

Industriemeister/Metall

# FERTIGUNGSTECHNIK

## 1.3.7 TRENNEN

## 1.3.7 Trennen

### Übersicht:

- Trennen
- Zerteilen
- Spanen als Trennvorgang
- Spanen mit geometrisch bestimmten  
Schneiden
- Spanen mit geometrisch unbestimmten  
Schneiden
  - Abtragen

# 1.3.7 Trennen

Trennen

A green arrow pointing downwards from the word 'Trennen' to the definition box below.

Nach DIN 8580 wird das Trennen wie folgt definiert:

Trennen ist ein Fertigen durch Ändern eines festen Körpers, wobei der Zusammenhalt örtlich aufgehoben wird.

# 1.3.7 Trennen

Trennen



Zerteilen

Spanen als Trennvorgang

Spanen mit geometrisch bestimmten  
Schneiden

Spanen mit geometrisch unbestimmten  
Schneiden

Abtragen

# 1.3.7 Trennen

Zerteilen

A yellow arrow with a black outline points downwards from the 'Zerteilen' box to the 'Messerschneiden' box.

Messerschneiden

Scherschneiden

Beißschneiden

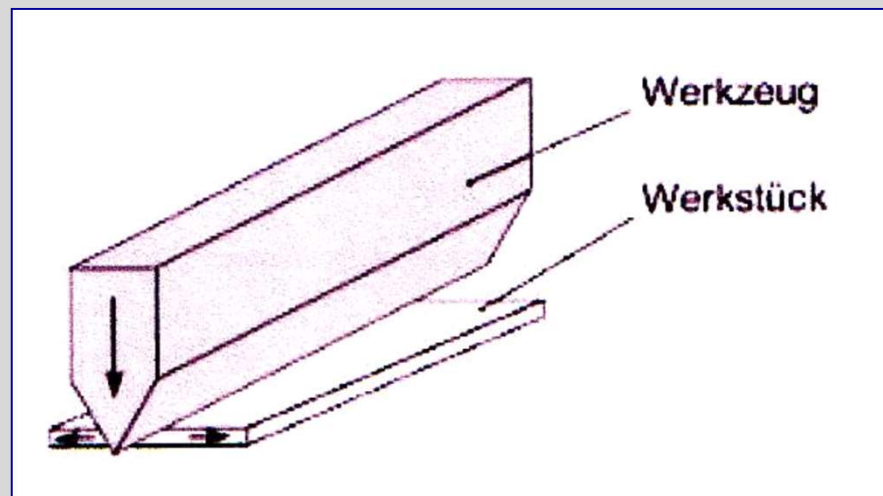
Feinschneiden

# 1.3.7 Trennen

## Messerschneiden



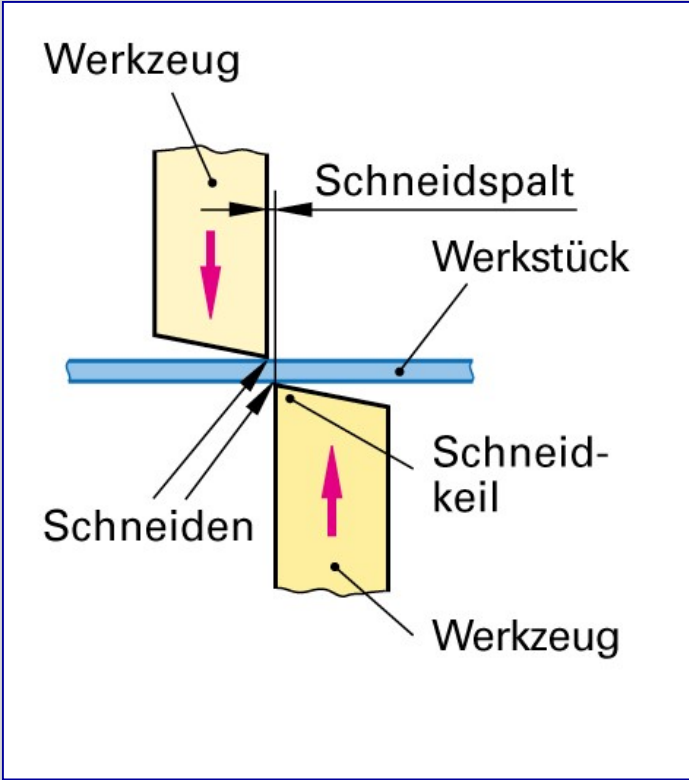
Messerschneiden (Keilschneiden) nach DIN 8588 ist Zerteilen von Werkstücken mit einer meist keilförmigen Schneide.



# 1.3.7 Trennen

## Scherschneiden

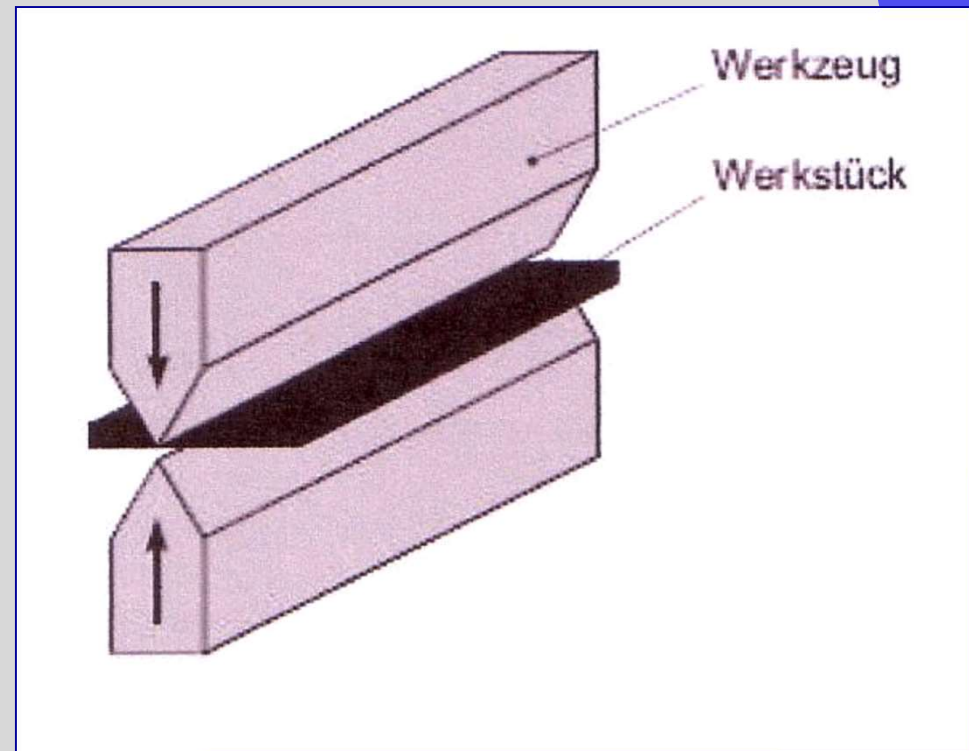
Scherschneiden ist Zerteilen von Werkstücken zwischen zwei Schneiden, die sich aneinander vorbeibewegen



# 1.3.7 Trennen

## Beißschneiden

Beißschneiden ist Zerteilen von Werkstücken zwischen zwei keilförmigen Schneiden, die sich aufeinander zu bewegen

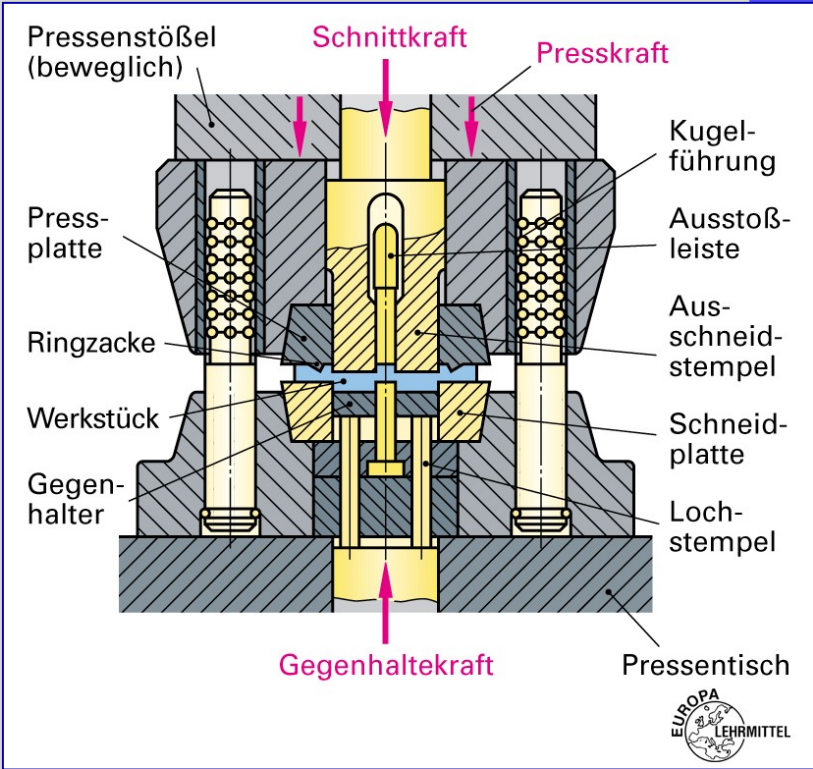




# 1.3.7 Trennen

## Feinschneiden

Beim Feinschneiden erhält man maßgenaue, plangerichtete Werkstücke mit glatten, rechtwinkligen Schnittflächen, die in einem Arbeitsgang hergestellt werden.

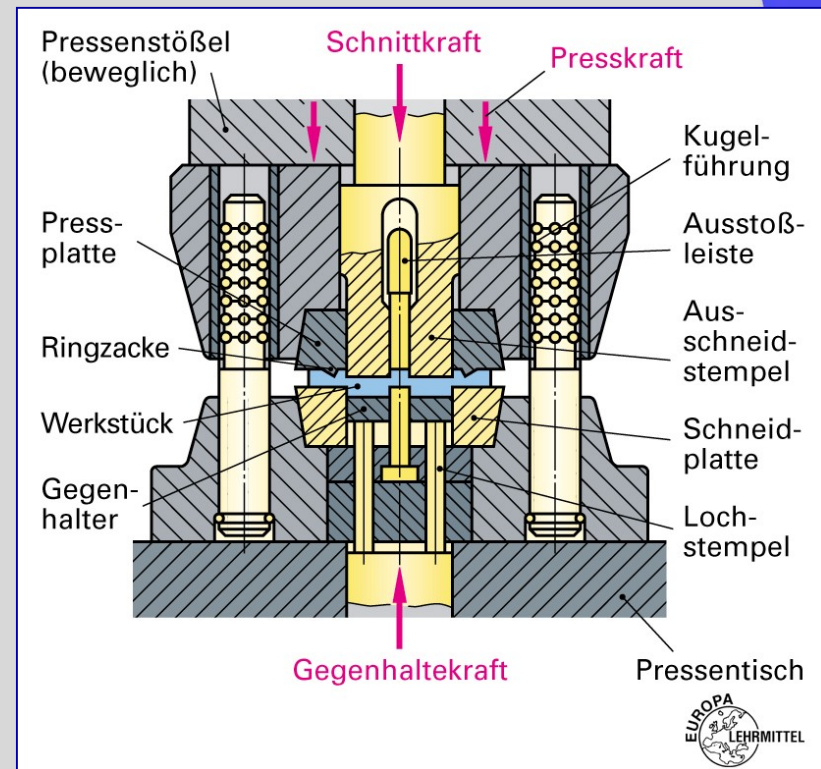


Feinschneidwerkzeug

# 1.3.7 Trennen

## Feinschneiden (Arbeitsstufen)

1. Streifen verschieben
2. Streifen mit Pressplatte spannen
3. Ausschneiden
4. Gegenhalterdruck abschalten
5. Streifen vom Stempel abstreifen
6. Schnittteil ausstoßen



Feinschneidwerkzeug

# 1.3.7 Trennen

Einteilung der Schneidwerkzeuge nach der Bauart



Einfachschnittwerkzeug

Folgeschnittwerkzeug

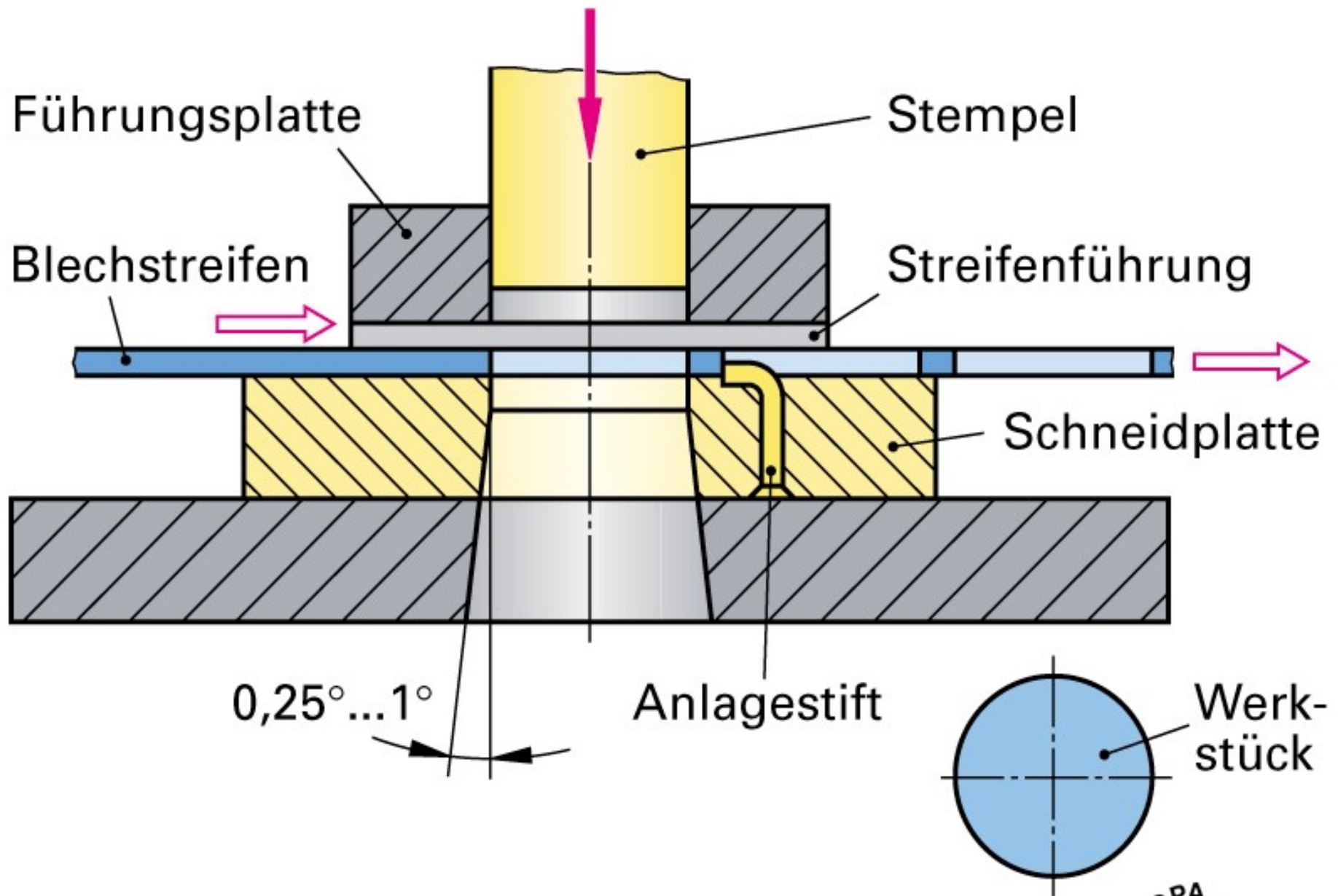
Gesamtschnittwerkzeug

## 1.3.7 Trennen

Einfachschnittwerkzeug

A large yellow arrow with a black outline, pointing downwards from the yellow box above.

**Einfachschnittwerkzeuge** werden vielfach als Ausschneidwerkzeuge für geringe Stückzahlen eingesetzt



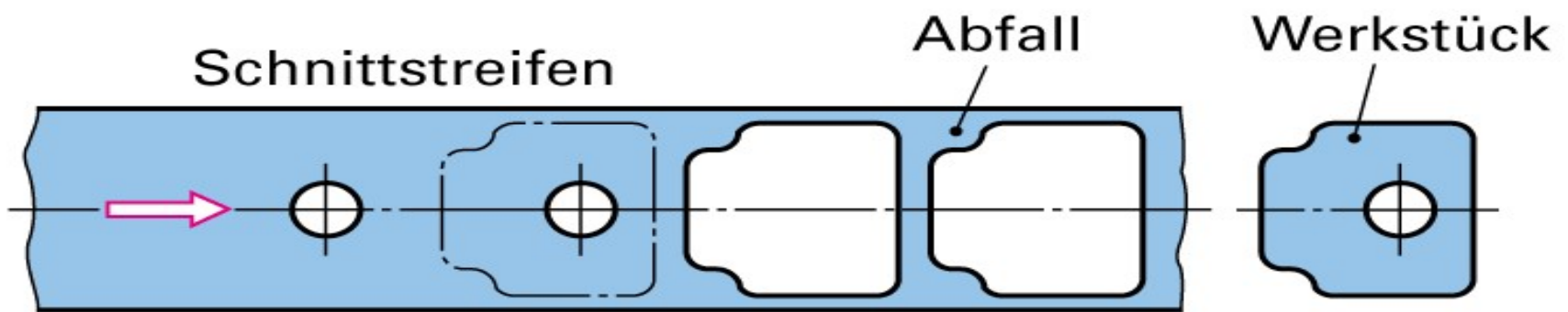
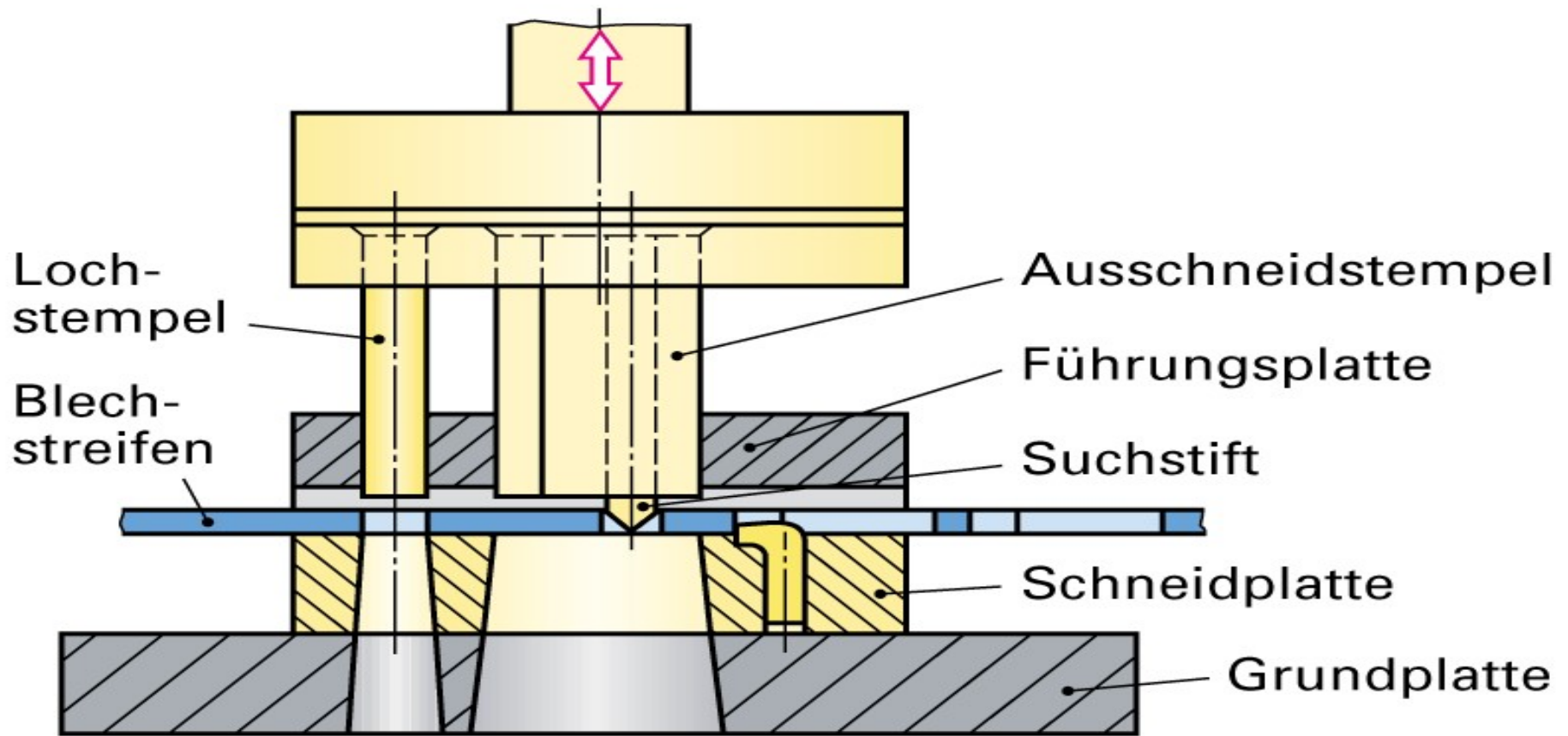
**Einfachschnittwerkzeug**

## 1.3.7 Trennen

Folgeschnittwerkzeug

A large yellow arrow with a black outline points downwards from the yellow box to the text below.

Mit **Folgeschnittwerkzeugen** werden Werkstücke in einem Werkzeug in mehreren Stufen hergestellt



Folgeschnittwerkzeug

## 1.3.7 Trennen

Gesamtschnittwerkzeug

A large yellow arrow with a black outline points downwards from the yellow box to the text below.

**Gesamtschnittwerkzeuge** werden für Werkstücke eingesetzt, bei denen die Lagetoleranz von Außen- zu Innenform sehr klein ist und die in hohen Stückzahlen hergestellt werden



### Ausgangslage

Ausschneidplatte

Schnittstreifen

Lochstempel

Ausschneidstempel bzw. Schneidplatte für die Lochstempel (fest)

Grundplatte

### Schneidvorgang

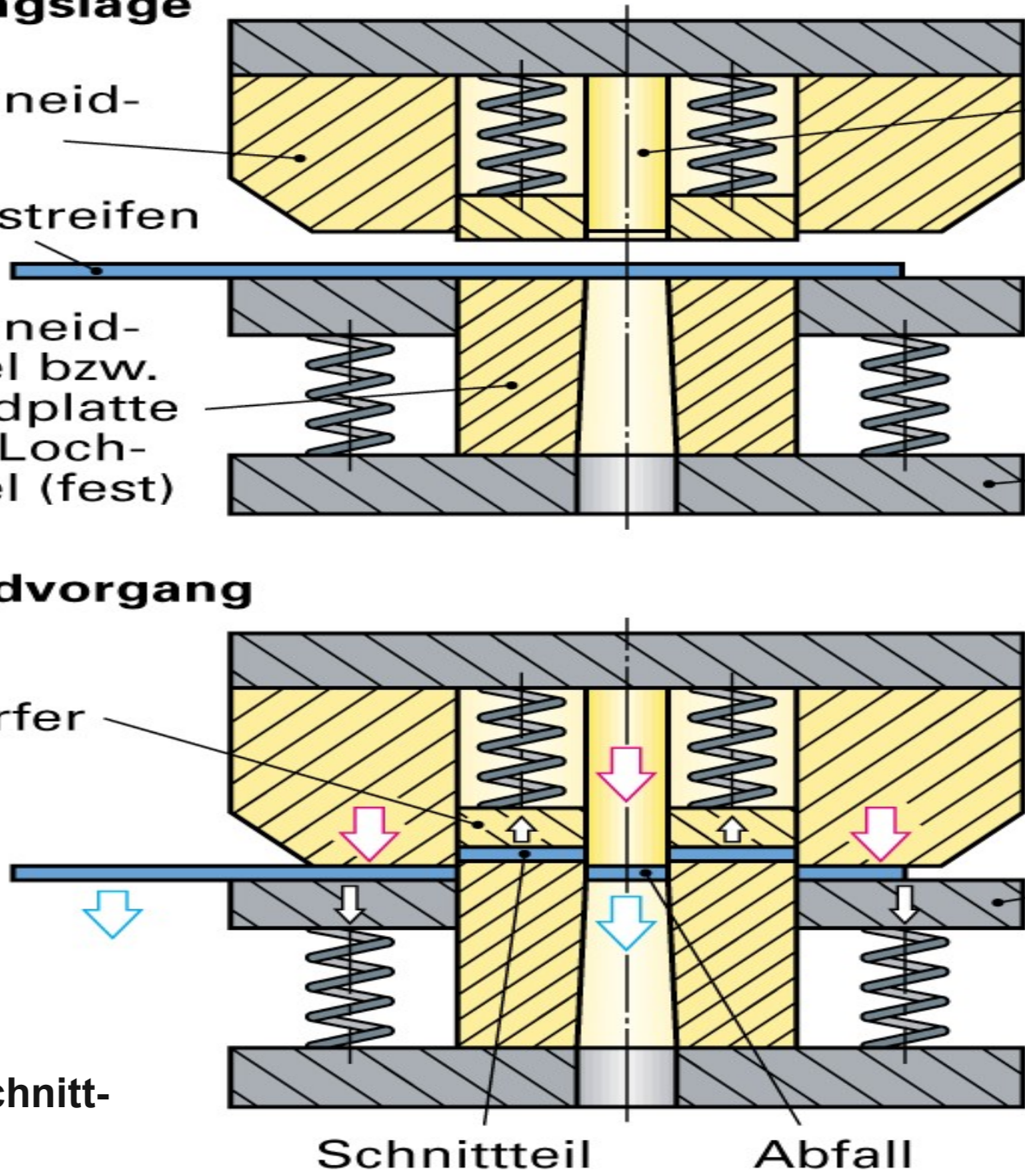
Auswerfer

Abstreifer

Gesamtschnittwerkzeug

Schnittteil

Abfall



# 1.3.7 Trennen

## Spanen als Trennvorgang

A yellow arrow with a black outline points downwards from the title box to the definition box.

Nach DIN 8589 wird unter **Spanen** ein Trennvorgang verstanden, bei dem mithilfe einer **keilförmigen Werkzeugschneide** Werkstoffschichten in Form von Spänen zur Änderung der Werkstückform mechanisch abgetragen werden

# 1.3.7 Trennen

Einflusskomponenten die bei der Zerspanung von Werkstoffen berücksichtigt werden müssen?



Spanform

Energieumwandlung beim Spanen

Schneidstoffe, Härte und  
Temperaturbeständigkeit

Kühlschmierstoffe

# 1.3.7 Trennen

Spanform

A yellow arrow with a black outline points downwards from the 'Spanform' box to the list of angle types.

Keilwinkel

Freiwinkel

Spanwinkel

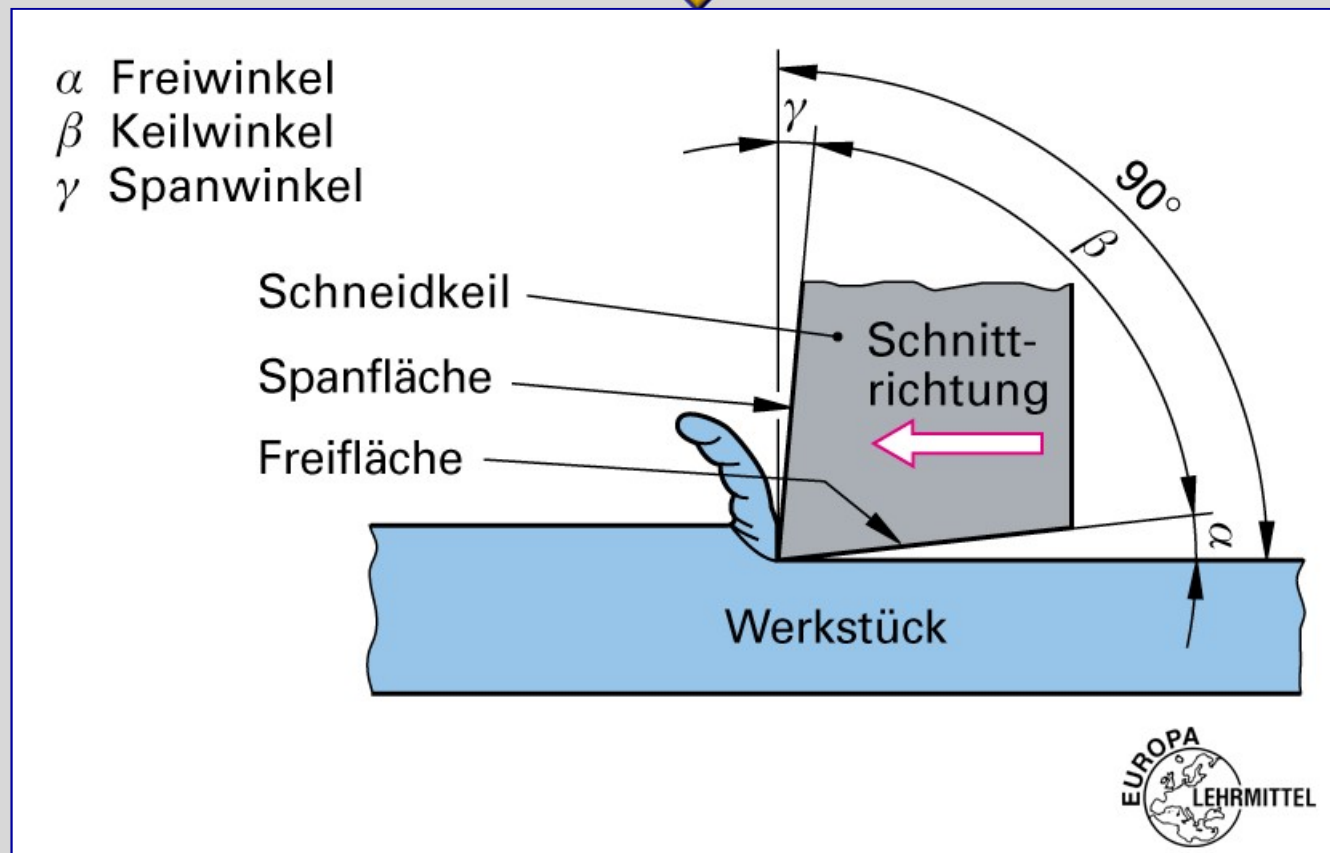
Neigungswinkel

Eckenwinkel

Einstellwinkel

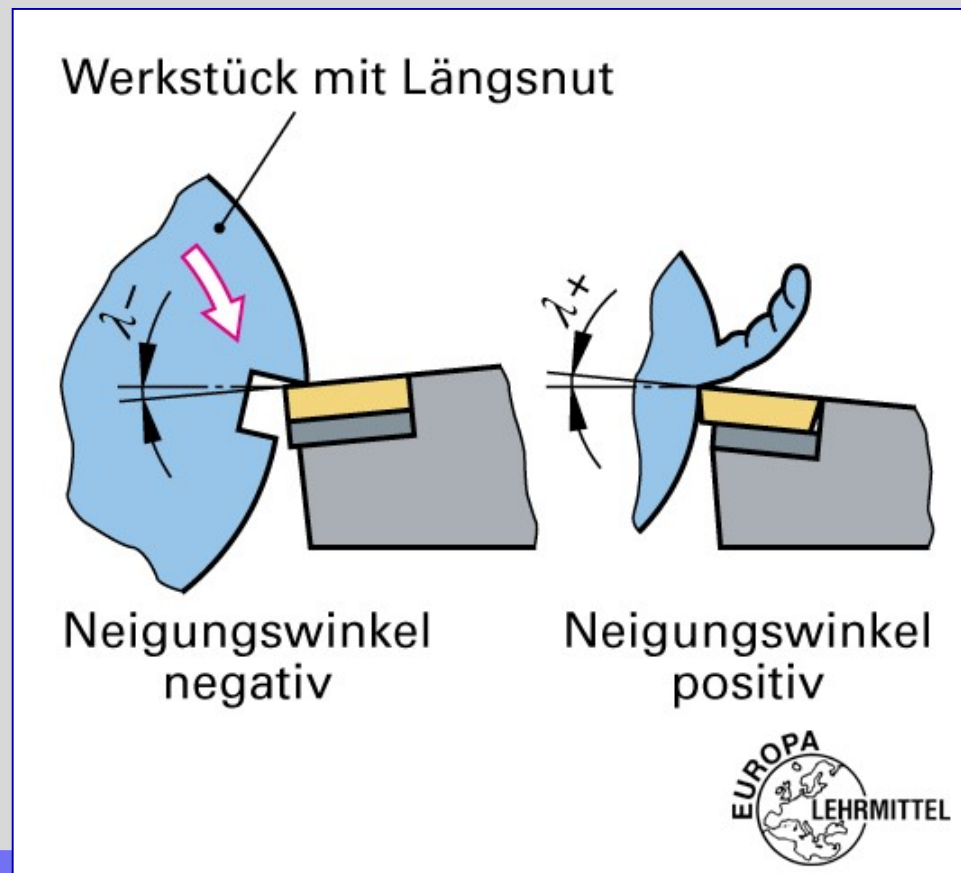
# 1.3.7 Trennen

## Spanform



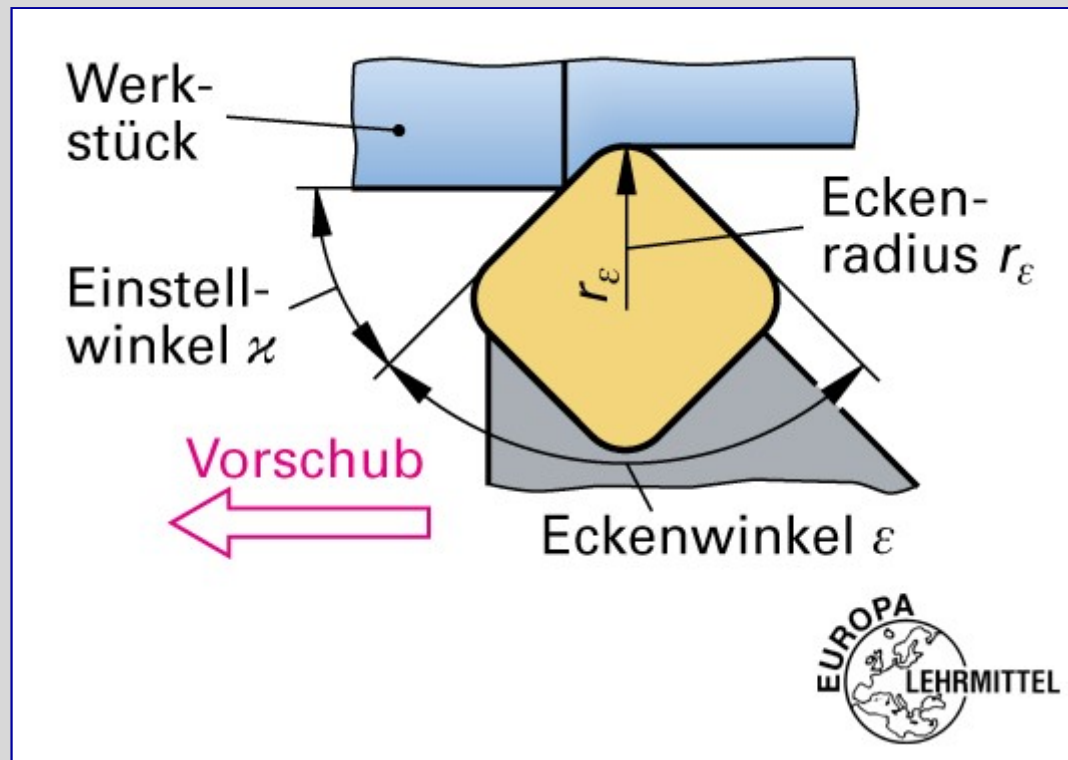
# 1.3.7 Trennen

Spanform



# 1.3.7 Trennen

Spanform

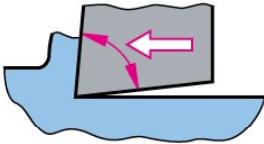
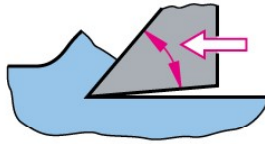
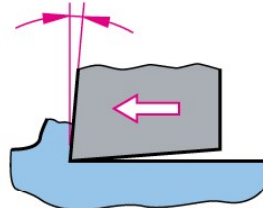
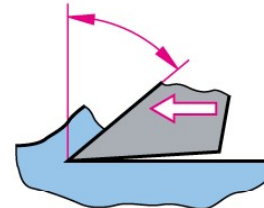
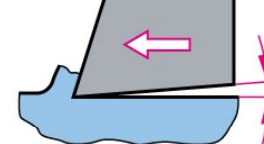
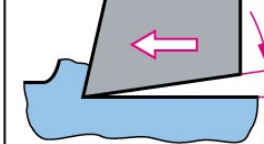


# 1.3.7 Trennen

Spanform Größe der Winkel am Schneidkeil



**Tabelle 1: Größe der Winkel am Schneidkeil**

Keilwinkel $\beta$		Spanwinkel $\gamma$		Freiwinkel $\alpha$	
groß	klein	klein	groß	klein	etwas größer
					
Harte Werkstoffe mit höherer Festigkeit, z. B. hochlegierte Stähle	Weiche Werkstoffe, z. B. Aluminium-Legierungen	Harte und spröde Werkstoffe, bei unterbrochenem Schnitt, beim Schruppen	Weiche Werkstoffe, beim Schlichten	Harte und kurzspanende Werkstoffe, z. B. hochlegierte Stähle	Weiche, plastisch verformbare Werkstoffe, z. B. Kunststoffe



# 1.3.7 Trennen

Berechnungsbeispiel: Schnitttiefe, spez. Schnittkraft und Schnittkraft TBB.S295



## Übungsaufgabe

Eine Antriebswelle aus 34CrAlMo5 wird in einem Schnitt von  $d_1=70\text{mm}$  auf  $d_2=60\text{mm}$  abgedreht. Der Einstellwinkel des Drehwerkzeugs beträgt 70 Grad. Der Vorschub beträgt 0.4mm.

Zu berechnen sind:

- a, die Schnitttiefe
- b, die spez. Schnittkraft  $k_c$
- c, die Schnittkraft  $F_c$

# 1.3.7 Trennen

Berechnungsbeispiel: Schnitttiefe, spez. Schnittkraft und Schnittkraft

Lösung Übungsaufgabe

$$a) a = \frac{d_1 - d_2}{2} = \frac{70 \text{ mm} - 60 \text{ mm}}{2} = \underline{5 \text{ mm}}$$

$$b) h = f \cdot \sin \gamma = 0,4 \text{ mm} \cdot \sin 70^\circ = \approx 0,4$$

$$k_c \text{ laut Tabellenbuch S. 299} = \underline{2870 \text{ N/mm}^2}$$

$$c) A = a \cdot f = 5 \text{ mm} \cdot 0,4 = 2 \text{ mm}^2$$

$$F_c = A \cdot k_c = 2 \text{ mm}^2 \cdot 2870 \text{ N/mm}^2 = \underline{5740 \text{ N}}$$

# 1.3.7 Trennen

## Notwendige Eigenschaften der Schneidstoffe




- **Große Warmhärte**, d.h. die Werkzeugschneide muss auch bei hohen Temperaturen noch hart genug sein, um in den Werkstoff einzudringen.
- **Hohe Verschleißfestigkeit**, d.h. Widerstandsfähigkeit gegen mechanischen Abrieb sowie gegen chemische und physikalische Einflüsse wie Oxidation und Diffusion.
  - **Hohe Wärmewechselbeständigkeit**, damit sich bei stark wechselnden Arbeitstemperaturen keine Risse bilden.
- **Große Druckfestigkeit**, um Verformungen und Ausprägungen der Schneidkanten zu vermeiden.
- **Große Zähigkeit und Biegefestigkeit**, damit die Werkzeugschneide auch schlagartig auftretende Beanspruchung aushält und die scharfe Schneidkante nicht ausbricht.

# 1.3.7 Trennen

Werkzeuge aus Schnellarbeitsstahl (HSS) TBB.S294



Werkzeuge aus Schnellarbeitsstahl HSS	
	
<p><b>Eigenschaften</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Große Zähigkeit</li> <li>• Hohe Biegefestigkeit</li> <li>• Einfach herstellbar</li> <li>• Härte unter 70 HRC</li> <li>• Temperaturbeständigkeit bis 600 °C</li> </ul>	<p><b>Einsatzgebiete</b></p> <p>Spiralbohrer, Fräser, Räumwerkzeuge, Gewindebohrer und Schneideisen, Formdrehmeißel, Werkzeuge für die Kunststoffbearbeitung, Einsatz bei stark wechselnder Schnittkraft</p>
	

# 1.3.7 Trennen

## Werkzeuge aus Hartmetall

### Werkzeuge aus Hartmetall



#### Eigenschaften

- Große Warmhärte (bis 1000 °C)
- Hohe Verschleißfestigkeit
- Hohe Druckfestigkeit
- Schwingungsdämpfend

#### Einsatzgebiete

Wendeschneidplatten für Fräs- und Drehwerkzeuge, Wendeplattenbohrer, schwingungsdämpfende Werkzeuge aus Vollhartmetall, für nahezu alle Werkstoffe einsetzbar

# Tabelle 1: Einteilung der Hartmetalle

Hauptgruppe		Anwendung	Eigenschaft
<b>P</b> für langspanende Werkstoffe, z. B. Stahl, Temperguss	01	Schlichten	
	10		
	20	Kopierdrehen	
	30		
	40	Schruppen	
<b>M</b> für lang- und kurzspanende Werkstoffe, z. B. rostfreier Stahl, Automatenstahl	10	Schlichten	
	20	Kopierdrehen	
	30		
	40	Schruppen	
<b>K</b> für kurzspanende Werkstoffe, z. B. Gusseisen, NE-Metalle, gehärteter Stahl	01	Schlichten	
	10	Kopierdrehen	
	20		
	30	Schruppen	

# 1.3.7 Trennen

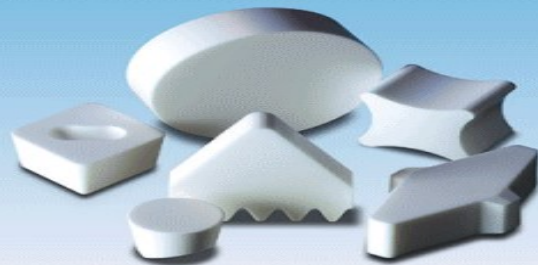
## Werkzeuge aus Cermets

**Tabelle 1: Eigenschaften und Einsatzgebiete von Cermets**

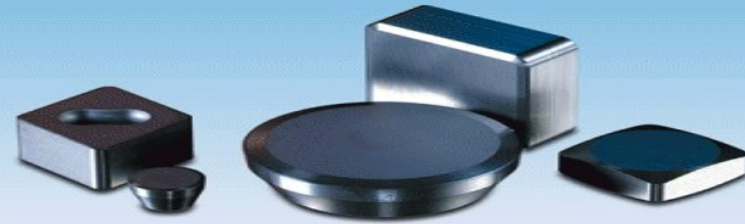
Eigenschaften	Einsatzgebiete
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Hohe Verschleißfestigkeit</li> <li>● Große Warmhärte</li> <li>● Große Stabilität der Schneidkante</li> <li>● Große chemische Beständigkeit</li> </ul>	<p>Wendeschneidplatten für die Dreh- und Fräsbearbeitung, hauptsächlich für die Schlichtbearbeitung bei hoher Schnittgeschwindigkeit</p>



## Wendeschneidplatten aus Keramik

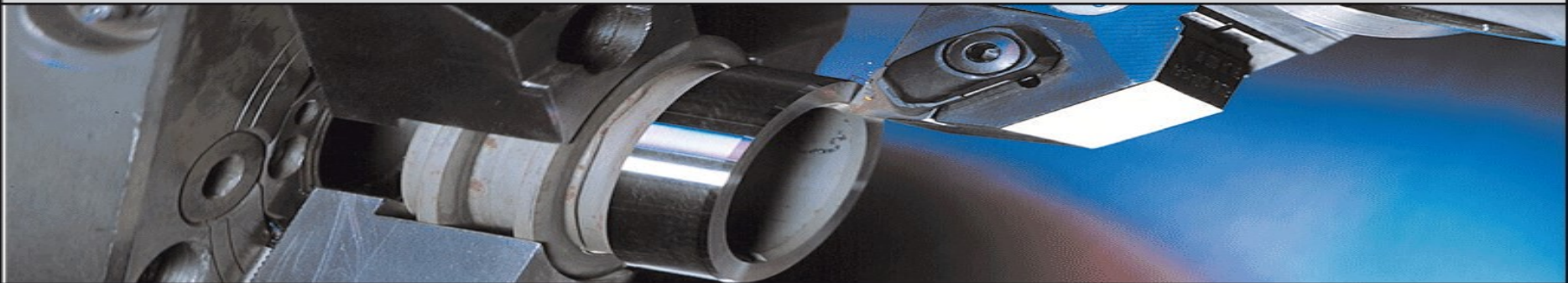


Oxidkeramik



Mischkeramik

## Bearbeitungsbeispiel



### Eigenschaften

- Große Härte
- Warmhärte bis ca. 1200 °C
- Hohe Verschleißfestigkeit
- Hohe Druckfestigkeit
- Große chemische Beständigkeit

### Einsatzgebiete

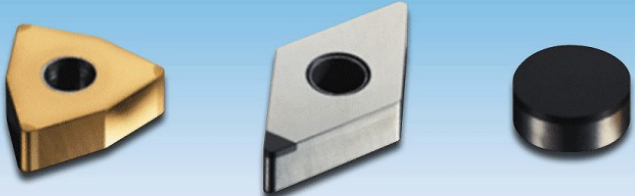

Bearbeitung von Gusseisen und warmfesten Legierungen, Hartfeindreihen von gehärtetem Stahl, Zerspannen mit hoher Schnittgeschwindigkeit



# 1.3.7 Trennen

## Werkzeuge aus Kubischem Bornitrid



BN-Schneidplatte	
	
<p>HM-Wendeschneidplatten mit aufgesinterter CBN-Schicht</p>	
Eigenschaften	Einsatzgebiete
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Sehr große Härte</li> <li>● Warmhärte bis 2000 °C</li> <li>● Hohe Verschleißfestigkeit</li> <li>● Große chemische Beständigkeit</li> </ul>	<p>Hartdrehen: Schlichten von gehärtetem Stahl mit hoher Oberflächengüte und kleinen Toleranzen</p>
	

# 1.3.7 Trennen

## Werkzeuge aus Diamant



### DP-Wendeschneidplatte:



DP-Schicht, aufgesintert auf  
HM-Unterlage, eingelötet in  
HM-Schneidplatte

#### Eigenschaften

- Härtester Schneidstoff
- Hohe Verschleißfestigkeit
- Temperaturbeständigkeit bis 600 °C
- Chem. Reaktion mit Legierungsmetallen von Stählen

#### Einsatzgebiete

Zerspanen von nichteisenhaltigen Werkstoffen und von siliziumhaltigen Aluminiumlegierungen, die sonst zu starkem mechanischen Abrieb führen



## Aufgaben und Wirkung von Kühlschmiermitteln TBB.S292

### Kühlen

### Schmieren

### Auswirkungen

- geringerer Werkzeugverschleiß
- Kühlung von Werkzeug und Werkstück
- bessere Maßhaltigkeit des Werkstücks
- geringere Randzonenbeeinflussung

- Erhöhung der Standzeit
- Minderung der Reibung
- Verringerung der Aufbauschneidbildung
- Verbesserung der Werkstückoberflächengüte

**Abtransport der Späne** von der Bearbeitungsstelle

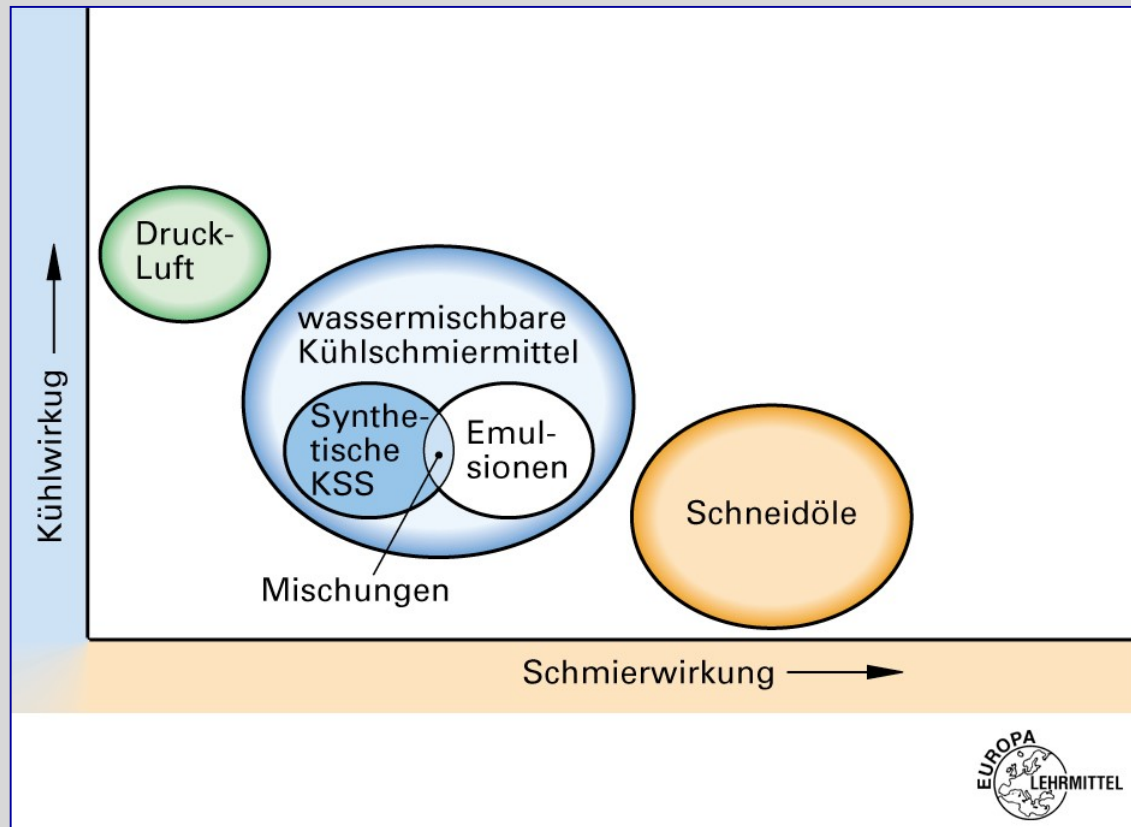
**Reinigung** von Werkzeug und Werkstück

**Korrosionsschutz** der Werkstücke

**Binden des Staubes**, der beim Schleifen entsteht

# 1.3.7 Trennen

Unterscheidung in **Nicht Wassermischbare** und **wassermischbare Kühlschmierstoffe**

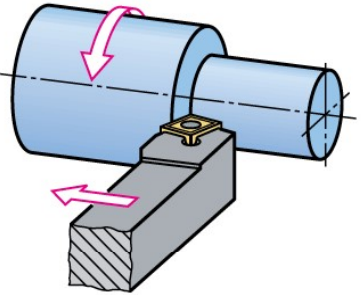
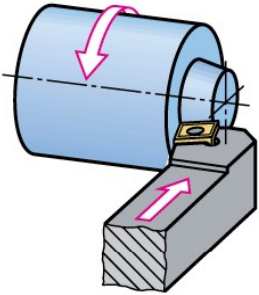
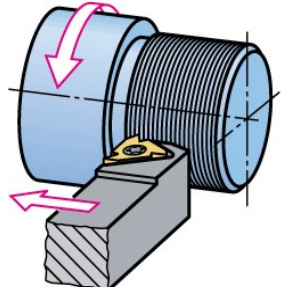
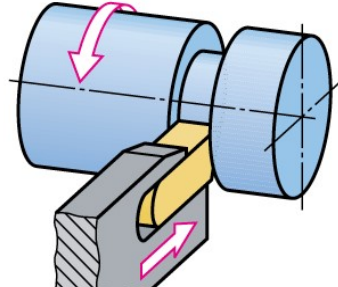
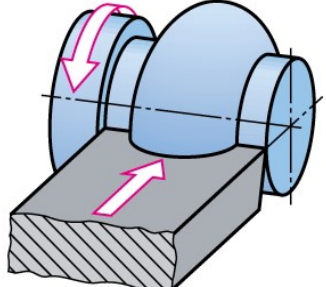
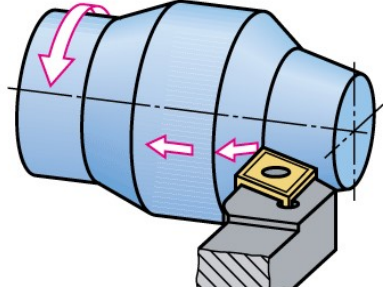


# 1.3.7 Trennen

Drehen

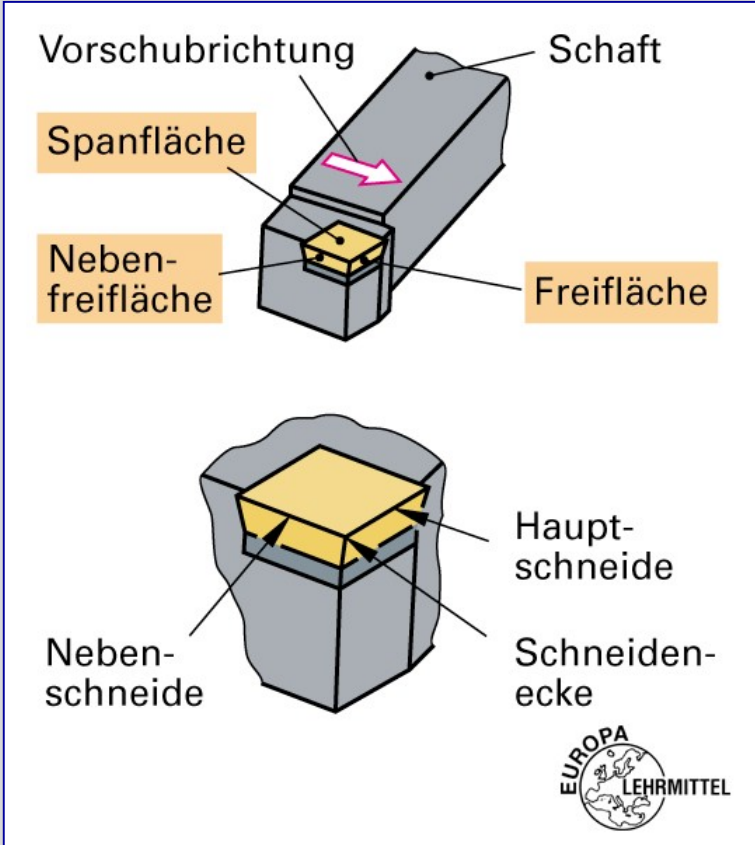


**Tabelle 1: Drehverfahren**

Beispiel/Benennung	Kennzeichen/Einzelverfahren	Beispiel/Benennung	Kennzeichen/Einzelverfahren
<p><b>Runddrehen</b></p> 	<p>Beim Runddrehen wird eine zylindrische Fläche erzeugt: Längs-Runddrehen (Bild), Breitschichtdrehen und Quer-Runddrehen</p>	<p><b>Plandrehen</b></p> 	<p>Beim Plandrehen wird eine ebene Fläche senkrecht zur Drehachse des Werkstücks erzeugt: Quer-Plandrehen (Bild) und Quer-Abstechdrehen</p>
<p><b>Gewindedrehen</b></p> 	<p>Mit einem Profilwerkzeug werden schraubenförmige Flächen erzeugt: Gewindedrehen (Bild) und Gewindestrehlen (mehrschneidiges Werkzeug)</p>	<p><b>Stechdrehen</b></p> 	<p>Das Stechdrehwerkzeug führt zur Erzeugung von Einstichen eine Vorschubbewegung quer (Bild) oder längs zur Drehachse aus</p>
<p><b>Profildrehen</b></p> 	<p>Das Profil des Drehwerkzeuges bildet sich auf dem Werkstück ab: Längs-Profil-Drehen und Quer-Profildrehen (Bild)</p>	<p><b>Formdrehen</b></p> 	<p>Durch die Steuerung der Vorschubbewegung wird die Werkstückform erzeugt: NC-Formdrehen oder Kopierdrehen (Bild)</p>

# 1.3.7 Trennen

## Drehen Flächen und Schneiden am Drehwerkzeug

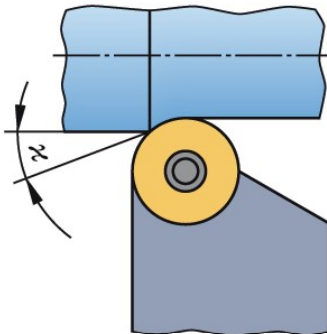
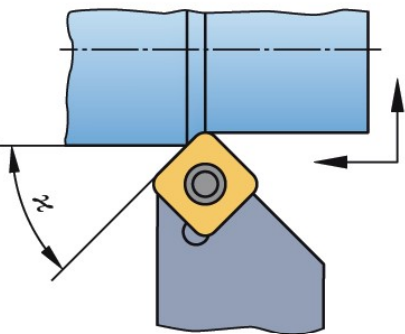
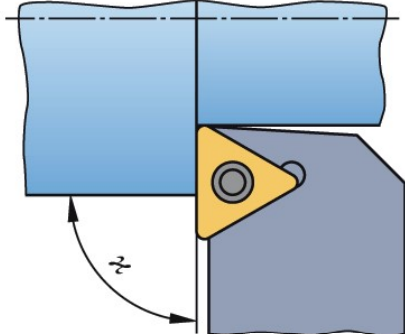
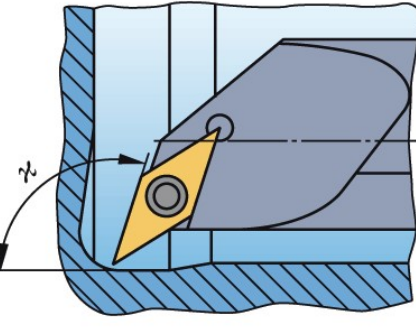


# 1.3.7 Trennen

## Drehen Einstellwinkel bei verschiedenen Bearbeitungen



**Tabelle 2: Einstellwinkel bei verschiedenen Bearbeitungen**



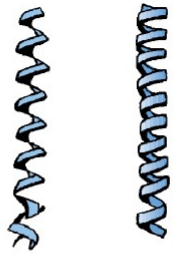




$\kappa = 0^\circ \dots 30^\circ$ 	$\kappa = 45 \dots 75^\circ$ 	$\kappa = 90^\circ$ 	$\kappa > 90^\circ$ 
<p>Große Passivkräfte erfordern eine hohe Stabilität von Werkstück, Maschine und Aufspannung</p>	<p>Schutz der Schneidenecke beim Anschnitt</p>	<p>kleine Passivkraft, dadurch weniger Durchbiegung des Drehteils und geringere Ratterneigung</p>	<p>voreilende Schneidenecke ist bruchgefährdet</p>
<p>Bearbeitung von harten Werkstoffen, Schlichtdrehen mit hohem Vorschub</p>	<p>Schruppbearbeitung</p>	<p>Schlichtbearbeitung, Innendrehen</p>	<p>Konturdrehen und Drehen von Freistichen</p>



# 1.3.7 Trennen

## Drehen Spanformen

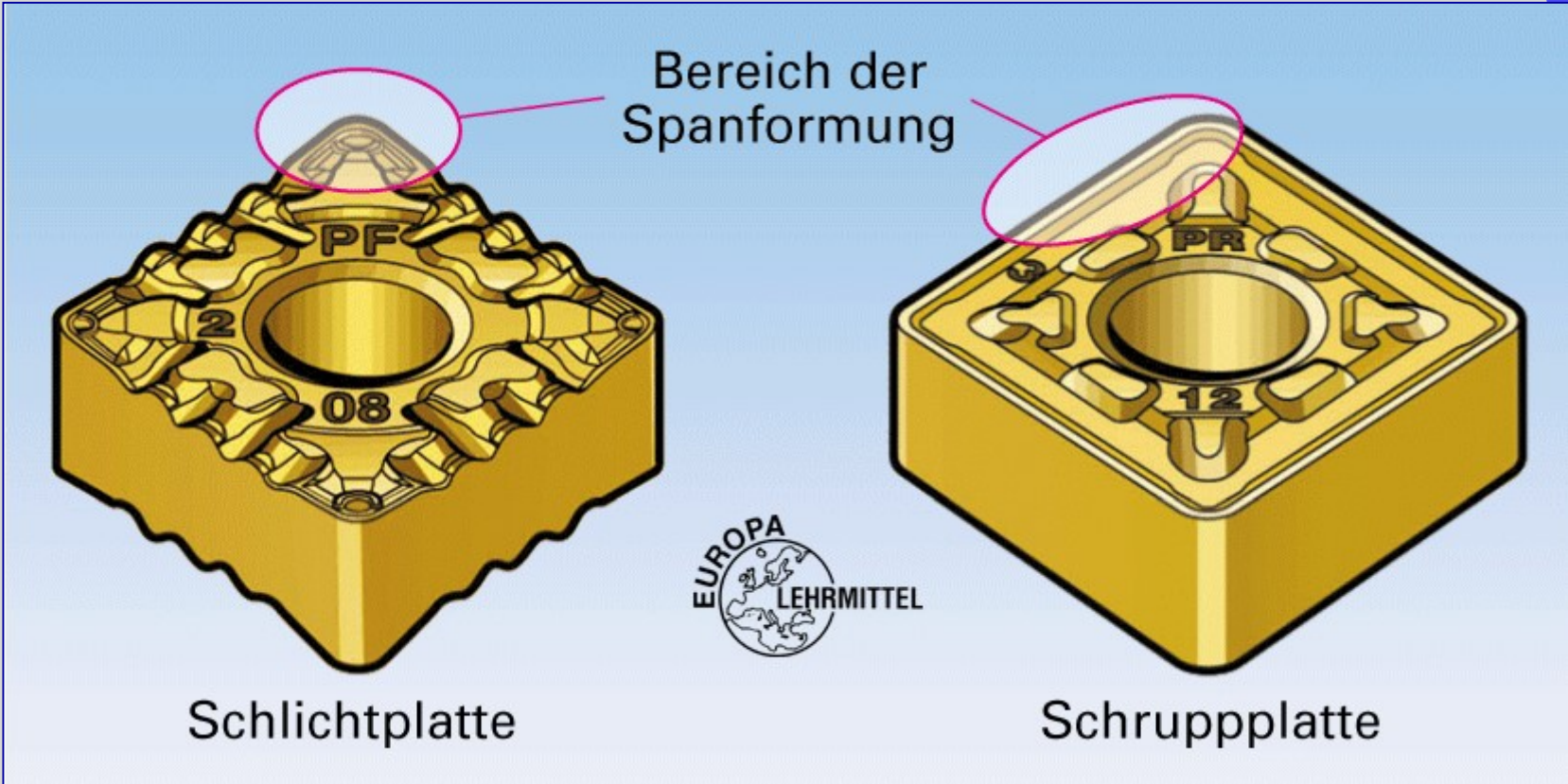


			
Bandspäne	Wirrspäne	lange Wendelspäne	
<b>ungünstig</b>			
			
kurze zylindr. Wendelspäne	Spiralwendelspäne	Spiralspäne	Bröckelspäne
<b>günstig</b>			



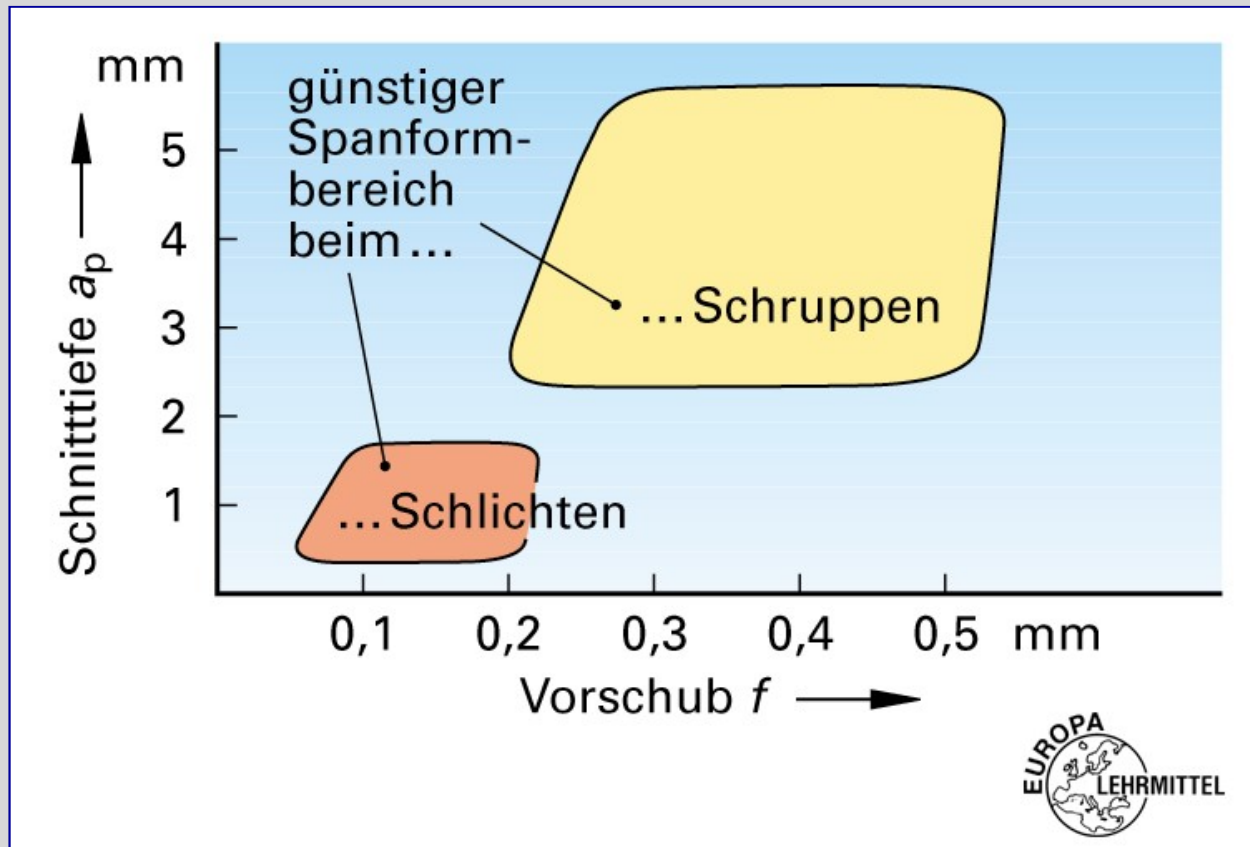
# 1.3.7 Trennen

**Drehen Spanleitstufen erzeugen günstige Spanformen**



# 1.3.7 Trennen

**Drehen Günstige Spanformbereiche**



# 1.3.7 Trennen

## Möglichkeiten zur Erzeugung günstiger, kurz gebrochener Späne

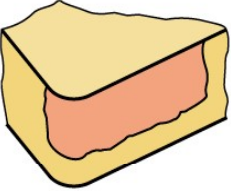
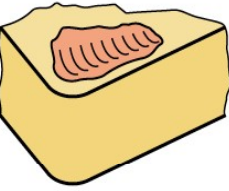
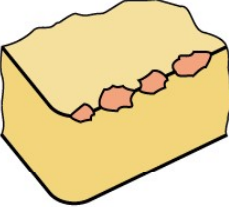
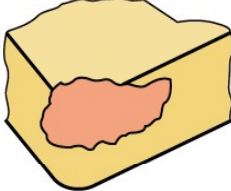


- Verwendung von Wendeschneidplatten mit Spanleitstufen, durch die ein günstiger Spanablauf und Spanbruch erzielt werden
- Auswahl der passenden Spanleitstufe für den vorgesehenen Vorschub und die Schnitttiefe
- Einsatz von Werkstoffen, deren Spanbrüchigkeit durch entsprechende Legierungselemente erhöht wurde
- Erhöhung des Vorschubs wenn dies möglich ist

# Verschleißarten



**Tabelle 1: Maßnahmen bei Verschleißproblemen**

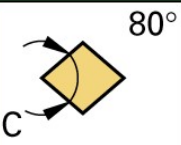
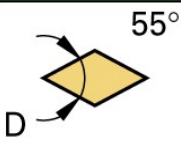
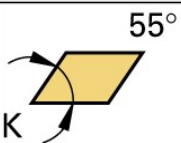
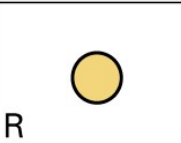
Starker Frei- flächen- verschleiß	Starker Kolk- verschleiß	Kantenaus- bröckelung	Schneidkanten- bruch	Abhilfe-Maßnahmen  (Zur Beurteilung, ob der übermäßige Ver- schleiß verringert wurde, darf jeweils nur eine Maßnahme ergriffen werden)
				
		•		Schnittgeschwindigkeit erhöhen
•	•			Schnittgeschwindigkeit verringern
•		•		Vorschub erhöhen
			•	Vorschub verringern
			•	Schnitttiefe verringern
•	•			Verschleißfesteren Schneidstoff wählen
		•	•	Zäheren Schneidstoff wählen
•	•			Beschichteten Schneidstoff wählen
	•	•		Spanwinkel vergrößern
			•	Eckenwinkel und Eckenradius vergrößern
•	•			Kühlschmierung verstärken

Bezeichnungsbeispiel:  
**Schneidplatte DIN 4968 –**

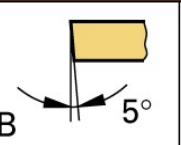
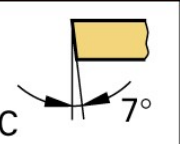
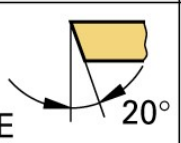
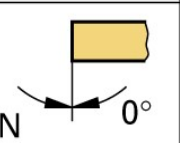
<b>C</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b>G</b>	<b>12</b>	<b>04</b>	<b>08</b>	<b>E</b>	<b>N</b>	<b>- P20</b>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Erklärung (Bedeutung der Kennzeichen auszugsweise):

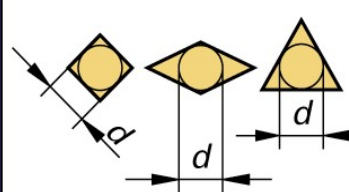
**1 Plattenform u. einbeschriebener Winkel  $\varepsilon$**

 80°	 55°
 55°	

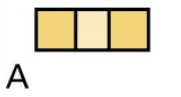
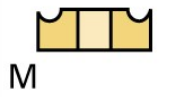


**2 Freiwinkel an der Hauptschneide**

 5°	 7°
 20°	 0°


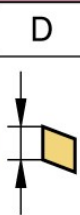
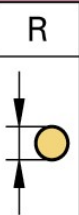

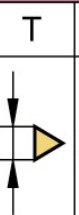
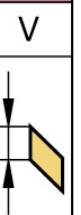
**3 Toleranzen (s und d)**



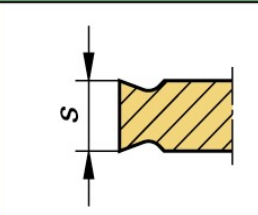
**4 Plattentyp**

 A	 M
 G	 R

**5 Plattengröße = Schneidkantenlänge l (mm)**

	C	D	R	S	T	V
d mm						

**6 Plattendicke s (mm)**



**7 Eckenradius r (mm)**

**10 (Schneidstoff)**

**8 Schneidkantenausführung**  
 E = gerundet

**9 Werkzeugausführung**  
 Vorschubrichtung N = Neutral

# 1.3.7 Trennen

**Was soll durch die Auswahl der geeigneten  
Schnittdaten beim Drehen erreicht werden?**



- Optimale Standzeit des Werkzeugs
- günstige Spanbildung
- die geforderte Oberflächengüte
- Großes Spannungsvolumen
- Möglichst kleine Schnittkraft



# 1.3.7 Trennen

## Berechnung der Drehzahl



**Tabelle 1: Richtwerte für die Vorbearbeitung von Stahl (Längsdrehen und Ausdrehen)**

Werkstück		Hartmetall, beschichtet	
Stahlart	Härte HB	HC-P15	HC-P35
		Vorschub in mm	
		0,4 – 0,6	0,6 – 0,8
		Schnittgeschw. in m/min	
Unlegiert: C = 0,15 % C = 0,35 % C = 0,70 %	90 – 200	365 – 310	225 – 200
	125 – 225	315 – 265	195 – 170
	150 – 250	300 – 250	185 – 160
Niedriglegiert: Ungehärtet Gehärtet	150 – 260	270 – 230	135 – 115
	220 – 450	155 – 120	75 – 65
Hochlegiert: Geglüht Gehärtet	150 – 250	235 – 195	110 – 95
	250 – 350	120 – 115	60 – 50



# 1.3.7 Trennen

## Berechnung der Drehzahl (Beispiel)

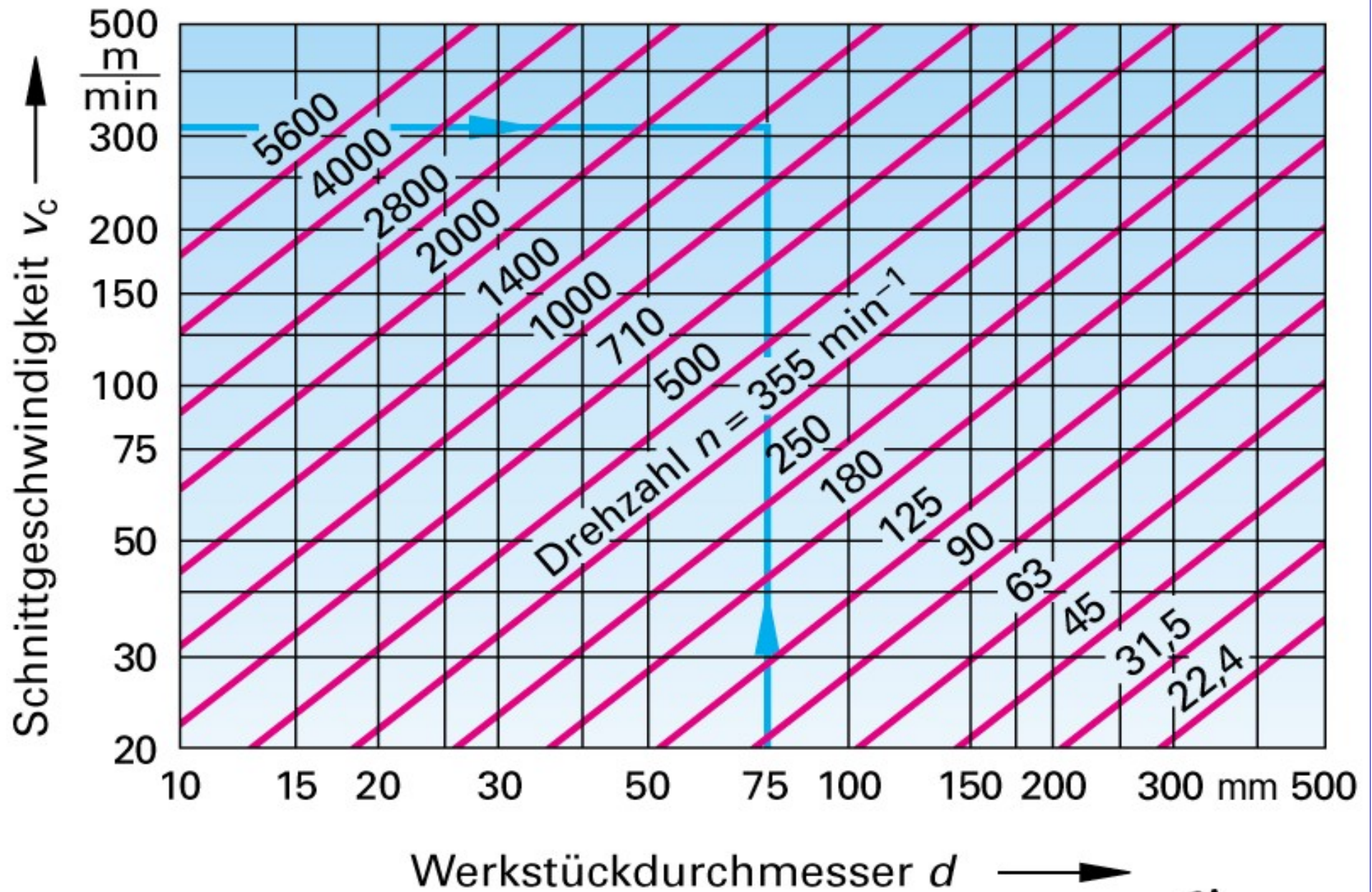
Drehzahl

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

**Beispiel:** Eine Welle aus C35 mit dem Durchmesser  $d = 75 \text{ mm}$  soll mit einem Vorschub  $f = 0,4 \text{ mm}$  überdreht werden. Als Schneidstoff wird eine beschichtete Hartmetall-Wendeschneidplatte HC-P15 eingesetzt. Welche Drehzahl  $n$  ist an einer Drehmaschine mit Getriebestufung nach Bild 1 einzustellen?

**Lösung:** Nach Tabelle 1 ergibt sich eine Schnittgeschwindigkeit  $v_c = 315 \text{ m/min}$ . Aus dem Drehzahlschaubild (Bild 1) erhält man eine einzustellende Drehzahl  $n = 1400/\text{min}$ .

**Berechnung der Drehzahl:** 
$$n = \frac{v_c}{\pi \cdot d} = \frac{315 \text{ m/min}}{\pi \cdot 0,075 \text{ m}} = 1337/\text{min}$$



# 1.3.7 Trennen

## Berechnung der Theoretische Rauhtiefe (Beispiel)



Theoretische Rautiefe

$$R_{th} = \frac{f^2}{8 \cdot r_\epsilon}$$

**Beispiel:** Welche theoretische Rautiefe  $R_{th}$  ist bei einem Eckenradius  $r_\epsilon = 0,4$  mm und einem Vorschub  $f = 0,1$  mm zu erwarten?

**Lösung:**  $R_{th} = \frac{f^2}{8 \cdot r_\epsilon} = \frac{0,1^2}{8 \cdot 0,4} \text{ mm} = 0,0031 \text{ mm} = \mathbf{3,1 \mu m}$

**Tabelle 1: Erreichbare Rautiefe in Abhängigkeit von Eckenradius und Vorschub**

Rautiefe $R_z$ in $\mu\text{m}$	Eckenradius in mm			
	0,4	0,8	1,2	1,6
	Vorschub $f$ in mm			
1,6	0,07	0,10	0,12	0,14
4,0	0,11	0,15	0,19	0,22
10,0	0,17	0,24	0,29	0,34
16,0	0,22	0,30	0,37	0,43
25,0	0,27	0,38	0,47	0,54

# 1.3.7 Trennen

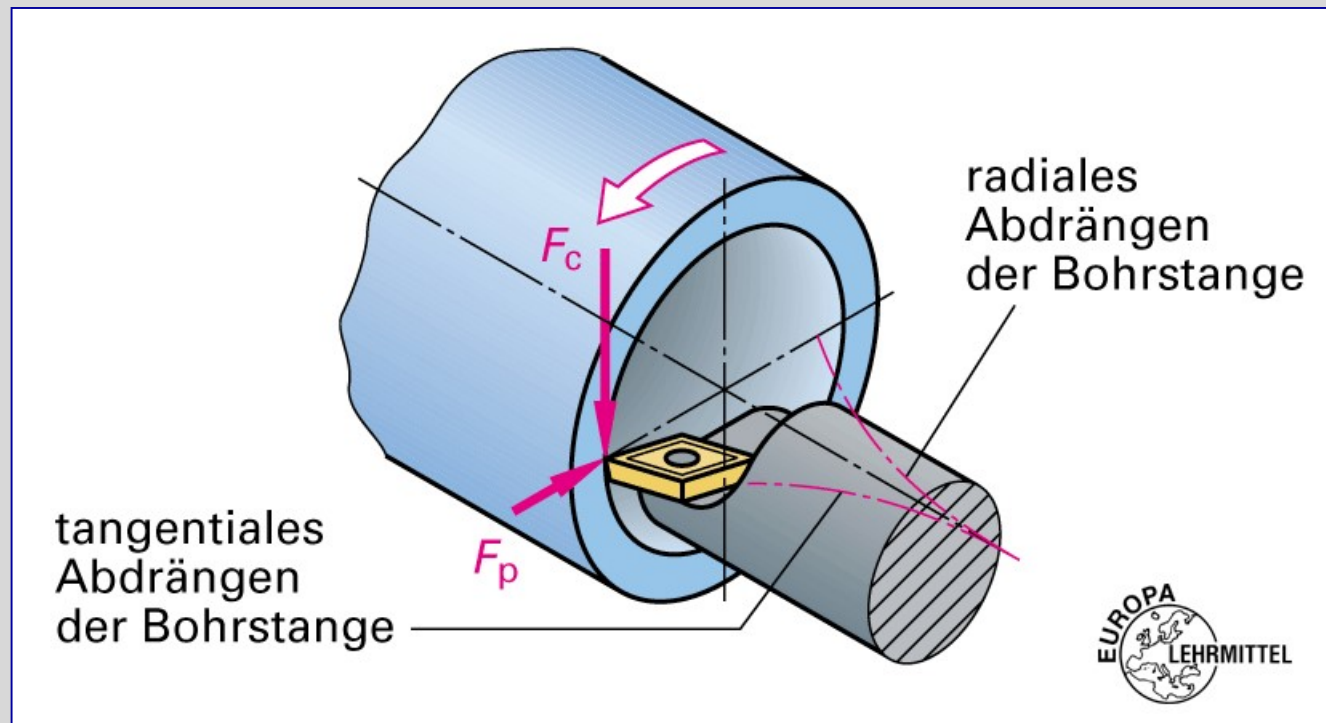
## Arbeitsregeln zum Vor- und Fertigdrehen



- Zum Vordrehen werden zunächst ein möglichst großer Vorschub und eine entsprechend große Schnitttiefe festgelegt
- Beim Fertigdrehen erzielt man durch einen kleinen Vorschub und eine erhöhte Schnittgeschwindigkeit eine hohe Oberflächengüte

# 1.3.7 Trennen

## Innenbearbeitung



# 1.3.7 Trennen

## Werkzeugauswahl für die Innenbearbeitung

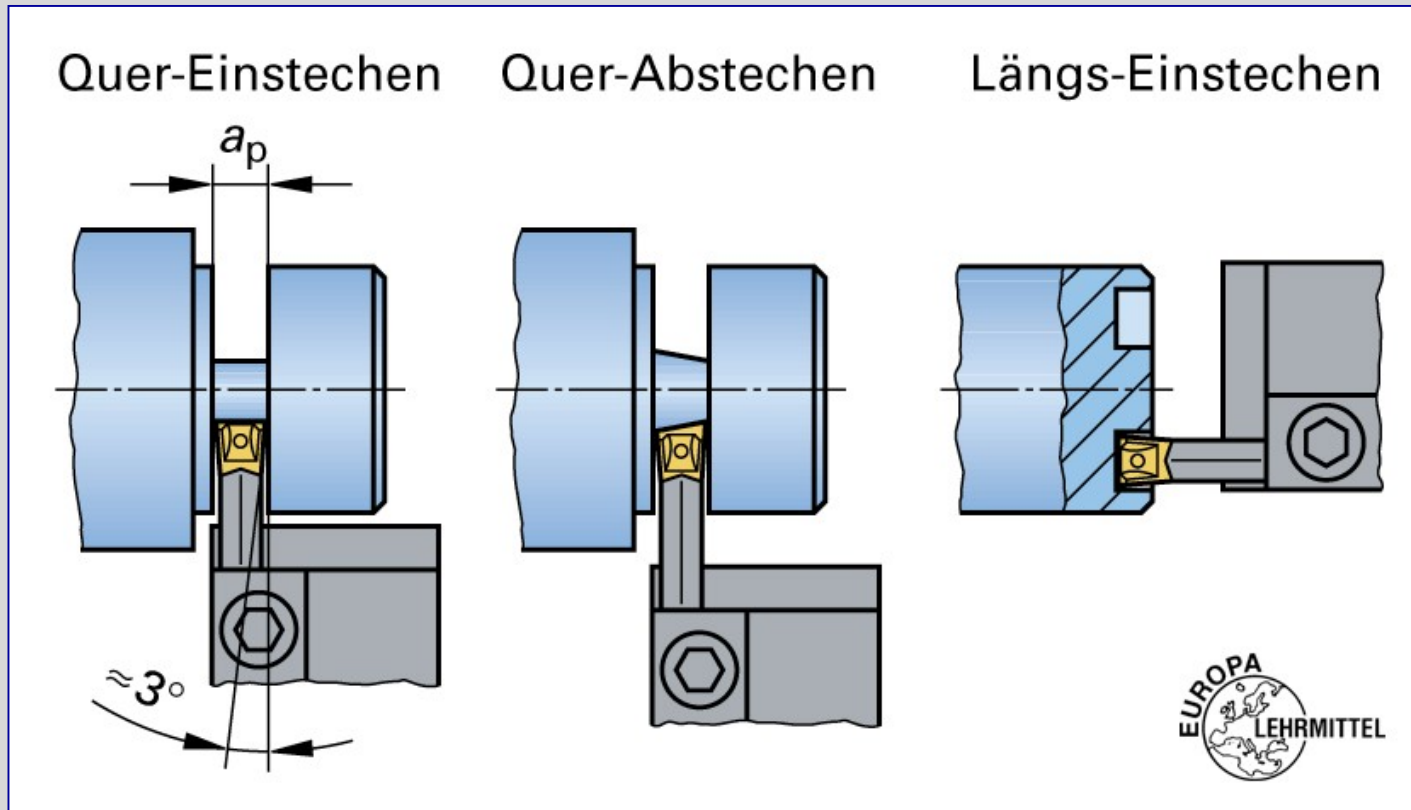


- ✓ Den Einstellwinkel möglichst groß wählen (90 Grad), um die Passivkraft klein zu halten
- ✓ Für das Fertigdrehen Wendeschneidplatten mit positivem Spanwinkel verwenden
- ✓ Bei Bearbeitung mit geringer Schnitttiefe kleinen Eckenradius vorsehen
- ✓ Größtmöglichen Schaftdurchmesser verwenden



# 1.3.7 Trennen

## Einsteich- und Abstechdrehen



## 1.3.7 Trennen

### Hartdrehen

A yellow arrow with a black outline points downwards from the 'Hartdrehen' box to the main text.

Beim **Hartdrehen** werden gehärtete Werkstücke durch Drehen fertig bearbeitet. Als Schneidstoff wird hierfür **Schneidkeramik** oder **Bornitrid** verwendet.

# 1.3.7 Trennen

**Hartdrehen**



# 1.3.7 Trennen

**Nennen Sie Vorteile des Hartdrehens?**



- ✓ Durch Hartdrehen kann teilweise das Schleifen ersetzt werden
- ✓ Die Maschineninvestitionen und die Werkzeugkosten für das Drehen sind gegenüber dem Schleifen geringer
- ✓ Die Aufbereitung und Entsorgung der Kühlschmiermittel wird kostengünstiger oder entfällt bei der Trockenbearbeitung ganz
- ✓ Hohe Oberflächengüte und Maßgenauigkeit der Innen- und Außenkontur

# 1.3.7 Trennen

## Hartdrehen Werkzeugauswahl und Schnittdaten






- ✓ **Schneidstoffe:** Schneidkeramik eignet sich zum Zerspanen von Werkstoffen bis zu einer Härte von 64 HRC. Mit Bornitrid können Werkstoffe bis zu einer Härte von 70 HRC bearbeitet werden. Im Bereich niedrigerer Werkstoffhärten unterhalb 50 HRC weist Bornitrid erhöhten Verschleiß auf.
- ✓ **Schnittdaten:** Je größer die Werkstoffhärte ist, desto geringer sollte die Schnittgeschwindigkeit sein. Üblich sind Werte von 100 bis 300 m/min.

# 1.3.7 Trennen

## Hartdrehen Vergleich Schneidkeramik und Bornitrid



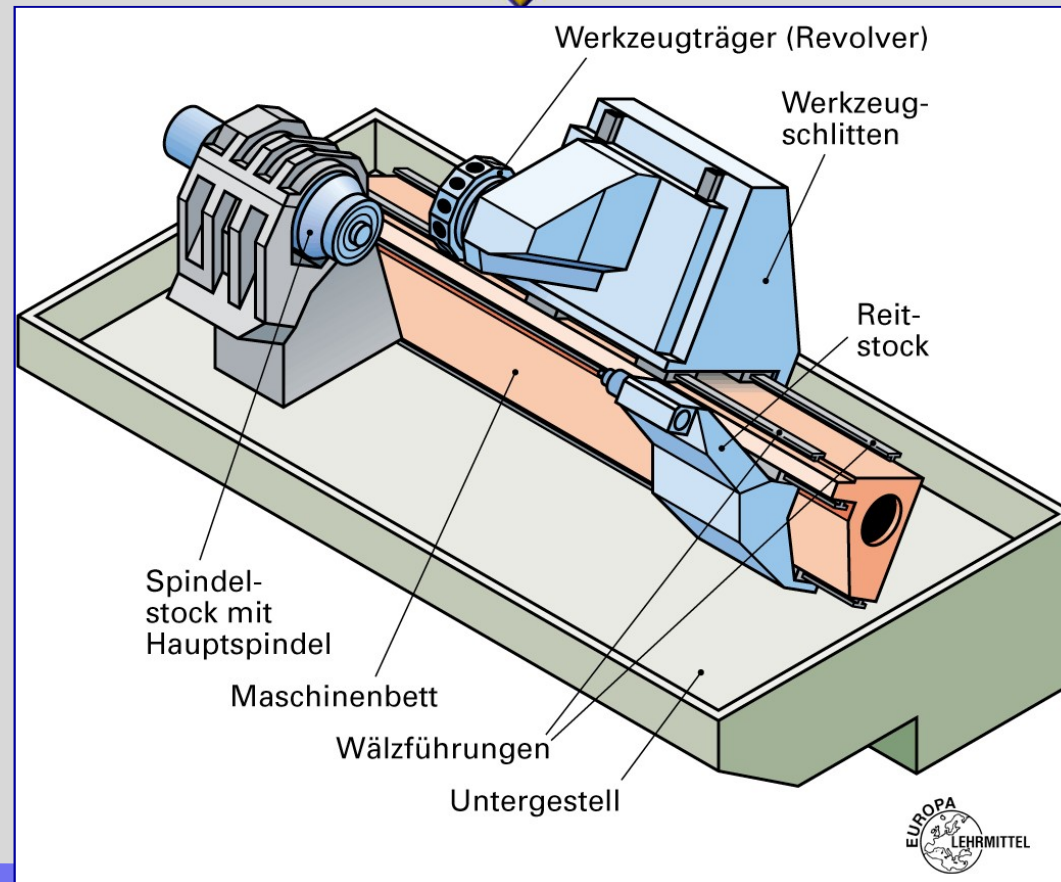
			
<p>Außendurchmesser und Planfläche mit Mischkeramik</p>		<p>Innendurchmesser mit BN</p>	
200	$v_c$ m/min	130	
0,1	$f$ mm	0,1	
0,3	$a_p$ mm	0,3	
2,5	$Rz$ $\mu$ m	1,5	
			

<p>Spindelstock Planschlitzen mit Oberschlitten Reitstock Bettschlitten Maschinenbett</p>	<p>Spindelstock mit Hauptspindel Schlitten mit Werkzeugträger Schrägbett Reitstock</p>	<p>Maschinenbett Spindelstock Planschlitzen Längsschlitten mit Werkzeugträger</p>
<p align="center"><b>Flachbettmaschine</b></p>	<p align="center"><b>Schrägbettmaschine</b></p>	<p align="center"><b>Frontdrehmaschine</b></p>
<p>Vertikal-schlitten Maschinen-stander Werk-stück Querträger Wechsel-paletten Planscheibe Verkleidung Werkzeug-wechsler</p>	<p>integrierter Spindel-motor mit Senkrecht-spindel Aufspann-fläche für Werkzeuge Werkzeug-revolver Werk-stück Unter-gestell stabil-es Gussbett</p>	<p>Spindel-trommel mit 6 Spindeln 1...2 Werkzeug-schlitten für jede Spindel-lage Werk-stück Werkzeug-wechsler Längs-schlitten (Pinole) für jede Spindel-lage</p>
<p align="center"><b>Karusselldrehmaschine</b></p>	<p align="center"><b>Senkrecht-Drehmaschine</b></p>	<p align="center"><b>Mehrspindel-Drehmaschine</b></p>

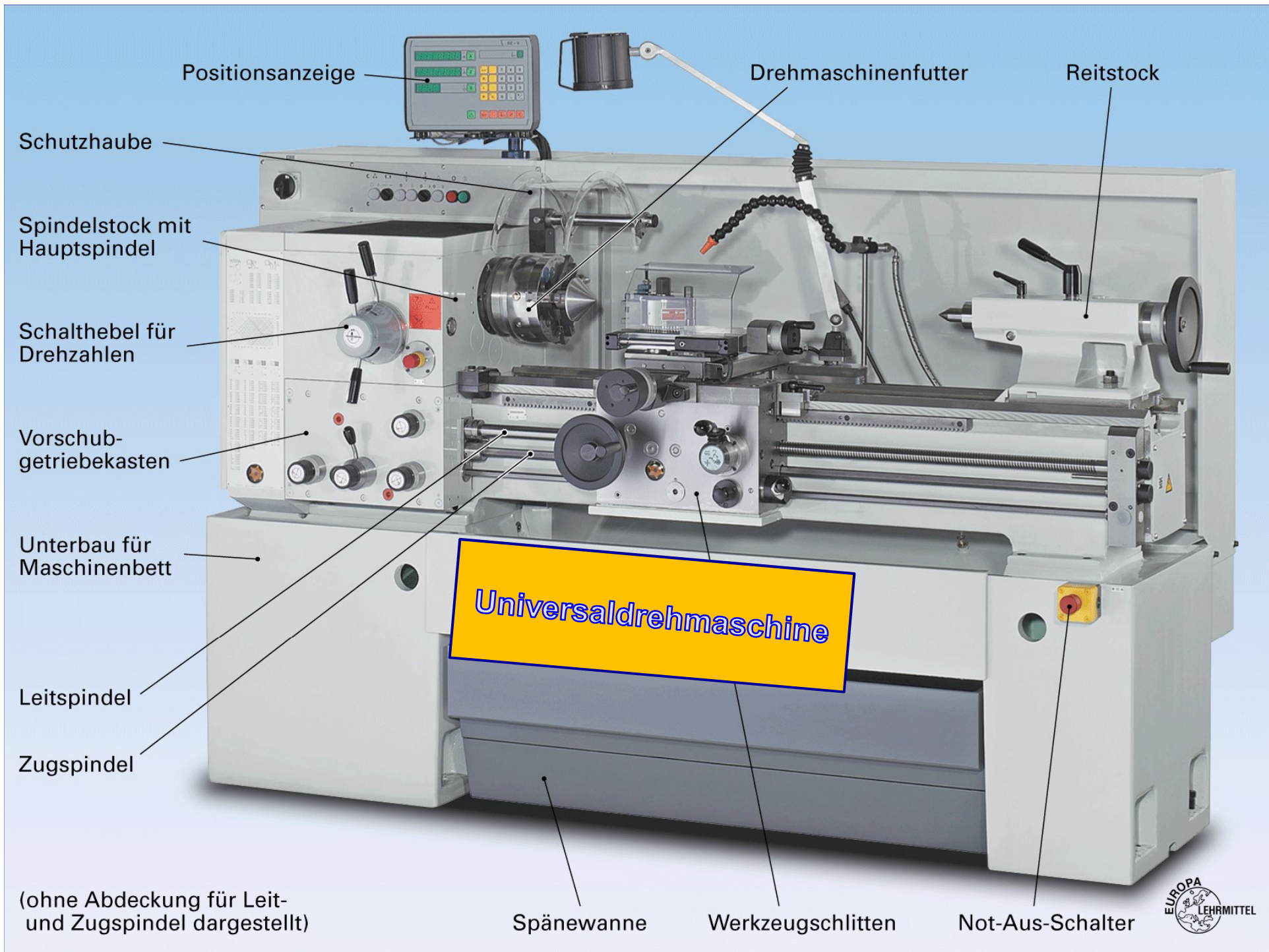
## Arten von Drehmaschinen

# 1.3.7 Trennen

## Hauptgruppen einer Drehmaschine







Positionsanzeige

Drehmaschinenfutter

Reitstock

Schutzhaube

Spindelstock mit Hauptspindel

Schalthebel für Drehzahlen

Vorschubgetriebekasten

Unterbau für Maschinenbett

**Universaldrehmaschine**

Leitspindel

Zugspindel

(ohne Abdeckung für Leit- und Zugspindel dargestellt)

Spänewanne

Werkzeugschlitten

Not-Aus-Schalter



Schiebetür mit  
Sichtfenster

Hauptspindel

Werkzeugrevolver 1

Bildschirm mit Eingabefeld

Maschinen-  
bedienfeld

Späneförderer

Werkzeugrevolver 2

Gegenspindel

Transportband  
für gefertigte  
Werkstücke

**CNC - Drehmaschine**

## 1.3.7 Trennen

**Fräsen**



**Beim Fräsen werden ebene  
Flächen oder Konturen  
hergestellt.**

# 1.3.7 Trennen

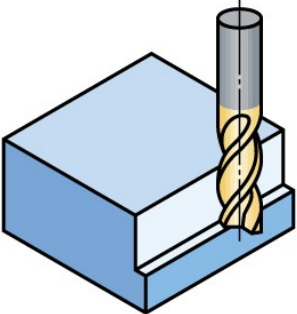
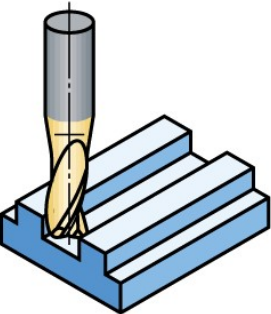
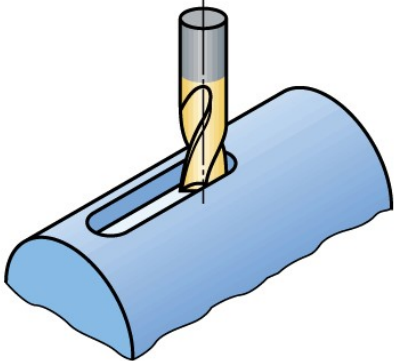
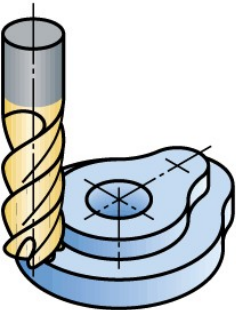
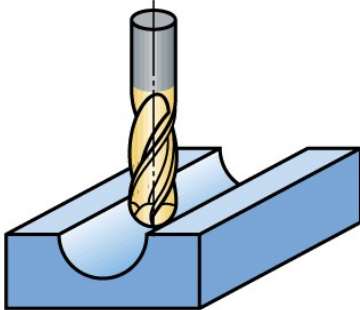
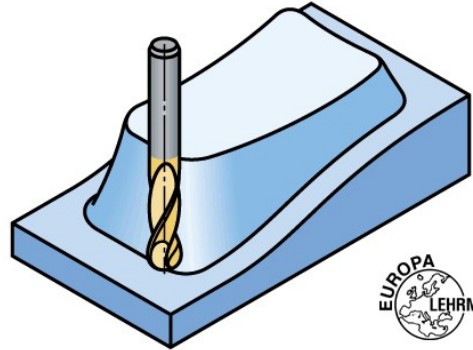
## Fräsen (Beispiel: Konturfräsen)



# 1.3.7 Trennen

## Fräswerkzeuge

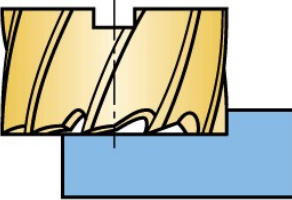
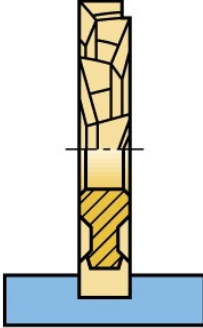
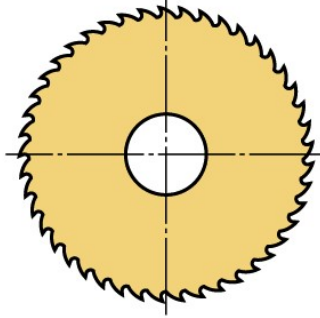
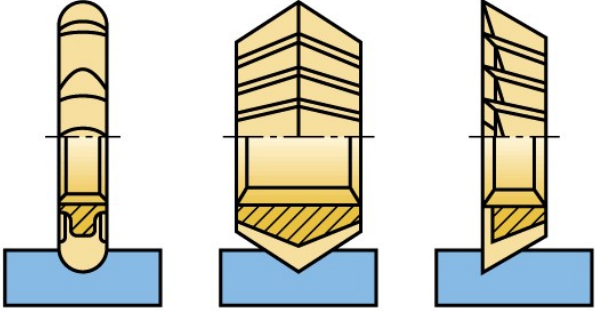


<p>Schaftfräser</p>	<p>Werkzeuge aus Schnellarbeitsstahl, Vollhartmetall oder Cermet</p>	 <p>Schaftfräser (90°-Eckfräser)</p>	 <p>Nutenfräser (passgenaues Nutenfräsen)</p>	 <p>Bohrnutenfräser (Langlochfräsen)</p>
		 <p>Schaftfräser (Umfangsfraesen, Konturfraesen)</p>	 <p>Radiusfräser oder Kugelschaftfräser (Kopierfräsen, Auskammern)</p>	 <p>Gesenkfräser, z.B. Kopierfräser oder Kugelschaftfräser</p>

# 1.3.7 Trennen

## Fräswerkzeuge



<p>Aufsteckfräser</p>	<p>Werkzeuge aus Schnell- arbeitsstahl oder mit ge- löteten HM-Schneiden</p>	 <p>Walzenstirnfräser</p>	 <p>Scheibenfräser</p>	 <p>Metallkreissägeblatt</p>	 <p>Formfräser (Halbrund-Profile, Prismen, Winkel)</p>
-----------------------	--	--	---	---	---

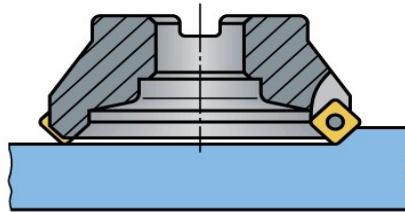
# 1.3.7 Trennen

## Fräswerkzeuge

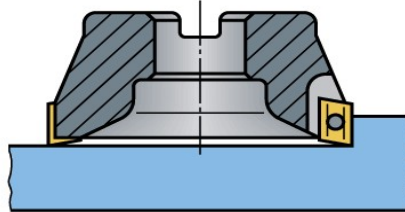


Fräswerkzeuge mit Wendeschneidplatten

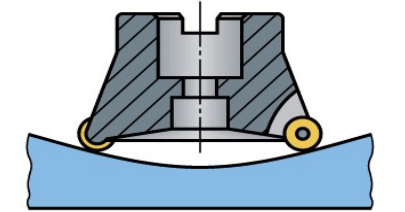
Schneidplatten aus Hartmetall, (Nitrid-) Keramik oder mit Schneidteil aus Diamant (PKD) bzw. Bornitrid (PKB)



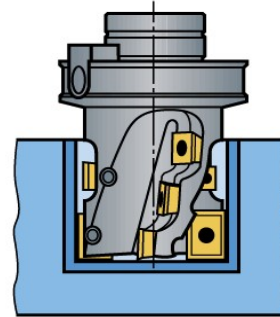
Planfräser



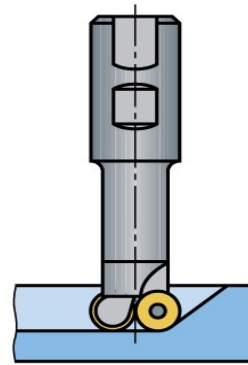
Eckfräser



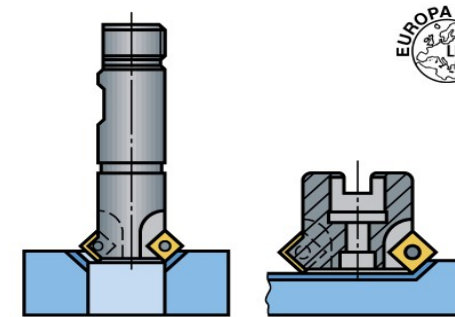
Kopierfräser  
(Fräsen von Formen und Gesenken, Auskammern)



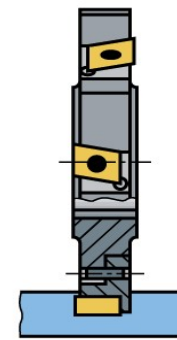
Walzenstirnfräser  
(90°-Eckfräsen, Nutenfräsen)



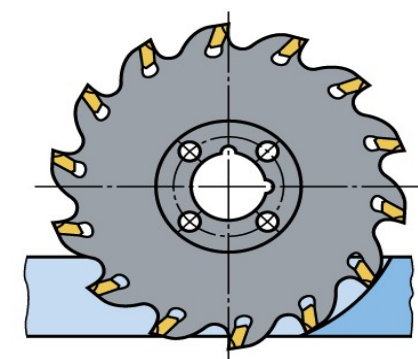
Kopierfräser  
(Fräsen von Formen und Gesenken, Auskammern)



Fasenfräser  
(Anfasen, Senken, Profilmutenfräsen)



Scheibenfräser  
(Nutenfräsen, Trennen, Schlitzten)



Trennfräser



# 1.3.7 Trennen

## Schneidstoffe bei Fräs Werkzeugen (Schaftfräser)



- ✓ **HSS – Schaft- und Aufsteckfräser** besitzen gegenüber Fräsern aus Hartmetall eine höhere Zähigkeit, was größere Spanwinkel, kleinere Schnittkräfte und dünne Späne ermöglicht
- ✓ **Schaftfräser aus Vollhartmetall** oder **Cermet** haben eine höhere Standzeit und Steifigkeit. Sie eignen sich auch für das Hochgeschwindigkeitsfräsen (HSC) und die Hartbearbeitung



# 1.3.7 Trennen

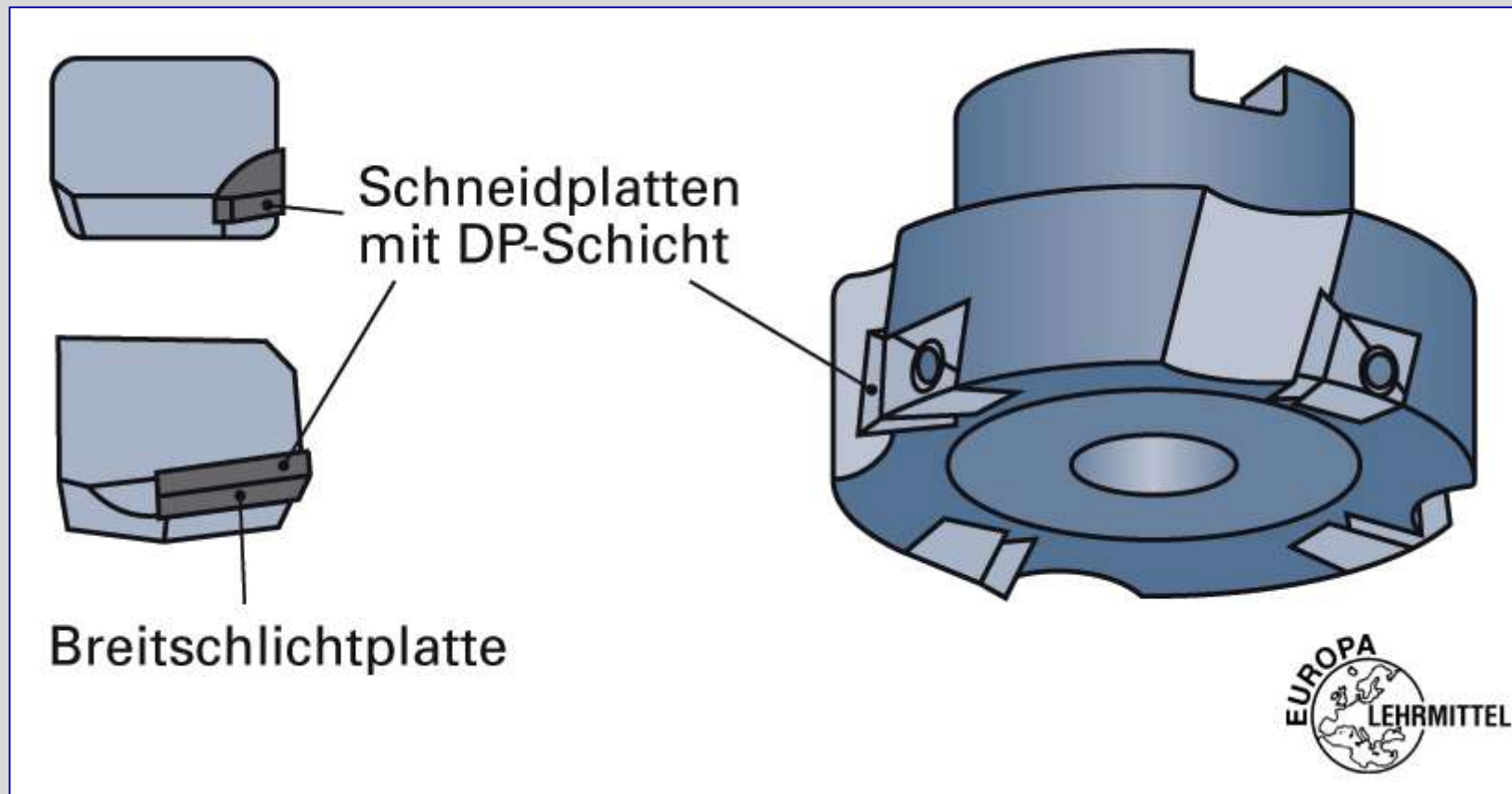
## Schneidstoffe bei Fräsworkzeugen (Fräser mit Schneidplatten)




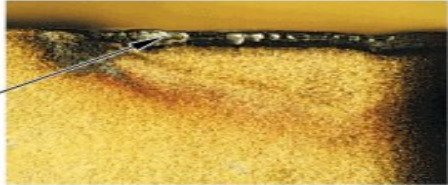
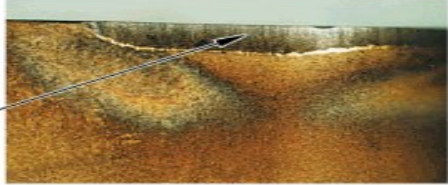
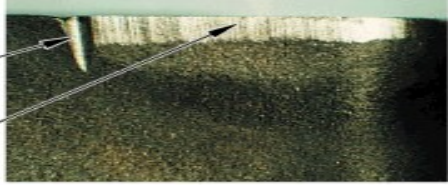
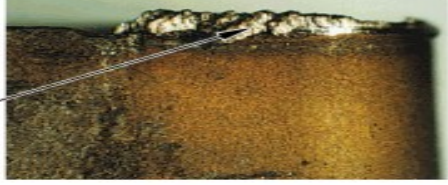
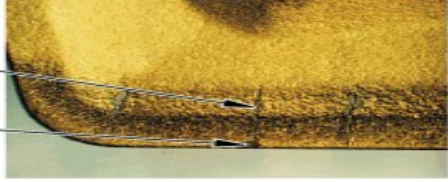
- ✓ **Hartmetall – Schneidplatten**, die meist beschichtet sind, ermöglichen den Einsatz bei nahezu allen Fräsbearbeitungen einschließlich der HSC- und Hartbearbeitung sowie der Trockenbearbeitung
- ✓ Mit Schneidplatten aus **Nitridkeramik** (meist aus Siliciumnitrid) können gehärtete Werkstücke und Grauguss gefräst werden
- ✓ Schneidplatten mit einer Schicht aus **polykristallinem Diamant** (DP) ermöglichen bei der Bearbeitung von Leichtmetallen, Kupfer und Thermoplasten hohe Schnittgeschwindigkeiten und hohe Oberflächengüten
- ✓ Schneidplatten mit einer Schicht aus **Bornitrid** (BN) eignen sich zum Fräsen von gehärteten Stählen und zum Schlichten von Grauguss bei hohen Schnittgeschwindigkeiten

# 1.3.7 Trennen

**Fräser zum Bearbeiten von Aluminium aus DP –  
Schneidplatten (polykristalliner Diamant)**



**Tabelle 1: Werkzeugverschleiß**

Verschleißprobleme		Ursachen
<b>Plattenbruch</b>		zu spröder Schneidstoff, falscher Spanformer, ungünstige Schnittbedingungen
<b>Kantenausbröckelung</b> Ausbrüche an der Freifläche		zu spröder Schneidstoff, zu großer Spanwinkel, Aufbauschneidenbildung
<b>Starker Freiflächenverschleiß</b> Verschleißmarke		zu hohe Schnittgeschwindigkeit, zu kleiner Vorschub, geringe Verschleißfestigkeit
<b>Kerbverschleiß</b> Kerbverschleiß Freiflächenverschleiß		kaltverfestigter Werkstoff, Guss- oder Schmiedehaut, Zunder
<b>Aufbauschneidenbildung</b> Werkstoffaufschweißung		negative Schneidengeometrie, niedrige Schnittgeschwindigkeit, niedriger Vorschub
<b>Kammrisse</b> Ausbröckelung		Wärmewechselbelastung durch unterbrochenen Schnitt, ungleichmäßige Kühl-

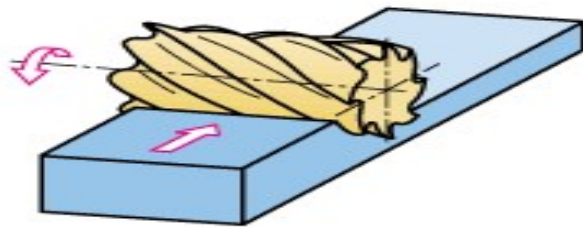
# 1.3.7 Trennen

## Anforderungen an Fräseraufnahmen?

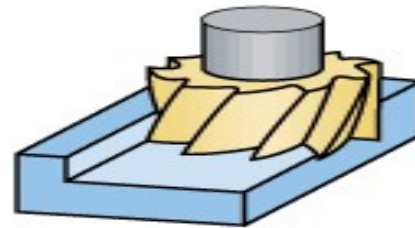
- ✓ Plan- und Rundlaufgenauigkeit
- ✓ Wiederholgenauigkeit beim Werkzeugwechsel
- ✓ Steifigkeit gegen axiale Kräfte und Verdrehung
- ✓ Eignung für hohe Drehzahlen

## Tabelle 1: Fräsverfahren

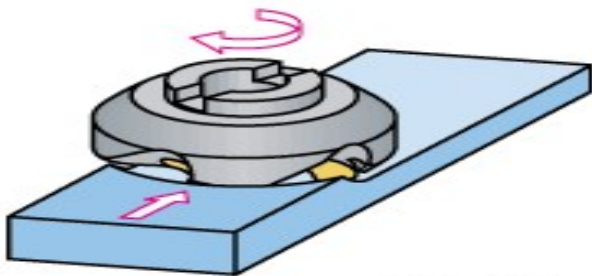
Walzenfräser



Walzenstirnfräser



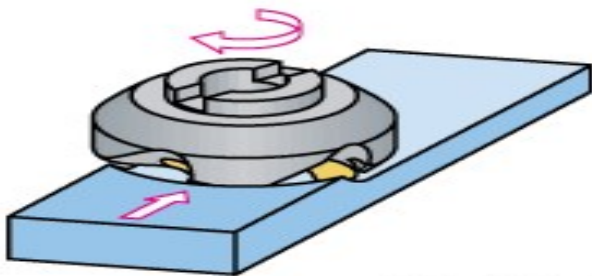
Umfangs-Planfräsen



Eckfräsen

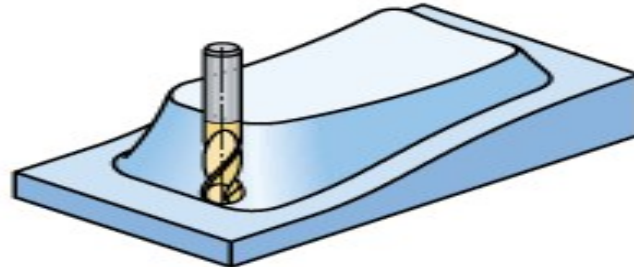
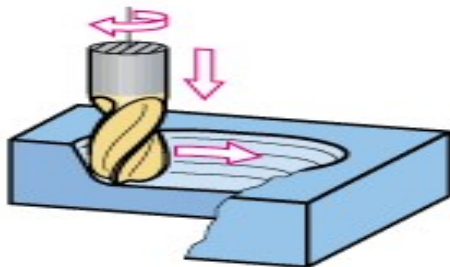


Planfräser mit Wendeschneidplatte



Stirn-Planfräsen

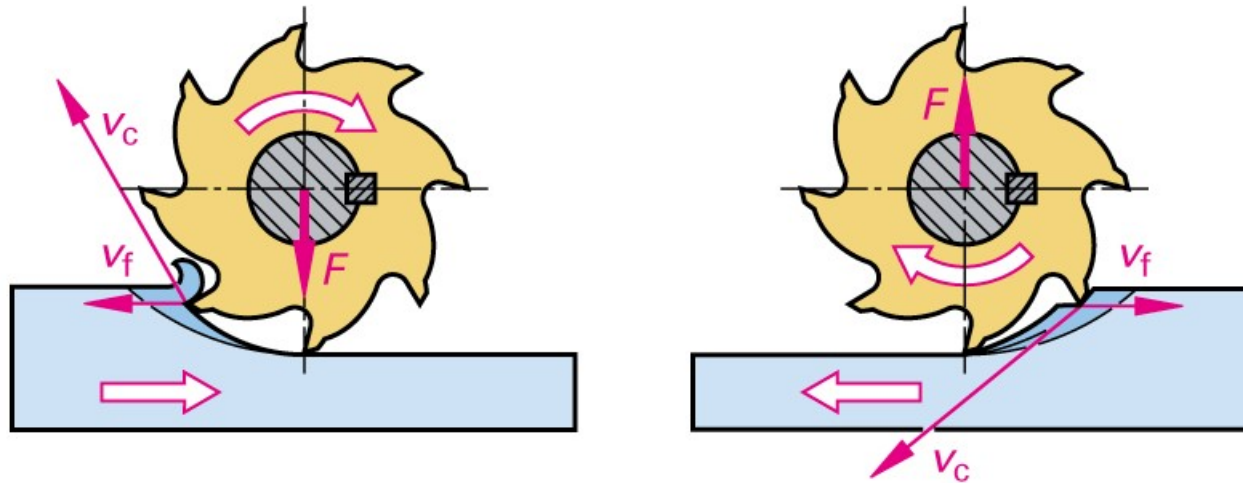
Kopierfräser, Radius- oder Kugelschaftfräser



Formfräsen (Kopierfräsen, Gesenkfräsen)

# 1.3.7 Trennen

## Gegenlaufräsen und Gleichlaufräsen



**Gegenlaufräsen**

**Gleichlaufräsen**

$v_f$  Vorschubgeschwindigkeit – bezogen auf das Werkzeug



# 1.3.7 Trennen

## Gegenlaufräsen und Gleichlaufräsen

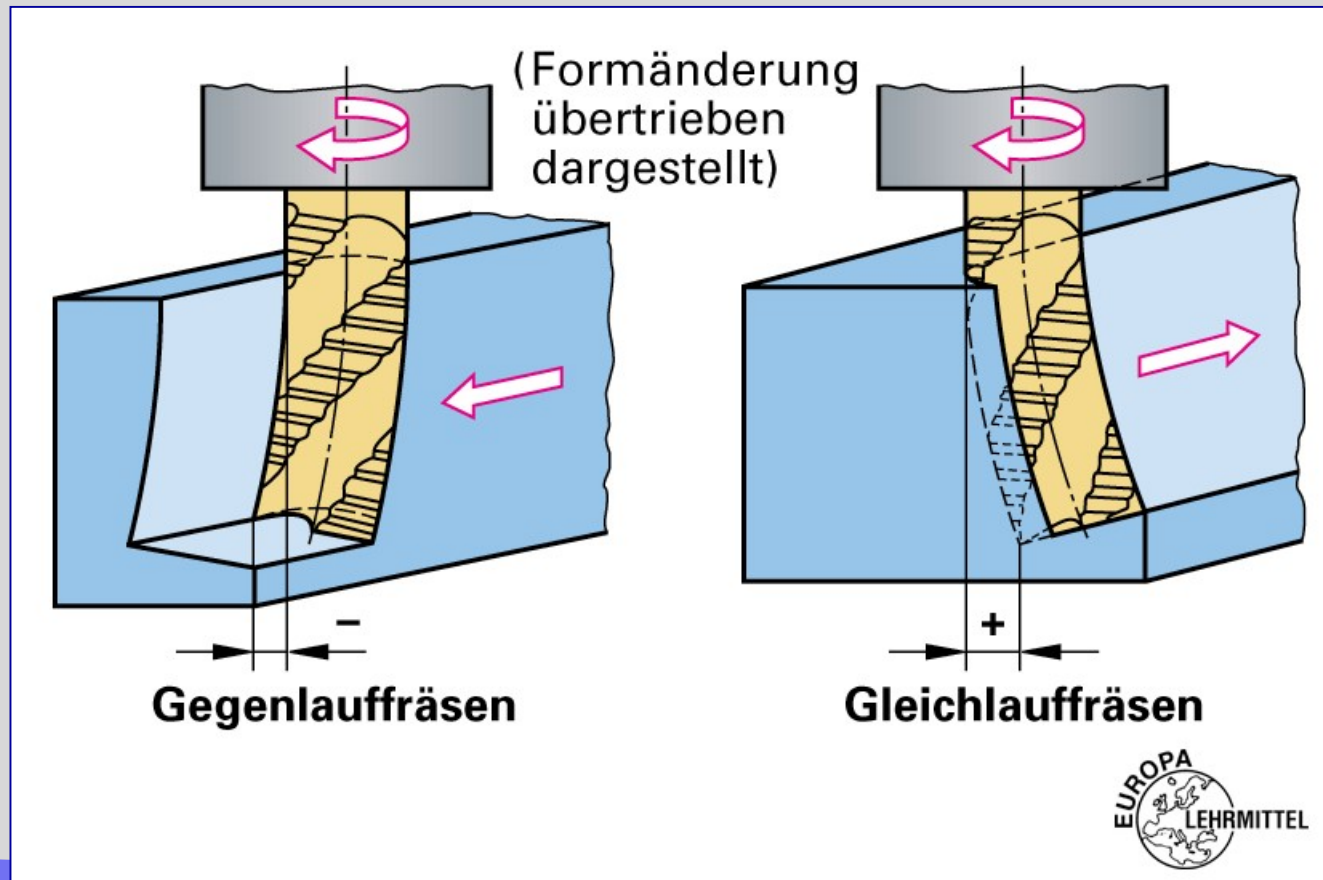


### Merke:

Das Gegenlaufräsen ist nur vorteilhaft, wenn die Werkstücke harte und verschleißend wirkende Randzonen aufweisen.

# 1.3.7 Trennen

## Gegenlaufräsen und Gleichlaufräsen





# 1.3.7 Trennen

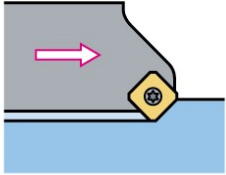
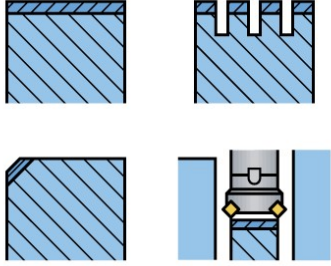
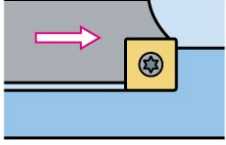
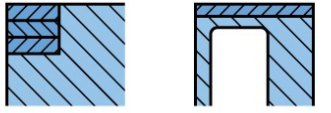
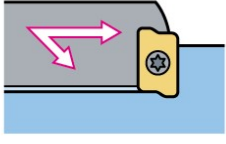
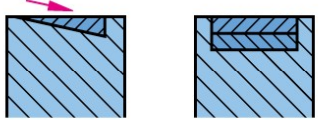
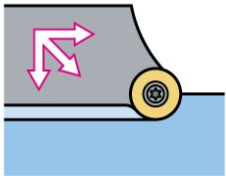
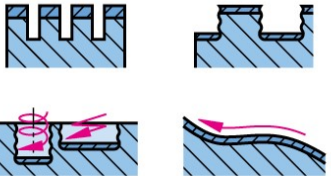
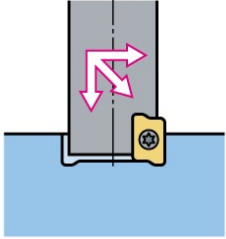
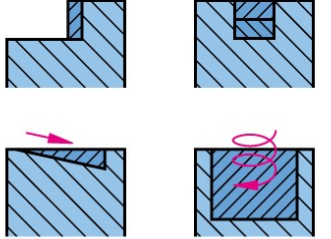
## Gegenlaufräsen und Gleichlaufräsen



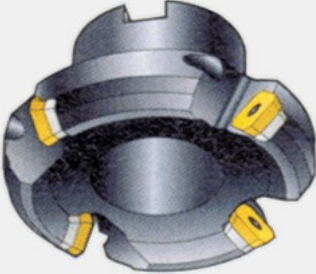
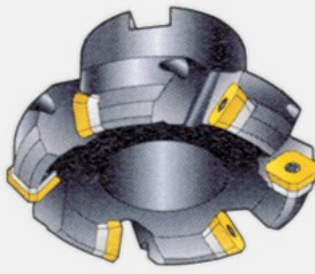
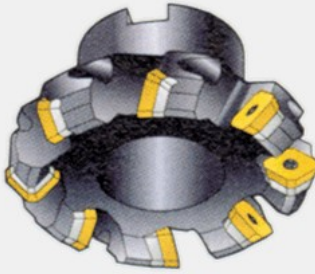
### Merke:

Durch die unterschiedliche Krafrichtung wird der Fräser beim **Gegenlaufräsen** zum Werkstück hingezogen und beim **Gleichlaufräsen** abgedrängt

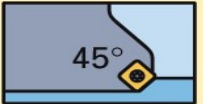
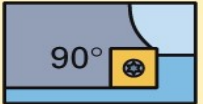
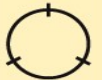

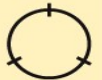






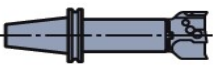

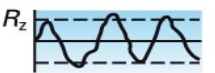
**Tabelle 1: Wahl der Fräserart und der Schneidplatte**

Fräserart	Schneidplatte	Fräsbearbeitungen
Planfräser		
Eckfräser		
Eckfräser (begrenzt bohrfähig)		
Kopierfräser		
Schaftfräser (begrenzt bohrfähig)		

### Tabelle 3: Wahl der Fräserteilung

Bearbeitungsstabilität (Maschine, Werkzeug, Werkstück)		
niedrig (L)	mittel (M)	hoch (H)
		
<p>weite Teilung</p> <p>Wenn kleine Kräfte erforderlich sind, z. B. bei kleinen Maschinen mit begrenzter Stabilität und Antriebsleistung. Bei großer Werkzeugauskragung</p>	<p>mittlere Teilung</p> <p>Bei üblichen Fräsmaschinen und Bearbeitungszentren</p> <p>Erste Wahl bei gemischter Fräsbearbeitung</p>	<p>enge Teilung</p> <p>Bei steifen Maschinen mit hoher Antriebsleistung für höchste Produktivität.</p> <p>Kurzspanende Werkstoffe</p>

**Tabelle 1: Wahl von Plan- und Eckfräsern mit weiter und enger Teilung**

Bearbeitungseinflüsse auf die Fräserwahl	Planfräsen		Eckfräsen	
	 45° Teilung		 90° Teilung	
				
 steifes Werkstück stabile Maschine	●			
 nachgiebiges Werkstück			●	
 dünnwandige Stege		●		
 Eckfräsen				●
 Neigung zu Kanten- ausbrüchen (Guss)		●		
 große Werkzeug- auskragung	●			
 Neigung zu Vibrationen		●		
 $R_z$ bestmögliche Oberfläche	●		●	

**Tabelle 1: Maßnahmen bei Fräsproblemen**

Verschleißprobleme						Allgemeine Probleme				Abhilfe-Maßnahmen	
Plattenbruch	Kantenausbröckelung	Starker Freiflächenverschleiß	Starker Kolkverschleiß	Aufbauschneide	Kammrisse	Rattern, Vibrationen	Schlechte Oberflächen-güte	Ausbröckeln d. Werkstückkanten	Überlastung der Maschine		
	•	 • 		•		•	•			Schnittgeschwindigkeit $v_C$ erhöhen	Schnittwerte
			•	•		•			•	Schnittgeschwindigkeit $v_C$ vermindern	
			•		•	•	•			Vorschub je Zahn $f_Z$ erhöhen	
•	•						•	•	•	Vorschub je Zahn $f_Z$ vermindern	Schneidplatte
								•	•	Schnitttiefe vermindern	
•	•				•					Zähere Schneidplatte wählen	
		•	•				•			Verschleißfestere bzw. beschichtete Sorte wählen	Schnittbedingungen
	•		•	•		•		•	•	Positiveren Spanwinkel wählen	
	•				•					Höhere Schneidkantenstabilität wählen	
						•		•		Einstellwinkel kleiner wählen	Schnittbedingungen
						•	•			Plan- und Rundlauf der Schneiden prüfen	
•						•		•		Fräserposition zum Werkstück ändern	
•	•					•	•			Fräser und Werkstück stabiler spannen	
	•				•					Keinen Kühlschmierstoff verwenden	

## 1.3.7 Trennen

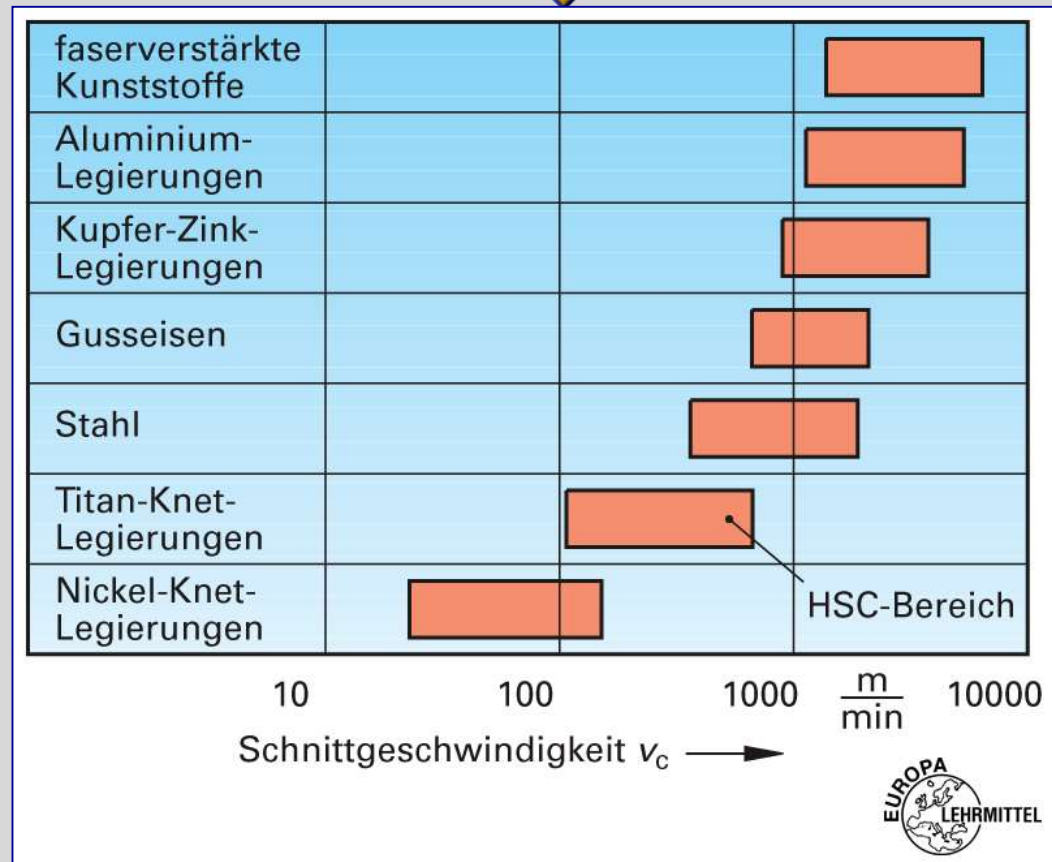
### Hochgeschwindigkeitsfräsen (HSC – Fräsen)

#### Merke:

Typisch für das Hochgeschwindigkeitsfräsen sind hohe Vorschub- und Schnittgeschwindigkeiten. Kurze Fräszeiten bzw. kurze Nebenzeiten sind jedoch nur möglich, wenn die HSC – Fräsmaschine in allen Achsen mit hohen Beschleunigungen arbeitet.

# 1.3.7 Trennen

## Schnittgeschwindigkeitsbereiche für das HSC - Fräsen



## **Tabelle 1: Anwendungsgebiete der Hochgeschwindigkeitsbearbeitung**

Vorteile	Anwendungsgebiete
hohes Zeitspannungsvolumen	Bearbeitung von Formen, Gesenken, Aluminiumteilen und Grafit
hohe Oberflächen-güte	feinmechanische und optische Teile, Spritzgießformen, Schmiedegesenke
niedrige Zerspankräfte	Bearbeitung dünnwandiger Werkstücke
hohe Maß- und Formgenauigkeit	Präzisionsteile
Wärmeableitung durch die Späne	Bearbeitung wärmeempfindlicher Werkstücke (Magnesium)



# 1.3.7 Trennen

**HSC – Fräsen als Alternative zum Erodieren**



Fertigung der Elektrode, Erodieren und Polieren	HSC-Fräsen
17 Stunden	88 min

# 1.3.7 Trennen

## HSC – Fräsen Vergleich zum üblichen Fräsen



Merkmal	übliches Fräsen	HSC-Fräsen
Fräszeit	84 min	39 min
Rautiefe	$Ra = 0,6\mu\text{m}$	$Ra = 0,4\mu\text{m}$

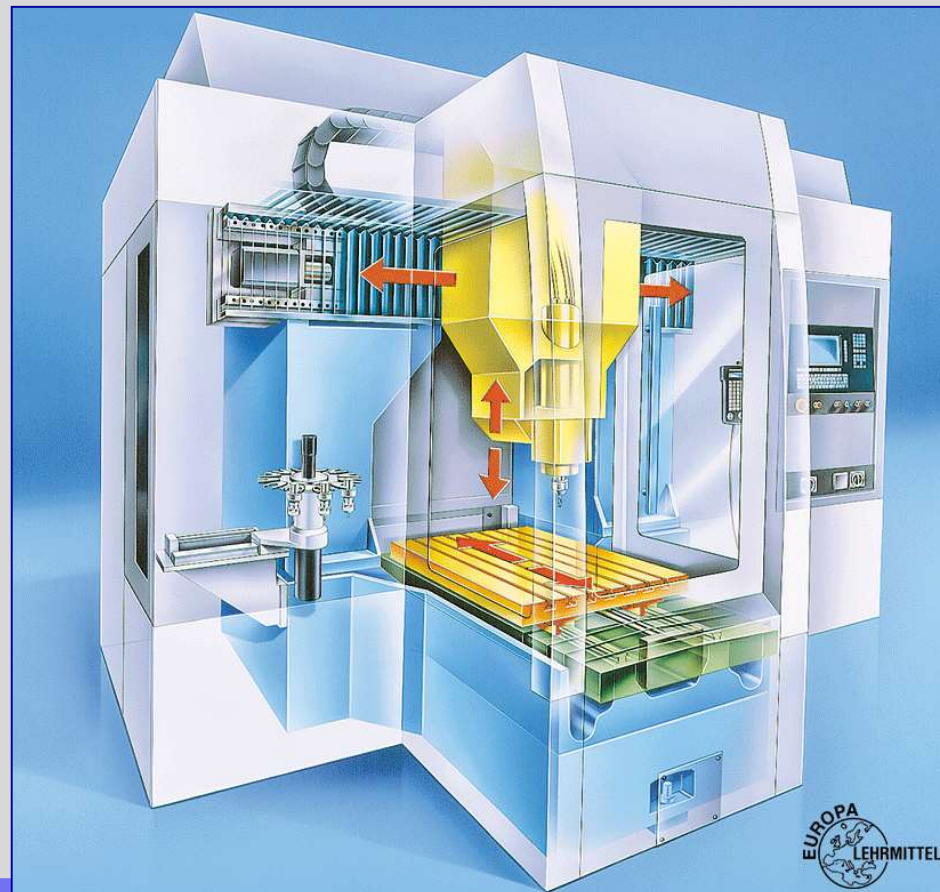
# 1.3.7 Trennen

## HSC – Fräsen im Formenbau



# 1.3.7 Trennen

## HSC – Bearbeitungszentrum



# 1.3.7 Trennen

## Hobeln und Stoßen



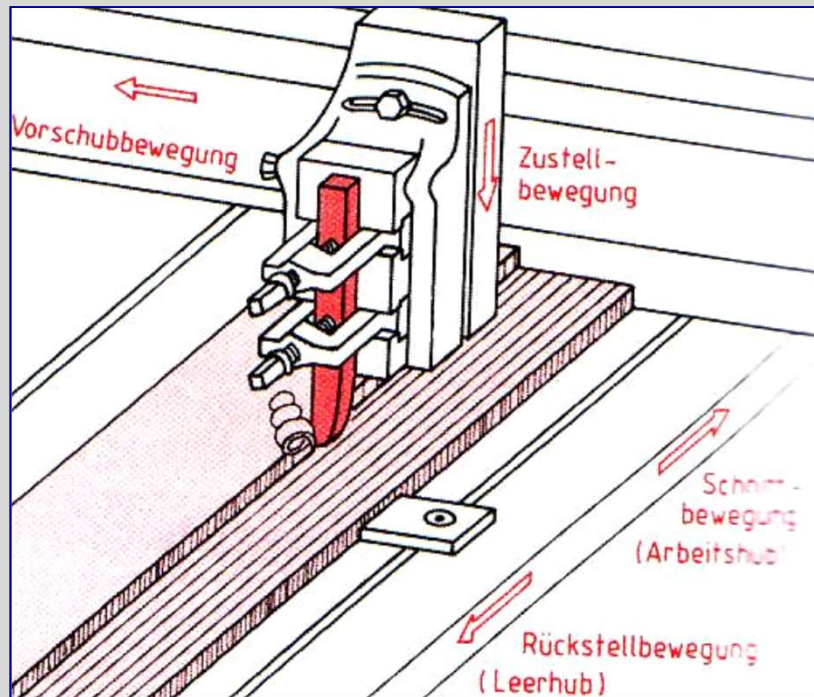
### Merke:

**Hobeln** und **Stoßen** sind spanende Fertigungsverfahren, bei denen die Schnittbewegung geradlinig ausgeführt wird. Im Gegensatz zum Stoßen führt beim Hobeln das Werkstück die Vorschubbewegung aus.

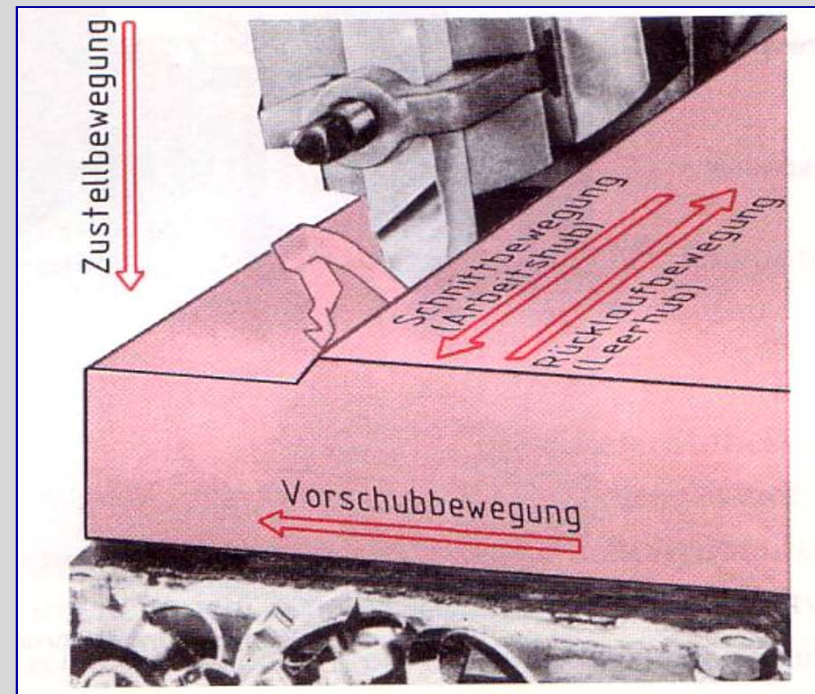
**Die Verfahren finden bei der Herstellung von Nuten Anwendung.**

# 1.3.7 Trennen

## Hobeln und Stoßen



Hobeln



Stoßen

# 1.3.7 Trennen

## Räumen



### Merke:

Das **Räumen** ist ein spanabhebendes Fertigungsverfahren, bei dem der zu zerspanende Werkstoff durch ein mehrschneidiges Werkzeug, der Räumnadel, in einem Hub abgetragen wird. Durch Räumen werden komplizierte Fertigprofile, meist in einem Durchgang, erzeugt.

Räummaschinen gibt es in senkrechter und waagerechter Ausführung mit mechanischem oder hydraulischem Antrieb.

Nach der Lage der zu bearbeitenden Flächen unterscheidet man das **Innen-** und **Außenräumen** (Abbildung 4.1).

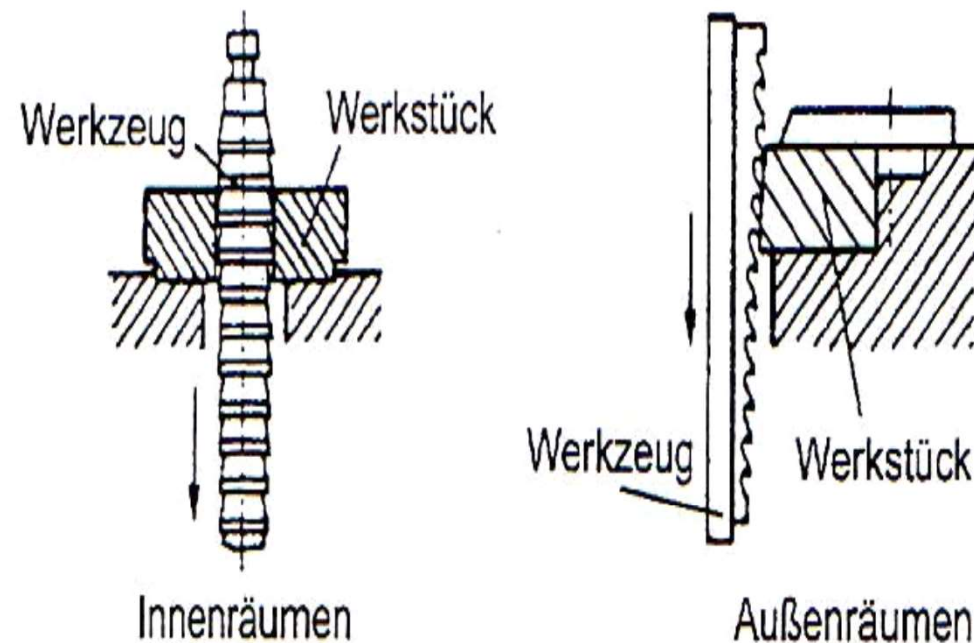


Abbildung 4.1: Innen- und Außenräumen



## Innenräumen

Beim Innenräumen wird die Räumnadel in den bereits vorgearbeiteten Durchbruch eingeführt und hindurchgeschoben. Die im Durchbruch erzeugte Kontur entspricht der Form des Räumwerkzeuges (z. B. Sechskant). Durch Innenräumen werden komplizierte Profile, z. B. Kerbverzahnungen, Nabennuten, Bohrungen von Getriebeteilen u. a. hergestellt (Abbildung 4.2).

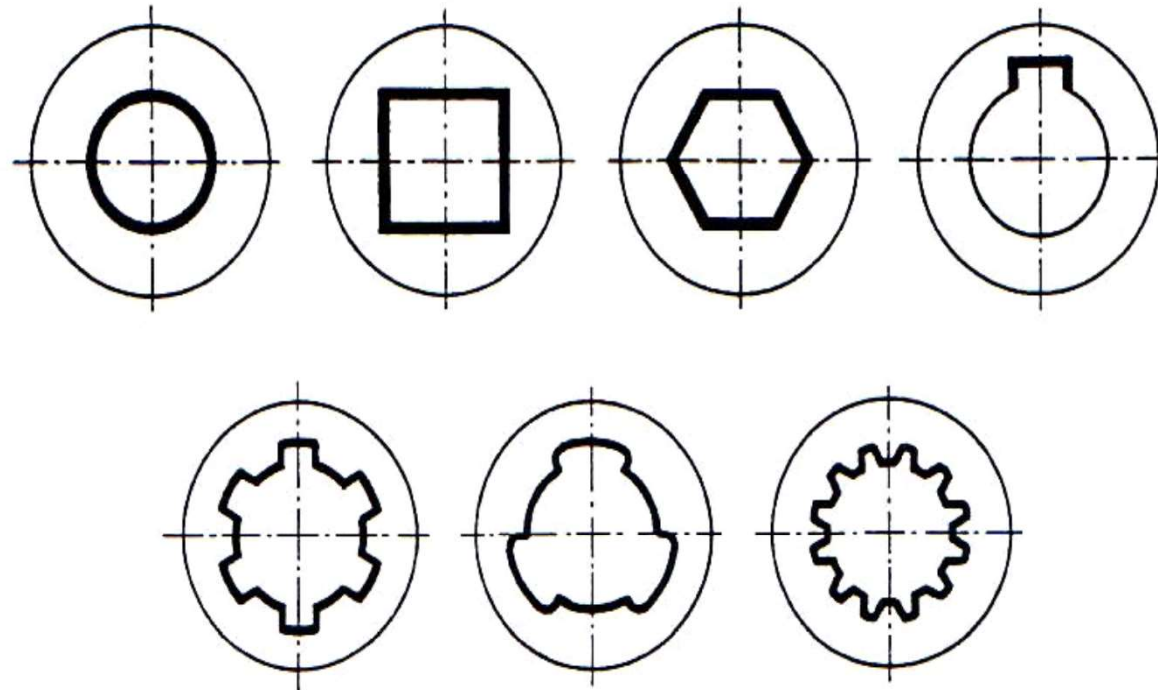


Abbildung 4.2: Profile durch Innenräumen (geräumte Flächen sind „breit“ dargestellt)

## Außenräumen

(Seltene Anwendung)

4.1.3. Schraubenräumen

Das Außenräumen wird vorwiegend zum Erzeugen von Außenprofilen eingesetzt, z. B. Führungsflächen, Führungsnuten, Außenflächen von Bremssatteln für Scheibenbremsen, Außenverzahnung (Abbildung 4.3).

Außenräumen  
ist schneller  
als Fräsen

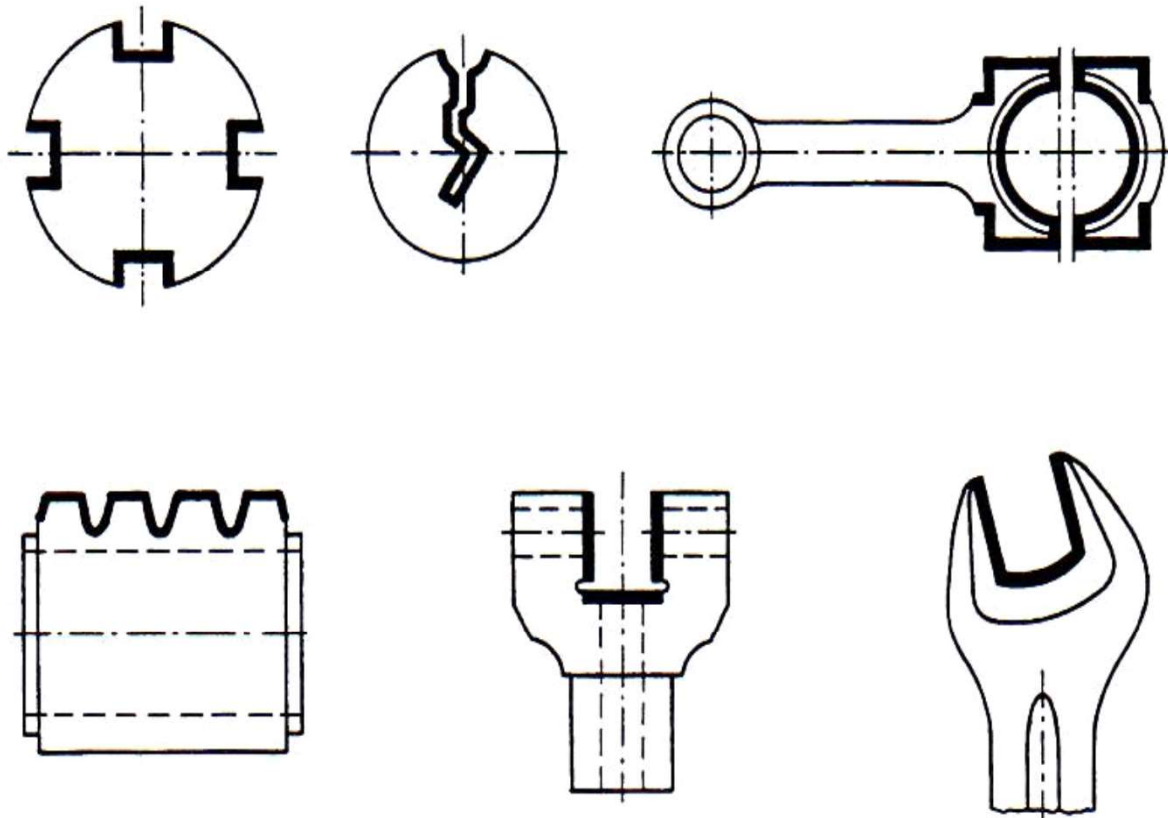


Abbildung 4.3: Profile durch Außenräumen

## Räumwerkzeug (HSS)

Das Räumwerkzeug besteht aus dem Schaft, den Führungsstücken, dem Schneidenteil sowie dem Endstück. Die Werkzeugschneidezähne steigen vom Anfang bis zum Ende entsprechend der Spanstärke stufenförmig an. Der Schneidenteil setzt sich aus **Schrupp-, Schlicht- und Kalibrierzähnen** zusammen (Abbildung 4.3). **Innenräumnadeln** werden normalerweise aus einem Stück gefertigt. Bei größerem Durchmesser ist es wirtschaftlicher, den Zahnungsteil aus mehreren auswechselbaren Räumbuchsen zusammenzusetzen. **Außenräumnadeln** bestehen bei komplizierten Profilen meist aus mehreren Zahnteilungsabschnitten.

Räumnadeln werden bevorzugt aus Schnellarbeitsstahl gefertigt. Bei der Bearbeitung von Grauguss verwendet man in der Regel Hartmetallschneiden, die in den Grundkörper des Werkzeugs eingesetzt sind. Den Aufbau einer Innenräumnadel zeigt Abbildung 4.4.

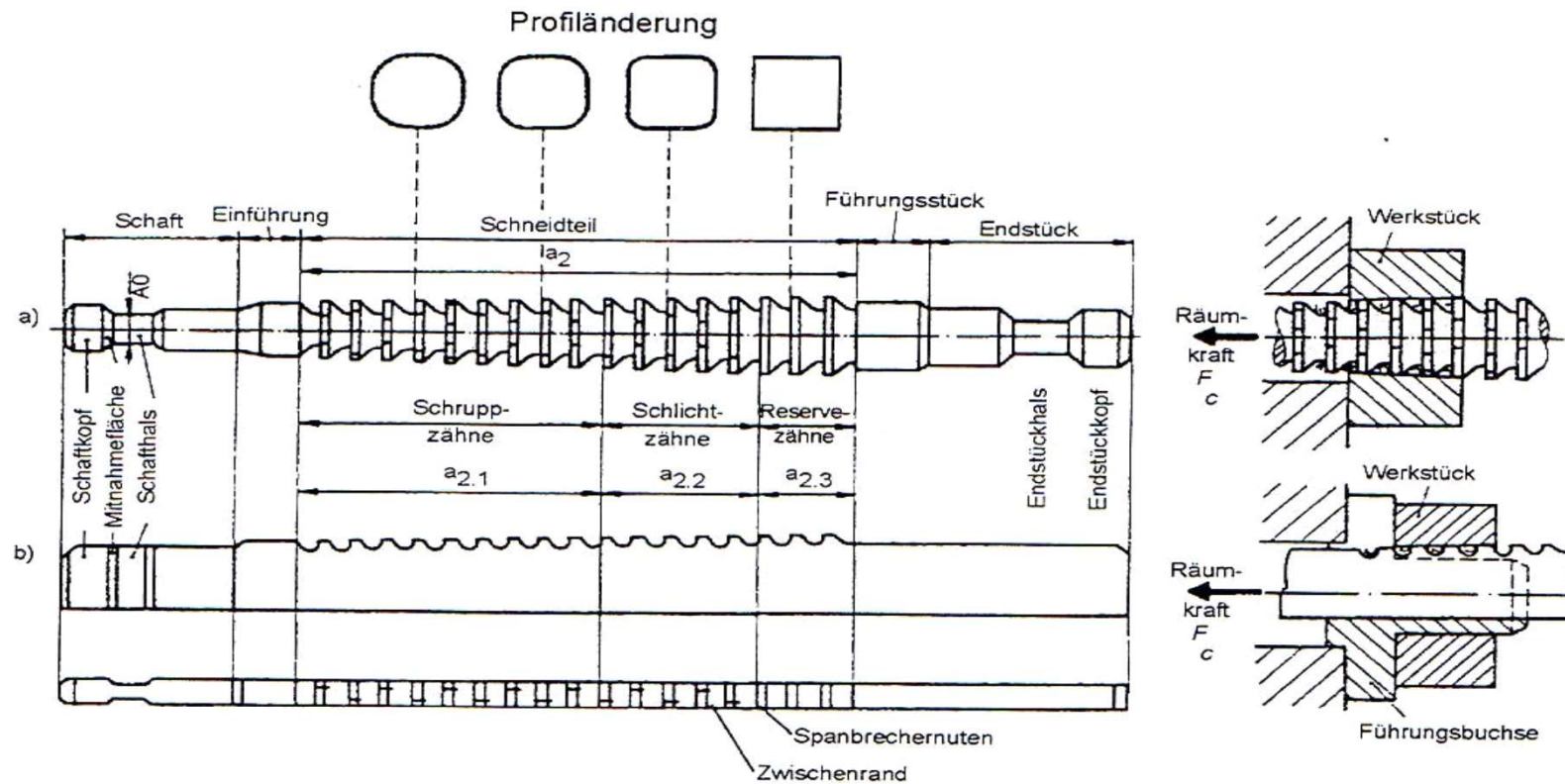


Abbildung 4.4: *Räumnadeln mit festen Zähnen*  
 a) *allseitiges Räumen einer Innenform*  
 b) *einseitiges Räumen einer Nut*

Die letzten Zähne werden grundsätzlich als **Schlicht-** oder **Kalibrierzähne** ausgeführt, so dass eine hohe Maßgenauigkeit und Oberflächengüte erzielt wird. Oft ist es erforderlich, lange Werkstücke, bei denen Innenprofile geräumt werden, mit mehreren Werkzeugen nacheinander zu bearbeiten. Im Gegensatz dazu werden kurze Werkstücke zweckmäßig zu einem Paket zusammengespannt.

Wie bei jedem anderen spanabhebenden Verfahren müssen auch beim Räumen die Winkel an der Werkzeugschneide dem zu zerspanenden Werkstoff angepasst werden. Die Schneidengeometrie der Räumnadeln ist in Abhängigkeit der Zahnteilung in **DIN 1416** festgelegt.

# 1.3.7 Trennen

## Sägen

A yellow arrow with a black outline points downwards from the 'Sägen' box to the text below.

### Merke:

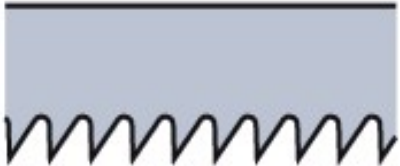


**Sägen** ist ein spanendes Fertigungsverfahren zum Trennen von Stangenmaterial, Rohren oder zum Aussägen von Konturen und zum Einschneiden von Schlitzern.

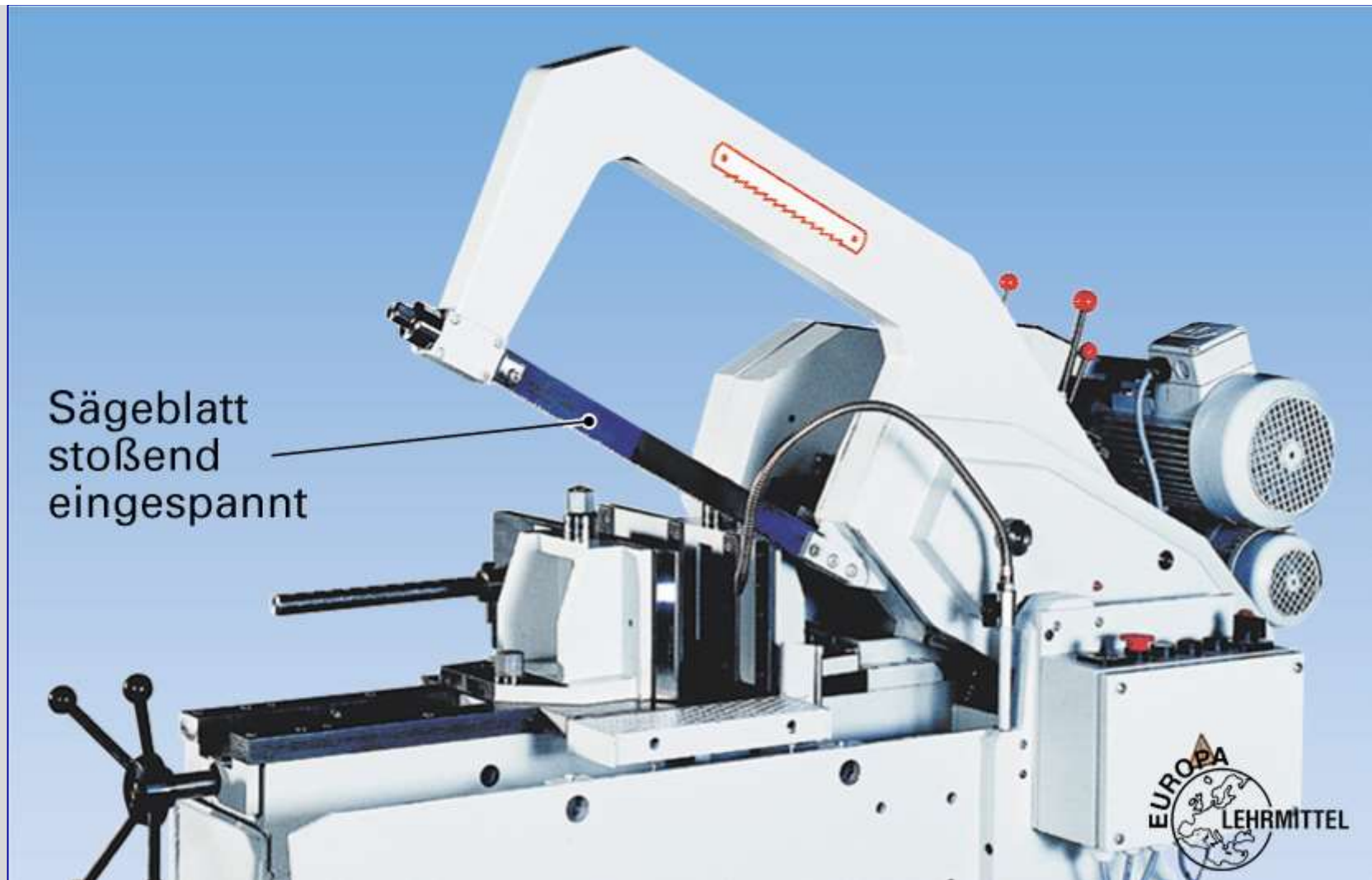
# 1.3.7 Trennen

## Arbeitsregeln beim Sägen

- Die Zähne des Sägeblattes müssen in Vorschubrichtung zeigen
- Sägeblätter mit großer Zahnteilung werden zum Sägen von weichen Werkstoffen und bei großen Eingriffslängen eingesetzt
- Sägeblätter mit feiner Zahnteilung werden zum Sägen von Werkstoffen mit höherer Festigkeit und bei dünnwandigen Werkstücken verwendet

# Tabelle 1: Zahnteilung zum Sägen von verschiedenen Werkstoffen

Zahnteilung	Werkstoffe
 <p>16 Zähne je Inch ≙ grob</p>	Aluminium, Kupfer, Kunststoffe
 <p>22 Zähne je Inch ≙ mittel</p>	unlegierte Baustähle, CuZn-Legierungen
 <p>32 Zähne je Inch ≙ fein</p>	Legierte Stähle, Stahlguss



Bügel sägemaschine





Bandsägemaschine

# 1.3.7 Trennen

## Spanen mit geometrisch unbestimmten Schneiden



- Nach DIN 8589 ist ein Spanen mit **geometrisch unbestimmten Schneiden** ein Verfahren, bei dem ein Werkzeug verwendet wird, dessen Schneidenzahl, Geometrie und Schneidkeile und die Lage der Schneiden zum Werkstück unbestimmt sind

# 1.3.7 Trennen

## Schleifen



- Schleifen ist ein Fertigungsverfahren für Teile mit eng tolerierten Maßen, die durch Drehen oder Fräsen nicht herstellbar sind

# 1.3.7 Trennen

## Schleifbeispiele



# 1.3.7 Trennen

**Die Vorzüge des Schleifens sind?**



- Gute Bearbeitbarkeit harter Werkstoffe
- Hohe Maß- und Formgenauigkeit IT 5 bis 6 (TBB. S101)
- Rauheit liegt bei Rz 1 bis 3 (TBB.S101)

# 1.3.7 Trennen

## Schleifmittelarten



**Tabelle 1: Schleifmittelarten**


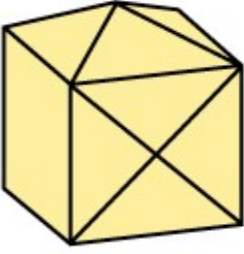
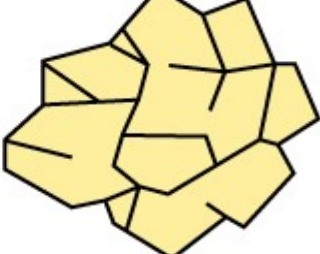
Zeichen	Schleifmittel	Knoop-härte* N/mm <sup>2</sup>	Wärme- beständig- keit bis	Einsatzgebiete
A	Normalkorund Halbedelkorund (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	16 350... 20 800	2 000 °C	mittelzähe bis harte Werkstoffe unter 60 HRC (R <sub>m</sub> < 500 N/mm <sup>2</sup> ) wie ungehärteter Stahl, Temperguss
	Edelkorund (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	21 000		zähnharte Stähle über 60 HRC, wie Werkzeugstahl; Schleifen und Polieren von Glas
C	Siliciumcarbid (SiC)	24 800	1 370 °C	Planschleifen von HM, GG, Keramik, NE-Metalle; Abrichten von Schleifscheiben, Schleifen von Hand
B	Bornitrid (BN)	47 000	1 200 °C	Präzisionsschleifen von zähnharten Stählen, wie HSS-Stahl, Warm- und Kaltarbeitsstahl
D	Diamant (C)	70 000	800 °C	Präzisionsschleifen von zähnharten und spröden Werk- stoffen, wie HM, GG, Glas, Keramik, Nickellegierungen

\* Nach Knoop wird die Eindringtiefe mit einer Diamantpyramide mit den Öffnungswinkeln 172,5° und 130° gemessen.

# 1.3.7 Trennen

## Kornarten



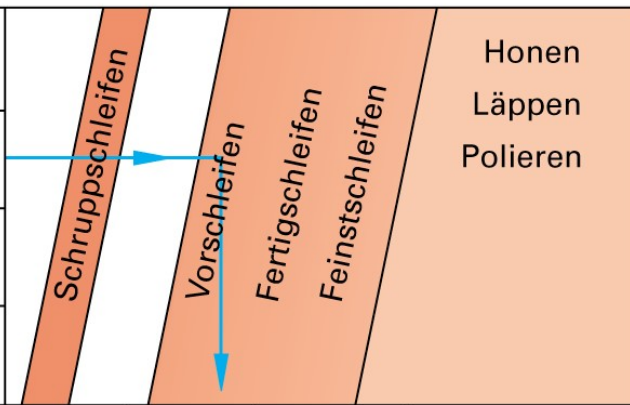
spitzes Korn	blockiges Korn	
		
	monokristallin	polykristallin
z.B. Korund, Siliciumcarbid	z.B. Bornitrid, Diamant	z.B. Bornitrid, Diamant



# 1.3.7 Trennen

## Einsatz der Körnungen

**Tabelle 1: Einsatz der Körnungen**

Werkzeugstahl, gehärtet		Honen		
Werkzeugstahl, ungehärtet		Läppen		
GS, GTW, GTS, GG		Polieren		
Baustahl				
Rautiefe $R_z$ in $\mu\text{m}$	20...8	8...1,5	1,5...0,3	0,3...0,2
Körnung	8...24	30...60	70...220	230...1200
Korngröße in mm	4...1	1...0,3	0,3...0,08	0,08...0,003
Bezeichnung	grob	mittel	fein	sehr fein
	Makrokörnung		Mikrokörnung	



# 1.3.7 Trennen

## Einsatz der Körnungen



### ➤ **Merke:**

Die Körnung muss umso feiner sein, je kleiner die geforderte Rautiefe und je scharfkantiger die Schleifprofile werden sollen

# 1.3.7 Trennen

## Härte von Schleifkörpern

**Tabelle 1: Härte von Schleifkörpern**

Härtegrad	Bezeichnung	Einsatzgebiete
A, B, C, D E, F, G	äußerst weich sehr weich	Tiefschleifen und Seitenschleifen harter Werkstoffe
H, I, J, K L, M, N, O	weich mittel	herkömmliches Metallschleifen
P, Q, R, S T, U, V, W X, Y, Z	hart sehr hart äußerst hart	Außen- Rundschleifen, weiche Werkstoffe

# 1.3.7 Trennen

## Härte von Schleifkörpern

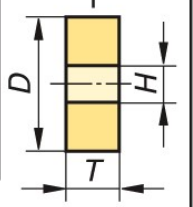


### ➤ Arbeitsregeln

**Für harte Werkstoffe wählt man weiche  
und für weiche Werkstoffe harte  
Schleifscheiben**

# 1.3.7 Trennen

## Bezeichnung der Schleifkörper

Schema:	Bezeichnung	Form	Nennmaß	Werkstoff
Beispiel:	<b>Schleifscheibe ISO 603-1 - 1 - 450 x 80 x 127 - A60K8V - 40 m/s</b>			
	Form 1: gerade Schleifscheibe			<ul style="list-style-type: none"> <li>Arbeitshöchstgeschwindigkeit 40 m/s</li> <li>Bindung V: keramisch</li> <li>Gefüge 8: mittel</li> <li>Härtegrad K: weich</li> <li>Körnung (60 Maschen/inch)</li> <li>Schleifmittel A: Korund</li> </ul>
	Außendurchmesser $D = 450$ mm			
	Breite $T = 80$ mm			
	Bohrungsdurchmesser $H = 127$ mm			



Siehe TBB.S309

# 1.3.7 Trennen

## Sicherheitsregeln beim Schleifen



- Eine **Klangprobe** ist vor jedem Aufspannen einer keramischen Scheibe durchzuführen. Dabei werden kleine Schleifscheiben in der zentralen Bohrung mit dem Finger oder einem Dorn gehalten und an mehreren Stellen mit einem nichtmetallischen Gegenstand leicht angeklopft. **Rissfreie Scheiben ergeben einen klaren Klang.**
- Die Schleifscheiben müssen sich ohne Gewalt auf die Spindel schieben lassen.
- **Schleifkörper** müssen nach dem Aufspannen einen Probelauf von mindestens 5min im Leerlauf bei der höchstzulässigen Drehzahl im abgesicherten Gefahrenbereich bestehen.
- Beim **Schleifen** muss eine Schutzbrille getragen werden

# 1.3.7 Trennen

## Zulässige Arbeitsgeschwindigkeit

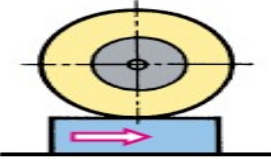
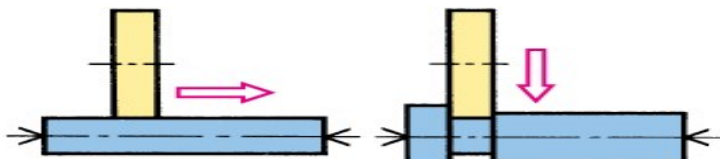
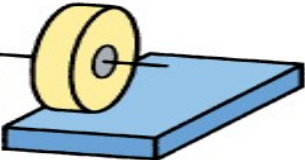


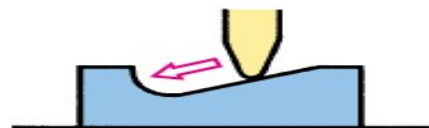


**Tabelle 2: Zulässige erhöhte Arbeitsgeschwindigkeiten**

Farbstreifen	blau	gelb	rot	grün
$v_{szul}$ in m/s	50	63	80	100



**Tabelle 1: Einteilung der Schleifverfahren**

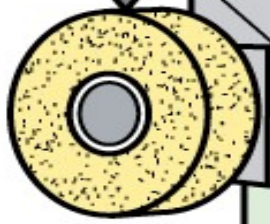
Merkmale		Schleifverfahren	
Vorschubrichtung		 Längsschleifen	 Querschleifen
Wirkfläche des Schleifkörpers		 Umfangsschleifen	 Seitenschleifen
zu erzeugende Fläche	Lage	Außenschleifen, Innenschleifen	
	Art	Planschleifen, Rundschleifen	
		 Profilschleifen	 Formschleifen
Schnittgeschwindigkeit		herkömmliches Schleifen, Hochgeschwindigkeitsschleifen	
Zustellung		Pendelschleifen, Tiefschleifen	
Rauigkeit		Vor-, Fertig-, Feinstschleifen	

**Tabelle 2: Richtwerte zum Schleifen von Stahl und Gusseisen mit Korund oder Siliciumcarbid**

Schleifverfahren	Aufmaß in mm	Zustellung $a$ in mm	$Rz$ in $\mu\text{m}$	Körnung	$v_s$ m/s	$v_f$ m/min
Vorschleifen	0,5...0,2	0,1...0,02	10...3	30... 46	20...35	20...30
Fertigschleifen	0,1...0,02	0,05...0,005	5...1	46... 80		
Feinstschleifen	0,02...0,005	0,008...0,002	1,6...0,3	80... 120		



Schleifspindelstock  
mit Abricht-  
einrichtung



Längstisch



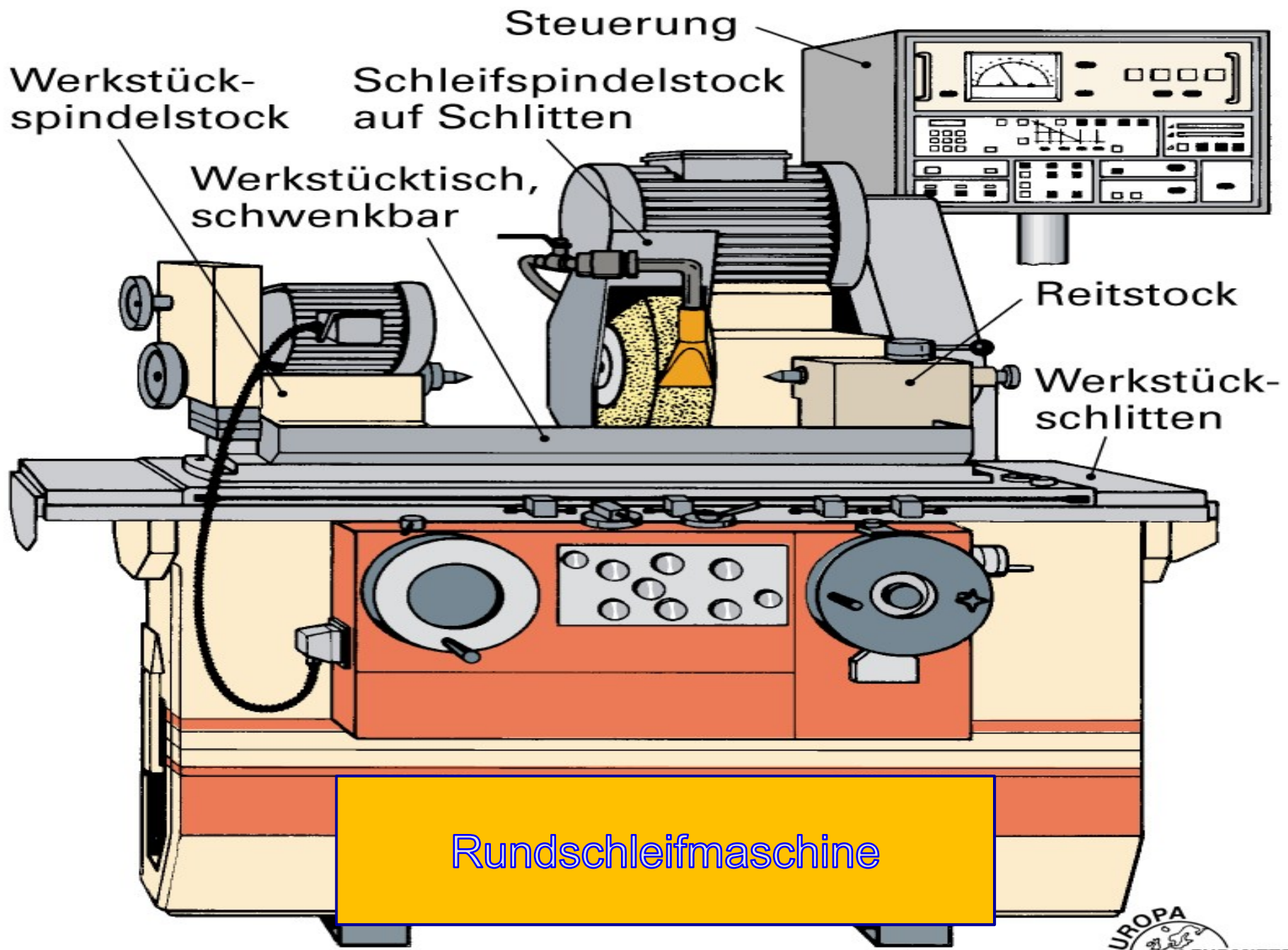
Kreuz-  
tisch  
(Support)

Maschinenbett

Führungs-  
ständer

Flachschleifmaschine





## 1.3.7 Trennen

### Abtragen



- Das **Abtragen** ist ein Fertigungsverfahren, das bei metallischen Werkstücken zur Oberflächenbehandlung, zum Trennen oder Formen dient. Nach **DIN 8580** ist Abtragen ein Abtrennen von Stoffteilchen auf nicht mechanischem Wege und gehört zu den **physikalisch-chemischen Trennverfahren**

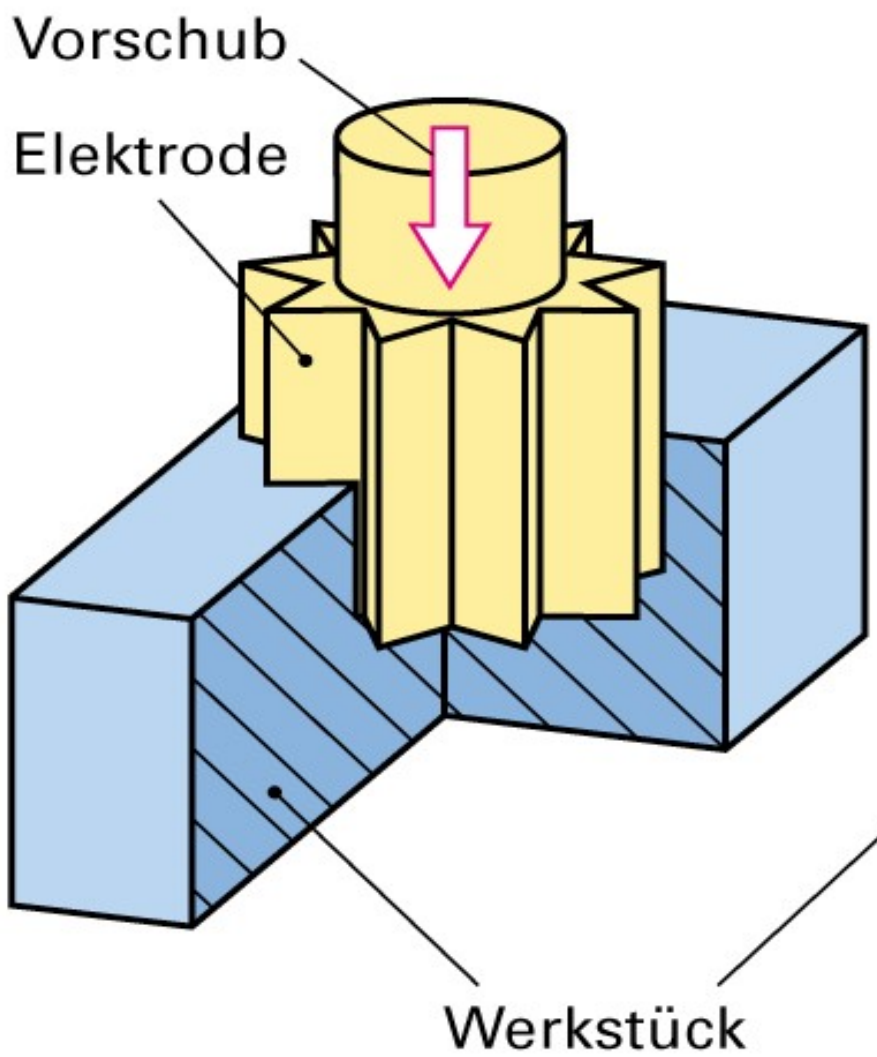
# 1.3.7 Trennen

## Funkenerosives Abtragen

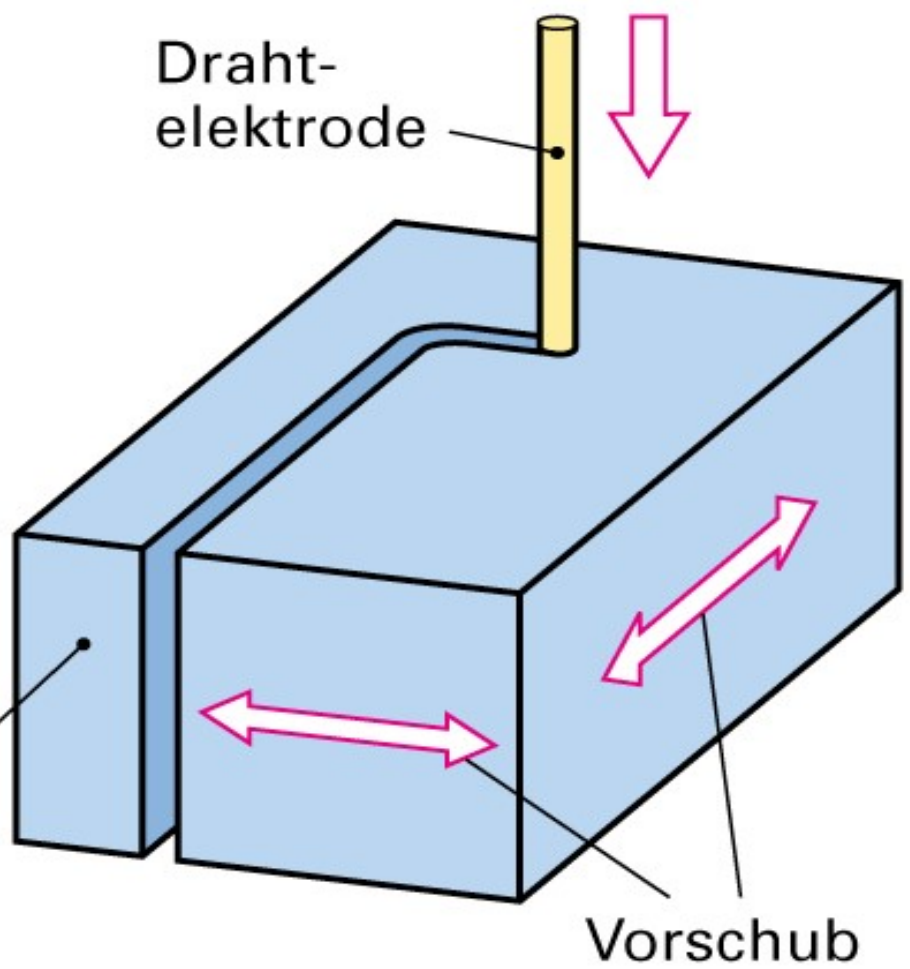


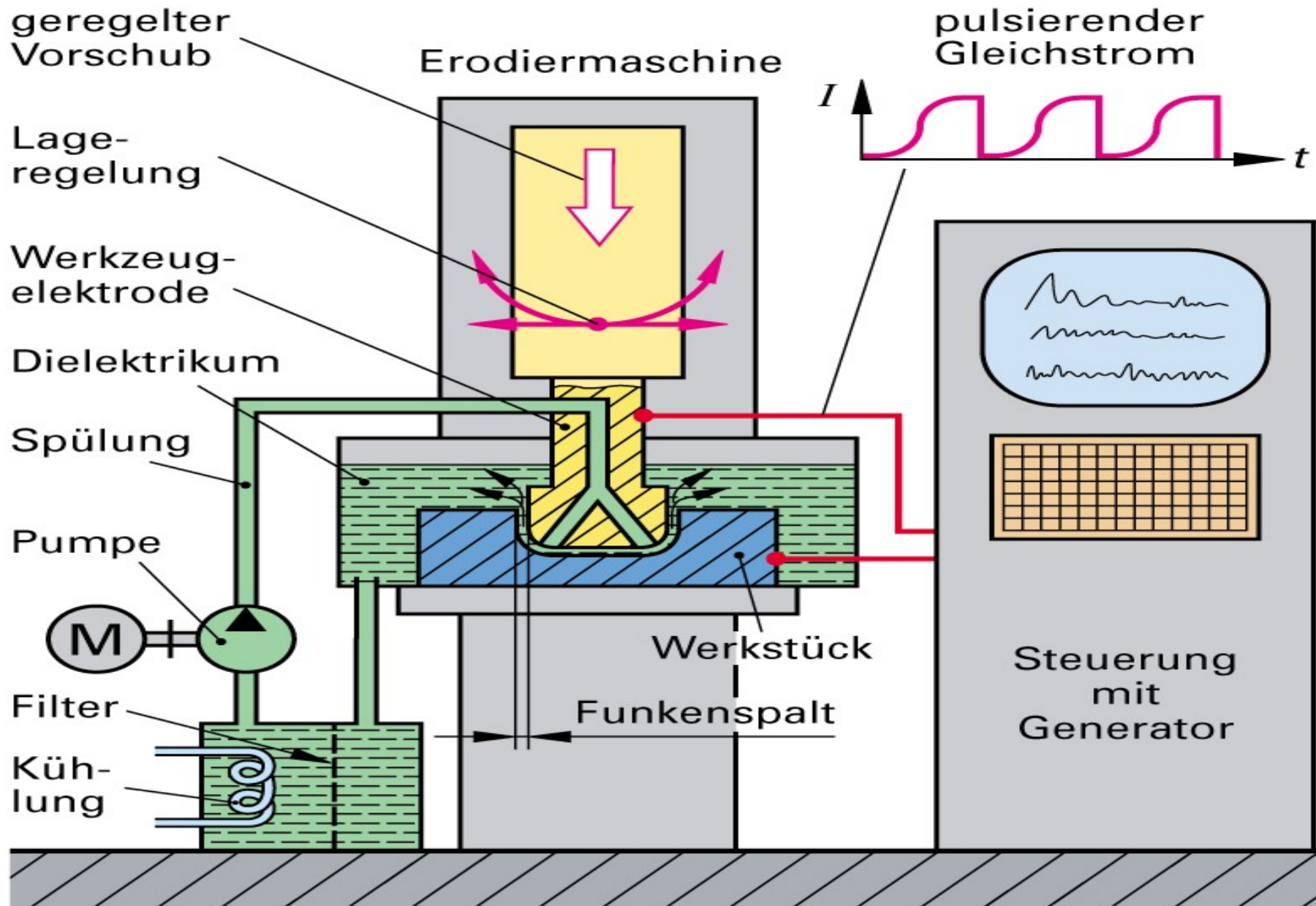
- **Merke**  
**Durch funkenerosives Abtragen**  
**können alle metallischen Werkstoffe**  
**bearbeitet werden**

## funkenerosives Senken

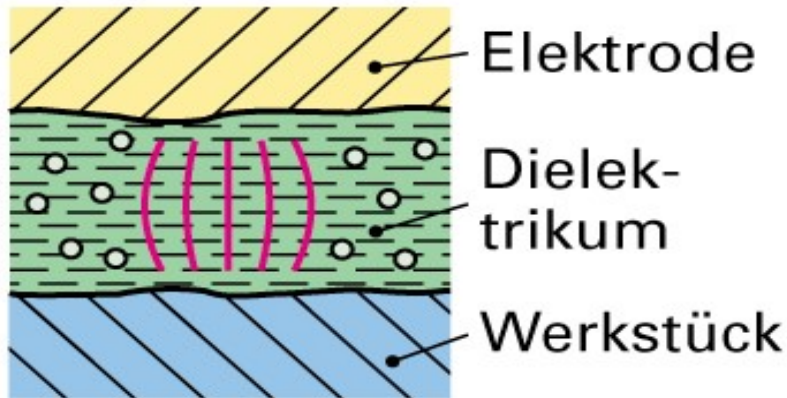


## funkenerosives Schneiden

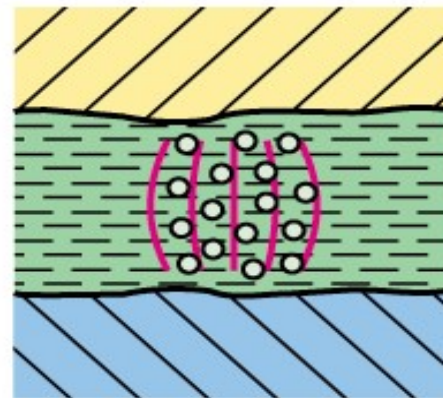




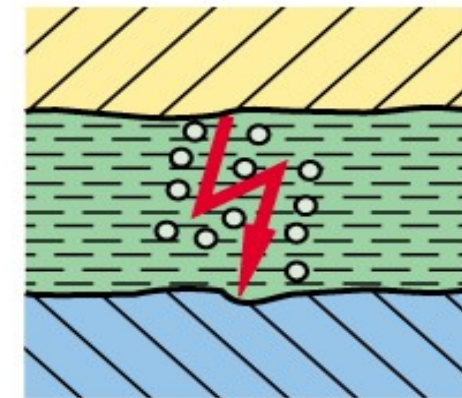
Aufbau einer Senkerodieranlage



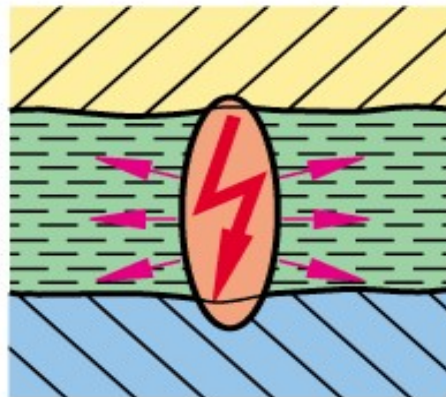
① elektrisches Feld



② Ionenkonzentration

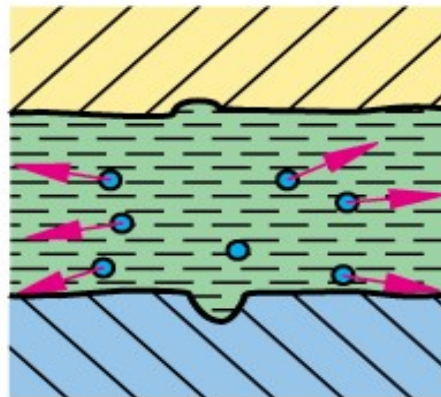


③ Funkenbildung

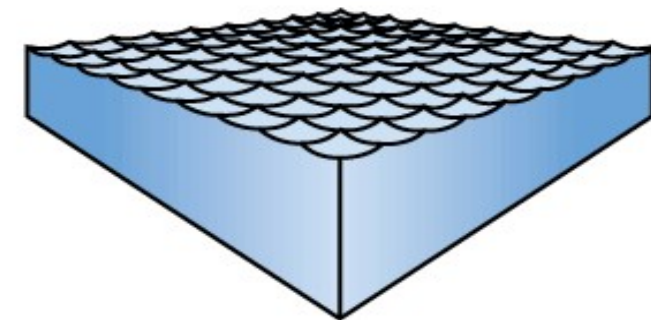


④ Entladungskanal

↑  
Temperaturen bis  
12000 Grad C



⑤ Abtragung

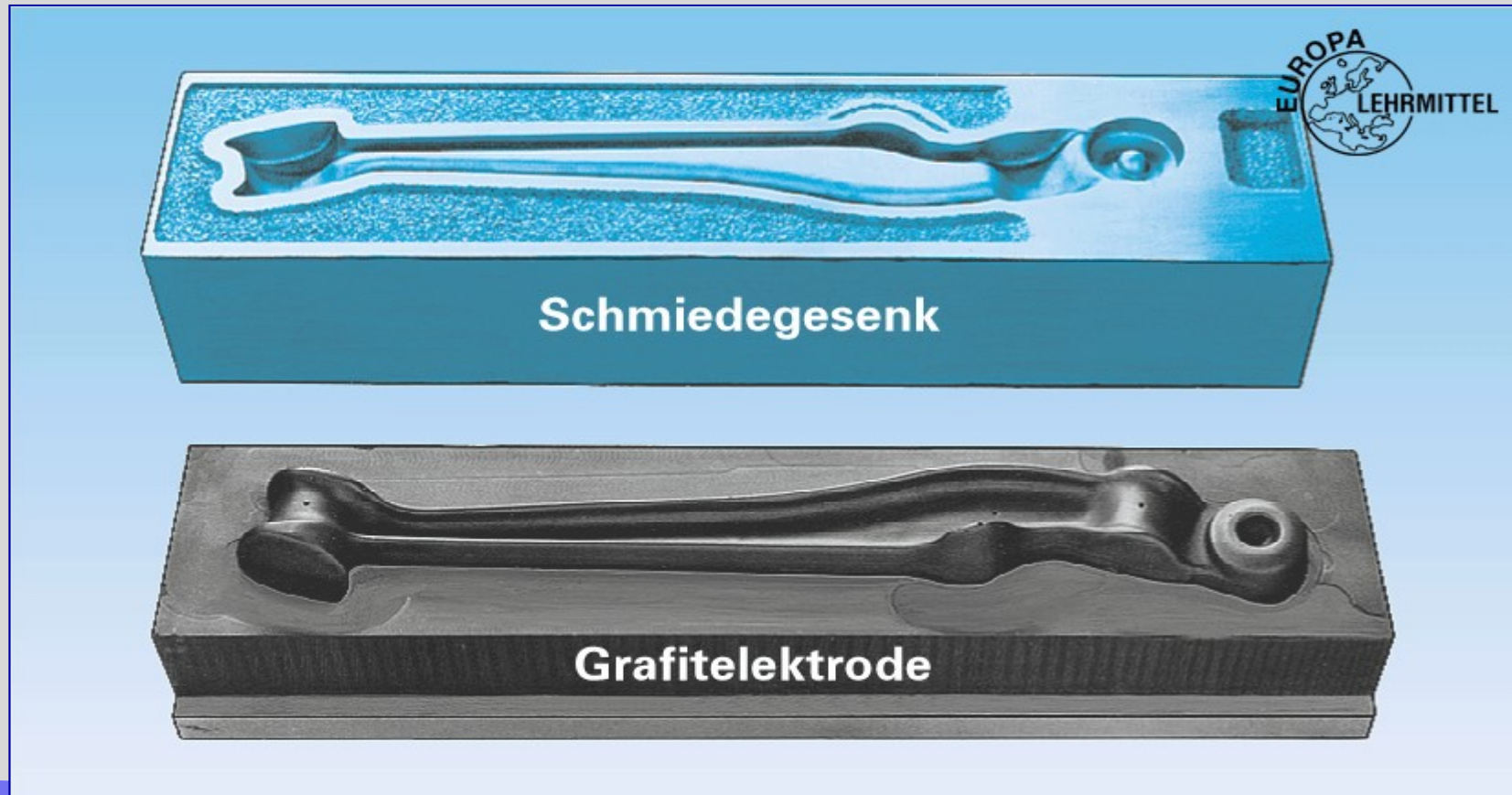


⑥ erodierte Oberfläche

Abtragvorgang

# 1.3.7 Trennen

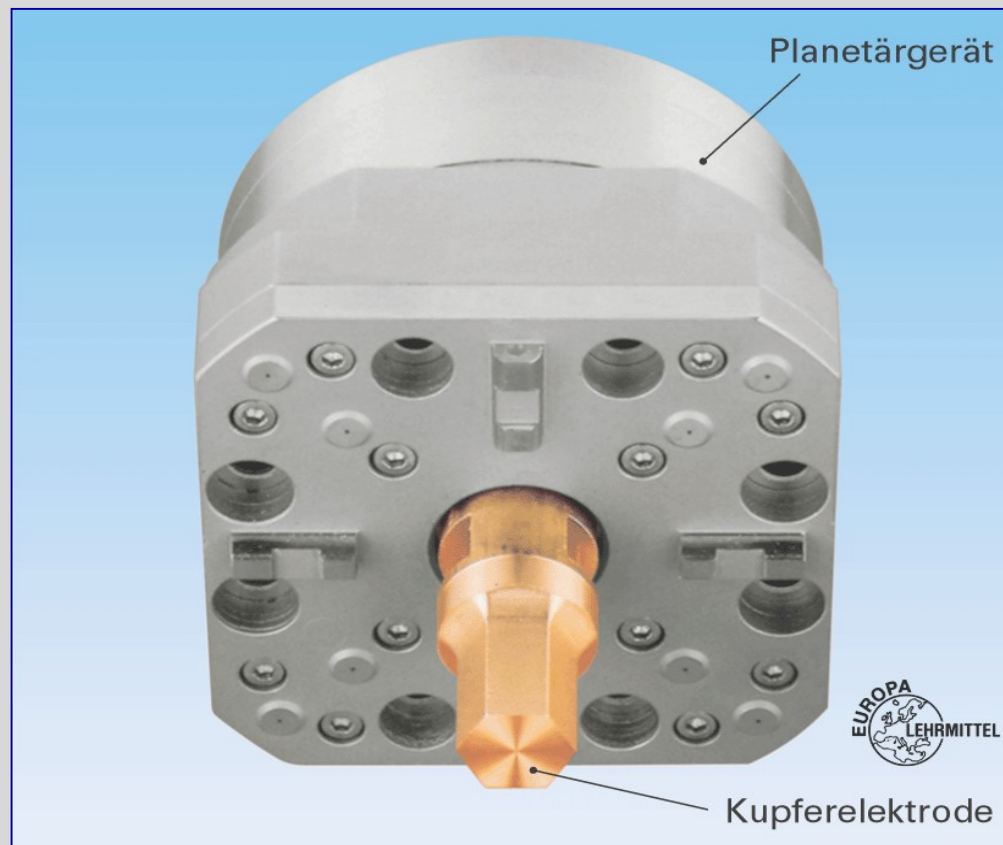
**Grafitelektrode**





# 1.3.7 Trennen

**Kupferelektrode**



# 1.3.7 Trennen

## Funkenerosives Schneiden (Drahterodieren)

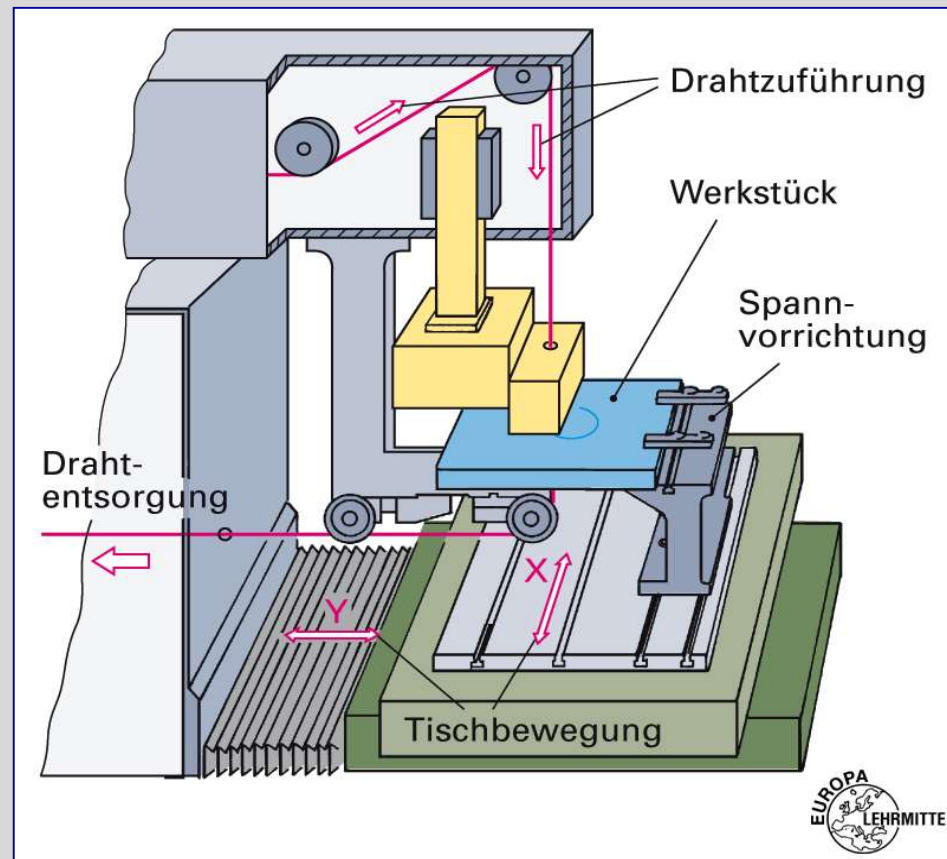


### ➤ **Merke**

Beim **Drahterodieren** dient ein ablaufender Messingdraht als Werkzeugelektrode. Der Abtrag am Werkstück erfolgt wie beim Senkerodieren durch elektrische Entladung zwischen Draht und Werkstück

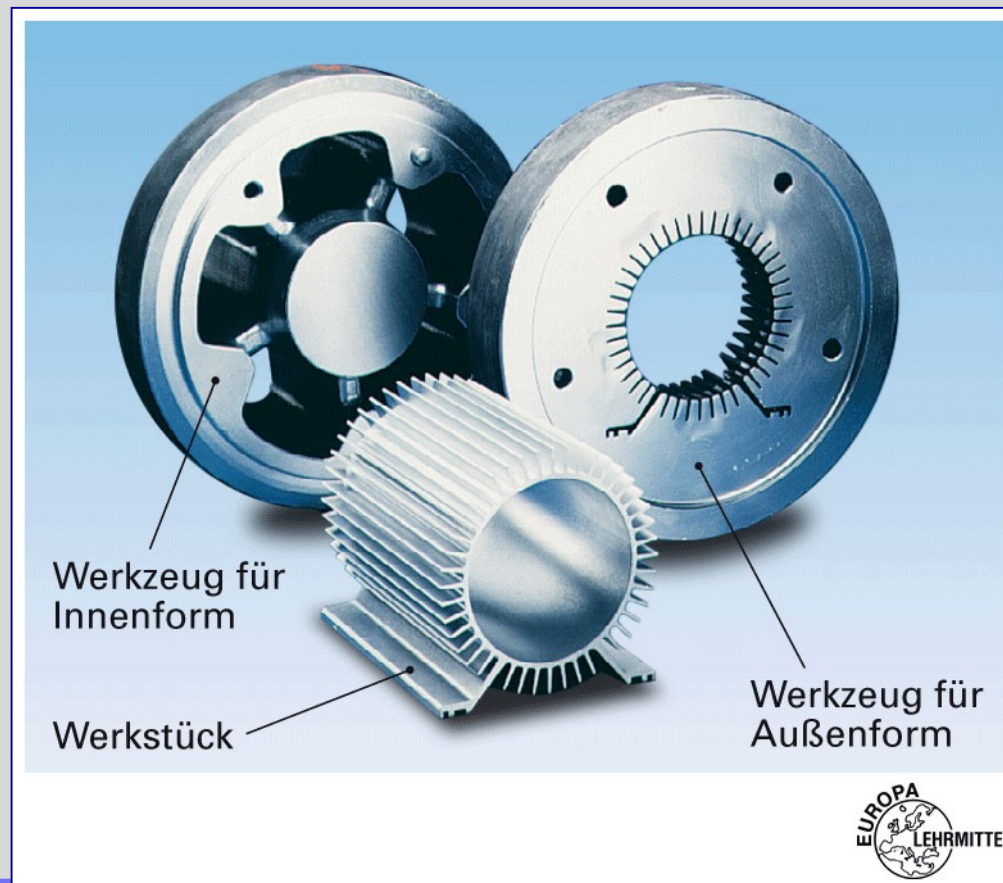
# 1.3.7 Trennen

## Drahterodiermaschine



# 1.3.7 Trennen

Hergestellte Teile durch Drahterodieren



## 1.3.7 Trennen

### Vorteile des funkenerosiven Senken und Schneiden

- Senkungen, Durchbrüche und Gewinde in gehärteten Stählen und Hartmetall herstellbar
- Herstellung auch sehr schwieriger Innenformen mit sehr kleinen Eckenradien und hoher Maß- und Formgenauigkeit möglich
- Gleichmäßige und hohe Oberflächengüte der erzeugten Flächen

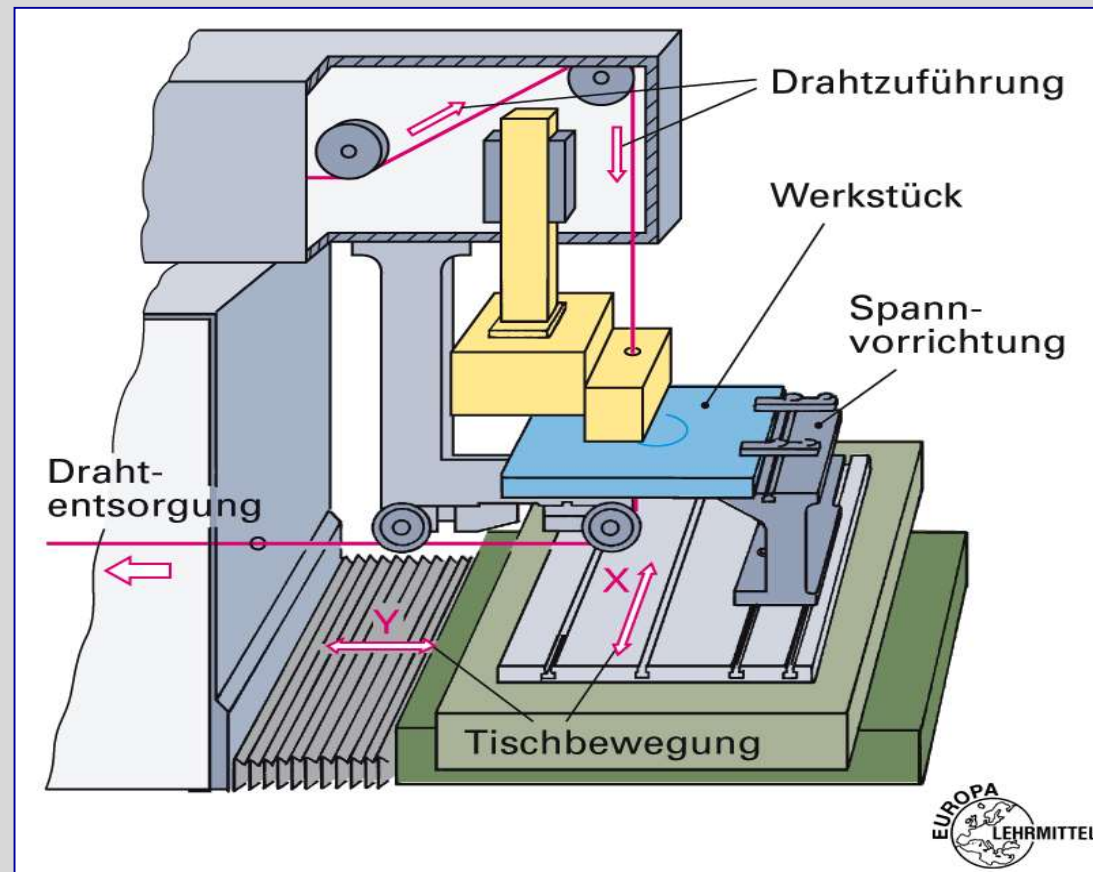
## 1.3.7 Trennen

### Nachteile des funkenerosiven Senken und Schneiden

- Geringe Abtragsleistung beim Fertigerodieren
  - Maß- und Formabweichungen durch Elektrodenverschleiß
  - Hohe Maschinenkosten
- Gefügeänderungen in der Randschicht durch hohe Temperaturen während des Erodierens

# 1.3.7 Trennen

## Drahterodiermaschine



### **- Abtragen mit Laserstrahlen**

Das Abtragen mit Laserstrahlen erfolgt meist mit einem CO<sub>2</sub>-Laser und Lasergas. Das Lasergas ist ein Gemisch aus Kohlendioxid, Helium und Stickstoff (CO<sub>2</sub>-He-N<sub>2</sub>) und wird zur elektrischen Anregung des Laserstrahls benötigt.

Die Erzeugung des Laserstrahls erfolgt durch einen mit Spiegeln und Linsen gebündelten Lichtstrahl zu einem energiereichen Brennpunkt mit einer Schnittfuge von ca. 0,2 mm. Der Vorteil der Lasertechnik ist seine sehr hohe Schneidgeschwindigkeit, die bis zu 10 m/min bei 1 mm Stahlblech sein kann, und seine hochwertige Schnittgüte. Das Laserschneiden eignet sich zum Trennen von metallischen und nicht metallischen Werkstoffen.

### **- Abtragen mit Wasserstrahlen**

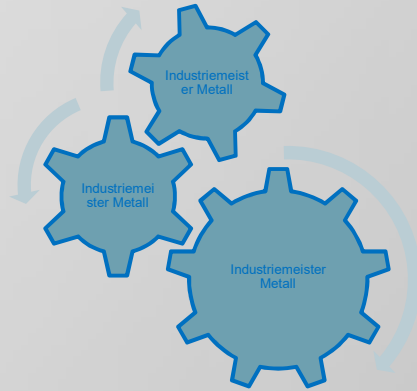
Beim Trennen mit dem Wasserstrahl wird durch eine Düse mit ca. 1 mm Durchmesser Wasser mit sehr hohem Druck (> 2 000 bar) gepresst. Beim Austritt aus der Düse setzt sich die Druckenergie in Geschwindigkeitsenergie um und trägt beim Auftreffen auf die Werkstoffoberfläche Partikel ab.

Getrennt werden können Kunststoffe, glasfaserverstärkte Kunststoffe (GFK), Papier, Pappe, Textilien, Gummi usw.

Wenn Werkstoffe mit höherer Festigkeit getrennt werden sollen, muss dem Wasserstrahl ein Schleifmittel zugesetzt werden, wodurch aber der Verschleiß der Düse steigt. Bei diesem Verfahren wird nach Austritt aus dem Schnitt das Wasser in einem sogenannten Catcher aufgefangen und wiederaufbereitet.

Mit diesem Verfahren werden Glas, Metalle, Steine, Keramik und dickwandige Kunststoffe geschnitten.





Industriemeister/Metall

# FERTIGUNGSTECHNIK

## 1.3.7 TRENNEN