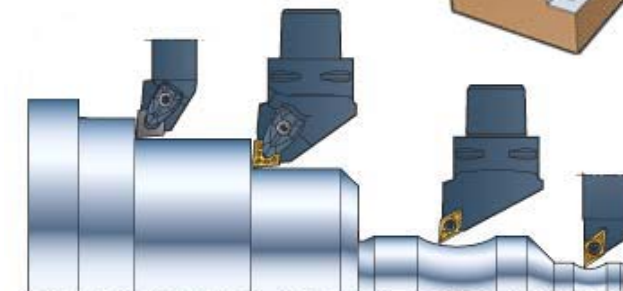
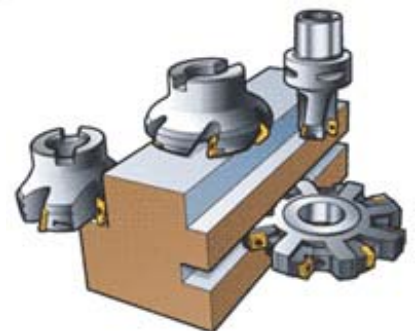




Universität Zürich  
Werkstatt Physik Institut

Bohren  
Drehen  
Fräsen

- \* Werkzeuge
- \* Schnittwerte und Vorschübe
- \* Spannmittel
- \* Sicherheit



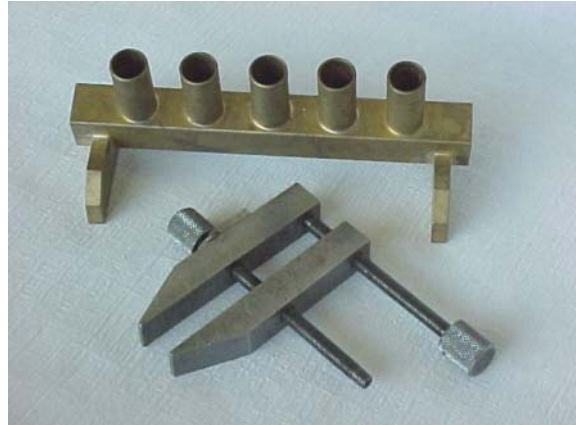
<http://www.physik.unizh.ch/groups/werkstatt/>

---

Einen kleinen Überblick über unser Werkstatt-Praktikum am Physik Institut.

- Sie lernen die Messwerkzeuge zu handhaben und einzusetzen.
- Sie lernen verschiedene Bohrmaschinen zu bedienen.
- Sie lernen eine Drehbank und Fräsmaschine zu bedienen und Teile darauf fertigen.
- Sie lernen einfache Hartlötarbeiten auszuführen.
- Sie bekommen einen Überblick über verschiedene Schweissarten.
- Sie bearbeiten Stahl, Messing (CuZn), Aluminium und Kunststoffe.

Im ersten Kurs liegt das Schwergewicht bei der Herstellung von einfachen Teilen aus Stahl und Messing. Ebenso gibt es eine Einführung über das Schweißen und Hartlöten.



Im zweiten Kurs liegt das Schwergewicht bei der Herstellung eines Lochers aus verschiedenen Materialien.

Alle Maschinenarbeiten vom ersten Kurs werden vertieft. Die Geometrien der Teile werden aufwändiger und an die Massgenauigkeit werden höhere Ansprüche gestellt.



Einige Bilder und Grafiken in diesem Skript sind aus dem Buch „Fachkunde Metall“ vom Verlag Europa-Lehrmittel. In diesem Buch sind die Themen Messtechnik, Fertigungstechnik (Bohren, Drehen, Fräsen etc.) und Werkstoffkunde ausführlich beschrieben. Das Buch (Europa-Nr. 10129) ist im Fachhandel für ca. Fr. 60.-erhältlich.

Ebenso sind einige Bilder und Grafiken aus den Ausbildungsunterlagen für Polymechaniker vom Swissmechanic und Swissmem. Diese Unterlagen können unter den folgenden Links bestellt werden:  
[http://www.swissmechanic.ch/xml\\_1/internet/de/application/d3/f2631.cfm](http://www.swissmechanic.ch/xml_1/internet/de/application/d3/f2631.cfm)  
<http://www.swissmem-berufsbildung.ch/> (im E-Shop)

Physik Institut Werkstatt  
Zürich 2009

Kurt Bösiger

# Inhaltsverzeichnis

## **Arbeitssicherheit**

**Seite 4**

## **Bohren, Senken, Reiben, Gewindeschneiden**

**Seite 5**

Bohren

Seite 5

Schnittgeschwindigkeit

Seite 7

Senken

Seite 8

Reiben

Seite 9

Gewindeschneiden

Seite 12

Kernlochbohrungen für Gewinde

Seite 15

## **Drehen**

**Seite 17**

Drehverfahren

Seite 18

Drehwerkzeuge

Seite 19

Einspannen und Einrichten von Drehstählen

Seite 20

Spannen der Werkstücke

Seite 21

Schnittgeschwindigkeiten für Drehstähle

Seite 24

## **Fräsen**

**Seite 26**

Fräsverfahren

Seite 27

Fräswerkzeuge

Seite 28

Fräserformen

Seite 29

Einsatzmöglichkeiten von Fräsern

Seite 30

Einspannen der Fräswerkzeuge

Seite 31

Spannen von Werkstücken

Seite 32

Einrichten des Werkstücknullpunktes

Seite 34

## **Schnittgeschwindigkeit, Drehzahl, Vorschub**

**Seite 34**

Schnittgeschwindigkeit

Seite 34

Vorschub

Seite 35

Schnittbreite und Schnitttiefe

Seite 35

Tabelle für Drehzahlen

Seite 36

Arbeitsregeln beim Fräsen

Seite 37

Durch Unfallverhütung am Arbeitsplatz sollen Menschen und Einrichtungen vor Schaden bewahrt werden. Unfälle werden verursacht durch menschliches Versagen, wie Unkenntnis der Gefahr, Gedankenlosigkeit und Leichtsinn, sowie durch technisches Versagen.

Menschliches Versagen lässt sich trotz Schulung und Sorgfalt nicht ganz ausschliessen. Durch angebrachte Sicherheitseinrichtungen, Einhalten einiger Regeln und überlegtes Vorgehen sollen die Folgen jedoch in möglichst engen Grenzen gehalten werden.

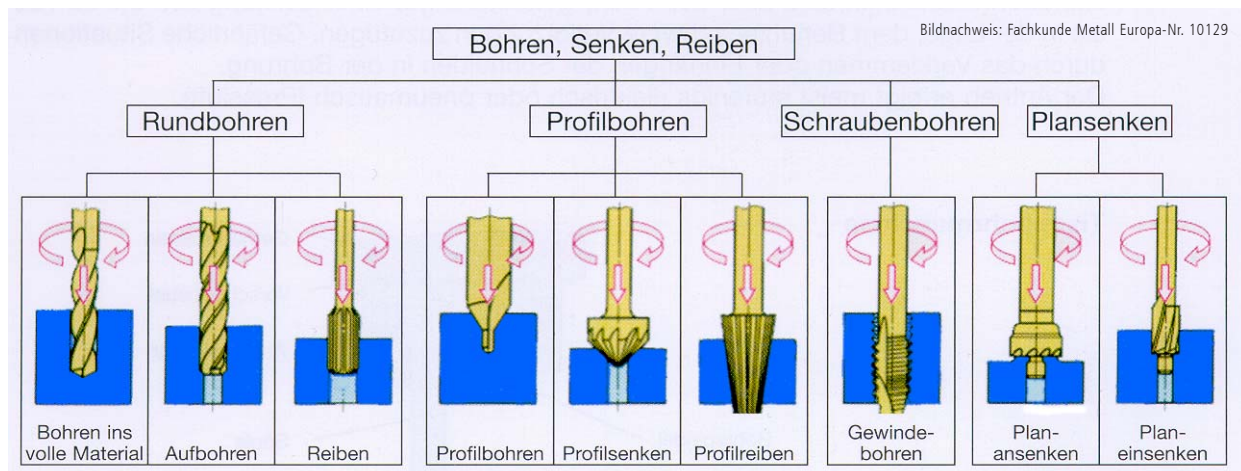
- Bei allen spanabhebenden Bearbeitungen und beim Einsatz von Pressluft ist eine Schutzbrille zu tragen.
- Bei Löt- und Schweißarbeiten spezielle Schutzbrillen / Schutzhelme tragen.
- Schmuckstücke, Ringe und Uhren vor Arbeitsbeginn ablegen.
- Entsprechende Kleidung tragen ( Funken, Säuren, heisse Späne, einhängen von Kleidungs teilen an rotierenden Maschinenteilen).
- Bei langen Haaren ebenfalls auf rotierende Maschinenteile achten.
- Maschinen immer abstellen zum Messen, Späne entfernen und Werkzeuge wechseln.
- Werkstücke und Werkzeuge immer gut einspannen / befestigen.
- Sich nicht in der Flugrichtung von Teilen / Werkzeugen aufhalten (irgendwann passiert es halt doch).
- Auf andere Mitmenschen achten (Rücksicht nehmen, wegschicken, warten usw.).
- Werkzeuge richtig auswählen (Geometrie, Vorschub, Schnittmeter und Einspannung).
- Bei einigen Materialien entstehender Staub absaugen (Atemschutz tragen, Maschinenführungen schützen).



Vor allem bei konventionellen Maschinen sind einige Sicherheitsmassnahmen einzuhalten. Bei CNC-Maschinen sind viele Schutzvorrichtungen heute Standard, z.B. geschlossene Bearbeitungskabinen.



Bohren, Gewindebohren, Senken und Reiben sind Fertigungsverfahren mit meist mehrschneidigen Werkzeugen und mit ähnlichem Zerspanungsvorgang.

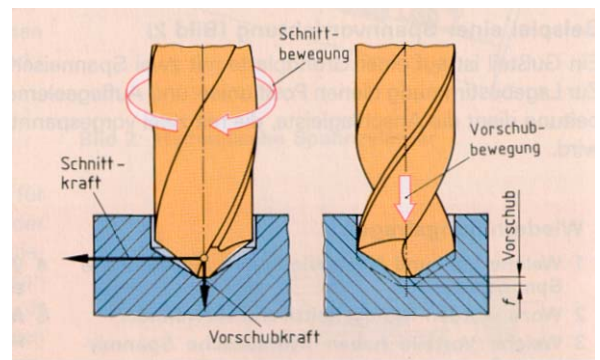


## Bohren

Beim Bohren unterscheidet man insbesondere Bohren ins Vollmaterial, Aufbohren und Profilbohren.

Das Werkzeug führt eine kreisförmige Schnittbewegung und gleichzeitig eine Vorschubbewegung in Richtung der Drehachse aus.

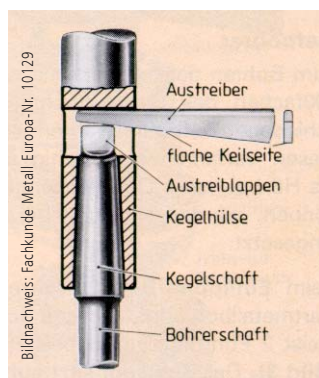
Die Schnittgeschwindigkeit  $v_c$  ist im Wesentlichen abhängig vom Schneidstoff des Bohrers und vom Werkstoff des Werkstücks. Der Vorschub  $f$  in mm je Umdrehung hängt vor allem vom Bohrdurchmesser und vom Bohrverfahren ab. Die Schnittkraft wird durch die kreisförmige Schnittbewegung erzeugt. Beim Bohrvorgang entsteht Wärme, die durch den Kühlschmierstoff, das Werkzeug und die Späne abgeführt wird. Der Kühlschmierstoff vermindert ausserdem die Reibung, die Bildung von Aufbauschneiden und damit den Verschleiss.



Kräfte und Bewegungen beim Bohren

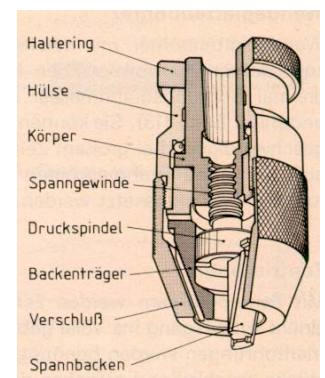
Der Spiralbohrer ist das meist verwendete Bohrwerkzeug zum Bohren ins Vollmaterial.

Spiralbohrer sind relativ billig und meistens in zwei Ausführungen für die Bearbeitung der verschiedenen Werkstoffe vorhanden. Von 0.3 bis 12mm Durchmesser mit einem Zylinderschaft und ab 13mm Durchmesser mit einem Kegelschaft. Bohrer mit Zylindrischem Schaft werden in zentrisch spannende Dreibacken-Bohrfutter



Bohrer mit Kegelschaft und Austreiber

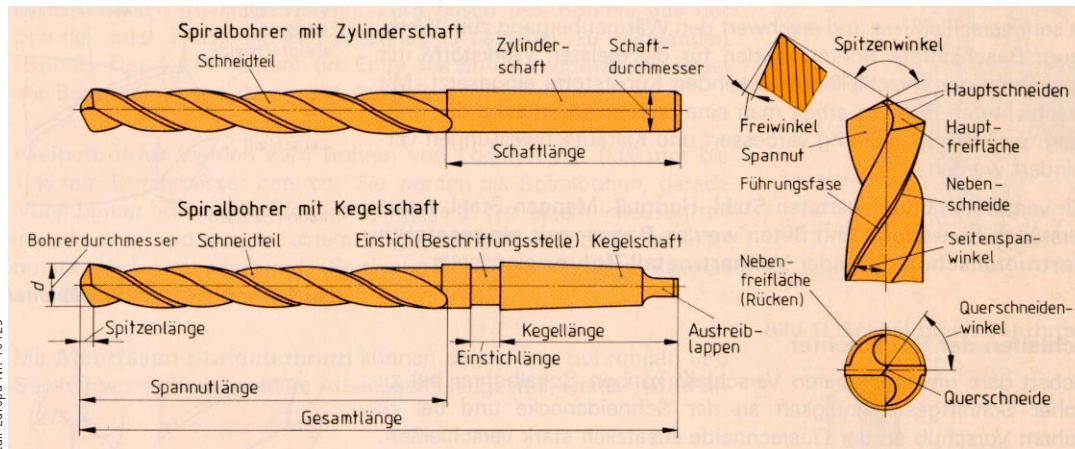
und Spannzangen gespannt. Beim Bohrer sollte der Zylinderschaft nicht verletzt sein und auf dem Grund des Bohrfutters aufsitzen, damit er sich beim Bohren nicht tiefer in das Bohrfutter schieben kann. Bohrer mit einem kegeligen Schaft werden in den Innenkegel der Bohrspindel eingesetzt. Die Kraftübertragung erfolgt durch Kraftschluss des Kegelsitzes. Um eine einwandfreie Mitnahme des Bohrers zu gewährleisten, darf der Kegelschaft keine Beschädigungen aufweisen und muss vor dem Einsetzen sauber gereinigt werden. Mit einem Austreiber kann der Bohrer wieder entfernt werden.



Schnellspan-Bohrfutter

## Schneidengeometrie beim Spiralbohrer

An der Bohrspitze befinden sich die zwei Hauptschneiden und am Schneidteil die Nebenschneiden. Durch die wendelförmige Nut wird der Seitenspanwinkel gebildet, er bestimmt die Grösse des Spanwinkels. Der Winkel zwischen den Hauptschneiden wird als Spitzenwinkel bezeichnet. Durch Hinterschleifen der Hauptschneiden entsteht der Freiwinkel, der das Eindringen des Bohrers in das Werkstück ermöglicht.



Bildnachweis: Fachkunde Metall Europa-Nr. 10129



Normale Ausführung Typ N für Werkstoffe mit normaler Festigkeit und Härte. Von Stahl bis zu kurzspanenden Leichtmetallen ist dieser Spiralbohrer einsetzbar.

Typ H für hartes, sprödes Material wie Messing (CuZn), Bronze, bearbeitbarer Keramik (Macor) und Hartgewebe.

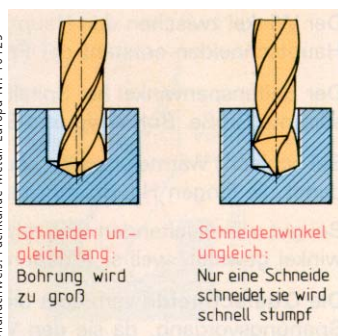
Typ W für die Bearbeitung von langspanigen Aluminiumlegierungen, Kupfer, Zink, Blei und die beschichteten mit Titanitrid für rostfreier Stahl.

Für Glasfaserverstärkte- (Printplatinen) und Kohlefaserverstärkte-Kunststoffe sollten Hartmetall-Bohrer verwendet werden. Um die Standzeit (Lebensdauer) gross zu halten, muss beim Bohren mit einer Öl-Wasseremulsion (weissliche Farbe) gekühlt werden. Das Wasser für die Kühlung und das Öl um die Reibung herabzusetzen.

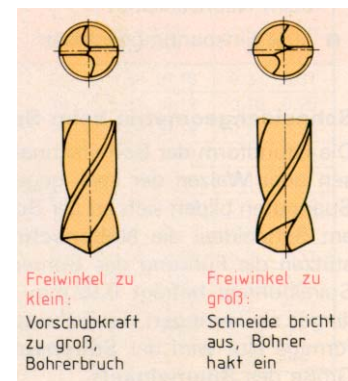
## Schleifen der Spiralbohrer

Neben dem unvermeidbaren Verschleiss können Spiralbohrer bei zu hoher Schnittgeschwindigkeit an den Schneidenecken und bei zu hohem Vorschub an der Querschneide zusätzlich stark verschleissen. Bei falsch geschliffenen Bohrern ist der Verschleiss besonders hoch. Auch das Resultat ist dementsprechend schlecht. Die beiden Hauptschneiden müssen genau gleich gross sein und der Schneiden-

winkel ebenfalls. Der Freiwinkel darf nicht zu klein, aber auch nicht zu gross sein. Ein Freiwinkel von  $3^\circ$ - $5^\circ$  ist für die meisten Anwendungen zu empfehlen. Das Ausspitzen der Querschneiden bewirkt, dass die Vorschubkraft vermindert wird. Bei Bohrungen die tiefer sind als  $2 \times$  der Durchmesser des Bohrers muss ausgefahren werden, um den Bohrer zu entspannen. So ist auch die Zufuhr von Kühlmittel gewährleistet.



Bildnachweis: Fachkunde Metall Europa-Nr. 10129



Bildnachweis: Fachkunde Metall Europa-Nr. 10129

Das Werkstück sollte immer gut aufliegen und gegen Verdrehung gesichert sein. Wird das Werkstück in einem Maschinenschraubstock gehalten, ist alles einfacher und Eure Hände sehen immer noch wie zu Beginn der Arbeit aus!

## Berechnung von Schnittgeschwindigkeit, Drehzahl und Vorschub für das Bohren, Reiben und Gewindebohren

Diese Richtwerte sind bei optimaler Kühlung und Halterung des Werkstückes anzuwenden. Trifft der Idealfall nicht zu, können sie verkleinert werden.

| Material                                       | Schneidstoff    | Schnittgeschwindigkeit [m/min] |        |               |
|--|-----------------|--------------------------------|--------|---------------|
|  |                 | Bohren                         | Reiben | Gewindebohren |
| Stahl bis 500 N/mm <sup>2</sup><br>Festigkeit  | HSS             | 25                             | 10     | 10            |
|  | HSS beschichtet | 28                             | 12     | 12            |
|  | HM              | 100                            | 30     | --            |
| Stahl über 500 N/mm <sup>2</sup><br>Festigkeit | HSS             | 18                             | 6      | 8             |
|  | HSS beschichtet | 20                             | 8      | 10            |
|  | HM              | 60                             | 20     | --            |
| Stahl rostfrei<br>X12CrNi18/8                  | HSS             | 8                              | 4      | 5             |
|  | HSS beschichtet | 10                             | 6      | 5             |
|  | HM              | 30                             | 12     | --            |
| GG20   | HSS             | 18                             | 6      | 10            |
|  | HSS beschichtet | 22                             | 8      | 12            |
|  | HM              | 60                             | 20     | --            |
| Aluminium                                      | HSS             | 70                             | 20     | 15            |
|  | HSS beschichtet | 80                             | 25     | 18            |
|  | HM              | --                             | --     | --            |
| Messing  | HSS             | 70                             | 20     | 15            |
|  | HSS beschichtet | 80                             | 25     | 18            |
|  | HM              | --                             | --     | --            |

| Werkzeugdurchmesser | Vorschub [mm/Umdrehung]                            |  |               |
|---------------------|--|--|---------------|
|                     | Bohren   | Reiben   | Gewindebohren |
| Stahl               | $\frac{1 \times \text{Werkzeug-}\varnothing}{100}$ | $\frac{3 \times \text{Werkzeug-}\varnothing}{100}$ | Steigung      |
| Aluminium / Messing | $\frac{2 \times \text{Werkzeug-}\varnothing}{100}$ | $\frac{4 \times \text{Werkzeug-}\varnothing}{100}$ | Steigung      |

Grundlagen für die Drehzahlberechnung

$$n = \frac{V_c[\text{m/min}]}{d[\text{m}] \cdot \pi} = [\text{min}^{-1}] \quad \text{oder} \quad n = \frac{V_c[\text{m/min}] \cdot 1000}{d[\text{mm}] \cdot \pi} = [\text{min}^{-1}]$$

**Immer das entsprechende Werkzeug zum Material einsetzen.  
Werkstücke wenn immer möglich mit einem Schraubstock halten, oder mit anderen Hilfsmittel sichern.**

## Eine Übersicht von Bohr- und Senkwerkzeugen

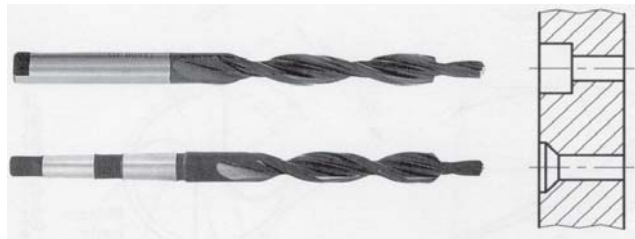
### Spiralbohrer

Bohren von Durchgangs- und Sacklöchern.  
Anwendung in Hand- und Ständerbohrmaschinen.



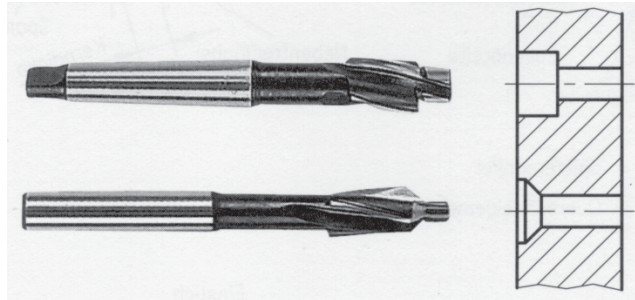
### Stufenbohrer

Bohren und Senken in einem Arbeitsgang.  
Sowol für zylindrische als auch für kegelige Senkungen.  
Schnittmeter: wie Bohren.



### Senker mit Führungszapfen

Anbringen von zylindrischen oder kegelligen Senkungen an bestehenden Bohrungen.  
Der Zapfen führt den Senker in der Bohrung.  
Es gibt Senker mit festen, dreh- oder austauschbaren Führungszapfen.  
Schnittmeter: 60% vom Bohren.



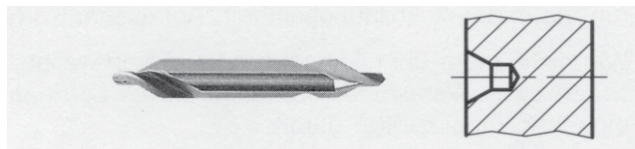
### Kegelsenker

Diese Kegelsenker gibt es in 90° (normal) und in einer 60° Ausführung. Geeignet für tiefe Senkungen und zum Entgraten von Werkstücken.  
Schnittmeter: 10% vom Bohren.



### Zentrierbohrer 60°

Anbohren von Bohrungen und Anbringen von Zentren.  
Gut schmieren und häufig Ausfahren, sonst Bruchgefahr.  
Schnittmeter: wie Bohren.



Bildnachweis: Modell-Lehrgang Swissmem



## Reiben

Reiben ist ein Aufbohren mit geringer Spanungsdicke zur Herstellung passungsgenauer Bohrungen mit hoher Oberflächengüte. Man unterscheidet: das Rundreiben und das Profilreiben.

### Reibvorgang

Wie beim Bohren und Senken wird die Spanungsarbeit hauptsächlich vom Anschnitt der Reibahle ausgeführt. Die Rundschliffasen von 0,1 mm bis 0,3 mm glätten die Bohrungsoberfläche und sind für die Oberflächengüte sowie für die Mass- und Formgenauigkeit der Bohrung massgebend. Die Bearbeitungszugabe für das Reiben beträgt je nach Bohrungsdurchmesser für gerade- und drallgenutete Reibahlen 0,1 mm bis 0,5 mm, bei Schälreibahlen für langspanende Werkstoffe bis 0,8 mm.

Die Standzeit der Reibahle soll möglichst gross sein, weil sie schwer nachzuschleifen sind. Deshalb liegen die Schnittgeschwindigkeiten niedriger als beim Bohren. Der Vorschub je Umdrehung von 0,1 mm bis 1 mm richtet sich nach dem Werkstoff, dem Bohrungsdurchmesser und der geforderten Oberflächengüte. Soweit es die geforderte Oberflächengüte zuläßt, sollte mit grossem Vorschub gerieben werden, um eine möglichst hohe Standzeit zu erzielen. Bei Stahl wird meist eine 5 bis 10%ige Emulsion (bis 10% spez. Öl / Rest Wasser) als Kühlschmierstoff verwendet. Grauguß und Kunststoffe werden trocken gerieben. Reibahlen bestehen aus Anschnitt, Führung, Hals und Schaft. Sie werden aus Schnellarbeitsstahl, aber auch mit hartmetallbestückten Schneiden gefertigt. Reibahlen werden in der Regel mit gerader Zähnezahl ausgeführt, um den Durchmesser leicht messen zu können. Durch ungleiche Zahnteilungen sollen Schwingungen, Rattermarken und Kreisformfehler vermieden werden.

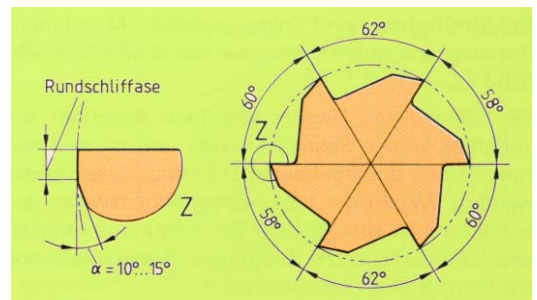
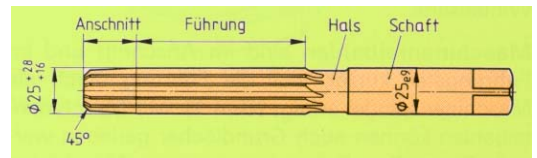
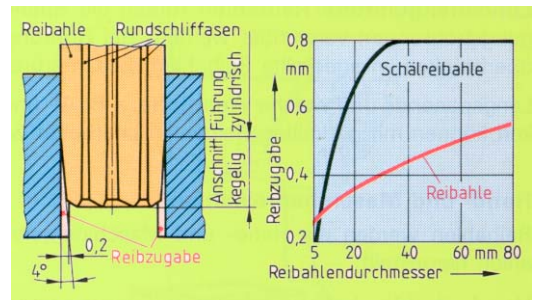
### Schneidenrichtung

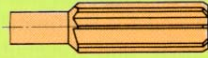

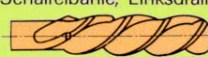
Die Schneiden der Werkzeuge sind entweder gerade genutet oder besitzen einen Linksdrall unter 7° bzw. 45°. Gerade genutete Reibahlen eignen sich für Bohrungen ohne Unterbrechungen. Harte und spröde Werkstoffe, z. B. Stähle über 700 N/mm<sup>2</sup> Festigkeit, Gusseisen, Messing oder spröde Al-Legierungen lassen sich mit gerade genuteten Reibahlen besser zerspanen.

Für Grundlochbohrungen, die bis auf den Grund gerieben werden sollen, kommen nur gerade genutete Reibahlen zum Einsatz.

Linksdrallgenutete Reibahlen führen die Späne in Vorschubrichtung ab und können nur bei Durchgangsbohrungen verwendet werden.

Langspanende und weiche Werkstoffe, z. B. Al- und Cu-Legierungen oder Stähle unter 700 N/mm<sup>2</sup> Festigkeit können mit gedrahten Reibahlen bearbeitet werden.



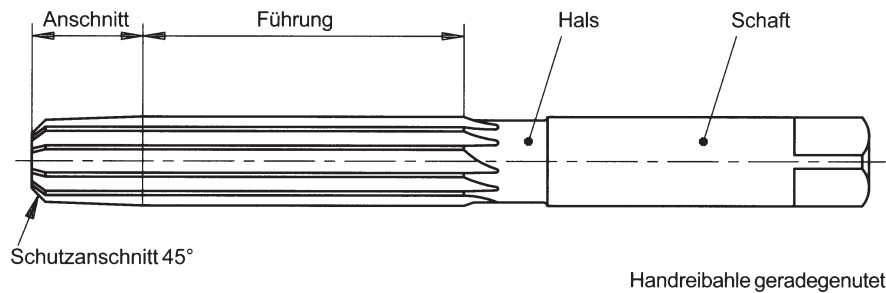
| Tabelle 1: Anwendung der Reibahlen   |   |
|--|---|
| geradegenutet<br>                                | Durchgangs- und Grundlöcher, für harte und spröde Werkstoffe                    |
| Linksdrall $\approx 7^\circ$<br>                 | Durchgangsbohrungen, Bohrungen mit Nuten für weiche und langspanende Werkstoffe |
| Schälreibahle, Linksdrall $\approx 45^\circ$<br> |   |

Bildnachweis: Fachkunde Metall Europa-Nr. 10129

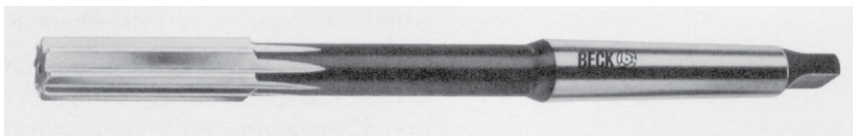
## Hand- und Maschinenreibahlen

Reibahlen werden als Hand- und Maschinenreibahlen hergestellt.

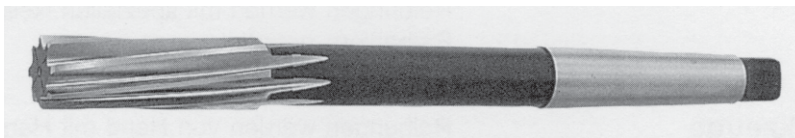
Handreibahlen haben zur besseren Führung einen langen Anschnitt und einen längeren Führungsteil. Am Schaftende ist ein Vierkant zur Aufnahme des Windeisens.



Maschinenreibahlen sind im Anschnitt und im Führungsteil kürzer, weil die Führung durch die Maschinenspindel erfolgt. Mit Maschinenreibahlen können auch Sacklöcher gerieben werden. Für das Reiben von Stählen über  $700 \text{ N/mm}^2$  und von spröden, kurzspanenden Werkstoffen sowie für das Ausreiben von kurzen Sacklöchern sind geradegenutete Reibahlen einzusetzen.



Drallgenutete Reibahlen sind linksgewendelte Maschinen- oder Handreibahlen mit einem Drallwinkel von etwa  $7^\circ$ . Sie haben einen langen, kegeligen Anschnitt und können nur zum Reiben durchgehender Bohrungen verwendet werden, da die Späne in der Bearbeitungsrichtung abfließen. Sie sind teurer nachzuschleifen als geradegenutete Reibahlen. Sie werden für die Bearbeitung von Stählen unter  $700 \text{ N/mm}^2$  Zugfestigkeit und von langspanenden Werkstoffen (Aluminium, Kupfer, etc.).



Bildnachweis: Modell-Lehrgang Swissmem

## Beispiel einer Arbeitsfolge

- Anbohren / evtl. zuerst Anreissen und Körnen
- Bohren
- Aufbohren mit Aufbohrer oder Spiralbohrer

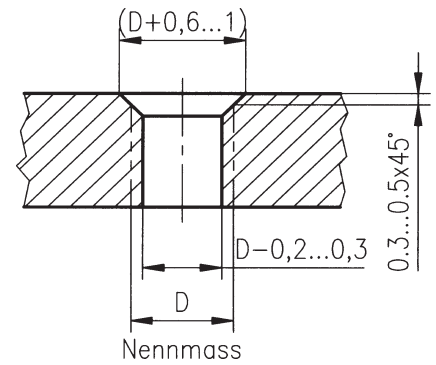
Je nach Reibungsdurchmesser 0.2...0.3 mm kleiner als Nennmass der Reibung. Die handelsüblichen Aufbohrer haben bereits die richtigen Durchmesser, z.B.:

|                     |       |                      |          |
|---------------------|-------|----------------------|----------|
| Reibungsdurchmesser | 8 mm  | Aufbohrerdurchmesser | 7.8 mm   |
| Reibungsdurchmesser | 12 mm | Aufbohrerdurchmesser | 11.75 mm |
| Reibungsdurchmesser | 20 mm | Aufbohrerdurchmesser | 19.7 mm  |

- Ansenken

mit  $90^\circ$ -Senker,  $0.3...0.5 \text{ mm} \times 45^\circ$ , auf Nennmass bezogen. Zum einen wird die Reibahle beim Anschneiden besser geführt, zum andern wird die Reibung bereits vorgängig entgratet.

- Reiben  
Schnittmeter müssen eingehalten werden um genaue Bohrungen zu bekommen.
- Prüfen  
Prüfen Sie die Reibung mit Grenzlehndorn oder Innenmessschraube auf Masshaltigkeit und von Auge auf deren Oberfläche.
- Reiben von Hand  
Setzen Sie die Reibahle fluchtend an die Bohrung. Drehen Sie die Reibahle mit Hilfe des Windeisens unter leichtem axialem Druck allmählich in die Bohrung.



Reiben Sie nicht trocken, sondern verwenden Sie eine Öl-Wasseremulsion (15-25%), um die Standzeit der Reibahle und die Oberflächengüte der Reibung zu erhöhen. Bei Verwendung von Schneideöl wird die Bohrung einige tausendstel mm grösser, verlängert aber dafür die Standzeit.

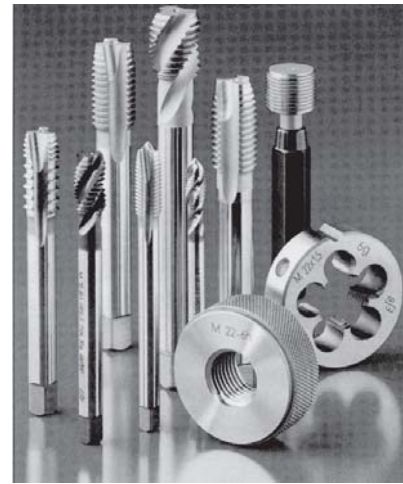
Ausnahme: Werkstoffe wie Grauguss und einige Kunststoffe sollten trocken gerieben werden. Drehen Sie Reibahlen niemals rückwärts, auch nicht, um die Reibahle nach dem Reiben aus der Bohrung zu ziehen.

## Gewindebohren

Es gibt eine Vielzahl von Gewindearten. Man unterscheidet Innen- und Aussengewinde, oder Mutter- und Bolzengewinde. Nach ihrer Form unterscheidet man zwischen Spitz-, Rund-, Flach-, Trapez- und Sägewinde.

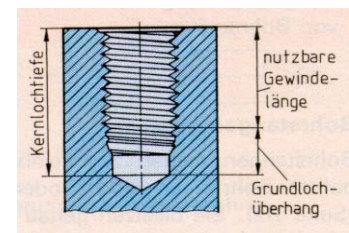
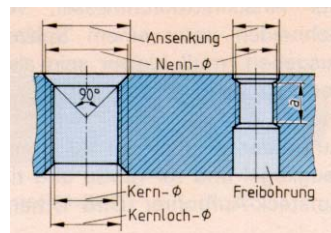
Dann nach ihren Abmessungen im Durchmesser (mm / inch oder Zoll), Gangsteigung (Gang pro mm / Gang pro inch oder Zoll). Weiter gibt es eingängige- oder mehrgängige Gewinde und zylindrische oder konische Gewinde.

Innengewinde können mit Gewindebohrern von Hand oder auf Maschinen hergestellt werden. Je nach Stückzahl, verlangter Genauigkeit und Oberflächengüte werden verschiedene Fertigungsverfahren angewandt.



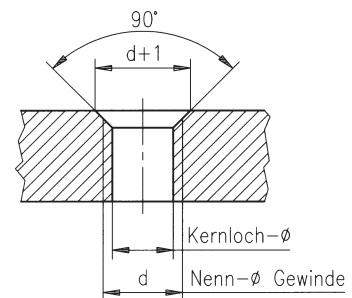
Bildnachweis: Modell-Lehrgang Swissmechanic

Zum Schneiden von Innengewinden müssen zuerst die Kernlöcher gebohrt werden. Beim metrischen ISO-Gewinde entspricht der Kernlochdurchmesser dem Nenndurchmesser des Gewindes minus der Gewindesteigung (Tabellen weiter hinten). Der Gewindebohrer führt die Schnitt- und Vorschubbewegung aus. Der Vorschub wird durch die Gewindesteigung bestimmt.

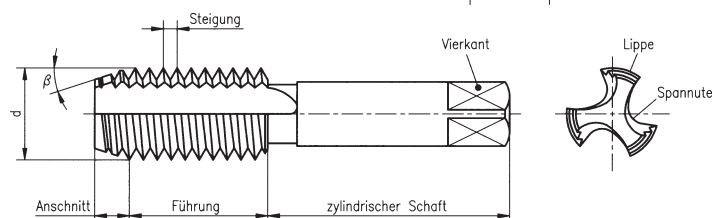


Bildnachweis: Fachkunde Metall Europa-Nr. 10129

Bei Durchgangsbohrungen müssen beide Seiten angesenkt werden. Durch das Ansenken wird der Gewindebohrer beim Einlaufen besser geführt und das Gewinde wird vorgängig entgratet. Bei Sacklöchern muss darauf geachtet werden, dass der Gewindebohrer einen Anschnitt besitzt und die nutzbare Gewindelänge kürzer als die Kernlochtiefe ist. Der Anschnitt kann je nach Gewindebohrer-Typ verschieden sein. Die Schneidarbeit wird vom Anschnitt verrichtet.



Gewindebohrer sind meistens aus Hochleistungsschnellschnittstahl (HSS). Für die Serienfertigung stehen Gewindebohrer mit unterschiedlichsten Oberflächenbeschichtungen sowie aus Hartmetall zur Verfügung.

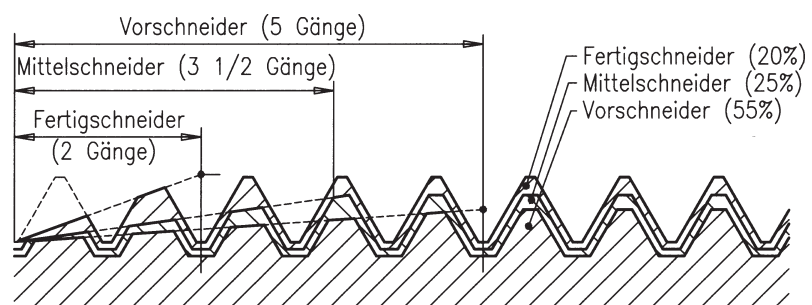


$d$  = Nenndurchmesser  
 $\beta$  = Answinkel

## Gewindebohren von Hand

Handgewindebohrer bestehen in der Regel aus dreiteiligen Sätzen.

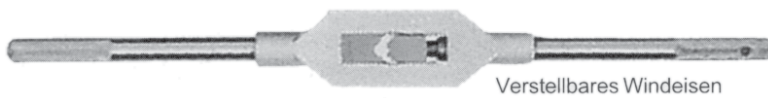
Der Vorschneider besitzt 1 Ring am Schaft, der Mittelschneider 2 Ringe und der Fertigschneider keine oder 3 Ringe.



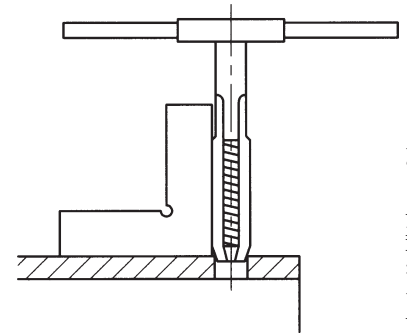
Schnittverteilung von dreiteiligen Gewindebohrersätzen

Bildnachweis: Modell-Lehrgang Swissmem

Ist das Kernloch gebohrt und angesenkt, wird der Vorschneider in ein verstellbares Handwindeisen eingespannt. Wichtig beim Gewindeschneiden: immer schmieren. Der Gewindebohrer muss genau axial zum Kernloch eingeführt werden. Prüfen Sie ab und zu die Winkligkeit des Gewindebohrers mit dem Anschlagwinkel. Geringfügige Winkelabweichungen können Sie durch entsprechende vorsichtige Belastung auf das Windeisen während dem Eindrehen, nie im Stillstand, korrigieren. Bei kleinen Gewindebohrer ist Vorsicht geboten, denn sie brechen leicht ab (teuer und das Werkstück wird unbrauchbar). Drehen Sie nach einer Umdrehung den Gewindebohrer  $\frac{1}{4}$  zurück, so werden die Späne gebrochen und das Schmiermittel kann an die Schneidkanten fließen. Ist das Gewinde fertig vorgeschritten, drehen Sie den Gewindebohrer aus dem Gewinde. Drehen Sie nun zuerst den Mittel- und dann den Fertigschneider durch das Gewinde. Nach jedem Schneidengang Gewinde und Gewindeschneider von den Spänen reinigen.



Mit dem Mittel- und Fertigschneider sollten keine Winkelkorrekturen mehr vorgenommen werden. Nun muss das Gewinde noch geprüft werden. Bei Fein- und Whitworthgewinden besteht der Handgewindebohrer-Satz nur aus einem Vor- und Fertigschneider. Diese Gewinde besitzen eine geringere Gewindetiefe als ISO-Normgewinde.



Bildnachweis: Modell-Lehrgang, Swissmem

### Gewindebohren maschinell (nur für Rechtsgewinde)

Viele Bohrmaschinen sind mit Gewindeschneidautomatik ausgerüstet. Die Maschine schaltet nach Erreichen der gewünschten Bohrtiefe automatisch auf Linkslauf. Wichtig dabei ist, dass die Bohrmaschine mit einem Kranzfutter ausgestattet ist. Beim Schnellspannfutter löst sich der Bohrer beim Umschaltvorgang, beim Kranzfutter spielt der Drehsinn keine Rolle.



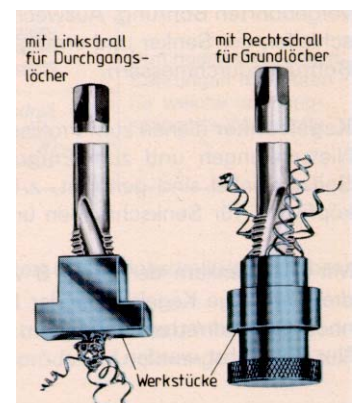
### Vorschub

Der Vorschub pro Umdrehung muss der Gewindesteigung entsprechen. Bei Bohrmaschinen mit Handvorschub zieht es den Gewindebohrer automatisch der Steigung entsprechend in die Kernbohrung. Am Vorschubhebel begleiten Sie diese Bewegung, ohne dabei Kraft aufzuwenden. Bei Sacklöchern muss das Kernloch ca. 35% tiefer sein als das Gewinde geschnitten wird (Beispiel: 15mm Kernlochtiefe / 10mm Gewindetiefe). Das Trägheitsmoment der Bohrmaschine ist zu berücksichtigen (hohe Umdrehungszahl / Umschaltpunkt tiefer als eingestellt!).

Maschinengewindebohrer, die links oder rechts drallgenutet sind, schneiden in einem Schnitt ein masshaltiges Gewinde. Durch den zusätzlichen Schälanschnitt wird eine hohe Spanleistung erzielt. Für Durchgangslöcher können Gewindebohrer mit Linksdrall verwendet werden, welche die anfallenden Späne vor sich her aus dem Bohrloch schieben. Für Sacklöcher müssen Gewindebohrer mit Rechtsdrall verwendet werden. Hier werden die Späne wie beim Bohren durch die Spannuten nach oben geführt und verstopfen das Sackloch nicht.

Schnittgeschwindigkeiten für unbeschichtete HSS-Gewindebohrer und Schmierung.

|   |                                   |       |       |
|---|-----------------------------------|-------|-------|
| * | Stahl unter 800 N/mm <sup>2</sup> | 15-20 | m/min |
| * | Stahl über 800 N/mm <sup>2</sup>  | 6-10  | m/min |
| * | Kunststoffe (Thermoplaste)        | 6-10  | m/min |
| * | Aluminium                         | 20-25 | m/min |
| * | Messing (CuZn)                    | 25-30 | m/min |



Bildnachweis: Fachkunde Metall Europa-Nr. 10129

## Ein Überblick über verschiedene Maschinengewindebohrer

Gewindebohrer mit Schälanschnitt eignen sich für Durchgangsbohrungen. Die Späne werden nach vorne ausgestossen. Sie sind für verschiedene Materialien erhältlich.



Links spiralgenutete Gewindebohrer eignen sich für Sacklöcher. Die Späne werden durch den Drall aus dem Sackloch abgeführt wie beim Bohren. Auch diese Gewindebohrer sind für verschiedene Materialien erhältlich.



Bildnachweis: Modell-Lehrgang - Swissmechanic

## Schneiden von Aussengewinden

Aussengewinde schneiden Sie mit dem Schneideisen, in der Werkstatt oft Filière genannt. Das Schneideisen gleicht, ähnlich der Gewindebohrer einer Schraube, einer Mutter. Auch hier werden die Schneidekanten durch die Spannuten gebildet. Schneideeisen sind aus HSS gefertigt. Sie schneiden ein masshaltiges Gewinde in einem Arbeitsgang. Es gibt geschlossene und offene Schneideisen. Offene können im Durchmesser verstellt werden. Dadurch können Gewinde, die noch Oberflächenbehandelt werden, im Durchmesser etwas kleiner geschnitten werden.

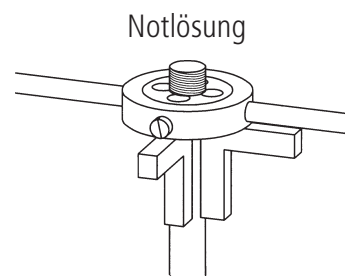
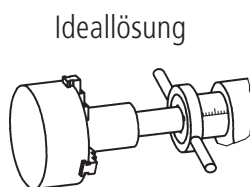
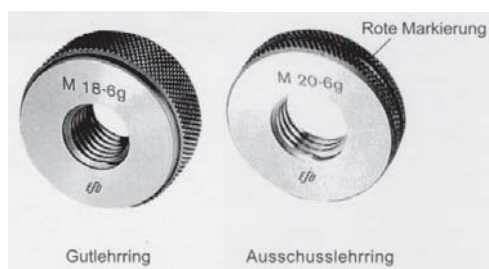
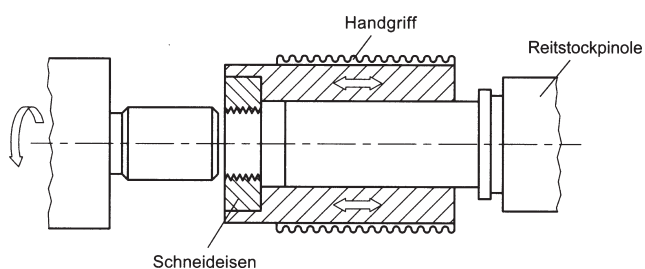
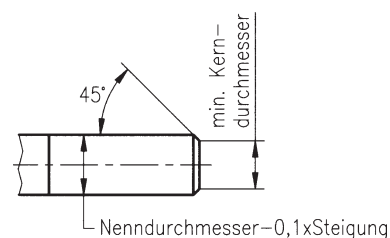


## Bolzendurchmesser bearbeiten



Der Durchmesser des Bolzen sollte etwa  $\frac{1}{10}$  der Steigung kleiner sein als der Gewindenenddurchmesser.



Beispiel: Gewinde M10 hat Steigung 1.5mm = Bolzendurchmesser 9.85mm  
Das Ansträgen des Bolzen ermöglicht sauberes, winkliges Anschneiden des Gewindes.



Das Schneideisen wird in den entsprechenden Schneideisenhalter (versch. Grössen) eingesetzt. Nach Möglichkeit sollten Sie zum Gewindeschneiden eine Gewindeschneidevorrichtung verwenden. Bei Aussengewinden mit Schneideisen und Schneideisenhalter wird die Planfläche der Reitstockpinole an der Drehbank als Führung benützt. Von Hand schneiden Sie ein paar Gänge, wobei Sie die Pinole über das Handrad nachführen. Danach kann man meist auf die Pinole verzichten und das Gewinde fertig schneiden. Immer auf die Winkligkeit achten. Ist keine Drehbank vorhanden, geht es auch am Schraubstock (Fase etwas grösser anbringen). Mit dem Anschlagwinkel immer prüfen und während dem Schneiden korrigieren. Am Schluss Gewinde mit Gewindelehrring prüfen.



## Kernlochbohrungen für verschiedene Gewindearten.


| M     | Steigung<br>in mm<br> | Kernloch<br>Grösst-<br>mass | Bohrer<br> |
|-------|--|-----------------------------|---|
| M 1   | 0.25   | 0.785                       | 0.75  |
| M 1.2 | 0.25   | 0.985                       | 0.95  |
| M 1.4 | 0.3  | 1.142                       | 1.1   |
| M 1.6 | 0.35   | 1.321                       | 1.25  |
| M 1.7 | 0.35   | 1.346                       | 1.3   |
| M 2   | 0.4  | 1.679                       | 1.6   |
| M 2.5 | 0.45   | 2.138                       | 2.05  |
| M 3   | 0.5  | 2.559                       | 2.5   |
| M 3.5 | 0.6  | 3.010                       | 2.9   |
| M 4   | 0.7  | 3.422                       | 3.3   |
| M 4.5 | 0.75   | 3.878                       | 3.7   |
| M 5   | 0.8  | 4.334                       | 4.2   |
| M 6   | 1  | 5.153                       | 5   |
| M 7   | 1  | 6.153                       | 6   |
| M 8   | 1.25   | 6.912                       | 6.8   |
| M 9   | 1.25   | 7.912                       | 7.8   |
| M 10  | 1.5  | 8.676                       | 8.5   |
| M 11  | 1.5  | 9.676                       | 9.5   |
| M 12  | 1.75   | 10.441                      | 10.2  |
| M 14  | 2  | 12.210                      | 12  |
| M 16  | 2  | 14.210                      | 14  |
| M 18  | 2.5  | 15.744                      | 15.5  |
| M 20  | 2.5  | 17.744                      | 17.5  |
| M 22  | 2.5  | 19.744                      | 19.5  |
| M24   | 3  | 21.252                      | 21  |
| M27   | 3  | 24.252                      | 24  |
| M 30  | 3.5  | 26.771                      | 26.5  |
| M 33  | 3.5  | 29.771                      | 29.5  |
| M36   | 4  | 32.270                      | 32  |
| M 39  | 4  | 35.270                      | 35  |
| M 42  | 4.5  | 37.799                      | 37.5  |
| M 45  | 4.5  | 40.799                      | 40.5  |
| M 48  | 5  | 43.297                      | 43  |
| M 52  | 5  | 47.297                      | 47  |
| M 56  | 5.5  | 50.796                      | 50.5  |
| M 60  | 5.5  | 54.796                      | 54.5  |
| M 64  | 6  | 58.305                      | 58  |
| M 68  | 6  | 62.305                      | 62  |


| MF    | Steigung<br>in mm<br> | Kernloch<br>Grösst-<br>mass | Bohrer<br> |
|-------|--|-----------------------------|--|
| M 2.5 | x 0.35   | 2.221                       | 2.15   |
| M 3   | x 0.35   | 2.721                       | 2.65   |
| M 3.5 | x 0.35   | 3.221                       | 3.15   |
| M 4   | x 0.5  | 3.599                       | 3.5  |
| M 4.5 | x 0.5  | 4.099                       | 4  |
| M 5   | x 0.5  | 4.599                       | 4.5  |
| M 5.5 | x 0.5  | 5.099                       | 5  |
| M 6   | x 0.75   | 5.378                       | 5.25   |
| M 7   | x 0.75   | 6.378                       | 6.25   |
| M 8   | x 0.75   | 7.378                       | 7.25   |
|       | x 1  | 7.153                       | 7  |
| M 9   | x 0.75   | 8.378                       | 8.25   |
|       | x 1  | 8.153                       | 8  |
| M 10  | x 0.75   | 9.378                       | 9.25   |
|       | x 1.   | 9.153                       | 9  |
|       | x 1.25   | 8.912                       | 8.75   |
| M 11  | x 0.75   | 10.378                      | 10.25  |
|       | x 1  | 10.153                      | 10   |
| M 12  | x 1  | 11.153                      | 11   |
|       | x 1.25   | 10.912                      | 11.75  |
|       | x 1.5  | 10.676                      | 10.5   |
| M 14  | x 1  | 13.153                      | 13   |
|       | x 1.25   | 12.912                      | 12.75  |
|       | x 1.5  | 12.676                      | 12.5   |
| M 15  | x 1  | 14.153                      | 14   |
|       | x 1.5  | 13.676                      | 13.5   |
| M 16  | x 1  | 15.153                      | 15   |
|       | x 1.5  | 14.676                      | 14.5   |
| M 17  | x 1  | 16.153                      | 16   |
|       | x 1.5  | 15.676                      | 15.5   |
| M 18  | x 1  | 17.153                      | 17   |
|       | x 1.5  | 16.676                      | 16.5   |
|       | x 2  | 16.210                      | 16   |
| M 20  | x 1  | 19.153                      | 19   |
|       | x 1.5  | 18.676                      | 18.5   |
|       | x 2  | 18.210                      | 18   |
| M 22  | x 1  | 21.153                      | 21   |
|       | x 1.5  | 20.676                      | 20.5   |
|       | x 2  | 20.210                      | 20   |
| M 24  | x 1  | 23.153                      | 23   |
|       | x 1.25   | 22.676                      | 22.5   |
|       | x 2  | 22.210                      | 22   |


| MF   | Steigung<br>in mm<br> | Kernloch<br>Grösst-<br>mass | Bohrer<br> |
|------|--|-----------------------------|---|
| M 25 | x 1  | 24.153                      | 24  |
|      | x 1.5  | 23.676                      | 23.5  |
|      | x 2  | 23.210                      | 23  |
| M 26 | x 1.5  | 24.676                      | 24.5  |
| M 27 | x 1  | 26.153                      | 26  |
|      | x 1.5  | 25.676                      | 25.5  |
|      | x 2  | 25.210                      | 25  |
| M 28 | x 1  | 27.153                      | 27  |
|      | x 1.5  | 26.676                      | 26.5  |
|      | x 2  | 26.210                      | 26  |
| M 30 | x 1  | 29.153                      | 29  |
|      | x 1.5  | 28.676                      | 28.5  |
|      | x 2  | 28.210                      | 28  |
| M 32 | x 1.5  | 30.676                      | 30.5  |
|      | x 2  | 30.210                      | 30  |
| M 33 | x 1.5  | 31.676                      | 31.5  |
|      | x 2  | 31.210                      | 31  |
|      | x 3  | 30.252                      | 30  |
| M 35 | x 1.5  | 33.676                      | 33.5  |
| M 36 | x 1.5  | 34.676                      | 34.5  |
|      | x 2  | 34.210                      | 34  |
|      | x 3  | 33.352                      | 33  |
| M 38 | x 1.5  | 36.676                      | 36.5  |
| M 39 | x 1.5  | 37.676                      | 37.5  |
|      | x 2  | 37.210                      | 37  |
|      | x 3  | 36.252                      | 36  |
| M 40 | x 1.5  | 38.676                      | 38.5  |
|      | x 2  | 38.210                      | 38  |
|      | x 3  | 37.252                      | 37  |
| M 42 | x 1.5  | 40.676                      | 40.5  |
|      | x 2  | 40.210                      | 40  |
|      | x 3  | 39.252                      | 39  |
|      | x 4  | 38.270                      | 38  |
| M 45 | x 1.5  | 43.676                      | 43.5  |
|      | x 2  | 43.210                      | 43  |
|      | x 3  | 42.252                      | 42  |
|      | x 4  | 41.270                      | 41  |
| M 48 | x 1.5  | 46.676                      | 46.5  |
|      | x 2  | 46.210                      | 46  |
|      | x 3  | 45.252                      | 45  |
|      | x 4  | 44.270                      | 44  |
| M 50 | x 1.5  | 48.676                      | 48.5  |
|      | x 2  | 48.210                      | 48  |
|      | x 3  | 47.252                      | 47  |


**Werkstücke im Handschraubstock halten und kühlen / schmieren!**


## Kernlochbohrungen für verschiedene Gewindearten (Zoll)

| <b>W</b> | Steigung<br>Umgänge<br>pro 1" | Kernloch<br>Grösst-<br>mass | Bohrer<br> |
|----------|-------------------------------|-----------------------------|---|
| 1/16"    | 60                            | 1.218                       | 1.1   |
| 3/32"    | 48                            | 1.894                       | 1.85  |
| 1/8"     | 40                            | 2.570                       | 2.5   |
| 5/16"    | 32                            | 3.189                       | 3.2   |
| 3/16"    | 24                            | 3.690                       | 3.6   |
| 7/16"    | 24                            | 4.483                       | 4.5   |
| 1/4"     | 20                            | 5.224                       | 5.1   |
| 5/16"    | 18                            | 6.661                       | 6.5   |
| 3/8"     | 16                            | 8.052                       | 7.9   |
| 7/8"     | 14                            | 9.379                       | 9.2   |
| 1/2"     | 12                            | 10.610                      | 10.4  |
| 5/8"     | 11                            | 13.598                      | 13.4  |
| 3/4"     | 10                            | 16.538                      | 16.2  |
| 7/8"     | 9                             | 19.411                      | 19.2  |
| 1"       | 8                             | 22.185                      | 22  |
| 1 1/8"   | 7                             | 24.879                      | 24.5  |
| 1 1/4"   | 7                             | 28.054                      | 27.7  |
| 1 3/8"   | 6                             | 30.555                      | 30  |
| 1 1/2"   | 6                             | 33.730                      | 33.5  |
| 1 5/8"   | 5                             | 35.921                      | 35.5  |
| 1 3/4"   | 5                             | 39.096                      | 38.5  |
| 1 7/8"   | 4                             | 41.648                      | 41.5  |
| 2"       | 4                             | 44.823                      | 44.5  |
| 2 1/4"   | 4                             | 50.420                      | 50  |
| 2 1/2"   | 4                             | 56.770                      | 56  |

| <b>G</b> | Steigung<br>Umgänge<br>pro 1" | Kernloch<br>Grösst-<br>mass | Bohrer<br> |
|----------|-------------------------------|-----------------------------|---|
| G 1/8"   | 28                            | 8.848                       | 8.7   |
| G 1/4"   | 19                            | 11.890                      | 11.6  |
| G 3/8"   | 19                            | 15.395                      | 15  |
| G 1/2"   | 14                            | 19.172                      | 19  |
| G 5/8"   | 14                            | 21.128                      | 20.7  |
| G 3/4"   | 14                            | 24.658                      | 24.5  |
| G 7/8"   | 14                            | 28.418                      | 28  |
| G 1"     | 11                            | 30.931                      | 30.5  |
| G 1 1/8" | 11                            | 35.579                      | 35  |
| G 1 1/4" | 11                            | 39.592                      | 39.5  |
| G 1 3/8" | 11                            | 42.005                      | 41.5  |
| G 1 1/2" | 11                            | 45.485                      | 45  |
| G 1 3/4" | 11                            | 51.428                      | 51  |
| G 2"     | 11                            | 57.296                      | 57  |
| G 2 1/4" | 11                            | 63.392                      | 63  |
| G 2 1/2" | 11                            | 72.866                      | 72.5  |
| G 2 3/4" | 11                            | 79.216                      | 79  |
| G 3"     | 11                            | 85.566                      | 85.5  |

| <b>UNC</b>         | Steigung<br>Umgänge<br>pro 1" | Kernloch<br>Grösst-<br>mass | Bohrer<br> |
|--------------------|-------------------------------|-----------------------------|---|
| No 1 - 64 UNC      |                               | 1.582                       | 1.5   |
| No 2 - 56 UNC      |                               | 1.872                       | 1.8   |
| No 3 - 48 UNC      |                               | 2.146                       | 2   |
| No 4 - 40 UNC      |                               | 2.385                       | 2.3   |
| No 5 - 40 UNC      |                               | 2.697                       | 2.6   |
| No 6 - 32 UNC      |                               | 2.896                       | 2.7   |
| No 8 - 32 UNC      |                               | 3.531                       | 3.5   |
| No 10- 24 UNC      |                               | 3.962                       | 3.8   |
| No 12- 24 UNC      |                               | 4.597                       | 4.5   |
| 1/4" - 20 UNC      |                               | 5.258                       | 5.1   |
| 5/16" - 18 UNC     |                               | 6.731                       | 6.5   |
| 3/8" - 16 UNC      |                               | 8.153                       | 7.9   |
| 7/16" - 14 UNC     |                               | 9.550                       | 9.3   |
| 1/2" - 13 UNC      |                               | 11.024                      | 10.7  |
| 9/16" - 12 UNC     |                               | 12.446                      | 12.3  |
| 5/8" - 11 UNC      |                               | 13.868                      | 13.5  |
| 3/4" - 10 UNC      |                               | 16.840                      | 16.5  |
| 7/8" - 9 UNC       |                               | 19.761                      | 19.5  |
| 1" - 8 UNC         |                               | 22.601                      | 22.2  |
| 1 1/8" - 7 UNC     |                               | 25.349                      | 25  |
| 1 1/4" - 6 UNC     |                               | 28.524                      | 28  |
| 1 3/8" - 6 UNC     |                               | 31.115                      | 30.7  |
| 1 1/2" - 5 UNC     |                               | 34.290                      | 34  |
| 1 3/4" - 4 1/2 UNC |                               | 39.827                      | 39.5  |
| 2" - 4 1/2 UNC     |                               | 45.593                      | 45  |

| <b>UNF</b>      | Steigung<br>Umgänge<br>pro 1" | Kernloch<br>Grösst-<br>mass | Bohrer<br> |
|-----------------|-------------------------------|-----------------------------|---|
| No 0 - 80 UNF   |                               | 1.306                       | 1.2   |
| No 1 - 72 UNF   |                               | 1.613                       | 1.5   |
| No 2 - 64 UNF   |                               | 1.913                       | 1.8   |
| No 3 - 56 UNF   |                               | 2.197                       | 2.1   |
| No 4 - 48 UNF   |                               | 2.459                       | 2.4   |
| No 5 - 44 UNF   |                               | 2.741                       | 2.6   |
| No 6 - 40 UNF   |                               | 3.023                       | 2.9   |
| No 8 - 36 UNF   |                               | 3.607                       | 3.5   |
| No 10- 32 UNF   |                               | 4.166                       | 4   |
| No 12- 28 UNF   |                               | 4.724                       | 4.6   |
| 1/4" - 28 UNF   |                               | 5.588                       | 5.4   |
| 5/16" - 24 UNF  |                               | 7.036                       | 6.9   |
| 3/8" - 24 UNF   |                               | 8.636                       | 8.4   |
| 7/16" - 20 UNF  |                               | 10.033                      | 9.9   |
| 1/2" - 20 UNF   |                               | 11.608                      | 11.5  |
| 9/16" - 18 UNF  |                               | 13.081                      | 13  |
| 5/8" - 18 UNF   |                               | 14.681                      | 14.5  |
| 3/4" - 16 UNF   |                               | 17.678                      | 17.4  |
| 7/8" - 14 UNF   |                               | 20.675                      | 20.4  |
| 1" - 12 UNF     |                               | 23.571                      | 23.2  |
| 1 1/8" - 12 UNF |                               | 26.746                      | 26.5  |
| 1 1/4" - 12 UNF |                               | 29.921                      | 29.5  |
| 1 3/8" - 12 UNF |                               | 33.096                      | 32.7  |
| 1 1/2" - 12 UNF |                               | 36.271                      | 36  |

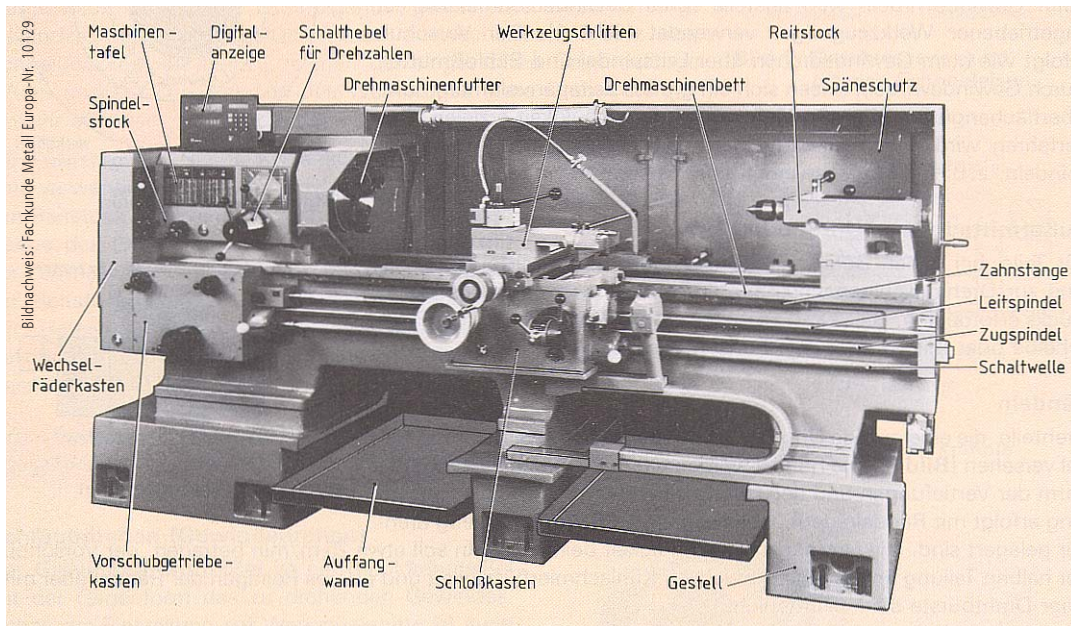
| <b>UNEF</b>       | Steigung<br>Umgänge<br>pro 1" | Kernloch<br>Grösst-<br>mass | Bohrer<br> |
|-------------------|-------------------------------|-----------------------------|---|
| No 12 - 32 UNEF   |                               | 4.826                       | 4.7   |
| 1/4" - 32 UNEF    |                               | 5.690                       | 5.6   |
| 5/16" - 32 UNEF   |                               | 7.264                       | 7.2   |
| 3/8" - 32 UNEF    |                               | 8.865                       | 8.8   |
| 7/16" - 28 UNEF   |                               | 10.338                      | 10.2  |
| 1/2" - 28 UNEF    |                               | 11.938                      | 11.8  |
| 9/16" - 24 UNEF   |                               | 13.386                      | 13.2  |
| 5/8" - 24 UNEF    |                               | 14.986                      | 14.7  |
| 11/16" - 24 UNEF  |                               | 16.561                      | 16.5  |
| 3/4" - 20 UNEF    |                               | 17.958                      | 17.7  |
| 13/16" - 20 UNEF  |                               | 19.558                      | 19.5  |
| 7/8" - 20 UNEF    |                               | 21.133                      | 21  |
| 15/16" - 20 UNEF  |                               | 22.733                      | 22.5  |
| 1" - 20 UNEF      |                               | 24.308                      | 24.2  |
| 1 1/16" - 18 UNEF |                               | 25.781                      | 25.5  |
| 1 1/8" - 18 UNEF  |                               | 27.381                      | 27.2  |
| 1 3/16" - 18 UNEF |                               | 28.956                      | 28.7  |
| 1 1/4" - 18 UNEF  |                               | 30.556                      | 30.5  |
| 1 5/16" - 18 UNEF |                               | 32.131                      | 32  |
| 1 3/8" - 18 UNEF  |                               | 33.731                      | 33.5  |
| 1 7/16" - 18 UNEF |                               | 35.306                      | 35  |
| 1 1/2" - 18 UNEF  |                               | 36.881                      | 36.7  |
| 1 9/16" - 18 UNEF |                               | 38.481                      | 38.2  |
| 1 5/8" - 18 UNEF  |                               | 40.081                      | 40  |



Drehen ist ein zerspanendes Fertigungsverfahren mit geometrisch bestimmter Schneide und kreisförmigen Drehbewegungen. Meist führt das Werkstück oder Drehteil die Drehbewegung aus. Das einschneidige Werkzeug ist fest eingespannt und wird an der zu bearbeitenden Fläche entlanggeführt.

## Aufbau der Drehmaschine

Auf der Universaldrehmaschine können fast alle Dreharbeiten ausgeführt werden. Je nach Drehteil welches anzufertigen ist, sind folgende Kenndaten wichtig, nämlich: Antriebsleistung, Spitzenhöhe, Spitzenweite, Drehzahlbereich und die einstellbaren Vorschübe. Konventionelle Drehmaschinen gibt es in verschiedenen Spitzenhöhen (100mm bis 1.5m) und Spitzenweiten (300mm bis 3m) in unserer Werkstatt.



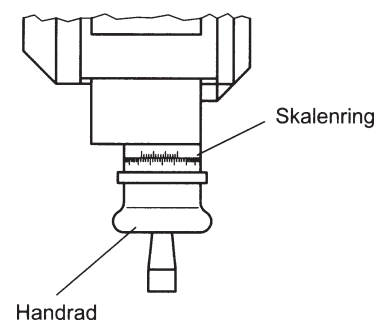
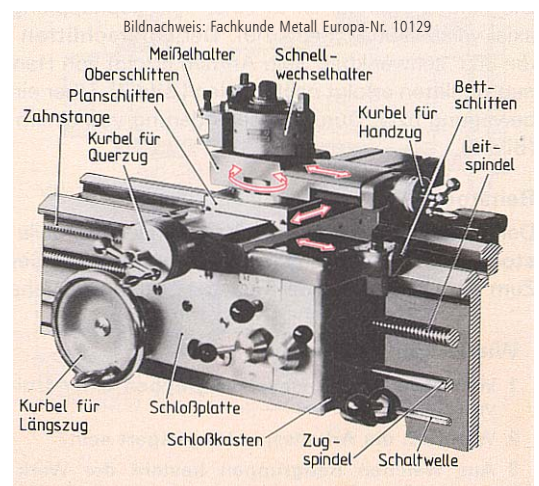
Der Werkzeugschlitten besteht aus Schlosskasten, Bettschlitten, Planschlitten (Querschlitten) und Oberschlitten. Die Längsbewegung (axial) der Werkzeuge wird mit dem Bettschlitten oder Oberschlitten ausgeführt. Querbewegungen (radial) mit dem Planschlitten. Der Oberschlitten ist meistens schwenkbar und kann daher eine Bewegung in beliebiger Richtung ausführen. Auf dem Oberschlitten ist die Werkzeugspannvorrichtung angebracht.

Mit der Zugspindel wird der Längs- und Quervorschub über den Schlosskasten eingestellt.

Die Leitspindel (Trapezgewinde) wird ausschliesslich zum Gewindeschneiden verwendet.

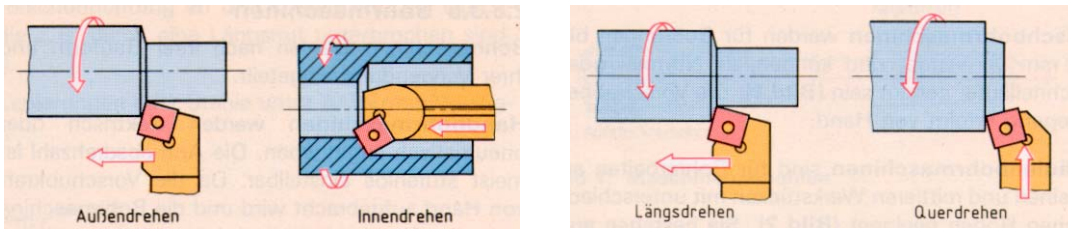
Der Plan- und Oberschlitten kann über die Handräder verstellt werden. Auf den angebrachten Skaleringen kann der zurückgelegte Weg abgelesen werden. Meistens ist der Wert eines Skalenteils angeschrieben. Bei einigen Drehmaschinen wird der Wert am Planschlitten auf den Durchmesser bezogen, bei den anderen auf den Radius. Bei Unsicherheit am besten ausprobieren!

Bei den meisten Drehmaschinen beträgt ein Skalenteil 0.02mm auf den Durchmesser. Beim Oberschlitten beträgt ein Skalenteil meistens einen Verfahrweg von 0.01mm.

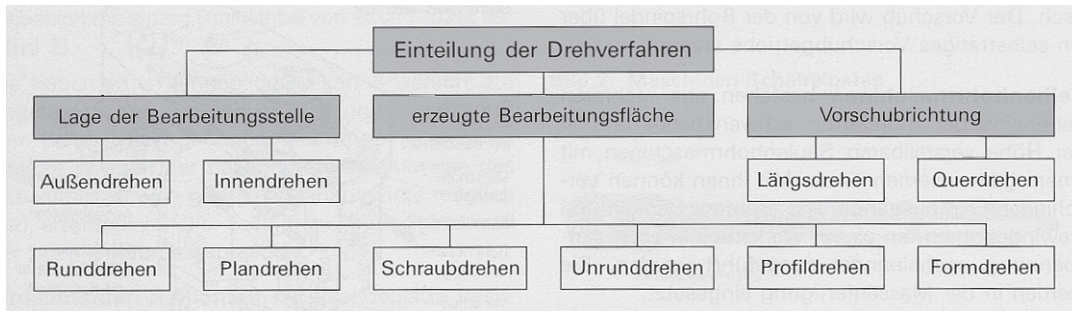


# Drehverfahren

Nach der Lage der Bearbeitungsstelle am Drehteil werden die Drehverfahren in Aussendrehen und Innendrehen unterteilt. Nach der Vorschubrichtung unterscheidet man Längsdrehen und Querdrehen.



Bildnachweis: Fachkunde Metall Europa-Nr. 10129



|  | Aussendrehen | Innendrehen |
|--|--------------|-------------|
| Runddrehen,<br>z. B. Längsrunddrehen     |              |             |
| Plandrehen,<br>z. B. Querplandrehen      |              |             |
| Formdrehen,<br>z. B. Drehen eines Kegels |              |             |
| Plandrehen,<br>z. B. Querabstechdrehen   |              |             |
| Schraubdrehen,<br>z. B. Gewindedrehen    |              |             |
| Profildrehen,<br>z. B. Quer-Profildrehen |              |             |

Bildnachweis: Modell-Lehrgang Swissmechanik

## Schnittgeschwindigkeit

Die Schnittgeschwindigkeit  $v_c$  (Meter pro Minute) ergibt sich aus der Drehzahl der Arbeitsspindel, wo das Werkstück eingespannt ist und dessen Durchmesser. Die Wahl der Schnittgeschwindigkeit ist vom zu bearbeitenden Werkstoff, vom eingesetzten Drehstahl (Werkzeug), der Kühl- und Schmierung und der Oberflächengüte abhängig.

## Vorschub

Der Vorschub  $f$  (mm pro Umdrehung) wird bestimmt von der Leistung der Drehmaschine, dem eingesetzten Werkzeug und der verlangten Oberflächengüte.

## Schruppen

Ziel des Schruppens oder Vordrehens ist es, möglichst viel Material in kurzer Zeit zu zerspanen. Die Oberfläche ist unwichtig, wichtig jedoch die Standzeit des Werkzeuges. Darum werden spezielle Schruppdrehstähle eingesetzt.

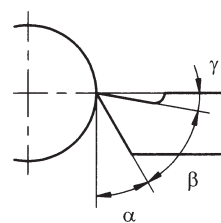
## Schlichten.

Durch Schlichten oder Fertigdrehen soll die verlangte Form- und Massgenauigkeit, sowie die erforderliche Oberflächengüte erreicht werden.

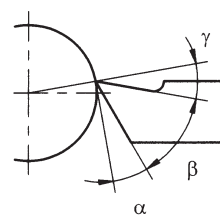
## Drehwerkzeuge

Man unterscheidet zwischen linken, neutralen, und rechten Drehstäben. Ebenfalls haben die Drehstähle, je nach dem zu bearbeitenden Material, verschiedene Geometrien. Beim Einstellen der Drehstähle ist auf die Spitzenhöhe zu achten, da sich sonst die drei wichtigen Winkel ( $\alpha, \beta, \gamma$ ) am Drehstahl verändern. Vor allem bei kleinen Durchmessern muss die Spitzenhöhe genau eingestellt werden.

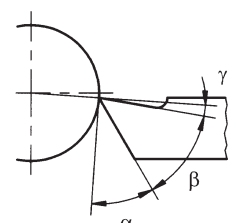
| Werkstoff                       | Freiwinkel $\alpha$ | Spanwinkel $\gamma$ |
|---------------------------------|---------------------|---------------------|
| Stahl bis 500N/mm <sup>2</sup>  | 5°-8°               | 25°                 |
| Stahl über 500N/mm <sup>2</sup> | 5°-8°               | 20°                 |
| Rostfrei 18/10                  | 6°-9°               | 18°                 |
| Grauguss                        | 5°-8°               | 6°                  |
| Aluminium<br>Kupfer             | 7°-10°              | 30°                 |
| Messing hart<br>(CuZn)          | 4°-7°               | 5°                  |



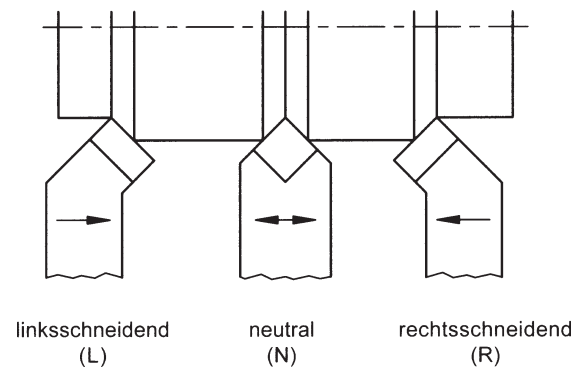
Auf Mitte



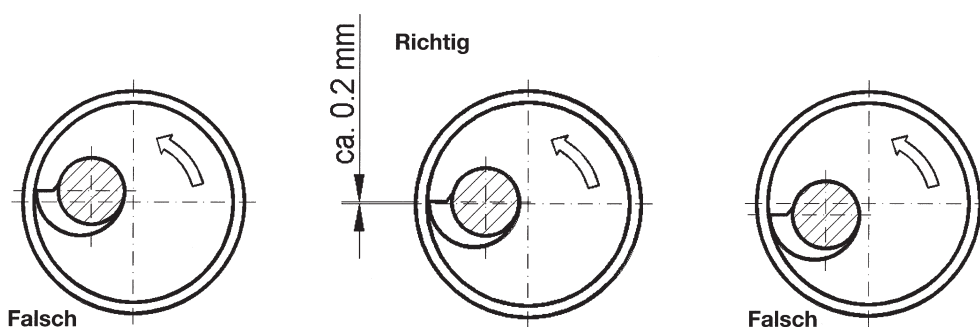
Über Mitte



Unter Mitte



Dasselbe gilt natürlich auch für Innendrehstähle, wobei ab einem Durchmesser von 15mm der Innendrehstahl etwa 0.1 bis 0.2mm über die Mitte eingestellt wird. So kann der Schnittdruck etwas verringert werden, und damit wird das Schwingen reduziert. Vor allem lange Innendrehstähle neigen zum Schwingen!



## Einen Überblick von gängigen Drehstählen



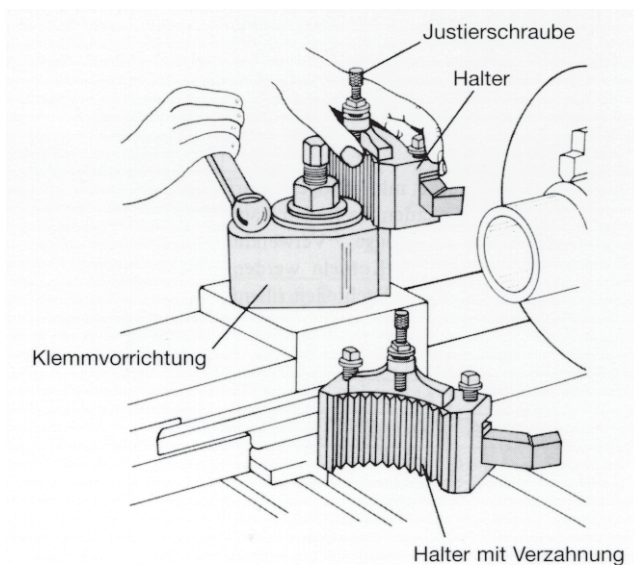
Bildnachweis: Modell-Lehrgang Swissmechanic

## Einspannen und Einrichten von Drehstählen

Drehwerkzeuge werden meistens in einen Schnellwechselhalter eingespannt. Diese erlauben einen schnellen Werkzeugwechsel mit einer hohen Wiederholgenauigkeit ( $\pm 0.02\text{mm}$ ).

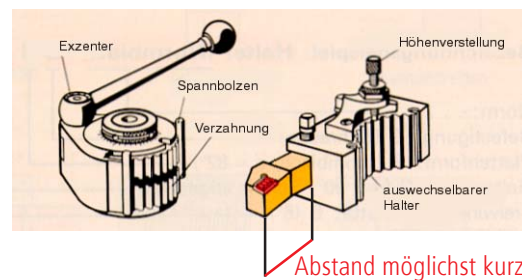
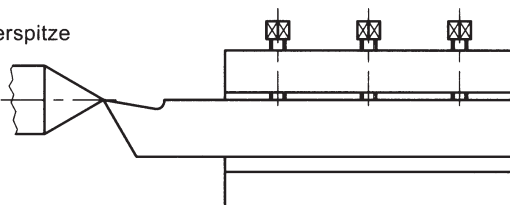
Schnittkraft und Vorschubkraft versuchen den Drehstuhl wegzudrücken. Daher sollten die Drehstühle möglichst kurz und fest eingespannt werden.

Mit der Justierschraube am Schnellwechselhalter können die Drehstühle einfach und genau auf Spitzenhöhe gebracht werden. Als Hilfe verwendet man eine Zentrierspitze, die in der Arbeitsspindel oder im Reitstock eingespannt wird. Mit einer Drehprobe (Plandrehen) kann die Spitzenhöhe auch sehr genau eingestellt werden.



Bildnachweis: Modell-Lehrgang Swissmechanic

Zentrierspitze

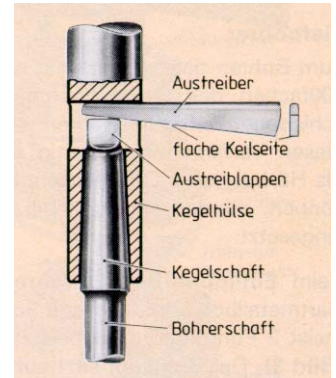
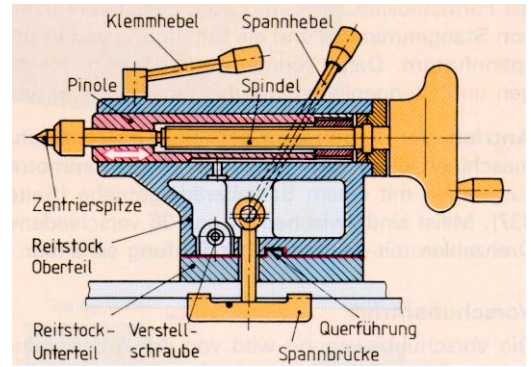


Bildnachweis: Fachkunde Metall-Europa-Nr. 10129

## Reitstock

Der Reitstock dient zum Stützen langer Drehteile sowie zur Aufnahme von Bohrwerkzeugen. Die Reitstockpinole kann über ein Handrad axial zur Drehachse verschoben werden und mit einem Klemmhebel festgeklemmt werden. Um lange Drehteile abzustützen wird eine Zentrierspitze, die drehbar ist, in die Pinole eingesetzt. Um Bohrwerkzeuge einzuspannen wird ein Bohrfutter in die Pinole eingesetzt. Das Auswechseln der Einsätze geschieht je nach Ausführung des Reitstockes durch einen Austreiber oder durch Zurückdrehen der Pinole bis zu einem Anschlag. Die Konen an den Einsätzen sollten gut gereinigt werden und keine Verletzungen aufweisen. Dasselbe gilt auch für den Konus in der Pinole.

In das Bohrfutter können je nach Grösse, Bohrer bis und mit einem Durchmesser von 8-13mm eingespannt werden. Wird das Bohrfutter entfernt, können grössere Bohrer direkt in die Pinole eingesetzt werden, oder man verwendet die entsprechenden Konushülsen dazu.



Bildnachweis: Fachkunde Metall Europa-Nr. 10129

## Spannen der Werkstücke

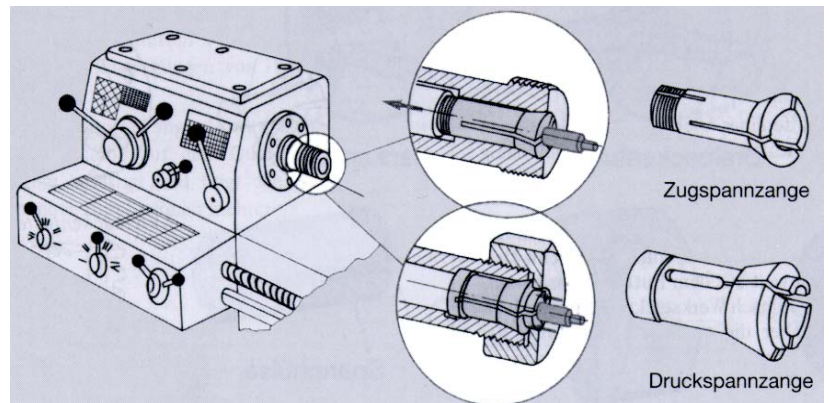
Die Werkstücke müssen sicher, rasch, mit möglichst kleinem Rund- und Planlauffehler und mit geringer Werkstückverformung gespannt werden. Dazu verwendet man verschiedene Spannmittel wie Drei- und Vierbackenfutter, Spannzangen und spezielle Spannmittel, teilweise mit weichen oder harten Backen.

## Spannzange

Mit Spannzangen können runde Werkstücke schnell und genau zentrisch gespannt werden. Sie werden eingesetzt für Werkstücke mit einem Durchmesser von 1mm bis ca.40mm, je nach Drehbankgrösse.

Verwendung für:

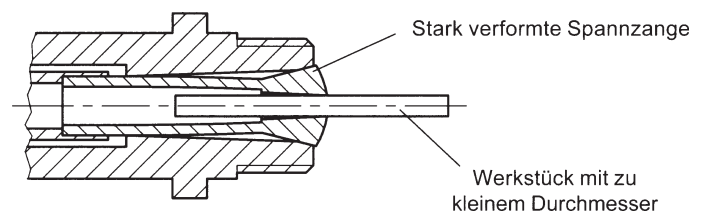
- blankes Stangenmaterial
- bearbeitete Werkstücke
- kleine Werkstückdurchmesser
- hohe Drehzahlen (kleine Masse)
- **runde Werkstücke (wichtig)**



Bildnachweis: Modell-Lehrgang Swissmechanik

**Der Durchmesser des Werkstückes darf nicht mehr als 0.10 mm kleiner sein als das eingravierte Mass an der Spannzange!**

Die Spannzange ist ein geschlitzter Hohlkörper, der beim Spannen in einen Kegel hineingezogen wird. Durch den kleinen Spannweg wird der Spannvorgang mit Spannzangen sehr schnell. Angezogen werden sie über eine Spannmutter oder einen Spannhebel. **Spannzange und Aufnahmekonus vor dem Einsetzen immer reinigen!**



## Selbstzentrierende Spannfutter

Sie dienen zum Spannen von unterschiedlich geformten Werkstücken. Die Zentrierung des Spannfeeders auf der Arbeitsspindel erfolgt durch eine Kurzkegel-Aufnahme (Spannfutter / Arbeitsspindel). Über Camlockbolzen erfolgt die Befestigung. Spannfeeders gibt es in verschiedenen Ausführungen. Die gebräuchlichsten sind:

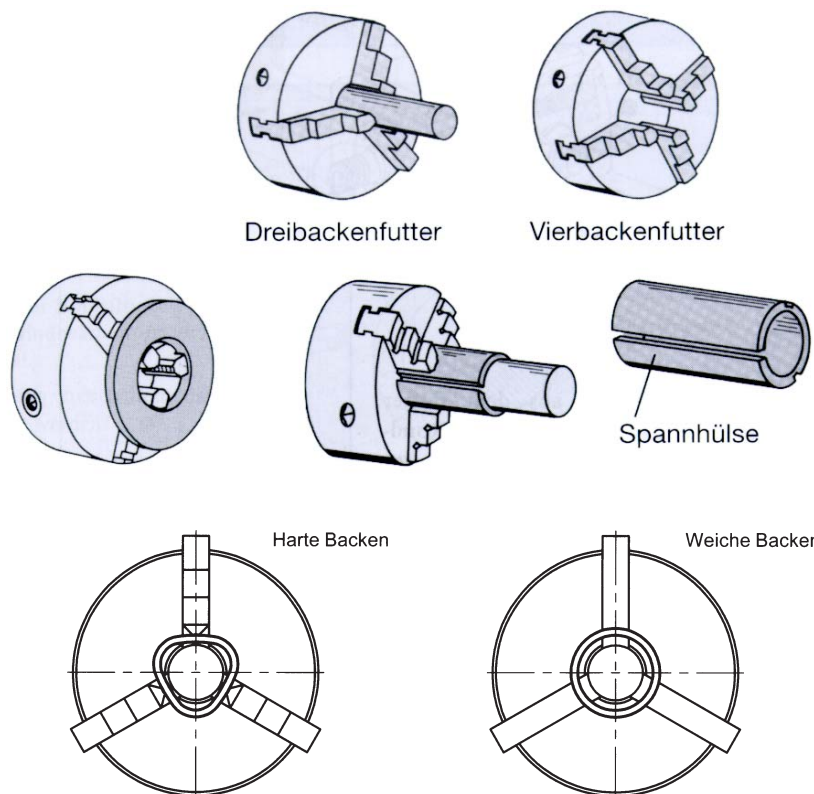
### Dreibackenfutter

Beim Spannen von runden oder regelmässig geformten 3-, 6-, 9- oder 12-kantigen Werkstücken kommt es zum Einsatz. Mit dem Dreibackenfutter kann Rohmaterial sicher gespannt werden. Die Rundheit- und Regelmässigkeit darf grosse Toleranzen aufweisen. Wie der Stuhl mit drei Beinen - er wird nie wackeln, egal auf welchen Untergrund er steht.

### Vierbackenfutter

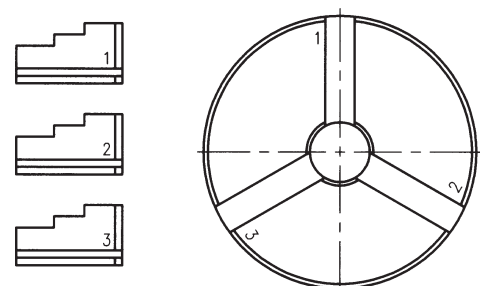
Zum Spannen von formgenauen runden, 4-, und 8-kantigen Werkstücken. Die Rundheit und Regelmässigkeit muss in engen Toleranzen sein.

Zu beiden Futtertypen gibt es Innen- und Aussenbacken, die gehärtet sind. Es gibt auch weiche Backen (ganze Einsätze oder aufschraubbar). Diese können auf die entsprechenden Durchmesser gedreht werden und besitzen somit eine grössere Spannaufgabe. Dünnwandige Profile müssen mit einer Spannhülse gespannt werden oder auf einen Dorn aufgezogen werden.



## Montage von Spannfeedern

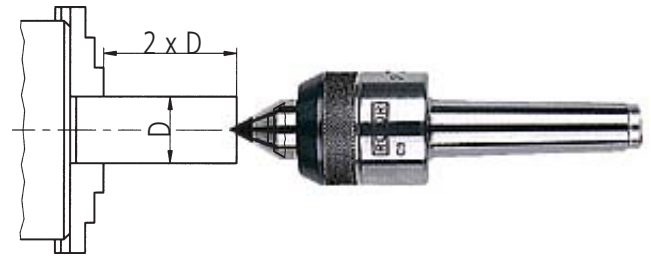
Die Kegelflächen von Arbeitsspindel und Spannfeedern sauber reinigen. Futter sorgfältig aufstecken und die Camlockbolzen gut anziehen (Markierung beachten). Beim Einsetzen oder Auswechseln der Backen Planspirale und Einsätze reinigen. Die einzelnen Backen und das Futter sind nummeriert und müssen dementsprechend montiert werden. Mit der Nummer 1 wird begonnen und dann der Reihe nach bis alle eingesetzt sind. Wichtig ist auch, dass die Backen mindestens mit 3 Rillen in die Planspirale eingreifen. Die Spannbacken immer auf dem dazugehörigen Futter verwenden (Rundlauf). So können Schäden am Futter und Unfälle vermieden werden.



## Zentrierspitzen

Bei langen Drehteilen, egal ob in der Spannzange oder Spannfutter eingespannt, muss mit einer Zentrierspitze das Werkstück zentriert werden.

Vor den Einsetzen der Zentrierspitze in den Reitstock müssen alle Kegel gereinigt werden. Befinden sich zwischen Innen- und Aussenkegel Fremdkörper, so läuft die Spitze exzentrisch und die Drehteile werden nicht zylindrisch. Das Fluchten der Zentrierspitze mit der Arbeitsspindel überprüft man mit Prüfzylinder und Messuhr oder indem man eine Drehprobe durchführt und an dieser feststellt, ob das Werkstück genau zylindrisch ist.



Das Einspannen des Werkstückes zwischen Spitzen muss mit Gefühl erfolgen. Spannt man zu fest, so kann sich das Werkstück durchbiegen. Spannt man zu wenig, so schlägt (vibriert) das Werkstück.

Wenn möglich immer mitdrehende (rotierende) Spitzen verwenden, die lassen auch hohe Tourenzahlen zu. Das Zentrum im Werkstück wird mit einem Zentrierbohrer angefertigt. Diese besitzen einen Kegelwinkel von  $60^\circ$ , identisch mit dem Winkel der Zentrierspitzen.

Bei längeren Schrupparbeiten kann sich das Werkstück wegen der Erwärmung ausdehnen, darum sollte der Anstelldruck der Zentrierspitze zwischendurch überprüft werden.

## Einige Arbeitsregeln beim Drehen

Arbeiten Sie nur an Drehmaschinen die Sie kennen. Bei Unsicherheit fragen Sie oder lassen Sie sich die Drehmaschine erklären. Starten Sie mit dem Drehen erst, wenn Sie sich in der Bedienung der Maschine sicher fühlen.

- \* Tragen Sie immer eine Schutzbrille!
- \* Tragen Sie keine Fingerringe oder Kettchen!
- \* Tragen Sie enganliegende Kleidung, damit sie nicht von umlaufenden Wellen und vom Drehfutter erfasst werden können.
- \* Werkstücke und Werkzeuge fest und so kurz wie möglich spannen.
- \* Bei Arbeiten mit Drehfutter den Spannschlüssel nie stecken lassen.
- \* Bei Arbeiten mit Spannzangen immer auf den Durchmesser achten (Drehteil  $\varnothing$  höchstens 0.1mm kleiner als Mass auf der Spannzange).
- \* Lange Drehteile mit der Zentrierspitze abstützen.
- \* Richtige Schnittdaten wählen und an der Maschine einstellen.
- \* Schutzeinrichtung für umherfliegende heisse Späne verwenden.
- \* Zum Messen die Maschine immer ausschalten.
- \* Späne nicht von Hand wegnehmen, sondern Maschine und Vorschub abschalten und Späne mit einer Zange entfernen.
- \* Mängel an der Maschine melden.
- \* Zum Einrichten und Reinigen der Maschine den Hauptschalter ausschalten.

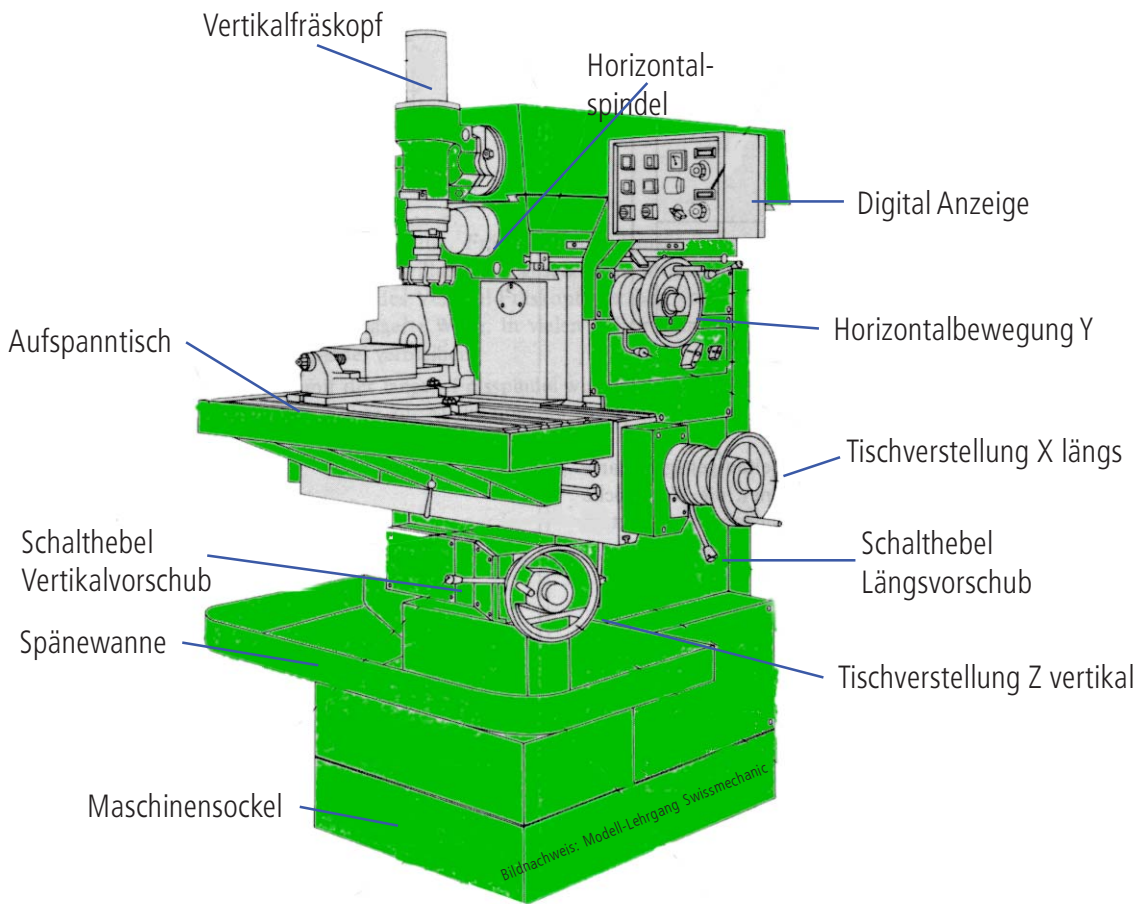






Fräsen ist ein zerspanendes Fertigungsverfahren mit geometrisch bestimmter Schneide zur Herstellung von Flächen, Nuten, Stufen, Taschen und Konturen. Im Gegensatz zum Drehen wird beim Fräsen die Schnittbewegung vom Werkzeug und nicht vom Werkstück ausgeführt.

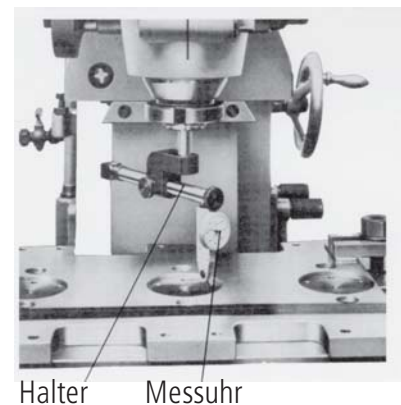
## Universalfräsmaschine



Nach Bauform und Verwendungszweck unterteilt man Fräsmaschinen in Waagrecht-, Senkrecht-, Bett- und Universalfräsmaschinen.

Bei den Universalfräsmaschinen müssen punkto Stabilität Abstriche gemacht werden. Dafür besitzen diese Maschinen eine Menge Verstellmöglichkeiten und eignen sich zur Anfertigung von Einzelteilen und Kleinserien. So kann bei vielen Universalmaschinen der Vertikalfräskopf und der Aufspanntisch um einen beliebigen Winkel verstellt werden. Bei einigen Universalfräsmaschinen kann die Fräspinole ausgefahren werden. Die drei Achsen (X, Y und Z) sind meistens mit einem einstellbaren Vorschub ausgerüstet.

Wegen den vielen Verstellmöglichkeiten sind die Einstellungen, vor dem Gebrauch der Maschine, immer zu kontrollieren und dementsprechend einzustellen. Das betrifft vor allem die Ausrichtung des Vertikalfräskopfes. Um ebene Flächen anzufertigen muss der Vertikalfräskopf genau senkrecht zum Aufspanntisch eingestellt sein. Am einfachsten mit einer Messuhr auf Umschlag einzustellen.

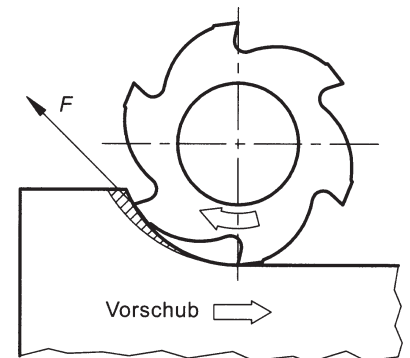


## Gegenlaufräsen und Gleichlaufräsen

Nach der Richtung der Vorschubbewegung zur Schnittbewegung unterscheidet man beim Umfang- und beim Stirnfräsen Gegenlauf- und Gleichlaufräsen.

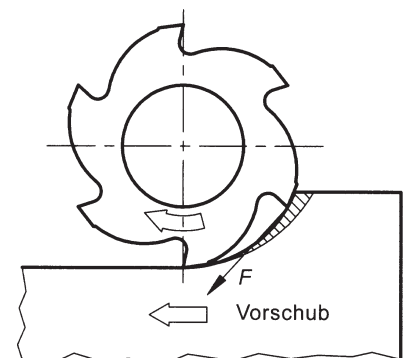
### Gegenlaufräsen

Beim Gegenlaufräsen ist die Schnittrichtung des Fräasers gegen die Vorschubrichtung des Werkstückes gerichtet. Bevor die Fräuserschneide in den Werkstoff eindringt, gleitet sie über das Werkstück. Dies führt zu einem erhöhten Verschleiss. Der Spanbildung entsprechend, steigt die Schnittkraft  $F$  von null auf ihr Maximum an. Tritt die Schneide aus dem Werkstoff aus, fällt die Schnittkraft schlagartig ab. Dies führt zu einer wellenförmigen Oberfläche. Da die Schnittkraft dem Vorschub entgegenwirkt, hat ein eventuell vorhandenes Spiel im Vorschubantrieb keinen Einfluss auf den Fräsvorgang.

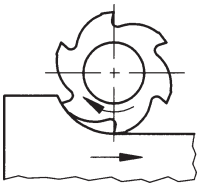
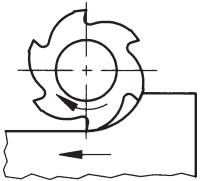


### Gleichlaufräsen

Beim Gleichlaufräsen zeigt die Schnittrichtung des Fräasers in die gleiche Richtung wie die Vorschubrichtung des Werkstückes. Der Spanungsquerschnitt und die Schnittkraft sind beim Eintritt der Fräuserschneide am grössten und nehmen dann stetig ab. Dies ermöglicht eine hohe Oberflächengüte. Das schlagartige Eindringen der Fräuserschneide in das Werkstück kann jedoch bei harten Oberflächen zu einem Bruch der Schneide führen. Die Schnittkraft wirkt in Vorschubrichtung. Dadurch kann das Werkstück bei einem vorhandenen Spiel im Vorschubantrieb in den Fräser gezogen werden. Dies kann zu einem Werkzeugbruch führen. Das Gleichlaufräsen darf daher nur auf Maschinen mit spielfreiem Vorschubantrieb ausgeführt werden.



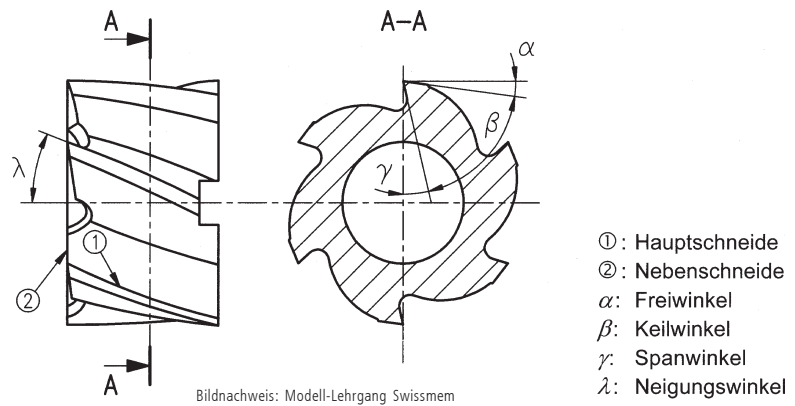
Bildnachweis: Modell-Lehrgang Swissmem

| Fräsverfahren  | Vorteile  | Nachteile   |
|--|---|---|
| Gegenlaufräsen<br>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kann auf jeder Maschine angewendet werden.</li> <li>- Ist besonders geeignet für Werkstücke mit harter Oberfläche, wie eine Guss-haut, Schweissnaht oder Oberflächenbehandlung.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Es entsteht eine wellenförmige Oberfläche.</li> <li>- Hoher Verschleiss und dadurch kleine Standzeit des Werkzeuges.</li> </ul>                      |
| Gleichlaufräsen<br> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Es kann mit grossen Schnitt-tiefen gearbeitet werden. Dadurch wird eine hohe Zerspanleistung erreicht.</li> <li>- Es wird eine hohe Oberflächengüte erreicht ( zum Schlichten).</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Darf nur auf Maschinen mit spielfreiem Vorschubantrieb eingesetzt werden.</li> <li>- Darf bei harten Oberflächen nicht eingesetzt werden.</li> </ul> |

Bildnachweis: Modell-Lehrgang Swissmem

## Schneidegeometrie bei Fräs Werkzeugen

Neben den bekannten Schneidenwinkeln ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ) an der Hauptschneide ①, wird bei HSS-Fräser auch noch der Drallwinkel  $\lambda$  angegeben. Dieser Winkel bildet den Spanwinkel der Nebenschneide ②.



## Fräs Werkzeugzeuge

Fräs Werkzeugzeuge, meistens Fräser genannt, sind mehrschneidige Werkzeugzeuge. Heute werden ausschliesslich hochlegierte Werkzeugstähle (HSS) und Hartmetalle zur Herstellung der Fräser verwendet. Um Standzeit (Einsatzzeit des Werkzeuges) und Schnittleistung zu erhöhen, werden die Fräser teilweise noch mit einer speziellen Oberflächenbeschichtung ausgestattet. Fräs Werkzeugzeuge sind in den verschiedensten Geometrien, Formen und Art der Mitnahme (Einspannen) erhältlich.

HSS-Fräser werden in drei Werkzeugtypen unterteilt.

### Typ H (hart)

Für hochfeste und kurzspanende Werkstoffe (Werkzeugstahl, CuZn (Messing), Keramik, Kunststoffe wie EP, PUR-Hart, UF- und MF-Harze).

### Typ N (normal)

Für Werkstoffe bis 1000 N/mm<sup>2</sup> Zugfestigkeit (Stahlguss, Temperguss, rostfreie Stähle, Legierungen aus Leichtmetall, Kunststoffe wie PS, PC, PMMA, ).

### Typ W (weich)

für weiche Werkstoffe (Kupfer, Leichtmetalle Zinklegierungen, Blei, Kunststoffe wie PVC, POM, PTFE, PE, PP).

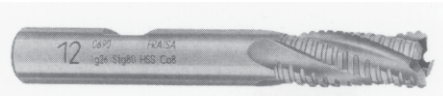
|                      | Typ H | Typ N | Typ W |
|----------------------|-------|-------|-------|
| Werkzeugtyp          |       |       |       |
| Spanwinkel $\gamma$  | 6°    | 10°   | 25°   |
| Freiwinkel $\alpha$  | 4°    | 7°    | 8°    |
| Keilwinkel $\lambda$ | 80°   | 73°   | 57°   |

Bildnachweis: Modell-Lehrgang Swissmechanic

# Fräserformen



Schafffräser mit Schrupp-Profil



Schafffräser mit Schrupp- Schlicht Profil



Schafffräser



Schafffräser mit Drallwinkel 55° (Schlicht)



Nutenfräser

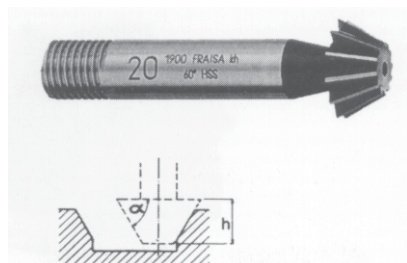


Schafffräser mit runder Stirn

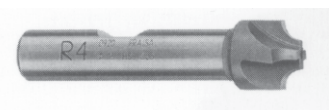


Stirnfräser

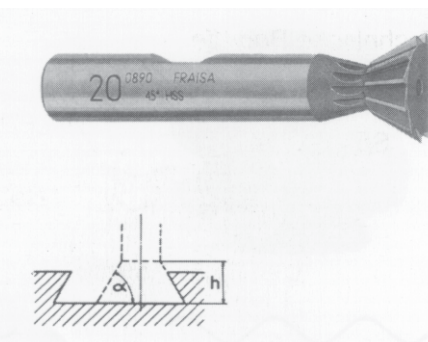
Bildnachweis: Modell-Lehrgang Swissmechanik



Winkelfräser (verschiedene Winkel)



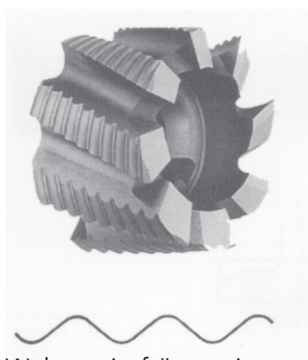
Radiusfräser (Viertelkreis 90°)



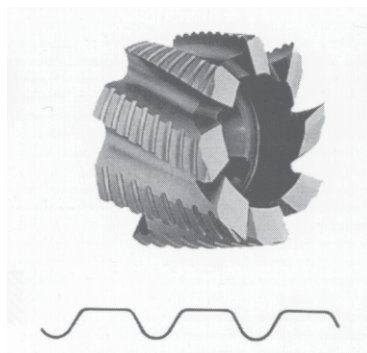
Winkelfräser (verschiedene Winkel)



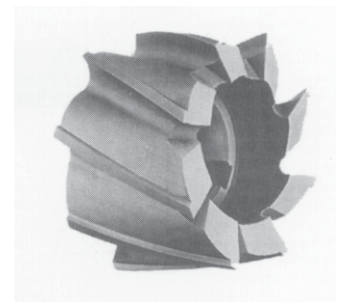
T-Nutenfräser



Walzenstirnfräser mit Schrupp-Profil



Walzenstirnfräser mit Schrupp-Schlicht Profil



Walzenstirnfräser Typ N

## Fräserformen



Prismenfräser  
(versch. Winkel)



Scheibenfräser  
kreuzverzahnt



Winkelstirnfräser



Halbkreisfräser  
konvex

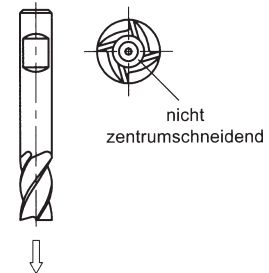
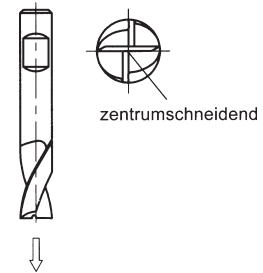


Halbkreisfräser  
konkav

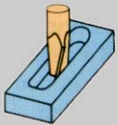
## Einsatzmöglichkeiten und Auswahl vom Fräsern

Faktoren die die Werkzeugwahl beeinflussen sind:

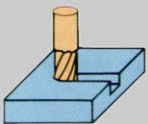
- Die Werkstückkontur (Form und Grösse). wird axial ins Material eingetaucht, müssen zentrumschneidende Werkzeuge eingesetzt werden (meistens 2- oder 3-Schneiden Schafffräser).
- Die Art der zur Verfügung stehenden Maschinen (Leistung und Stabilität).
- Der zu bearbeitende Werkstoff
- Zerspanleistung und Oberflächenqualität



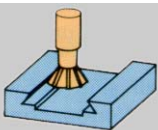
## Schafffräser



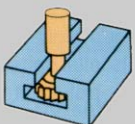
Langlochfräser (2- oder 3-Schneiden) mit Zentrumschliff



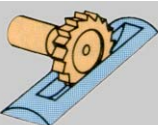
Schafffräser für tiefe Nuten (ohne Zentrumschliff)



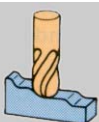
Winkelfräser zum Fräsen von Winkelführungen



T-Nutenfräser zum Fräsen von T-Nuten



Schlitzfräser



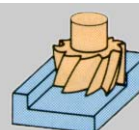
Gesenkfräser Umriss- und 3D Fräsen

Bildnachweis: Fachkunde Metall Europa-Nr. 10129

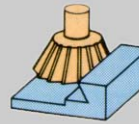
## Aufsteckfräser



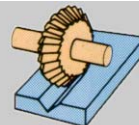
Walzenfräser zum Fräsen von Planflächen



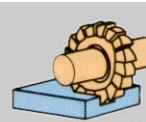
Walzenstirnfräser zum Fräsen von Ecken und Planflächen



Winkel-Stirnfräser zum Fräsen von Winkelführungen



Prismenfräser zum Fräsen von Führungen



Scheibenfräser zum Fräsen von Nuten und Schlitzten

Bildnachweis: Fachkunde Metall Europa-Nr. 10129

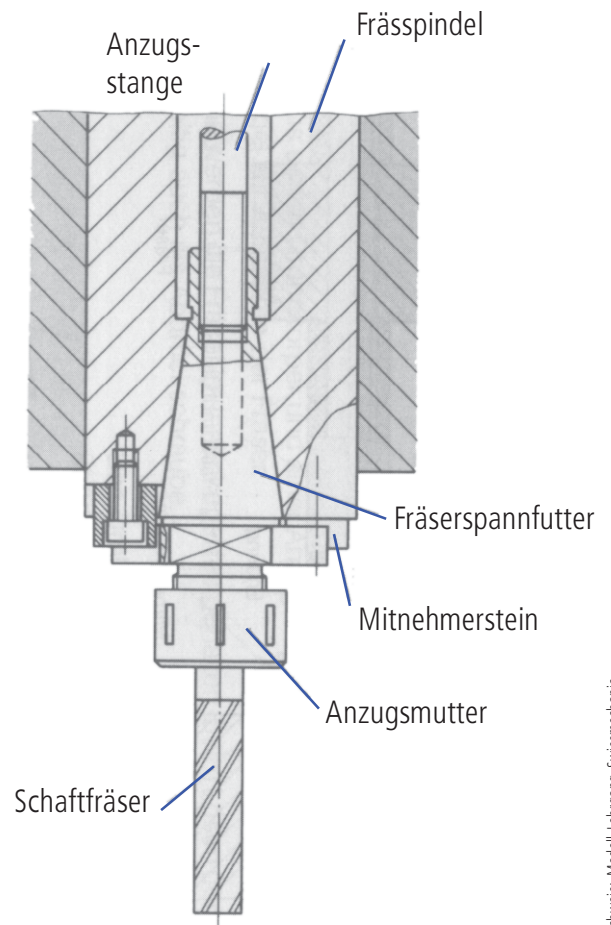
## Einspannen der Fräswerkzeuge

Richtig ein- und aufgespannte Fräser sind Voraussetzung für eine gute und sichere Fräsarbeit. Beachten Sie unbedingt Rundlauf und Planlauf. Zudem sollten Fräser möglichst kurz eingespannt werden, damit sie sich nicht durchbiegen. Alle Konen und Fräser sind vor dem Einsetzen immer zu reinigen und zu kontrollieren. Nach dem Einspannen Rund- und Planlauf der Fräswerkzeuge überprüfen. Achten, dass der Mitnehmerstein in die Aussparungen greift.

### Spannen mit einem Spannzangenfutter

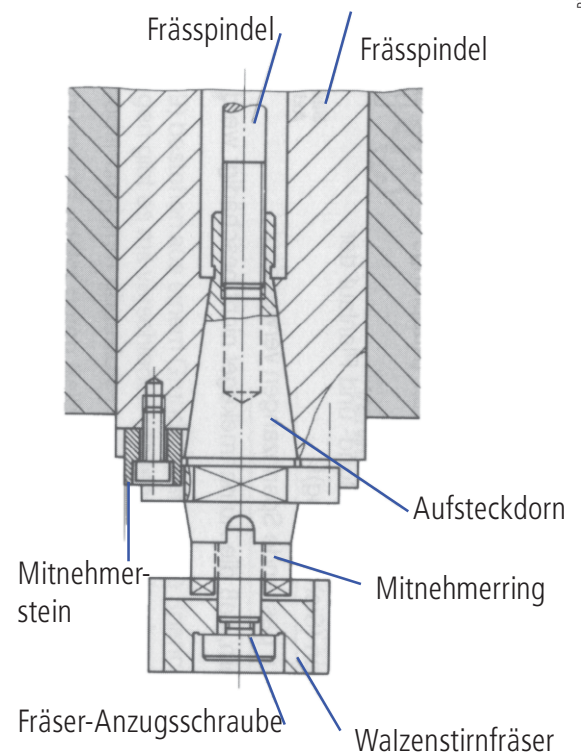
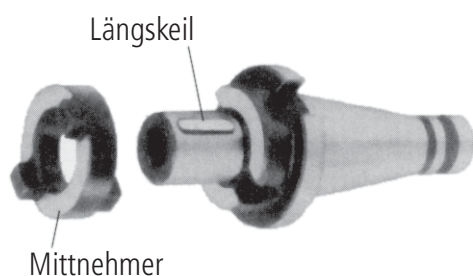
Finger- oder Schaftfräser werden mit Spannzangenfutter gespannt. Nur die passenden Spannzangen verwenden und vor dem Einsetzen reinigen (Rundlauf). Schaftfräser so kurz wie möglich einsetzen und mit der Anzugmutter gut spannen.

Wird der Fräser an der Maschine ausgespannt, muss er gehalten werden um ein Herunterfallen zu vermeiden. Die Schneiden sind empfindlich auf Schläge. Im Spannzangenfutter können alle Werkzeuge mit zylindrischem gespannt werden. Der Schaft (bitte nur zylindrische) darf keine Beschädigungen aufweisen, sonst ist der Rundlauf schlecht und die Spannzangen werden beschädigt. Der Einsatzdurchmesser ist bei den Spannzangen eingraviert und muss eingehalten werden. Heute werden meistens Spannzangen mit einem variablen Spannbereich eingesetzt (z.B. 10-11 mm oder 11-12 mm).



### Spannen von Aufsteckfräser

Walzenstirnfräser, Scheibenfräser und Fräsköpfe werden auf Aufsteckfräsdorne gespannt. Zur Mitnahme der Fräser sind Aufsteckdorne mit einem Längskeil oder einem Mitnehmer ausgestattet. Spannen Sie Aufsteckfräser nie ohne Längskeil oder Mitnehmer. Scheibenfräser können rechts- oder linksschneidend eingespannt werden (auf den Drehsinn achten). Auch hier müssen alle Komponenten sauber sein und dürfen keine Beschädigungen aufweisen.



## Spannen von Werkstücken

Die Werkstücke können auf verschiedene Arten gespannt werden.

Anforderungen welche die Spannvorrichtung erfüllen muss:

- Starres Spannen der Werkstücke
- Kein Verformen der Werkstücke beim Spannen und während dem Fräsen (Schwächung des Werkstückes beim Fräsen).
- Gute Wiederholgenauigkeit der Aufspannung (bei mehr als einem Teil).
- Schnelle, einfache und sichere Handhabung.
- Universell, wiederverwendbar und kostengünstig.

### Spannmittel

Das meistgebrauchte Spannmittel ist der Maschinenschraubstock, den es in verschiedenen Grössen und Verstellmöglichkeiten gibt. Er hat eine hohe Wiederholgenauigkeit und mit einem Anschlag versehen auch für Serien geeignet. Ein sicheres und schnelles Spannmittel.



Für grössere und von der Form her nicht schraubstockgerechte Werkstücke, werden Spannschrauben, Spanneisen, Spannunterlagen, und Nieder- und Flachspanner eingesetzt. Sie sind in allen Formen und Grössen erhältlich. Mit diesen Spannmitteln kann fast alles irgendwie gespannt werden. Sehr individuell einsetzbar aber zeitraubendes Spannen.



Kniehebel- und Exzenterspanner werden dort eingesetzt, wo eine geringere Spannkraft als bei den Spannmitteln mit Schrauben und Muttern ausreichen. Diese Spannmittel werden meistens an Vorrichtungen mit Anschlägen eingesetzt. Sehr schnelles Spannmittel (für Serien, grosse Stückzahlen).



Ebenso können Aufspannwinkel und Drei- oder Vierbackenfutter auf den Frästisch montiert werden, wo die Werkstücke gespannt werden.



Um Teilungen und Rundungen anzufertigen werden spezielle Vorrichtungen, wie Teilapparat oder Rundtische, auf den Frästisch montiert. Auf diesen können dann wieder die entsprechenden Spannmittel eingesetzt werden.





## Spannen im Schraubstock

Rohwerkstücke die im Schraubstock gespannt werden, müssen parallel sein um gut gespannt zu werden. Ferner sollte darauf geachtet werden, dass die Hauptkräfte beim Fräsen auf die feste Backe des Schraubstockes wirken. Ein weiterer Vorteil dabei ist, dass die meisten Späne (heiss) nach hinten wegfiegen und nicht dahin, wo man steht. Um die Werkstücke auf die gewünschte Höhe im Schraubstock zu bringen werden Parallelunterlagen eingesetzt. **Schraubstockbacken und Parallelunterlagen sind gehärtet und sollten mit dem Werkzeug nie berührt werden, da sonst beide Schaden nehmen.**

Rohteil auf allen Seiten eben und winklig fräsen.

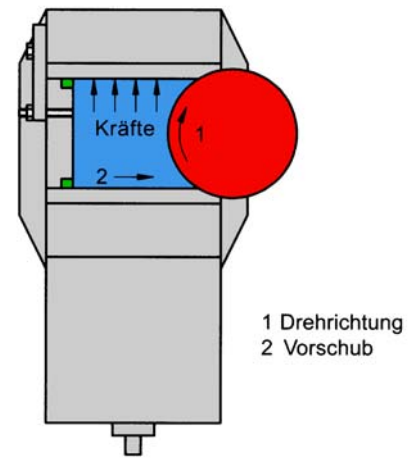
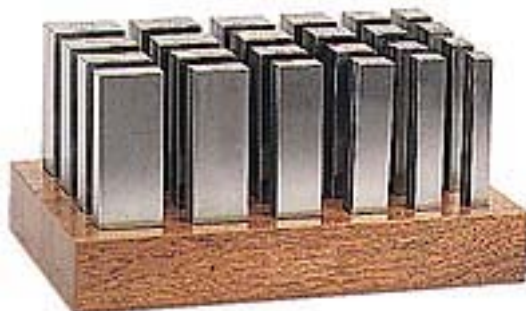
Die grösste Fläche wird zuerst überfräst. Sie dient danach als Basis oder Referenzfläche.

Die Basisfläche wird gegen die feste Backe des Schraubstockes gespannt, nun wird die zweite Fläche überfräst. Damit die Basisfläche sauber aufliegt, kann eine weiche Welle (Aluminium oder Kupfer) zwischen das Werkstück und die bewegliche Backe gelegt werden.

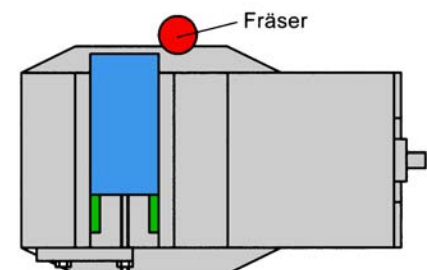
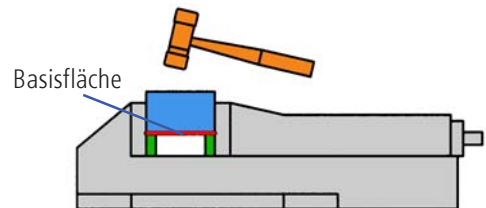
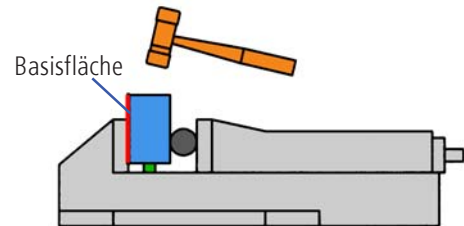
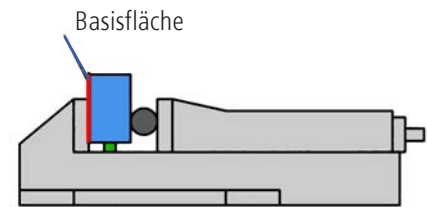
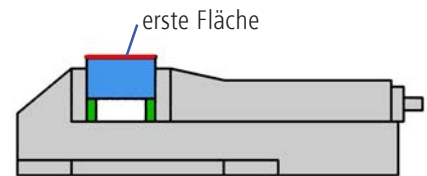
Für die dritte Fläche wird das Werkstück um 180° gedreht, wobei die Basisfläche immer noch gegen die feste Schraubstockbacke schaut. Mit einem Kunststoffhammer wird das Werkstück herunter geklopft, bis die geschliffene Parallelunterlage nicht mehr bewegt werden kann.

Für die vierte Fläche wird das Werkstück mit der Basisfläche nach unten auf die Parallelunterlagen geklopft und aufs gewünschte Mass gefräst.

Ist der Schraubstock rechtwinklig zur Y-Achse ausgerichtet können die Seiten fünf und sechs wie auf dem Bild dargestellt gefräst werden.

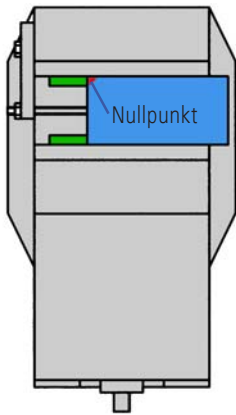


1 Drehrichtung  
2 Vorschub

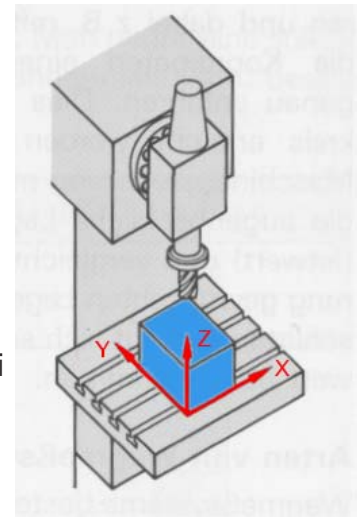


## Einrichten des Werkstücknullpunktes

Der Werkstücknullpunkt sollte immer so gewählt werden, dass eine hohe Wiederholgenauigkeit gewährleistet ist. Bei mehreren gleichen Teilen lohnt es sich einen Anschlag zu montieren. Bei allen Fräsmaschinen ist das Koordinatensystem gleich aufgebaut (X,Y,Z).



Ist das Werkstück eingespannt (z.B. Schraubstock) und ausgerichtet, kann mit dem Fräser an den drei Seiten vorsichtig touchiert werden und bei den drei Achsen der Nonius auf null gestellt werden. Der Fräserradius muss bei dieser Einstellmethode berücksichtigt werden, um die Fräserachse und den Nullpunkt zur Übereinstimmung (kongruent) zu bringen. Besitzt die Fräsmaschine eine Digitalanzeige kann dort genullt werden. Wird vorsichtig touchiert, erreicht man eine hohe Genauigkeit ( $\pm 0.02\text{mm}$ )



Anstelle des Fräasers kann der Zentrotax (Kantentaster) eingesetzt werden. Er hat den Vorteil, dass die Oberfläche nicht verletzt wird. Auch beim Zentrotax muss der Radius kompensiert werden. Achtung, die Drehzahl muss zwischen 500 und 600 Umdrehungen pro Minute liegen. Langsam an die Werkstückkante herantasten, bis der Tastkopf an der Kante entlang wegläuft. In diesem Moment steht der Spindelmittelpunkt genau ( $\pm 0.01\text{mm}$ ) um den halben Tastkopfdurchmesser von der Kante weg.



Mit der Zentrierlupe kann berührungslos eingerichtet werden. Auch die Radiuskorrektur entfällt, da das Fadenkreuz der Lupe sich im Spindelmittelpunkt befindet. Die Zentrierlupe kann auf Umschlag einfach geprüft werden. Bei den meisten Lupen sieht man alles seitenverkehrt. Genaues Messgerät ( $\pm 0.01\text{mm}$ ), aber sehr empfindlich (Schläge, Kollision usw.).



## Schnittgeschwindigkeit, Drehzahl und Vorschub beim Fräsen

### Schnittgeschwindigkeit

## Vorschub

Die Vorschubgeschwindigkeit  $v_f$  in mm/min berechnen Sie beim Fräsen aus Vorschub  $f_z$ , Drehzahl  $n$  und Zähnezahl  $z$  des Fräasers.

Einige Formeln:

Schnittgeschwindigkeit:  $v_c = \frac{d \cdot \pi \cdot n}{1000}$

$d$  = Fräserdurchmesser in mm  
 $n$  = Drehzahl (Tabelle Seite 36)  
 $z$  = Zähnezahl des Fräasers

Drehzahl :  $n = \frac{v_c \cdot 1000}{d \cdot \pi}$

Vorschub pro Zahn:  $f_z = \frac{v_f}{z \cdot n}$

Vorschub pro Umdrehung:  $f = f_z \cdot z$

Vorschubgeschwindigkeit:  $v_f = f_z \cdot z \cdot n$

| Richtwerte für den Vorschub $f_z$ in mm pro Zahn |                                 |            |                                 |            |                                   |            |                                    |            |
|--|---------------------------------|------------|---------------------------------|------------|-----------------------------------|------------|------------------------------------|------------|
|  | Fräserdurchmesser<br>2 bis 4 mm |            | Fräserdurchmesser<br>5 bis 8 mm |            | Fräserdurchmesser<br>10 bis 25 mm |            | Fräserdurchmesser<br>25 bis 100 mm |            |
| Schneidstoff                                     | Schruppen                       | Schlichten | Schruppen                       | Schlichten | Schruppen                         | Schlichten | Schruppen                          | Schlichten |
| HSS  | 0.004                           | 0.003      | 0.03                            | 0.01       | 0.1                               | 0.07       | 0.2                                | 0.1        |

## Schnittbreite und Schnitttiefe

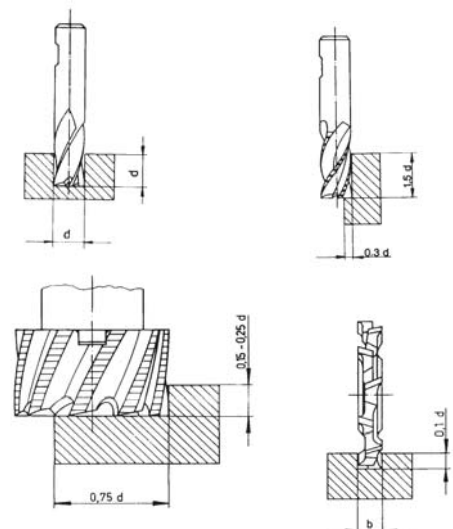
Die Frästiefe ist abhängig von der Steifigkeit der Maschine und des Werkstücks.

Bei Schafffräser darf die Frästiefe im vollen Material (Nuten, Taschen) höchstens einmal  $d$  betragen.

Werden Konturen bearbeitet, sollte in der Tiefe  $1.5 \cdot d$  und in der radialen Zustellung  $0.3 \cdot d$  nicht überschritten werden. Bruchgefahr des Fräasers und nicht plane Oberflächen.

Bei Walzenstirnfräser sollten nur etwa 75% des Fräser im Eingriff sein. Bei der Frästiefe sollten  $0.25 \cdot d$  nicht überschritten werden. Beim Konturfräsen mit wenig radialer Zustellung kann die ganze Fräserhöhe genutzt werden.

Bei Scheibenfräsern kann die ganze Tiefe verwendet werden. Je grösser die Schnitttiefe umso kleiner der Vorschub.



Durchmesser in mm

## Tabelle zum ermitteln der Drehzahl beim Fräsen Schnittgeschwindigkeit in m/min. für HSS-Fräser

| Material                         | Werkzeug<br>Schneidstoff | Schnittgeschwindigkeit m/min |                   |                 |                 |
|----------------------------------|--------------------------|------------------------------|-------------------|-----------------|-----------------|
|                                  |                          | Schneidfräser                | Walzenstriffräser | Schleifenfräser | Schleifenfräser |
| Stahl bis 500 N/mm <sup>2</sup>  | HSS                      | 25 bis 35                    | 25 bis 35         | 20 bis 25       |                 |
| Stahl über 500 N/mm <sup>2</sup> | HSS                      | 15 bis 22                    | 15 bis 22         | 12 bis 15       |                 |
| Rostfreier Stahl 18/10           | HSS                      | 10 bis 12                    | 10 bis 12         | 8 bis 10        |                 |
| Aluminium                        | HSS                      | 70 bis 90                    | 70 bis 90         | 60 bis 70       |                 |
| Messing (CuZn)                   | HSS                      | 50 bis 60                    | 60 bis 70         | 50 bis 60       |                 |

|     | 6   | 8    | 10   | 12   | 14   | 16   | 20   | 22   | 24   | 25   | 26   | 28   | 30   | 32   | 34   | 36   | 38   | 40   | 42   | 44   | 46   | 48   | 50   | 60   | 70   | 80   | 90   | 100  | 110  | 120  | 130  | 140  | 150  |  |  |  |  |
|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|--|--|--|
| 2   | 955 | 1274 | 1592 | 1911 | 2229 | 2548 | 3185 | 3503 | 3822 | 3981 | 4140 | 4459 | 4777 | 5096 | 5414 | 5732 | 6051 | 6369 | 6688 | 7006 | 7325 | 7643 | 7962 | 9554 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |  |
| 4   | 478 | 637  | 796  | 955  | 1115 | 1274 | 1592 | 1752 | 1911 | 1990 | 2070 | 2229 | 2389 | 2548 | 2707 | 2866 | 3025 | 3185 | 3344 | 3503 | 3662 | 3822 | 3981 | 4777 | 5573 | 6369 | 7166 | 7962 | 8758 | 9554 |      |      |      |  |  |  |  |
| 6   | 318 | 425  | 531  | 637  | 743  | 849  | 1062 | 1168 | 1274 | 1327 | 1380 | 1486 | 1592 | 1699 | 1805 | 1911 | 2017 | 2123 | 2229 | 2335 | 2442 | 2548 | 2654 | 3185 | 3715 | 4246 | 4777 | 5308 | 5839 | 6369 | 6900 | 7431 | 7962 |  |  |  |  |
| 8   | 239 | 318  | 398  | 478  | 557  | 637  | 796  | 876  | 955  | 995  | 1035 | 1115 | 1194 | 1274 | 1354 | 1433 | 1513 | 1592 | 1672 | 1752 | 1831 | 1911 | 1990 | 2389 | 2787 | 3185 | 3583 | 3981 | 4379 | 4777 | 5175 | 5573 | 5971 |  |  |  |  |
| 10  | 191 | 255  | 318  | 382  | 446  | 510  | 637  | 701  | 764  | 796  | 828  | 892  | 955  | 1019 | 1083 | 1146 | 1210 | 1274 | 1338 | 1401 | 1465 | 1529 | 1592 | 1911 | 2229 | 2548 | 2866 | 3185 | 3503 | 3822 | 4140 | 4459 | 4777 |  |  |  |  |
| 12  | 159 | 212  | 265  | 318  | 372  | 425  | 531  | 584  | 637  | 663  | 690  | 743  | 796  | 849  | 902  | 955  | 1008 | 1062 | 1115 | 1168 | 1221 | 1274 | 1327 | 1592 | 1858 | 2123 | 2389 | 2654 | 2919 | 3185 | 3450 | 3715 | 3981 |  |  |  |  |
| 14  | 136 | 182  | 227  | 273  | 318  | 364  | 455  | 500  | 546  | 569  | 591  | 637  | 682  | 728  | 773  | 819  | 864  | 910  | 955  | 1001 | 1046 | 1092 | 1137 | 1365 | 1592 | 1820 | 2047 | 2275 | 2502 | 2730 | 2957 | 3185 | 3412 |  |  |  |  |
| 16  | 119 | 159  | 199  | 239  | 279  | 318  | 398  | 438  | 478  | 498  | 518  | 557  | 597  | 637  | 677  | 717  | 756  | 796  | 836  | 876  | 916  | 955  | 995  | 1194 | 1393 | 1592 | 1791 | 1990 | 2189 | 2389 | 2588 | 2787 | 2986 |  |  |  |  |
| 18  | 106 | 142  | 177  | 212  | 248  | 283  | 354  | 389  | 425  | 442  | 460  | 495  | 531  | 566  | 602  | 637  | 672  | 708  | 743  | 778  | 814  | 849  | 885  | 1062 | 1238 | 1415 | 1592 | 1769 | 1946 | 2123 | 2300 | 2477 | 2654 |  |  |  |  |
| 20  | 96  | 127  | 159  | 191  | 223  | 255  | 318  | 350  | 382  | 398  | 414  | 446  | 478  | 510  | 541  | 573  | 605  | 637  | 669  | 701  | 732  | 764  | 796  | 955  | 1115 | 1274 | 1433 | 1592 | 1752 | 1911 | 2070 | 2229 | 2389 |  |  |  |  |
| 22  | 87  | 116  | 145  | 174  | 203  | 232  | 290  | 318  | 347  | 362  | 376  | 405  | 434  | 463  | 492  | 521  | 550  | 579  | 608  | 637  | 666  | 695  | 724  | 869  | 1013 | 1158 | 1303 | 1448 | 1592 | 1737 | 1882 | 2027 | 2171 |  |  |  |  |
| 24  | 80  | 106  | 133  | 159  | 186  | 212  | 265  | 292  | 318  | 322  | 335  | 372  | 398  | 425  | 451  | 478  | 504  | 531  | 557  | 584  | 610  | 637  | 663  | 796  | 929  | 1062 | 1194 | 1327 | 1460 | 1592 | 1725 | 1858 | 1990 |  |  |  |  |
| 25  | 76  | 102  | 127  | 153  | 178  | 204  | 255  | 280  | 306  | 318  | 331  | 357  | 382  | 408  | 433  | 459  | 484  | 510  | 535  | 561  | 586  | 611  | 637  | 764  | 892  | 1019 | 1146 | 1274 | 1401 | 1529 | 1656 | 1783 | 1911 |  |  |  |  |
| 26  | 73  | 98   | 122  | 147  | 171  | 196  | 245  | 269  | 294  | 306  | 318  | 343  | 367  | 392  | 416  | 441  | 465  | 490  | 514  | 539  | 563  | 588  | 612  | 735  | 857  | 980  | 1102 | 1225 | 1347 | 1470 | 1592 | 1715 | 1837 |  |  |  |  |
| 28  | 68  | 91   | 114  | 136  | 159  | 182  | 227  | 250  | 273  | 284  | 296  | 318  | 341  | 364  | 387  | 409  | 432  | 455  | 478  | 500  | 523  | 546  | 569  | 682  | 796  | 910  | 1024 | 1137 | 1251 | 1365 | 1479 | 1592 | 1706 |  |  |  |  |
| 30  | 64  | 85   | 106  | 127  | 149  | 170  | 212  | 234  | 255  | 265  | 276  | 297  | 318  | 340  | 361  | 382  | 403  | 425  | 446  | 467  | 488  | 510  | 531  | 637  | 743  | 849  | 955  | 1062 | 1168 | 1274 | 1380 | 1486 | 1592 |  |  |  |  |
| 32  | 60  | 80   | 100  | 119  | 139  | 159  | 199  | 219  | 239  | 249  | 259  | 279  | 299  | 318  | 338  | 358  | 378  | 398  | 418  | 438  | 458  | 478  | 498  | 597  | 697  | 796  | 896  | 995  | 1095 | 1194 | 1294 | 1393 | 1493 |  |  |  |  |
| 34  | 56  | 75   | 94   | 112  | 131  | 150  | 187  | 206  | 225  | 234  | 244  | 262  | 281  | 300  | 318  | 337  | 356  | 375  | 393  | 412  | 431  | 450  | 468  | 562  | 656  | 749  | 843  | 937  | 1030 | 1124 | 1218 | 1311 | 1405 |  |  |  |  |
| 36  | 53  | 71   | 88   | 106  | 124  | 142  | 177  | 195  | 212  | 221  | 230  | 248  | 265  | 283  | 301  | 318  | 336  | 354  | 372  | 389  | 407  | 425  | 442  | 531  | 619  | 708  | 796  | 885  | 973  | 1062 | 1150 | 1238 | 1327 |  |  |  |  |
| 38  | 50  | 67   | 84   | 101  | 117  | 134  | 168  | 184  | 201  | 210  | 218  | 235  | 251  | 268  | 285  | 302  | 318  | 335  | 352  | 369  | 386  | 402  | 419  | 503  | 587  | 670  | 754  | 838  | 922  | 1006 | 1090 | 1173 | 1257 |  |  |  |  |
| 40  | 48  | 64   | 80   | 96   | 111  | 127  | 159  | 175  | 191  | 199  | 207  | 223  | 239  | 255  | 271  | 287  | 303  | 318  | 334  | 350  | 366  | 382  | 398  | 478  | 557  | 637  | 717  | 796  | 876  | 955  | 1035 | 1115 | 1194 |  |  |  |  |
| 42  | 45  | 61   | 76   | 91   | 106  | 121  | 152  | 167  | 182  | 190  | 197  | 212  | 227  | 243  | 258  | 273  | 288  | 303  | 318  | 334  | 349  | 364  | 379  | 455  | 531  | 607  | 682  | 758  | 834  | 910  | 986  | 1062 | 1137 |  |  |  |  |
| 44  | 43  | 58   | 72   | 87   | 101  | 116  | 145  | 159  | 174  | 181  | 188  | 203  | 217  | 232  | 246  | 261  | 275  | 290  | 304  | 318  | 333  | 347  | 362  | 434  | 507  | 579  | 651  | 724  | 796  | 869  | 941  | 1013 | 1089 |  |  |  |  |
| 46  | 42  | 55   | 69   | 83   | 97   | 111  | 138  | 152  | 166  | 173  | 180  | 194  | 208  | 222  | 235  | 249  | 263  | 277  | 291  | 305  | 318  | 332  | 346  | 415  | 485  | 554  | 623  | 692  | 762  | 831  | 900  | 969  | 1038 |  |  |  |  |
| 48  | 40  | 53   | 66   | 80   | 93   | 106  | 133  | 146  | 159  | 166  | 173  | 186  | 199  | 212  | 226  | 239  | 252  | 265  | 279  | 292  | 305  | 318  | 332  | 398  | 464  | 531  | 597  | 663  | 730  | 796  | 863  | 929  | 995  |  |  |  |  |
| 50  | 38  | 51   | 64   | 76   | 89   | 102  | 127  | 140  | 153  | 159  | 166  | 178  | 191  | 204  | 217  | 229  | 242  | 255  | 268  | 280  | 293  | 306  | 318  | 382  | 446  | 510  | 573  | 637  | 701  | 764  | 828  | 892  | 955  |  |  |  |  |
| 52  | 37  | 49   | 61   | 73   | 86   | 98   | 122  | 135  | 147  | 153  | 159  | 171  | 184  | 196  | 208  | 220  | 233  | 245  | 257  | 269  | 282  | 294  | 306  | 367  | 429  | 490  | 551  | 612  | 674  | 735  | 796  | 857  | 919  |  |  |  |  |
| 54  | 35  | 47   | 59   | 71   | 83   | 94   | 118  | 130  | 142  | 147  | 153  | 165  | 177  | 189  | 201  | 212  | 224  | 236  | 248  | 259  | 271  | 283  | 295  | 354  | 413  | 472  | 531  | 590  | 649  | 708  | 767  | 826  | 885  |  |  |  |  |
| 56  | 34  | 45   | 57   | 68   | 80   | 91   | 114  | 125  | 136  | 142  | 148  | 159  | 171  | 182  | 193  | 205  | 216  | 227  | 239  | 250  | 262  | 273  | 284  | 341  | 398  | 455  | 512  | 569  | 626  | 682  | 739  | 796  | 853  |  |  |  |  |
| 58  | 33  | 44   | 55   | 66   | 77   | 88   | 110  | 121  | 132  | 137  | 143  | 154  | 165  | 176  | 187  | 198  | 209  | 220  | 231  | 242  | 253  | 264  | 275  | 329  | 384  | 439  | 494  | 549  | 604  | 659  | 714  | 769  | 824  |  |  |  |  |
| 60  | 32  | 42   | 53   | 64   | 74   | 85   | 106  | 117  | 127  | 133  | 138  | 149  | 159  | 170  | 180  | 191  | 202  | 212  | 223  | 234  | 244  | 255  | 265  | 318  | 372  | 425  | 478  | 531  | 584  | 637  | 690  | 743  | 796  |  |  |  |  |
| 70  | 27  | 36   | 45   | 55   | 64   | 73   | 91   | 100  | 109  | 114  | 118  | 127  | 136  | 146  | 155  | 164  | 173  | 182  | 191  | 200  | 209  | 218  | 227  | 273  | 318  | 364  | 409  | 455  | 500  | 546  | 591  | 637  | 682  |  |  |  |  |
| 80  | 24  | 32   | 40   | 48   | 56   | 64   | 80   | 88   | 96   | 100  | 104  | 111  | 119  | 127  | 135  | 143  | 151  | 159  | 167  | 175  | 183  | 191  | 199  | 239  | 279  | 318  | 358  | 398  | 438  | 478  | 518  | 557  | 597  |  |  |  |  |
| 90  | 21  | 28   | 35   | 42   | 50   | 57   | 71   | 78   | 85   | 88   | 92   | 99   | 106  | 113  | 120  | 127  | 134  | 142  | 149  | 156  | 163  | 170  | 177  | 212  | 248  | 283  | 318  | 354  | 389  | 428  | 460  | 495  | 531  |  |  |  |  |
| 100 | 19  | 25   | 32   | 38   | 45   | 51   | 64   | 70   | 76   | 80   | 83   | 89   | 96   | 102  | 108  | 115  | 121  | 127  | 134  | 140  | 146  | 153  | 159  | 191  | 223  | 255  | 287  | 318  | 350  | 382  | 414  | 446  | 478  |  |  |  |  |

## Arbeitsregeln beim Fräsen

- Vor Beginn mit der Bedienung der Maschine vertraut machen (fragen darf man immer).
- Tragen Sie immer eine Schutzbrille, anliegende und geschlossene Kleidung.
- Alle Ausricht- und Einstellarbeiten bei ausgeschalteter Maschine ausführen.
- Vor dem Einrichten alle Aufspannflächen und Werkzeugaufnahmen reinigen.
- Spannen Sie den Schraubstock, Rundtisch oder Teilapparat gut auf den Frästisch. Ist auf dem Frästisch schon ein Schraubstock, Rundtisch oder Teilapparat aufgespannt, überprüfen Sie, ob er gut angezogen ist.
- Werkstücke vor dem Einspannen entgraten und evtl. auf Parallelität prüfen.
- Das Werkstück sicher und fest spannen.
- Beim Einspannen der Fräser vorsichtig sein, sie haben scharfe Schneiden.
- Wählen Sie die richtigen Werte (Schnittmeter, Drehzahl und Drehsinn, Vorschub und Schnitttiefe) und stellen Sie diese an der Maschine richtig ein.
- Achten Sie auf Gegenlauf oder Mitlauf (bei älteren Maschinen wichtig). Mit Gegenlauf beim Schruppen und Mitlauf beim Schlichten sind Sie auf der guten Seite.
- Beim Fräsen immer mit einer Öl-Wasser-Emulsion schmieren und kühlen.
- Greifen Sie nie in die Nähe des rotierenden Fräasers. Auch nicht um Späne zu entfernen.
- Späne mit einem Pinsel entfernen.
- Zum Messen und Werkstückwechsel immer die Fräsmaschine ausschalten.
- Vor dem Reinigen der Maschine eingespannte Fräswerkzeuge entfernen.



Maschinen die im  
Werkstatt-Praktikum  
eingesetzt werden

