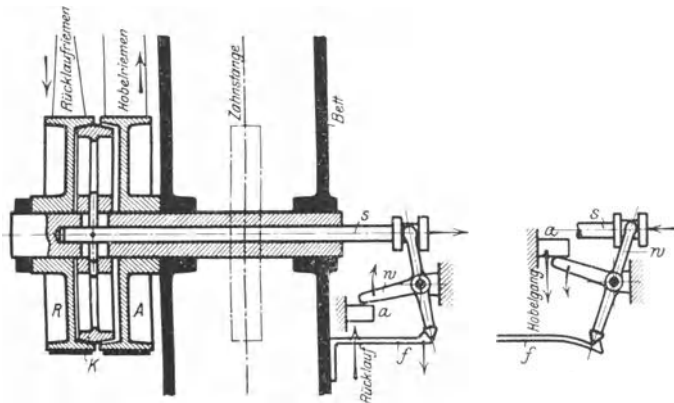


Abb. 159. Kupplungsumsteuerung des Stößels.

und rückt dadurch die Kupplung wieder in die Rücklaufscheibe R . Dabei springt die Blattfeder f auf die Gegenseite und hält w fest. Mit dem Nachlassen der Feder und der Abnutzung der Kuppelscheibe zieht der Antrieb nicht mehr durch.

Die Hubänderung verlangt hier nur, die Anschläge a zu verstellen, da ja $v = 2 R_1 \pi n$ von dem Hub H unabhängig ist.

Der Arbeitstisch der leichteren Stößelhobelmaschine hat das Werkstück hochzustellen und beim Stößelrücklauf quer zu schalten. Hierzu besteht er aus dem Bettschlitten B und dem Querschlitten Q . Der Bettschlitten wird wie bei der Fräsmaschine mit einer Stellspindel hochgestellt. Beim Querhobeln muß der Querschlitten Q den Vorschub erhalten. Hierzu wird die Querschlittenspindel q von der Maschinenwelle durch ein Kurbelschaltwerk gesteuert. Diese Steuerung schaltet quer, sobald der Stößel zurückläuft. Bei dem Zahnstangenantrieb des Stößels wird der Querschlitten durch eine Augenblickskupplung (Abb. 155) geschaltet, die beim jedesmaligen Umsteuern des Stößels die Steuerung für einen Augenblick mit der Maschinenwelle kuppelt. Zum Festspannen des Werkstückes dient ein Aufspannkasten A

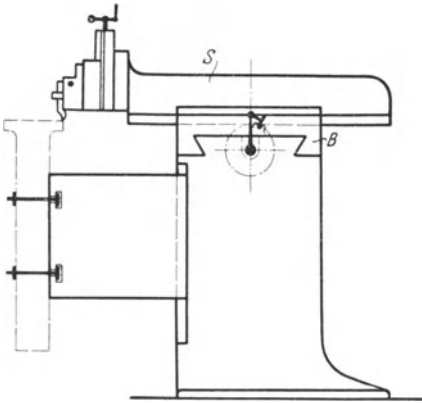


Abb. 160. Stößelhobelmaschine mit Querschaltung des Stößels.

jedem Rücklauf quer zum Werkstück geschaltet wird.

d) Die Stoßmaschinen.

Die Stoßmaschinen (Abb. 161) sind senkrechte Hobelmaschinen, die hauptsächlich zum Bearbeiten versteckter Innenflächen dienen, z. B.

Keilnuten in Naben. Beim Stoßen von Keilnuten muß der lange Stahl von oben nach unten durch die Nabe durchstoßen. Für diese auf- und abwärtsgehende Hauptbewegung des Stahles verlangt die Maschine einen Stößel, der an dem hakenförmigen Gestell senkrecht geführt ist, und einen Tisch auf der Grundplatte des Gestelles zum Anstellen des Werkstückes. Bei leichten Stoßmaschinen wird der Voranschub vom Tisch, bei schweren vom Stößel ausgeführt.

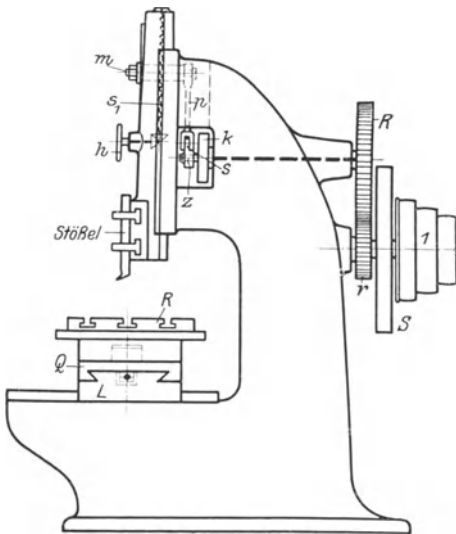


Abb. 161. Stoßmaschine.

Der Stößel wird bei leichten Maschinen durch eine Kurbelschwinge angetrieben, die für die verschiedenen Schnittgeschwindigkeiten von der Stufenscheibe 1 und dem Vorgelege $\frac{r}{R}$ ihren Antrieb erhält. Die Kurbel k setzt durch den Kurbel-

zapfen z die Schwinde s in Bewegung, die mit der Schubstange p den Stößel langsam nach unten und schnell wieder hoch führt (Abb. 33). Bei größeren Maschinen wird der Stößel durch Schraube und Mutter oder durch Zahnrad und Zahnstange angetrieben. Das Umsteuern erfolgt hierbei durch eine Riemen- oder Kupplungs-Umsteuerung oder durch einen Wendemotor.

Da sich der Stahl beim Rücklauf nicht abheben kann, so beschränkt sich der ganze Werkzeugschlitten auf den Stößel mit seinen Spannuten, die die Stahlhalter aufnehmen. Um den Stößel auf die Werkstückhöhe einstellen zu können ist wie in Abb. 157 eine Stellspindel s_1 eingebaut. Nach Lösen der Mutter m läßt sich daher der Stößel mit dem Handrade h hoch- und tiefstellen.

Der Arbeitstisch hat die Aufgabe, das Werkstück aufzunehmen und es längs, quer und rund einzustellen und zu schalten. Hierzu beansprucht der Arbeitstisch einen Längsschlitten L für das Schalten und Einstellen in der Längsrichtung und einen Querschlitten Q für das Einstellen und Schalten in der Querrichtung. Beide Schlitten bilden wiederum einen Kreuzschlitten, der auf dem Bett geführt ist. Für das Rundstoßen und für das Wenden des Werkstückes ist ein Rundtisch R erforderlich. Der Aufbau des Arbeitstisches ist daher, abgesehen vom Winkeltisch, derselbe wie bei der senkrechten Fräsmaschine. Die Steuerung der Stoßmaschine muß wie bei allen Maschinen mit gerader Hauptbewegung eine Rucksteuerung sein, die schaltet, sobald der Stößel am Ende des Rücklaufs angekommen ist, und gleich darauf wieder aufzieht. Hierzu wird die Steuerung durch eine Nutenscheibe von der Kurbelwelle ruckweise angetrieben, wie es in Abb. 49 besprochen ist.

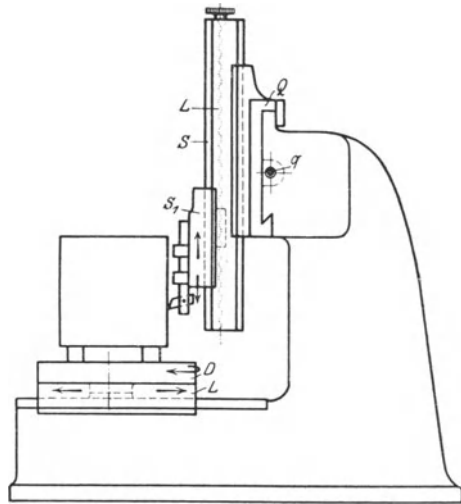


Abb. 162. Schwere Stoßmaschine.

Schwere Stoßmaschinen führen den Vorschub mit dem Stößel aus, da sich schwere Werkstücke schlecht schalten lassen. Der Stößelschlitten S_1 (Abb. 162) macht auf der Stößelbahn S die auf- und abgehende Hauptbewegung. Mit dem Querschlitten Q wird auf der Querbahn des Doppelständers der Vorschub vollzogen. Der Arbeitstisch setzt sich aus einem Längsschlitten L und Rundschlitten D zu-

sammen. Bei sehr schweren Stücken wird die Stoßmaschine mit einem Kran an die Arbeitsstelle getragen.

e) Die Keilnutenhobelmaschine.

Die Keilnutenhobelmaschine (Abb. 163) ist das Gegenstück zur Stoßmaschine; sie ist ausgesprochen für das Hobeln von Nuten und wenig zugänglichen Flächen gebaut. Die Werkstücke müssen aber für

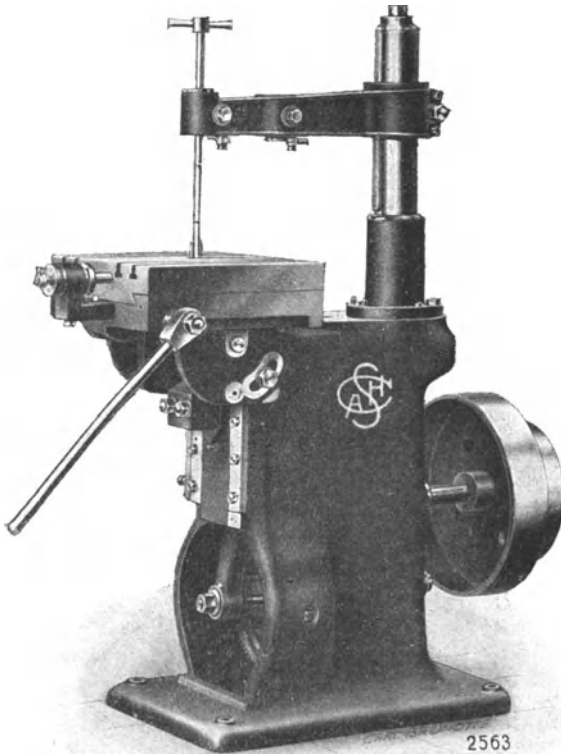


Abb. 163. Keilnutenhobelmaschine.

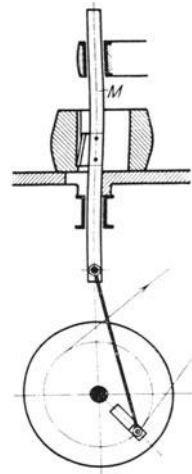


Abb. 164. Antrieb der Keilnutenhobelmaschine.

das Durchstecken der Messerstange oben und unten offen sein, während für die Stoßmaschine ein nur oben offenes Werkstück genügt. Der Vorzug der Keilnutenhobelmaschine liegt darin, daß der Kurbelantrieb im Kastenbett liegt. Das Hakengestell der Stoßmaschine mit seiner begrenzten Ausladung fällt daher fort. Es lassen sich daher Keilnuten in große und kleine Räder stoßen, die Säule sitzt dabei zwischen den Armen. In ihren wichtigsten Einzelteilen besteht sie aus der Messerstange

M (Abb. 164), die durch den unteren Kurbelantrieb die Hauptbewegung erfährt. Nach jedem Hochgang des Messers wird das Werkstück einen Span um den anderen durch den Arbeitstisch längs, quer oder rund geschaltet. Der Arbeitstisch beansprucht hierzu einen Kreuzschlitten mit Rundtisch. Die Maschine wird in der Hauptsache für das Hobeln von Keilnuten benutzt. Sollen diese Nuten einen Anzug erhalten, so ist das Rad mit einer schrägen Unterlage einzuspannen (Abb. 165 a), oder der Tisch muß während des Schnittes das Werkstück entsprechend der Steigung zuschieben, d. h. bei 1 : 10 auf 10 mm Höhe um 1 mm. Die dritte Möglichkeit ist das Schrägstellen des Tisches. Auch für das Aushobeln geschlossener Stangenköpfe kann die Maschine benutzt werden (Abb. 165 b). Hierbei ist das Werkstück für den runden Teil der Nut mit dem

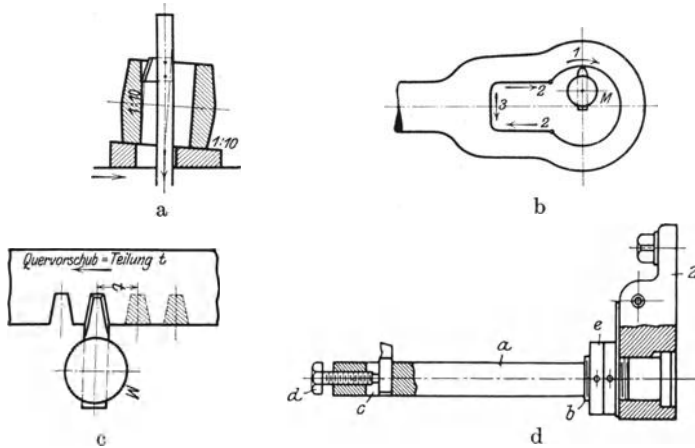


Abb. 165 a—d. Hobelarbeiten.

Rundtisch nach 1 zu schalten und für die Längs- und Querseite mit dem Längsschlitten nach 2 und mit dem Querschlitten nach 3 vorzuschieben. Ist das Werkzeug ein Formstahl, so kann man auch Zahnstangen und Zahnräder hobeln (Abb. 165 c).

Das Keilnutenhobeln läßt sich auch auf der Stößelhobelmaschine vornehmen mit einem langen Werkzeughalter *a* (Abb. 165 d), der mit den Muttern *e* in der Klappe des Hobelschlittens festgespannt wird, während die zu nutende Kupplungsscheibe in dem Schraubstock des Tisches sitzt.

f) Die Blechkantenhobelmaschinen.

Die Blechkantenhobelmaschinen (Abb. 166) haben die Kanten langer, sperriger Kessel- und Schiffsbleche zu hobeln. Bei diesen langen Schnitten erhält das Werkzeug beide Bewegungen, weil hierdurch die Maschine wesentlich kürzer wird. Der Hobelstahl wird hierzu in Abb. 166

in den Hobelschlitten *H* gespannt, der für die hin- und hergehende Hauptbewegung mit einem Bettschlitten *B* auf dem langen Bett geführt ist. Der Schlittenantrieb geschieht durch die Leitspindel *L*, die durch ein Räder- oder Riemenwendegetriebe angetrieben wird. Bei schweren Blechkantenhobelmachines wird der Umkehrmotor bevorzugt. Um bei den langen Hieben die Zeitverluste des beschleunigten Rücklaufs zu umgehen, sind auf dem Bett 2 Hobelschlitten vorgesehen, von denen der vordere beim Vorwärtsgang und der hintere beim Rückgang hobelt.

Der Vorschub muß beim Hobeln der Blechkanten senkrecht erfolgen. Hierzu wird die Schaltspindel des Senkrechtschlittens durch eine Rucksteuerung gesteuert. Am Ende des Vorwärtsganges muß der hintere Hobelschlitten geschaltet werden, damit dieser Stahl nach dem Umsteuern arbeitsbereit steht. Dagegen darf der vordere Hobelstahl erst am Ende des Rückwärtsganges vorgeschoben werden. Der Vorschub muß daher jedesmal die doppelte Spantiefe sein. Das Blech wird auf

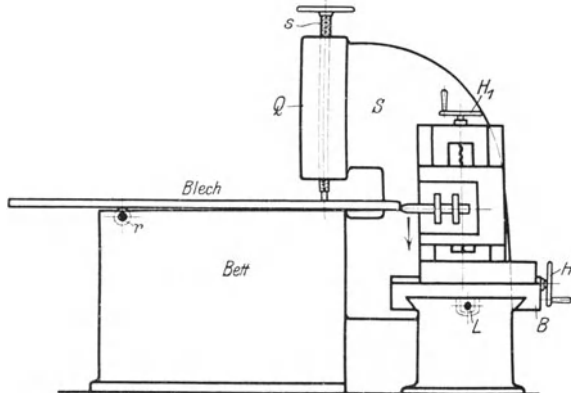


Abb. 166. Blechkantenhobelmaschine.

dem Tisch mit einer Reihe Spannschrauben *s* festgespannt, die in dem Querträger *Q* sitzen. Der Querträger *Q* wird durch die zwei Ständer *S* des Bettes getragen. Zum leichteren Verschieben des Bleches sind vorn am Tisch Rollen eingebaut.

7. Die Sägen.

Die Sägen haben die verlorenen Köpfe von den Gußstücken abzutrennen, Schmiedestücke, wie Kurbelkröpfungen und Stangenköpfe, auszuschneiden und Walzeisen auf die Gebrauchslängen zu zerschneiden. Diese Arbeiten lassen sich mit einem kreisförmigen Sägeblatt und mit einem Sägeband erledigen. Nach dem kreisförmigen oder bandförmigen Werkzeug der Maschine unterscheiden wir Kreissägen und Bandsägen.

a) Die Kreissägen.

Die Kreissägen haben als Werkzeug eine Scheibe, die an ihrem Umfange mit den Sägezähnen ausgestattet ist. Die Zeit des Schnellbetriebes hat auch hier ihre Spuren zurückgelassen. Um eine hohe Leistung zu erzielen, werden heute Schnellstahlzähne in das Sägeblatt eingesetzt. In Abb. 167 geschieht dies mit Feder und Nut und durch einen Sicherheitsstift. Aus der Kreissäge ist daher ein Fräser mit eingesetzten Zähnen geworden. Damit die Zähne leicht in das

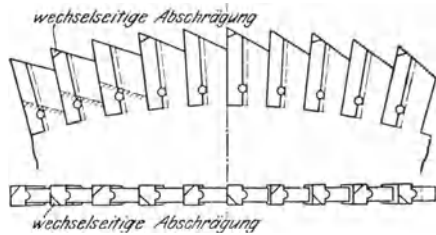
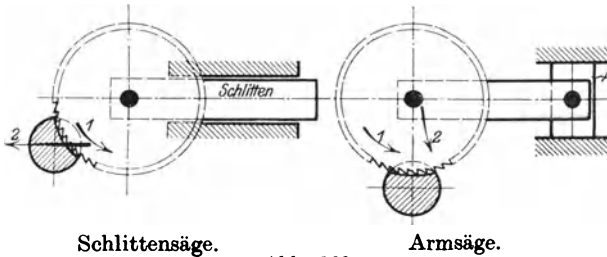


Abb. 167. Sägescheibe mit eingesetzten Zähnen.

Werkstück eindringen, sind sie wechselseitig abgeschragt. Derartige Zähne können bis zur gestrichelten Linie abgenutzt werden.

Für den Aufbau der Kreissägen ist wie bei allen Werkzeugmaschinen die Arbeitsweise maßgebend. Das Sägeblatt erfährt als mehrschneidiges Werkzeug die kreisende Hauptbewegung und den Vorschub (Abb. 168). Wird dieser Vorschub durch seitliches Verschieben



Schlittensäge.

Armsäge.

Abb. 168.

des Sägeblattes mit einem Schlitten erzeugt, so ist die Säge als Schlittensäge gekennzeichnet. Läßt man hingegen das Sägeblatt mit einem drehbaren Arm von oben her in das Werkstück hineinsinken, so ist sie eine Armsäge.

Die Schlittensäge in Abb. 169a trägt das Sägeblatt *s* an dem Kopf des Vierkantschlittens *S*. Der Hauptantrieb geht von der Riemenscheibe *R* aus, die über die Räder 1—4 die innere Schneckenwelle *w* treibt. Das Schneckengetriebe 5/6 vermittelt den Antrieb der Säge- welle *a*, auf der das Sägeblatt *s* festgespannt ist. Eine besondere Beachtung verdient bei Kreissägen die Vorschubsteuerung. Damit bei harten Gußstellen und schwankenden Querschnitten der Walzeisen keine Zähne ausreißen, muß der Vorschub der Säge aussetzen, sobald der Schnittwiderstand zu groß wird. Diese Bedingung ist in Abb. 169b durch die nachgiebige Mutter *m* gelöst. Sie wird durch das Gewicht *G* so stark

gegen das Lager l gedrückt, daß sie durch Reibung gehalten ist. Eine Kurbel treibt die Leitspindel L , die den Sägeschlitten S nach 2 vorschiebt. Sobald jedoch der Schnittdruck zu groß wird, dreht sich die Mutter m mit der Leitspindel L und setzt dadurch so lange den zwang-

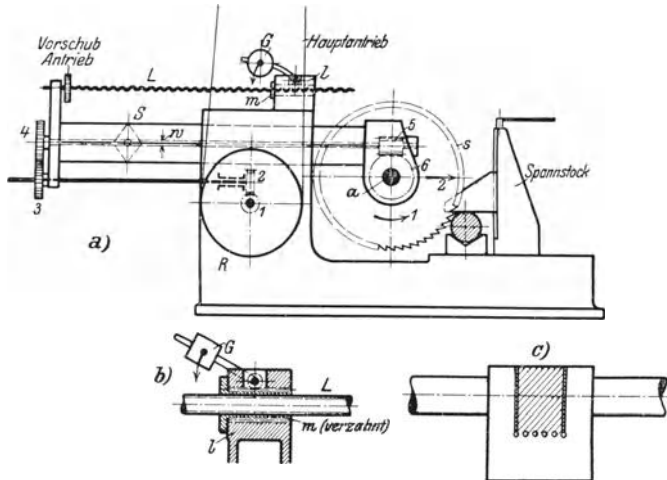


Abb. 169. Schlittensäge.

läufigen Vorschub aus, bis das Gewicht die Mutter wieder anhalten kann. Mit dem verstellbaren Gewicht kann die Maschine für kleinere und größere Schnittdrücke eingestellt werden. Das Werkstück wird zum Zerschneiden in dem Spannstock mit dem oberen Spannbacken festgespannt.

Bei der Armsäge in Abb. 170 ist die Sägewelle an einem langen Arm gelagert. Sie senkt daher von oben die Säge in das Werkstück hinein. Die Vorschubgröße wird dabei durch das Gewicht des Armes

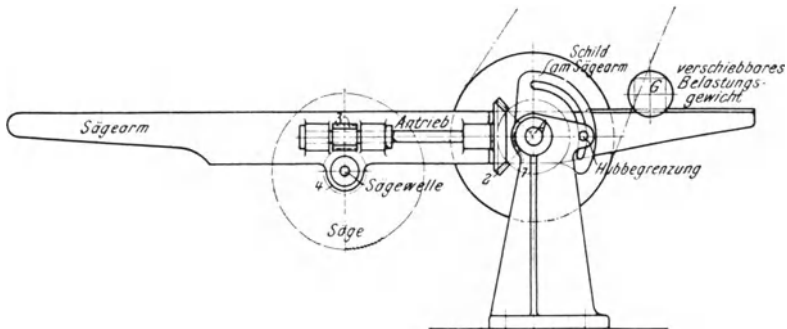


Abb. 170. Armsäge.

und das verschiebbare Gewicht G geregelt. Der Hauptantrieb erfolgt durch den Riemen über die Kegelräder 1, 2 und das Schneckengetriebe 3, 4.

b) Die Bandsägen.

Die Bandsägen haben als Werkzeug ein endloses Sägeband, das, wie ein Riemen über zwei Sägerollen läuft (Abb. 171). Ein derartiges Sägeband kann nur die Hauptbewegung ausführen, die durch den Antrieb der unteren Sägescheibe hervorgebracht wird. Das Werkstück muß daher auf dem Tisch der Säge geschoben werden. Hierfür hat der Tisch meist ein Leitlineal für Längsschnitte und einen auf Führung gleitenden Anschlag für Querschnitte.

Das Wesen einer Bandsäge liegt in einem gut geführten und gleichmäßig gespannten Sägeband. Von diesen beiden Bedingungen hängt die Glätte des Schnittes ab. Das Anspannen des Sägebandes geschieht mit dem oberen Schlittenlager, das mit einer Stellschraube eingestellt wird oder mit einem Gewicht sich selbst einstellt. Für einen genauen Lauf des Sägebandes läßt sich die obere Sägescheibe noch etwas neigen. Die Führung des Sägebandes gegenüber dem Schnittdruck muß unter und über dem Tisch erfolgen, sowohl seitlich als auch im Rücken. Die Seitenführung besorgen Backen, durch deren Spalt das Band läuft. Als Rückenführung dient meist ein Stahlteiler, der mitläuft und so ein Eingraben von Rillen verhindert.

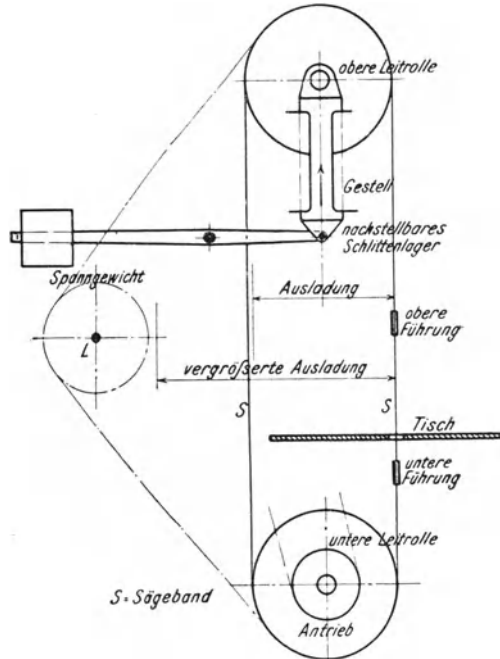


Abb. 171. Bandsäge.

c) Die Hubsägen.

Die Hubsägen haben ein kurzes Sägeband, das in einen Bogen oder Gatter gespannt wird. Durch einen Kurbelantrieb vollzieht die Hubsäge den Schnitt, und durch den Druck eines Gewichtes dringt sie in das Werkstück ein.

d) Die Reibsägen.

Die Reibsägen (Abb. 172) haben als Werkzeug ein aufgerauhtes Schneidblatt, das mit hoher Geschwindigkeit läuft. Der Schleifschlitten

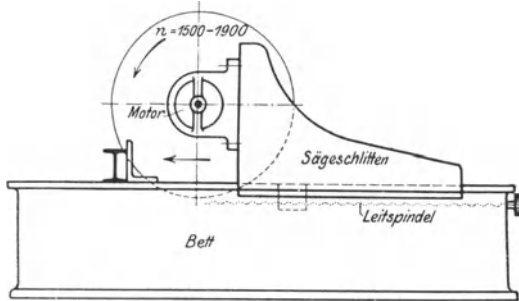


Abb. 172. Reibsäge.

führt es durch das Werkstück, das durch die gewaltige Reibungswärme förmlich durchschmolzen wird.

8. Die Blechbiege- und Blechrichtmaschinen.

Die Blechbiege- und Richtmaschinen haben den Blechen ihre technische Verwendungform zu geben und dabei die Beulen usw. zu beseitigen. Ihre Hauptarbeit

erstreckt sich daher auf das Biegen der Blechtafeln zu Kesselschüssen oder auf das Geraderichten der Bleche. Die erste Aufgabe übernimmt die Blechbiegemaschine, die zweite die Richtmaschine. Beide Maschinen arbeiten mit Walzen als formgebende Werkzeuge.

Das Biegen der Bleche erfordert nach Abb. 173 3 Walzen, die den inneren und äußeren Zylindermantel berühren müssen und zwar so, daß die Oberwalze *O* über dem Spiel der Unterwalzen *U* liegt. Um die

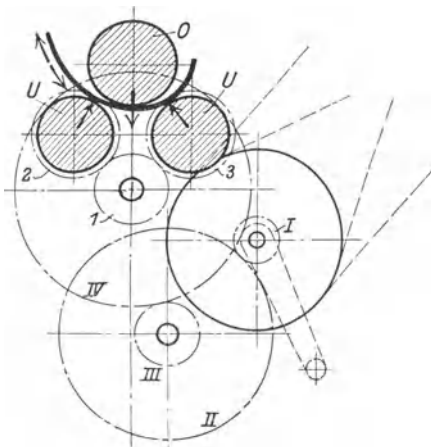


Abb. 173. Blechbiegemaschine.

Zylinderform allmählich herauszubekommen, muß das Blech mehrmals nach beiden Richtungen durch die Walzen gehen. Dies verlangt, daß die Walzen umsteuerbar sind und die Oberwalze *O* nachgestellt werden kann. Die erste Bedingung ist in Abb. 173 durch ein Riemenwendegetriebe

gelöst, das über die Vorgelege $\frac{I}{II}$ $\frac{III}{IV}$ das Rad 1 treibt, mit dem die Räder 2, 3 der Unterwalzen U kämmen. Die Oberwalze läuft als Schlepplwalze durch die Reibung mit. Zum Umsteuern der Maschine sind daher nur die Riemen zu verschieben. Zum Nachstellen läuft die Oberwalze in Schlittenlagern, die sich in dem Rahmen der Maschine verstellen lassen.

Das Richten der Bleche verlangt bei dünnen Blechen 7 Richtwalzen (Abb. 174) und bei stärkeren 5. Soll mit diesen Walzen das Blech gerichtet werden, so müssen die Oberwalzen wieder über dem Spiel der Unterwalzen liegen. Um beim

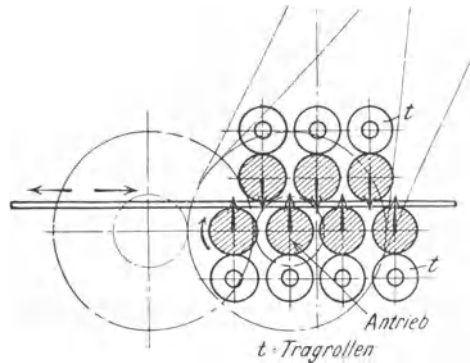


Abb. 174. Blechrichtmaschine.

Richten zu hohe Beanspruchungen zu vermeiden, muß das Blech mehrmals durch die Walzenstraße hin- und zurückgehen. Der Antrieb der Walzen verlangt daher wieder ein Wendegetriebe und das Nachstellen der Oberwalzen-Schlittenlager. Lange Richtwalzen müssen gegen Durchbiegen durch Tragrollen t abgestützt werden.

9. Die Scheren und Lochmaschinen.

Die Scheren und Lochmaschinen haben die Bleche zu beschneiden und zu lochen. Beide Arbeiten können unter einer Maschine erledigt werden, wenn sie oben als Schere und unten als Lochmaschine ausgebildet ist (Abb. 175).

a) Die Hubschere.

Die Werkzeuge fürs Beschneiden der Bleche sind Schermesser, von denen das feste Scherblatt mit dem Gestell verschraubt ist, während das bewegliche an dem Werkzeugschlitten sitzt. Die Lochwerkzeuge sind Stempel und Lochring (Matrize). Der Stempel S sitzt in dem gemeinsamen Werkzeugschlitten und der Lochring L unten am Gestell. Ein Abstreifer hält das Blech beim Lochen nieder (Abb. 176). Der Werkzeugschlitten wird daher beim Niedergehen lochen und beim Hochgehen schneiden. Diese auf- und abwärtsgehende Bewegung bewirkt bei der Hubschere die Kurbelwelle E , die mit einem Stein den Schlitten faßt. Durch Zurückziehen der Ausrückplatte kann die Arbeit der Maschine unterbrochen werden. Der Antrieb der Kurbelwelle geht von der

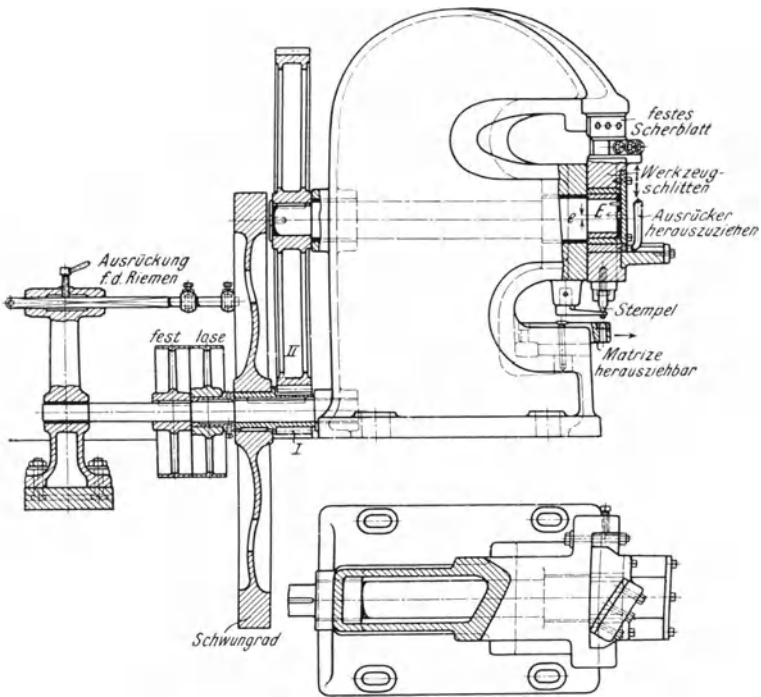


Abb. 175. Schere und Lochmaschine.

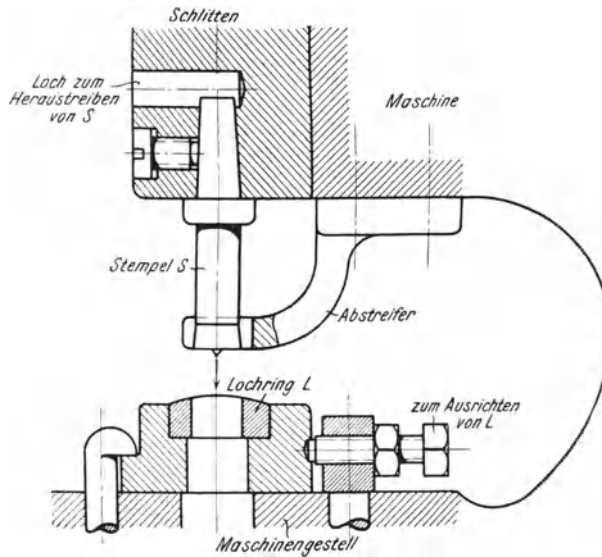


Abb. 176. Lochmaschine.

Festscheibe aus über das große Rädervorgelege $\frac{I}{II}$. Das große Schwungrad soll als Kraftspeicher die Maschine beim Schneiden und Lochen unterstützen. Damit der Schnitt keinen zu großen Arbeitsaufwand der Maschine erfordert, wird das bewegliche Schermesser meist unter $9-14^\circ$ geneigt ausgeführt. Dadurch schreitet der Schnitt allmählich in der Breite fort (Abb. 177).

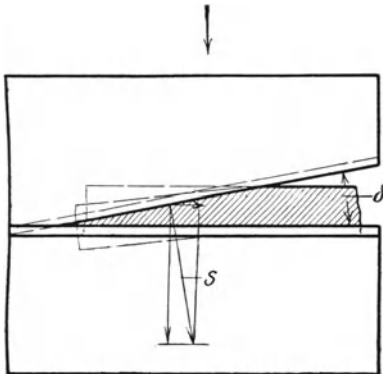


Abb. 177. Hubschere.

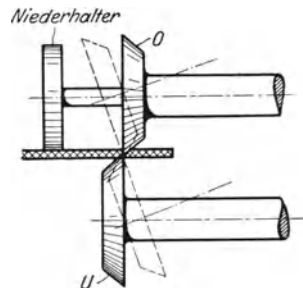


Abb. 178. Kreisschere.

b) Die Kreisschere.

Die Kreisschere (Abb. 178) hat als Werkzeuge zwei gehärtete Kreismesser *O* und *U*, die zum sicheren Fassen der Bleche leicht geriffelt sind. Sie laufen mit gleicher Geschwindigkeit und schneiden gerade, schräge und geschweifte Stemmkannten mit 1,5 m/Min.

10. Die Abnahme der Werkzeugmaschinen.

Eine Werkzeugmaschine kann nur dann genaue Arbeit liefern, wenn ihre Einzelteile bei der Bearbeitung auf Genauigkeit der Flächen und Maße geprüft sind (Abb. 236 usw.). Bei dem Zusammenbau der Maschine müssen die Einzelteile in ihren Lagern und Führungen 1. auf ihre genaue Lage und 2. auf schlagfreien Gang geprüft werden. Jede Ungleichheit ist durch Nachstellen der Lager oder Stelleisten oder durch Nachschaben der Flächen zu beseitigen. Bei einer guten Werkzeugmaschine müssen die Einspannstellen der Werkstücke und Werkzeuge die genaue wagerechte oder senkrechte Lage und einen vollkommen ruhigen Gang haben.

Bei den Werkzeugmaschinen mit kreisender Hauptbewegung hat die Prüfung mit dem Bette oder Gestell zu beginnen. Es geschieht auf der Richtplatte durch Abloten mit der Wasserwaage in der Längs- und Querrichtung. Die Wasserwaage muß dabei überall einspielen. Bei Dachführungen sind die Auflagen *m* zum Aufsetzen

der Wage zu benutzen (Abb. 179). Das Gestell mit senkrechten Führungen (Abb. 180) ist mit Winkel und Wage bei a und b abzutasten. Das Fluchten der beiden Flächen a kann mit einem Lineal l geprüft werden.

Von hoher Bedeutung für die Genauigkeit der Arbeit ist die Lage und der Lauf der Hauptspindel. Die Spindel wird mit den Spindelagern (Abb. 50—53) ausgerichtet und mit dem Fühlhebel auf Längs- und Querschlagen geprüft (Abb. 54). Bei den wagerechten Maschinen muß die Arbeitsspindel genau wagerecht, d. h. parallel zum Tische, liegen. Um sie zu prüfen, spannt man einen langen Prüfdorn (Abb. 54) ein und führt an ihm den Fühlhebel entlang, der keine Ausschläge geben darf. In gleicher Weise prüft man auch die Lage des Reitstockes.

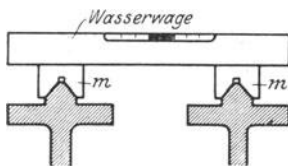


Abb. 179. Prüfen der Dachleisten.

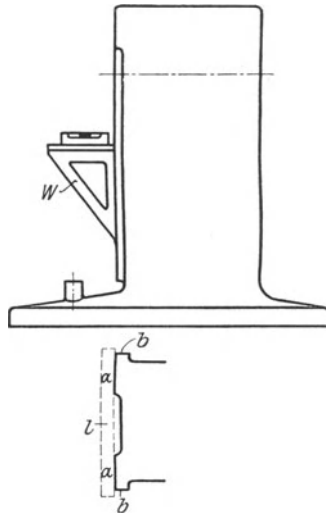


Abb. 180. Prüfen des Ständers.

Die Hauptprobe erstreckt sich bei der Drehbank, Schleifmaschine und Fräsmaschine auf das Fluchten der Gegenspitzen als Vorbedingung für den Rundlauf des Werkstückes oder Werkzeuges. Man prüft sie nach Abb. 63 mit einem freilaufend eingespannten Prüfdorn und Abtasten mit einem Fühlhebel.

Bei den senkrechten Bohr- und Fräsmaschinen ist die senkrechte Lage der Spindel zum Arbeitstisch ausschlaggebend. Sie ist die Voraussetzung für senkrechte Bohrlöcher und Frässchlitz. Die Prüfung der senkrechten Spindel geschieht wie bei den wagerechten Maschinen. Man prüft zuerst mit der Wasserwage, ob der Tisch im Lot steht. Darauf spannt man in ein Spannfutter der Spindel einen Fühlhebel und schwenkt ihn langsam über den Tisch (Abb. 181). Steht die Spindel senkrecht, so darf der Fühlhebel keine Ausschläge machen. Die Lage der Spindel läßt sich auch mit einem Lichtspaltzeiger nach Abb. 181 prüfen. Schiebt man nämlich zwischen Tisch und Zeiger einen Streifen Papier, so muß er sich an allen Stellen des Tisches gleich leicht unter dem Zeiger hin- und herschieben lassen. Den schlagfreien Lauf der Spindel prüft man am besten mit dem Fühlhebel im Sinne der Abb. 54.

Die Genauigkeit der Arbeit verlangt, daß die Werkzeugschlitten und Arbeitstische 1. genau im Lot stehen und 2. stoßfreien Gang haben. Die genaue Lage der einzelnen Schlitten prüft man, wie erwähnt, mit der Wasserwage, die nach den verschiedenen Richtungen einspielen muß.

Die Schlittenführungen untersucht man mit dem Fühlhebel oder Lichtspaltzeiger. Nach Abb. 60 kann der Gang des Werkzeugschlittens auf dem Drehbankbett geprüft werden. In gleicher Weise läßt sich auch der Gang des Querschlittens auf dem Längsschlitten prüfen. Man hat nur den Fühler an die Führungsflächen des Längsschlittens anzusetzen. Die genaue senkrechte Führung des Querschlittens zum Bett läßt sich mit einem 90° Winkel feststellen, den man mit einem Schenkel am Bett

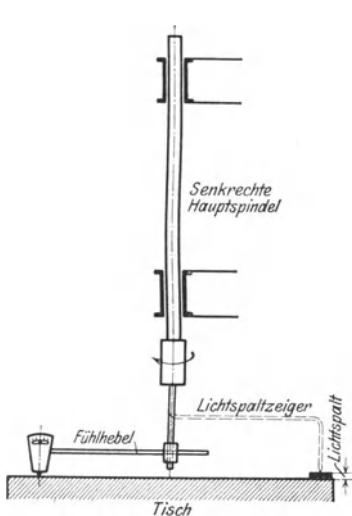


Abb. 181. Prüfen einer senkrechten Hauptspindel.

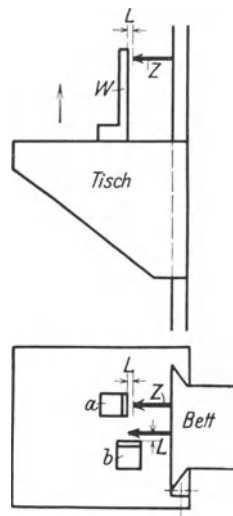


Abb. 182. Prüfen des Winkeltisches.

festklemmt. An dem freien Schenkel wird der Querschlitten mit dem Fühlhebel oder Lichtspaltzeiger entlang geführt. Die Kreuzschlitten und Drehscheiben der Werkzeugschlitten und Arbeitstische lassen sich daher mit dem Fühlhebel untersuchen. Der Winkeltisch der verschiedenen Fräs- und Bohrmaschinen wird nach Abb. 182 geprüft. Hierzu setzt man einen Lichtspaltzeiger an einen Winkel an, kurbelt den Tisch hoch und beobachtet dabei den Lichtspalt. Diese Prüfung ist in zwei senkrechten Stellungen des Winkels vorzunehmen.

Bei den Werkzeugmaschinen mit gerader Hauptbewegung sind die wagerechten Führungen des Bettes nach Abb. 179, die senkrechten nach Abb. 180 zu prüfen. Bei der Hobelmaschine prüft man hierauf mit der Wage, ob der Querträger und der Hobelschlitten an verschiedenen Stellen der Ständer im Lote stehen. Den Kreuzschlitten des Hobel-

schlittens untersucht man auf seinen Gang nach Abb. 60. Die Lage des Hobeltisches kann mit der Wage und der Gang nach Abb. 57 mit dem Fühlhebel oder Lichtspaltzeiger geprüft werden. Die Hauptprobe für die Genauigkeit der Maschine ist die gegenseitige Lage von Hobeltisch und Hobelschlitten, so muß der Hobelschlitten überall gleich hoch über dem Tisch stehen. Dies wird am besten mit dem Fühlhebel oder Lichtspaltzeiger festgestellt, den man mit dem Hobelschlitten quer über den Tisch bewegt. Bei der Stößel-

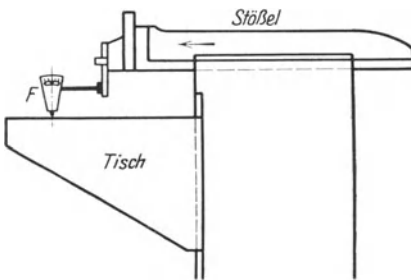


Abb. 183. Prüfen des wagerechten Stößels.

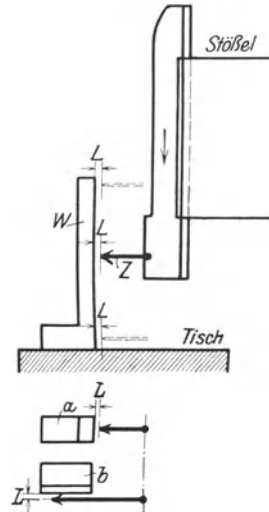


Abb. 184. Prüfen des senkrechten Stößels.

hobelmaschine spannt man den Fühlhebel in den Stößel und läßt ihn über den nach der Wage ausgerichteten Tisch gleiten (Abb. 183). In ähnlicher Weise läßt sich der Stößel der Stoßmaschine (Abb. 184) mit Zeiger und Winkel untersuchen.

11. Das Aufstellen der Werkzeugmaschinen.

Soll eine Werkzeugmaschine genaue Arbeit liefern, so ist die weitere Bedingung ein dauerhafter Unterbau, auf dem die Maschine erschütterungsfrei arbeiten kann. Leichte Maschinen werden auf dem Fußboden, Holz- oder Eisenschwellen oder einem Steinsockel befestigt, größere auf einem Steinfundament verankert. Vor dem Aufstellen der Maschine soll man dem Mauerwerk Zeit lassen zum Setzen und Trocknen, da sonst ein Verziehen des Bettes zu befürchten ist. Die Maschine ist nach der Wasserwage auszurichten, die an allen Stellen des Bettes längs und quer einspielen muß. Hierzu treibt man unter das Bett nicht zu schmale Eisenkeile mit geringem Anzug. Um ein Lösen dieser Keile zu verhindern, umgibt man sie mit einem Lehmrand und umgießt sie mit Beton. Wegen des Setzens des Steinunterbaues muß die Lage der Maschine zeitweise nachgeprüft werden.

Das Aufstellen und Ausrichten der Stoßmaschine kann nach Abb. 185 geschehen. Es bietet keine Schwierigkeit, da das Gestell ein Gußstück von geringer Grundfläche ist. Es genügt für das Ausrichten bei *A* und *C*

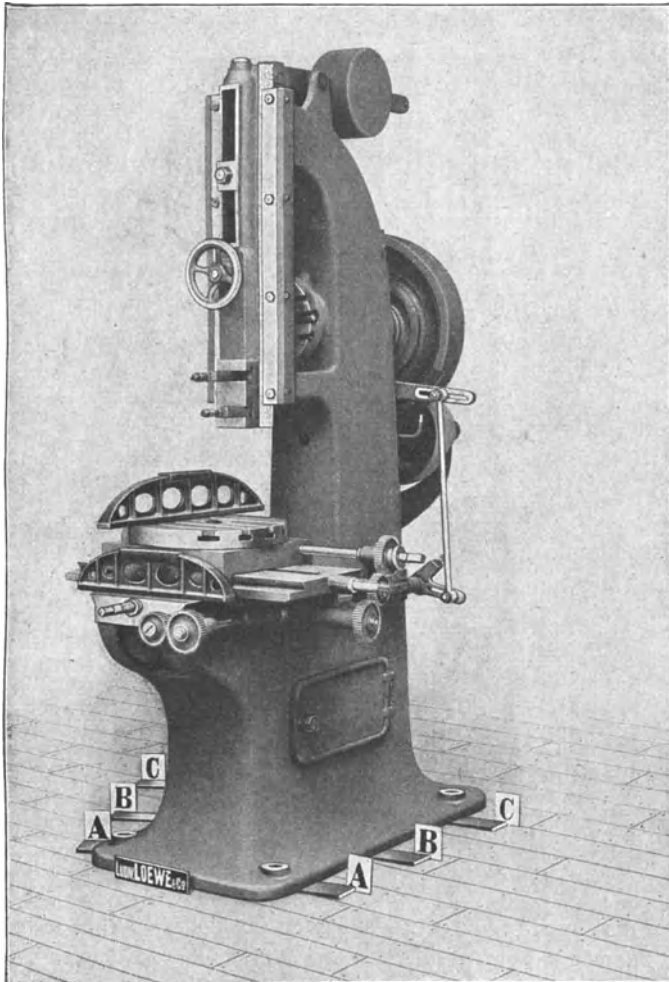


Abb. 185. Aufstellen einer Stoßmaschine.

Keile unterzulegen und diese solange anzuziehen, bis die Wasserwaage nach zwei senkrechten Richtungen einspielt. Hierauf legt man bei *B* die Keile unter und zieht sie gerade soweit an, daß das Bett sicher unterstützt wird.

Drittes Kapitel.

Die Ausnutzung der Werkzeugmaschinen in der Metallbearbeitung.

Seit der Einführung des Schnellstahles hat sich die reine Arbeitszeit einer Werkzeugmaschine um etwa 25—30 % vermindert. Damit fällt die Zeit für die Vorbereitung des Werkstückes, wie Abstechen, Ankörnen, Richten und Einspannen um so mehr ins Gewicht. Sie übersteigt in vielen Fällen die Arbeitszeit der Maschine. Die Wirtschaftlichkeit eines Betriebes verlangt daher, die Werkstücke auf besonderen Maschinen für die Bearbeitung vorzubereiten, handliche Einspannvorrichtungen zu schaffen und große Förderwege zu vermeiden. Die Vorbereitung und Beförderung der Werkstücke soll man Hilfsarbeitern überweisen, damit die teuren Arbeitsmaschinen und Arbeitskräfte besser ausgenutzt werden.

1. Die Dreherei.

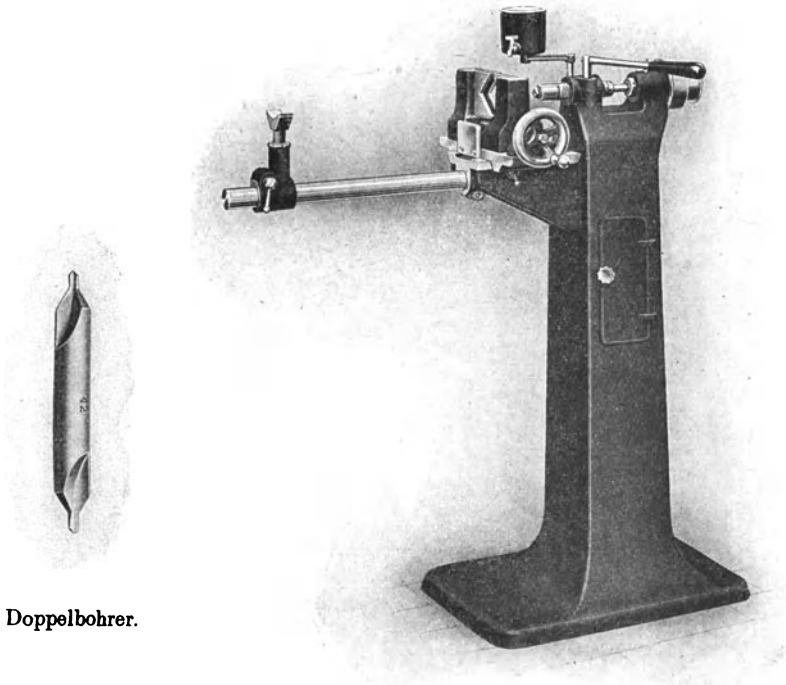
a) Das Vorbereiten der Werkstücke.

In einer zeitgemäß eingerichteten Dreherei sollen die Werkstücke auf einer Ankörnmaschine angekörnt werden. Dieses Ankörnen ist heute besonders lohnend, weil viele Werkstücke auf der Drehbank geschruppt und auf der Schleifmaschine geschlichtet werden. Dadurch wird ein Umspannen nötig, so daß sich die Mehrausgaben für das Ankörnen mehr als ausgleichen.

Die Ankörnmaschine oder Zentriermaschine (Abb. 186) ist eine kleine, wagerechte Bohrmaschine. Das Werkstück wird in den schraubstockartigen Spannstock gespannt und auf der Gegenseite von dem einstellbaren Auflagebock getragen. Das Werkzeug ist ein Doppelbohrer, der das Körnerloch bohrt und zugleich versenkt, so daß das Werkstück von den Spitzen gut getragen wird.

Eine alte Regel des Drehers sagt, daß die Werkstücke auf der Drehbank nicht schlagen dürfen. Sie müssen daher vorher auf Rundlaufen geprüft und, wenn nötig, gerichtet werden. Dies geschieht auf der Wellenrichtpresse (Abb. 187). Das angekörnte Werkstück spannt man hierzu zwischen die Spitzen und sucht die schlagenden Stellen

(Abb. 240). Zum Richten legt man die Wellen auf die Auflageklötze und drückt sie mit der Presse gerade.



Doppelbohrer.

Abb. 186. Zentrier- oder Ankörnmaschine.

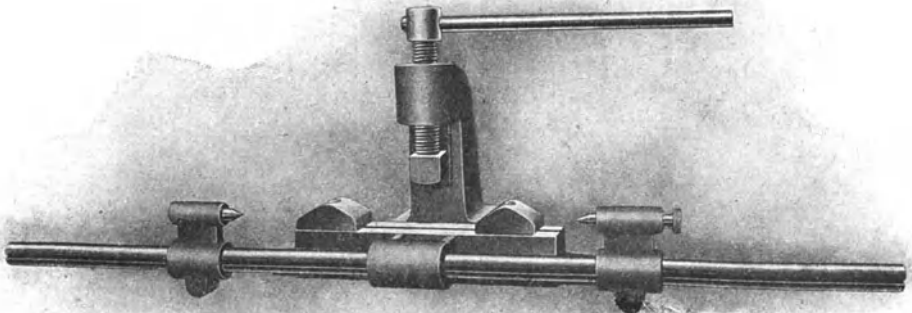


Abb. 187. Wellenrichtpresse.

Mit dem Schnellstahl hat auch das Ausschruppen aus dem Vollen zugenommen. Es werden heute Massenteile aus dem rohen Walzeisen herausgedreht. Damit ist auch die Abstechmaschine eine wichtige Hilfsmaschine der Dreherei geworden. Sie ist eine Art Drehbank, auf der das Rundeisen gegen einen Anschlag vorgeschoben und mit dem Plangang des Werkzeugschlittens im Sinne der Abb. 206 abgestochen wird.

Die so vorbereiteten Werkstücke sollen dem Dreher jederzeit handbereit liegen. Hierzu sind Regale oder Ständer aufzustellen, die auf einer Seite die vorbereiteten Werkstücke und auf der anderen die fertigen aufnehmen. Die Hilfsarbeiter bringen die fertigen Werkstücke von hier zur Kontrolle und ergänzen den Bestand der vorbereiteten Stücke. Auf diese Weise kann der Dreher seine Maschine voll ausnutzen.

b) Die Einspannvorrichtungen.

Die Einspannvorrichtungen sollen der Eigenart des Arbeitsvorganges angepaßt sein, genau zentrisch und sicher spannen und leicht zu handhaben sein.

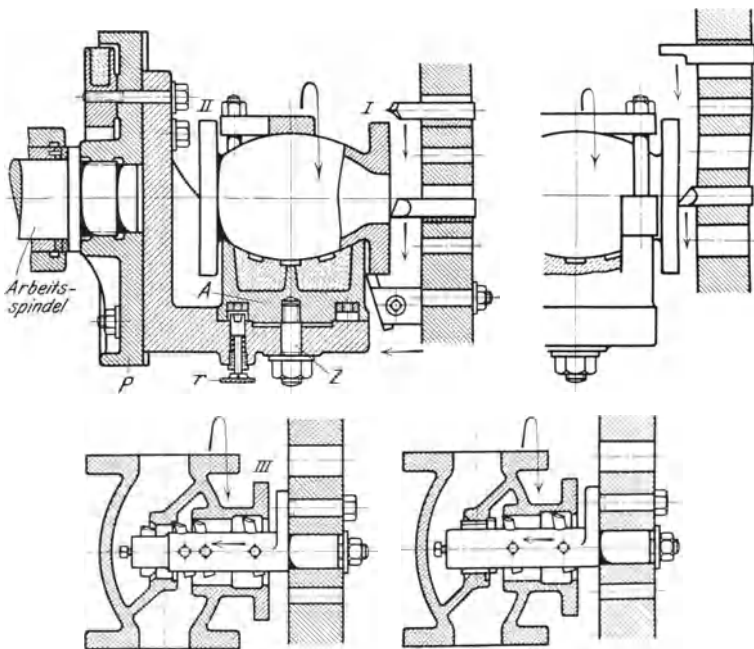


Abb. 188. Einspannvorrichtung für Ventile.

Die Einspannvorrichtungen für das Werkstück sind Planscheiben und Spannfutter, die es zwischen den Spannbacken tragen.

Sind an einem Werkstück mehrere Arbeitsflächen zu drehen, so muß es in der Planscheibe umgespannt werden. Dies erfordert häufig besondere Spannbügel u. dgl., die mit viel Zeitaufwand in die Planscheibe einzuziehen sind. Handelt es sich gar um die Bearbeitung von Massenteilen, so verlangt die Wirtschaftlichkeit des Betriebes besonders ausgebaute Spannvorrichtungen.

In Abb. 188 ist die Planscheibe *P* für das Abdrehen und Ausbohren eines Ventilkörpers ausgebaut. Damit ohne langwieriges Umspannen die 3 Flanschen gedreht und der Ventilhals und Sitz ausgebohrt werden können, trägt die Planscheibe *P* einen Winkel mit der bauchförmig ausgearbeiteten Drehscheibe *A*. Mit dem oberen Spannbügel wird das Ventilgehäuse auf *A* festgespannt. Zuerst wird der Flansch *I* außen vorgedreht, hierauf mit 2 Stählen plangeschruppt und dann ganz geschlichtet. Für den Gegenflanschen *II* ist nur der Riegel *r* zurückzuziehen und die Drehscheibe *A* um den Zapfen *Z* um 180° zu drehen. Für das Abdrehen des Flanschen *III* und das Ausbohren des Sitzes ist *A* um 90° zu drehen. Mit einer derartigen Spannvorrichtung lassen sich daher große Zeitersparnisse erzielen.

Welchen Einfluß die Eigenart des Werkstückes auf die Spannvorrichtung hat, zeigt die Bearbeitung der Lagerschalen (Abb. 189). Gestattet der Rohstoff ein Zusammenlöten und nachträgliches Abschmelzen der Schalen, so sind sie an den Teilflächen *b* zu fräsen, dabei ist das Maß *a* einigermäßen einzuhalten (Abb. 189).

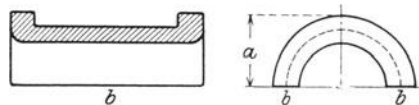


Abb. 189. Lagerschale.

Die Bearbeitung des rohrförmigen Hohlkörpers erfolgt in einem Zweibackenfutter (Abb. 190), dabei dient die Innenseite des Bundes

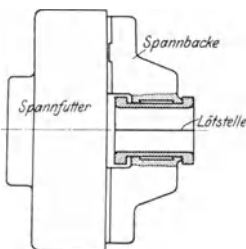


Abb. 190.

Bearbeiten einer gelöteten Lagerschale.

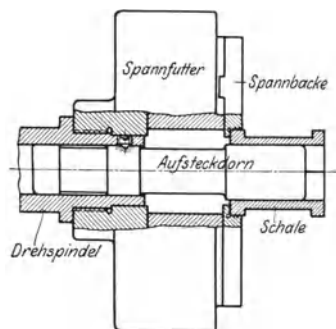


Abb. 191.

als Anschlag. Das Ausbohren geschieht mit der Bohrstange, das Ausenken und Fertigreiben mit einer gerade verzahnten Reibahle, die nachstellbar sein kann. Die hintere Stirfläche und Rundung wird

mit einem Hakenstahl bearbeitet, die vordere Rundung und der Bund werden von außen fertig gedreht. Für die Außenbearbeitung wird die Schale auf den Dorn d gesteckt und durch die Spannbacken zentrisch gespannt. (Abb. 191.) Lassen sich die Schalen nicht löten, so ist darauf zu achten, daß sie beim Einspannen gleichachsrig mit der Drehspindel

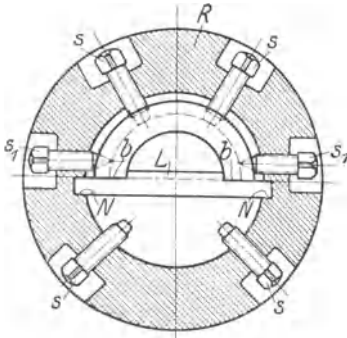


Abb. 192. Ausrichten der Schale.

liegen. Das Ausrichten der Schalen geschieht am besten mit einem Lineal L , auf das die gefrästen Flächen b zu liegen kommen (Abb. 192). Mit den Schrauben s wird die Schale leicht gegen das Lineal L gedrückt und hierauf mit den Spitzschrauben s_1 festgespannt. Das Lineal L zieht man jetzt aus den Führungsnuten N des Ringes R heraus, richtet die zweite Schale nach der ersten aus und spannt sie fest. Der Ring R wird mit den Schalen in ein Klemmfutter

(Abb. 193) gebracht und mit der Klemmschraube festgespannt. Die Schalen werden gebohrt, aufgerieben und der vordere Bund bearbeitet. Zum Bearbeiten des hinteren Bundes wird der Ring im Klemmfutter umgespannt. Für das

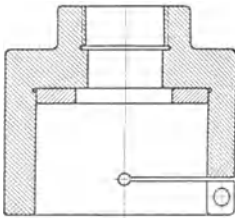


Abb. 193. Klemmfutter.

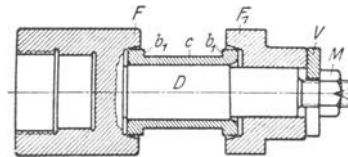


Abb. 194. Aufspanndorn.

Drehen der inneren Bundflächen b_1 und der mittleren Außenfläche c (Abb. 194) werden die Schalen auf den Dorn D gesteckt und zwischen den Kegelkappen F und F_1 durch Anziehen der Mutter M festgespannt. Die Vorsteckscheibe V gestattet ein schnelles Auf- und Abspannen, ohne jedesmal die Mutter M ganz abschrauben zu müssen.

Gußeiserner Schalen für Triebwerkslager müssen ebenfalls nach einem Lineal L ausgerichtet und festgespannt werden (Abb. 195). Das Spanngewölbe A ist mit dem Drehteil D verschraubt, das sich in dem Spannwinkel W schwenken, mit dem Riegel R einstellen und den beiden Schrauben S festspannen läßt.

Bei dem Abdrehen kleinerer Massenteile sind die elektromagnetischen Planscheiben sehr handlich (Abb. 196). Durch Einschalten eines Schleifkontaktes spannen sie die Teile ohne weiteres fest.

Die Einspannvorrichtungen für die Werkzeuge verfolgen ähnliche Grundsätze. Die Drehstähle sollen rasch in ihre sichere Arbeitslage gebracht und ausgewechselt werden können. Auch hier hat der Schnellstahl bemerkenswerte Neuerungen gezeitigt. Um die langen Schnellstähle zu sparen, sind nach Abb. 197 Stahlhalter für kurze Arbeitsstähle geschaffen worden. Löst man die Schraube, so läßt sich der Stahl schnell auswechseln. Stahlhalter werden sowohl für gerade Stähle, als auch für Rechts- und Linksstähle gebaut. Die heutige Knappheit des Schnellstahles zwingt dazu, die Schnellstahlschneiden auf Drehstählen aufzuschweißen und das Schruppen unter einem kräftigen Wasserstrahl vorzunehmen, um die Leistung und Lebensdauer des Stahles zu erhöhen. Bei Massenarbeiten spielen auch die Mehrfachstahlhalter eine Rolle. Sie greifen nach Abb. 206 das Werkstück mit mehreren Stählen an.

Die Entwicklung ist hier mit dem Revolverstahlhalter (Abb. 198) noch einen Schritt weiter gegangen. Er hält wie der Revolverkopf Arbeitsstähle zum Schruppen, Schlichten, Formdrehen und Bohren bereit. Mit dem Griff *g* wird der Kopf hochgeschraubt, hierauf geschwenkt und wieder festgezogen. Der Bolzen *r* verriegelt ihn.

Ein geordneter Betrieb verlangt auch für die Spannvorrichtungen und Werkzeuge Regale oder fahrbare Tische, die dem Dreher stets zur Hand stehen sollen.

Die Drehstähle sind in ihrer Form möglichst einfach und gleich zu halten. Das Schärfen soll nach Lehren und Winkeln erfolgen und

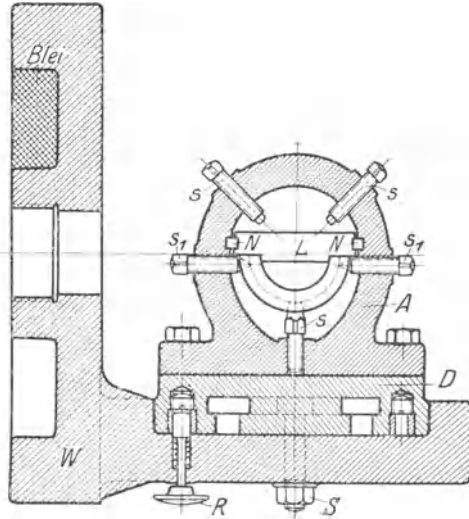


Abb. 195. Spannkasten für Gußschalen.

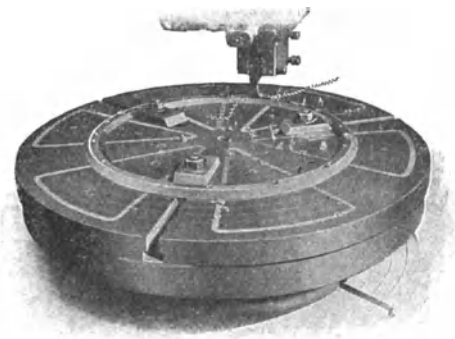


Abb. 196. Elektromagnetische Planscheibe.

keine großen Arbeitspausen der Maschinen verursachen. Werkzeugschleifmaschinen sind daher in ausreichender Zahl aufzustellen und zwar

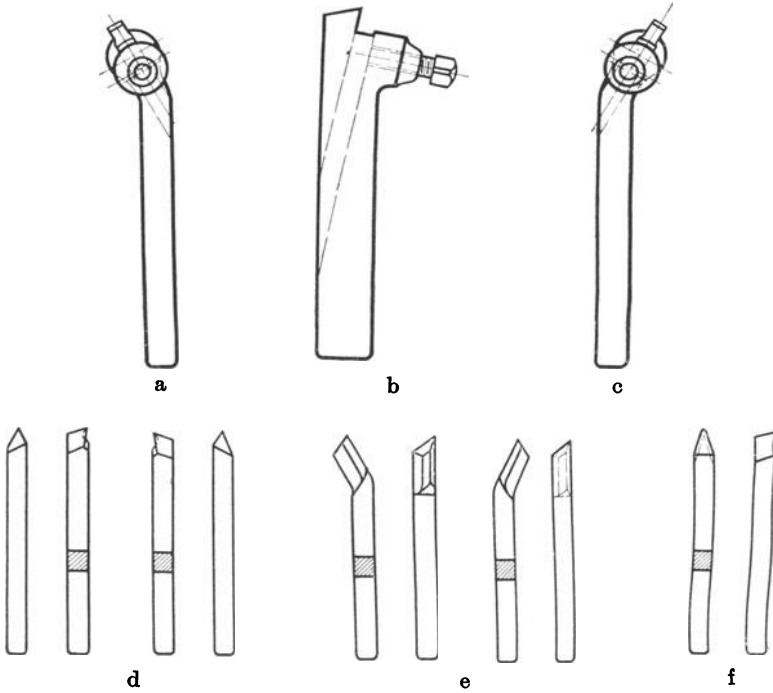


Abb. 197. Stahlhalter und Drehstähle.

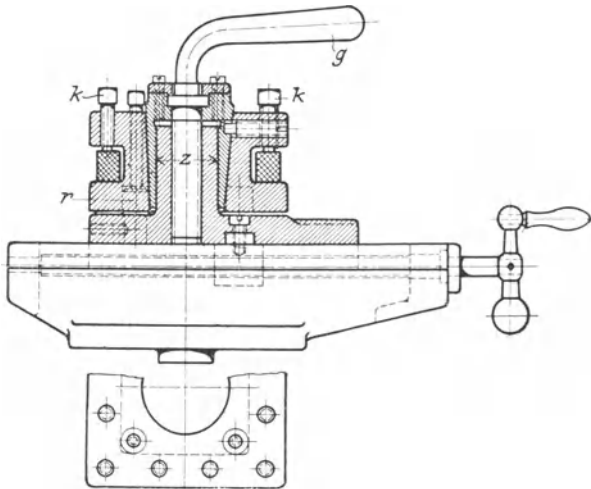


Abb. 198. Revolver-Stahlhalter.

jede ihrer Maschinengruppe zugeteilt. Die beste Lösung ist bei genügend großen Betrieben eine besondere Werkzeugschleiferei, so daß der Dreher einen scharfen Stahl stets in Reserve hat.

Für die Leistung der Dreherei von größter Bedeutung ist die Ausnutzung der Schnittgeschwindigkeit und Spanquerschnitte. Hier bieten die Drehbänke mit Räderkasten durch ihren raschen Geschwindigkeits- und Vorschubwechsel besondere Vorzüge. Ein Betriebsleiter, der auf wirtschaftliches Arbeiten Wert legt, wird gut tun, jedem Dreher eine Leistungstafel seiner Maschine in die Hand zu geben, aus der er für die Werkstücke die Umläufe und die zulässigen Spanquerschnitte (S. 13 u. 175) entnehmen kann. Er bietet damit dem Arbeiter die Möglichkeit, die Maschine auszunutzen und auch vor Überlastungen zu schützen. Beim Gang durch die Werkstätten kann er mit einem Geschwindigkeitsmesser schnell prüfen, ob die Vorschriften befolgt werden. Auf diese Weise lassen sich die Arbeitskräfte zur Wirtschaftlichkeit erziehen.

Auf Seite 12 ist an einem Beispiel gezeigt worden, mit welchen Verlusten gearbeitet wird, wenn die Drehbank mit zu kleiner Schnittgeschwindigkeit arbeitet.

Bei voller Schnittgeschwindigkeit ($n = 96$) erforderten die 30 Wellen 188 Minuten reine Drehzeit. Rechnet man je 6 Minuten für das Ein- und Abspannen = 180 Minuten, so würden die 30 Wellen etwa 6 Stunden Arbeitszeit erfordern. In 300 Arbeitstagen mit je 10 Arbeitsstunden würden etwa 15000 Wellen bearbeitet. Bei $n = 70$ verlangen die 30 Wellen 257 Minuten reine Drehzeit und $257 + 180 = 437$ Minuten $\approx 7\frac{1}{4}$ Stunden Arbeitszeit. In 300 Arbeitstagen könnte die Bank etwa 12 400 Wellen bearbeiten. Die jährliche Minderleistung wäre daher 2600 Wellen. Dabei würde jede Welle bei voller Ausnutzung der Schnittgeschwindigkeit 24 Pf. und im zweiten Falle 29 Pf. Löhne verursachen und bei 200% Geschäftsunkosten 72 Pf. oder 87 Pf. kosten.

c) Richtlinien für die Einrichtung von Werkstätten.

Sehr wesentlich für die Massenherstellung ist eine weitestgehende Arbeitsunterteilung, d. h. Auflösen der Arbeit in die einzelnen Arbeitsvorgänge (Abb. 199). Jede Drehbank soll dabei nur einen Arbeitsvorgang erledigen, so daß man mit angelernten Arbeitskräften auskommt. Eine oder mehrere Arbeitergruppen sind dabei einem Gruppenführer — Facharbeiter — zu unterstellen, der die Arbeit überwacht und die Werkzeuge einstellt. Mehrere Gruppen unterstehen einem Meister. Die Abnahmebediensteten müssen einem Abnahmemeister unterstehen, damit eine unabhängige Prüfung gewährleistet ist. Das Aufstellen der Maschinen für die Massenherstellung muß nach der Unterteilung der Arbeit erfolgen, damit ein glatter Durchgang der Werkstücke stattfindet und keine Rückbeförderung nötig wird. Die

Abnahme verlangt Zwischenlager und Zwischenabnahmen, damit Fehler gleich an ihrer Quelle festgestellt werden. Nach dem Durchgang des

Stückes soll die Werkstattabnahme erfolgen. Auf diese Weise wird gewährleistet, daß keine Fehlstücke die ganze Bearbeitung durchwandern. Die Beförderung der Arbeitsstücke von Maschine zu Maschine soll durch einfache Hilfsmittelerfolgen, wie Rutschen, Bänder, Rollgänge, Hängezangen, Wagen, Karren, Krane usw. Tragen und Heben muß vermieden werden, da es den Arbeiter ermüdet. Bei kurzen Arbeiten sind an den Maschinen Aufgebe- und Ablegevorrichtungen vorzusehen, durch welche die Arbeitsstücke zu- und abrollen.

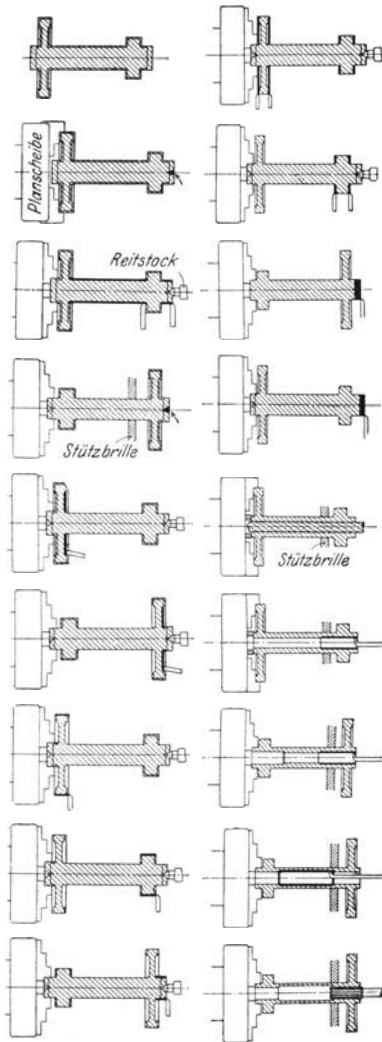


Abb. 199. Bearbeiten eines Räder-vorgeleges.

Bei der Einzelfertigung ist die Arbeitsteilung meist durch die Spannfähigkeit des Stückes und die Natur der Arbeitsfläche gegeben. Bei schwer zu spannenden Stücken sind die Dreh- und Bohrarbeiten möglichst unter derselben Maschine zu erledigen, weil nicht nur Zeit gewonnen, sondern auch eine größere Genauigkeit erreicht wird. Das gleichzeitige Arbeiten mehrerer Werkzeuge ist anzustreben (Abb. 221) und Mehrfachstahlhalter zu verwenden. Bei leicht zu spannenden Stücken ist auch hier eine Arbeitsteilung in Schruppen und Schlichten vorzunehmen, Schruppen auf der Drehbank und Schlichten auf der Schleifmaschine. Die Arbeiten sind meist

so verschiedenartig, daß sie Facharbeiter erfordern, nur leichte Einzelarbeiten können von Hilfsfacharbeitern erledigt werden.

Bei dem Aufstellen der Maschinen ist zu beachten, daß schwere Maschinen vorn und im Kranfelde stehen, damit der Kran nicht zu große Wege hat. Leichtere Maschinen werden gruppenweise

nach ihrer Arbeitsart aufgestellt, z. B. Hobelei, Fräserei, Dreherei, Schleiferei.

d) Sonderdreharbeiten.

1. Das Gewindeschneiden.

a) Das Gewindeschneiden auf der Drehbank.

Das Gewindeschneiden auf der Drehbank (Abb. 200) verlangt, daß bei jedem Umlauf des Bolzens der Gewindestahl um die Steigung s des zu schneidenden Gewindes vorgeschoben wird. Dies besorgt die Leitspindel L , die hierzu bei s_l mm Steigung n_l Umläufe macht.

Der Vorschub ist daher $s_l \cdot n_l = s$. Hieraus folgt $\frac{n_l}{1} = \frac{s}{s_l}$.

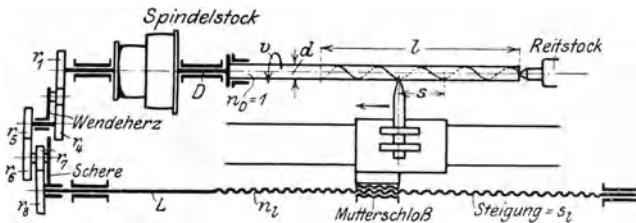


Abb. 200. Gewindeschneiden.

1. Berechnung der Wechselräder:

Nach Abb. 200 ist, sobald am Wendeherz $r_1 = r_4$ ist (Abb. 44):

$$\frac{r_5 \cdot r_7}{r_6 \cdot r_8} = \frac{n_l}{1} = \frac{s}{s_l}, \text{ d. h.}$$

$$\frac{\text{treibende Räder}}{\text{getriebene Räder}} = \frac{\text{Gewindesteigung}}{\text{Leitspindelsteigung}}$$

Da sich die Gewindesteigungen umgekehrt wie die Gangzahlen auf 1" verhalten, so ist: $\frac{r_5 \cdot r_7}{r_6 \cdot r_8} = \frac{g_l}{g}$, d. h.

$$\frac{\text{treibende Räder}}{\text{getriebene Räder}} = \frac{\text{Leitspindel-Gangzahl}}{\text{Gewinde-Gangzahl}} = \frac{g_l}{g}$$

Aufgabe 1. Es ist Gewinde von 15 mm Steigung zu schneiden, die Leitspindel hat 12 mm Steigung:

a) bei 4 Wechselrädern (Abb. 44): $\frac{r_5 \cdot r_7}{r_6 \cdot r_8} = \frac{s}{s_l} = \frac{15}{12} = \frac{3}{2} \cdot \frac{5}{6} = \frac{30}{20} \cdot \frac{35}{42}$

treibende Räder $r_5 = 30$, $r_7 = 35$ Zähne,
getriebene „ $r_6 = 20$, $r_8 = 42$ „

b) bei 3 Wechselrädern: $\frac{r_5}{r_8} = \frac{15}{12} = \frac{30}{24}$

treibendes Rad $r_5 = 30$ Zähne,
getriebenes „ $r_8 = 24$ „
Zwischenrad an der Schere beliebig.

Aufgabe 2. Das Gewinde hat $\frac{3}{8}$ " Steigung und die Leitspindel 12 mm:

1. Mit 127er Rad.

$$\text{bei 4 Wechselrädern: } \frac{r_5}{r_6} \cdot \frac{r_7}{r_8} = \frac{3 \cdot 25,4}{8 \cdot 12} = \frac{21}{56} \cdot \frac{127}{60},$$

treibende Räder $r_5 = 21$, $r_7 = 127$ Zähne,
getriebene „ $r_6 = 56$, $r_8 = 60$ „

2. Ohne 127er Rad.

$$\frac{r_5}{r_6} \cdot \frac{r_7}{r_8} = \frac{3 \cdot 25,4}{8 \cdot 12} = \frac{3 \cdot 25,4 \cdot 6,5}{8 \cdot 12 \cdot 6,5} \simeq \frac{3 \cdot 11 \cdot 15}{52 \cdot 12} = \frac{33}{52} \cdot \frac{75}{60}$$

$$r_5 = 33 \text{ z, } r_7 = 75 \text{ z}$$

$$r_6 = 52 \text{ z, } r_8 = 60 \text{ z}$$

Aufgabe 3. Das Gewinde hat 8 Gänge auf 1", die Leitspindel 12 mm Steigung:

1. Mit 127er Rad.

$$s = \frac{25,4}{8} \text{ mm,}$$

$$\frac{r_5}{r_6} \cdot \frac{r_7}{r_8} = \frac{25,4}{8 \cdot 12} = \frac{127}{4 \cdot 120} = \frac{127}{120} \cdot \frac{15}{60}$$

treibende Räder $r_5 = 15$, $r_7 = 127$ Zähne,
getriebene „ $r_6 = 60$, $r_8 = 120$ „

2. Ohne 127er Rad.

$$\frac{r_5}{r_6} \cdot \frac{r_7}{r_8} = \frac{25,4}{8 \cdot 12} = \frac{11 \cdot 15}{8 \cdot 6,5 \cdot 12} = \frac{11 \cdot 15}{26 \cdot 24} = \frac{22}{52} \cdot \frac{45}{72}$$

$$r_5 = 22 \text{ z, } r_7 = 45 \text{ z}$$

$$r_6 = 52 \text{ z, } r_8 = 72 \text{ z}$$

Aufgabe 4. Das Gewinde hat 6 Gänge und die Leitspindel 2 Gänge.

$$\frac{r_5}{r_6} \cdot \frac{r_7}{r_8} = \frac{g_l}{g} = \frac{2}{6} = \frac{30}{90} = \frac{25}{45} \cdot \frac{36}{60}$$

treibende Räder $r_5 = 25$, $r_7 = 36$ Zähne,
getriebene „ $r_6 = 45$, $r_8 = 60$.

Aufgabe 5. Das Gewinde hat $\frac{1}{5}$ " Steigung und die Leitspindel 2 Gänge auf 1" = $\frac{1}{2}$ " Steigung.

$$\frac{r_5}{r_6} \cdot \frac{r_7}{r_8} = \frac{1 \cdot 2}{5 \cdot 1} = \frac{2}{5} = \frac{30}{75} = \frac{6}{5} \cdot \frac{5}{15} = \frac{24}{20} \cdot \frac{15}{45}$$

treibende Räder 24 und 15 Zähne,
getriebene „ 20 „ 45 „

Aufgabe 6. Das Gewinde hat $\frac{1}{12}$ " und die Leitspindel $\frac{1}{2}$ " Steigung

$$\frac{r_5}{r_6} \cdot \frac{r_7}{r_8} = \frac{1}{12} \cdot \frac{2}{1} = \frac{2}{12} = \frac{2}{3} \cdot \frac{1}{4} = \frac{30}{45} \cdot \frac{12}{48}$$

treibende Räder 30 und 12 Zähne,
getriebene „ 45 „ 48 „

2. Berechnung der Zeit für das Gewindeschneiden

$$t_a = \frac{l}{s} \cdot \frac{\pi \cdot d}{v} \cdot \frac{t}{0,1} \cdot 1,5$$

hierin l = Gewindelänge, s = Steigung, t = Gewindetiefe, $0,1$ = Spantiefe, Rücklaufgeschwindigkeit = $2 \cdot v$.

Aufgabe. $d = 74$ mm, $d_1 = 65$ mm, 2 Gänge auf 1", Gewindelänge = 100 mm, $v = 130$ m/Sek.

$$t_a = \frac{100}{12,7} \cdot \frac{\pi \cdot 74}{130} \cdot \frac{4,5}{0,1} \cdot 1,5 = 16 \text{ Min.}$$

Beim Gewindeschneiden auf der Drehbank erfordert das jedesmalige Einrücken des Stahles besondere Vorsicht, damit er in die richtige Schnittstellung kommt. Hierfür gelten folgende Regeln:

1. Sind beide Gangzahlen gerade oder ungerade, so ist bei jedem Schnitt die Anfangsstellung des Werkzeugschlittens wieder genau einzunehmen. Sie kann durch Kreidestriche am Bett oder durch den Reitstock festgelegt werden.

2. Ist die Gangzahl der Leitspindel gerade, die des Gewindes ungerade, so müssen auch die Anfangsstellungen der Leitspindel und der Arbeitsspindel eingehalten werden. Auch sie können durch Kreidestriche angezeichnet werden.

3. Ist mehrgängiges Gewinde zu schneiden, so muß die Zähnezahl des Rades auf der Arbeitsspindel durch die Gangzahl teilbar sein.

3. Mittel für die Vereinfachung des Gewindeschneidens.

a) Der Gewindeanzeiger (Abb. 201) wird an die Schloßplatte geschraubt. Er besteht aus einem Schneckenrad, das an der Leitspindel entlangläuft und daher ihre Steigung haben muß. Zeigt der Zeiger beim Zurückkurbeln des Werkzeugschlittens auf die Gangzahl, so kann der Stahl eingerückt werden.

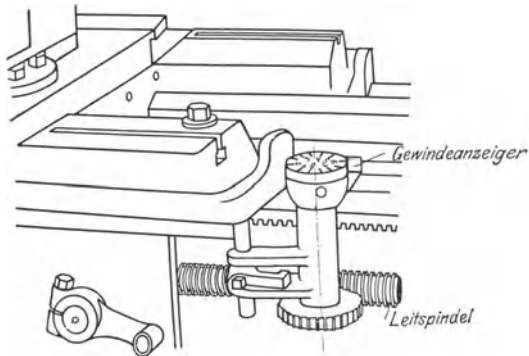


Abb. 201. Gewindeuhr.

b) Das Deckenvorgelege mit schnellem Rücklauf (Abb. 15) führt mit dem gekreuzten Riemen den Werkzeugschlitten schnell in die Anfangsstellung zurück und stellt zugleich Arbeits- und Leitspindel richtig ein.

c) Das Mutterschloß mit Stahlrückzug. Am Ende eines jeden Schnittes muß der Dreher mit der einen Hand das Mutterschloß öffnen und mit der anderen den Stahl zurückziehen. Bei dem Wohlenberg'schen Mutterschloß (Abb. 202) wird beim Öffnen der Mutter zugleich der

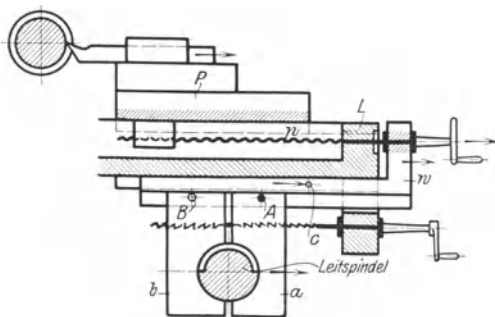


Abb. 202. Mutterschloß mit Stahlrückzug.

Stahl aus dem Gewinde zurückgezogen. Bei Bolzengewinde ist hierzu ein Stift in das Loch *A* zu stecken. Dadurch zieht beim Öffnen der Mutter der nach rechts gehende Mutterbacken *a* mit dem Winkel *w* den Stahl zurück und setzt ihn beim Schließen der Mutter wieder an. Beim Schneiden von Muttergewinde ist der Stift in das Loch *B* zu stecken, so daß der Backen *b* den Stahl nach innen zurückzieht. Bei gewöhnlichen Dreharbeiten muß der Stift in *C* stecken. Dadurch ist der Winkel *w* mit dem Planschlitten *P* gekuppelt. Die Mutter kann jetzt, ohne den Stahl zu beeinflussen, geöffnet und geschlossen werden.

d) Die Wechselrädlerkästen. Das Ein- und Auswechseln der Wechselräder erfordert bei der Schere viel Zeit und ist Fehlern unterworfen. Große Zeitersparnisse und große Sicherheit gewähren die Wechselrädlerkästen, bei denen die Gewindesteigungen mit einem Ziehkeil oder Nortonhebel nach einer Vorschubtafel eingestellt werden (Abb. 45 und 47).

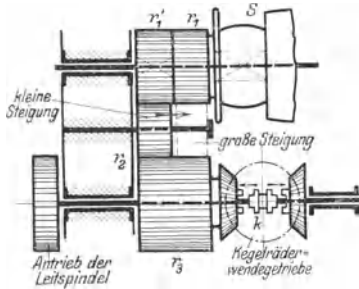


Abb. 203. Wendeherz für steiles und normales Gewinde.

e) Die Vorrichtung zum Schneiden steiler Gewinde. Bei steilem Gewinde muß der Stahl bei jeder Umdrehung des Bolzens um die große Steigung verschoben werden. Läßt sich dieser große Vorschub nicht durch die Wechselräder allein erreichen, so ist der Vorschub von der raschlaufenden Stufenscheibe abzuleiten. Hierzu hat man in Abb. 203

r_2 auf r_1 einzustellen und die Rädervorgelege einzuschwenken. Ist die Übersetzung der Rädervorgelege 1:10, so wird der Vorschub, sobald er von r_1 entnommen wird, für das steile Gewinde verzehnfacht.

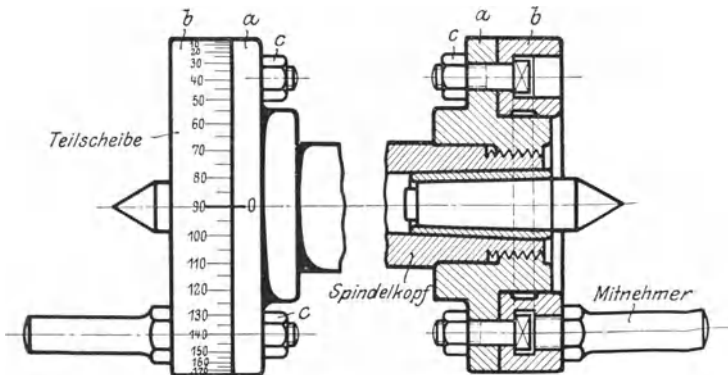


Abb. 204. Mitnehmer mit Teilvorrichtung.

f) Mitnehmerscheibe für mehrgängiges Gewinde (Abb. 204). Auf die Mitnehmerscheibe *a* ist der Ring *b* drehbar aufgesteckt und durch

Schrauben *c* festzuklemmen. Er ist an seinem äußeren Umfange mit einer Gradteilung versehen. Ist z. B. 3 gängiges Gewinde zu schneiden, so ist daher für jeden Gewindegang der Ring *b* um 120° auf *a* zu drehen.

β) Das Gewindeschneiden auf Sondermaschinen.

a) Die Gewindedrehbank macht alle für das Gewindeschneiden erforderlichen Bewegungen und Einstellungen selbsttätig bis zum letzten Schnitt. Auf den Arbeitsgang folgt, nachdem der Stahl selbsttätig zurückgezogen ist, durch Umsteuern ein schneller Rücklauf des Drehschlittens und zwar ohne Öffnen des Mutterschlosses. In der Anfangsstellung wird die Maschine zum neuen Schnitt umgesteuert und der Stahl selbsttätig zugestellt. Ist das Gewinde fertig, so setzt sich die Maschine selbst still.

b) Die Schraubenschneidmaschine (Abb. 142) ist entweder für Bolzengewinde oder für Muttergewinde eingerichtet. Die Maschine für Bolzengewinde hat als Werk-

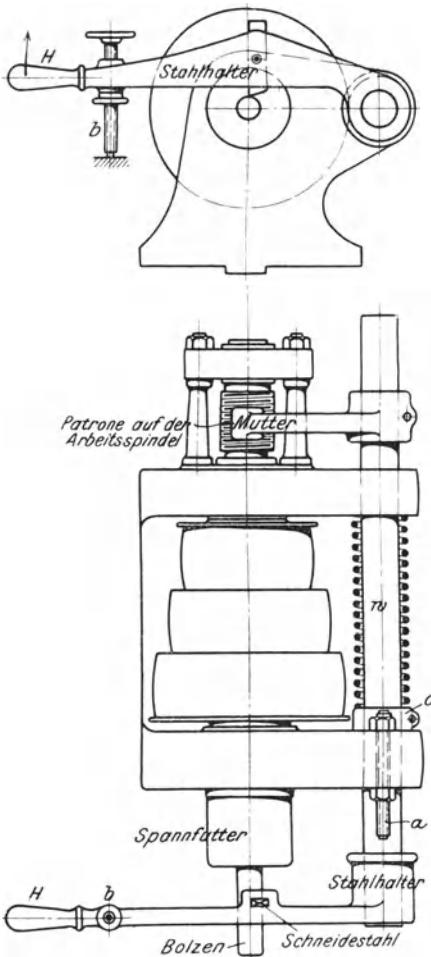


Abb. 205. Patronen-Werkzeugschlitten.

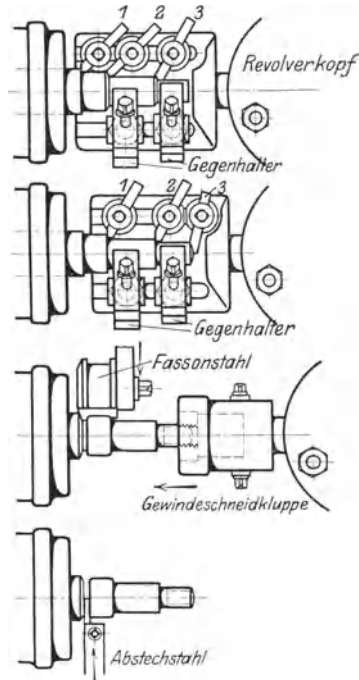


Abb. 206. Herstellung einer Schraube auf Automaten.

zeug eine Schneidkluppe, die für Muttergewinde einen Gewindebohrer. Sie liefern mit einem Schnitt fertiges Gewinde und sind daher sehr leistungsfähige Maschinen.

c) Die Revolverbank schneidet kurze, dünne Gewinde mit der Kluppe, die am Revolverkopf sitzt (Abb. 206). Kurze, dicke Gewinde schneidet sie mit dem Patronenschlitten (Abb. 205). Auf dem Schwanzende der Hauptspindel sitzt hier eine Patrone von der Steigung des zu schneidenden Gewindes. Läuft die Bank, so schiebt sie den Stahlhalter *w* vor. Es hat also der Bolzen im Spannfutter die Hauptbewegung und der Gewindestahl den Vorschub. Die Gewindetiefe wird mit der Stellschraube *b* und die Länge mit *a* eingestellt. Der Rückzug des Schlittens wird durch die Spiralfeder auf *w* bewirkt. Beim Drehen nach dem Spindelstock drückt nämlich der Ring *c* die Feder zusammen, so daß sie den Schlitten rasch vorschiebt, sobald man mit *H* den Stahlhalter aushebt.

d) Das Gewindeschneiden auf Automaten. Die Werkzeuge sitzen hierbei im Revolverkopf, der durch die Steuertrommel *I* mit ihren Steuerknaggen bedient wird (Abb. 83). Die Rohstange steckt in der hohlen Spindel und wird durch ein Spannfutter mitgenommen. Der Arbeitsvorgang ist folgender: Die Trommel *III* löst mit *c* die Rohstange, schiebt sie auf passende Länge vor und spannt sie wieder fest. Unterdes setzt die Trommel *I* ein. Sie schiebt nach Abb. 206 den Revolverkopf mit 3 Stählen zum Schruppen und dann zum Schichten vor. Damit ist der Bolzen aus der Rohstange herausgeschält. Zum Gewindeschneiden schaltet *IV* auf *a* um, und die Trommel *I* schiebt den Revolverkopf mit der Kluppe vor. Gleichzeitig setzt ein Daumen *IIa* den Querschlitten *F* zum Ausfasen des Kopfes an. Nachdem *IV* auf *b* umgeschaltet hat, wird die fertige Formschraube durch den Abstech Schlitten *A* abgestochen, der durch Daumen *IIb* vorgeschoben wird.

Die Drehbank verlangt für das Gewindeschneiden die volle Geschicklichkeit eines gelernten Drehers. Die Revolverbank kann von einem angelegerten Arbeiter bedient werden. Beide Maschinen verlangen jedoch eine ständige Arbeitskraft, so daß die vollen Arbeitslöhne auf jede

Maschine zu verrechnen sind. Der Automat arbeitet selbsttätig, so daß mehrere von einer Person bedient und beaufsichtigt werden können. Es kommt daher nur ein Bruchteil der Löhne auf eine Maschine.

e) Das Gewindefräsen. Lange Gewindespindeln werden mit einem Scheibenfräser auf der Gewindefräsmaschine (Abb. 116) geschnitten.

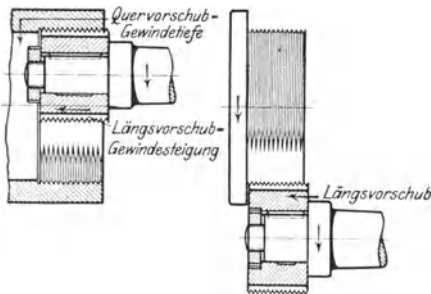


Abb. 207. Fräsen von Innen- und Außen-gewinde.

Kurze Gewinde können mit einem Rillenfräser nach Abb. 207 geschnitten werden. Das Werkstück kreist hierbei an dem schnelllaufenden Fräser, der bei einer Umdrehung des Werkstückes um die Steigung des Gewindes vorgeschoben wird. Der Rillenfräser schneidet dabei als runder Gewindestrehler die Gewindegänge auf.

f) Das Gewinderollen kann man sich in der Weise erklären, daß die Mutter aufgeschnitten und abgewickelt wird. Dadurch entsteht ein langgestreckter Gewindebacken mit schrägen Rillen unter dem Steigungswinkel. (Abb. 208.) Beim Walzen wird der Bolzen zwischen

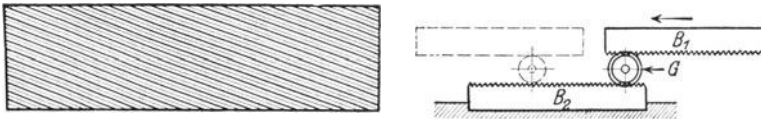


Abb. 208. Gewinderollen.

zwei derartige gehärtete Gewindebacken gesteckt, von denen B_2 feststeht, während der Backen B_1 durch die Maschine hin- und herbewegt wird und den Bolzen unter Druck über die Rillen rollt. Hierbei drücken sich die Rippen in den Bolzen ein, der am besten aus weichem, gebeiztem Stahl besteht. Da beim Gewinde der Gewindegrund der Spitze gegenüberstehen muß, so muß die Maschine den Bolzen im richtigen Augenblick einsetzen. Der Spitzendurchmesser des gewalzten Gewindes ist durch das Hochwalzen des Stoffes größer als der des Bolzens. Infolgedessen ist der Bolzendurchmesser = dem mittleren Gewindedurchmesser zu nehmen.

Aufgabe. Es soll $\frac{1}{2}''$ Withworth-Gewinde gewalzt werden.

1. Bolzen-Durchmesser $d_m = \frac{d + d_1}{2} = \frac{12,7 + 9,99}{2} = 11,34 \text{ mm};$

2. Gewindegewinkel für das Hobeln oder Fräsen der Gewindebacken $\text{tg } \alpha = \frac{s}{\pi d_m}$, $s = \frac{1}{12}'' = \frac{25,4}{12} \text{ mm}$, $\text{tg } \alpha = \frac{25,4}{12 \cdot 11,34 \cdot \pi} = 0,059$, $\alpha = 3^\circ 25'$.

2. Das Kegeldrehen.

a) Das Kegeldrehen zwischen versetzten Spitzen. Beim Kegeldrehen muß der Stahl parallel zum Kegelmantel vorgeschoben werden. Dies verlangt, daß die Reitstockspitze um $e = \frac{d_1 - d_2}{2} \frac{L}{l}$

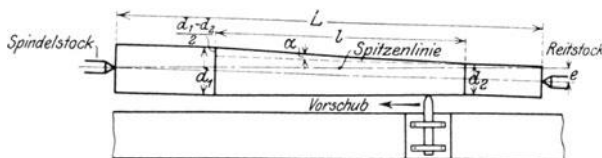


Abb. 209. Kegeldrehen mit versetztem Reitstock.

= Steigung \times Werkstücklänge vor oder zurück verschoben wird, damit die Mantellinie parallel zur Bank zu liegen kommt (Abb. 209). Dieses Verfahren läßt sich nur bei langen, schlanken Kegeln anwenden.

b) Das Kegeldrehen nach dem Leitlineal ist nichts anderes als ein Formdrehen nach einer Lehre, bei dem der Längsvorschub durch den Längszug und der Planvorschub durch das Leitlineal hervorgebracht wird. Das Leitlineal ist dabei auf den Kegelwinkel α einzustellen, der sich aus $\operatorname{tg} \alpha = \frac{d_1 - d_2}{2l}$ bestimmen läßt (Abb. 72).

c) Das Kegeldrehen mit dem Kegeldrehschlitten nach der Bauart des Hobelschlittens (Abb. 148). Mit der Drehscheibe D muß der Senkrechtschlitten S als Planschlitten unter α schräg gestellt und durch einen ähnlichen Planzug von einer Zugspindel gesteuert werden. Zwischen dem Längs- und Planschlitten in Abb. 66 müßte daher eine Drehscheibe sitzen.

d) Das Kegeldrehen mit der Hand verlangt, daß die Drehscheibe auf den Kegelwinkel α eingestellt und der Aufspannschlitten A mit der Kurbel schräg zur Bank geschaltet wird. (Abb. 65). Die beiden letzten Verfahren sind nur bei kurzen Kegeln gebräuchlich.

3. Das Formdrehen.

Das Formdrehen kann erfolgen:

a) mit einem Formmesser (Abb. 210) oder Rundstahl (Abb. 211).

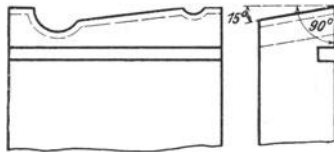


Abb. 210. Formmesser.

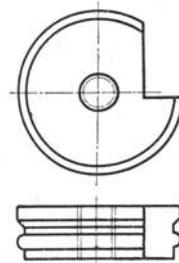


Abb. 211. Rundstahl.

Das Verfahren erfordert weniger Geschicklichkeit und Zeit, ist aber wegen des teuren Werkzeuges nur bei Massendarbeiten wirtschaftlich;

b) nach einer Lehre. Das Formdrehen nach einer Lehre (Abb. 72) erfordert mehr Zeit und Geschicklichkeit und ist daher nur bei Einzelarbeiten anzuwenden oder wenn sich passende Formmesser nicht anwenden lassen.

4. Das Ovaldrehen.

Das Ovaldrehen ist ebenfalls ein Formdrehen. Bei dem Ovalwerk zum Abdrehen von Mannlochdeckeln (Abb. 212) wird daher der Planschlitten durch die kreisende Lehre S gesteuert. Hierzu wird die Welle I durch die Räder R von der Hauptspindel angetrieben. Das Gewicht zieht den Planschlitten mit der Leitrolle r gegen die Lehre S . Durch diese Zwangsläufigkeit wird die Gestalt der Lehre am Werkstück nachgebildet.

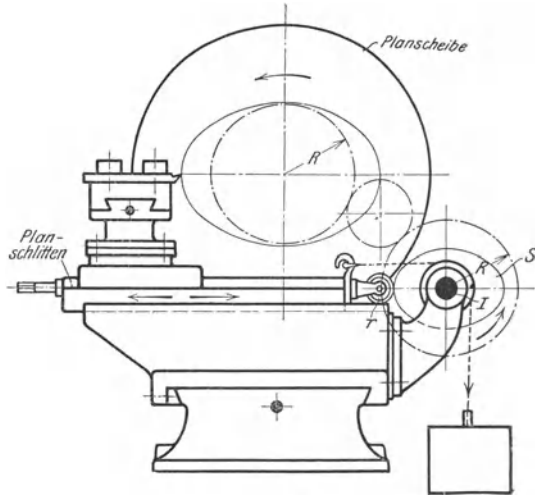


Abb. 212. Ovaldrehwerk.

5. Das Hinterdrehen.

Das Hinterdrehen der Fräser erfordert, wie aus Abb. 74 bekannt, einen hin- und herspielenden Planvorschub als Kennzeichen der Hinterdrehbank. Mit der in Abb. 213 dargestellten Hinterdrehvorrichtung von

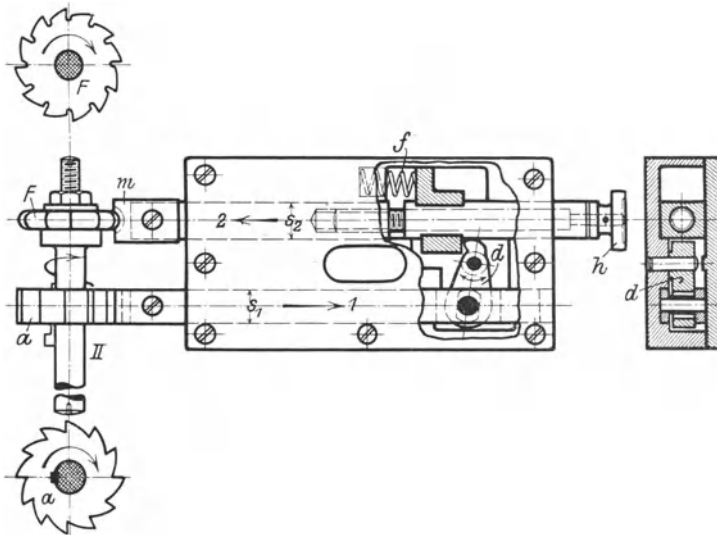


Abb. 213. Hinterdrehvorrichtung.

Th. Westphal, Cöln, läßt sich das Hinterdrehen der Werkzeuge auch auf einer Spitzendrehbank erledigen. Der Fräser F wird hierzu mit dem Dorn II zwischen die Spitzen gespannt und mit einem Mitnehmer angetrieben. Das Antriebsrad a schiebt mit jedem Zahn die Führungsstange s_1 nach 1 zurück. Dabei drückt der Hebel d die Messerstange s_2 mit dem Formmesser m nach 2 vor, das den Fräserzahn hinterdreht. Sobald ein Zahn von a an der Führungsstange vorbei ist, schnellt die gespannte Feder f das Messer zurück und damit die Führungsstange vor. Dieser Vorgang wiederholt sich bei jedem Fräserzahn. Fräser F und Daumenrad a müssen daher gleiche Zähnezahl haben. Mit dem Handrädchen h läßt sich das Formmesser genau an das Werkstück anstellen.

1. Aufgabe. Ein Scheibenfräser von 90 mm \varnothing und 24 Zähnen ist zu hinterdrehen.

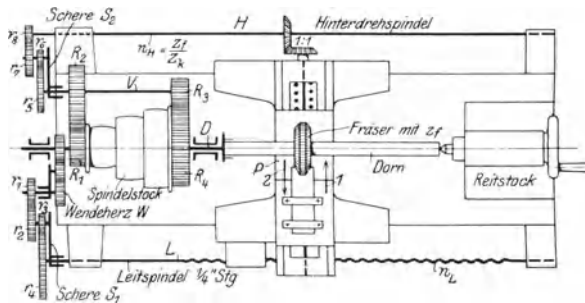


Abb. 214. Plan einer Hinterdrehbank.

Um in dem Antrieb der Hinterdrehwelle H (Abb. 214) allzu große Übersetzungen der Wechselräder r_5 bis r_8 zu vermeiden, wird H von der Vorgelegewelle V angetrieben, die bei $\frac{R_3}{R_4} = \frac{1}{3}$ dreimal so schnell läuft als die Drehspindel D ,

Übersetzung zwischen D und H .

$$\frac{R_4}{R_3} \cdot \frac{r_5}{r_6} \cdot \frac{r_7}{r_8} = \frac{n_H}{n_D}$$

Hierin ist für das Hinterdrehen der z_f Fräserzähne $n_H = \frac{z_f}{z_k}$ und $n_D = 1$

$$\text{Wechselräder: } \frac{r_5 \cdot r_7}{r_6 \cdot r_8} = \frac{R_3}{R_4} \cdot \frac{z_f}{z_k} = \frac{1}{3} \cdot \frac{z_f}{4} = \frac{z_f}{12} = \frac{24}{12} = 2 = \frac{48}{24}$$

Rad auf V : $r_5 = 48 Z$ | statt r_6 und r_7 ein Zwischenrad auf S_2

„ „ H : $r_8 = 24 Z$ | z. B. mit 36 z,

$$\text{Hinterdrehkupplung: } f = \frac{D}{2z} = \frac{90}{2 \cdot 24} = 2 \text{ mm Hub.}$$

Beim Hinterdrehen von Walzenfräsern mit geraden Längsnuten schiebt die Leitspindel L den Werkzeugschlitten wie beim Langdrehen bei jedem Fräserumlauf um den Vorschub δ vor. Die Hinterdrehwelle H besorgt dabei jedesmal die z_f Hinterdrehungen, für die sie

$\frac{z_f}{z_k}$ Umdrehungen macht.

2. Aufgabe. Ein Walzenfräser von 100 mm \varnothing mit geraden Zähnen ist zu hinderdrehen.

1. Zähnezahl des Fräsers $z = \frac{D}{9} + 7 = 18$ Zähne.

2. Wechselräder für die Leitspindel bei $\frac{1}{24}''$ Vorschub.
Nach S. 145

$$\frac{r_1 \cdot r_3}{r_2 \cdot r_4} = \frac{1/24''}{1/4''} = \frac{1}{6} = \frac{28 \cdot 63}{84 \cdot 126}$$

Rad auf W : $r_1 = 28 z$ | treib. Rad auf S_1 : $r_3 = 63 z$
 „ „ L : $r_4 = 126 z$ | getr. „ „ S_2 : $r_2 = 84 z$

3. Wechselräder für die Hinderdrehwelle H :

$$\frac{r_5 \cdot r_7}{r_6 \cdot r_8} = \frac{Z_f}{12} = \frac{18}{12} = \frac{36}{24}$$

Rad auf V : $r_5 = 36 z$

„ „ H : $r_8 = 24 z$

Zwischenrad auf S_2 : $r_6 = 42 z$

4. Hinderdrehkupplung: $\text{Hub } f = \frac{D}{2z} = \frac{100}{2 \cdot 18} \approx 3 \text{ mm}$

Beim Hinderdrehen der Spiralfräser müssen die Hinderdrehbewegungen der Bank je nach Gängigkeit der Spirale um z_f Hinderdrehungen vor- oder nachteilen, während der Werkzeugschlitten um die Spiralsteigung s verschoben wird. Für diese z_f Hinderdrehungen muß die Hinderdrehwelle H $\frac{z_f}{12}$ Umläufe mehr oder weniger machen. Die Drehspindel D macht bei einem Vorschub δ auf die Spiralsteigung s $n_D = \frac{s}{\delta}$ Umläufe.

Die Hinderdrehwelle H macht bei einem Umlauf von D $\frac{z_f}{12}$ Umläufe, also bei $\frac{s}{\delta}$ Umläufen von D macht H $\frac{z_f}{12} \cdot \frac{s}{\delta}$ Umläufe. Da nun H um $\frac{z_f}{12}$ Umläufe vor- oder nachteilen muß, so ist beim Hinderdrehen des Spiralfräasers

$$n_H = \frac{z_f}{12} \frac{s}{\delta} \pm \frac{z_f}{12} = \frac{z_f}{12} \left(\frac{s}{\delta} \pm 1 \right)$$

Übersetzung der Wechselräder:

$$\frac{r_5 \cdot r_7}{r_6 \cdot r_8} = \frac{\frac{z_f}{12} \left(\frac{s}{\delta} \pm 1 \right)}{\frac{s}{\delta}} = \frac{z_f}{12} \left(1 \pm \frac{s}{\delta} \right)$$

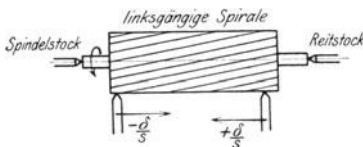


Abb. 215. Hinderdrehen von Linksspiralen.

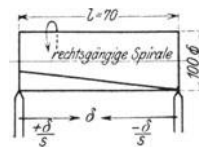


Abb. 216. Hinderdrehen von Rechtsspiralen.

Hierin ist $\delta =$ Vorschub der Bank und $s =$ Steigung der Spirale. Dreht man bei einer linksgängigen Spirale (Abb. 215) nach dem Spindelstock, so müssen die Hinterdrehungen voreilen, d. h. $+\frac{\delta}{s}$, dreht man nach dem Reitstock, so müssen sie nacheilen, d. h. $-\frac{\delta}{s}$. Bei einer rechtsgängigen Spirale und Vorschub nach dem Spindelstock (Abb. 216) muß das Hinterdrehen nacheilen, d. h. $-\frac{s}{\delta}$ und beim Vorschub nach dem Reitstock voreilen, d. h. $+\frac{\delta}{s}$.

Aufgabe. Ein Spiralfräser von 100 mm \varnothing , 14 Zähnen ist zu hinterdrehen.
 1. Wechslräder für die Leitspindel L bei $1/24''$ Vorschub wie in Aufg. 2.
 2. Wechslräder für die Hinterdrehwelle H .

$$\frac{r_5 \cdot r_7}{r_6 \cdot r_8} = \frac{zf}{12} \left(1 \pm \frac{s}{\delta}\right).$$

Hierin ist die Spiralsteigung nach Abb. 217 $s = \pi \cdot 100 \cdot \operatorname{tg} 75^\circ = 1172 \text{ mm} = 46\frac{1}{4}''$. Auf der Fräsmaschine sei eine Linksspirale von $46\frac{1}{4}''$ Steigung geschnitten. Sie soll mit Vorschub nach dem Spindelstock hinterdreht werden (Abb. 215).

$$\frac{r_5 \cdot r_7}{r_6 \cdot r_8} = \frac{14}{12} \left(1 + \frac{1/24''}{46\frac{1}{4}''}\right) = \frac{7}{6} \left(1 + \frac{1}{6 \cdot 185}\right) = 1,16772 \approx \frac{34}{38} \cdot \frac{47}{36}.$$

Rad auf V : $r_5 = 34 z$ | treib. Rad an S_2 : $r_7 = 47 z$
 „ „ H : $r_8 = 36 z$ | getrieb. „ „ S_2 : $r_6 = 38 z$.

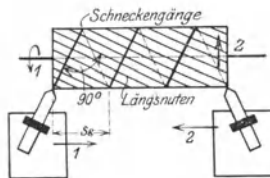
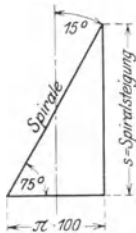


Abb. 217. Abwicklung der Spirale. Abb. 218. Hinterdrehen der Schneckenfräser.

Beim Hinterdrehen von Schneckenfräsern mit spiraligen Längsnuten muß die Leitspindel wie beim Gewindeschneiden den Werkzeugschlitten bei jedem Fräserumlauf um die Steigung der Schnecke verschieben, d. h. Vorschub $\delta =$ Schneckensteigung s_g . Die Hinterdrehwelle H hat den spiraligen Längsnuten entsprechend die Hinterdrehungen zu besorgen (Abb. 218).

$$1. \frac{r_1 \cdot r_3}{r_2 \cdot r_4} = \frac{s_g}{s_l} = \frac{\text{Schneckensteigung}}{\text{Leitspindelsteigung}}$$

$$2. \frac{r_5 \cdot r_7}{r_6 \cdot r_8} = \frac{zf}{12} \left(1 \pm \frac{s_g}{s}\right) \quad s_g = \text{Schneckensteigung} \quad s = \text{Spiralsteigung}.$$

Die Spiralsteigung s berechnet man nach Abb. 219, da die Spirale senkrecht zu den Schneckenständen geschnitten wird, aus

$$\frac{s}{\pi d} = \frac{\pi d}{s_g} \quad \text{und} \quad s = \frac{\pi^2 \cdot d^2}{s_g}$$

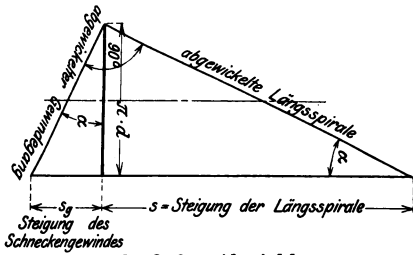


Abb. 219. Abwicklung.

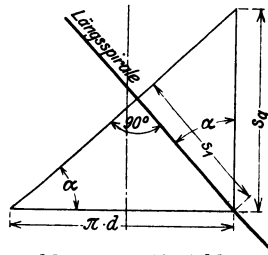


Abb. 220. Abwicklung.

Bei Abwälzfräsen für Stirnräder wird die Schneckensteigung in der Spiralnute = s_1 gemessen. Nach Abb. 220 ist

$$s_g = \frac{s_1}{\cos \alpha}$$

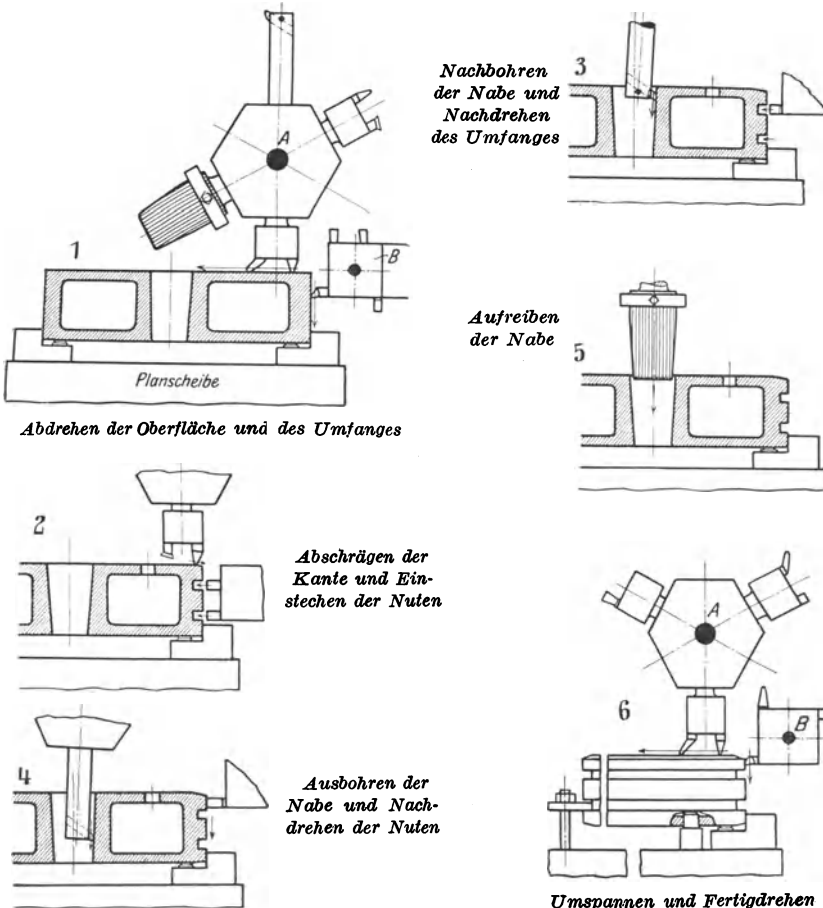


Abb. 221. Bearbeiten eines Kolbenkörpers auf einem Dreh- und Bohrwerk.

6. Das Bohren.

Das Bohren läßt sich ebenfalls auf der Drehbank durchführen. Zum Ausbohren werden kleine Werkstücke, wie Büchsen, in ein Spannfutter oder eine Planscheibe und das Bohrmesser in den Stahlhalter des Drehschlittens gespannt. Sperrige Werkstücke, wie kleine Zylinder,

spannt man auf den Bettschlitten, und bohrt sie mit einer Bohrstange aus, die zwischen die Spitzen gespannt wird.

Zum Lochbohren spannt man den Spiralbohrer in ein Spannfutter und das sperrige Werkstück auf den Schlitten. Kleine Werkstücke werden in ein Spannfutter oder eine Planscheibe und der Bohrer vor den Reitstock gespannt

Die Drehbank liefert beim Bohren eine größere Genauigkeit als die Bohrmaschine, weil es mit getrennten Bewegungen vor sich geht. Übersteigt die Bohrtiefe etwa den zehnfachen Durchmesser, so ist die Bohrmaschine nicht mehr gut zu gebrauchen. Das Bohren auf der Drehbank ist daher 1. bei größeren Bohrtiefen anzuwenden, und 2., wenn an dem Werkstück außer Dreharbeiten noch Bohrarbeiten vorzunehmen sind, so daß das Um-

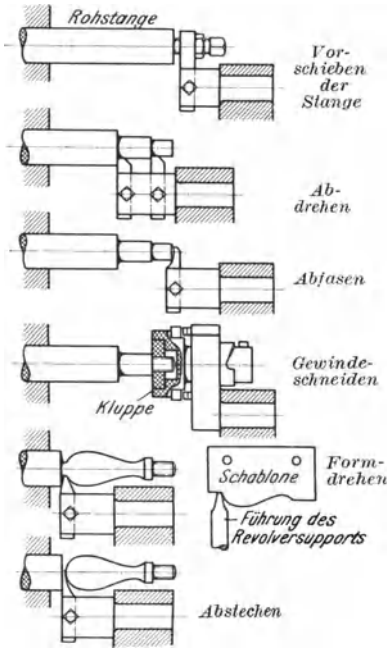


Abb. 222. Drehen eines Handgriffs.

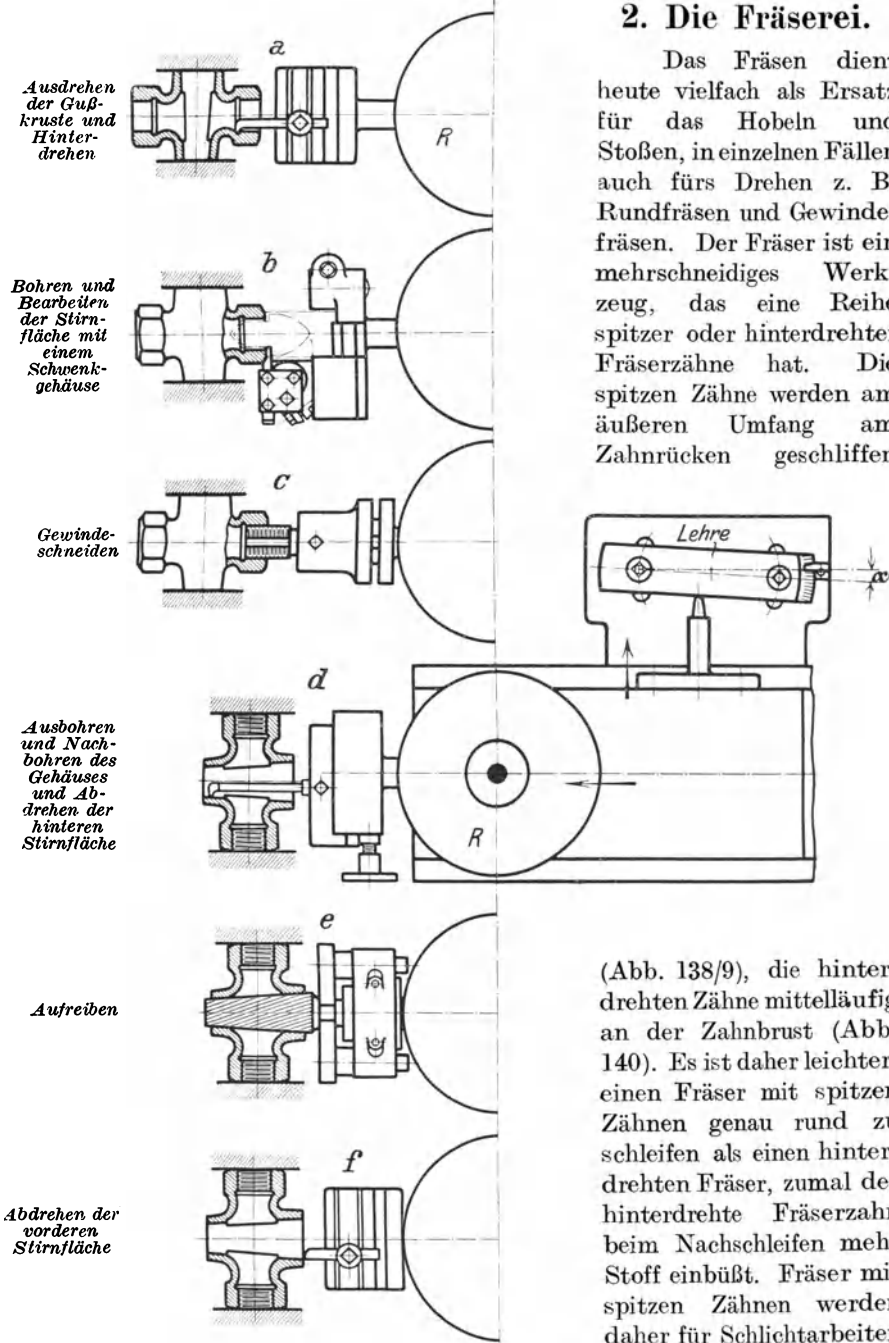
spannen gespart wird. Es ist besonders lohnend, wenn gleichzeitig gedreht und gebohrt werden kann. Auf diesem Gebiete leistet das Dreh- und Bohrwerk große Dienste. So ist in Abb. 221 die Bearbeitung eines Kolbenkörpers dargestellt. Mit dem Revolverkopf *A* wird die Oberfläche und die Nabe bearbeitet und mit *B* der Umfang und die Nuten.

7. Das Revolverdrehen.

Das Revolverdrehen ist bei der Massенbearbeitung, z. B. von Formteilen, Armaturteilen usw., sehr wirtschaftlich. Wie aus Abb. 78 bekannt, hält die Revolverbank die erforderlichen Werkzeuge arbeitsbereit. Es kann hier nach Abb. 222 von der Stange gearbeitet werden. Futterarbeiten werden nach Abb. 223 a—f vorgenommen, in der das Bearbeiten eines Hahngehäuses in seiner Arbeitsfolge dargestellt ist.

2. Die Fräserei.

Das Fräsen dient heute vielfach als Ersatz für das Hobeln und Stoßen, in einzelnen Fällen auch fürs Drehen z. B. Rundfräsen und Gewindefräsen. Der Fräser ist ein mehrschneidiges Werkzeug, das eine Reihe spitzer oder hinterdrehter Fräserzähne hat. Die spitzigen Zähne werden am äußeren Umfang am Zahnrücken geschliffen



(Abb. 138/9), die hinterdrehten Zähne mittelläufig an der Zahnbrust (Abb. 140). Es ist daher leichter, einen Fräser mit spitzigen Zähnen genau rund zu schleifen als einen hinterdrehten Fräser, zumal der hinterdrehte Fräserzahn beim Nachschleifen mehr Stoff einbüßt. Fräser mit spitzigen Zähnen werden daher für Schlichtarbeiten

Abb. 223. Bearbeiten eines Hahngehäuses.

bevorzugt und die mit hinterdrehten für schwere Schrupperarbeiten. Aber auch hier hat sich die Erkenntnis Bahn gebrochen, daß Fräser mit spitzen Zähnen und grober Teilung gute Schruffräser sind. Danach kommt der grobverzahnte Fräser fürs Schruppen und der feinverzahnte fürs Schlichten ebener Flächen in Frage und nur für außergewöhnlich schwere Schrupperarbeiten der hinterdrehte Fräser. Das eigentliche Arbeitsgebiet der hinterdrehten Fräser sind unregelmäßig geformte Flächen.

Die Fräser haben als mehrschneidige Werkzeuge den Vorzug, daß sie mit höheren Schnittgeschwindigkeiten arbeiten können als alle einschneidigen Werkzeuge, weil ihre Zähne nur ganz kurz in Angriff sind. So kann Schmiedeeisen mit 10—13 m i. d. Min. gedreht und mit 20—25 m i. d. Min. gefräst werden. Diese Schnittgeschwindigkeit läßt sich bei Fräsern aus Schnellstahl noch auf 25—60 m i. d. Min. erhöhen. Dadurch daß der Fräser das Werkstück seiner Breite nach mit einem Span fassen kann, wird die Leistung beim Fräsen im allgemeinen größer sein als beim Hobeln und Stoßen. Neben diesen Vorzügen hat der

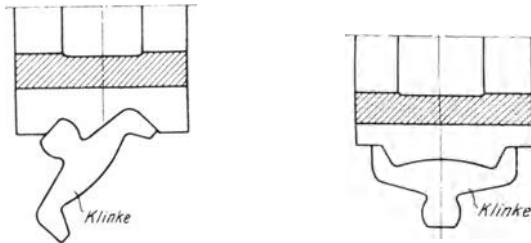


Abb. 224. Fräsen einer Klinke.

Fräser noch die Eigenart, daß man ihn für das Fräsen von Formstücken zu einem Formfräser ausbilden kann (Abb. 224). Größere Formfräser, die sich sehr schwer härten lassen, setzt man als Gruppen- oder Satzfräser (Abb. 225) aus mehreren Einzelfräsern zusammen. Durch Hinter-

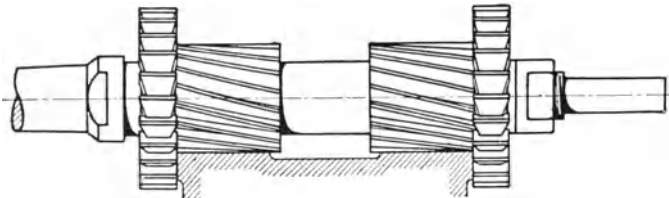


Abb. 225. Gruppenfräser.

drehen der Zähne lassen sich die Zahnformen gleich halten, so daß der Fräser das gegebene Werkzeug für Formarbeiten ist. Seine Stärke liegt also darin, daß er mit einem Gang der Maschine sowohl ebene als auch unregelmäßig geformte Flächen fräsen kann. Auch der ruhige

Gang der Maschine als Forderung für gute Arbeit bleibt gewahrt trotz der aufeinanderfolgenden Zahnangriffe. Wird nämlich das Werkstück entgegen der Drehrichtung des Fräasers zugeschoben, d. h. beim rechts-schneidenden Fräser von links nach rechts (Abb. 43), so setzen die Fräserzähne stets auf bearbeiteten Flächen an und zwar mit der geringsten Spanstärke. In dem Maße, wie das Werkstück zugeschoben wird, wächst auch der Schnittdruck. Da jedoch meist mehrere Zähne gleichzeitig arbeiten, so bleibt der Schnittdruck ziemlich gleich. Dies gilt besonders bei Spiralfräsern, bei denen der Angriff der gewundenen Zähne nach der Steigung vor sich geht. Der Fräser bietet daher genügend Gewähr für ruhigen Lauf, er ist daher nicht nur ein Schruppwerkzeug, sondern auch ein Schlichtwerkzeug. Als Nachteile des Fräasers sind die höheren Anschaffungskosten und die teure Unterhaltung anzusehen.

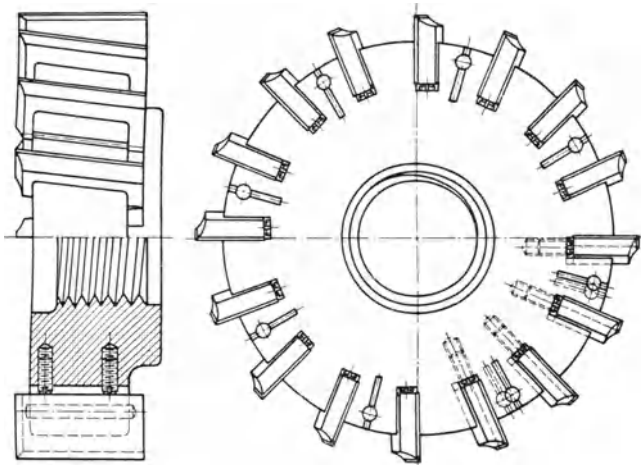


Abb. 226. Messerkopf.

Es muß immer der ganze Fräser geschliffen werden, selbst wenn nur ein Zahn die geringste Verletzung zeigt. Die Unterhaltungskosten sind geringer bei den Messerköpfen (Abb. 226), deren Messer einzeln nachgeschliffen werden.

Hobeln oder Fräsen?

Da der Fräser in seiner Anschaffung und Unterhaltung teurer ist als der Hobelstahl, so sind einfache Fräser nur dann wirtschaftlich, wenn genügend Gelegenheit vorhanden ist, sie auszunutzen, d. h. bei Reihen- und Massenarbeiten. Dazu kommt, daß das Werkstück auch für das Fräsen gebaut sein muß. Da beim Fräsen große Kräfte und Erwärmungen auftreten, so sind schwache Werkstücke fürs Fräsen ungeeignet. Den Ausschlag zwischen Hobeln und Fräsen gibt meist wegen der kurzen

Lieferfristen die Arbeitszeit. Durch eine einfache Rechnung läßt sich das wirtschaftlichste Verfahren leicht feststellen:

1. An einem Werkstück von 1,4 m Länge sei eine Leiste von 15 mm Breite zu bearbeiten.

a) Hobeln mit $v = 100$ mm i. d. Sek., Vorschub = 1 mm. Rücklauf auf 1 : 3 beschleunigt, Hub 1500 mm:

$$\text{Dauer des Hobelganges} = \frac{1500}{100} = 15 \text{ Sek.}$$

$$\text{„ „ Rücklaufs} = \frac{1500}{3 \cdot 100} = 5 \text{ „}$$

Doppelhub = 20 Sek., wegen des Um-

stauerns = 25 Sek.

Die Maschine braucht also für jeden Hin- und Rücklauf 25 Sek. Da sie mit 1 mm Vorschub arbeitet, so muß sie für das Hobeln der 15 mm breiten Leiste 15 Hin- und Rückläufe machen. Die Hobelzeit ist also $15 \cdot 25 = 375$ Sek.

b) Fräsen: Das Werkstück wird der Länge nach dem Fräser zugeschoben. Hat die Maschine einen Vorschub von 100 mm i. d. Min., so ist die Zeit fürs Fräsen

$$= \frac{1400}{100} = 14 \text{ Min.}$$

$$\text{Hobelzeit} = 375 \text{ Sek} = 6 \text{ Min. } 15 \text{ Sek.}$$

$$\text{Fräszeit} = 14 \text{ „}$$

2. Es ist ein Werkstück von 350 mm Breite und 60 mm Länge zu bearbeiten.

a) Hobeln mit $v = 100$ mm i. d. Sek. und 1 mm Vorschub, Rücklauf 1 : 3, Hub 450 mm:

$$\text{Hobelzeit} \frac{450}{100} = 4,5 \text{ Sek.}$$

$$\text{Rücklaufzeit} = 1,5 \text{ „}$$

6 Sek., erhöht wegen des Umstauerns auf 10 Sek.

Bei 60 mm Hobelbreite und 1 mm Vorschub hat der Tisch 60 Hübe auszuführen. Demnach ist die Arbeitszeit = $60 \cdot 10 = 600$ Sek. = 10 Min.

b) Fräsen: Die Fräszeit würde bei 100 mm Vorschub i. d. Min. = $\frac{60}{100} = 0,6$ Min. = ~ 1 Min. sein. Demnach

$$\text{Hobelzeit} = 6 \text{ Min.}$$

$$\text{Fräszeit} \sim 1 \text{ „}$$

Das Ergebnis dieser Rechnung ist daher, daß lange und schmale Flächen der Werkstücke, wie Leisten u. dgl., wirtschaftlich gehobelt werden, weil der Hobeltisch das lange Werkstück in der Minute um 6—12 m zuschiebt, dagegen die Fräsmaschine nur um 100—120 oder höchstens 170 mm. Die Fräsmaschine arbeitet hingegen wirtschaftlicher bei breiten und kurzen Flächen, weil der Fräser sie auf einmal fassen kann.

Die Erfahrung hat jedoch gelehrt, daß gefräste Werkstücke sich verziehen. Das Fräsen kann daher nur in Frage kommen, wenn keine hohe Genauigkeit gefordert wird. Bei Genauigkeitsarbeiten, wie sie der Werkzeugmaschinenbau usw. fordert, hat sich eine Arbeitsteilung vollzogen: Schruppen auf der Fräsmaschine und Schlichten auf der Hobelmaschine. Vor dem Schlichten muß das Werkstück einige Zeit liegen

bleiben, damit sich die Spannungen ausgleichen. Bei Formarbeiten wird das Fräsen in der Regel wirtschaftlicher sein, weil Formfräser gleich fertige Flächen liefern.

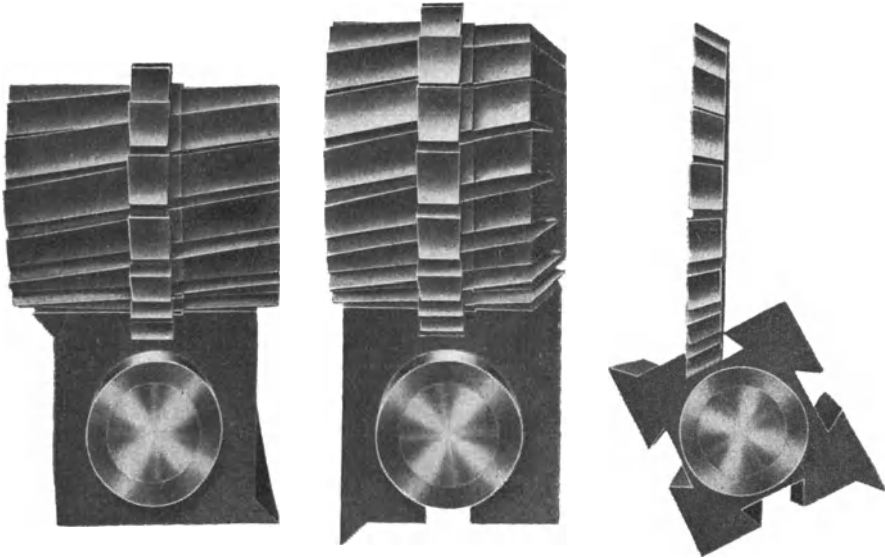


Abb. 227. Fräsen einer Messerwelle.

Aus dieser Betrachtung ergibt sich, daß alle schwachen Werkstücke zu hobeln sind. Starke Werkstücke werden gehobelt, wenn es sich um

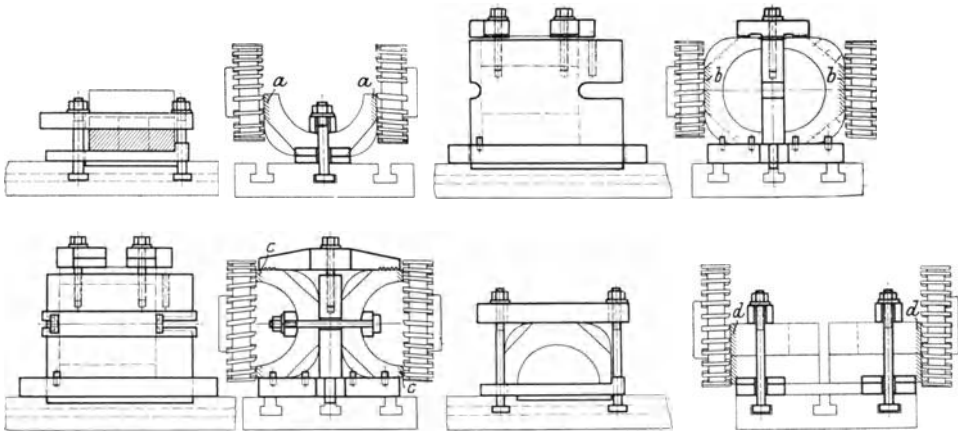


Abb. 228. Spannvorrichtungen für Achslager.

lange, schmale und ebene Arbeitsleisten handelt. Sind ihre Arbeitsflächen kurz und breit, so werden sie zweckmäßig gefräst. Unregelmäßig geformte Werkstücke werden am besten mit einem Formfräser

oder Satzfräser gefräst (Abb. 227). Doch ist zu beachten, daß der teure Fräser sich nur bei Reihen- und Massenarbeiten lohnt, während der billige Hobelstahl für alle Arbeiten brauchbar ist.

Die Einspannvorrichtungen für Fräsarbeiten. Für die Wirtschaftlichkeit einer Fräserei von hoher Bedeutung sind die Einspannvorrichtungen, sowohl bei Reihenarbeiten, als erst recht bei Massenarbeiten. Abb. 228 zeigt die Spannvorrichtungen für das Abfräsen der Flächen *a—d* an Achslagern, die reihenweise bearbeitet werden.

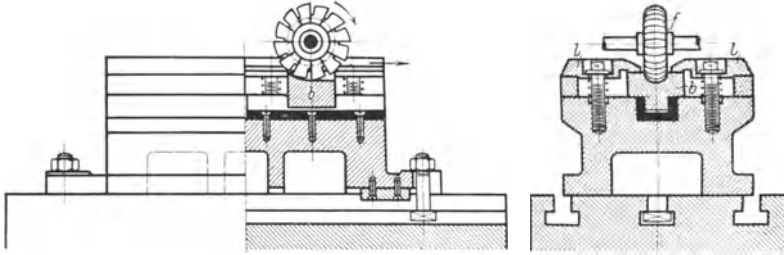


Abb. 229. Spannvorrichtung für Spannbacken.

Abb. 229 stellt die Spannvorrichtung für die Backen eines Spannfutters dar. Eine Reihe Backen *b* wird mit den Leisten *l* festgespannt und mit dem Halbkreisfräser ausgefräst.

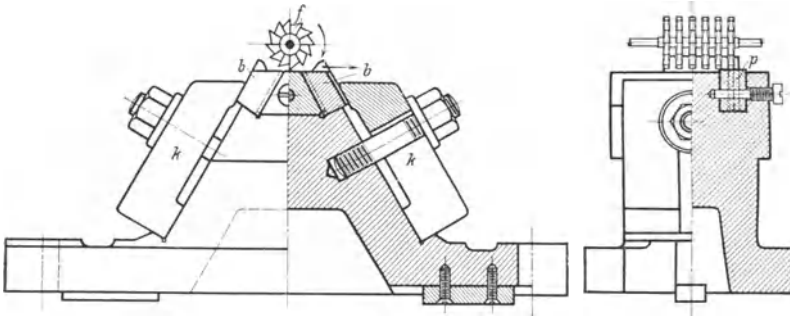


Abb. 230. Spannvorrichtung für Spannbacken.

In Abb. 230 ist eine Spannvorrichtung für das Ausfräsen der Backen eines Bohrfutters angegeben. Der Gruppenfräser *f* geht quer durch die Backen *b*, die durch die Spannklauen *k* gehalten werden.

3. Die Hobelei.

Durch den Kampf zwischen Hobeln und Fräsen hat das Hobeln entschieden eine große Einbuße erlitten, und doch ist es bis heute ein unentbehrliches Arbeitsverfahren geblieben. Der Hobelstahl ist nämlich ein Werkzeug, das sich bei allen Hobelarbeiten verwenden läßt, mögen

ebene oder unregelmäßig geformte Arbeitsflächen zu bearbeiten sein. Betriebe, die die hohen Fräserkosten scheuen oder wenig Gelegenheit haben, die teureren Fräsersätze auszunutzen, werden sich daher aufs Hobeln beschränken. Selbst Betriebe, die nach zeitgemäßen Grundsätzen arbeiten, können das Hobeln nicht entbehren, insbesondere nicht beim Schlichten der Werkstücke.

Auch in Hobelbetrieben ist man bestrebt, die Vorbereitung des Werkstückes möglichst zu kürzen. Das Anreißen erspart man durch Lehren, die vor dem Werkstück aufgespannt werden. Nach ihnen wird der Hobelschlitten eingestellt und das unregelmäßig gestaltete Werkstück gehobelt. Die Leistung eines Hobelbetriebes sucht man noch durch das Hobeln mit mehreren Messern (Abb. 156) und Hintereinanderspannen mehrerer Werkstücke zu steigern.

Das Rundhobeln wird auf der Stößelhobelmaschine durchgeführt. Sind runde Hohlkörper von genügend großem Durchmesser, z. B. Lager, auszuhobeln, so ist die Drehscheibe des Hobelschlittens durch ein Schneckengetriebe anzutreiben. Eine Rucksteuerung müßte diesen Rundhobelkopf am Ende des Stößelrücklaufs schalten, so daß sich der Hobelstahl am inneren Umfang des Hohlkörpers bewegt.

Das Rundhobeln an Außenflächen geschieht auf einem Dorn, der zwischen die Spitzen eines Teil- und Reitstockes gespannt wird. Durch eine Rucksteuerung wird der Teilkopf nach jedem Schnitt um den Vorschub gedreht.

4. Die Bohrerei.

Das Bohren wird auf der senkrechten Bohrmaschine durchgeführt. Diese Maschine wird auch für das Versenken der Bohrlöcher und das Gewindeschneiden benutzt. Für die letzte Arbeit ist es zweckmäßig, in dem Antrieb der Bohrspindel ein Wendegetriebe vorzusehen, damit man den Gewindebohrer rasch hochziehen kann.

Das Bohren von Massenteilen hat nach zwei Richtungen Verbesserungen erfahren:

- a) das gleichzeitige Bohren mit mehreren Bohrern,
- b) das Bohren nach Lehren.

Das Bohren mit mehreren Bohrern ist in dem Bamag-Bohrkopf und den mehrspindligen Bohrmaschinen verkörpert.

Der Bamag-Bohrkopf in Abb. 231 hat 4 Spindeln, die durch innere Räder von der Bohrspindel der Maschine angetrieben werden. Sie lassen sich mit der Vierkantschraube auf große und kleine

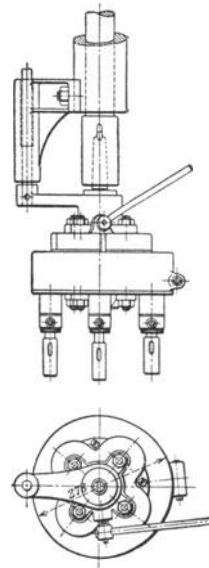


Abb. 231. Bohrkopf.

Schraubenkreise einstellen. Der Bohrkopf ist daher besonders wertvoll beim Bohren der Schraubenlöcher in Flanschen.

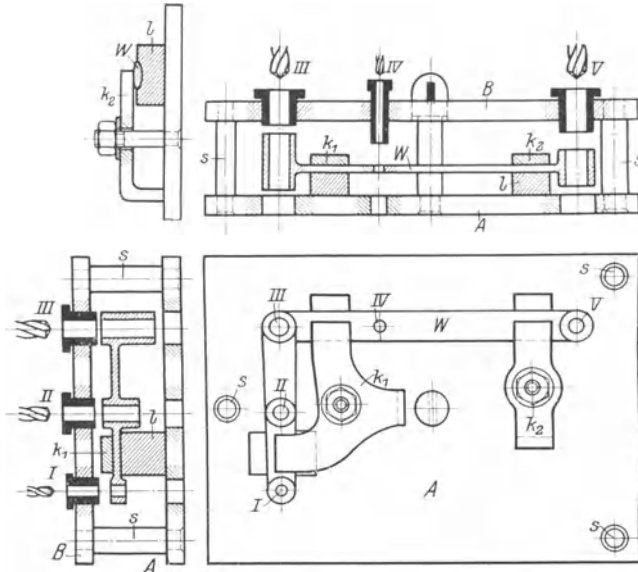


Abb. 232. Bohrkasten für einen Winkelhebel.

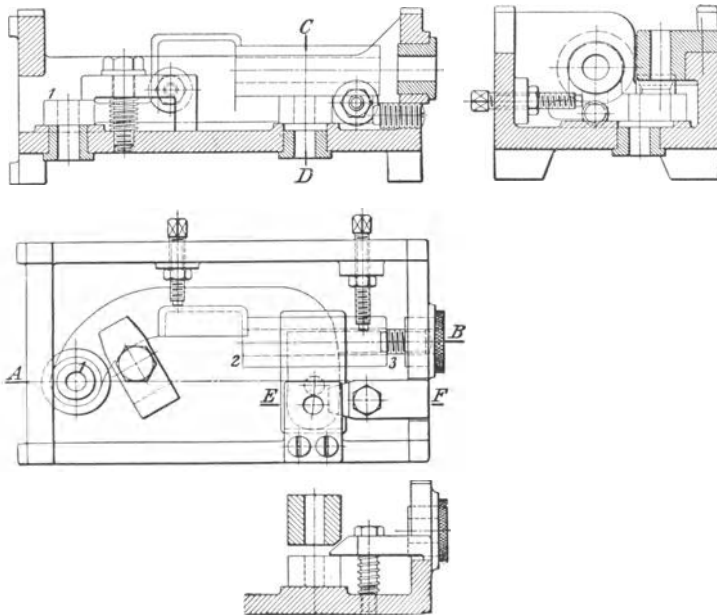


Abb. 233. Bohrkasten für ein Schneckenlager.

Die Lochreihenbohrmaschinen arbeiten nach gleichem Grundsatz. Mit ihren Spindeln kann jedesmal eine Reihe Löcher gebohrt werden.

Um das Anreißen bei Massenteilen zu sparen, baut man Bohrkästen. So wird in Abb. 232 der Hebel *W* zwischen die 2 Platten *A*, *B* gespannt.

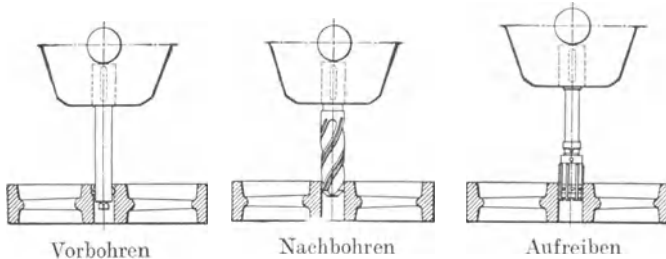


Abb. 234. Zentrischbohren.

Die Platte *B* hat die gehärteten Bohrbüchsen, durch die die Bohrlöcher in ihrer Lage und in ihrem Durchmesser festliegen. Das Schneckenlager (Abb. 233) wird gegen die 3 Stellschrauben der Rückwand und der rechten Seitenwand des Bohrkastens gelegt und mit 2 Klemmplatten festgespannt. Der Kasten hat zum Aufstellen am Boden links und oben Füße. Das Loch für die Schneckenwelle kann daher mit der rechten Wand nach oben gebohrt und die Nabe bei 2 und 3 mit dem Messer abgedreht werden. Das Loch 1 wird vom Boden aus gebohrt, das Langloch für die Fangschraube von oben und unten angebohrt und dann ausgefräst werden.

Bohrlöcher von großer Genauigkeit bei Maschinenteilen, die genau zentrisch sitzen müssen, werden am besten auf dem senkrechten Bohrwerk nach Abb. 234 gebohrt. Zu den Bohrarbeiten gehört auch das Gewindebohren, für die die Bohrmaschine zweckmäßig eine besondere Gewindegewindeschneidvorrichtung hat (Abb. 235). Mit dem eingeschraubten Schlüssel *S* wird der Federbolzen vorgezogen und durch Einschieben des Vorsteckhalters *V* festgehalten. Nach Lösen von *S* und Einschrauben des Gewindebohrers wird *V* fortgezogen, so daß der Federbolzen den Bohrer einzieht. Die Kupplung *K* überträgt die Bewegung von der Bohrspindel auf den Bohrer. Sobald der Bohrer auf den Boden des Loches kommt, setzt die Kupplung aus und schützt den Bohrer vor dem Bruch.

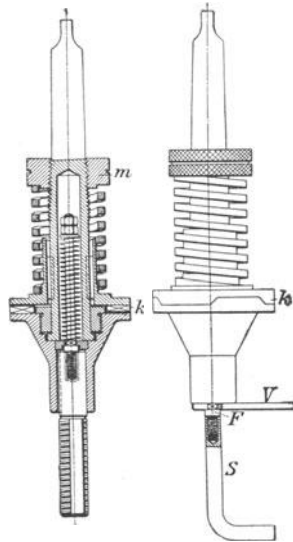


Abb. 235. Gewindegewindeschneidvorrichtung.
V = Vorsteckhalter, *F* =
 Bund, *S* = Schlüssel.

5. Die Schleiferei.

Die bei Massenteilen geforderte Austauschbarkeit hat das Schleifen als zeitgemäßes Arbeitsverfahren herausgebildet. Dadurch ist eine neue Arbeitsteilung entstanden: Schruppen auf der Drehbank, Schlichten auf der Schleifmaschine. Die Werkstücke sollen hierzu auf 0,5—0,9 mm Übermaß vorgeschruppt und beim Schleifen durch möglichst viele Brillen abgestützt werden, die aber nur an bearbeiteten Stellen anzusetzen sind. Die verschiedenen Schleifarbeiten sind in Abb. 120 u. f. besprochen. Bei allen Arbeitsverfahren muß angestrebt werden, durch richtige Schnittgeschwindigkeiten und Vorschübe und durch Vermeidung größerer Arbeitspausen die Maschine und die gelernten Arbeitskräfte möglichst auszunutzen. Hierzu sind die bei der Dreherei gegebenen Gesichtspunkte zu beachten.

Umfangsgeschwindigkeit der Schleifscheibe bei Schmiedeeisen und Stahl $v = 30\text{--}35$ m/sek, gewöhnlich $v = 30$ m/sek, bei Gußeisen $v = 25$ m/sek.

Umfangsgeschwindigkeit des Werkstückes bei Schmiedeeisen und Stahl und dicken Werkstücken bis 150 mm Durchmesser $u = 15$ m/min, bei dünnen Werkstücken bis 50 mm Durchmesser $u = 10\text{--}12$ m/min bei einem Längsvorschub $= \frac{1}{3}$ Scheibenbreite, bei großem Schruppvorschub von $\frac{2}{3}$ Scheibenbreite nur $u = 8\text{--}10$ m/min, bei Gußeisen Werkstückgeschwindigkeit $u = 12\text{--}15$ m/min.

Tischvorschub bei Maschinenstahl $= \frac{1}{2}\text{--}\frac{3}{4}$ Scheibenbreite, Gußeisen $= \frac{3}{4}\text{--}\frac{5}{6}$ Scheibenbreite.

Spantiefe fürs Schruppen von Maschinenstahl nicht über 0,05 mm, am günstigsten 0,03—0,04 mm; bei Gußeisen so groß wie möglich. Zugaben fürs Rundschleifen seien

bei 50 mm, 50 bis 100 mm, 100 bis 300 mm Dchm.

0,25 bis 0,4 „ 0,5 „ 0,6 „ 0,7 „ 0,9 „

Auswahl der Schleifscheiben. Zu harte Scheiben halten die stumpf gewordenen Körnchen zu lange fest und hören auf zu schneiden; zu weiche stoßen die Körnchen zu schnell ab, nützen sich daher rasch ab und werden unrund. Beide müssen daher bald abgerichtet werden. Eine etwas weichere Scheibe ist aber trotz größerer Abnutzung zweckdienlicher als eine zu harte, da sie länger schnittfähig bleibt und weniger Kraft verbraucht. Die Leistung ist etwa 20—25 kg Späne auf 1 kg Schleifscheibe.

Je größer die Berührungsfläche zwischen Werkstück und Scheibe ist, um so länger ist die Angriffszeit der einzelnen Körnchen. Daher müssen breite und große Scheiben weicher sein als kleine und schmale. Ebenso erfordern Werkstücke mit großem Durchmesser weichere Scheiben als solche mit kleinem. Scheiben für Planschliff müssen weicher sein als solche für Rundschliff; Scheiben für Innenschliff weicher als die für Außenschliff. Hohe Schnittgeschwindigkeiten verlangen ebenfalls weicher

gebundene Scheiben. Scheiben zum Schärfen der Werkzeuge können wegen der kleineren Berührung hart sein. Da die Scheibe stumpfe Schleifkörnchen schnell abstoßen soll, so verlangen harte Werkstücke weiche Scheiben. Für weichen Maschinenstahl kommt daher eine harte für kohlenstoffreicheren Stahl eine weichere Scheibe und für gehärteten Stahl und Hartguß eine noch weichere Scheibe in Betracht. Sehr weiches und leicht schmierendes Material, wie Kupfer und Messing, erfordert dagegen besonders weiche Scheiben, damit sie nicht verschmieren. Hier hilft auch eine höhere Schnittgeschwindigkeit oder elastische Scheiben wegen ihrer größeren Poren.

Grobkörnige Scheiben sind am besten fürs Schrappen geeignet, weil das Auslösen des groben Korns mehr Kraft erfordert, feingekörnte Scheiben am besten fürs Schlichten, Verbundscheiben mit grobem und feinem Korn für beide Zwecke. Die Scheibe ist immer so grob zu nehmen, daß sie nicht verschmiert. Es tritt ein, wenn die Scheibe zu hart, das Korn zu fein und die Werkstückgeschwindigkeit zu klein ist. Allgemein erfordert eine große Berührungsfläche und eine hohe Geschwindigkeit ein grobes Korn. Die Körnungsgrade der Scheiben werden nach den Siebmaschen auf 1 Zoll Sieblänge festgestellt. Die Scheiben Nr. 10—30, d. h. mit 10—30 Maschen auf 1" gesiebt, für schwere Schleifarbeiten an Grauguß und Stahlguß, die Nummern 24—60 fürs Rundschleifen ungehärteten und harten Stahles, die Nummern 30—90 für Schlichtarbeiten und Werkzeugschleifarbeiten.

Ein wirksames Kühlmittel ist von größter Bedeutung, da die Späne unter Funkenbildung entstehen (1600—2000° C). Das Kühlmittel fürs Schrappschleifen ist 5%iges Sodawasser, bei Maschinenstahl Sodawasser mit Ölzusatz (1 kg Soda und $\frac{1}{4}$ kg Öl auf 16 l Wasser), bei Guß kein Ölzusatz wegen des Schmierens.

6. Das Prüfen der Arbeitsstücke.

Die Güte der Arbeit wird durch das Messen der Arbeitsstücke auf ihre Genauigkeit geprüft. Dabei ist zu unterscheiden:

- a) die Genauigkeit der Form;
- b) die Genauigkeit der Maße.

Die Genauigkeit der Form prüft man bei ebenen Flächen:

1. mit dem Lichtspalt, indem man ein Lineal über das Werkstück führt und beobachtet, ob sich ein Lichtspalt zeigt (Abb. 236).

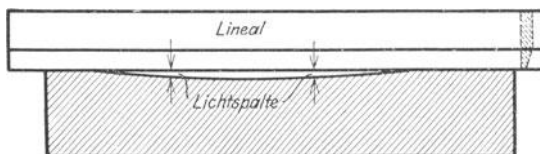


Abb. 236. Prüfen nach dem Lichtspalt.

Erscheint er hier und da, so hat die Fläche Erhöhungen, die geschabt werden müssen;

2. mit der Tuschplatte, die mit einem Hauch Tusche lose über das Werkstück geschoben wird, so daß die Tusche an den Erhöhungen der Fläche haften bleibt und so die höheren Stellen anzeigt (Abb. 237);

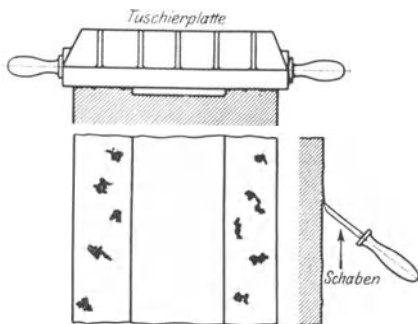


Abb. 237. Prüfen mit der Tuschplatte.

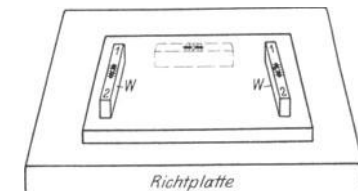


Abb. 238. Prüfen mit der Wasserwaage.

3. mit der Wasserwaage, die bei genauen Flächen in der Längs- und Querrichtung einspielt, dagegen bei Unebenheiten Ausschläge macht (Abb. 238);

4. mit dem Fühlhebel, den man mit dem Taster über das Werkstück führt. Der Zeiger gibt dabei an der Tafel jede Erhöhung und Vertiefung der Fläche durch einen Ausschlag an (Abb. 239).

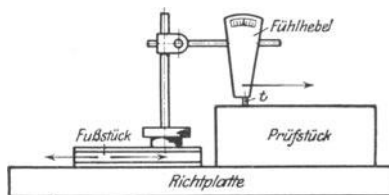


Abb. 239. Prüfen mit dem Fühlhebel.

Dabei bedeutet jeder $+ \text{Grad} \frac{1}{100}$ mm Erhöhung und jeder $- \text{Grad}$

$\frac{1}{100}$ mm Vertiefung.

Die mit diesen Prüfverfahren festgestellten Unebenheiten sind durch sauberes Schaben zu beseitigen. Die beiden ersten Verfahren zeigen nur die unebenen Stellen an, die beiden letzten lassen auch das Maß der Unebenheiten erkennen. Das handlichste Verfahren ist jedenfalls das Tuschieren.

Bei runden Flächen prüft man die Genauigkeit der Form ebenfalls mit dem Lichtspaltzeiger, der Wasserwaage oder mit dem Fühlhebel. Hierzu müssen sie zwischen zwei Spitzenböcken gespannt werden, so

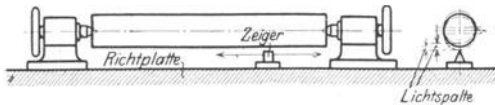


Abb. 240. Prüfen runder Arbeitsstücke.

daß man beim Drehen den Lichtspalt (Abb. 240), den Fühlhebel oder die Wasserwaage beobachten kann. Runde Werkstücke lassen sich auch über eine Tuschplatte rollen.

Die Meßwerkzeuge.

Die Genauigkeit der Maße prüft man mit Meßwerkzeugen, wie Zollstock, Taster, Schieblehre, Schraublehre, Normal- und Grenzlehren, sowie mit Endmaßen.

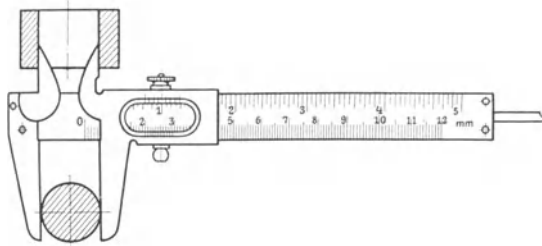


Abb. 241. Schieblehre.

Die Schieb- und Schraublehren (Abb. 241 und 242) sind einstellbare Meßwerkzeuge, die für alle Werkstücke innerhalb des Meßbereichs benutzt werden können. Sie vereinigen in sich Taster und

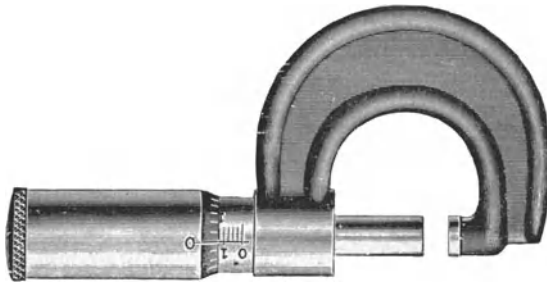


Abb. 242. Schraublehre.

Maßstab und gestatten daher, die Maße der Arbeitsstücke gleich abzulesen. Sie verlangen aber vom Messenden ein feines Gefühl.

Die Normal- und Grenzlehren sind feste Meßwerkzeuge, die

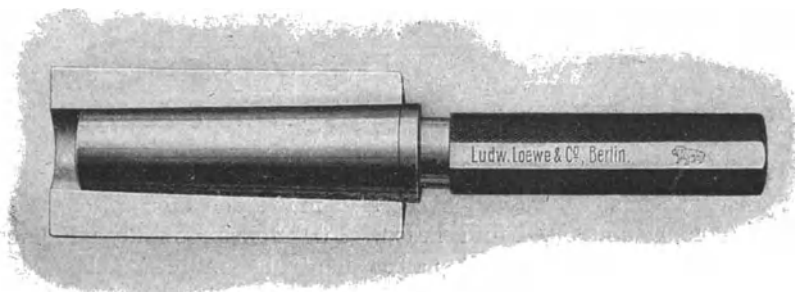


Abb. 243. Normalkegel.

zwar vom Gefühl des Messenden unabhängig, dafür aber nur für ein bestimmtes Maß zu gebrauchen sind.

Die Normallehre (Abb. 243) verlangt, daß das Arbeitsstück die Abmessungen ohne jede Abweichung hat, z. B. müssen die Morsekegel 1—6 genau und gleichmäßig in der Bohrspindel sitzen. Man prüft das Sitzen mit einem Kreidestrich an der Kegelfläche, der sich beim Drehen des Kegels verreiben muß.

Die Grenzlehren geben die Grenzen an, innerhalb deren die Maße des Werkstückes liegen müssen. Sie haben dafür eine Gutseite und eine Ausschußseite.

Zum Messen von Zapfen, Bolzen und Wellen dient die Grenzrachenlehre (Abb. 244). Es ist dies ein fester Doppeltaster, von dem die Gutseite (+ 0,01) mit 50,01 Rachenweite leicht über den 50 mm Bolzen gehen muß, dagegen darf die Ausschußseite (— 0,01) mit 49,99 mm Rachenweite höchstens anschnäbeln. Das wirkliche Maß muß daher zwischen den Grenzen 49,99 und 50,01 mm liegen.

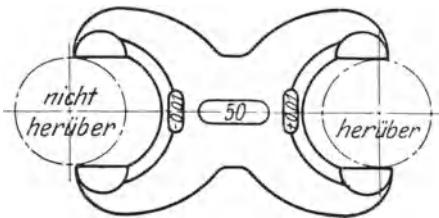


Abb. 244. Grenzrachenlehre.

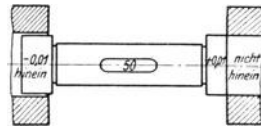


Abb. 245. Grenzlehrdorn.

Zum Messen von Bohrungen benutzt man die Grenzlehrdorne (Abb. 245). Ihre Gutseite (— 0,01) mit 49,99 mm \varnothing muß glatt durch das 50 mm Loch gehen, während die Ausschußseite (+ 0,01) mit 50,01

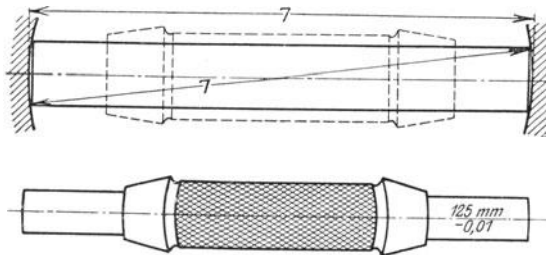


Abb. 246. Kugelendmaß.

nur anschnäbeln soll. Das wirkliche Maß muß auch hier zwischen den Grenzen 49,99 und 50,01 mm liegen. Für Bohrungen über 100 mm benutzt man der Leichtigkeit halber das Kugelendmaß (Abb. 246).

Da sich die Grenzlehren abnutzen, so müssen sie zeitweise auf ihre Genauigkeit nachgeprüft werden. Mithin gehört zu jeder Arbeitslehre

eine Prüflehre. Die Prüflehre der obigen Rachenlehre ist ein Lehrdorn oder 2 Scheiben mit 50,01 und 49,99 mm \varnothing , die schließend in den Rachen passen müssen. Die Prüflehre des Lehrdornes ist eine dementsprechende Rachenlehre mit 50,01 und 49,99 mm Rachenweiten, die schließend über die Ausschußseite und die Gutseite des Dornes gehen müssen. Neue Rachenlehren haben verstellbare Backen, so daß bei geringstem Verschleiß das genaue Maß wieder eingestellt werden kann.

Für die Schleiferei hat die Grenzlehre einen Nachteil: Sie gibt nicht an, wieviel noch fortzuschleifen ist, der Schleifer muß es ausprobieren. Die Schraublehre zeigt dagegen stets das Übermaß an, auf das man die Maschine fein einstellen kann. Einzelne Fabriken benutzen daher an der Maschine die Schraublehre und an der Prüf stelle die Grenzlehre.

Zum Messen von genauen Längen und Höhen hat man Endmaße, die in dünnen Meßplättchen von bestimmter Höhe bestehen.

Die Meßplättchen werden unter leichtem Druck aufeinander geschoben und geben mit ihren Enden ein bestimmtes Maß an. Mit diesen Endmaßen lassen sich z. B. die Rachenweiten der Grenzlehren aufs genaueste messen. So wird in Abb. 247 die Rachenweite von 50—0,01 mit den Plättchen $40 + 8,5 + 1,49 = 49,99$ mm gemessen und der Rachen mit $50 + 0,01 = 50,01$ mm mit den 4 Plättchen $30 + 10 + 9 + 1,01$.

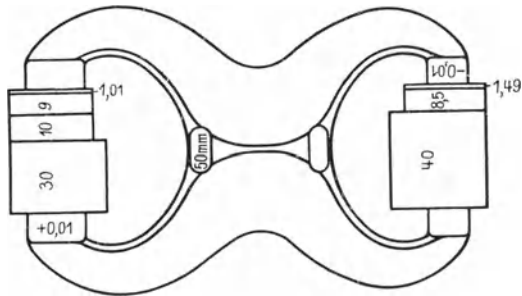


Abb. 247. Endmaße zum Messen der Rachenweiten.

Die Passungen.

Die größten Anforderungen an die Genauigkeit der Werkstücke stellen die Passungen. Sie verlangen große Genauigkeit in der Form und in den Maßen der Paßstücke. Dazu stellt die Massenherstellung die Bedingung, daß alle Teile als Passungen austauschbar sind. Will man diese Austauschbarkeit ohne Nacharbeit erreichen, so müssen die Werkstücke mit Grenzlehren geprüft werden. Da jedoch nicht alle Paßstücke mit gleicher Schärfe zu sitzen brauchen, vielmehr manche ein größeres oder kleineres Spiel verlangen, so unterscheidet man bei den Passungen verschiedene Sitze:

1. den Laufsitz für Paßstücke, die ineinander laufen müssen, z. B. Welle und Lager oder Losscheibe. Der Laufsitz verlangt daher genügend Spiel für Öl;
2. den Schiebesitz für Paßstücke, die sich aufeinander schieben lassen sollen. Er erfordert gerade so viel Spiel, daß sich z. B. das Rad oder die Scheibe ohne Gewalt auf die Welle aufschieben läßt;

3. den Treib- oder Preßsitz für Paßstücke, die aufgetrieben oder aufgepreßt werden. Dieser Sitz verlangt daher die größte Genauigkeit.

Bei der Herstellung dieser Sitze kann man entweder von der „Einheitswelle“ oder von der „Einheitsbohrung“ ausgehen.

Bei der „Einheitswelle“ erhält die Welle überall den festliegenden Durchmesser, z. B. 50 mm, so daß die Lager, die Räder und Riemscheiben in ihrer Bohrung den betreffenden Sitz erhalten. Diese Passung verlangt daher einen Satz Grensrachenlehre für die Welle und für jeden Sitz der Bohrung einen Satz Bohrwerkzeuge und Grenzlehrdorne. Bei der Einheitsbohrung bleibt der Lochdurchmesser bei allen Werkstücken gleich, und die Bolzen erhalten die Sitze. Die Passung erfordert daher einen Satz Bohrwerkzeuge und Grenzlehrdorne und für die Sitze der Bolzen je einen Satz Grensrachenlehren. Die Einheitswelle verursacht daher höhere Werkzeugkosten als die Einheitsbohrung. Sind jedoch längere Wellen an verschiedenen Stellen auf verschiedene Sitze zu schleifen, so erfordert dies nicht nur höhere Löhne, sondern auch die Scheiben lassen sich nicht aufbringen. Der Triebwerksbau hat daher nach der Einheitswelle zu arbeiten. Die Lager und Nabenbohrungen erhalten daher die Sitze und die langen Wellen überall gleichen Durchmesser. Die Einheitsbohrung ist bei manchen Einzelteilen der Werkzeugmaschinen zweckmäßig, wie Handrädern, Kurbeln, Zahnrädern usw., die auf einem Bolzen sitzen. Hierbei erhalten die kurzen Bolzen die Sitze und das aufzubringende Stück die Einheitsbohrung. Man kann wohl sagen: Sind mehrere Passungen mit verschiedenen Sitzen auf eine Welle aufzubringen, so ist die Einheitswelle zu nehmen. Ist hingegen nur ein Stück auf einen Bolzen aufzupassen, so ist die Einheitsbohrung vorzuziehen, da man vollmäßige Bohrer und Reibahlen verwenden kann.

Zahlentafel über Grenzmaße für Durchmesser bis 100 mm¹⁾.

Grenzmaße für die Einheitsbohrung.

| Paßstücke Ø mm | Grenzlehrdorn für die Bohrung | | Rachenlehre für die Welle | | | | | |
|----------------------|-------------------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------|---------------|-------------------------|---------------|-------------------------|
| | | | Laufsitz | | Schiebesitz | | Treibsitz | |
| | Gut- seite | Aus- schuß- seite | Gut- seite | Aus- schuß- seite | Gut- seite | Aus- schuß- seite | Gut- seite | Aus- schuß- seite |
| 6—10 | —0,01 | + 0,01 | —0,015 | —0,025 | —0,007 | —0,012 | + 0,02 | ± 0,00 |
| 11—20 | —0,01 | + 0,01 | —0,015 | —0,03 | —0,01 | —0,015 | + 0,025 | ± 0,00 |
| 21—30 | —0,015 | + 0,015 | —0,02 | —0,035 | —0,012 | —0,02 | + 0,03 | ± 0,00 |
| 31—50 | —0,02 | + 0,015 | —0,025 | —0,045 | —0,012 | —0,025 | + 0,035 | ± 0,00 |
| 51—75 | —0,02 | + 0,02 | —0,03 | —0,05 | —0,012 | —0,03 | + 0,04 | ± 0,00 |
| 76—100 | —0,025 | + 0,02 | —0,035 | —0,06 | —0,015 | —0,035 | + 0,045 | ± 0,00 |

¹⁾ Rich. Weber & Co., Das Grenzlehrsystem.

Grenzmaße für die Einheitswelle.

| Paßstücke Ø mm | Rachenlehre für die Welle | | Lehrdorne für die Bohrung | | | | | |
|----------------------|---------------------------|-----------------|---------------------------|-----------------|-------------|-----------------|-----------|-----------------|
| | | | Laufsitz | | Schiebesitz | | Treibsitz | |
| | Gut-seite | Aus-schuß-seite | Gut-seite | Aus-schuß-seite | Gut-seite | Aus-schuß-seite | Gut-seite | Aus-schuß-seite |
| 6—10 | + 0,01 | — 0,01 | + 0,015 | + 0,03 | + 0,01 | + 0,018 | — 0,02 | ± 0,00 |
| 11—20 | + 0,01 | — 0,01 | + 0,018 | + 0,035 | + 0,01 | + 0,02 | — 0,025 | ± 0,00 |
| 21—30 | + 0,01 | — 0,01 | + 0,02 | + 0,04 | + 0,012 | + 0,022 | — 0,03 | ± 0,00 |
| 31—50 | + 0,01 | — 0,01 | + 0,025 | + 0,045 | + 0,012 | + 0,025 | — 0,035 | ± 0,00 |
| 51—75 | + 0,01 | — 0,01 | + 0,03 | + 0,05 | + 0,012 | + 0,03 | — 0,04 | ± 0,00 |
| 76—100 | + 0,01 | — 0,01 | + 0,035 | + 0,06 | + 0,015 | + 0,035 | — 0,045 | ± 0,00 |

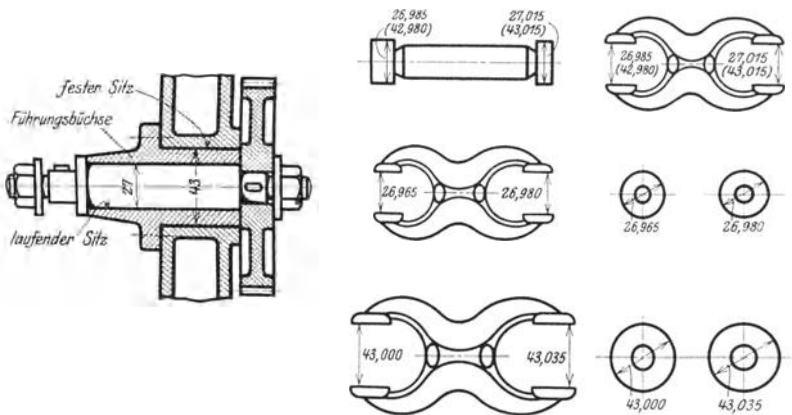


Abb. 248.

Aufgabe. Mit Hilfe der Zahlentafeln sollen die Arbeitslehren und Prüflehren für die Passungen in Abb. 248 berechnet werden. Wegen der kurzen Längen der Stücke ist die Einheitsbohrung zu wählen. Die Führungsbüchse ist mit festem Sitz in die Bohrung des Gußkörpers einzupassen. Zum Prüfen der 43 mm-Bohrung bedarf es eines Lehrdornes, der als Ausschußseite (+ 0,015) 43,015 mm Ø und als Gutseite (— 0,02) 42,98 mm Ø hat. Die Prüflehre muß eine Rachenlehre mit 43,015 und 42,98 mm Rachenweiten sein. Die Führungsbüchse ist mit einer Rachenlehre zu prüfen, deren Gutseite (+ 0,035) 43,035 und deren Ausschußseite 43,00 mm ist. Die zugehörigen Prüfmeßscheiben müssen 43,00 und 43,035 mm Ø haben. Der Zapfen von 27 mm Ø muß wegen des Öles mit laufendem Sitz eingepaßt werden. Die Bohrung der Führungsbüchse ist mit einem Grenzlehndorn zu prüfen, dessen Gutseite (— 0,015) 26,985 und dessen Ausschußseite (+ 0,015) 27,015 mm ist. Die Prüfrachenlehre muß als Rachenweiten 26,985 und 27,015 mm haben. Das Prüfen des laufenden Zapfensizes erfordert eine Rachenlehre mit der Gutseite (— 0,02) 26,980 mm und der Ausschußseite (— 0,035) 26,965 mm. Die Prüfmeßscheiben müssen daher 26,980 und 26,965 mm Ø haben.

spannen der Werkstücke eine Teilspindel hat. Am Spindelkopf hat sie Gewinde zum Aufschrauben eines Spannftutters und einen Morsekegel zum Einstecken eines Körners. Die Teilspindel ist in dem Spindelgehäuse sauber gelagert und mit der Ringmutter r nachzustellen. Zum Einstellen der Teilung dient die Teilscheibe mit der Teilkurbel, die durch das Schneckengetriebe $7/8$ die Teilspindel mit dem Werkstück dreht. Um hierbei volle Sicherheit für genaue Teilungen zu haben, besteht das Schneckenrad 8 aus 2 Zahnscheiben. Sie lassen sich gegenseitig verstellen und festklemmen und gleichen so jeden toten Gang in dem Getriebe aus.

Eine besondere Einrichtung erfordert noch das Fräsen von Kegelrädern und kegeligen Werkzeugen. Bei diesen Arbeiten muß das Kegelrad schräg gestellt werden, damit der Zahnfuß wagerecht liegt. Dies ist jedoch nur möglich, wenn sich das Spindelgehäuse wie eine Haubitze aufrichten läßt. Hierzu ist es um die Schneckenwelle drehbar und zwischen den Wangen des Außenkastens mit der Schraube S festzuklemmen.

Das Teilen mit einem Lochkreis. Sind mit der Teilkurbel z. B. $\frac{40}{57}$ Umdrehungen zu machen, so ist sie auf den Nenner-Lochkreis 57 der Teilscheibe einzustellen, auf dem man sie um die Löcher des Zählers, also um 40 Löcher, zu drehen hat. Um hierbei genügende Sicherheit gegen Verzählen zu haben, sitzt vor der Teilscheibe ein Winkel mit verstellbaren Schenkeln. Seine Schenkel z sind auf $40 + 1 = 41$ Löcher einzustellen. Wird dieser Winkel mit dem einen Zeiger z auf die Anfangsstellung der Kurbel gebracht, so gibt der andere jedesmal das Loch an, auf das die Teilkurbel einzustellen ist. Damit bei diesem Teilen die Übersicht über die Lochkreise nicht verloren geht, muß die lose Teilscheibe durch einen Riegel f festgestellt werden.

Das Teilen mit 2 Lochkreisen. Ist der Lochkreis 57 auf der Teilscheibe nicht vorhanden, so sind 2 benachbarte Lochkreise zu benutzen. Hierzu ist zu setzen: $\frac{40}{57} = \frac{21}{57} + \frac{19}{57} = \frac{7}{19} + \frac{1}{3} = \frac{7}{19} + \frac{5}{15}$.

Für die $\frac{7}{19}$ Umdrehungen ist die Teilkurbel auf Lochkreis 19 einzustellen, auf dem sie um 7 Löcher zu drehen ist. Für die $\frac{5}{15}$ Umdrehungen ist sie auf den Lochkreis 15 einzustellen und auf ihm um 5 Löcher zu verstellen. Damit hat die Teilkurbel $\frac{7}{19} + \frac{5}{15} = \frac{40}{57}$ Umdrehungen gemacht.

Das Fräsen von Stirnrädern. Die zu fräsenden Räder werden mit einem Dorn zwangläufig zwischen die Spitzen des Teilkopfes und Reitstockes gespannt (Abb. 250). Die Zahntiefe wird durch Hochkurbeln des Winkeltisches eingestellt. Das Werkzeug f , ein hinterdreher, rechts-

schneidender Scheibenfräser, sitzt auf dem Dorn der Frässpindel. Infolgedessen muß der Querschlitten Q die Räder W nach rechts zuschieben. Ist der Schnitt vollzogen, so ist Q in die Anfangsstellung zurückzukurbeln und die Räder mit dem Teilkopf zu teilen.

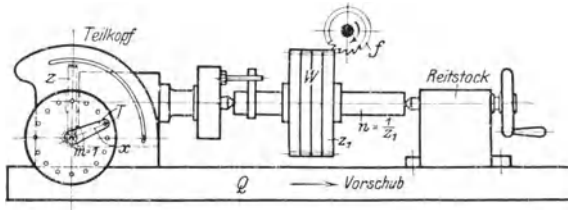


Abb. 250. Fräsen von Stirnrädern.

Berechnung der Umdrehungen der Teilkurbel. Haben die Räder W z_1 Zähne, so sind sie beim Teilen jedesmal um $\frac{1}{z_1}$ Umdrehungen zu drehen, also auch das Schneckenrad der Teilschnecke. Sind hierzu mit der Teilkurbel T x Umdrehungen zu machen, so verhält sich nach Abb. 250

$$\frac{x}{z_1} = \frac{z}{1},$$

vorausgesetzt, daß die Schnecke eingängig ist. Danach ist:

$$x = \frac{z}{z_1},$$

d. h. Umdrehungen der Teilkurbel = $\frac{\text{Zähnezahl des Schneckenrades}}{\text{Zähnezahl des Werkrades}}$

Aufgabe 1. Das zu fräsende Rad habe 25 Zähne.

Um die Zähnezahl des Schneckenrades zu bestimmen, macht man an den Spindelkopf und an das Spindelgehäuse Striche, die sich decken. Hierauf dreht man die Teilkurbel so oft, bis die Striche wieder zusammenkommen. Sind hierzu 40 Umdrehungen mit der Teilkurbel gemacht, so hat das Schneckenrad bei eingängiger Schnecke 40 Zähne.

$$\text{Umdrehungen der Teilkurbel} = \frac{\text{Schneckenrad}}{\text{Werkrad}} = \frac{40}{25} = 1 + \frac{15}{25}.$$

Die Teilkurbel ist daher auf den Lochkreis 25 einzustellen und jedesmal um eine volle Umdrehung + 15 Löcher zu drehen.

Aufgabe 2. Es ist ein Fräser mit 36 geraden Zähnen zu fräsen.

$$\text{Umdrehungen der Teilkurbel} = \frac{\text{Schneckenrad}}{\text{Werkstück}} = \frac{40}{36} = 1 + \frac{4}{36} = 1 + \frac{3}{27}.$$

Auf Lochkreis 27 sind mit der Teilkurbel T jedesmal eine ganze Umdrehung und 3 Löcher zu nehmen.

Das Fräsen von Spiralfräsern. Beim Spiralfräsen (Abb. 251) ist der Querschlitten Q mit der Drehscheibe des Arbeitstisches auf den Spiralwinkel β einzustellen. Dadurch kommt die Spirale in die Schnitt-

ebene des Fräfers. Soll nun der Fräser einen Spiralzahn oder, besser gesagt, einen Schraubenzahn herauschneiden, so muß das Werkstück nach 1 langsam gedreht und gleichzeitig nach 2 schräg zur Frässpindel vorgeschoben werden. Beide Bewegungen werden von der Querschlitzen-spindel q abgeleitet. Sie hat also den Querschlitzen Q bei jeder Umdrehung des Werkstückes um die Steigung der Spirale zu verschieben. Demnach wäre der Tischweg für eine volle Spirale gleich ihrer Steigung,

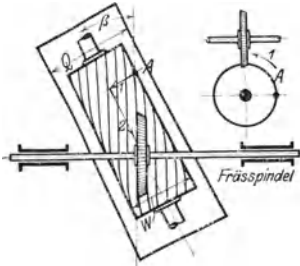


Abb. 251. Spiralfräser.

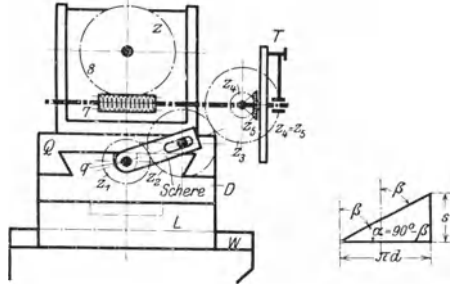


Abb. 252. Antrieb des Teilkopfes.

nach Abb. 252 $s = \pi d \cdot \operatorname{tg} \alpha$. Hierin ist $\alpha = (90 - \beta)$. Hat die Tischspindel q selbst die Steigung s_1 , so wird sie, um den Tischweg s hervorzubringen, $\frac{s}{s_1}$ Umdrehungen machen müssen, d. h.

$$\text{Umläufe der Tischspindel } n_q = \frac{\text{Steigung der Spirale}}{\text{Steigung der Tischspindel}}$$

Während die Tischspindel diese Umläufe macht, muß der Teilkopf mit dem Werkstück gerade eine volle Umdrehung ausführen. Dies besorgen in Abb. 252 die Wechselräder z_1, z_2, z_3 , die über die Kegelräder z_4, z_5 die Teilscheibe und die Teilkurbel, sowie das Schneckengetriebe $7/8$ des Teilkopfes treiben. Ihre Übersetzung ist daher:

$$\frac{z_1}{z_2} \cdot \frac{z_2}{z_3} \cdot \frac{z_4}{z_5} \cdot \frac{1}{z} = \frac{\text{Umdrehungen der Teilspindel}}{\text{Umdrehungen der Tischspindel}} = \frac{1}{n_q}$$

$$= \frac{1}{\text{Umdrehungen der Tischspindel}}$$

Da $z_4 = z_5$ ist, so ist die Übersetzung der 3 Wechselräder:

$$\frac{z_1}{z_3} = \frac{z}{n_q} = \frac{\text{Schneckenrad-Zähnezahl}}{\text{Tischspindel-Umdrehungen}}$$

Aufgabe. Es ist ein Spiralfräser von 80 mm \varnothing zu fräsen. Der Spiralewinkel sei 15° .

1. Nach Abb. 251 ist der Querschlitzen Q auf $\beta = 15^\circ$ zu stellen.

2. Berechnung der Wechselräder:

a) Steigung der Spirale. Nach Abb. 252 ist:

$$s = \pi \cdot d \cdot \operatorname{tg} \alpha = \pi \cdot 80 \cdot \operatorname{tg} 75 = 251,33,3,732,$$

$$s = 937,96 \text{ mm} = 36,9' \sim 37''.$$

b) Umdrehungen der Tischspindel bei $\frac{1}{4}''$ Steigung.

$$\text{Umdrehung der Tischspindel } n_q = \frac{s}{s_1} = \frac{37''}{\frac{1}{4}''} = 148.$$

Die Tischspindel muß also 148 Umdrehungen machen, wenn sich die Teilspindel einmal dreht.

c) Wechselräder: $\frac{z_1}{z_3} = \frac{\text{Zähnezahl des Schneckenrades}}{\text{Umdrehungen der Tischspindel}} = \frac{40}{148} = \frac{20}{74}$, d. h., treibendes Rad $z_1 = 20$ Zähne, getriebenes Rad $z_3 = 74$ Zähne, z_2 beliebig. Diese Wechselräder sind nach Abb. 252 einzubauen. Die Teilscheibe ist zu entriegeln und die Teilkurbel einzurücken, damit z_6 den Teilkopf treibt.

Das Fräsen von Schraubenrädern. Bei Schraubenrädern sind die Zähne nach einer Schraubenlinie zu schneiden. Das Fräsen der Schraubenräder ist daher ein Spiralfräsen. Der Teilkopf hat also dem Schraubenrade eine Umdrehung zu erteilen, während der Querschlitten es um die Steigung vorschiebt. Bei Schraubenrädern ist jedoch auf die Normal- und Stirnteilung zu achten (Abb. 253). Nach der Normal-

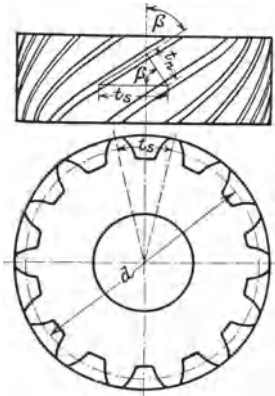


Abb. 253. Schraubenrad.

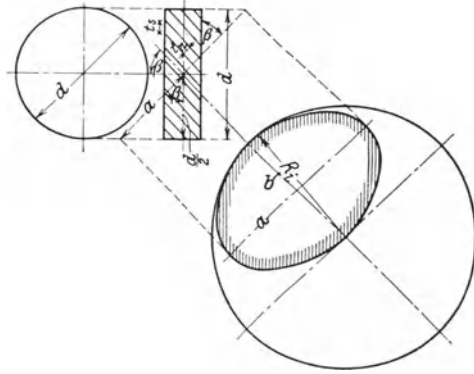


Abb. 254. Schraubenrad.

teilung t_n , d. i. der senkrechte Abstand zweier Zähne, ist der Fräser zu wählen, der durch die Lücke hindurch muß. Die Stirnteilung t_s , d. i. der Abstand zweier Zähne an der Stirn des Rades auf dem Teilkreise gemessen, ist für die Größe des Rades maßgebend.

Nach Abb. 253 ist: $\cos \beta = \frac{t_n}{t_s}$ und die Stirnteilung $t_s = \frac{t_n}{\cos \beta}$

oder die Stichzahl der Stirnteilung $M_s = \frac{M_n}{\cos \beta}$. Der Teilkreisdurchmesser des Rades ist daher $d = M_s \cdot Z$.

Aufgabe. Es ist ein Schraubenrad vom Modul 3 mit 31 Zähnen unter dem Spiralwinkel 50° zu fräsen.

1. Drehscheibe mit Querschlitten auf $\beta = 50^\circ$ einstellen.

2. Stichzahl der Stirnteilung: $M_s = \frac{M_n}{\cos \beta} = \frac{3}{\cos 50^\circ} = \frac{3}{0,643} = 4,665$.

3. Raddurchmesser im Teilkreis $d = M_s \cdot Z = 4,665 \cdot 31 = 144,62$ mm, Außendurchmesser = $144,62 + 2 \cdot 3 = 150,62$ mm.

4. Steigung der Schraubenlinie:

$$s = \pi d \cdot \operatorname{tg} \alpha, \quad \alpha = 90^\circ - 50^\circ = 40^\circ$$

$$= \pi \cdot 144,62 \cdot \operatorname{tg} 40^\circ = 452 \cdot 0,84 = 380 \text{ mm}$$

$$s = 380 \text{ mm} = 15''.$$

5. Umdrehungen der Tischspindel bei $1/4''$ Steigung $n_9 = \frac{s}{s_1} = \frac{15}{1/4} = 60$ Umdrehungen bei 1 Umdrehung des Teilkopfes.

6. Wechselräder = $\frac{\text{Zähnezahl des Schneckenrades}}{\text{Umdrehungen der Tischspindel}} = \frac{40}{60} = \frac{20}{30} = \frac{14}{21}$. Es sind also nach Abb. 252 $z_1 = 14, z_3 = 21$ einzubauen. Beim Fräsen ist die Teilscheibe zu entriegeln und die Teilkurbel einzurücken.

7. Einteilen des Rades: Teilscheibe verriegeln.

$$\text{Umdrehungen der Teilkurbel} = \frac{\text{Schneckenrad}}{\text{Werkrad}} = \frac{40}{31}$$

Die Teilkurbel ist also auf Lochkreis 31 einzustellen und jedesmal um eine volle Umdrehung + 9 Löcher zu drehen. Für die Auswahl des Fräfers ist die Stichzahl M_n und die Zähnezahl z_i eines gedachten Rades vom Halbmesser R_i der Schnittellipse senkrecht zu den Zähnen maßgebend (Abb. 254).

In Abb. 254 ist:

$$b = \frac{d}{2}$$

$$a = \frac{d}{2} \cdot \frac{1}{\cos \beta}$$

$$\text{Krümmungshalbmesser } R_i = \frac{a^2}{b} = \frac{d}{2} \frac{1}{\cos^2 \beta}$$

$$\text{Zähnezahl des gedachten Rades } z_i = \frac{2 R_i}{M_n} = \frac{d}{\cos^2 \beta} \cdot \frac{1}{M_n} = \frac{d}{\cos^2 \beta} \frac{1}{M_s \cdot \cos \beta}$$

Hierin:

$$\frac{d}{M_s} = z$$

$$z_i = \frac{z}{\cos^3 \beta} = \frac{31}{0,643^3} = 116.$$

Das Fräsen von Schneckenrädern erfordert wegen des ge-
windeartigen Zahnes ein Vorfräsen mit einem Scheibenfräser und ein
Nachfräsen mit einem Schneckenfräser. Zum Vorfräsen wird das
Schneckenrad zwischen Teilkopf T und Reitstock R zwangsläufig einge-
spannt und wegen der schrägen Zähne nach Abb. 255 die Drehscheibe
 D auf den Steigungswinkel α der Schnecke eingestellt. Dadurch
kommt der Zahn in die Schnittebene des Fräfers. Mit dem Querschlitzen Q
ist dann die Radmitte

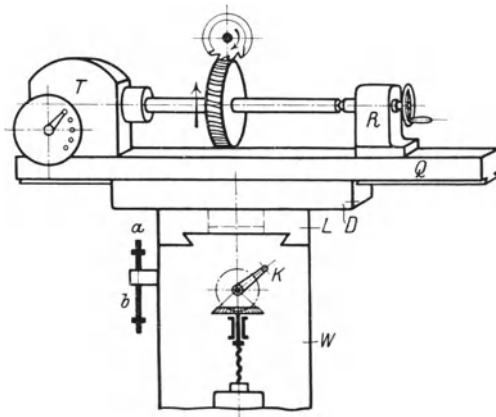


Abb. 255. Vorfräsen von Schneckenrädern.

auf den Fräser auszurichten. Beim Fräsen muß das Rad von unten her gegen den Fräser mit dem Winkeltisch W hoch gekurbelt werden. Dabei ist die nicht volle Zahntiefe durch den oberen Anschlag a festgelegt. Nach dem Schnitt ist W auf den unteren Anschlag b herabzusenken und das Rad mit dem Teilkopf T zu teilen. Das nach dem Teilverfahren vorgefräste Rad hat nur schräge Zähne. Die Schraubenzähne werden durch Nachfräsen nach dem Wälzverfahren erreicht. Das Rad wird hierzu mit dem Dorn freilaufend zwischen T und R gespannt und genau auf die Mitte des Schneckenfräasers ausgerichtet. Dabei muß die Drehscheibe D auf 0° stehen. Mit dem Winkeltisch W wird das Rad wieder gegen den Fräser hochgekurbelt, der sich auf dem vorgeschrittenen Zahnkranze abwälzt.

Aufgabe. Auf welchen Winkel ist die Drehscheibe des Tisches einzustellen beim Vorfräsen eines Schneckenrades, dessen Schnecke 20 mm Steigung und 48 mm \varnothing hat?

$$\text{Lösung. } \operatorname{tg} \alpha = \frac{20}{48 \pi} = 0,1326.$$

$$\alpha = 7^\circ 30'.$$

Beim Vorfräsen ist demnach die Drehscheibe auf $7^\circ 30'$ und beim Fertigfräsen auf 0° einzustellen,

Das Fräsen von Kegelrädern. Die allgemeine Fräsmaschine liefert nur Räder von hinreichender Genauigkeit. Der Teilkopf muß beim Fräsen von Kegelrädern wie eine Haubitze schräg gestellt werden, damit der Zahnfuß als tiefste Schnittlinie des Fräasers wagerecht liegt. Hierzu ist nach Abb. 256 der Teilkopf auf den Fräswinkel $\delta_1 - x$ einzustellen.

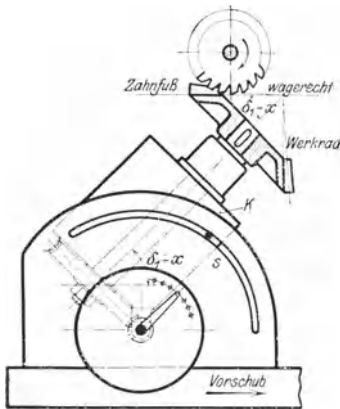


Abb. 256. Fräsen der Kegelräder.

Berechnung des Fräswinkels $\delta_1 - x$ für Rad I.

a) Kegelwinkel δ_1 . Nach Abb. 257 ist nach dem Sinussatz:

$$1. \frac{\sin \delta_1}{\sin \delta_2} = \frac{r_1}{r_2} = \frac{z_1}{z_2},$$

$$\alpha = \delta_1 + \delta_2 \text{ oder}$$

$$2. \delta_2 = \alpha - \delta_1.$$

2 in 1 eingesetzt, ergibt

$$\frac{\sin \delta_1}{\sin (\alpha - \delta_1)} = \frac{z_1}{z_2},$$

$$\sin \delta_1 = \frac{z_1}{z_2} \cdot \sin (\alpha - \delta_1) = \frac{z_1}{z_2} \cdot \sin \alpha \cos \delta_1 - \frac{z_1}{z_2} \cos \alpha \cdot \sin \delta_1,$$

$$\frac{\sin \delta_1}{\cos \delta_1} \left(1 + \frac{z_1}{z_2} \cos \alpha \right) = \frac{z_1}{z_2} \sin \alpha \frac{\cos \delta_1}{\cos \delta_1},$$

$$\operatorname{tg} \delta_1 = \frac{\frac{z_1}{z_2} \sin \alpha}{1 + \frac{z_1}{z_2} \cos \alpha}.$$

b) Fußwinkel x : In dem kleinen schraffierten Dreieck (Abb. 257) ist:

$$\operatorname{tg} x = \frac{f}{m}$$

und in dem großen Dreieck

$$\sin \delta_1 = \frac{r_1}{m}, \text{ also}$$

$$m = \frac{r_1}{\sin \delta_1}.$$

Demnach ist der Fußwinkel x aus $\operatorname{tg} x = \frac{f}{r_1} \sin \delta_1$ zu bestimmen.

Drehwinkel $\delta_1 + y$: Beim Drehen des Kegelkörpers ist der Werkzeugschlitten der Drehbank auf den Drehwinkel $\delta_1 + y$ einzustellen. In dem oberen kleinen Dreieck ist für den Kopfwinkel y :

$$\operatorname{tg} y = \frac{k}{m} = \frac{k}{r_1} \cdot \sin \delta_1.$$

Fräswinkel für Rad II = $\delta_2 - x$;
 hierin $\delta_2 = 90^\circ - \delta_1$
 Drehwinkel $\delta_2 + y$
 Schneiden sich die Wellen I und II unter $\alpha = 90^\circ$, so ist

$$\operatorname{tg} \delta_1 = \frac{\frac{z_1 \sin 90^\circ}{z_2}}{1 + \frac{z_1 \cos 90^\circ}{z_2}} = \frac{z_1}{z_2}$$

also für

$$\left. \begin{aligned} \alpha &= 90^\circ, \\ \operatorname{tg} \delta_1 &= \frac{z_1}{z_2} = \frac{r_1}{r_2} \end{aligned} \right\} \text{ nach Abb. 257.}$$

$$\text{und } m = \sqrt{r_1^2 + r_2^2}$$

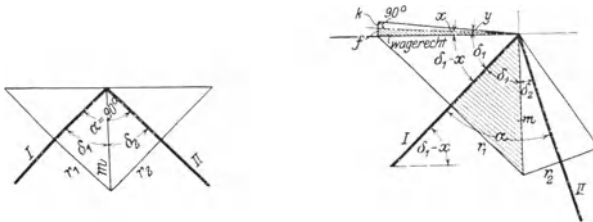


Abb. 257.

Aufgabe. Es sind 2 Kegelräder zu fräsen für Wellen, die sich unter 70° schneiden. Das größte Rad erhält 50 Zähne, das kleinste 25 Zähne. Teilung $M = 6$, Zahnkopf $k = M = 6$ mm, Zahnfuß $f = 1,26 M = 7,56 \sim 8$ mm.

Lösung. 1. Großes Rad:

Fräswinkel $\delta_1 - x$.

$$\text{Hierin } \operatorname{tg} \delta_1 = \frac{\frac{z_1 \sin \alpha}{z_2}}{1 + \frac{z_1 \cos \alpha}{z_2}}$$

$$\operatorname{tg} \delta_1 = \frac{\frac{50 \sin 70^\circ}{25}}{1 + \frac{50 \cos 70^\circ}{25}} = \frac{2 \cdot 0,94}{1 + 2 \cdot 0,34} = 1,12$$

$$\operatorname{tg} \delta_1 = 1,12$$

Kegelwinkel $\delta_1 = 48^\circ 10'$.

$$\operatorname{tg} x = \frac{f}{r_1} \cdot \sin \delta_1 = \frac{8}{150} \cdot 0,75.$$

Hierin

$$r_1 = M \cdot \frac{z}{2} = 6 \cdot \frac{50}{2} = 150 \text{ mm},$$

$$\operatorname{tg} x = 0,04,$$

$$x = 2^\circ 20'.$$

Fräswinkel $\delta_1 - x = 48^\circ 10' - 2^\circ 20' = 45^\circ 50'$.

Drehwinkel $\delta_1 + y$,

$$\operatorname{tg} y = \frac{k}{r_1} \cdot \sin \delta_1 = \frac{6}{150} \cdot 0,75 = 0,03.$$

Kopfwinkel $y = 1^\circ 40'$, demnach

$$\text{Drehwinkel } \delta_1 + y = 48^\circ 10' + 1^\circ 40' = 49^\circ 50'.$$

Die Drehscheibe des Werkzeugschlittens ist also auf $49^\circ 50'$ einzustellen.

2. Kleines Rad mit Kegelwinkel $\delta_2 = \alpha - \delta_1 = 70^\circ - 48^\circ 10' = 21^\circ 50'$.

Demnach: Fräswinkel $\delta_2 - x = 21^\circ 50' - 2^\circ 20' = 19^\circ 30'$,

$$\text{Drehwinkel } \delta_2 + y = 21^\circ 50' + 1^\circ 40' = 23^\circ 30'.$$

Der Fräser ist nach der Zahnzahl z_i eines gedachten Rades vom Halbmesser R_1 und R_2 zu wählen, d. h. nach den Erzeugenden der Ergänzungskegel.

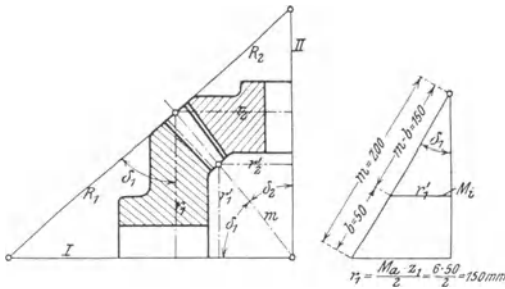


Abb. 258. Kegelräder.

Nach Abb. 258 ist:

$$\cos \delta_1 = \frac{r_1}{R_1} \text{ und } R_1 = \frac{r_1}{\cos \delta_1}$$

$$\text{ebenso } R_2 = \frac{r_2}{\cos \delta_2}$$

$$\text{Rad I: } z_i = \frac{2 R_1}{M_a}$$

$$= \frac{2 r_1}{M_a \cos \delta_1} = \frac{z_1}{\cos \delta_1}$$

$$= \frac{50}{0,667} \sim 75$$

$$\text{Rad II: } z_i = \frac{z_2}{\cos \delta_2} = \frac{25}{0,928} \sim 27$$

$$\text{Zahnbreite } b \leq \frac{1}{3} m$$

$$m = \frac{r_1}{\sin \delta_1} = \frac{150}{0,75} = 200$$

$$b \leq \frac{200}{3} = 66, \text{ gewählt } 50 \text{ mm.}$$

$$\text{Nach Abb. 258: } r_1' = r_1 \cdot \frac{m - b}{m} = 150 \cdot \frac{150}{200} = 112,5 \text{ mm}$$

$$\text{Stichzahl der inneren Teilung: } M_i = M_a \cdot \frac{r_1'}{r_1} = \frac{6 \cdot 112,5}{200} = 4,5$$

$$\text{größte Breite des Fräasers} = \frac{t_i}{2} = \frac{M_i \pi}{2} = 2,25 \cdot \pi = 7 \text{ mm.}$$

Beim Fräsen der Kegelräder ist zu beachten, daß, wie Abb. 259 zeigt, die Zahnlücken spitz zulaufen. Infolgedessen ist das Rad erst mit einem Vorfräser von der Form der inneren Zahnlücke, also Vorfräser für Rad I $M_i = 4,5$ und $z_i = 75$ und 7 mm dick, Vorfräser für Rad II $M_i = 4,5$, $z_i = 27$ und 7 mm dick, vorzufräsen. Zum Nachfräsen ist ein Fräser zu nehmen, der die äußeren Zahnflanken als Profil, aber nur die Breite der inneren Lücke hat, demnach Nachfräser für Rad I $M_a = 6$, $z_i = 75$, Dicke 7 mm, für Rad II $M_a = 6$, $z_i = 27$, Dicke 7 mm. Um mit diesem Nachfräser die vorgefrästen Lücken fertig zu fräsen, können 2 Wege eingeschlagen werden:

1. Damit der Nachfräser II beiderseits die Flanken herausschneidet, muß der Teilkopf mit dem Rade schräg auf dem Tische stehen und zwar für die linken Flanken schräg nach rechts und für die rechten Flanken schräg nach links. Es werdendabei zunächst sämtliche linken Flanken gefräst und hierauf sämtliche rechten. Der Teilkopf muß also unter dem Winkel α schräg zur Tischachse stehen. Nach Abb. 253 ist $\operatorname{tg} \alpha = \frac{b_a - b_i}{2b}$. Dieselbe Lage des Rades zur Tischachse erhält man, wenn man

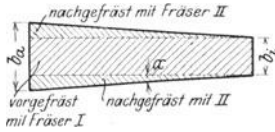


Abb. 259.

die Teilkurbel vor dem Fräsen der einen Flanken um einige Löcher nach links und für die Gegenflanken nach rechts stellt.

2. Das Rad wird wie vorhin vorgefräst. Das Nachfräsen geschieht mit einem gleichen Fräser II. Damit jedoch die spitze Zahnlücke entsteht, wird das Rad während des Fräsens mit dem Teilkopf etwas gedreht und zwar für die linken Flanken nach rechts und für die rechten Flanken nach links. Wird so das Rad dem Fräser zugeschoben, so muß er die spitzen Lücken herausschneiden. Bei diesem Verfahren können nacheinander die rechten und linken Flanken gefräst werden.

Aufgabe. Die Lücke sei außen 8 mm, innen 4 mm. Das Rad ist also im Teilkreis um $\frac{8-4}{2} = 2$ mm zu drehen. Hat der Teilkreis 300 mm Umfang, so muß er für das Spitzfräsen jeder Flanke um $\frac{2}{300} = \frac{1}{150}$ Umdrehung gedreht werden.

Demnach Umdrehungen der Teilkurbel = $\frac{\text{Schneckenrad}}{150} = \frac{40}{150} = \frac{4}{15} = \frac{8}{30}$, also Lochkreis 30, auf dem jedesmal 8 Löcher nach rechts oder links zu nehmen sind.

Das Fräsen von Scheibenfräsern. Die Fräserbahn ist in Abb. 260 $O'P'$, die beim Fräsen wagerecht liegen muß. Der Teilkopf muß daher wie in Abb. 261 auf $\alpha_2 = 90 - \alpha_1$ eingestellt werden.

Um den Winkel α_1 aus dem Mittelpunktswinkel α des Scheibenfräasers und dem Zahnwinkel β des arbeitenden Winkelfräasers zu berechnen, legt man in A' eine Senkrechte $E'E$ zur Fräserbahn und zeichnet das umgeklappte Dreieck $\mathcal{A}\mathcal{B}\mathcal{C}$, das β in wahrer Größe enthält.

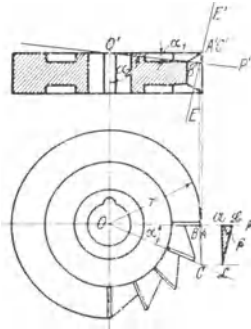


Abb. 260. Scheibenfräser.

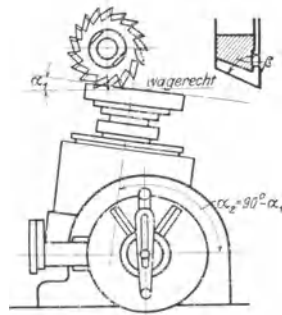


Abb. 261. Fräsen der Seitenzähne an Scheibenfräsern.

Im $\triangle O'A'B'$ ist:

$$\sin \alpha_1 = \frac{A'B'}{O'A'} = \frac{A'B'}{r}.$$

Im $\triangle A'B'C$ ist $A'B' = A'B'$ und $A'C = AC$:

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{A'C}{A'B'} = \frac{AC}{A'B'} \quad \text{und} \quad A'B' = \frac{AC}{\operatorname{tg} \beta}$$

und im $\triangle OAC$ ist $\operatorname{tg} \alpha = \frac{AC}{r}$, $AC = r \operatorname{tg} \alpha$, also $A'B' = r \cdot \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \beta}$,

$$\sin \alpha_1 = \frac{A'B'}{r} = \frac{r \cdot \operatorname{tg} \alpha}{r \cdot \operatorname{tg} \beta},$$

$$\sin \alpha_1 = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \beta}.$$

Da $\alpha_2 + \alpha_1 = 90^\circ$, so ist $\sin \alpha_1 = \cos \alpha_2 = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \beta}$ oder $\alpha_2 = 90^\circ - \alpha_1$.

Der Mittelpunktswinkel α ist bei z Zähnen des Scheibenfräasers $\alpha = \frac{360}{z}$.

Aufgabe. Es ist ein Scheibenfräser von 180 mm \varnothing mit 24 Zähnen zu fräsen. Der Winkelfräser hat $\beta = 70^\circ$:

Mittelpunktswinkel des Scheibenfräasers $\alpha = \frac{360^\circ}{z} = \frac{360}{24} = 15^\circ$.

$$\sin \alpha_1 = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \beta} = \frac{\operatorname{tg} 15^\circ}{\operatorname{tg} 70^\circ} = 0,0975.$$

$$\alpha_1 = 5^\circ 35'.$$

$$\text{Fräswinkel } \alpha_2 = 90 - \alpha_1 = 84^\circ 25'.$$

Das Fräsen von Winkelfräsern. Die Fräserbahn ist hier die Fußlinie $O'P'$, die wieder wagerecht liegen muß. Der Teilkopf ist daher auf den Fräswinkel $\alpha_2 = \alpha_3 - \alpha_4$ einzustellen. (Abb. 262.)

Wie vorhin ist auch hier zuerst der Zahnwinkel β des Arbeitswinkelfräasers in wahrer Größe darzustellen. Hierzu lege man durch die Spitze A' eines Zahnes senkrecht zu $O'P'$ eine Ebene. Die Schnittlinie

dieser Ebene $E'E$ mit der Grundkreisfläche des Kegels ist AC in wahrer Größe. Das um $E'E$ herumgeklappte Dreieck $\mathfrak{A}\mathfrak{B}\mathfrak{C}$ erscheint wieder in wirklicher Größe mit dem Zahnwinkel β des Arbeitsfräfers bei \mathfrak{B} .

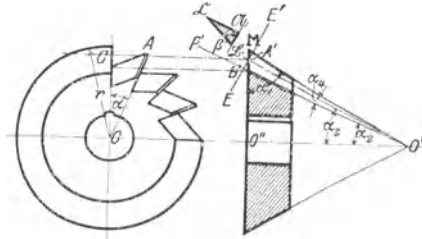


Abb. 262. Winkelfräser.

Der Fußwinkel α_4 läßt sich aus $\triangle A'B'O'$ bestimmen: $\sin \alpha_4 = \frac{A'B'}{O'A'}$. Es sind demnach $A'B'$ und $O'A'$ zu berechnen.

$A'B'$ aus $\triangle \mathfrak{A}\mathfrak{B}\mathfrak{C}$:

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{\mathfrak{A}\mathfrak{C}}{\mathfrak{A}\mathfrak{B}} = \frac{AC}{A'B'} \quad A'B' = \frac{AC}{\operatorname{tg} \beta}$$

In $\triangle OAC$: $\sin \alpha = \frac{AC}{r}$. $AC = r \cdot \sin \alpha$,

$$A'B' = r \cdot \frac{\sin \alpha}{\operatorname{tg} \beta}$$

$O'A'$ aus $\triangle O'O''A'$: $\sin \alpha_3 = \frac{A'O''}{A'O'}$, $A'O' = \frac{A'O''}{\sin \alpha_3}$;

$$A'O'' = OC = r \cdot \cos \alpha$$

$$A'O' = \frac{r \cdot \cos \alpha}{\sin \alpha_3}$$

Es war $\sin \alpha_4 = \frac{A'B'}{O'A'} = \frac{r \cdot \sin \alpha \cdot \sin \alpha_3}{\operatorname{tg} \beta \cdot r \cdot \cos \alpha} = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \beta} \cdot \sin \alpha_3$

$$\sin \alpha_4 = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \beta} \cdot \sin \alpha_3$$

Kegelwinkel α_3 .

Im $\triangle A'O'O''$ ist $\operatorname{tg} \alpha_3 = \frac{O''A'}{O'O''} = \frac{r \cdot \cos \alpha}{O'O''}$.

Im $\triangle O'O''M$ ist $\operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{O'O''}{r}$, $O'O'' = r \cdot \operatorname{tg} \alpha_1$,

$$\operatorname{tg} \alpha_3 = \frac{r \cdot \cos \alpha}{O'O''} = \frac{r \cdot \cos \alpha}{r \cdot \operatorname{tg} \alpha_1} = \frac{\cos \alpha}{\operatorname{tg} \alpha_1}$$

Fräswinkel $\alpha_2 = \alpha_3 - \alpha_4$.

Aufgabe. Es ist ein Winkelfräser mit 18 Zähnen zu fräsen. Der Zahnwinkel sei $\alpha_1 = 75^\circ$, der des Arbeitsfräfers $\beta = 70^\circ$.

Mittelpunktswinkel $\alpha = \frac{360}{z} = \frac{360}{18} = 20^\circ$

$$\operatorname{tg} \alpha_3 = \frac{\cos \alpha}{\operatorname{tg} \alpha_1} = \frac{\cos 20^\circ}{\operatorname{tg} 75^\circ} = 0,252$$

$$\alpha_3 = 14^\circ 10'$$

$$\sin \alpha_4 = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \beta} \cdot \sin \alpha_3 = \frac{\operatorname{tg} 20^\circ}{\operatorname{tg} 70^\circ} \cdot \sin 14^\circ 10' = 0,0325$$

$$\alpha_4 = 1^\circ 53',$$

$$\alpha_2 = \alpha_3 - \alpha_4 = 14^\circ 10' - 1^\circ 53' = 12^\circ 17'$$

$$\text{Fräswinkel } \alpha_2 = 12^\circ 17'.$$

Das Fräsen von Zahnstangen. Beim Fräsen von Zahnstangen muß das Teilen in der Querrichtung erfolgen. Die Teilkurbel muß daher wie in Abb. 263 durch die Wechselräder auf die Querschlitzenspindel wirken und jedesmal die Zahnstange um eine Teilung verschieben. Das Fräsen geschieht mit dem Längsschlitten, der die Stange auf den Fräser zuschiebt.

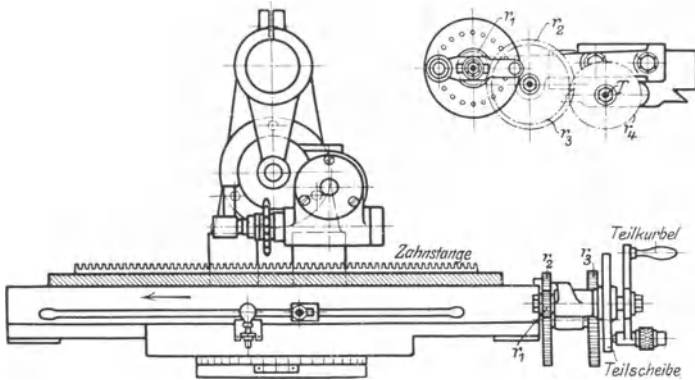


Abb. 263. Fräsen einer Zahnstange.

Aufgabe. Es ist eine Zahnstange von 25 mm Teilung zu fräsen. Die Tischspindel hat 8 mm Steigung. Sie muß daher für das Einteilen der Stange jedesmal $\frac{25}{8}$ Umdrehungen machen. Die Wechselräder haben die Übersetzung $\frac{r_4}{r_3} \cdot \frac{r_2}{r_1} = \frac{5}{4}$.

$$\text{Nach Abb. 263: } \frac{\text{Umdrehungen der Teilkurbel}}{\text{Umdrehungen der Tischspindel}} = \frac{r_4}{r_3} \cdot \frac{r_2}{r_1} = \frac{5}{4},$$

$$\text{Umdrehungen der Teilkurbel} = \frac{25}{8} \cdot \frac{5}{4} = \frac{125}{32} = 3 + \frac{29}{32},$$

also auf Lochkreis 32 sind 3 Umdrehungen + 29 Löcher zu nehmen.

8. Die Bearbeitung der Zahnräder.

a) Stirnräder.

Die Stirnräder werden heute gefräst, gehobelt, gestoßen und geschliffen.

a) Das Fräsen der Stirnräder kann erfolgen:

1. nach dem Teilverfahren (Abb. 264). Das Werkzeug für das Teilverfahren ist der hinterdrehte Scheibenfräser mit der Stichzahl

$$M = \frac{t}{\pi}, \text{ Evolventenverzahnung mit Eingriffswinkel } \beta = 15^\circ \text{ bei } z \geq 30.$$

Gegen Unterschnedungen ist bei $z = 20$, $\beta = 17\frac{1}{2}^\circ$, bei $z = 15$, $\beta = 22^\circ$, $z = 10$, $\beta = 22\frac{1}{2}^\circ$, $z = 8$, $\beta = 25^\circ$ zu wählen. Die Maschine führt den Fräser beim Arbeitsgang langsam durch das Rad hindurch und holt ihn hierauf schnell zurück. Am Ende des Rücklaufs wird das Rad durch die Teilvorrichtung der Maschine mit einem Ruck um eine Teilung weitergeteilt. Dieses Spiel wiederholt sich zmal. Das Ver-

fahren führt daher die Bezeichnung Teilverfahren. Für genaue Teilungen ist ein feiner Schlichtgang, bei hartem Stoff und größeren Teilungen gleichzeitiges Vor- und Nachfräsen zu emp-

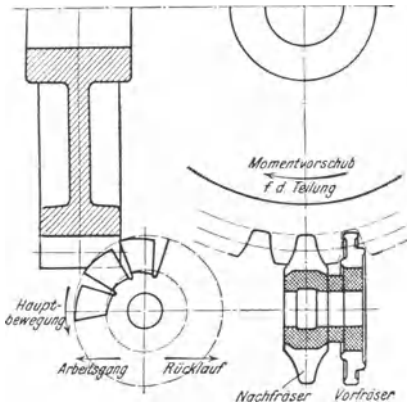


Abb. 264. Teilverfahren.

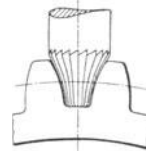


Abb. 265.

fehlen. Gegen schädliche Erwärmungen kann das Rad jedesmal um 3,4 oder 5 Zähne geteilt werden.

Das Teilverfahren läßt sich auch mit dem Kopf- oder Fingerfräser von der Form der Zahnflanke durchführen (Abb. 265). Die Maschine schiebt den Fräser zuerst bis auf die Zahntiefe gegen das Rad vor, schaltet hierauf den Vorschub ein, mit dem der Fräser durch die Lücke des Rades geht. Nach beendetem Schnitt zieht die Maschine den Fräser zurück und führt den Frässchlitten am Ständer schnell hoch. Hierauf setzt das Teilen des Rades ein. Äußerlich unterscheidet sich die Maschine von Abb. 117 dadurch, daß der Ständer um 90° gedreht ist, so daß die Frässpindel durch die Radachse gerichtet ist.

2. nach dem Wälzverfahren (Abb. 119). Das Werkzeug ist hierbei ein schneckenförmiger Fräser, der unter dem Steigungswinkel α zum Werkkrade stehen muß. Der Fräser macht, sobald z Zähne zu fräsen sind, z Umdrehungen bei jeder Umdrehung des Rades. Dabei wälzt er sich auf dem Kranze ab und geht gleichmäßig in Richtung *I* durch das Rad hindurch, das eine ständige langsame Drehbewegung *II* ausführt. Die Übersetzung zwischen Frässpindel und Aufspanndorn des Rades muß daher $\frac{1}{z}$ sein.

Das Teilverfahren erfordert theoretisch für jede Zähnezahl einen anderen Fräser, weil sich die Zahnflanke bekanntlich mit der Größe des Rades ändert. Die Praxis begnügt sich jedoch mit einem 8 oder 15fachen

Fräsersatz, mit dem alle Zähnezahlen derselben Teilung mit hinreichender Genauigkeit gefräst werden. Das Wälzverfahren erfordert für alle Zähnezahlen derselben Teilung nur einen einzigen Schneckenfräser, weil seine Zahnform immer gleich bleibt. Infolgedessen müßte das Wälzverfahren genauere Zahnformen ergeben als das Teilverfahren. Doch setzt dies voraus, daß der schwierige Schneckenfräser fehlerfrei hergestellt ist und daß sich der Zahnkranz beim Fräsen nicht verzieht. Bei Rädern unter 30 Zähnen liefert der Schneckenfräser unterschrittene Zähne. Die Genauigkeit ist daher auch beim Wälzverfahren nicht mehr als hinreichend, zumal die Zähne nie ganz glatt und sauber sind. Wann ist nun das Wälzverfahren wirtschaftlicher als das Teilverfahren? Der teure Schneckenfräser ist erst lohnend, wenn Satzräder zu bearbeiten sind. Dazu kommt, daß man mit ihm Stirn-, Schrauben- und Schneckenräder fräsen kann. Bei Einzelrädern mit seltener Teilung ist das Teilverfahren mit dem billigeren Scheibenfräser vorzuziehen. Hier macht ihm der Kopffräser das Arbeitsfeld streitig, namentlich bei schweren Einzelrädern.

β) Das Stoßen der Stirnräder erfolgt ebenfalls nach dem Wälzverfahren.

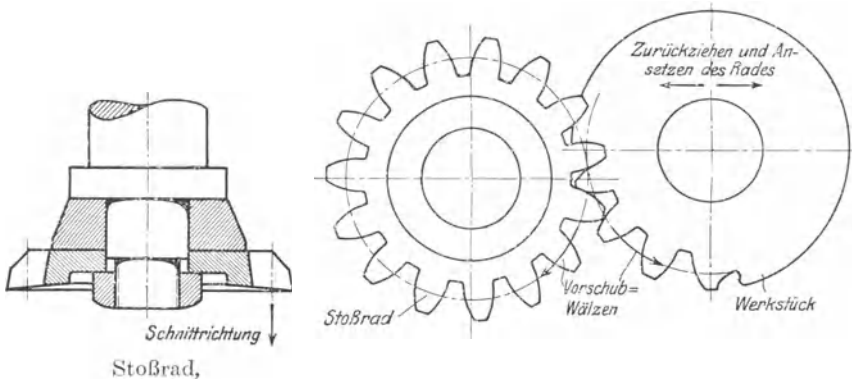


Abb. 266. Fellows Stoßwälzverfahren.

1. Das Fellows-Verfahren ist dem Wälzen, d. h. dem Zusammenarbeiten zweier Stirnräder nachgebildet, von denen eins die Flanken des anderen Rades stößt. Das Werkzeug ist demnach ein Stoßrad, das gewöhnlich 24 Zähne hat (Abb. 266).

Wie ist nun das Verfahren durchzuführen? Das Stoßrad (Abb. 266) wird durch den Stößel der Maschine nach unten geführt. Es stößt dabei die Berührungspunkte der kämmenden Flanken aus dem Vollen heraus. Hierauf geht der Stößel hoch, während das Werkrad durch den Arbeitstisch nach rechts zurückgezogen wird, damit die Schneiden des Stoßrades geschont bleiben. Vor dem nächsten Schnitt wird das Werkrad nach links wieder vorgeschoben, und durch eine Rucksteuerung

werden beide Räder etwas weiter gewälzt. Beim folgenden Niedergang des Stößels werden daher neue Berührungspunkte gestoßen. Auf diese Weise werden die Flanken beim Wälzen strichweise aus dem Vollen herausgestoßen. Hat das Werkrad eine Umdrehung gemacht, so ist es fertig. Das Verfahren läßt sich sowohl für Außenverzahnung als auch für Innenverzahnung verwerten.

2. Das Dietel-Verfahren ist dem Wälzen, d. h. dem Zusammenarbeiten von Zahnrad und Zahnstange nachgebildet (Abb. 134). Das Werkzeug ist ein Formstahl von der Gestalt des Zahnstangenzahnes. Das Dietelverfahren hat daher ein sehr einfaches Werkzeug. Soll der Zahnstangen-Formstahl die Zahnücke eines Rades strichweise herausstoßen, so muß er den abwärtsgehenden Stoß ausführen. Das Werkrad hat nach jedem Hochgang des Stahles eine ruckweise Drehbewegung und

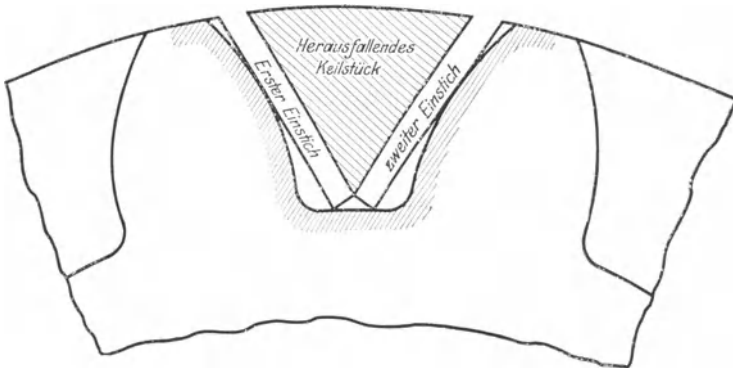


Abb. 267. Vorstoßen der Zahnücken.

zugleich eine gerade Bewegung zu machen. Soll nämlich der Punkt A_1 des Zahnstangen-Formstahles den Punkt A der Radflanke stoßen, so muß dies auf der Eingriffslinie im Punkte a geschehen. Da aber der Stahl stets in derselben Ebene stößt, so muß das Werkrad, während es um den Bogen aA nach links gedreht wird, um die Strecke aA_1 nach rechts verschoben werden. Damit geht die unter 15° geneigte Eingriffslinie durch A_1 . Das Verfahren wird auf der Stoßmaschine durchgeführt. Der Zahnstangen-Formstahl wird in den Stößel gespannt. Beim Niedergang des Stößels werden jedesmal 2 Striche der Lücke durchgestoßen. Der Arbeitstisch muß nach jedem Hochgang des Stößels eine Drehbewegung und eine entgegengesetzte, gerade Bewegung ausführen. Ist durch dieses Wälzen von Rad und Formstahl eine Lücke herausgestoßen, so wird der Tisch mit dem Rade in die Anfangsstellung zurückgeholt und das Rad für die nächste Zahnücke geteilt. Bei großen Teilungen wird nach Abb. 267 durch die beiden Einstiche zunächst ein Keil herausgestoßen, so daß der Formstahl nicht so viel Stoff zu zerspanen hat. Das Verfahren wird besonders angewandt bei Kammwalzen, deren Zähne

um die halbe Teilung versetzt sind. Hierbei wird zuerst der eine Kranz gestoßen, dann die Walze umgesteckt und hierauf der zweite Kranz gestoßen.

γ) Das Hobeln der Stirnräder wird ebenfalls nach dem Wälzverfahren vorgenommen. Das Werkzeug ist ein geradflankiger Hobelstahl (Abb. 134), der frei von Härtefehlern und genau geschliffen sein muß. Die Arbeitsweise ist die gleiche wie in Abb. 134, nur ist das Schleifrad S durch den obigen Hobelstahl zu ersetzen.

δ) Das Schleifen der Stirnräder geschieht nach der in den Abb. 133—136 dargestellten Verfahren nach dem Teil- oder Wälzverfahren.

b) Schraubenräder.

Die Schraubenräder können wie Stirnräder entweder nach dem Teil- oder dem Wälzverfahren geschnitten werden.

Bei dem Teilverfahren ist der Scheibenfräser wie bei dem Spiralfräsen unter dem Spiralwinkel β schräg zum Rad zu stellen. Das Verfahren gleicht dem Spiralfräsen auf der allgemeinen Fräsmaschine (Abb. 253). Neuerdings wird das Teilverfahren mit dem Scheibenfräser nur sehr wenig angewandt. Das Teilverfahren mit dem Kopffräser wird bei schweren Rädern viel gebraucht. Das Verfahren ist dasselbe wie bei Stirnrädern, nur muß das Werkrad um den Sprung a gedreht werden, während der Fräser die Radbreite b zurücklegt.

Das Wälzverfahren wird auch hier mit dem Schneckenfräser nach Abb. 268 durchgeführt. Sind Fräser und Rad rechtsgängig oder beide linksgängig, so ist die Drehscheibe des Frässchlittens auf $\beta - \alpha$ einzustellen, sind beide nicht

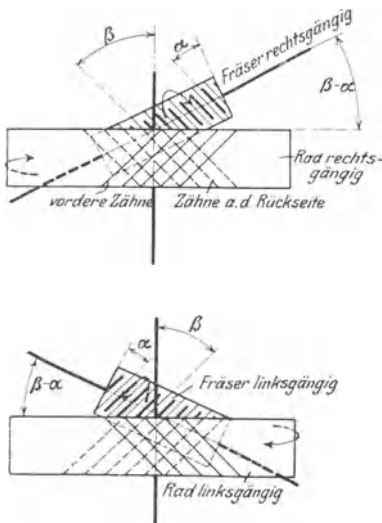


Abb. 268. Fräsen der Schraubenräder.

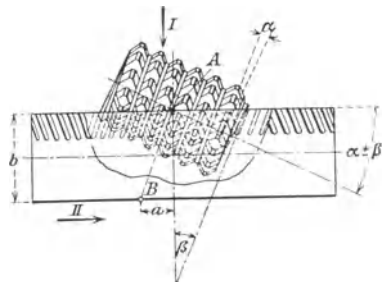


Abb. 269.

gleichgängig, so ist der Einstellwinkel des Fräsers $\alpha + \beta$. Soll nun die Maschine die Schraubenzähne $A B$ gesetzmäßig fräsen, so muß

das Rad außer der Wälzbewegung II noch um den Sprung a voreilen, während der Fräser nach I um b durch das Rad hindurchgeführt wird (Abb. 269). Die Voreilbewegung a kann auch der Fräser ausführen. Hat z. B. der Fräser nach I einen Vorschub von 1 mm, und ist die Radbreite $b = 60$ mm, so müßte das Rad 60 Umläufe machen, sobald Stirnräder zu fräsen sind. Hat das Schraubenrad einen Sprung $a = t$, so muß es bei $z = 36$ um $\frac{1}{36}$ Umlauf schneller laufen, d. h., $60 + \frac{1}{36}$ Umläufe machen, während der Fräser 60×36 Umläufe macht.

$$\text{Übersetzung } \varphi = \frac{60 + \frac{1}{36}}{60 \cdot 36} = \frac{2161}{36 \cdot 2161}$$

c) Schneckenräder.

Schneckenräder können mit dem zylindrischen oder dem kegeligen Schneckenfräser geschnitten werden. Beim Fräsen von Schneckenrädern (Abb. 270) ist der Schneckenfräser F mit der Drehscheibe des Fräschlittens auf 0° einzustellen, so daß sich Radachse und Fräserachse rechtwinkelig kreuzen. In dieser Stellung ist der Fräser genau auf die Mittelebene des Rades auszurichten. Der Fräser hat bei jeder Umdrehung des Rades z Umdrehungen zu machen, und das Rad muß bis zur vollen Zahntiefe nach 3 auf den Fräser zugehen. Dieses Wälzverfahren mit dem zylindrischen Schneckenfräser ist dem Zusammenarbeiten von Schnecke und Schneckenrad nachgebildet.

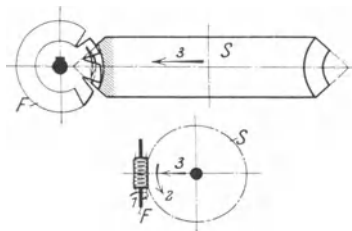


Abb. 270. Fräsen von Schneckenrädern.

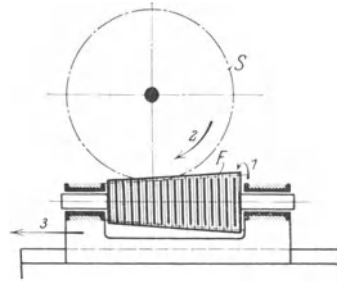


Abb. 271. Reinecker-Verfahren.

Bei dem Reinecker-Verfahren wird ein kegeliger Schneckenfräser angewandt (Abb. 271). Das Verfahren ist dem Gewindeschneiden mit dem Gewindebohrer nachgebildet. Der Fräser hat auch hier z Umläufe bei jeder Umdrehung des Rades zu machen. Dabei wälzt er sich auf dem Kranze des Rades ab. Soll mit diesem Kegelfräser die volle Zahntiefe herausgeholt werden, so muß der Frässlitten nach 3 allmählich auf das Rad zugehen. Dadurch kommen die vollen Gänge schließlich zum Schnitt. Das Rad selbst muß eine Voreilbewegung entsprechend dem Vorschube ausführen.

d) Kammwalzen und Pfeilräder.

Die Pfeilräder und die Kammwalzen mit Pfeilzähnen sind Schraubenträger, deren Zähne halb rechtsgängige und halb linksgängige Schraubengänge sind. Sie werden mit einem Kopf- oder Fingerfräser geschnitten, der der senkrechten Lückenform entsprechen muß. Das Fräsen von Pfeilrädern erfordert daher nach Abb. 272 folgende Arbeitsweise der Maschine:

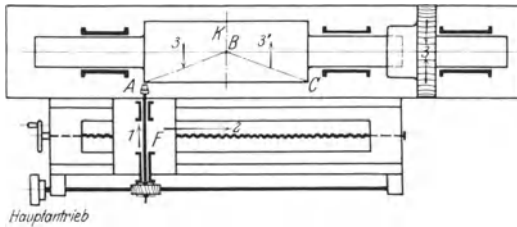


Abb. 272. Fräsen von Kammwalzen.

Der Fräser muß zuerst durch eine Vorschubsteuerung bis zur vollen Zahntiefe in die Walze eindringen. Dieser Vorschub 1 wird wie bei der Bohrmaschine durch einen Anschlag ausgerückt. Hierauf schaltet die Maschine den Längsvorschub 2 des Frässlittens F und die langsame Drehbewegung 3 der Walze K ein. Durch diese gleichzeitige Doppelbewegung entsteht der Schraubengang $A-B$. Ist der Fräser bei B in der Mitte der Walze angekommen, so steuert ein Wendegetriebe die Drehbewegung 3 der Walze nach $3'$ um.

Da der Frässlitten nach 2 weitergeht, so entsteht der rechtsgängige Schraubengang BC . In C zieht die Maschine den Fräser zurück, der Frässlitten läuft schnell in seine Anfangsstellung, und der Teilkopf teilt die Walze um eine Teilung weiter. Hierauf wiederholt sich das Spiel von neuem.

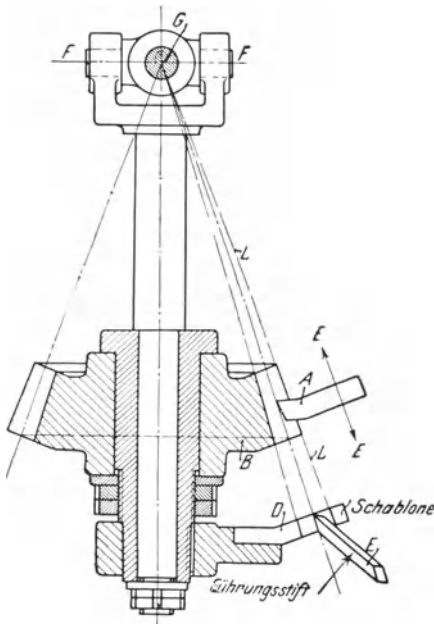


Abb. 273. Kegelräderröbelmaschine nach Lehre arbeitend.

e) Kegelräder.

Die Kegelräder werden entweder gehobelt, gefräst oder geschliffen. Das Hobeln der Kegelräder geschieht auf Kegelräderröbelmaschinen, die entweder nach einer Lehre oder nach dem Wälzverfahren arbeiten.

Die Kegelräderröbelmaschinen arbeiten nach einer Lehre. Da bei den Kegelrädern

alle Erzeugenden der Zahnflanken durch die Kegelspitze gehen (Abb. 273), so ist die Grundbedingung fürs Kegelräderr Hobeln, daß alle Schnitte des Hobelstahls durch die Kegelspitze gerichtet sind. Der Hobelstahl A sitzt hierzu an einem Stößel, der in der Richtung E die Schnitte durch die Kegelspitze vollführt. Das Werkrad B sitzt auf einem Dorn, der um die Kegelspitze G drehbar ist. Für das Anstellen des Rades nach der gewölbten Zahnform trägt der Aufspanndorn einen Arm mit der Zahnlehre D . Nach jedem Rücklauf des Stößels schiebt die Maschine das Kegelrad nach rechts vor. Dabei wird die Lehre D durch ein Gewicht ständig gegen den Leitstift E gedrückt. Richtet man die Maschine so aus, daß der Berührungspunkt zwischen Lehre D und Leitstift E , sowie die Schneide des Hobelstahls A und die Kegelspitze G auf einer Geraden liegen, so müssen alle Schnitte in Richtung EE durch die Kegelspitze gerichtet sein. Wird dabei das Kegelrad nach der Lehre des Zahnes gegen A vorgeschoben, so muß der Hobelstahl die Lehre am Rade nachbilden.

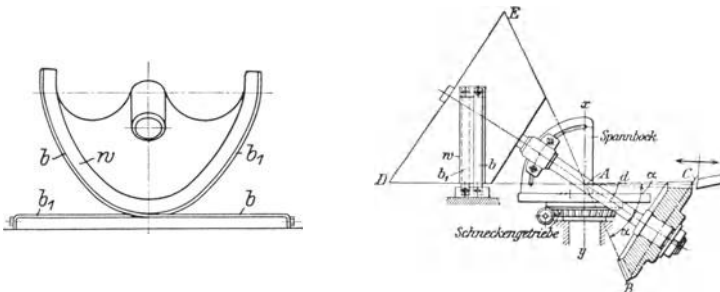


Abb. 274. Bilgram-Kegelräderrhobelmaschine nach dem Wälzverfahren.

Von den Kegelräderrhobelmaschinen nach dem Wälzverfahren ist die Bilgram-Maschine die bekannteste. Das Kegelrad (Abb. 274) sitzt auf einem Dorn d , der an dem Spannbock D unter dem Kegelwinkel α festgespannt wird. Der Hobelstahl erfährt durch den Stößel der Maschine stets dieselbe Schnitttrichtung. Zum Wälzen des Rades auf dem Hobelstahl sitzt am Gegenende des Dornes d ein Wälzbogen w . Er ist nichts anderes als ein Schnitt durch den Ergänzungskegel DAE , also eine Ellipse. Für die Wälzbewegung ist diese Ellipse mit 2 Stahlbändern b b_1 gegenseitig an dem Bett befestigt. Wird nun der Spannkasten D durch ein Schaltwerk, das auf das Schneckengetriebe wirkt, langsam gedreht, so macht der Aufspanndorn d mit dem Kegelrade 2 Bewegungen, nämlich

1. eine Bewegung um die Achse $x-y$, die durch das Schneckengetriebe verursacht wird;
2. eine Wälzbewegung um die Achse des Aufspanndornes d , die durch den Wälzbogen w hervorgerufen wird.

Durch diese Wälzbewegung wälzt sich die Zahnflanke auf dem Hobelstahl ab. Die Maschine hobelt die Räder dabei wie folgt: Nach

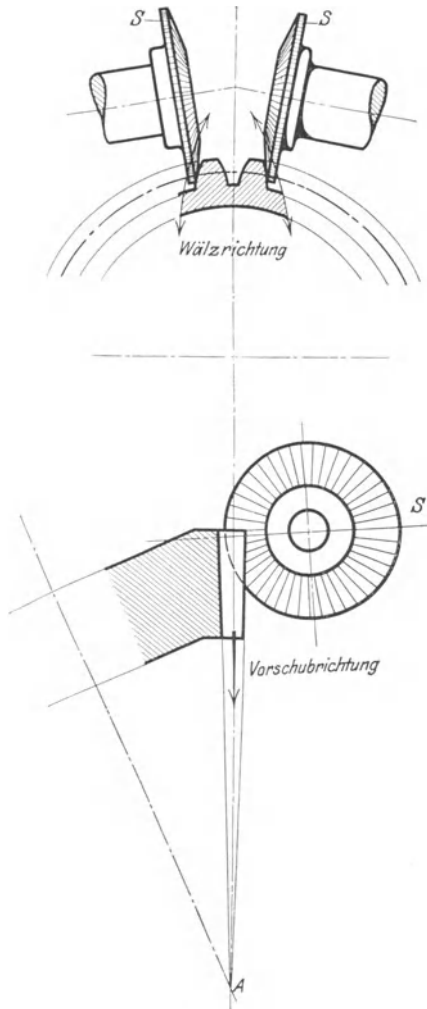


Abb. 275. Fräsen von Kegelrädern nach dem Wälzverfahren.

jedem Schnitt des Stahles wird das Rad durch den Teilkopf um einen Zahn selbsttätig weitergeschaltet, so daß zwischen je 2 Schnitten an demselben Zahn eine ganze Umdrehung des Rades liegt. Der Abstand dieser beiden Schnitte ist der Vorschub, der durch den Wälzbogen erzeugt wird. Die Räder werden mit einem Stahl vorgeschritten und jede Flanke mit je einem Stahl nach dem Wälzverfahren nachgeschritten. Da mit der Radgröße sich auch der Winkel α ändert, so gehört eigentlich zu jedem Rade ein anderer Wälzbogen. Man begnügt sich jedoch praktisch mit einem Satz Wälzbogen.

Das Fräsen der Kegelräder geschieht auf Kegelräderräsmaschinen, von denen die Warren-Maschine in ihrer Arbeitsweise in Abb. 275 dargestellt ist. Die Maschine arbeitet nach dem Wälzverfahren. Die Werkzeuge sind 2 Scheibenfräser von 120 mm Durchmesser, die an den Außenflanken zweier Nachbarzähne angreifen. Die Fräser erhalten einen Vorschub nach der Kegelspitze A , dabei wälzen sie sich auf der Zahnflanke ständig ab. Die Maschine liefert daher bei jedem Durchgang 2 fertige Flanken. Für

den nächsten Schnitt ist das Rad um eine Teilung weiterzuschalten.

Das Schleifen der Kegelräder geschieht wie das Hobeln in Abb. 274, nur muß der Stahl durch die Schleifscheibe ersetzt werden.

Viertes Kapitel.

Berechnungen.

1. Der Schnittdruck und der Arbeitsbedarf einer Werkzeugmaschine.

a) Der Schnittdruck bei einschneidigen Werkzeugen.

Der an der Schneide des Stahles auftretende Schnittdruck W_1 (Abb. 276) wächst mit dem Spanquerschnitt q und der Festigkeit K_z des zu bearbeitenden Stoffes. Es ist daher $W_1 = qK_z$.

Da jedoch beim Spanabnehmen Reibungswiderstände zu überwinden sind und die Beschaffenheit der Schneide mitspielt, so ist statt der Zerreißfestigkeit K_z die Stoffzahl $K = aK_z$ zu setzen.

Schnittdruck $W_1 = q \cdot K$ (kg).

Diese Gleichung gilt für alle einschneidigen Werkzeuge, wie Drehsthle, Hobelsthle, Stomeiel, Bohrmesser u. dgl.

Ist der Vorschub δ mm und die Spantiefe s mm, so ist der Spanquerschnitt $q = \delta \cdot s$ qmm.

Die Stoffzahl ist: $K = a \cdot K_z$ kg/qmm.

Werte für a :

$a = 2,5$ bis $3,2$ für das Bearbeiten von Schmiedeeisen und Stahl.

$a = 4$ bis 5 bis 6 „ „ „ „ Gußeisen.

Wie Abb. 276 zeigt, drückt sich die Schneide des Stahles um das Stück AB in das Werkstück ein. Infolgedessen müssen auf den Stahl

1. der Druck W_1 entgegen der Arbeitsrichtung auf die Brust der Schneide wirken und
2. der Druck W_2 senkrecht zum Rücken der Schneide.

Soll der Stahl beim Arbeiten nicht „hacken“, so muß der Druck gegen den Rücken der Schneide mindestens ebenso groß sein, wie der Druck auf die Schneide. Für die Berechnung der Abmessungen einer Maschine setzt man daher

$$W_2 = W_1.$$

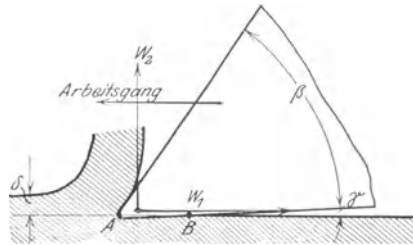


Abb. 276. Schnittdruck bei einschneidigen Werkzeugen.

Ist der Durchmesser des größten Werkstückes = D mm, so ist das Drehmoment der Drehspindel:

$$M = W_1 \frac{D}{2} \text{ kgmm.}$$

Außerdem wirkt biegend auf die Spindel der Rückdruck W_2 und das Gewicht des Werkstückes. Doch ist zu beachten, daß der Schnittdruck dem Gewicht des Werkstückes entgegenwirkt und die Spindel entlastet.

Beispiel für die Berechnung des Schnittdruckes: Auf einer Drehbank ist eine Welle aus Schmiedeeisen von 40 kg Festigkeit abzdrehen. Die Spantiefe ist 5 mm, der Vorschub 2 mm.

$$\text{Schnittdruck } W_1 = q \cdot K,$$

$$\text{hierin Spanquerschnitt } q = s \cdot \delta = 5 \cdot 2 = 10 \text{ qmm,}$$

$$\text{Stoffzahl } K = aK_z = 3 \cdot 40 = 120 \text{ kg/qmm,}$$

$$W_1 = 10 \cdot 120 = 1200 \text{ kg,}$$

$$W_2 = 1200 \text{ kg.}$$

Die Vorschubkraft kann zu 0,5 W_1 bis W_1 gesetzt werden.

b) Der Schnittdruck bei Lochbohrern.

Der Bohrer schneidet mit zwei Schneiden (Abb. 277). Ist der Bohrvorschub δ mm und der Durchmesser des Bohrers d mm, so nimmt jede Schneide einen Span von $q = \frac{d}{2} \cdot \frac{\delta}{2}$ qmm. An jeder Schneide ist daher der Rückdruck

$$W_2 = qK = \frac{d}{2} \cdot \frac{\delta}{2} \cdot K \text{ (kg).}$$

Aus dem Rückdruck W_2 läßt sich auch

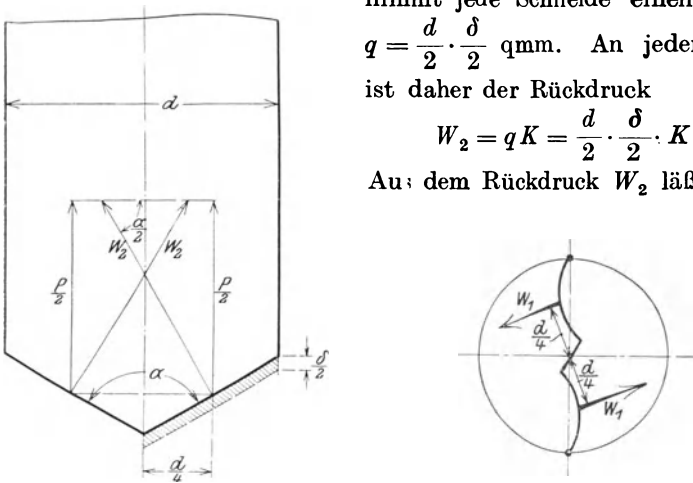


Abb. 277. Schnittdruck bei Bohren.

den Schaltdruck P der Schaltzahnstange ermitteln. Nach Abb. 277 ist

$$\sin \frac{\alpha}{2} = \frac{P}{2W_2}$$

$$\frac{P}{2} = W_2 \cdot \sin \frac{\alpha}{2} = \frac{d}{2} \cdot \frac{\delta}{2} \cdot K \cdot \sin \frac{\alpha}{2}$$

$$\text{Schaltdruck } P = 2 \cdot \frac{P}{2} = d \cdot \frac{\delta}{2} \cdot K \cdot \sin \frac{\alpha}{2}.$$

Das Drehmoment des Bohrers und der Bohrspindel ist nach Abb. 277:

$$M = 2 W_1 \cdot \frac{d}{4}$$

$$W_1 = W_2$$

$$M = 2 \cdot \frac{d}{2} \cdot \frac{\delta}{2} \cdot K \cdot \frac{d}{4} = \frac{d^2}{8} \cdot \delta \cdot K \text{ kgmm.}$$

Bei Spiralbohrern $\alpha = 120^\circ$ und $\frac{\alpha}{2} = 60^\circ$.

$$\text{Schaltdruck } P = d \cdot \frac{\delta}{2} \cdot K \cdot \sin \frac{\alpha}{2} = 0,433 d \cdot \delta \cdot K.$$

$$\text{Drehmoment } M = \frac{d^2}{8} \cdot \delta \cdot K.$$

Bei Kanonenbohrern $\alpha = 180^\circ$ und $\frac{\alpha}{2} = 90^\circ$.

$$\text{Schaltdruck } P = d \cdot \frac{\delta}{2} \cdot K \cdot \sin \frac{\alpha}{2} = 0,5 d \cdot \delta \cdot K.$$

$$\text{Drehmoment } M = \frac{d^2}{8} \cdot \delta \cdot K.$$

Beispiel. Ein Loch von 75 mm Durchmesser ist in S-M-Stahl von 65 kg Festigkeit bei 0,5 mm Vorschub zu bohren.

$$\text{Schaltdruck } P = 0,433 \cdot d \cdot \delta \cdot K.$$

Hierin $d = 75$ mm, $\delta = 0,5$ mm, $K = 3,2 \cdot K_z = 208$ kg,

$$P = 0,433 \cdot 75 \cdot 0,5 \cdot 208 = \sim 3400 \text{ kg.}$$

$$\text{Drehmoment } M = \frac{d^2}{8} \cdot \delta \cdot K = 7300 \text{ kgmm.}$$

Arbeitsverbrauch des Bohrers

$$N = \frac{2 W_1 \cdot v}{75 \cdot 60} = 2 \cdot \frac{d \cdot \delta}{2 \cdot 2} \cdot K \cdot \frac{v}{60 \cdot 75}$$

$$= 2 \cdot \frac{75 \cdot 0,5}{2 \cdot 2} \cdot 208 \cdot \frac{20}{60 \cdot 75} \sim 17 \text{ PS.}$$

c) Der Schnittdruck bei Fräsen.

Würde der Fräser stillstehen und das Werkstück mit $c \frac{\text{m}}{\text{Sek}}$ vorge-schoben (Abb. 278), so ist der Arbeitsaufwand für dieses Hobeln $A = q \cdot K \cdot c = b \cdot s \cdot K \cdot c$ mkg. Der mit $v \frac{\text{m}}{\text{Sek}}$ laufende Fräser hat den gleichen Arbeitsverbrauch $A = W_1 v$

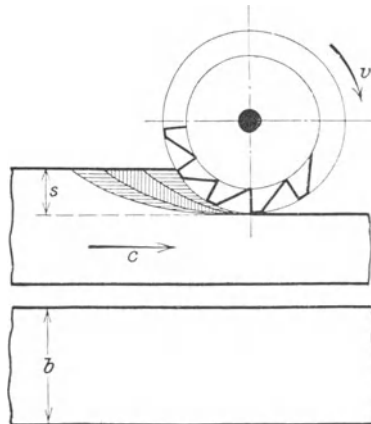


Abb. 278. Schnittdruck des Fräasers.

$$W_1 \cdot v = b \cdot s \cdot K \cdot c$$

Schnittdruck des Fräasers: $W_1 = b \cdot s \cdot K \cdot \frac{c}{v}$ (kg).

Hierin ist b = Spanbreite in mm, s = Spantiefe in mm, c = Vorschub in mm/Sek. = $\frac{n \cdot \delta}{60}$, wenn δ = Vorschub für 1 Umdrehung ist und v = Schnittgeschwindigkeit in mm/Sek.

Die Gleichung $W_1 = b \cdot s \cdot K \cdot \frac{c}{v}$ lehrt, daß auch beim mehrschneidigen Werkzeug der Schnittdruck mit der Spantiefe und der Spanbreite, sowie der Festigkeit des zu bearbeitenden Stoffes wächst. Er wächst ebenso mit der Größe des Vorschubes c , weil bei großem Vorschub jeder Fräserzahn stärkere Späne zu nehmen hat als bei kleinem Vorschub. Dagegen nimmt der Schnittdruck mit der Schnittgeschwindigkeit v ab, weil bei großer Umfangsgeschwindigkeit auf die einzelnen Zähne schwächere Späne kommen.

Der quer zur Fräserachse gerichtete Druck ist $R = \sqrt{W_1^2 + W_2^2} = 1,4 W_1$ und das Drehmoment für die Frässpindel $M = W_1 \frac{D}{2}$, hierin D = Durchmesser des Fräasers.

Beispiel. Es ist von einem Gußstück von 300 mm Breite eine Schicht von 5 mm Tiefe bei 300 mm Schnittgeschwindigkeit und 1 mm Vorschub i. d. Sek. abzufräsen.

$$\text{Schnittdruck } W_1 = b \cdot s \cdot K \cdot \frac{c}{v} = 300 \cdot 5 \cdot 100 \cdot \frac{1}{300} = 500 \text{ kg.}$$

$$\text{Druck senkrecht zur Fräserachse } R = 1,4 \cdot W_1 = 700 \text{ kg.}$$

d) Der Schnittdruck bei Lochwerkzeugen.

Bei den Lochmaschinen (Abb. 176) nimmt man, um glatte Lochwandungen zu erhalten, den Stempeldurchmesser $d_1 = d - \frac{1}{8} s$, wenn d die Lochweite und s die Blechstärke in mm ist. Dem Lochring gibt man einen Durchmesser $d_2 = d + \frac{1}{8} s$ mm oder man wählt auch $d_1 = d$ und $d_2 = d + \frac{1}{4} s$. Bei Feinblechen muß zur Vermeidung von Grat der Stempel genau in den Lochring passen. Um die Reibungswiderstände beim Lochen zu vermindern, wird der Stempel von der Schneidkante ab nach oben etwas verjüngt und der Lochring schwach kegelig gehalten.

Der Schnittwiderstand wächst auch hier mit dem herauszuscherenden Querschnitt:

$$W_1 = d\pi \cdot s \cdot K.$$

Die Stoffzahl K ist hier etwa $1,7 \times$ Schubfestigkeit.

Der Hub des Stempels ist etwa gleich der 2 bis 3fachen Blechstärke zu nehmen und die Schnittgeschwindigkeit zu $c = 15-20$ mm/Sek.

e) Der Schnittdruck bei Scheren.

Bei den Scheren (Abb. 175) läßt sich der Schnittdruck in ähnlicher Weise bestimmen.

Bei den gleichlaufenden Scherblättern ist bei der Schnittbreite b und der Blechdicke s :

$$W_1 = q \cdot K = b \cdot s \cdot K.$$

Bei den um den Winkel δ gegeneinander geneigten Scherblättern (Abb. 177) ist nach H. Fischer

$$W_1 = \frac{0,225 s^2}{\text{tg } \delta} \cdot K$$

und für $\delta = 9^\circ$

$$W_1 = 1,4 s^2 \cdot K.$$

Schnittgeschwindigkeit = 15 bis 30 mm/Sek.

| | | |
|---------------|-----------------------|--------|
| Stahlblech | $K = 60-70$ | kg/qmm |
| Schmiedeeisen | $\text{,,} = 40-60$ | „ |
| „ (dunkelrot) | $\text{,,} = 12-20$ | „ |
| Kupferblech | $\text{,,} = 25-40$ | „ |
| Zinkblech | $\text{,,} = 9-15$ | „ |
| Zinn | $\text{,,} = 2-3$ | „ |
| Blei | $\text{,,} = 1,5-2,4$ | „ |

f) Der Arbeitsbedarf der Werkzeugmaschinen.

Der Arbeitsbedarf einer Werkzeugmaschine hängt von so vielen Umständen ab, daß eine genaue Bestimmung nur durch Messungen möglich ist. Jede Rechnung ergibt nur Annäherungswerte.

1. Berechnung des Arbeitsbedarfs aus Schnittdruck und Schnittgeschwindigkeit.

Hat die Maschine den Schnitt mit einer Schnittgeschwindigkeit von v m i. d. Sek. zu vollziehen, und ist der Schnittwiderstand an der Schneide des Stahles W_1 kg, so ist

$$\text{die reine Schnittarbeit} = W_1 v \text{ mkg/Sek.} = \frac{W_1 v}{75} \text{ PS.}$$

Berücksichtigt man die Reibungswiderstände in der Maschine durch den Wirkungsgrad η , so ist

der wirkliche Arbeitsbedarf einer Werkzeugmaschine mit kreisender Hauptbewegung

$$N = \frac{W_1 \cdot v}{75} \cdot \frac{1}{\eta} \text{ (PS),}$$

einer Werkzeugmaschine mit gerader Hauptbewegung

$$N = \frac{W_1 c}{75} \cdot \frac{1}{\eta} \text{ (PS)}$$

Hierin ist W_1 = Schnittdruck in kg.

c oder v = Schnittgeschwindigkeit in m/Sek.

Wirkungsgrade: $\eta \sim 0,7$ bei Drehbänken, Bohrmaschinen, Fräsmaschinen gewöhnlicher Bauart.

$\eta = 0,6$ bei Hobelmaschinen.

$$\eta = \frac{W_1 v}{75} \cdot \frac{1}{N} \text{ oder } \frac{W_1 c}{75} \cdot \frac{1}{N}$$

Die Vorschubarbeit, die der Antriebsriemen oder die Antriebsräder des Vorschubes zu leisten haben, ist

$$N_v = \frac{\text{Vorschubkraft} \times \text{Vorschubgeschwindigkeit}}{75}$$

$$N_v = 0,5 W_1 \frac{n \delta}{60} \cdot \frac{1}{75} \text{ bis } W_1 \cdot \frac{n \delta}{60} \cdot \frac{1}{75} \text{ (PS)}$$

Hierin ist δ = Vorschub in m/Umdr. und n = Umläufe/Min.

Beispiel 1. Wie groß ist der Arbeitsbedarf der Drehbank im Beispiel auf S. 198, wenn die Schnittgeschwindigkeit $v = 20$ m/Min. = $\frac{20}{60}$ m/Sek. ist?

$$N = \frac{W_1 \cdot v}{75} \cdot \frac{1}{\eta} = \frac{1200 \cdot 20}{75 \cdot 60} \cdot \frac{1}{0,7} \sim 7,6 \text{ PS.}$$

Wie groß ist die Arbeit des Vorschubriemens?

Hat die Welle 65 mm Durchmesser, so muß sie bei $v = 20$ m/Min.

$n = \frac{v}{\pi d} = \frac{20}{0,204} = 100$ Umläufe machen. Da der Vorschub/Umdr. =

2 mm ist, so ist die Vorschubgeschwindigkeit = $\frac{n \cdot \delta}{60} = \frac{100 \cdot 0,002}{60} =$

$\frac{1}{300}$ m/Sek.

Demnach ist $N_v = \frac{W_1}{300} \cdot \frac{1}{75} = \frac{1200}{300 \cdot 75} = 0,05 \text{ PS.}$

2. Die Berechnung des Arbeitsbedarfs aus Spanleistung und Leergangarbeit.

Der Arbeitsbedarf N einer Werkzeugmaschine setzt sich zusammen aus der Leergangarbeit N_1 und der Nutzarbeit N_2 . Hiernach wäre

$$N = N_1 + N_2 \text{ (PS.)}$$

Die Leergangarbeit N_1 wird im wesentlichen von der Größe der Maschine, der Anzahl ihrer Vorgelege und deren Umdrehungen abhängen.

Die Nutzarbeit N_2 hat E. Hartig auf das Gewicht der in einer Stunde abgedrehten Späne bezogen. Leistet die Maschine in 1 Std. G kg Späne, und ist ε der Arbeitsaufwand in PS. für 1 kg/Std., so ist

$$N_2 = \varepsilon G \text{ (PS).}$$

Werte für ϵ und N_1 nach Hartig.

1. Drehbänke¹⁾: Bei einem mittleren Spanquerschnitt $q = 2,8$ qmm ist für
 Gußeisen $\epsilon = 0,069$ PS.,
 Schmiedeeisen „ = 0,072 „
 Stahl „ = 0,104 „

$$N_1 = 0,1 \text{ bis } 0,7 \text{ PS.}$$

3. Bei elektrischem Antrieb

$$N = \frac{\text{Volt} \times \text{Amp.}}{735} \cdot \frac{1}{\eta_m}$$

$\eta_m =$ Wirkungsgrad des Motors = 0,8 bis 0,95.

2. Berechnung der Antriebe.

Aufgabe. Es ist der Antrieb einer Drehbank für allgemeine Zwecke zu berechnen. Die kleinste Umlaufzahl sei 10, die größte 360 i. d. Min. Die Drehbank soll Stufenscheibenantrieb für 8 Geschwindigkeiten erhalten.

Lösung. Die Umläufe einer Werkzeugmaschine richtet man nach einer geometrischen Reihe ein.

1. Geometrische Reihe der Umläufe: $n_1, n_2 = n_1 q, n_3 = n_1 q^2 \dots$
 $n_z = n_1 q^{z-1}$, wenn $z =$ Anzahl der Geschwindigkeiten ist.

$$\begin{aligned} \text{Nach Aufgabe ist } n_8 &= n_1 q^{8-1} = n_1 q^7 \\ 360 &= 10 q^7 \end{aligned}$$

$$\text{Quotient der Reihe } q = \sqrt[7]{\frac{360}{10}} = 1,669.$$

Reihe der theoretischen Umläufe:

| | | | | | | |
|---------------------|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|----------------------|
| mit Vor- gelegen | { | $n_1 = 10$ $n_2 = n_1 \cdot q = 10 \cdot 1,669 = 16,7$ $n_3 = n_1 \cdot q^2 = 10 \cdot 1,669^2 = 27,8$ $n_4 = n_1 \cdot q^3 = 10 \cdot 1,669^3 = 46,5$ | | $n_5 = 10 \cdot 1,669^4 = 77,5$ $n_6 = 10 \cdot 1,669^5 = 129,3$ $n_7 = 10 \cdot 1,669^6 = 215,7$ $n_8 = 10 \cdot 1,669^7 = 360$ | } | ohne Vor- gelegen |
|---------------------|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|----------------------|

2. Umläufe des Deckenvorgeleges bei gleichen Stufenscheiben:

Nach Abb. 279 ist für Riemenlage I: $\frac{d_1}{d_4} = \frac{n}{n_5}$

„ IV: $\frac{d_1}{d_4} = \frac{n_8}{n}$

$$n^2 = n_5 \cdot n_8$$

$$n = \sqrt[2]{n_5 \cdot n_8} = \sqrt[2]{77,5 \cdot 360} = 167 \sim 165.$$

Deckenvorgelege $n = 165$.

3. Stufenscheibe: Nach Abb. 279 $\frac{d_1}{d_4} = \frac{n_8}{n} = \frac{360}{165} = 2,18$.

Da das kleinste Rad mit seiner Nabe in die kleinste Stufe gesteckt werden muß, so sei $d_4 = 100$ mm gewählt. Damit ist $d_1 = 100 \cdot 2,18 = 218 \sim 220$ mm. Die Stufenscheibe soll arithmetisch abgestuft werden, d. h. gleichen Sprung zwischen den 3 Stufen erhalten;

$$\text{Sprung} = \frac{d_1 - d_4}{3} = \frac{220 - 100}{3} = 40 \text{ mm.}$$

Stufendurchmesser $d_4 = 100, d_2 = 140, d_3 = 180, d_1 = 220$ mm.

Die Stufenbreite sei zu 65 mm gewählt.

¹⁾ WT 1907, S. 80, 366, 391.

Abmessungen der Stufenscheibe:

Stufendurchmesser: 100, 140, 180, 220 mm.

Stufenbreite: 65 mm.

4. Rädervorgelege: Liegt der Riemen auf d_1 , so läuft die Stufenscheibe mit $n_5 = 77,5$ Umläufen und die Arbeitsspindel bei eingerückten Vorgelegen mit $n_1 = 10$. Die Rädervorgelege haben daher die 77,5 Umläufe der Stufenscheibe auf 10 Umläufe der Drehspindel zu übersetzen.

$$\frac{r_1}{R_1} \cdot \frac{r_2}{R_2} = \frac{10}{77,5} = \frac{1}{7,75} = \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{2,58}$$

Nach Abb. 279: $r_1 + R_1 = r_2 + R_2 = 156$ mm.

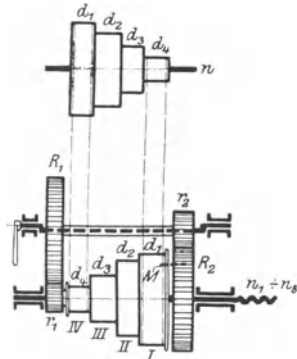


Abb. 279. Stufenriemenantrieb.

$$\begin{aligned} \text{Aus } \frac{r_1}{R_1} &= \frac{1}{3} \\ \frac{r_1 + R_1 = 156}{r_1 = 78 \text{ } \emptyset, R_1 = 234 \text{ } \emptyset} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{r_2}{R_2} &= \frac{1}{2,58} \\ \frac{r_2 + R_2 = 156}{r_2 = 87 \text{ } \emptyset, R_2 = 225 \text{ } \emptyset} \end{aligned}$$

Teilung der Räder: Der Riemen läuft auf I mit $v_r = \frac{\pi \cdot 0,22 \cdot 77,5}{60} = 0,86$ m/Sek. Geschwindigkeit. Er kann daher bei dem kleinsten Stufendurchmesser von 100 mm mit etwa $p = 2$ kg/cm belastet werden. Bei 6 cm Riemenbreite ist daher die Durchzugskraft $Z = 6 \cdot 2 = 12$ kg.

Zahndruck am Rade r_1 :

$$\begin{aligned} Z \cdot \frac{d_1}{2} \cdot 0,95 &= P r_1, \\ P &= \frac{12 \cdot 11 \cdot 0,95}{3,9} = 32 \text{ kg.} \end{aligned}$$

Teilung: $P = c \cdot b \cdot t$, hierin $b = 3,5$ t, $c = 24$

$$\begin{aligned} 32 &= 24 \cdot 3,5 t^2 \\ t &= 6,2 \text{ mm} \\ M &= 2. \end{aligned}$$

Die Räder r_1 und R_1 erhalten $M = 2$ und $z_1 = \frac{78}{2} = 39$, $Z_1 = \frac{234}{2} = 117$

Zähne bei 30 mm Breite.

Zahndruck am Rade R_2 :

$$\begin{aligned} 0,95^3 Z \cdot \frac{d_1}{2} \cdot \frac{R_1}{r_1} \cdot \frac{R_2}{r_2} &= P \cdot R_2 \\ P &= \frac{12 \cdot 11 \cdot 7,75 \cdot 0,95^3}{\frac{22,5}{2}} = 78 \text{ kg.} \end{aligned}$$

Teilung: $P = c b t$.

$$\begin{aligned} 78 &= 24 \cdot 3,5 t^2 \\ t &= 9,29 \\ M &= 3. \end{aligned}$$

Die Räder r_2 und R_2 erhalten $M = 3$ und $z_2 = \frac{87}{3} = 29$ und $Z_2 = \frac{225}{3} = 75$ Zähne bei 40 mm Breite.

Abmessungen der Räder.

| Rad | Stichzahl M | Zähne | Breite | Teilkreis Ø | Kopfkreis Ø | Stoff |
|-------|----------------|-------|--------|----------------|----------------|----------|
| r_1 | 2 | 39 | 30 | 78 | 82 | Gußeisen |
| R_1 | 2 | 117 | 30 | 234 | 238 | „ |
| r_2 | 3 | 29 | 40 | 87 | 93 | „ |
| R_2 | 3 | 75 | 40 | 225 | 231 | „ |

5. Wirkliche Umläufe der Maschine:

$$n_6 = 165 \cdot \frac{220}{100} = 363 \qquad n_4 = 363 \cdot \frac{39}{117} \cdot \frac{29}{75} = 47$$

$$n_7 = 165 \cdot \frac{180}{140} = 212 \qquad n_3 = 212 \cdot \frac{39}{117} \cdot \frac{29}{75} = 28$$

$$n_8 = 165 \cdot \frac{140}{180} = 128 \qquad n_2 = 128 \cdot \frac{39}{117} \cdot \frac{29}{75} = 16$$

$$n_5 = 165 \cdot \frac{100}{220} = 75 \qquad n_1 = 75 \cdot \frac{39}{117} \cdot \frac{29}{75} = 10$$

Aufgabe. Es soll ein Stufenrädernetriebe für 6 Geschwindigkeiten berechnet werden. Die kleinste Umlaufzahl sei 30, die größte 390. Die Drehbank soll Späne von 1,6 qmm Querschnitt bei Schmiedeeisen von 40 kg/qmm Festigkeit und bei 20 m/Min. Schnittgeschwindigkeit nehmen.

Lösung: 1. Arbeitsbedarf der Maschine: $N = \frac{W_1 \cdot v}{75} \cdot \frac{1}{\eta}$.

Hierin Schnittdruck $W_1 = q \cdot K = 1,6 \cdot 2,5 \cdot 40 = 160$ kg.

Schnittgeschwindigkeit $v = \frac{20}{60} = \frac{1}{3}$ m/Sek.

$$N = \frac{160 \cdot 1}{75 \cdot 3} \cdot \frac{1}{0,7} \approx 1 \text{ PS.}$$

Arbeitsbedarf ≈ 1 PS.

2. Riemscheibe und Riemen: Die Einscheibe E soll für den Arbeitsbedarf von 1 PS 300 Umläufe machen und 250 mm Ø erhalten.

$$\text{Riemengeschwindigkeit } v_r = \frac{\pi \cdot 0,25 \cdot 300}{60} = 4 \text{ m/Sek.}$$

$$\text{Riemenleistung } N = \frac{Z \cdot v_r}{75} \text{ und}$$

$$\text{Durchzugskraft } Z = \frac{75 \cdot N}{v_r} = \frac{75 \cdot 1}{4} = 19 \text{ kg.}$$

$$\text{Riemenbreite } b = \frac{Z}{p} = \frac{19}{4} = 5 \text{ cm.}$$

Abmessungen der Riemscheibe: 250 mm Ø, 60 mm Breite, 300 Umläufe, Breite des Riemens 50 mm.

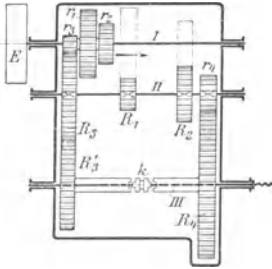
3. Theoretische Umläufe der Maschine:

$$n_1 = 30, n_6 = 390.$$

Geometrische Reihe: $n_2 = n_1 q, n_3 = n_1 q^2 \dots n_6 = n_1 q^5$.

$$\text{Quotient der Reihe: } q = \sqrt[5]{\frac{n_6}{n_1}} = \sqrt[5]{\frac{390}{30}} = 1,67.$$

| | | | |
|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| mit Vor- legen | $\left\{ \begin{array}{l} n_1 = 30 \\ n_2 = 30 \cdot 1,67 = 50,1 \\ n_3 = 30 \cdot 1,67^2 = 83,7 \end{array} \right.$ | $\left\{ \begin{array}{l} n_4 = 30 \cdot 1,67^3 = 139,7 \\ n_5 = 30 \cdot 1,67^4 = 233,4 \\ n_6 = 30 \cdot 1,67^5 = 390 \end{array} \right.$ | ohne Vor- lege |
|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|



4. Räderpaare: Das Stufenrädernetz soll die Anordnung in Abb. 280 erhalten. Da die Räder R_3, R_3' gleich sind, so macht die Welle II mit $\frac{r_1}{R_1} 390$, mit $\frac{r_2}{R_2} 233,4$ und mit $\frac{r_3}{R_3} 139,7$ Umläufe.

Danach sind die Übersetzungen:

$$\frac{r_1}{R_1} = \frac{390}{300} = \frac{13}{10}, \quad \frac{r_2}{R_2} = \frac{233}{300} = \frac{7}{9}, \quad \frac{r_3}{R_3} = \frac{140}{300} = \frac{7}{15}$$

Wegen des gleichen Achsenabstandes ist in Abb. 280

$$r_1 + R_1 = r_2 + R_2 = r_3 + R_3 = \frac{195}{2} = 97,5 \text{ mm.}$$

Abb. 280. Einscheibenantrieb mit Stufenrädernetz.

Durchmesser der Räder:

$$\text{a) } r_1 + R_1 = \frac{195}{2}$$

$$\frac{r_1}{R_1} = \frac{13}{10}$$

$$R_1 = 84 \text{ mm } \varnothing, r_1 = 111 \text{ mm } \varnothing.$$

$$\text{b) } r_2 + R_2 = \frac{195}{2}$$

$$\frac{r_2}{R_2} = \frac{7}{9}$$

$$R_2 = 110 \text{ mm } \varnothing, r_2 = 85 \text{ mm } \varnothing.$$

$$\text{c) } r_3 + R_3 = \frac{195}{2}$$

$$\frac{r_3}{R_3} = \frac{7}{15}$$

$$R_3 = 132 \text{ mm } \varnothing, r_3 = 63 \text{ mm } \varnothing.$$

Übersetzung des Räderpaares $\frac{r_4}{R_4}$:

Mit den Räderpaaren $\frac{r_3}{R_3}, \frac{r_4}{R_4}$ werden die 300 Umläufe von E auf 30 Umläufe von III übersetzt,

$$\frac{r_3}{R_3} \cdot \frac{r_4}{R_4} = \frac{30}{300} = \frac{1}{10}$$

hierin

$$\frac{r_3}{R_3} = \frac{7}{15}$$

$$\frac{r_4}{R_4} = \frac{15}{70} = \frac{3}{14}$$

$$\frac{R_3 + R_3' = r_4 + R_4 = 132}{R_4 = 218 \text{ mm } \varnothing; r_4 = 46 \text{ mm } \varnothing.}$$

Teilung der Räder r_1 bis R_4 .

Das kleinste Rad r_3 bekommt den größten Zahndruck.

$$P \cdot r_3 = Z \frac{25}{2} \cdot 0,95,$$

$$P \frac{6,3}{2} = 20 \cdot \frac{25}{2} \cdot 0,95.$$

$$P = 75 \text{ kg.}$$

$$P = c b t.$$

$$75 = 24 \cdot 3,5 t^2 \text{ (Gußeisen)}$$

$$t = 9,5 \text{ mm}$$

$$M = 3.$$

Die Räder r_1 bis R_3 erhalten die Stichzahl 3.

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Zähnezahlen: $z_1 = \frac{111}{3} = 37$ $Z_1 = \frac{84}{3} = 28$ $z_3 = \frac{63}{3} = 21$ $Z_3 = \frac{132}{3} = 44$ | $z_2 = \frac{85}{3} = 28$ bei 84 mm \varnothing $Z_2 = \frac{110}{3} = 37$ „ 111 „ \varnothing $Z_3' = Z_3 = 44.$ |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Teilung von r_4 und R_4
 Zahndruck an R_4 .

$$P \cdot R_4 = Z \cdot \frac{25}{2} \cdot \frac{15}{7} \cdot \frac{65}{14} \cdot 0,85$$

(0,85 = 0,95³ für 2 Wellen und 1 Räderpaar),

$$P \cdot \frac{21,8}{2} = 20 \cdot \frac{25}{2} \cdot \frac{15}{7} \cdot \frac{14}{3} \cdot 0,85$$

$$P = 195 \text{ kg.}$$

Stahlräder $c = 70$:

$$P = c \cdot 4 t^2$$

$$195 = 70 \cdot 4 t^2$$

$$t = 8,5 \text{ mm}$$

$$M = 3.$$

$$z_4 = \frac{46}{3} = 15 \text{ bei } 45 \text{ mm } \varnothing$$

$$Z_4 = \frac{218}{3} = 73 \text{ „ } 219 \text{ „ } \varnothing$$

Räderabmessungen:

| Rad | Stichzahl M | Zähne | Teilkreis \varnothing mm | Kopfkreis \varnothing mm | Breite mm | Stoff | Bemerkungen |
|--------|-------------|-------|----------------------------|----------------------------|-----------|-----------|------------------|
| r_1 | 3 | 37 | 111 | 117 | 40 | Schm. Guß | |
| R_1 | 3 | 28 | 84 | 90 | 40 | „ | Modell von R_1 |
| r_2 | 3 | 28 | 84 | 90 | 40 | „ | Modell von r_1 |
| R_2 | 3 | 37 | 111 | 117 | 40 | „ | |
| r_3 | 3 | 21 | 63 | 69 | 40 | „ | |
| R_3 | 3 | 44 | 132 | 138 | 40 | „ | |
| R_3' | 3 | 44 | 132 | 138 | 40 | „ | Modell von R_3 |
| r_4 | 3 | 15 | 45 | 51 | 40 | Stahl | Ritzel |
| R_4 | 3 | 73 | 219 | 225 | 40 | „ | |

5. Wirkliche Umläufe der Maschine:

$$n_6 = 300 \cdot \frac{37}{28} = 396 \quad n_3 = 396 \cdot \frac{15}{73} = 81,4$$

$$n_5 = 300 \cdot \frac{28}{37} = 227 \quad n_2 = 227 \cdot \frac{15}{73} = 46,6$$

$$n_4 = 300 \cdot \frac{21}{44} = 143 \quad n_1 = 143 \cdot \frac{15}{73} = 29,4.$$

Wirkliche Umläufe: 29,4—46,6—81,4—143 —227 —396
 Theoretische „ 30 50,1 83,7—139,7—233,4—390

3. Berechnung der Geschwindigkeiten, Vorschübe und Leistung einer Werkzeugmaschine.

Aufgabe. Die in Abb. 281 dargestellte Drehbank soll berechnet werden.

1. Umläufe der Maschine bei 285 und 425 Umläufen des Deckenvorgeleges.

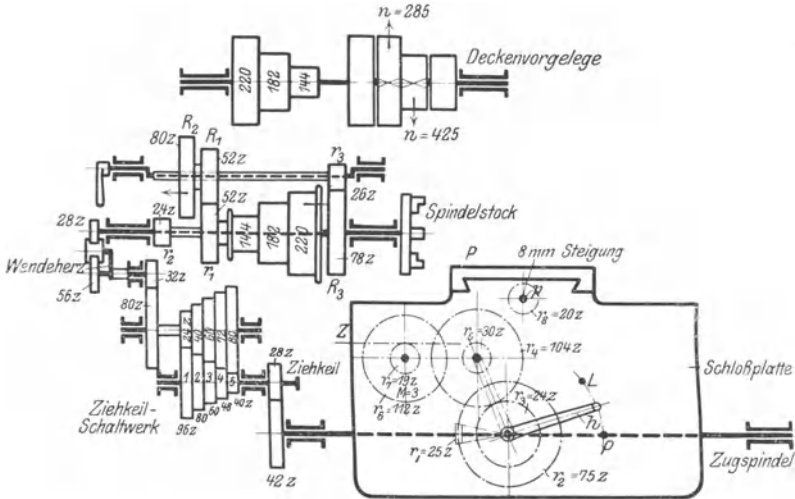


Abb. 281. Haupt- und Schaltgetriebe einer Drehbank.

Deckenvorgelege $n = 285$ $n = 425$.

a) Ohne Vorgelege.

| | | |
|---------|------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| Scheibe | I: $n_1 = \frac{220}{144} \cdot 285 = 435$ | I: $n_1' = \frac{220}{114} \cdot 425 = 650$ |
| „ | II: $n_2 = \frac{182}{182} \cdot 285 = 285$ | II: $n_2' = \frac{182}{182} \cdot 425 = 425$ |
| „ | III: $n_3 = \frac{144}{220} \cdot 285 = 186,5$ | III: $n_3' = \frac{144}{220} \cdot 425 = 278$ |

b) Mit den Vorgelegen $\frac{r_1}{R_1} \cdot \frac{r_3}{R_3} = \frac{52}{52} \cdot \frac{26}{78} = \frac{1}{3}$.

| | | |
|---------|---------------------------------------------|--------------------------------------------|
| Scheibe | I: $n_4 = 435 \cdot \frac{1}{3} = 145$ | I: $n_4' = 650 \cdot \frac{1}{3} = 216,6$ |
| „ | II: $n_5 = 285 \cdot \frac{1}{3} = 95$ | II: $n_5' = 425 \cdot \frac{1}{3} = 141,7$ |
| „ | III: $n_6 = 186,5 \cdot \frac{1}{3} = 62,2$ | III: $n_6' = 278 \cdot \frac{1}{3} = 92,7$ |

c) Mit den Vorgelegen $\frac{r_2}{R_2} \cdot \frac{r_3}{R_3} = \frac{24}{80} \cdot \frac{26}{78} = \frac{1}{10}$.

| | | |
|---------|----------------------------------------------|---------------------------------------------|
| Scheibe | I: $n_7 = 435 \cdot \frac{1}{10} = 43,5$ | I: $n_7' = 650 \cdot \frac{1}{10} = 65$ |
| „ | II: $n_8 = 285 \cdot \frac{1}{10} = 28,5$ | II: $n_8' = 425 \cdot \frac{1}{10} = 42,5$ |
| „ | III: $n_9 = 186,5 \cdot \frac{1}{10} = 18,7$ | III: $n_9' = 278 \cdot \frac{1}{10} = 27,8$ |

2. Vorschübe bei einer Umdrehung der Maschine:

a) beim Langdrehen:

Ziehkeil auf 1: $\delta_1 = \frac{28}{56} \cdot \frac{32}{80} \cdot \frac{24}{96} \cdot \frac{28}{42} \cdot \frac{25}{75} \cdot \frac{24}{104} \cdot \frac{30}{112} \cdot \pi \cdot 57 = 0,12 \text{ mm}$

„ „ 2: $\delta_2 = \text{„ „ } \frac{40}{80} \text{ „ „ „ „ „ „ „} = 0,25 \text{ „}$

„ „ 3: $\delta_3 = \text{„ „ } \frac{60}{60} \text{ „ „ „ „ „ „ „} = 0,49 \text{ „}$

„ „ 4: $\delta_4 = \text{„ „ } \frac{72}{48} \text{ „ „ „ „ „ „ „} = 0,74 \text{ „}$

„ „ 5: $\delta_5 = \text{„ „ } \frac{80}{40} \text{ „ „ „ „ „ „ „} = 0,98 \text{ „}$

b) beim Plandrehen: die Planspindel hat 8 mm Steigung.

Ziehkeil auf 1: $\delta_1 = \frac{28}{56} \cdot \frac{32}{80} \cdot \frac{24}{96} \cdot \frac{28}{42} \cdot \frac{25}{75} \cdot \frac{24}{20} \cdot 8 = 0,11 \text{ mm}$

„ „ 2: $\delta_2 = \text{„ „ } \frac{40}{80} \text{ „ „ „ „ „} = 0,21 \text{ „}$

„ „ 3: $\delta_3 = \text{„ „ } \frac{60}{60} \text{ „ „ „ „ „} = 0,43 \text{ „}$

„ „ 4: $\delta_4 = \text{„ „ } \frac{72}{48} \text{ „ „ „ „ „} = 0,64 \text{ „}$

„ „ 5: $\delta_5 = \text{„ „ } \frac{80}{40} \text{ „ „ „ „ „} = 0,85 \text{ „}$

3. Arbeitsbedarf der Bank.

$N = \frac{Z v_r}{75} = \frac{18 \cdot 3,2}{75} = 0,8 \text{ PS} \sim 1 \text{ PS}$, wenn die Riemengeschwindigkeit

$v_r = \frac{0,144 \cdot \pi \cdot 425}{60} = 3,2 \text{ m/Sek.}$ und die Zugkraft des Riemens $Z = b \cdot p = 6 \cdot 3 = 18 \text{ kg}$ bei $p = 3 \text{ kg/cm}$ ist.

4. Verfügbarer Schnittdruck.

Bei einem Wirkungsgrad $\eta = 0,7$ ist die Nutzarbeit $Ne = \eta \cdot N = 0,7 \text{ PS}$.

Nutzarbeit = Schnittarbeit,

$Ne = \frac{W_1 \cdot v}{75}$, danach

Schnittdruck $W_1 = \frac{Ne \cdot 75}{v}$.

Gußeisen $v = 15 \text{ m/Min.}$,

$W_1 = \frac{0,7 \cdot 75}{15} = 210 \text{ kg}$
 $\frac{60}{60}$

Maschinenstahl $v = 20 \text{ m/Min.}$,

$W_1 = \frac{0,7 \cdot 75}{20} = 158 \text{ kg}$
 $\frac{60}{60}$

Schmiedeeisen $v = 25 \text{ m/Min.}$,

$W_1 = \frac{0,7 \cdot 75}{25} = 126 \text{ kg}$
 $\frac{60}{60}$

5. Zulässige Spanquerschnitte:

$W_1 = q K$ und Spanquerschnitt $q = \frac{W_1}{K}$.

Gußeisen $K = 4 \text{ Kg} = 4 \cdot 20 = 80 \text{ kg/qmm}$, $q = \frac{W_1}{K} = \frac{210}{80} = 2,63 \text{ qmm}$,

für Gußeisen Spanquerschnitt = 2,63 qmm.

Maschinenstahl $K = 2,5 \cdot K_z = 2,5 \cdot 50 = 125 \text{ kg/qmm}$, $q = \frac{158}{125} = 1,26 \text{ qmm}$.

Schmiedeeisen $K = 2,5 K_z = 2,5 \cdot 40 = 100 \text{ kg}$, $q = \frac{126}{100} = 1,26 \text{ qmm}$.

| Stufe | Vor- lege | Decken- vorgelege | Drehdurchmesser D und Spanquer- schnitte q | | | | | | Werkzeug- stahl $v=10 \text{ m/Min.}$ | |
|-------|-----------------------------------------|----------------------|-----------------------------------------------|-------|---------------------------------------------|-------|----------------------------------------------|-------|---------------------------------------------|-------|
| | | | Gußeisen $v=15 \text{ m/Min.}$ | | Schmiede- eisen $v=25 \text{ m/Min.}$ | | Maschinen- stahl $v=20 \text{ m/Min.}$ | | D _{mm} | q qmm |
| | | | D _{mm} | q qmm | D _{mm} | q qmm | D _{mm} | q qmm | | |
| I | — | langsam | 10 | 2,63 | 20 | 1,26 | 15 | 1,26 | 7 | 1,8 |
| II | — | " | 15 | " | 30 | " | 20 | " | 10 | " |
| III | — | " | 25 | " | 45 | " | 35 | " | 17 | " |
| I | $\frac{r_1}{R_1} \cdot \frac{r_3}{R_3}$ | " | 35 | " | 55 | " | 45 | " | 22 | " |
| II | " | " | 50 | " | 85 | " | 70 | " | 35 | " |
| III | " | " | 80 | " | 130 | " | 100 | " | 50 | " |
| I | $\frac{r_2}{R_2} \cdot \frac{r_3}{R_3}$ | " | 110 | " | 185 | " | 145 | " | 72 | " |
| II | " | " | 170 | " | 280 | " | 225 | " | 112 | " |
| III | " | " | 255 | " | — | " | 345 | " | 170 | " |

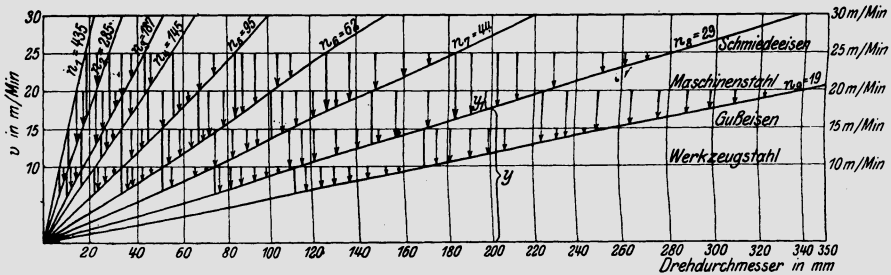


Abb. 282. Arbeitsplan.

Eine vorzügliche Übersicht über die Geschwindigkeitsverhältnisse gewährt der Arbeitsplan (Abb. 282). Er ist entwickelt aus $v = \frac{\pi d n}{60}$ oder $\frac{v}{d} = \frac{\pi}{60} \cdot n$ mit n_1 bis n_9 (S. 9). Aus dem Schaubild ergibt sich, daß bei $v = 10 \text{ m/Min.}$ für Drehdurchmesser von 170 bis etwa 110 mm die Umlaufzahl 19 in Frage kommt, bei $v = 20 \text{ m/Min.}$ kommt für Durchmesser von 205 bis 145 mm die Umlaufzahl $n_3 = 29$. Soll ein Drehdurchmesser von 200 mm bei $v = 20 \text{ m/Min.}$ bearbeitet werden, so ist nach Abb. 282 $n_3 = 29$ zu nehmen. Die wirkliche Schnittgeschwindigkeit ist dabei etwa $y = 18 \text{ m/Min.}$, der Verlust also $y_1 = 2 \text{ m/Min.}$

Die Werkzeugmaschinen, ihre neuzeitliche Durchbildung für wirtschaftliche Metallbearbeitung. Ein Lehrbuch. Von Oberlehrer Prof. F. W. Hülle in Dortmund. Vierte, verbesserte Auflage. Mit 1020 Abbildungen im Text und auf Textblättern, sowie 15 Tafeln. Gebunden Preis M. 36,—.

Die Dreherei und ihre Werkzeuge in der neuzeitlichen Betriebsführung. Von Betriebs-Oberingenieur W. Hippler. Zweite, erweiterte Auflage. Mit 319 Textabbildungen. Geb. Preis M. 16,—.

Handbuch der Fräserei. Kurzgefaßtes Lehr- und Nachschlagebuch für den allgemeinen Gebrauch. Gemeinverständlich bearbeitet von Emil Jurthe und Otto Mietzschke, Ingenieure. Fünfte, durchgesehene Auflage. Mit 395 Textabbildungen. Gebunden Preis M. 18,—.

Die Schneidstähle. Ihre Mechanik, Konstruktion und Herstellung. Von Dipl.-Ing. Eugen Simon. Zweite, vollständig umgearbeitete Auflage. Mit 545 Textfiguren. Preis M. 6,—.

Über Dreharbeit und Werkzeugstähle. Autorisierte deutsche Ausgabe der Schrift: „On the art of cutting metals“ von Fred. W. Taylor (Philadelphia). Von Prof. A. Wallichs (Aachen). Dritter, unveränderter Abdruck. Mit 119 Figuren und Tabellen. Gebunden Preis M. 15,40.

Die Blechabwicklungen. Eine Sammlung praktischer Verfahren, zusammengestellt von Johann Jaschke, Ingenieur in Graz. Vierte Auflage. Mit 218 Abbildungen. Preis M. 4,60.

Der Dreher als Rechner. Wechsellräder, Touren-, Zeit- und Konusberechnung in einfachster und anschaulichster Darstellung; darum zum Selbstunterricht wirklich geeignet. Von E. Busch. Mit 28 Textfiguren. Gebunden Preis M. 8,40.

Neuzeitliche Betriebsführung und Werkzeugmaschine. Theoretische Grundlagen. Beiträge zur Kenntnis der Werkzeugmaschine und ihrer Behandlung. Von Professor E. Toussaint, Berlin-Steglitz. Mit 86 Textfiguren. Preis M. 2,—.

Die Werkzeugstähle und ihre Wärmebehandlung. Berechtigte deutsche Bearbeitung der Schrift: „The heat treatment of tool steel“ von Harry Brearley (Sheffield.) Von Dr.-Ing. Rudolf Schäfer. Zweite, durchgearbeitete Auflage. Mit 212 Abbildungen. Geb. Preis M. 16,—.

Lehrgang der Härtetechnik. Von Oberlehrer Dipl.-Ing. Joh. Schiefer und E. Grün. Mit 170 Textabbildungen. Preis M. 7,60; geb. M. 9,—.

Die praktische Nutzenanwendung der Prüfung des Eisens durch Ätzverfahren und mit Hilfe des Mikroskopes. Kurze Anleitung für Ingenieure, insbesondere Betriebsbeamte. Von Dr.-Ing. E. Preuß † (Darmstadt). Mit 119 Textfiguren. Unveränderter Neudruck. Kartoniert Preis M. 4,—.

Berichte des Versuchsfeldes für Werkzeugmaschinen an der Technischen Hochschule Berlin.

- Heft 1. Vorbericht: Das Versuchsfeld und seine Einrichtungen.
1. Fachbericht: Untersuchung einer Drehbank mit Riemenantrieb. Von Prof. Dr.-Ing. G. Schlesinger (Berlin). Mit 46 Textfiguren. Preis M. 1,20.
- Heft 2. Der Azetylen-Sauerstoff-Schweißbrenner, seine Wirkungsweise und seine Konstruktionsbedingungen. Von Dipl.-Ing. Ludwig. Mit 39 Textfiguren. Preis M. 1,60.
- Heft 3. Untersuchungen an Preßluftwerkzeugen. Von Dr.-Ing. R. Harm. Mit 38 Textfiguren. — Der deutsche (metrische) Bohrerkegel für Fräsdorne. Von Prof. Dr.-Ing. G. Schlesinger. Mit 36 Textfiguren. Preis M. 2,—.
- Heft 4. Forschung und Werkstatt. 1. Untersuchung von Spreizringkupplungen. Von Prof. Dr.-Ing. G. Schlesinger. Mit 115 Textfiguren. 2. Schmierölprüfung für den Betrieb. Von Prof. Dr.-Ing. G. Schlesinger und Dr. techn. M. Kurrein. Mit 29 Textfiguren. Preis M. 2,40.
-

Werkstattstechnik. Zeitschrift für Fabrikbetrieb und Herstellungsverfahren. Herausgegeben von Dr.-Ing. Georg Schlesinger, Professor an der Technischen Hochschule Berlin. A. Ingenieur-Ausgabe. Jährlich 24 Hefte. Preis vierteljährlich M. 3,50.

Die Ingenieur-Ausgabe wendet sich an alle in der Maschinenindustrie technisch oder kaufmännisch Tätigen.

Sie bringt dem kaufmännischen Leiter und dem Bureaubeamten Musterbeispiele aus der Fabrikorganisation mit allen Einzelheiten der Buchführung, Lohnberechnung, Lagerverwaltung sowie des Vertriebes, der Reklame, der Montage usw.

Dem Ingenieur und dem Techniker am Konstruktionstisch und im Zeichensaal, wie auch im Betriebe der Werkstatt, zeigt sie neuzeitliche Fabrikationsverfahren, Neuerungen an Werkzeugmaschinen usw., wobei sie den größten Wert auf sachliche und klare Konstruktionszeichnungen legt. Aus der täglichen Werkstattspraxis führt sie Musterbeispiele, bewährte Handgriffe und Werkstattswinke vor.

Die Technologie des Maschinentechnikers. Von Prof. Ing. **Karl Meyer**, Oberlehrer an den Staatl. Vereinigten Maschinenbauschulen zu Cöln. Vierte, verbesserte Auflage. Mit 408 Textfiguren.

Gebunden Preis M. 14,—.

Einzelkonstruktionen aus dem Maschinenbau. Herausgegeben von Ing. **C. Volk** (Berlin).

Erstes Heft: **Die Zylinder ortsfester Dampfmaschinen.** Von Oberingenieur **H. Frey** (Berlin). Mit 109 Textfiguren. Preis M. 2,40.

Zweites Heft: **Kolben.** I. Dampfmaschinen- und Gebläsekolben. Von Ingenieur **C. Volk** (Berlin). II. Gasmotoren- und Pumpenkolben. Von Betriebsingenieur **A. Eckardt** (Deutz). Mit 247 Textfiguren. Preis M. 4,—.

Drittes Heft: **Zahnräder.** I. Teil. Stirn- und Kegelräder mit geraden Zähnen. Von Prof. Dr. **A. Schiebel** (Prag). Mit 110 Textfiguren. Preis M. 3,—.

Viertes Heft: **Kugellager.** Von Ingenieur **W. Ahrens** (Winterthur). Mit 134 Textfiguren. Preis M. 4,40.

Fünftes Heft: **Zahnräder.** II. Teil. Räder mit schrägen Zähnen. Von Prof. Dr. **A. Schiebel** (Prag). Mit 116 Textfiguren. Preis M. 4,—.

Sechstes Heft: **Schubstangen und Kreuzköpfe.** Von Oberingenieur **H. Frey**. Mit 117 Textfiguren. Preis M. 1,60.

Maschinenelemente. Leitfaden zur Berechnung und Konstruktion für technische Mittelschulen, Gewerbe- und Werkmeisterschulen, sowie zum Gebrauche in der Praxis. Von Ing. **H. Krause** in Iserlohn. Dritte, vermehrte Auflage. Mit etwa 380 Textabbildungen. Unter der Presse.

Transmissionen. Wellen, Lager, Kupplungen, Riemen- und Seiltrieb-Anlagen. Von Ing. **St. Jelinek** (Wien). Mit 61 Textfiguren und 30 Tafeln. Gebunden Preis M. 12,—.

Hilfsbuch für den Maschinenbau. Für Maschinentechniker sowie für den Unterricht an technischen Lehranstalten. Von Oberbaurat Professor **Fr. Freytag** (Chemnitz). Fünfte, erweiterte und verbesserte Auflage. Berichtigter Neudruck. Mit 1218 Textfiguren, 10 Tafeln und einer Beilage für Österreich. Gebunden Preis M. 20,—.

Taschenbuch für den Maschinenbau. Unter Mitarbeit von Fachleuten herausgegeben von Prof. **H. Dubbel** Ing. (Berlin). Zweite, erweiterte und verbesserte Auflage. Mit 2510 Textabbildungen und 4 Tafeln. In zwei Teilen. In Ganzleinen.

In einem Bande gebunden Preis M. 30,—.

In zwei Bänden gebunden Preis M. 33,—.

Lehrbuch der Mathematik. Von Professor Dr. R. Neundorff, Oberlehrer an der staatlichen höheren Schiff- und Maschinenbauschule, Privatdozent an der Universität Kiel. Zweite, verbesserte Auflage. Mit 262 Textabbildungen. Gebunden Preis M. 12,—.

Aufgaben aus der technischen Mechanik. Von Professor Ferdinand Wittenbauer in Graz.

- I. Band: Allgemeiner Teil. 843 Aufgaben nebst Lösungen. Vierte, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 627 Textabbildungen. Gebunden Preis M. 14,—.
- II. Band: Festigkeitslehre. 611 Aufgaben nebst Lösungen und einer Formelsammlung. Dritte, verbesserte Auflage. Mit 505 Textabbildungen. Gebunden Preis M. 12,—.
- III. Band: Flüssigkeiten und Gase. 586 Aufgaben nebst Lösungen und einer Formelsammlung. Zweite, verbesserte Auflage. Mit 396 Textabbildungen. Preis M. 9,—; gebunden M. 10,20.
-

Trigonometrie für Maschinenbauer und Elektrotechniker.

Ein Lehr- und Aufgabenbuch für den Unterricht und zum Selbststudium. Von Dr. Adolf Heß, Professor am Kantonalen Technikum in Winterthur. Dritte Auflage. Mit 111 Textabbildungen. Unter der Presse.

Planimetrie mit einem Abriß über die Kegelschnitte. Ein Lehr- und Übungsbuch zum Gebrauch an technischen Mittelschulen sowie zum Selbstunterricht. Von Dr. Adolf Heß, Professor am Kantonalen Technikum in Winterthur. Zweite Auflage. Mit etwa 210 Textabbildungen. Unter der Presse.

Elementar-Mechanik für Maschinentechniker. Von Diplom-Ingenieur Rudolf Vogdt, Oberlehrer an der Maschinenbauschule Essen-Ruhr, Regierungsbaumeister a. D. Mit 154 Textabbildungen. Gebunden Preis M. 2,80.

Das Maschinenzeichnen. Begründung und Veranschaulichung der sachlich notwendigen zeichnerischen Darstellungen und ihres Zusammenhanges mit der praktischen Ausführung. Von Prof. A. Riedler, Berlin. Zweite Auflage. Unveränderter Neudruck. Mit 436 Textabbildungen. Gebunden Preis etwa M. 18,—.

Das Skizzieren von Maschinenteilen in Perspektive. Von Ingenieur Carl Volk. Vierte, erweiterte Auflage. Zweiter Abdruck. Mit 72 Textskizzen. Preis M. 2,80.

Freies Skizzieren ohne und nach Modell für Maschinenbauer. Ein Lehr- und Aufgabenbuch für den Unterricht. Von Karl Keiser, Oberlehrer an der Städtischen Maschinenbau- und Gewerbebeschule zu Leipzig. Zweite, erweiterte Auflage. Mit 19 Einzelfiguren und 23 Figurengruppen. Gebunden Preis M. 3,—.
