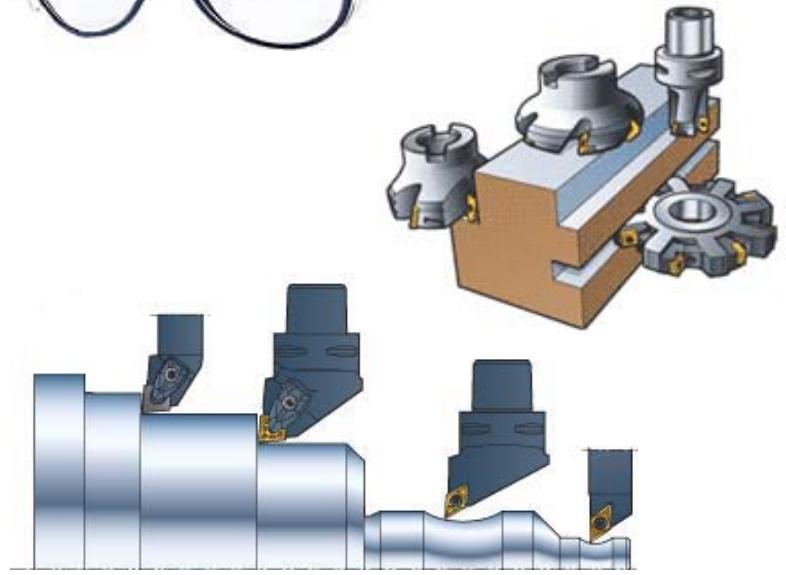


Bohren  
Drehen  
Fräsen

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



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 Anschprüche 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/ \(im E-Shop\)](http://www.swissmem-berufsbildung.ch/)

Physik Institut Werkstatt  
 Zürich 2009

Kurt Bösiger

# Inhaltsverzeichniss

## Arbeitssicherheit

### Bohren, Senken, Reiben, Gewindeschneiden

Bohren	
Schnittgeschwindigkeit	
Senken	
Reiben	
Gewindeschneiden	
Kernlochbohrungen für Gewinde	

Seite 4

### Seite 5

Seite 5
Seite 7
Seite 8
Seite 9
Seite 12
Seite 15

## Drehen

Drehverfahren	
Drehwerkzeuge	
Einspannen und Einrichten von Drehstählen	
Spannen der Werkstücke	
Schnittgeschwindigkeiten für Drehstähle	

Seite 17

Seite 18
Seite 19
Seite 20
Seite 21
Seite 24

## Fräsen

Fräswerfahren	
Fräswerkzeuge	
Fräserformen	
Einsatzmöglichkeiten von Fräsern	
Einspannen der Fräswerkzeuge	
Spannen von Werkstücken	
Einrichten des Werkstücknullpunktes	

Seite 26

Seite 27
Seite 28
Seite 29
Seite 30
Seite 31
Seite 32
Seite 34

## Schnittgeschwindigkeit, Drehzahl, Vorschub

Schnittgeschwindigkeit	
Vorschub	
Schnittbreite und Schnitttiefe	
Tabelle für Drehzahlen	
Arbeitsregeln beim Fräsen	

Seite 34

Seite 34
Seite 35
Seite 35
Seite 36
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.

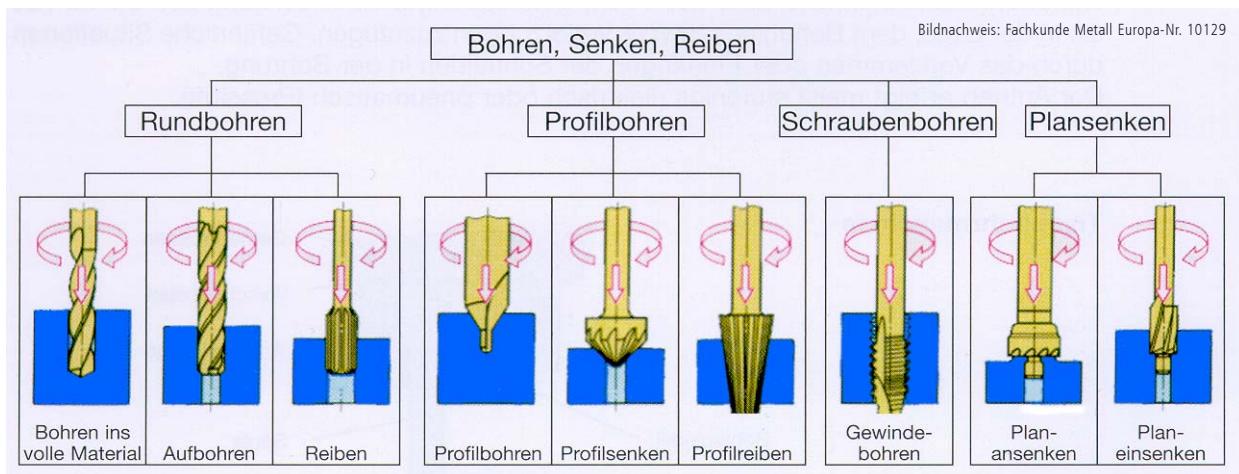
Menschliches Versagen lässt sich trotz Schulung und Sorgfalt nicht ganz ausschliessen. Durch angebrachte Sicherheitseinrichtungen, Einhalten einiger Regeln und überlegtes Vorgehen sollen die Folgen jedoch in möglichst engen Grenzen gehalten werden.

- 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 Sicherheitsmassnamen 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.

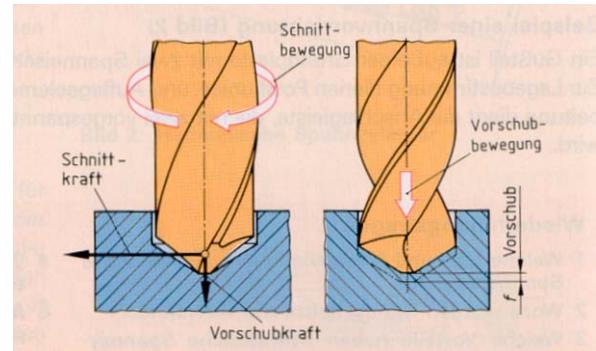


## Bohren

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 Kühlsmierstoff, das Werkzeug und die Späne abgeführt wird. Der Kühlsmierstoff vermindert außerdem die Reibung, die Bildung von Aufbauschneiden und damit den Verschleiss.

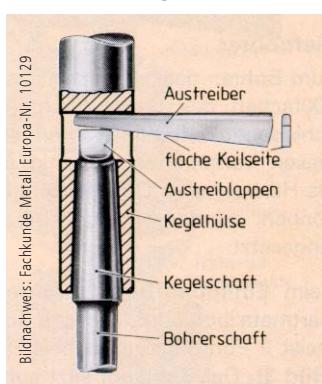


Kräfte und Bewegungen beim Bohren

Bildnachweis: Fachkunde Metall Europa-Nr. 10129

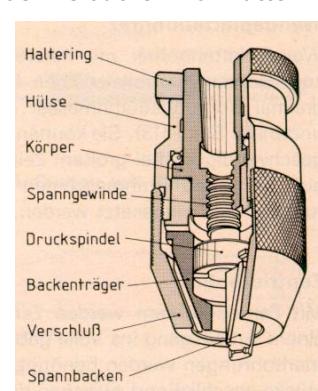
Der Spiralbohrer ist das meist verwendete Bohrwerkzeug zum Bohren ins Vollmaterial.

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.

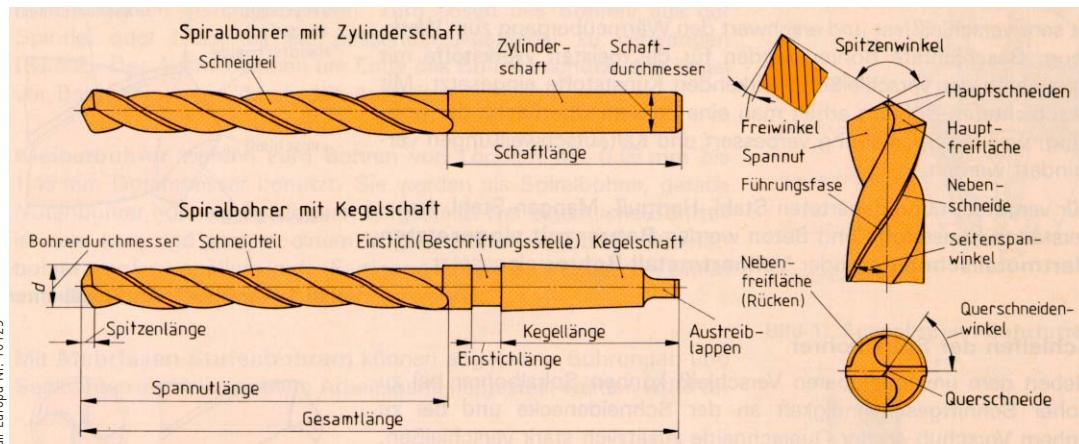


Schnellspann-Bohrfutter

Bildnachweis: Fachkunde Metall Europa-Nr. 10129

## Schneidengeometrie beim Spiralbohrer

An der Bohrerspitze 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 Spitzwinkel 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 Titannitrid für rostfreier Stahl.

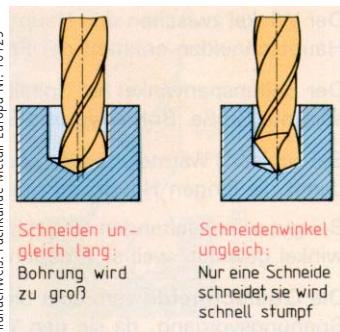
Für Glasfaserverstärkte- (Printplatten) und Kohlefaser verstärkte-Kunststoffe sollten Hartmetall-Bohrer verwendet werden. Um die Standzeit (Lebensdauer) gross zu halten, muss beim Bohren mit einer Öl-Wasseremulsion (weissliche Farbe) gekühlt werden. Das Wasser für die Kühlung und das Öl um die Reibung 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 Schneidewinkel 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 x 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> Festigkeit	HSS	25	10	10
	HSS beschichtet	28	12	12
	HM	100	30	--
Stahl über 500 N/mm <sup>2</sup> Festigkeit	HSS	18	6	8
	HSS beschichtet	20	8	10
	HM	60	20	--
Stahl rostfrei 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	<u>1 x Werkzeug-Ø</u> 100	<u>3 x Werkzeug-Ø</u> 100	Steigung
Aluminium / Messing	<u>2 x Werkzeug-Ø</u> 100	<u>4 x Werkzeug-Ø</u> 100	Steigung

### Grundlagen für die Drehzahlberechnung

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

**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

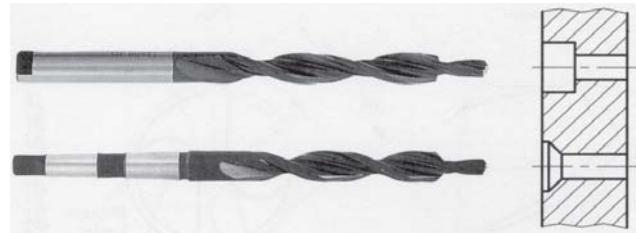
### Spiralbohrer

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



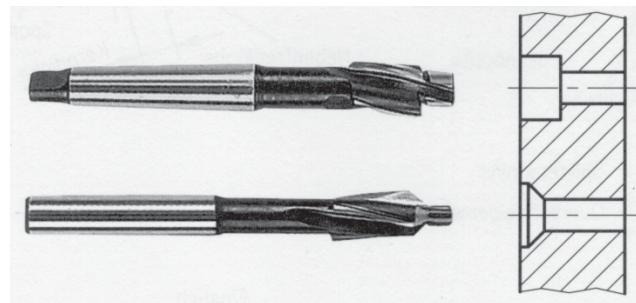
### Stufenbohrer

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



### Senker mit Führungszapfen

Anbringen von zylindrischen oder kegeligen  
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.



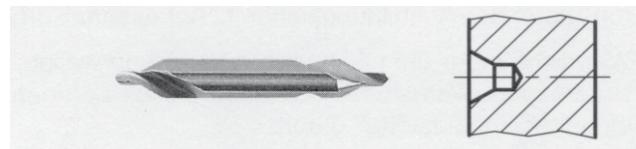
### Kegelsenker

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 Kühlsmierstoff 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.

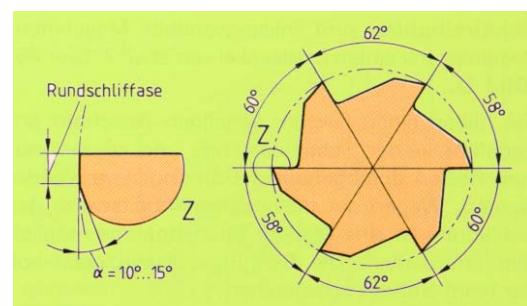
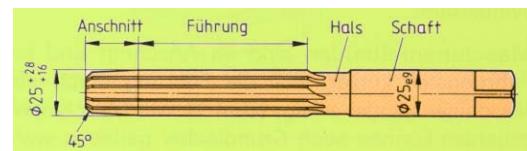
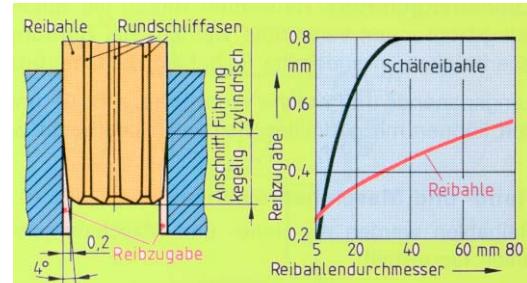
### Schneidenrichtung

Die Schneiden der Werkzeuge sind entweder gerade genutzt oder besitzen einen Linksdraill unter  $7^\circ$  bzw.  $45^\circ$ . Gerade genutzte Reibahlen eignen sich für Bohrungen ohne Unterbrechungen. Harte und spröde Werkstoffe, z. B. Stähle über  $700 \text{ N/mm}^2$  Festigkeit, Gusseisen, Messing oder spröde Al-Legierungen lassen sich mit gerade genutzten Reibahlen besser zerspanen.

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

Linksdraillgenutzte 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  $700 \text{ N/mm}^2$  Festigkeit können mit gedrallten Reibahlen bearbeitet werden.



**Tabelle 1: Anwendung der Reibahlen**

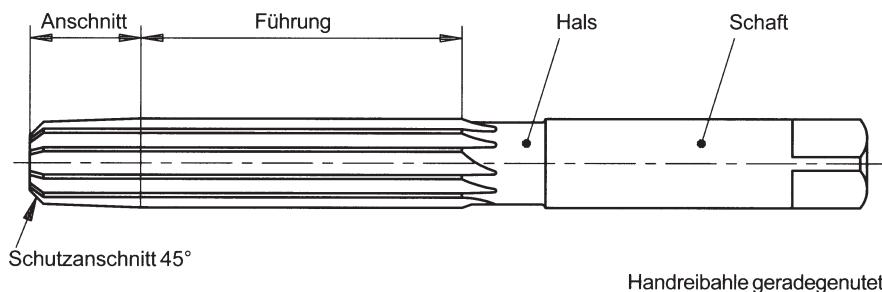
gerade genutzt	Durchgangs- und Grundlöcher, für harte und spröde Werkstoffe
Linksdraill $\approx 7^\circ$	Durchgangsbohrungen, Bohrungen mit Nuten für weiche und langspanende Werkstoffe
Schälreibahle, Linksdraill $\approx 45^\circ$	

Bildnachweis: Fachkunde Metall Europa-Nr. 10129

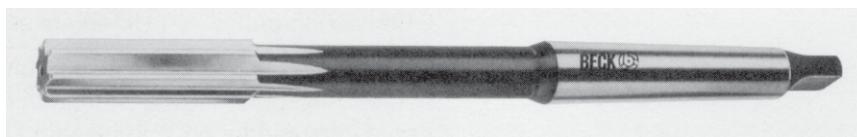
## Hand- und Maschinenreibbahnen

Reibahlen werden als Hand- und Maschinenreibbahnen hergestellt.

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



Maschinenreibbahnen sind im Anschnitt und im Führungsteil kürzer, weil die Führung durch die Maschinenspindel erfolgt. Mit Maschinenreibbahnen 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

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

- Reiben

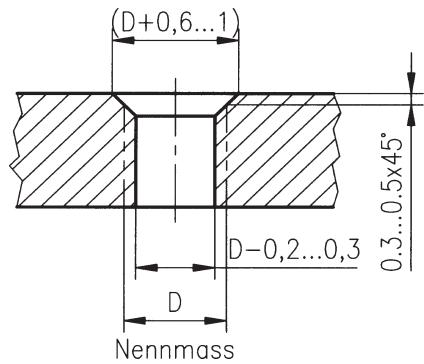
Schnittmeter müssen eingehalten werden um genaue Bohrungen zu bekommen.

- Prüfen

Prüfen Sie die Reibung mit Grenzlehrdorn 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 Sägengewinde.

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.

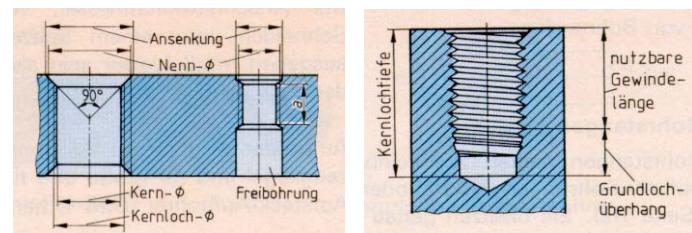


Bildnachweis: Modell-Lehrgang Swissmechanic

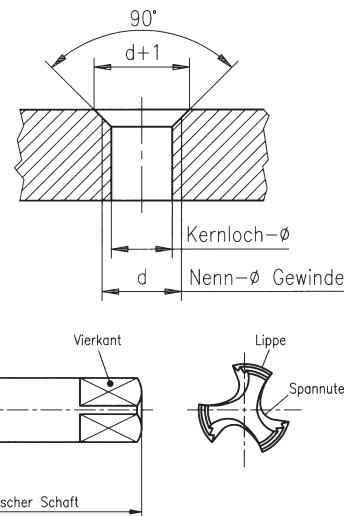
Zum Schneiden von Innengewinden müssen zuerst die Kernlöcher gebohrt werden. Beim metrischen ISO-Gewinde entspricht der Kernlochdurchmesser dem Nenndurchmesser des Gewindesteigung (Tabellen weiter hinten). Der Gewindebohrer führt die Schnitt- und Vorschubbewegung aus. Der Vorschub wird durch die Gewindesteigung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

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 verschiedenen sein. Die Schneidearbeit wird vom Anschnitt verrichtet.

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



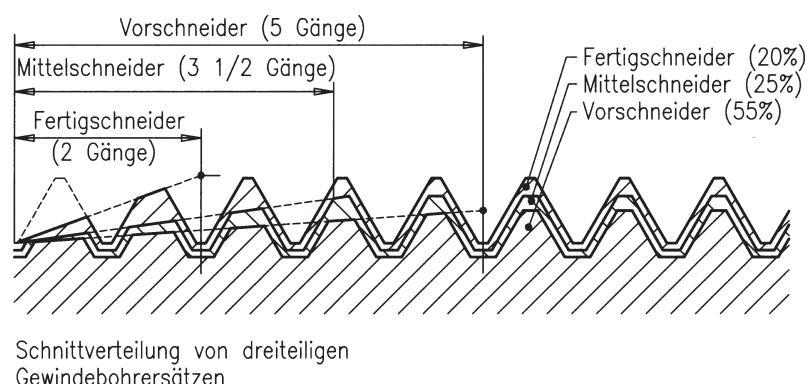
Bildnachweis: Fachkunde Metall Europa-Nr. 10129



### Gewindebohren von Hand

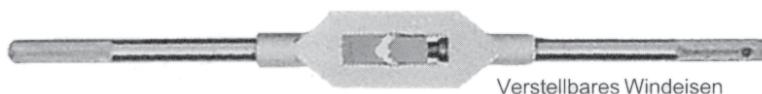
Handgewindebohrer bestehen in der Regel aus dreiteiligen Sätzen.

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

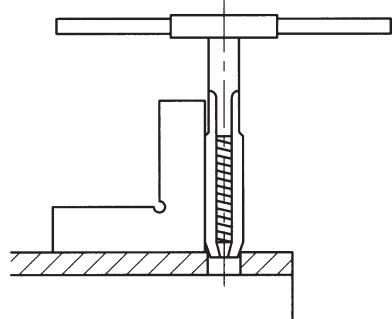


Bildnachweis: Modell-Lehrgang Swissmechanic

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 Schneidekannten fliessen. Ist das Gewinde fertig vorgeschnitten, drehen Sie den Gewindebohrer aus dem Gewinde. Drehen Sie nun zuerst den Mittel- und dann den Fertigschneider durch das Gewinde. Nach jedem Schneidegang Gewinde und Gewindeschneider von den Spänen reinigen.



Verstellbares Windeisen



Bildnachweis: Model-Lehrgang Swissmem

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.

### 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.



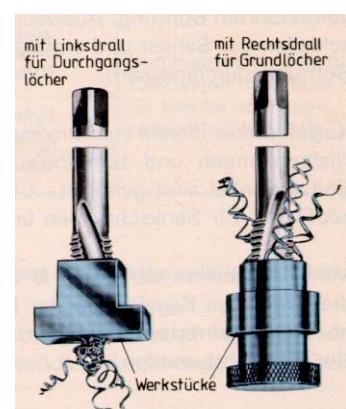
### Vorschub

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 drallgenutzt sind, schneiden in einem Schnitt ein masshaftiges 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.



Bildnachweis: Modell-Lehrgang Swissmechanic

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.

## 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 Schneidekannten durch die Spannuten gebildet. Schneideisen sind aus HSS gefertigt. Sie schneiden ein masshaftiges 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

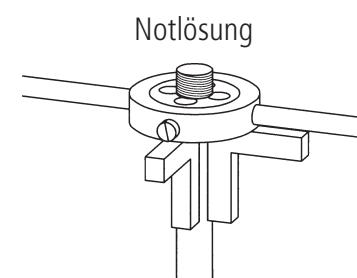
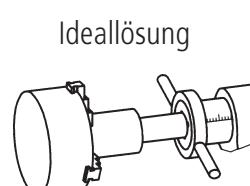
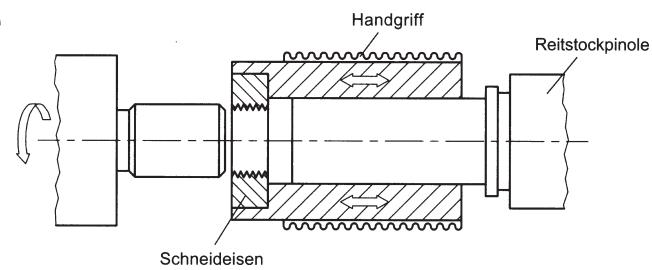
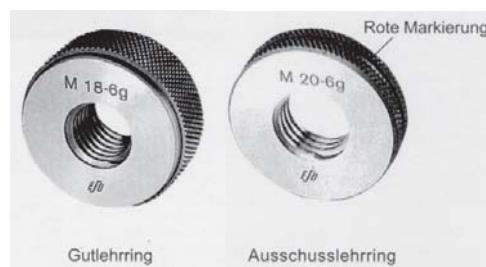
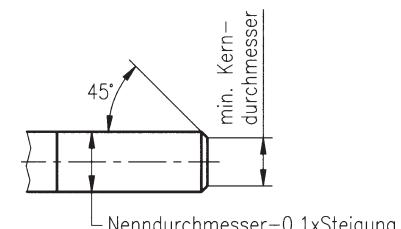
Der Durchmesser des Bolzen sollte etwa  $\frac{1}{10}$  der Steigung kleiner sein als der Gewindenendurchmesser.

Beispiel: Gewinde M10 hat Steigung 1.5mm = Bolzendurchmesser 9.85mm  
Das Anschrägen 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 benutzt. 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 Gewindefehler prüfen.



Kernlochbohrungen für verschiedene Gewindearten.

M	Steigung in mm 	Kernloch Grösst- mass	Bohrer 
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
M 24	3	21.252	21
M 27	3	24.252	24
M 30	3.5	26.771	26.5
M 33	3.5	29.771	29.5
M 36	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 in mm 	Kernloch Grösst- mass	Bohrer 
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
M 9	x 1	7.153	7
M 9	x 0.75	8.378	8.25
M 9	x 1	8.153	8
M 10	x 0.75	9.378	9.25
M 10	x 1.	9.153	9
M 10	x 1.25	8.912	8.75
M 11	x 0.75	10.378	10.25
M 11	x 1	10.153	10
M 12	x 1	11.153	11
M 12	x 1.25	10.912	11.75
M 12	x 1.5	10.676	10.5
M 14	x 1	13.153	13
M 14	x 1.25	12.912	12.75
M 14	x 1.5	12.676	12.5
M 15	x 1	14.153	14
M 15	x 1.5	13.676	13.5
M 16	x 1	15.153	15
M 16	x 1.5	14.676	14.5
M 17	x 1	16.153	16
M 17	x 1.5	15.676	15.5
M 18	x 1	17.153	17
M 18	x 1.5	16.676	16.5
M 18	x 2	16.210	16
M 20	x 1	19.153	19
M 20	x 1.5	18.676	18.5
M 20	x 2	18.210	18
M 22	x 1	21.153	21
M 22	x 1.5	20.676	20.5
M 22	x 2	20.210	20
M 24	x 1	23.153	23
M 24	x 1.25	22.676	22.5
M 24	x 2	22.210	22

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

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

## Kernlochbohrungen für verschiedene Gewindearten (Zoll)

<b>W</b>	Steigung Umgänge pro 1"	Kernloch Grösst- mass	Bohrer
1/16"	60	1.218	1.1
3/32"	48	1.894	1.85
1/8"	40	2.570	2.5
5/32"	32	3.189	3.2
3/16"	24	3.690	3.6
7/32"	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
7/16"	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 Umgänge pro 1"	Kernloch Grösst- mass	Bohrer
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 Umgänge pro 1"	Kernloch Grösst- mass	Bohrer
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	

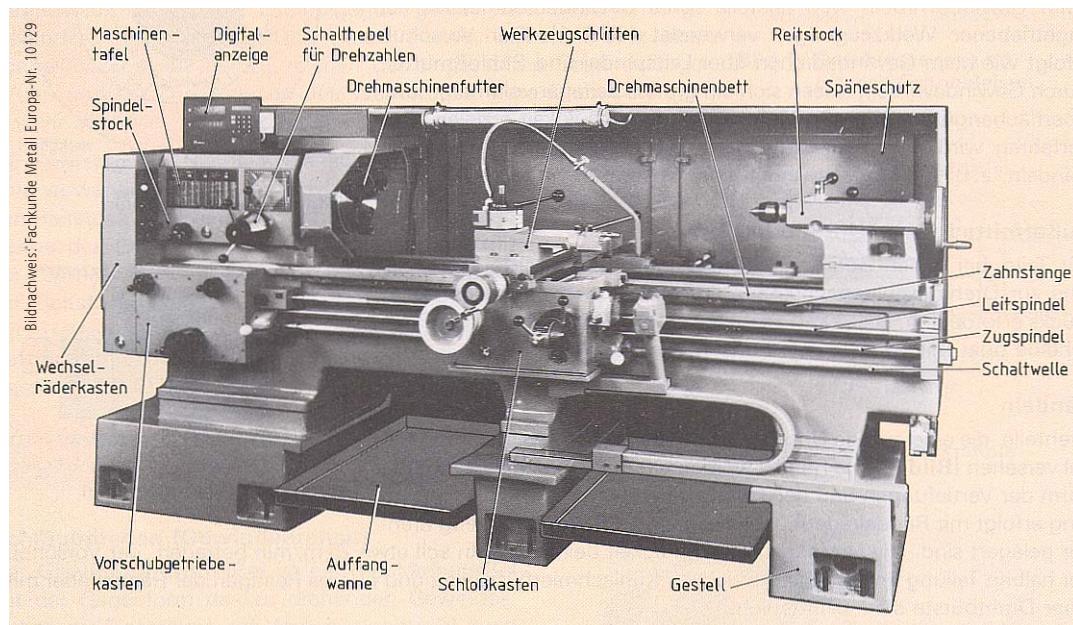
<b>UNF</b>	Steigung Umgänge pro 1"	Kernloch Grösst- mass	Bohrer
No 0 - 80 UNF	1.306	1.2	
No 1 - 72 UNF	1.613	1.5	
No 2 - 64 UNF	1.913	1.8	
No 3 - 56 UNF	2.197	2.1	
No 4 - 48 UNF	2.459	2.4	
No 5 - 44 UNF	2.741	2.6	
No 6 - 40 UNF	3.023	2.9	
No 8 - 36 UNF	3.607	3.5	
No 10- 32 UNF	4.166	4	
No 12- 28 UNF	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 Umgänge pro 1"	Kernloch Grösst- mass	Bohrer
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.



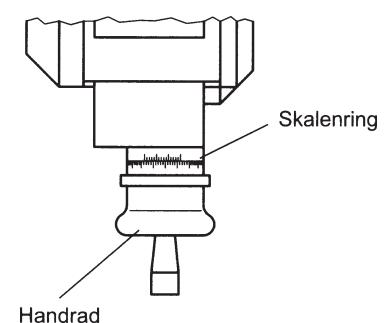
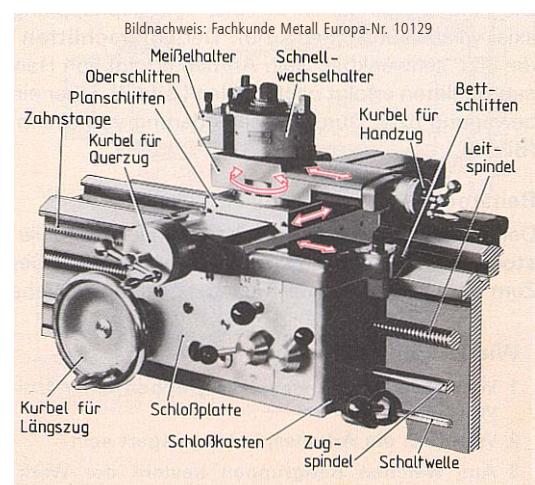
Der Werkzeugschlitten besteht aus Schlosskasten, Bettschlitten, Planschlitten (Querschlitten) und Oberschlitten. Die Längsbewegung (axial) der Werkzeuge wird mit dem Bettschlitten oder Oberschlitten ausgeführt. Querbewegungen (radial) mit dem Planschlitten. Der Oberschlitten ist meistens schwenkbar und 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.

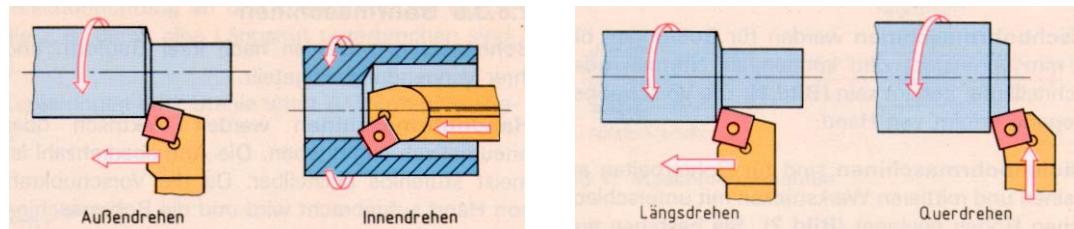
Der Plan- und Oberschlitten kann über die Handräder verstellt werden. Auf den angebrachten Skalenringen kann der zurückgelegte Weg abgelesen werden. Meistens ist der Wert eines Skalenteils angeschrieben. Bei einigen Drehmaschinen wird der Wert am Planschlitten auf den Durchmesser bezogen, bei den anderen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

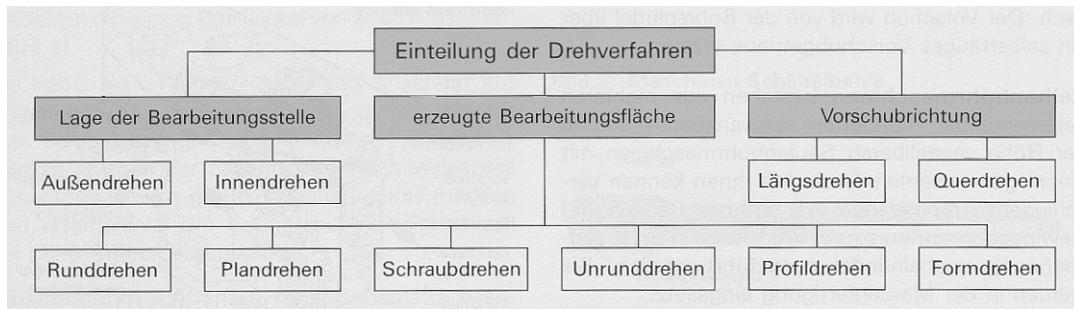


## Drehverfahren

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



Bildnachweis: Modell Lehrgang Swissmechanic

## 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

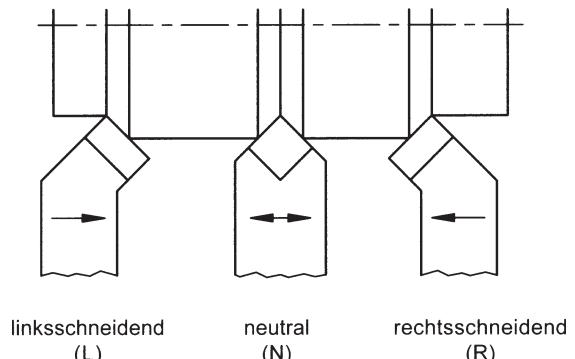
Ziel des Schrappens oder Vordrehens ist es, möglichst viel Material in kurzer Zeit zu zerspanen. Die Oberfläche ist unwichtig, wichtig jedoch die Standzeit des Werkzeuges. Darum werden spezielle Schrappendrehstäbe eingesetzt.

## Schlachten.

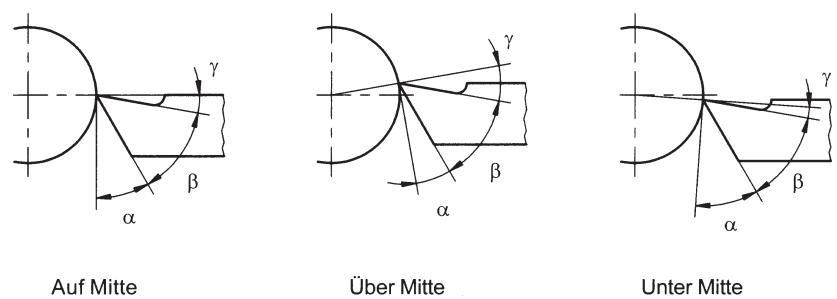
Durch Schlachten oder Fertigdrehen soll die verlangte Form- und Massgenauigkeit, sowie die erforderliche Oberflächengüte erreicht werden.

## Drehwerkzeuge

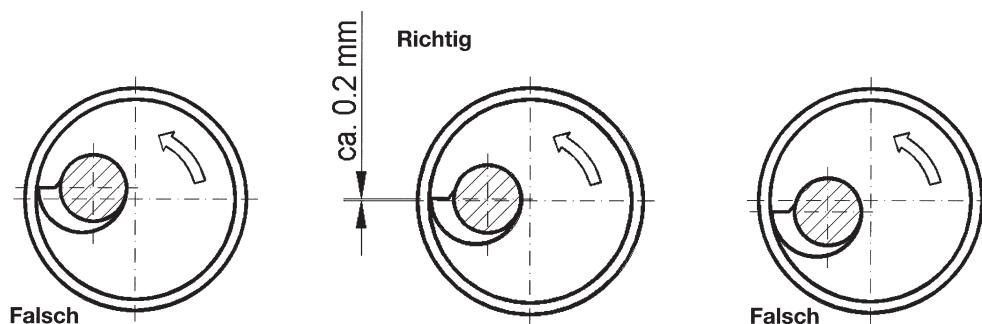
Man unterscheidet zwischen linken, neutralen, und rechten Drehstäben. Ebenfalls haben die Drehstäbe, je nach dem zu bearbeitenden Material, verschiedene Geometrien. Beim Einstellen der Drehstähle ist auf die Spitzenhöhe zu achten, da sich sonst die drei wichtigen Winkel ( $\alpha, \beta, \gamma$ ) am 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 Kupfer	7°-10°	30°
Messing hart (CuZn)	4°-7°	5°



Dasselbe gilt natürlich auch für Innendrehstäbe, 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 Innendrehstäbe neigen zum Schwingen!



## Einen Überblick von gänigen Drehstählen



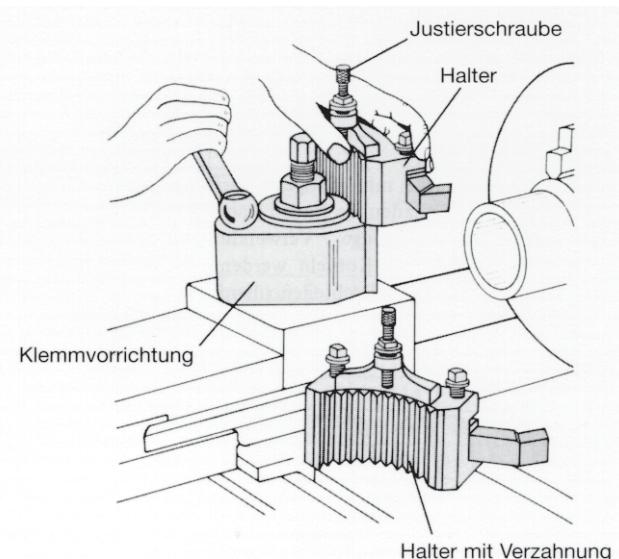
Bildnachweis: Modell-Lehrgang Swissmechanic

## Einspannen und Einrichten von Drehstählen

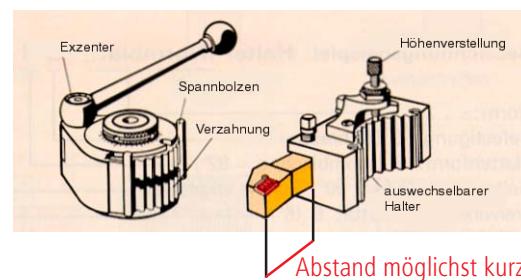
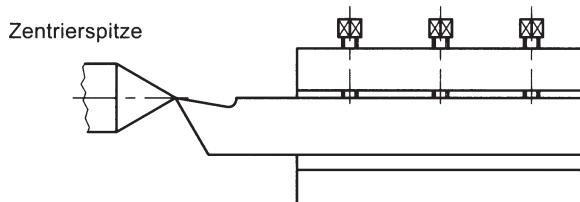
Drehwerkzeuge werden meistens in einen Schnellwechselhalter eingespannt. Diese erlauben einen schnellen Werkzeugwechsel mit einer hohen Wiederholgenauigkeit (+/- 0.02mm).

Schnittkraft und Vorschubkraft versuchen den Drehstahl wegzudrücken. Daher sollten die Drehstäle möglichst kurz und fest eingespannt werden.

Mit der Justierschraube am Schnellwechselhalter können die Drehstäle 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

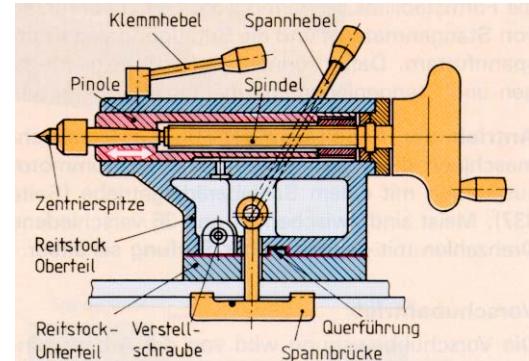


Bildnachweis: Fachkunde Metall Europa-Nr. 10129

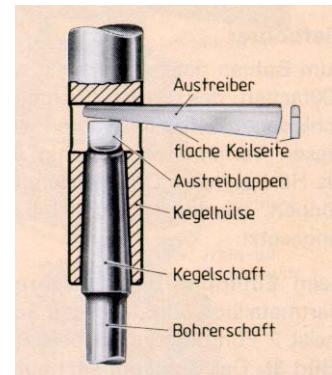
## Reitstock

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 Reitstocks 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

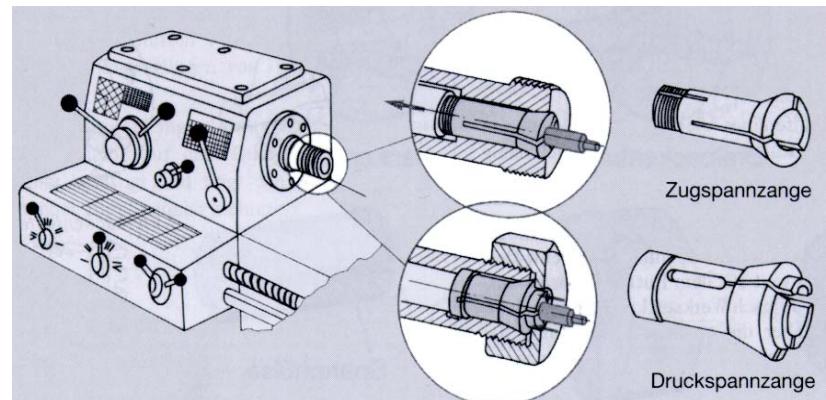
Die Werkstücke müssen sicher, rasch, mit möglichst kleinem Rund- und Planlauf Fehler und mit geringer Werkstückverformung gespannt werden. Dazu verwendet man verschiedene Spannmittel wie Drei- und Vier-backenfutter, Spannzangen und spezielle Spannmittel, teilweise mit weichen oder harten Backen.

## 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:

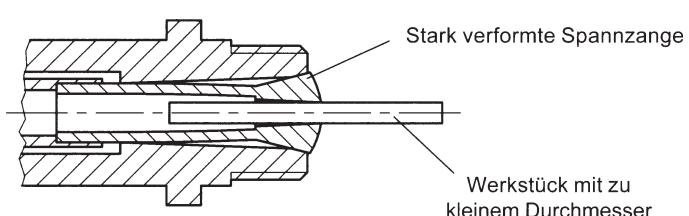
- blankes Stangenmaterial
- bearbeitete Werkstücke
- kleine Werkstückdurchmesser
- hohe Drehzahlen (kleine Masse)
- **runde Werkstücke (wichtig)**



Bildnachweis: Modell-Lehrgang Swissmechanic

**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 Spannfutters auf der Arbeitsspindel erfolgt durch eine Kurzkegel-Aufnahme (Spannfutter / Arbeitsspindel). Über Camlockbolzen erfolgt die Befestigung. Spannfutter gibt es in verschiedenen Ausführungen. Die gebräuchlichsten sind:

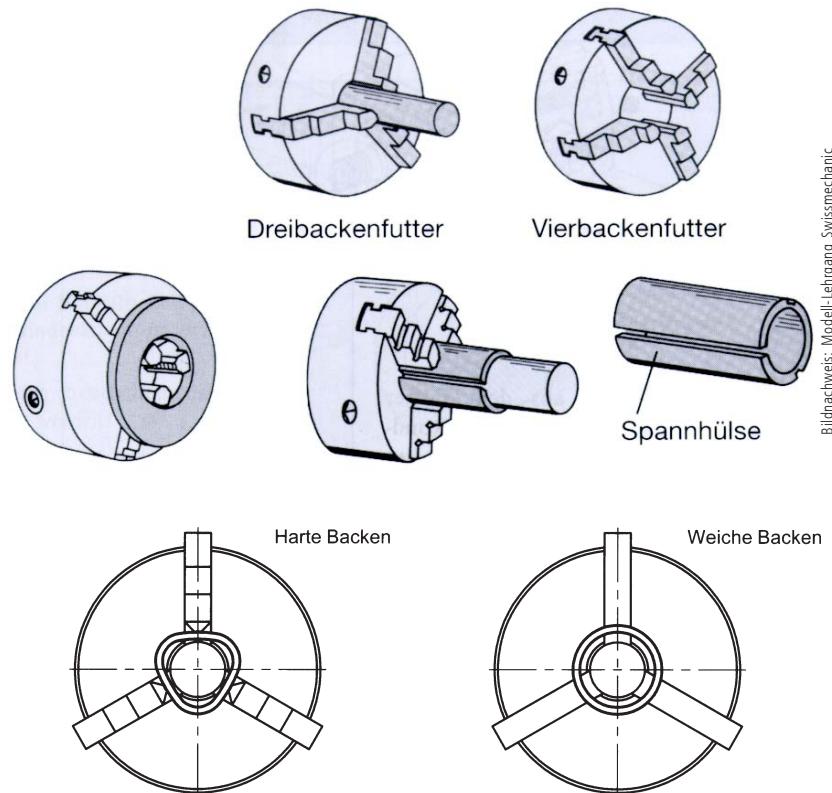
### Dreibackenfutter

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

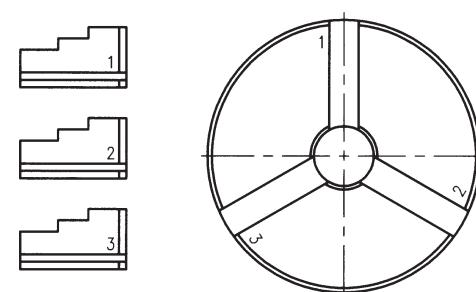
Zum Spannen von formgenauen runden, 4-, und 8-kantigen Werkstücken. Die Rundheit und Regelmässigkeit muss in engen Toleranzen sein.

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



## Montage von Spannfutter

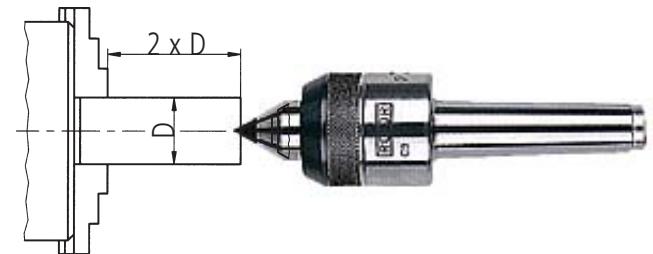
Die Kegelflächen von Arbeitsspindel und Spannfutter sauber reinigen. Futter sorgfältig aufstecken und die Camlockbolzen gut anziehen (Markierung beachten). Beim Einsetzen oder Auswechseln der Backen Planspirale und Einsätze reinigen. Die einzelnen Backen und das Futter sind nummeriert und müssen dementsprechend 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 Spalten

muss mit Gefühl erfolgen. Spannt man zu fest, so kann sich das Werkstück durchbiegen. Spannt man zu wenig, so schlägt (vibrirt) das Werkstück.

Wenn möglich immer mitdrehende (rotierende) Spalten 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 Zentrierspalten.

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.

Durchmesser in mm

## Tabelle zum ermitteln der Drehzahl beim Drehen

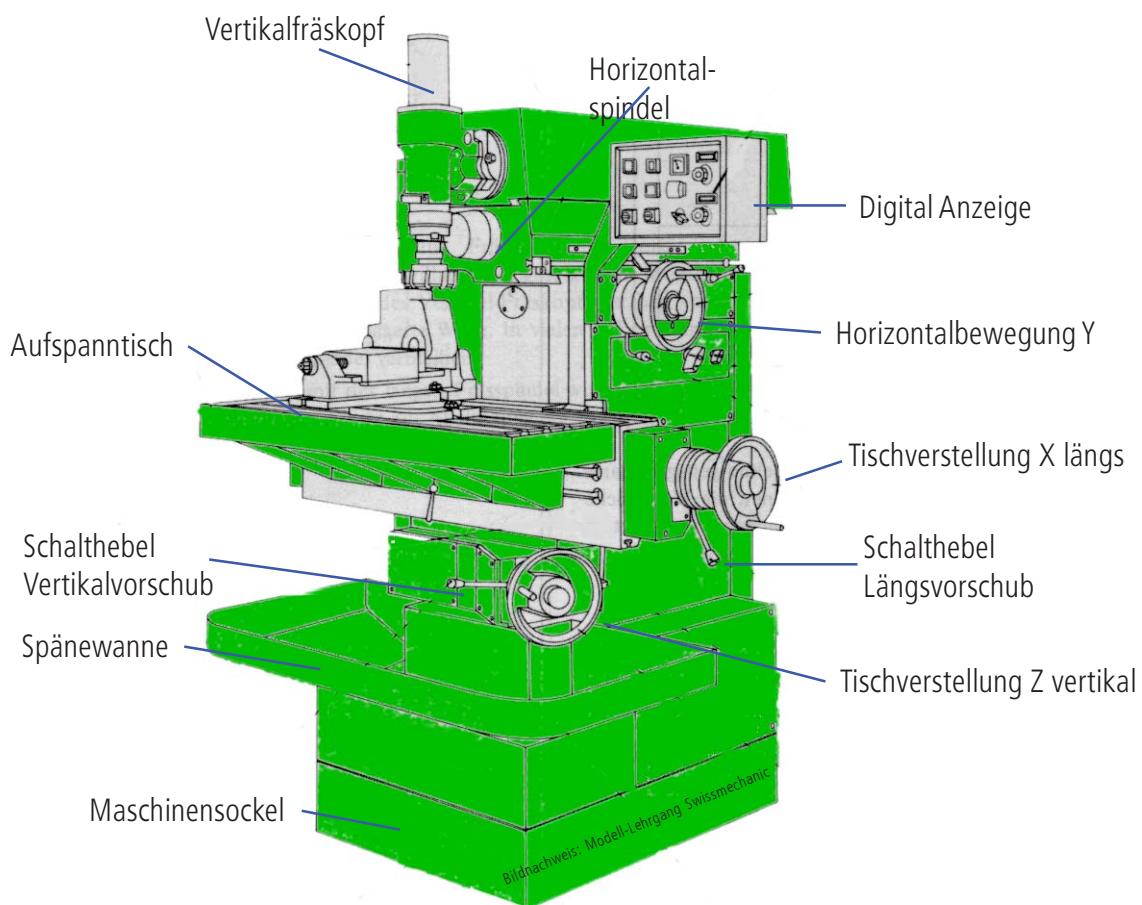
### Schnittgeschwindigkeit in m/min. für HSS-Drehstähle

	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	2123	2335	2442	2548	2654	3185	3715	4246	4777	5308	5839	6369	6900	7431	7962				
8	239	318	398	478	557	637	796	876	955	1035	1115	1194	1274	1354	1433	1513	1592	1672	1752	1831	1911	1990	2289	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	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	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	332	345	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	295	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	956	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	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	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	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	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	239	318	358	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	425	460	495	531		
100	19	25	32	38	45	51	64	70	76	80	83	89	96	102	115	121	127	134	140	146	153	159	191	223	255	287	318	350	382	414	446	478			



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.

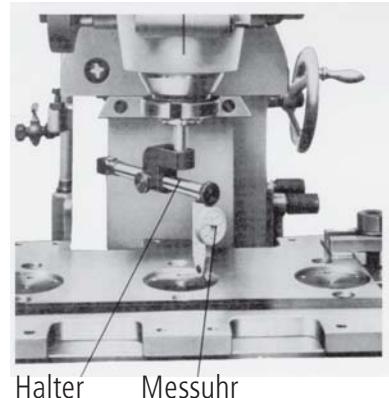
## Universalfräsmaschine



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.

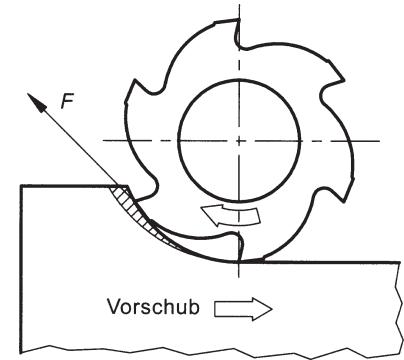


## Gegenlauffräsen und Gleichlauffräsen

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

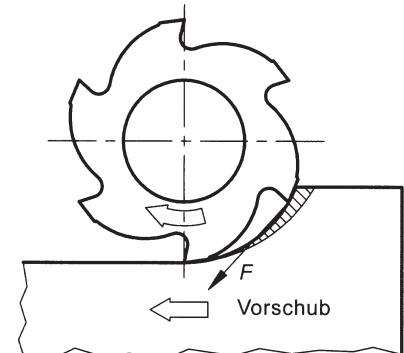
### Gegenlauffräsen

Beim Gegenlauffräsen ist die Schnittrichtung des Fräzers gegen die Vorschubrichtung des Werkstückes gerichtet. Bevor die Fräser schneide 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.

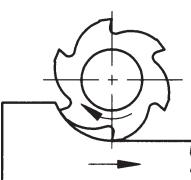
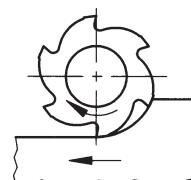


### Gleichlauffräsen

Beim Gleichlauffräsen zeigt die Schnittrichtung des Fräzers in die gleiche Richtung wie die Vorschubrichtung des Werkstückes. Der Spanungsquerschnitt und die Schnittkraft sind beim Eintritt der Fräser schneide am grössten und nehmen dann stetig ab. Dies ermöglicht eine hohe Oberflächengüte. Das schlagartige Eindringen der Fräser schneide 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 Gleichlauffräsen darf daher nur auf Maschinen mit spielfreiem Vorschubantrieb ausgeführt werden.



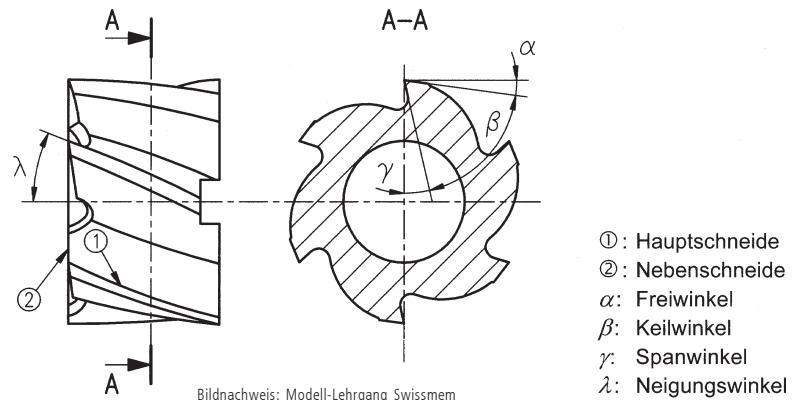
Bildnachweis: Modell-Lehrgang Swissmem

Fräswerfahren	Vorteile	Nachteile
Gegenlauffräsen 	<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>
Gleichlauffräsen 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Es kann mit grossen Schnitttiefen gearbeitet werden. Dadurch wird eine hohe Zerspanleistung erreicht.</li> <li>- Es wird eine hohe Oberflächengüte erreicht ( zum Schlüchten).</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 Fräswerkzeugen

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.



## Fräswerkzeuge

Fräswerkzeuge, meistens Fräser genannt, sind mehrschneidige Werkzeuge. 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. Fräswerkzeuge 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, Temperierte 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).

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

Bildnachweis: Modell-Lehrgang Swissmechanic

## Fräserformen



Schaftfräser mit Schrumpf-Profil



Schaftfräser mit Schrumpf- Schlicht Profil



Schaftfräser



Schaftfräser mit Drallwinkel 55° (Schlicht)



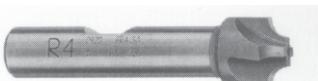
Nutenfräser



Schaftfräser mit runder Stirn



Stirnfräser



Radiusfräser (Viertelkreis 90°)

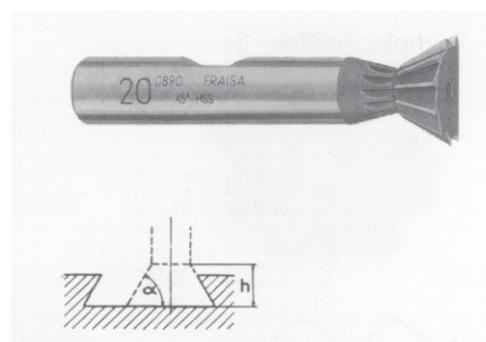
Bildnachweis: Modell-Lehrgang Swissmechanic



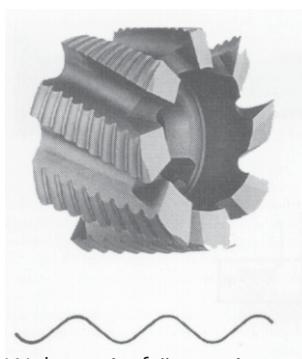
Winkelfräser (verschiedene Winkel)



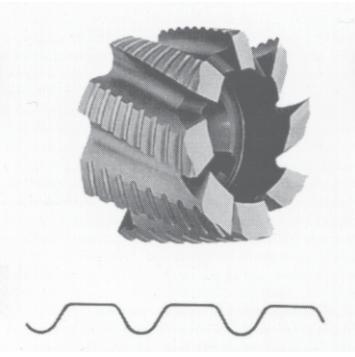
T-Nutenfräser



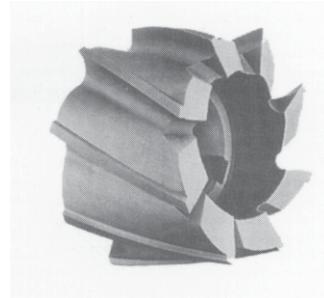
Winkelfräser (verschiedene Winkel)



Walzenstirnfräser mit Schrumpf-Profil



Walzenstirnfräser mit Schrumpf-Schlicht Profil



Walzenstirnfräser  
Typ N

## Fräserformen



Prismenfräser  
(versch. Winkel)



Scheibenfräser  
kreuzverzahnt



Winkelstirnfräser



Halbkreisfräser  
konvex

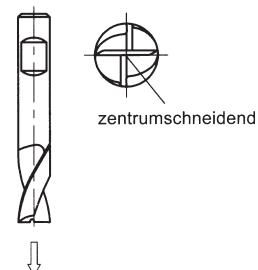


Halbkreisfräser  
konkav

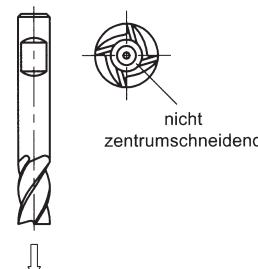
## Einsatzmöglichkeiten und Auswahl vom Fräsern

Faktoren die die Werkzeugwahl beeinflussen sind:

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



zentrumsschneidend



nicht  
zentrumsschneidend

### Schaftfräser



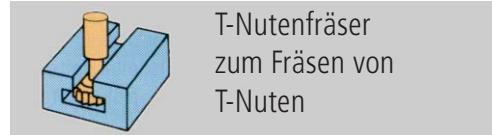
Langlochfräser (2- oder  
3-Schneiden) mit  
Zentrumsschliff



Schaftfräser für  
tiefe Nuten  
(ohne Zentrumsschliff)



Winkelfräser  
zum Fräsen von  
Winkelführungen



T-Nutenfräser  
zum Fräsen von  
T-Nuten



Schlitzfräser



Gesenkfräser  
Umriss- und 3D  
Fräsen

### Aufsteckfräser



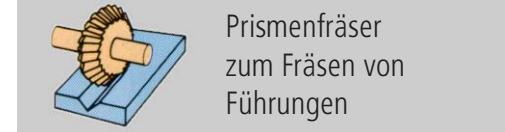
Walzenfräser  
zum Fräsen von  
Planflächen



Walzenstirnfräser  
zum Fräsen von  
Ecken  
und Planflächen



Winkel-Stirnfräser  
zum Fräsen von  
Winkelführungen



Prismenfräser  
zum Fräsen von  
Führungen



Scheibenfräser  
zum Fräsen von Nuten  
und Schlitten

Bildnachweis: Fachkunde Metall Europa-Nr. 10129

Bildnachweis: Fachkunde Metall Europa-Nr. 10129

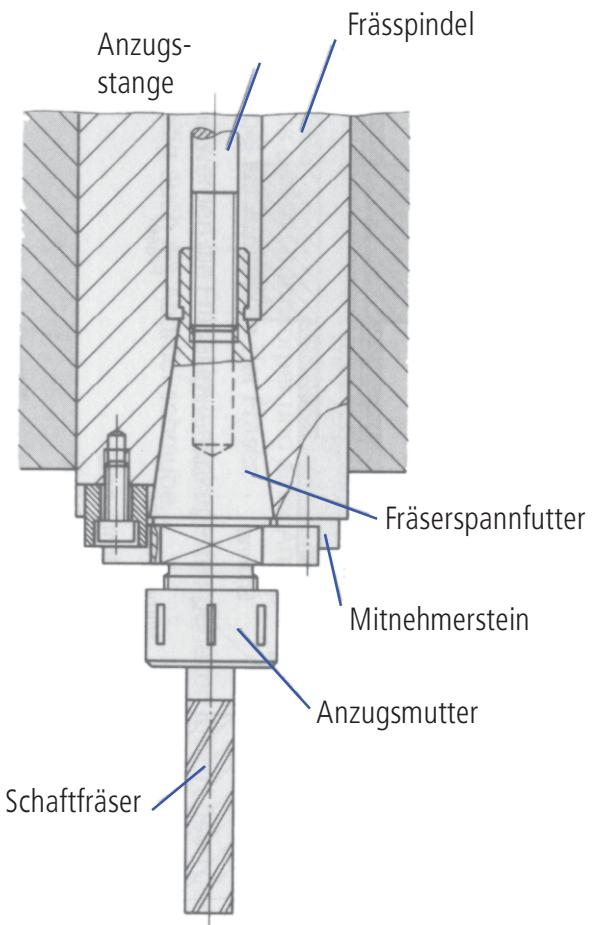
## Einspannen der Fräswerkzeuge

Richtig ein- und aufgespannte Fräser sind Voraussetzung für eine gute und sichere Fräasarbeit. 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

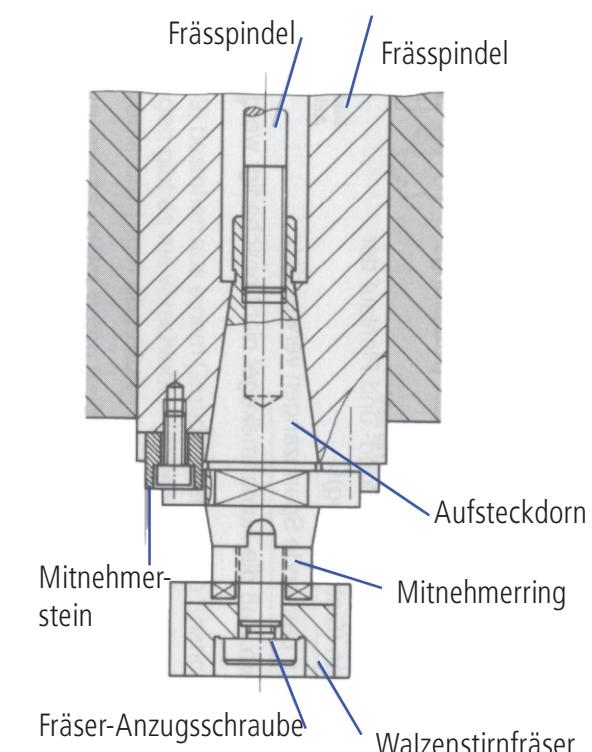
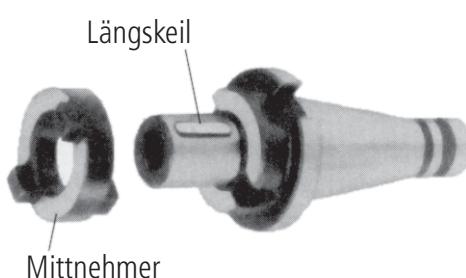
Finger- oder Schaftfräser werden mit Spannzangenfutter gespannt. Nur die passenden Spannzangen verwenden und vor dem Einsetzen reinigen (Rundlauf). Schaftfräser so kurz wie möglich einsetzen und mit der Anzugsmutter gut spannen.

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 Dreier- oder Vierbackenfutter auf den Frästisch montiert werden, wo die Werkstücke gespannt werden.

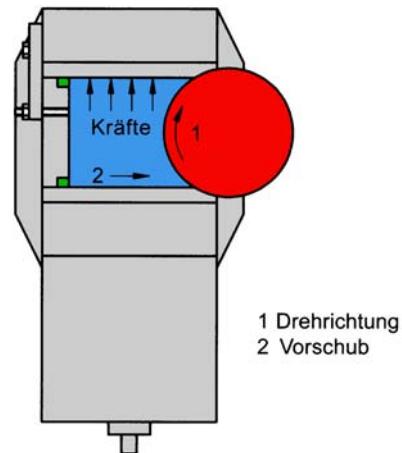


Um Teilungen und Rundungen anzufertigen werden spezielle Vorrichtungen, wie Teilapparat oder Rundtische, auf den Frästisch montiert. Auf diesen können dann wieder die entsprechenden Spannmittel eingesetzt werden.



## 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 Schraubstocks wirken. Ein weiterer Vorteil dabei ist, dass die meisten Späne (heiss) nach hinten wegfliegen 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.

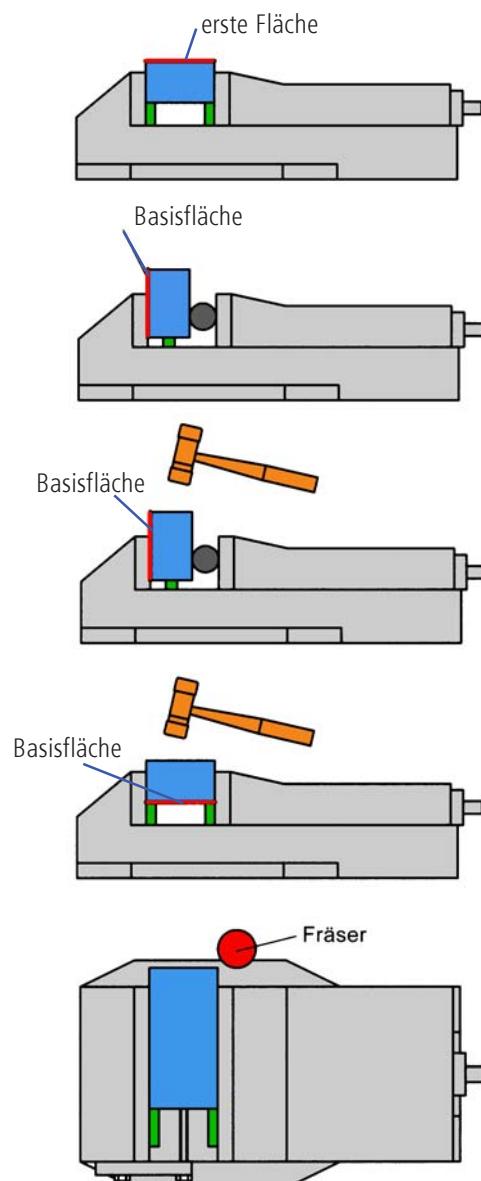
Die grösste Fläche wird zuerst überfräst. Sie dient danach als Basis oder Referenzfläche.

Die Basisfläche wird gegen die feste Backe des Schraubstocks 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  $180^\circ$  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.

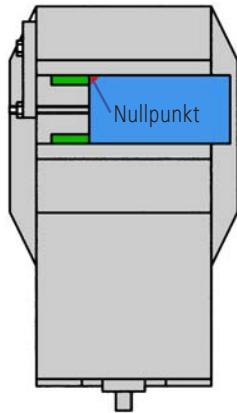
Für die vierte Fläche wird das Werkstück mit der Basisfläche nach unten auf die Parallelunterlagen geklopft und aufs gewünschte Mass gefräst.

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



## 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).



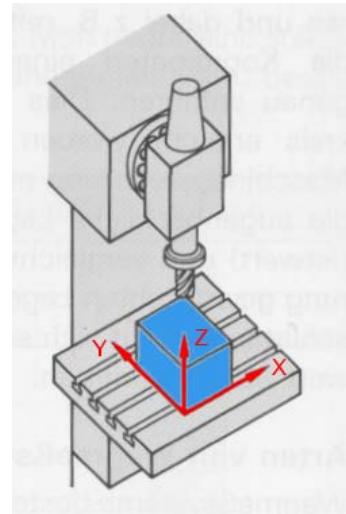
Ist das Werkstück eingespannt (z.B. Schraubstock) und ausgerichtet, kann mit dem Fräser an den drei Seiten vorsichtig touchiert werden und bei den drei Achsen der Nonius auf null gestellt werden. Der Fräserradius muss bei dieser Einstellmethode berücksichtigt werden, um die Fräserachse und den Nullpunkt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

Anstelle des Fräzers kann der Zentrofix (Kantentaster) eingesetzt werden. Er hat den Vorteil, dass die Oberfläche nicht verletzt wird. Auch beim Zentrofix muss der Radius kompensiert werden. Achtung, die Drehzahl muss zwischen 500 und 600 Umdrehungen pro Minute liegen. Langsam an die Werkstückkante heranfahren, bis der Tastkopf an der Kante entlang wegläuft. Im diesem Moment steht der Spindelmittelpunkt genau (+/- 0.01mm) 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 Lufen sieht man alles seitenverkehrt. Genaues Messgerät (+/- 0.01mm), aber sehr empfindlich (Schläge, Kollision usw.).

## Schnittgeschwindigkeit, Drehzahl und Vorschub beim Fräsen

### Schnittgeschwindigkeit



## Vorschub

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

Einige Formeln:

Schnittgeschwindigkeit:

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

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

$d$  = Fräserdurchmesser in mm

$n$  = Drehzahl (Tabelle Seite 36)

$z$  = Zähnezahl des Fräzers

Richtwerte für den Vorschub  $f_z$  in mm pro Zahn

	Fräserdurchmesser 2 bis 4 mm		Fräserdurchmesser 5 bis 8 mm		Fräserdurchmesser 10 bis 25 mm		Fräserdurchmesser 25 bis 100 mm	
Schneidestoff	Schruppen	Schlitten	Schruppen	Schlitten	Schruppen	Schlitten	Schruppen	Schlitten
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.

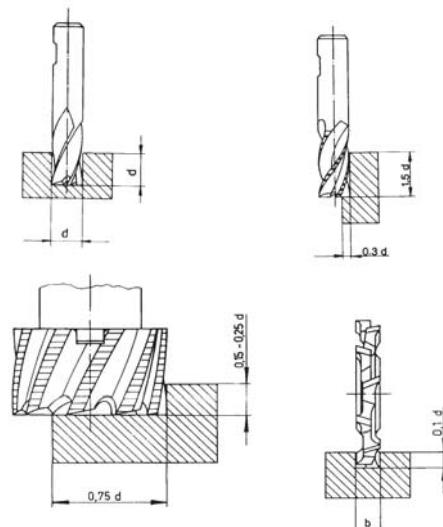
Bei Schaftfräser darf die Frästiefe im vollen Material (Nuten, Taschen) höchstens einmal  $d$  betragen.

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 Fräzers 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 Schneidstoff	Schneidungsgeschwindigkeit m/min	Schaftfößer	Walzenstirnfräser	Stahlbürstenfräser
Stahl bis 500 N/mm <sup>2</sup>	HSS	25 bis 35	25 bis 35	20 bis 25	20 bis 25
Stahl über 500 N/mm <sup>2</sup>	HSS	15 bis 22	15 bis 22	12 bis 15	12 bis 15
Rostfreier Stahl 18/10	HSS	10 bis 12	10 bis 12	8 bis 10	8 bis 10
Aluminium	HSS	70 bis 90	70 bis 90	60 bis 70	60 bis 70
Messing (CuZn)	HSS	50 bis 60	60 bis 70	50 bis 60	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	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	3158	3583	3981	4379	4777	5175	5573	5971
10	191	255	318	382	446	510	637	701	764	828	892	955	1019	1083	1146	1210	1274	1338	1401	1465	1529	1592	1911	2229	2548	2866	3185	3503	3822	4140	4459	4777	5175
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	1137	1365	1592	1820	2047	2275	2502	2730	2957	3185	3412	
16	119	159	199	239	279	318	398	438	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	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	332	345	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	956	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	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	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	127	136	146	155	164	173	182	191	200	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	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	425	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 Einstellungsarbeiten 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 Schlachten 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 Fräisers. 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



