

## Formeln & Richtwerte

© ISCAR Germany GmbH

### Werkzeugauswahl und Anwendungsprozess

- 1 Frässystem mittels Breite, Tiefe und Form der Nut/ Bearbeitung auswählen
- 2 Auswahl der Zahnteilung
- 3 Schneidengeometrien & Zerspanungshauptgruppen
- 4 Schnittgeschwindigkeit anhand des zu bearbeitenden Werkstückstoffes festlegen
- 5 Vorschubgeschwindigkeit über mittlere Spandicke und tatsächliches  $a_e$  berechnen
- 6 Leistungs- und Drehmomentberechnung zur Überprüfung der Bearbeitungsparameter
- 7 Ausführung der Schneidkante in Bezug auf die mittlere Spandicke
- 8 Allgemeine Tipps zur Zerspanung mit Fräsworkzeugen

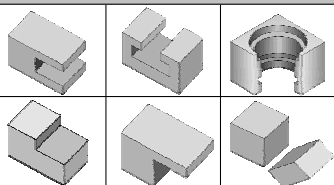
### 1 Übersicht der Frässysteme zum Trenn-, Nut-, Plan- und rückseitigen Fräsen

$\varnothing$ (in mm)	$a_e$ (in mm)	$a_p$ (in mm)	$\varnothing$ (in mm)	$a_e$ (in mm)	$a_p$ (in mm)	$\varnothing$ (in mm)	$a_e$ (in mm)	$a_p$ (in mm)	$\varnothing$ (in mm)	$a_e$ (in mm)	$a_p$ (in mm)
12,7 - 28	max. 6	0,76-10	32 - 80	max.4,8	1,2 - 6	32 - 125	5,5 - 39	2,7 - 4,5	50 - 425	10 - 140	1 - 8

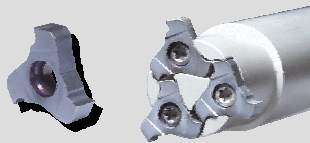
#### MULTIMASTER



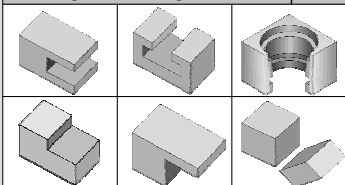
- in kleinen Bohrungen
- auf Drehmaschinen



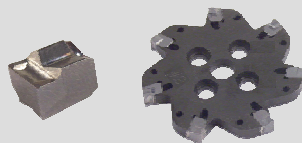
#### CHAMSLIT



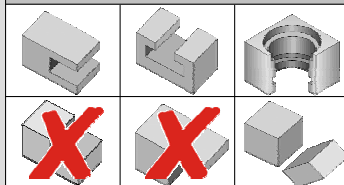
- Sicherungsnuten fräsen
- enge Teilung, hohes  $v_f$



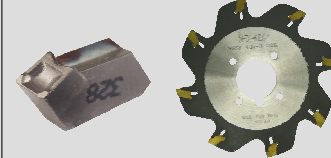
#### MINI-SELFGRIP



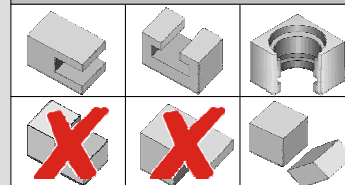
- enge Teilung
- Hochvorschubnutfräsen



#### SELFGRIP

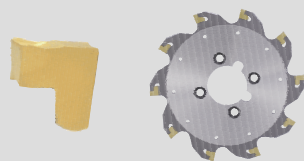


- weite Teilung
- Allroundtalent

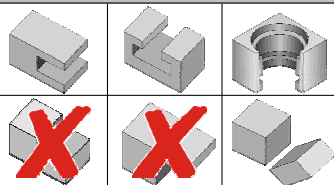


$\varnothing$ (in mm)	$a_e$ (in mm)	$a_p$ (in mm)
100 - 160	29 - 39	3 - 4

#### TANGSLIT

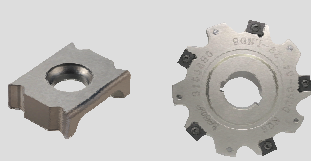


- für sehr stark unterbrochene Schnitte

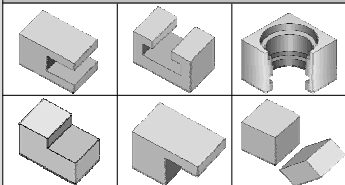


$\varnothing$ (in mm)	$a_e$ (in mm)	$a_p$ (in mm)
32 - 125	9,3 - 40	3 - 6,5

#### MINI-TANGSLOT

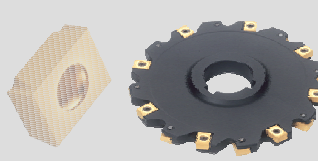


- halb effektiv ab 3mm  $a_p$
- Schraubenklemmung

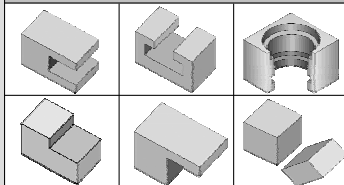


$\varnothing$ (in mm)	$a_e$ (in mm)	$a_p$ (in mm)
80 - 250	22 - 87	6 - 14,6

#### TANGSLOT



- halb effektiv
- Schraubenklemmung

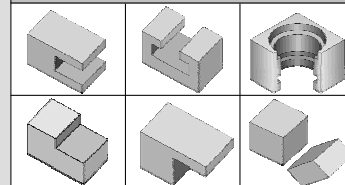


$\varnothing$ (in mm)	$a_e$ (in mm)	$a_p$ (in mm)
80 - 315	27,4 - 80	14 - 25,6

#### TANG/POLYMILL



- Schwerzerspanung
- sehr weicher Schnitt



#### Berechnungsgrundlagen zur korrekten Auswahl der Zahnteilung

Umfang

$$U = \pi \times D_{\text{Fräser}}$$

Schneidenabstand

$$l_b = \frac{U}{Z}$$

Schnittbogenwinkel

$$\varphi_s = 90 + \sin^{-1} \frac{\{a_e - \frac{D_c}{2}\}}{\frac{D_c}{2}}$$

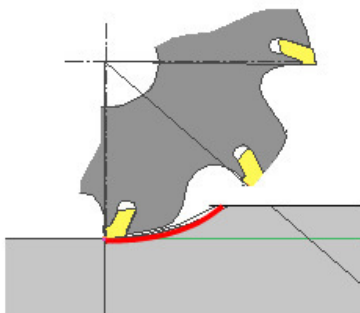
Schnittbogenlänge

$$l_B = \frac{\pi \times r \times \varphi_s}{180^\circ}$$

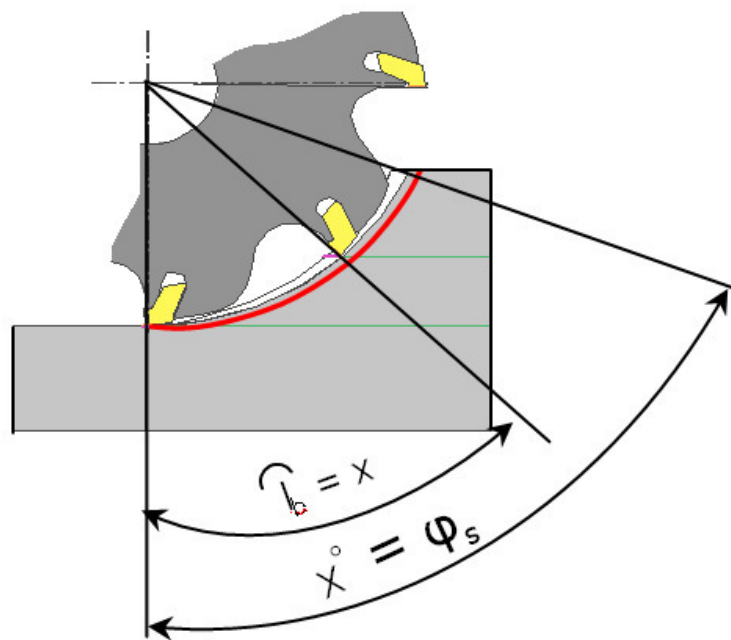
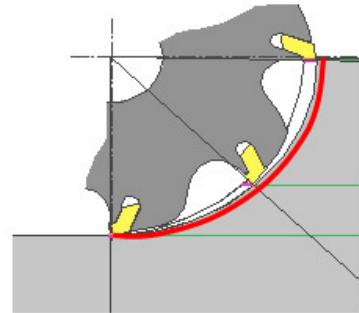
Zähne im Eingriff

$$Z_e = \frac{l_B}{l_b}$$

kurze Schnittbogenlänge  
**enge** Teilung verwenden



lange Schnittbogenlänge  
**weite** Teilung verwenden



#### Tipps:

- Bei tiefen Nuten immer eine weite Teilung verwenden. Große Spanräume werden benötigt.
- Bei Nuten mit geringer Frästiefe eine enge Teilung verwenden. Hohe Bahnvorschübe möglich.
- Ziel ist es, dauerhaft immer mindestens einen Zahn im Eingriff zu haben.
- Volleffektive Werkzeuge müssen mit vorgegeben Vorschubwerten eingesetzt werden. Ansonsten kann es zu Problemen mit sich in der Nut verklemmenden Spänen führen, da der Umformungsprozess der Späne nicht korrekt durchgeführt wurde.
- Probleme mit Spanevakuierungen aus tiefen Nuten können zusätzlich mit einer „Splittergeometrie“ oder mit einem halbeffektiven Werkzeug gelöst werden.

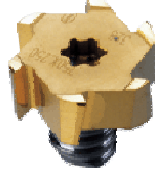
#### MULTIMASTER

MM K-45A



P M K S

MM TS



P M K S

MM GRIT



P M K S

#### CHAMSLIT

TRI 16RK



P M K S

#### SELFGRIP

#### MINI-SELFGRIP

GSFU



P M K S N

GSFN /GSAN



P M K

GSFN J



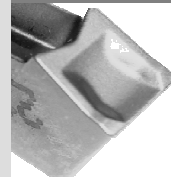
P M S N

GSFN JT



P M K S

GSFN M



P M K S

GSFN T2



P M K

GSFN 5.2-1.5



P M S

GSFN 6



P M S N

GSFN 6C



P M K

GSFN K



P M K S

GSHT



P M K

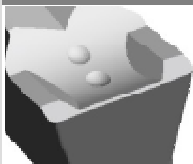
GSHTR L



P M K

#### TANGSLIT

TAG C



P M K

TAG J



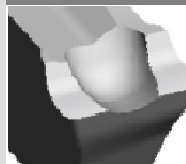
P M S N

TAG JT



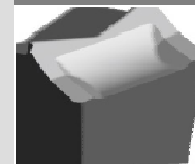
P M K S

TAG UT



P M

TAG A

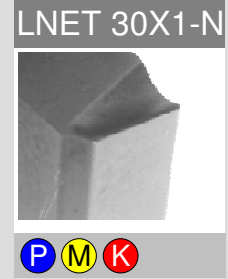
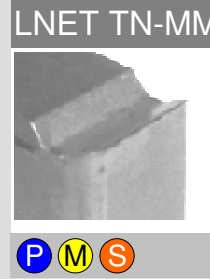
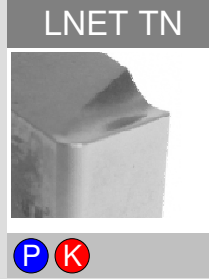


M S N

#### MINI-TANGSLOT



#### TANGSLOT



#### TANGMILL



#### POLYMILL



#### TIPP:

Ein Wechsel von TANGMILL auf POLYMILL erfordert nur einen Austausch der Kassetten

# USER Guide Scheibenfräsen

## Formeln & Richtwerte



Schnittgeschwindigkeit anhand des zu bearbeitenden Werkstückstoffes festlegen

ISO	Werkstückstoff	Werkstoffgruppe	IC10	IC20	IC328	IC528	IC928	IC308	IC908	IC808	IC830	IC910	IC810	IC4050	IC4100	DT7150	IS8	IB55	IB85	ID5	ID8		
<b>P</b>	Unlegierter Stahl Stahlguss Automatenstahl	1	-	-	170-220	170-220	180-240	180-230	220-350	220-350	180-240	230-390	230-390	170-280	-	-	-	-	-	-	-	-	
		2	-	-	130-190	130-190	160-210	140-200	200-325	200-325	160-210	160-270	160-270	120-200	-	-	-	-	-	-	-	-	
		3	-	-	100-140	100-140	120-140	110-150	180-265	180-265	120-140	130-220	130-220	100-160	-	-	-	-	-	-	-	-	
		4	-	-	100-130	100-130	110-150	110-140	170-250	170-250	110-150	110-160	110-160	80-120	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		5	-	-	100-130	100-130	110-150	110-140	160-230	160-230	110-150	190-350	190-350	140-280	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Stahl & Stahlguss mit weniger als 5% Legierungsbestandteile	6	-	-	120-160	120-160	150-200	130-170	200-250	200-250	150-200	160-300	160-300	120-240	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		7	-	-	100-140	100-140	120-170	110-150	180-200	180-200	120-170	140-250	140-250	100-200	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		8	-	-	90-120	90-120	110-160	100-130	190-210	190-210	110-160	110-220	110-220	80-160	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		9	-	-	80-110	80-110	100-140	90-120	205-225	205-225	100-140	110-180	110-180	70-140	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		10	-	-	70-100	70-100	90-120	80-110	200-220	200-220	90-120	90-160	90-160	60-120	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>M</b>	Rostbeständiger Stahl und Stahlguss	11	-	-	60-85	60-85	90-110	70-90	110-150	110-150	90-110	80-150	80-150	60-100	-	-	-	-	-	-	-	-	
		12	-	-	130-220	130-220	160-250	140-230	170-280	170-280	160-250	-	130-220	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		13	-	-	80-200	80-200	110-230	100-200	100-200	100-200	110-230	-	80-200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		14	-	-	70-130	70-130	80-160	80-140	90-160	90-160	80-160	-	100-130	-	-	-	-	-	150-300	250-360	-	-	-
<b>K</b>	Kugelgraphitguss	15	100-130	100-130	-	-	110-180	150-220	180-250	180-250	110-180	180-400	180-400	90-280	180-420	160-390	250-500	-	500-1000	-	-	-	
		16	80-110	80-110	-	-	100-170	140-200	170-220	170-220	100-170	200-370	200-370	150-250	220-390	200-360	300-600	-	500-1000	-	-	-	
	Grauguss	17	120-140	120-140	-	-	180-300	200-300	200-300	200-300	180-300	220-420	220-420	160-250	220-500	200-400	300-600	-	500-1500	-	-	-	-
		18	80-120	80-120	-	-	140-250	150-260	170-230	170-230	140-250	180-400	180-400	150-250	220-460	200-350	280-550	-	500-1500	-	-	-	-
		19	100-120	100-120	-	-	200-300	220-300	210-280	210-280	200-300	200-360	200-360	160-260	220-440	200-330	280-550	-	500-1000	-	-	-	-
		20	80-110	80-110	-	-	180-260	180-270	200-280	200-280	180-260	180-380	180-380	150-250	220-390	200-300	250-500	-	500-1000	-	-	-	-
<b>N</b>	Aluminiumknetlegierung	21	800-900	800-900	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	300-3000	300-3000	
		22	700-800	700-800	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	300-3000	300-3000	
	Aluminiumguss legiert	23	550-800	550-800	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	300-3000	300-3000	
		24	500-750	500-750	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	300-3000	300-3000	
	Guss- ISCAR Germany	25	400-450	400-450	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	250-1000	-
		26	400-550	400-550	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	500-1500	-
		27	400-550	400-550	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	500-1500	-
		28	350-500	350-500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	500-1500	-
<b>S</b>	Hochhitzebeständige Legierungen	29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	200-600	
		30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	200-600	
		31	30-40	30-40	40-50	40-50	40-60	40-50	40-50	40-50	40-50	40-60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	60-120	-
		32	20-30	20-30	30-40	30-40	30-40	30-40	30-40	30-40	30-40	30-40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	60-120	-
		33	20-30	20-30	30-40	30-40	30-40	30-40	30-40	30-40	30-40	30-40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	120-150	-
		34	20-30	20-30	30-40	30-40	30-40	30-40	30-40	30-40	30-40	30-40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	120-150	-
		35	15-25	15-25	25-35	25-35	30-40	25-35	25-35	25-35	25-35	30-40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	120-150	-
		36	25-35	25-35	40-55	40-55	45-60	40-55	40-55	40-55	40-55	45-60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		37	25-35	25-35	40-55	40-55	45-60	40-55	40-55	40-55	40-55	45-60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		<b>H</b>	gehärteter Stahl Schalenhartguss Gussseisen gehärtet	38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	80-220
39	-			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	80-220	80-180	
40	20			20	-	-	-	-	-	90-105	90-105	-	-	-	-	-	-	-	-	-	80-200	-	
41	-			-	-	-	-	-	-	55-65	55-65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	80-200	-	

Achtung: Beachten sie die auf den Fräsern vermerkten maximalen Drehzahlen

## Formeln & Richtwerte

© ISCAR Germany GmbH

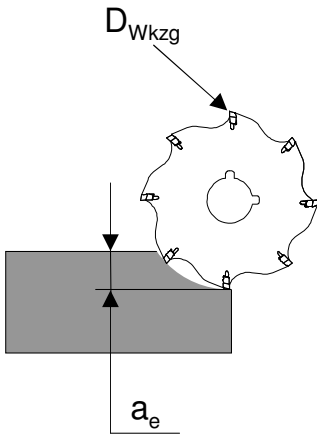
5

### Vorschubgeschwindigkeit über Eingriffsverhältnis berechnen

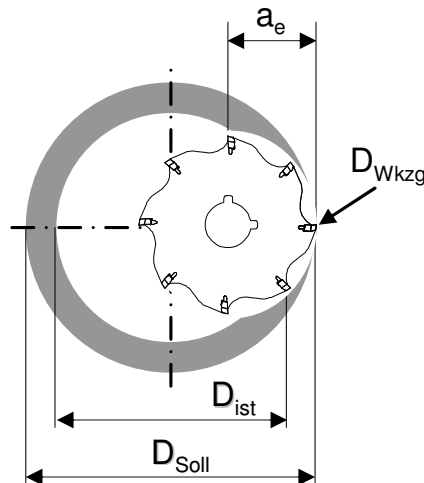
a

#### Berechnung der radialen Schnitttiefe $a_e$

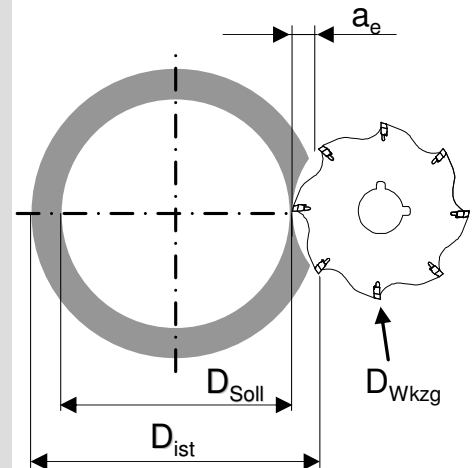
linear Fräsen



innen zirkular Fräsen



außen zirkular Fräsen



radiale Schnitttiefe =  $a_e$

$$a_e = \frac{D_{Soll}^2 - D_{Ist}^2}{4 \times (D_{Soll} - D_{Wkzg})}$$

$$a_e = \frac{D_{Ist}^2 - D_{Soll}^2}{4 \times (D_{Ist} + D_{Wkzg})}$$

b

#### Berechnung des Vorschubes pro Zahn

Spanbildung beim Nutfräsen in Abhängigkeit von Schnitttiefe zum Werkzeugdurchmesser

Vorschubgeschwindigkeit beim mittigen Fräsen / Trennen mit  $f_z$  berechnen

Vorschubgeschwindigkeit beim Gleich- und Gegenlaufräsen mit  $h_m$  berechnen

Eingriffsverhältnis

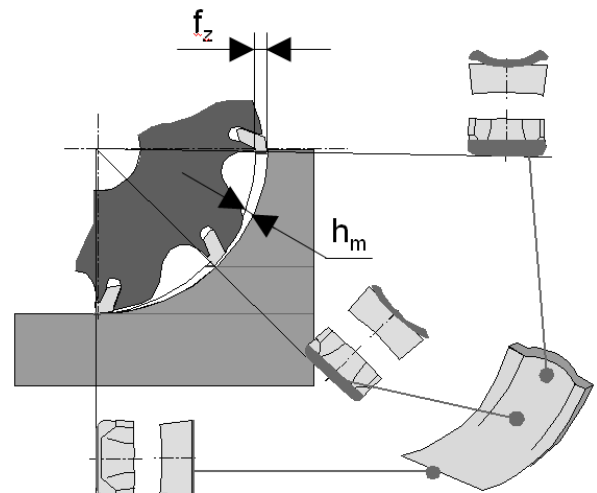
$$E\% = \frac{a_e}{D} \circ 100 (\%)$$

Mittlere Spandicke

$$h_m = f_z \circ \sqrt{\frac{a_e}{D}}$$

Vorschub pro Zahn

$$f_z = h_m \circ \sqrt{\frac{D}{a_e}}$$



#### TIPP:

Mittlere Spandicke  $h_m$  als Startwert aus jeweiliger Werkzeugsystemtabelle **7** entnehmen

# USER Guide Scheibenfräsen

## Formeln & Richtwerte

© ISCAR Germany GmbH

5

### Vorschubgeschwindigkeit über Eingriffsverhältnis berechnen

c

#### Berechnung der Drehzahl über die festgelegte Schnittgeschwindigkeit

##### Schnittgeschwindigkeit

$$v_c = \frac{D \circ \pi \circ n}{1000} \quad (\text{m}/\text{min})$$

##### Drehzahl

$$n = \frac{v_c \circ 1000}{D \circ \pi} \quad (\text{min}^{-1})$$

##### Eingriffsverhältnis

$$E\% = \frac{a_e}{D} \circ 100 \quad (\%)$$

#### TIPP:

Bei stabilen Zerspanungsverhältnissen kann die Schnittgeschwindigkeit mit dem Faktor  $v_c$  multipliziert werden. Eingriffsverhältnis  $E\%$  berechnen und Faktor  $v_c$  aus Tabelle entnehmen.

$E\% = a_e / D_c \circ 100 \quad (\%)$	5%	10%	15%	20%	25%	30%
Faktor $v_c$	1,50	1,45	1,40	1,35	1,30	1,25

\* SELFGRIP / MINISELFGRIP limitiert auf  $v_c=250$  m/min ; TANGSLIT limitiert auf  $v_c=1.500$  m/min

d

#### Berechnung der Vorschubgeschwindigkeit

##### Vorschubgeschwindigkeit

$$v_f = f_z \circ z \circ n \quad (\text{mm}/\text{min})$$

##### Vorschub pro Zahn

$$f_z = \frac{v_f}{n \circ z} \quad (\text{mm})$$

e

#### Berechnung des Zeitspanvolumens

##### Zeitspanvolumen

$$Q = \frac{a_e \circ a_p \circ v_f}{1000} \quad (\text{cm}^3/\text{min})$$

f

#### Berechnung der Hauptnutzungszeit

##### Hauptnutzungszeit

$$t_h = \frac{L \circ i}{v_f} \quad (\text{min})$$

## Formeln & Richtwerte

© ISCAR Germany GmbH

6

### Leistungs- und Drehmomentberechnung zur Überprüfung der Bearbeitungsparameter

a

#### Berechnung des theoretischen Leistungsbedarfs

Stahl bis ca. 1000 N/mm <sup>2</sup> (GGG50/60)	Guss	Aluminiumlegierungen
Leistung	Leistung	Leistung
$P_{M_{\text{nutz}}} = \frac{a_p \circ a_e \circ v_f}{24000} \text{ (kW)}$	$P_{M_{\text{nutz}}} = \frac{a_p \circ a_e \circ v_f}{30000} \text{ (kW)}$	$P_{M_{\text{nutz}}} = \frac{a_p \circ a_e \circ v_f}{120000} \text{ (kW)}$

**Dies ist die Leistung an der Schneide**

b

#### Berechnung des Drehmoments

##### Faustformel

Drehmoment
$M = 9550 \circ \frac{P_{M_{\text{nutz}}}}{n} \text{ (Nm)}$

#### TIPP:

Es ist sehr wichtig, die Beziehung zwischen der Leistung und dem Drehmoment zu kennen. Die Nennleistung steht wie das Drehmoment ab einer maschinenspezifischen Drehzahl zur Verfügung. Ein Überprüfung sollte stattfinden!

#### Legende

Q = Zeitspanvolumen  
 $a_e$  = Schnittbreite  
 $a_p$  = Schnitttiefe  
 $h$  = Spanungsdicke  
 $D_{\text{ist}}$  = Werkstück-Ø IST

$t_h$  = Hauptnutzungszeit  
 $L$  = Bearbeitungslänge  
 $i$  = Anzahl der Schnitte  
 $h_m$  = mittlere Spandicke  
 $D_{\text{soll}}$  = Werkstück-Ø SOLL

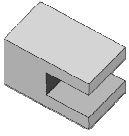
$v_c$  = Schnittgeschwindigkeit  
 $D_{(C)}$  = Werkzeug Durchmesser  
 $\pi$  = Pi (3,1415...)  
 $E\%$  = Eingriffsverhältnis  
 $P_{M_{\text{nutz}}}$  = Leistungsbedarf

$v_f$  = Vorschubgeschwindigkeit  
 $f_z$  = Vorschub / Zahn  
 $z$  = Zähnezahl  
 $n$  = Drehzahl  
 $M$  = Drehmoment



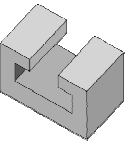
### Allgemeine Tipps zur Zerspanung mit Scheibenfräsern

#### Unterscheidung der Fräsbearbeitungen mit Scheibenfräsern



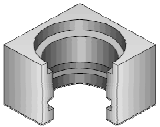
#### Vollnutfräsen

Hierfür wird ein dreiseitig schneidendes Werkzeugsystem benötigt. Je nach radialer Schnitttiefe entweder mit weiter Teilung und großen Spankammern oder mit enger Teilung und kleinen Spankammern.



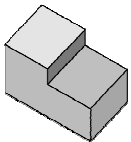
#### T-Nutfräsen

Hierfür wird ein dreiseitig schneidendes Werkzeugsystem benötigt. Sollte die T-Nut in einem Schnitt den identischen Gleich- und Gegenlaufanteil haben, sollte der Vorschub dennoch über das Eingriffsverhältnis berechnet werden.



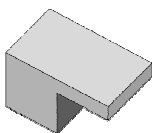
#### Zirkularfräsen

Hierfür wird ein dreiseitig schneidendes Werkzeugsystem benötigt. Es muss beachtet werden, dass die Werkzeugumschlingung sehr hoch sein kann und die tatsächliche radiale Schnitttiefe dadurch ansteigt. „ $a_e$ “ berechnen!



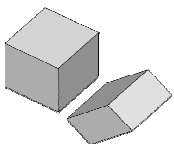
#### Anspiegeln vorne

Hierfür kann ein zweiseitig schneidendes Werkzeugsystem verwendet werden. Das Werkzeugsystem wird als Planeckfräser eingesetzt.



#### Anspiegeln hinten

Hierfür kann ein zweiseitig schneidendes Werkzeugsystem verwendet werden. Durch diese Bearbeitungsstrategie können schwer zugängliche Flächen bearbeitet werden, ohne das Werkstück umzuspannen.



#### Trennen

Hierfür wird ein dreiseitig schneidendes Werkzeugsystem benötigt. Es muss die maximale Schnittbogenlänge, in Bezug auf die Größe der Spankammern und die Vorschubberechnung beachtet werden.

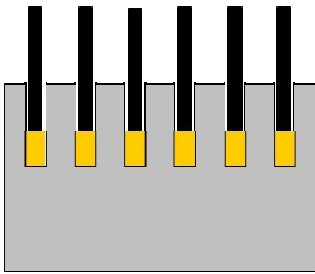
### Allgemeine Tipps zur Zerspänung mit Scheibenfräsern

#### Unterscheidung der Fräsbearbeitungen mit Scheibenfräsern

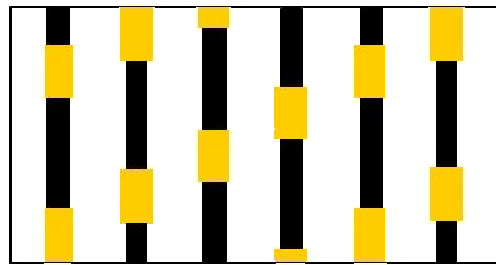
##### Satzfräsen

Bei diesem Verfahren werden mehrere Flächen oder Nuten zeitgleich bearbeitet. Es kann je nach Anwendung mit einem zwei- und / oder dreischneidigen System durchgeführt werden.

##### Satzfräsen tiefer Nuten

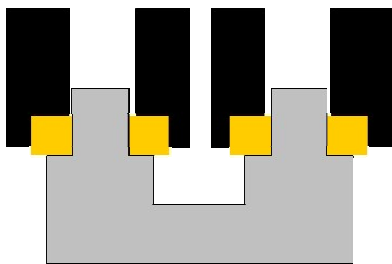


##### Ausführung des Fräasers

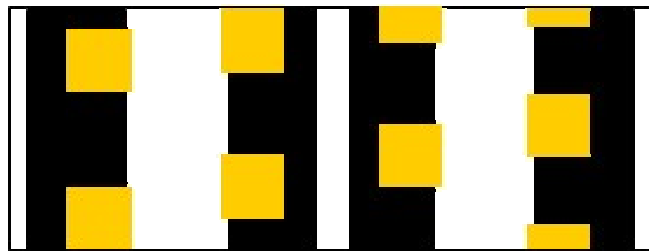


Schneiden müssen versetzt eingesetzt werden; weite Teilung verwenden

##### Satzfräsen von Schultern

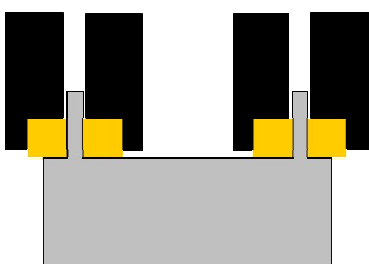


##### Ausführung des Fräasers

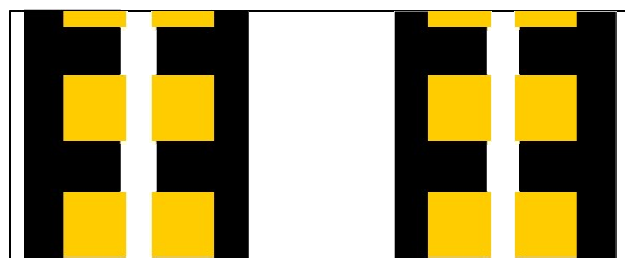


Schneiden müssen versetzt eingesetzt werden; enge Teilung verwenden

##### Satzfräsen dünnwandig



##### Ausführung des Fräasers



Schneiden müssen gegenüberliegend eingesetzt werden; enge Teilung verwenden

## Formeln & Richtwerte

© ISCAR Germany GmbH

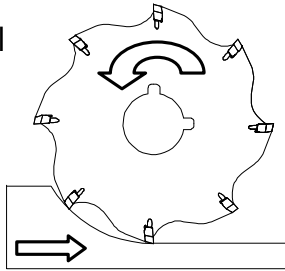
8

### Allgemeine Tipps zur Zerspänung mit Scheibenfräsern

#### Gleichlauf- und Gegenlaufräsen

##### Gleichlaufräsen

✓ 1. Wahl

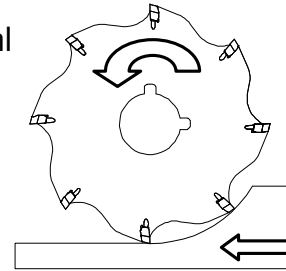


Die Schneide dringt mit der max. Spandicke „ $h_{max}$ “ in den Werkstückstoff ein. Der Austritt erfolgt bei Spandicke „ $h=0$ “.

- verbessert die Standzeit um bis zu 50%
- verbessert die Oberflächengüte
- beansprucht weniger Leistung
- erzeugt geringere Geräusentwicklung

##### Gegenlaufräsen

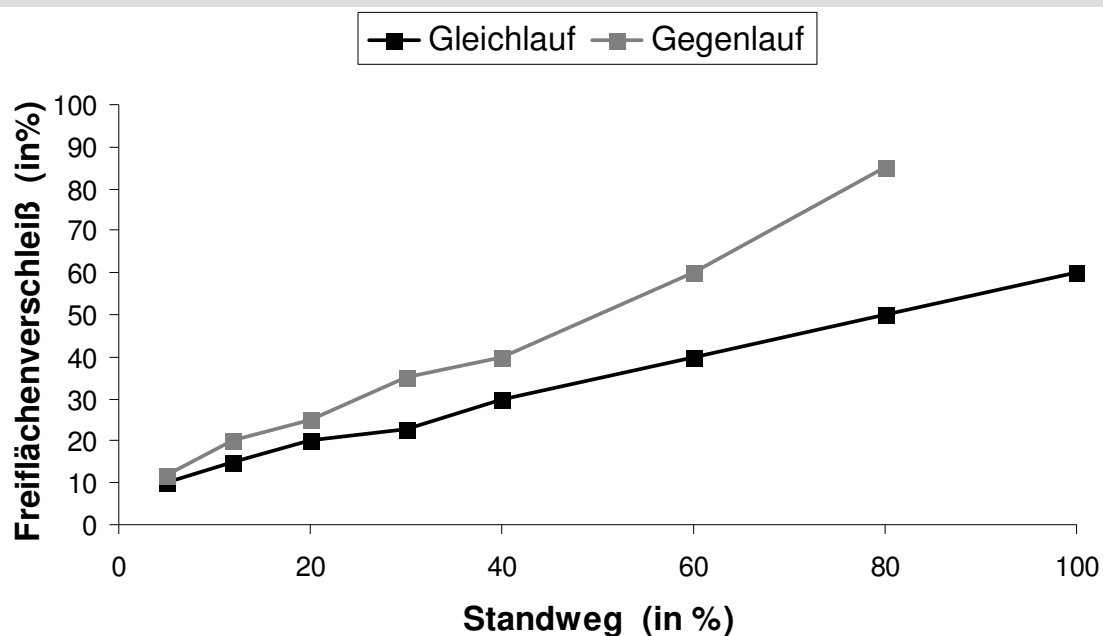
✗ 2. Wahl



Die Schneide dringt mit der Spandicke „ $h=0$ “ in den Werkstückstoff ein. Der Austritt erfolgt bei der max. Spandicke „ $h_{max}$ “.

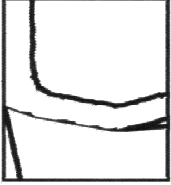
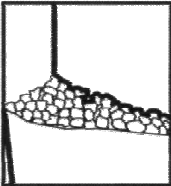
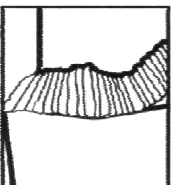
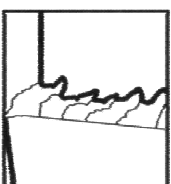
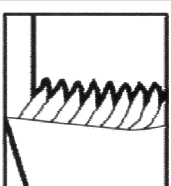
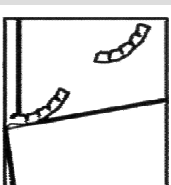
- wenn "Rückschlagen" auftritt (Maschinen ohne Kugelrollspindel)
- Bearbeiten einer harten Gusshaut
- Graphit Fräsen

#### Verschleißverhalten Gegenlauf- und Gleichlaufräsen



### Allgemeine Tipps zur Fräsbearbeitung

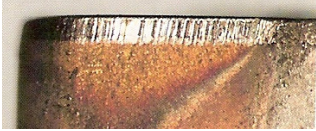
#### Spanbildung in Bezug auf den Werkstückstoff

NE-Metalle	Zerspanungsvorgang	Werkzeuanforderung
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• sehr oft langspanend</li> <li>• Spanbruch kaum kontrollierbar</li> <li>• kaum Wärmeentwicklung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• sehr positiver Spanwinkel</li> <li>• scharfe Schneidkante</li> <li>• ohne Beschichtung; mit PKD</li> </ul>
Guss	Zerspanungsvorgang	Werkzeuanforderung
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• sehr kurzspanend</li> <li>• sehr gute Spanbruchkontrolle</li> <li>• geringe Wärmeentwicklung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Spanwinkel 0° -10°</li> <li>• große Schutzfase</li> <li>• hohe Beschichtungsdicke</li> </ul>
Stahl	Zerspanungsvorgang	Werkzeuanforderung
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• oft langspanend</li> <li>• Spanbruch gut kontrollierbar</li> <li>• mittlere Wärmeentwicklung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• positiver Spanwinkel</li> <li>• kleine Schutzfase</li> <li>• mittlere Beschichtungsdicke</li> </ul>
Rostfreier Stahl	Zerspanungsvorgang	Werkzeuanforderung
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• lammellenförmige Spanbildung</li> <li>• Spanbruch kaum kontrollierbar</li> <li>• hohe Wärmeentwicklung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• sehr positiver Spanwinkel</li> <li>• kleine Verrundung</li> <li>• geringe Beschichtungsdicke</li> </ul>
Superlegierungen	Zerspanungsvorgang	Werkzeuanforderung
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• stark gestauchte Spanbildung</li> <li>• Oberflächenaufhärtung</li> <li>• sehr hohe Wärmeentwicklung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• sehr positiver Spanwinkel</li> <li>• Feinstkornhartmetall</li> <li>• glatte Beschichtung nötig</li> </ul>
Gehärtete Stähle	Zerspanungsvorgang	Werkzeuanforderung
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• kurze Bröckelspäne</li> <li>• hoher Leistungsbedarf</li> <li>• sehr hohe Wärmeentwicklung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• negativer Spanwinkel</li> <li>• sehr großer Keilwinkel</li> <li>• große Schutzfase; CBN</li> </ul>

### Allgemeine Tipps zur Fräsbearbeitung

#### Verschleißarten und Abhilfe

##### Freiflächenverschleiß



##### Mögliche Ursachen

- Schnittgeschwindigkeit zu hoch
- Wärmeentwicklung zu hoch
- HM-Sorte zu verschleißarm

##### Mögliche Abhilfe

- Schnittgeschwindigkeit senken
- verschleißfestere HM-Sorte
- geringerer Anstellwinkel

##### Kolkverschleiß



##### Mögliche Ursachen

- Schnittgeschwindigkeit zu hoch
- Wärmeentwicklung zu hoch
- Vorschub zu gering

##### Mögliche Abhilfe

- Schnittgeschwindigkeit senken
- härtere HM-Sorte
- Vorschub erhöhen

##### Kerbverschleiß



##### Mögliche Ursachen

- Schnittgeschwindigkeit zu hoch
- HM-Sorte zu verschleißarm

##### Mögliche Abhilfe

- Schnittgeschwindigkeit senken
- härtere HM-Sorte
- Schnitttiefe variieren

##### Ausbröckelungen



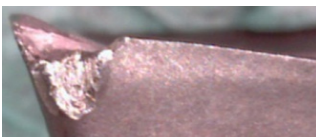
##### Mögliche Ursachen

- zu verschleißfeste HM-Sorte
- Schneide zu positiv
- Aufbauschneidenbildung

##### Mögliche Abhilfe

- zähere HM-Sorte
- höhere Schnittgeschwindigkeit
- stabilere Schneidkante wählen

##### Bruch



##### Mögliche Ursachen

- Schneidkante zu positiv
- HM-Sorte zu hart
- Vibrationen

##### Mögliche Abhilfe

- Schnitttiefe verringern
- geringerer Vorschub
- stabilerer Schneidkeil

##### Kammrisse



##### Mögliche Ursachen

- Wärmewechselspannungen
- stark unterbrochener Schnitt
- Thermoschock durch KSS

##### Mögliche Abhilfe

- zähere HM-Sorte wählen
- verbesserte KSS Zufuhr
- Trockenbearbeitung

##### Aufbauschneide



##### Mögliche Ursachen

- geringe Schnittgeschwindigkeit
- Vorschub zu niedrig
- Schneidkante zu negativ

##### Mögliche Abhilfe

- höhere Schnittgeschwindigkeit
- Vorschub erhöhen
- glatte, positive Schneidkante

##### Plastische Verformung



##### Mögliche Ursachen

- Vorschub zu hoch
- Schnittgeschwindigkeit zu hoch
- HM-Sorte zu zäh

##### Mögliche Abhilfe

- Schnittgeschwindigkeit senken
- Vorschub senken
- härtere HM-Sorte wählen

### Allgemeine Tipps zur Fräsbearbeitung

#### Allgemeine Probleme und Abhilfen

Problem	Mögliche Ursachen	Mögliche Abhilfe
Vibrationen am Werkzeug	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorschub zu gering</li> <li>• Werkzeugdurchmesser zu klein</li> <li>• Werkzeugspannung zu labil</li> <li>• zu wenig Zähne im Eingriff</li> <li>• Nebenschneide drückt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorschub erhöhen</li> <li>• Auskraglänge Wkz. verringern</li> <li>• Werkzeugspannung optimieren</li> <li>• eng geteiltes Wkz. verwenden</li> <li>• kürzere Nebenschneide wählen</li> <li>• Anstellwinkel verringern</li> </ul>

Problem	Mögliche Ursachen	Mögliche Abhilfe
Vibrationen am Werkstück	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Werkstückspannung zu labil</li> <li>• Werkzeug zu labil</li> <li>• Werkzeugspannung zu labil</li> <li>• zu wenig Zähne im Eingriff</li> <li>• Nebenschneide drückt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• allg. Spannsituation verbessern</li> <li>• Schnittkraft Richtung Anschlag</li> <li>• axiale Schnittkräfte reduzieren</li> <li>• radiale Schnittkraft reduzieren</li> <li>• kürzere Nebenschneide wählen</li> <li>• positivere Schneide wählen</li> <li>• weit geteilter Fräser</li> <li>• differentialgeteilten Fräser</li> </ul>

Problem	Mögliche Ursachen	Mögliche Abhilfe
Antriebsleistung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maschinenleistung zu gering</li> <li>• Zerspanungsvolumen zu hoch</li> <li>• Schneide zu negativ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schnitttiefe reduzieren</li> <li>• Schnittbreite reduzieren</li> <li>• Vorschub pro Zahn reduzieren</li> <li>• radiale Schnittkraft reduzieren</li> <li>• <math>Z_{\text{eff}}</math> reduzieren</li> <li>• positivere Schneide wählen</li> </ul>

Problem	Mögliche Ursachen	Mögliche Abhilfe
Spanabtransport nicht gewährleistet	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schnitttiefe zu hoch</li> <li>• Schnittbogenlänge zu groß</li> <li>• Spankammern zu gering</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schnitttiefe reduzieren</li> <li>• Schnittbreite reduzieren</li> <li>• Vorschub pro Zahn reduzieren</li> <li>• radiale Schnittkraft reduzieren</li> <li>• <math>Z_{\text{eff}}</math> reduzieren</li> <li>• positivere Schneide wählen</li> </ul>

Problem	Mögliche Ursachen	Mögliche Abhilfe
Deformierung des Mitnahmekeils	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufnahme zu klein</li> <li>• Schnitttiefe zu hoch</li> <li>• Vorschub pro Zahn zu hoch</li> <li>• Mitnehmer nicht gehärtet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• größere Aufnahme wählen</li> <li>• <math>Z_{\text{eff}}</math> reduzieren</li> <li>• Vorschub pro Zahn reduzieren</li> <li>• Schnitttiefe reduzieren</li> </ul>

8

### Allgemeine Tipps zur Fräsbearbeitung

#### Ungenügende Oberfläche

Problem	Mögliche Ursachen	Mögliche Abhilfe
Vorschub pro Fräserumdrehung zu groß	<ul style="list-style-type: none"> <li>Planlauf des Fräasers schlecht</li> <li>Rundlauf des Fräasers schlecht</li> <li>Rundlauf der Spindel schlecht</li> <li>Nebenschneide zu klein</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Planlauf einstellen</li> <li>Spindelrundlauf überprüfen</li> <li>Oberfläche der Spindel prüfen</li> <li>Genauigkeit Aufnahme prüfen</li> <li>Breitschlichtschneiden wählen</li> <li>Vorschub pro Umdrehung max. 75% Nebenschneidenlänge</li> </ul>
Vibrationen	<p>siehe Kapitel: „Allgemeine Probleme und Abhilfen“</p>	<p>siehe Kapitel: „Allgemeine Probleme und Abhilfen“</p>
Werkzeugverschleiß	<p>siehe Kapitel: „Verschleißarten und Abhilfen“</p>	<p>siehe Kapitel: „Verschleißarten und Abhilfen“</p>
Nachschneiden des Fräasers	<ul style="list-style-type: none"> <li>radiale Schnittkräfte zu hoch:</li> <li>Fräser vibriert</li> <li>Fräserdurchmesser zu groß</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Schnitttiefe reduzieren:</li> <li>mit Spindelsturz fräsen</li> <li>Position Wiper-Schneide prüfen</li> </ul>
Ausbrüche am Werkstück	<ul style="list-style-type: none"> <li>Verschleiß der Schneidkante</li> <li>Schneide zu negativ</li> <li>Vorschub pro Zahn zu hoch</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fräser mit sehr enger Teilung</li> <li>Anstellwinkel der Schneidkante verkleinern</li> <li>Spanquerschnitt verringern</li> <li>schärfere Schneidkante</li> </ul>

#### Oberfläche beim Besäumen

$$H = \frac{f_z^2}{4 \times D_{Wkzg}}$$

