



**SANDVIK**  
Coromant

---

# Schulungs- handbuch

FÜR DIE ZERSPANUNGSTECHNOLOGIE



## Schulungshandbuch für die Zerspantechnologie

Dieses Handbuch ist Ihre wichtigste Informationsquelle für das Training der Zerspantechnologie von Sandvik Coromant und kann auch als Referenz für Ihre zukünftigen Aufgaben verwendet werden.

### Training mit Sandvik Coromant

Vertiefen und erweitern Sie Ihr Wissen mit unseren Trainingsprogrammen. Unsere Schulungsprogramme werden von uns weltweit in unseren Productivity Centern angeboten und reichen von der Grundlagenschulung bis hin zu Aufbaukursen. Auf diesem Weg können Sie Theorie und Praxis mit modernster Einrichtung und Maschinen verbinden.

Kursangebote und Angaben zur Anmeldung finden Sie auf [sandvik.coromant.com](http://sandvik.coromant.com).



© AB Sandvik Coromant 2017.11  
[www.sandvik.coromant.com](http://www.sandvik.coromant.com)  
Alle Rechte vorbehalten.

Diese Veröffentlichung darf weder in Teilen noch als Ganzes ohne vorherige Zustimmung von AB Sandvik Coromant auf irgend eine Weise oder mittels irgend eines Verfahrens (elektronisch, mechanisch, durch Fotokopie, Aufzeichnung oder auf sonstige Weise) reproduziert, gespeichert oder in einem anderen Speichersystem geladen oder übertragen werden.

## Drehen

Theorie	A 4
Auswahlverfahren	A 12
Systemüberblick	A 16
Auswahl der Wendeschneidplatten	A 22
Auswahl der Werkzeuge	
- Außendrehen	A 49
- Innendrehen	A 54
Bestellnummernschlüssel	A 64
Problembehebung	A 68

## Abstechen & Einstechen

Theorie	B 4
Auswahlverfahren	B 7
Systemüberblick	B 11
Abstechen & Einstechen – Korrekte Anwendung	B 16
- Abstechen	B 22
- Allgemeines Nutendrehen	B 26
- Nutendrehen für Sicherungsringe	B 28
- Axialeinstechen	B 29
- Profildrehen	B 32
- Drehen	B 34
- Freidrehen	B 36
Problembehebung	B 37

## Gewindedrehen

Theorie	C 4
Auswahlverfahren	C 9
Systemüberblick	C 13
Korrekte Anwendung	C 19
Problembehebung	C 24
Gewindebohren	C 28

## Fräsen

Theorie	D 4
Auswahlverfahren	D 9
Systemüberblick	D 13
Auswahl der Wendeschneidplatten – Korrekte Anwendung	D 24
Auswahl der Werkzeuge – Korrekte Anwendung	D 29
Problembehebung	D 36

## Bohren

Theorie	E 4
Auswahlverfahren	E 15
Systemüberblick	E 20
Korrekte Anwendung	E 26
Bohrungsqualität und -toleranzen	E 38
Problembehebung	E 43

## Aufbohren

Theorie	F 4
Auswahlverfahren	F 8
Systemüberblick	F 13
Auswahl der Werkzeuge	F 16
Korrekte Anwendung	F 22
Problembehebung	F 27

## Werkzeughalter

Geschichte und Hintergrund	G 4
Warum modulare Werkzeuge	G 8
Drehzentren	G 16
Bearbeitungszentren	G 25
Multi-Task-Maschinen	G 30
Spannfutter	G 35

## Zerspanbarkeit

Werkstoffe	H 4
Herstellung von Hartmetall	H 18
Die Schneidkante	H 29
Schneidstoffsorten	H 40
Wartung & Werkzeugverschleiß	H 52

## Sonstige Informationen

Bearbeitungswirtschaftlichkeit	H 63
ISO 13399 - Der Industriestandard	H 78
Formeln und Definitionen	H 81
E-Learning	H 92



# Drehen

Beim Drehen wird eine zylindrische Form mit einem einschneidigen Werkzeug erzeugt. In den meisten Fällen ist das Werkzeug stationär und das Werkstück rotiert.

- Theorie A 4
- Auswahlverfahren A 12
- Systemüberblick A 16
- Auswahl der Wendeschneidplatten – Korrekte Anwendung A 22
- Auswahl der Werkzeuge – Korrekte Anwendung
  - Außendrehen A 49
  - Innendrehen A 54
- Bestellnummernschlüssel A 64
- Problembhebung A 68

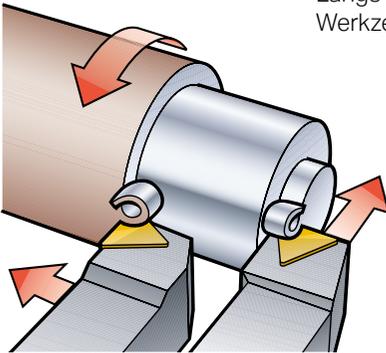
# Allgemeine Drehbearbeitungen

Längsdrehen ist die Kombination von zwei Bewegungen – der Rotation des Werkstücks und der Vorschubbewegung des Werkzeugs.

Die Vorschubbewegung des Werkzeugs kann entlang der Werkstückachse sein, was bedeutet, dass sich der Durchmesser des Werkstücks verkleinert. Alternativ kann das Werkzeug am Ende des Werkstücks zur Mitte hin (Plandrehen) zugeführt werden.

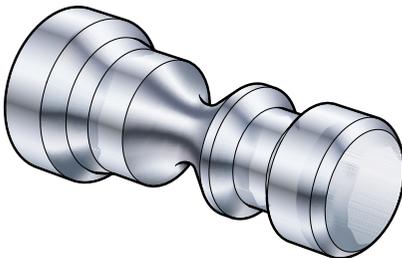
Oft ist der Vorschub eine Kombination aus diesen beiden Richtungen, was zu konischen oder gekrümmten Flächen führt.

Längs- und Plandrehen als axiale und radiale Werkzeugbewegungen.



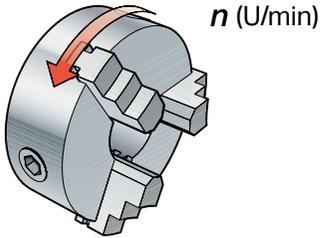
Drei gängige Drehbearbeitungen:

- Längsdrehen
- Plandrehen
- Profildrehen



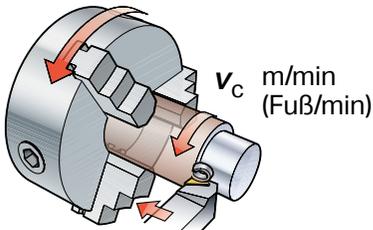
# Begriffsdefinitionen

## Spindeldrehzahl

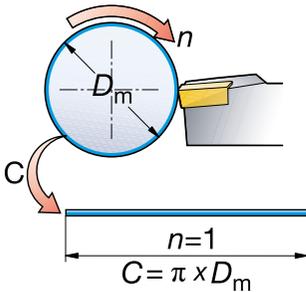


Die Spindeldrehzahl U/min (Umdrehung pro Minute) ist das Maß für die Rotation des Spannfutters und Werkstücks.

## Schnittgeschwindigkeit



Die Schnittgeschwindigkeit ist die Geschwindigkeit, m/min (Fuß/min), mit der die Schneidkante die Oberfläche des Werkstücks bearbeitet.



## Definition der Schnittgeschwindigkeit

Definition der Schnittgeschwindigkeit ( $v_c$ ) als Ergebnis des Durchmessers,  $\pi$  ( $\pi$ ) und Spindeldrehzahl ( $n$ ) in Umdrehungen pro Minute (U/min). Der Umfang ( $C$ ) ist die Distanz, die die Schneidkante in einer Umdrehung zurücklegt.

$v_c$  = Schnittgeschwindigkeit, m/min (Fuß/min)  
 $D_m$  = Bearbeiteter Durchmesser, mm (Zoll)  
 $n$  = Spindeldrehzahl (U/min)  
 $C$  = Umfang,  $\pi \times D_m$  mm (Zoll)  
 $\pi$  ( $\pi$ ) = 3.14

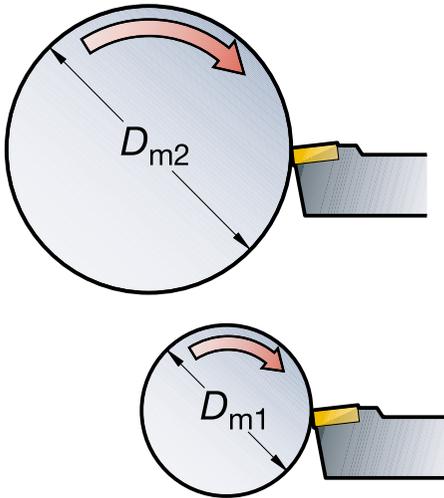
Metrisch

$$v_c = \frac{\pi \times D_m \times n}{1000} \text{ m/min}$$

Zoll

$$v_c = \frac{\pi \times D_m \times n}{12} \text{ Fuß/min}$$

## Berechnung des Umfangs (C)



- Umfang =  $\pi \times$  Durchmesser
- $\pi$  (pi) = 3.14

Beispiel:

$$D_{m2} = 100 \text{ mm (3.937 Zoll)}$$

$$C = 3.14 \times 100 \\ = 314 \text{ mm}$$

$$C = 3.14 \times 3.937 \\ = 12.362 \text{ Zoll}$$

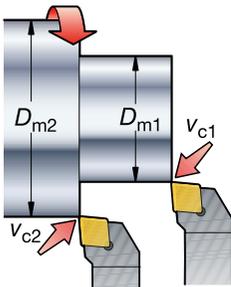
$$D_{m1} = 50 \text{ mm (1.969 Zoll)}$$

$$C = 3.14 \times 50 \\ = 157 \text{ mm}$$

$$C = 3.14 \times 1.969 \\ = 6.183 \text{ Zoll}$$

## Beispiel unterschiedlicher Schnittgeschwindigkeiten

Die Schnittgeschwindigkeit ist abhängig vom Werkstückdurchmesser.



Gegeben:

Spindeldrehzahl,  $n = 2000 \text{ U/min}$

Durchmesser,  $D_{m1} = 50 \text{ mm (1.969 Zoll)}$

Durchmesser,  $D_{m2} = 80 \text{ mm (3.150 Zoll)}$

Metrisch

$$v_c = \frac{\pi \times D_m \times n}{1000} \text{ m/min}$$

$$v_{c1} = \frac{3.14 \times 50 \times 2000}{1000} = 314 \text{ m/min}$$

$$v_{c2} = \frac{3.14 \times 80 \times 2000}{1000} = 502 \text{ m/min}$$

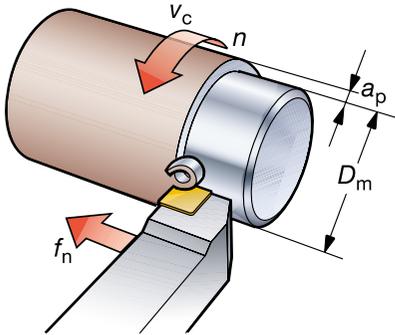
Zoll

$$v_c = \frac{\pi \times D_m \times n}{12} \text{ Fuß/min}$$

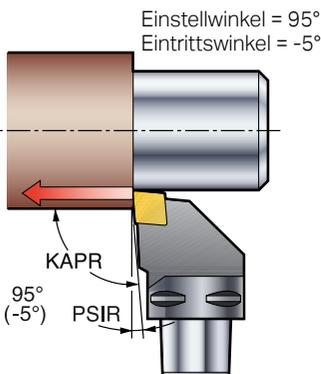
$$v_{c1} = \frac{3.14 \times 1.969 \times 2000}{12} = 1030 \text{ Fuß/min}$$

$$v_{c2} = \frac{3.14 \times 3.150 \times 2000}{12} = 1649 \text{ Fuß/min}$$

# Begriffsdefinitionen



- $n$  = Spindeldrehzahl, U/min
- $v_c$  = Schnittgeschwindigkeit, m/min
- $f_n$  = Vorschub, mm/U
- $a_p$  = Schnitttiefe, mm
- KAPR = Einstellwinkel
- PSIR = Eintrittswinkel



## Spindeldrehzahl

Das Werkstück dreht sich in der Drehmaschine mit einer bestimmten Spindeldrehzahl ( $n$ ), das heißt bei einer bestimmten Anzahl Umdrehungen pro Minute (U/min).

## Oberfläche/Schnittgeschwindigkeit

Die Schnittgeschwindigkeit ( $v_c$ ) in m/min (Fuß/min) ist die Geschwindigkeit, mit der die Peripherie des gedrehten Durchmessers an der Schneidkante vorbeiläuft.

## Vorschub

Der Vorschub ( $f_n$ ) in mm/U (Zoll/U) ist die Bewegung des Werkzeugs im Verhältnis zum rotierenden Werkstück. Dies ist ein Schlüsselwert für die Oberflächengüte des bearbeiteten Werkstücks und die Voraussetzung, dass die Spanbildung innerhalb des Bereichs der Werkzeuggeometrie liegt. Dieser Wert hat nicht nur Einfluss auf die Spandicke, sondern auch darauf, wie sich der Span an der Wendeschneidplattengeometrie formt.

## Schnitttiefe

Die Schnitttiefe ( $a_p$ ) in mm (Zoll) ist die Hälfte der Differenz zwischen unbearbeitetem und bearbeitetem Werkstückdurchmesser. Die Schnitttiefe wird immer im rechten Winkel zur Vorschubrichtung des Werkzeugs gemessen.

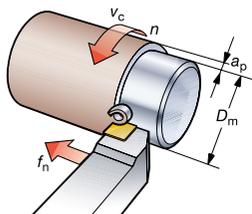
## Einstellwinkel KAPR, Eintrittswinkel PSIR

Die Anstellung der Schneidkante an das Werkstück wird durch den Einstellwinkel (KAPR) ausgedrückt. Es handelt sich um den Winkel zwischen Schneidkante und Vorschubrichtung. Im Vergleich dazu wird der Winkel zwischen der Schneidkante und der Werkstückebene als Eintrittswinkel (PSIR) bezeichnet. Der Einstellwinkel hat bei der Auswahl eines Drehwerkzeugs einen großen Einfluss auf die Spanbildung.

# Berechnung von Schnittdaten

## Schnittgeschwindigkeit

Beispiel für die Berechnung der Spindeldrehzahl ( $n$ ) aus der Schnittgeschwindigkeit ( $v_c$ ).



Gegeben:

Schnittgeschwindigkeit,  $v_c = 400$  m/min (1312 Fuß/min)

Durchmesser  $D_m = 100$  mm (3.937 Zoll)

Metrisch

$$n = \frac{v_c \times 1000}{\pi \times D_m} \quad \text{U/min}$$

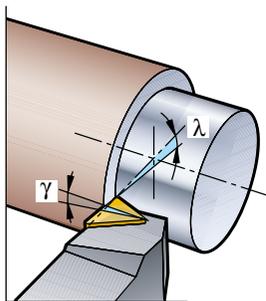
$$n = \frac{400 \times 1000}{3,14 \times 100} = 1274 \text{ U/min}$$

Zoll

$$n = \frac{v_c \times 12}{\pi \times D_m} \quad \text{U/min}$$

$$n = \frac{1312 \times 12}{3,14 \times 3,937} = 1274 \text{ U/min}$$

## Neigungswinkel und Spanwinkel



Antriebsleistung, Schlichteigenschaften des Werkzeugs, Vibrationsneigung und Spanbildung.

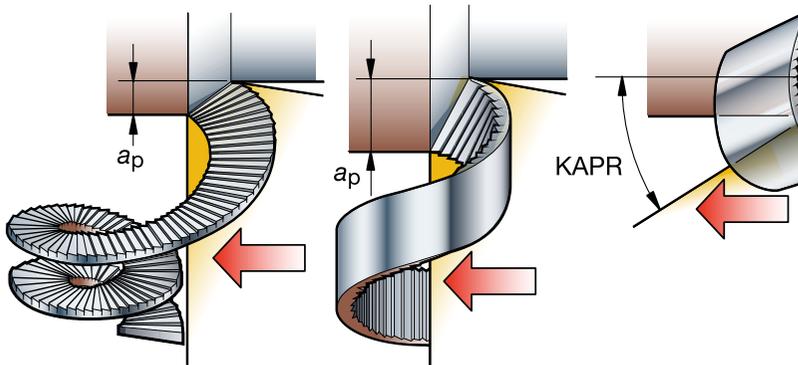
### Neigungswinkel

Der Neigungswinkel Lambda (LAMS) ist der Winkel, unter dem die Wendeschneidplatte im Werkzeughalter eingespannt ist. In eingespanntem Zustand bestimmen die Wendeschneidplattengeometrie und die Neigung im Werkzeughalter den Schnittwinkel, mit dem die Schneidkante schneidet.

### Spanwinkel

Der Spanwinkel Gamma (GAMO) ist ein Maß für die Beziehung der Schneidkante zum Schnitt. Der Spanwinkel in der Wendeschneidplatte selbst ist normalerweise positiv. Die Mikrogeometrie, Übergang zwischen Freifläche und Spanfläche, und Freiwinkelseite ist mit einer Verrundung und/oder Fase ausgeführt und beeinflusst Schneidkantenstabilität,

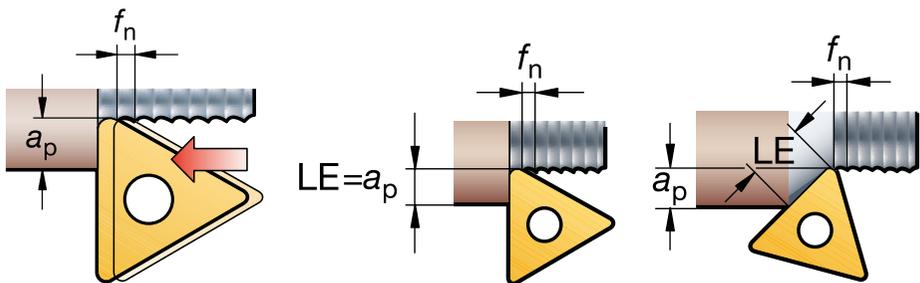
## Schnitttiefe und Spanbildung



Die Schnitttiefe ( $a_p$ ) ist die Länge, mit der die Schneidkante in das Werkstück eingreift.

Die Spanbildung variiert je nach Schnitttiefe, Einstellwinkel (Eintrittswinkel), Vorschub, Werkstoff und Wendeschneidplattengeometrie.

## Vorschubrate und effektive Schneidkantenlänge



### Vorschubrate

Die Vorschubrate ( $f_n$ ) ist die Distanz, die die Schneidkante entlang des Schnitts pro Umdrehung zurücklegt.

### Schneidkantenlänge

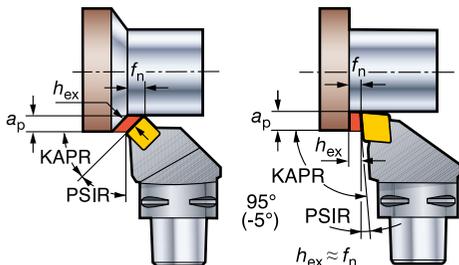
Die effektive Schneidkantenlänge (LE) steht im Zusammenhang mit der Schnitttiefe und dem Einstellwinkel (Eintrittswinkel).

# Auswahl der Wendeschneidplattenform, des Einstellwinkels (Eintrittswinkels) und der Spandicke

Der Einstellwinkel KAPR (Eintrittswinkel PSIR) des Werkzeugs und der Eckenradius,  $R_E$ , der Wendeschneidplatte beeinflussen die Spanbildung dahingehend, dass sie sich auf den Spanungsquerschnitt auswirken.

Bei einem kleinerem Einstellwinkel oder größerem Eintrittswinkel werden die Späne dünner und breiter.

Die Richtung des Spanflusses ändert sich ebenfalls.



KAPR = 45°

PSIR = 45°

$h_{ex} \approx f_n \times 0.71$

## Einstellwinkel KAPR (Eintrittswinkel PSIR)

- Wird bestimmt durch den verwendeten Plattensitz des Werkzeughalters in Kombination mit der gewählten Wendeschneidplattenform.

## Maximale Spandicke $h_{ex}$

- Nimmt bei abnehmendem Einstellwinkel negativ zur Vorschubrate ab (Eintrittswinkel nimmt zu).

## Mögliche Positionen von Einstellwinkel (Eintrittswinkel) für Wendeschneidplattenformen



CNMG

Einstellwinkel KAPR: 95°

Eintrittswinkel PSIR: -5°



DNMG

Einstellwinkel KAPR: 107.5°, 93°, 62.5°

Eintrittswinkel PSIR: -17.5°, -3°, 27.5°



WNMG

Einstellwinkel KAPR: 95°

Eintrittswinkel PSIR: -5°



SNMG

Einstellwinkel KAPR: 45°, 75°

Eintrittswinkel PSIR: 45°, 15°



RCMT

Einstellwinkel KAPR: Variable

Eintrittswinkel PSIR: Variable



TNMG

Einstellwinkel KAPR: 93°, 91°, 60°

Eintrittswinkel PSIR: -3°, -1°, 30°



VNMG

Einstellwinkel KAPR: 117.5°, 107.5°, 72.5°

Eintrittswinkel PSIR: -27.5°, -17.5°, 17.5°

## Auswirkung des Einstellwinkels (Eintrittswinkels) auf die Spandicke

Die maximale Spandicke  $h_{ex}$  nimmt bei kleiner werdendem Einstellwinkel im Verhältnis zur Vorschubrate ab (Eintrittswinkel nimmt zu).

Einstellwinkel KAPR Eintrittswinkel PSIR	 95° -5°	 75° 15°	 60° 30°	 45° 45°	 90° min 0° max
Spandicke im Vergleich zum Vorschub, mm (Zoll)	1	0.96	0.87	0.71	Variabel
Kontaktlänge $l_a$ , mm (Zoll) bei $a_p$ 2 mm (.079 Zoll)	2 (.079)	2.08 (.082)	2.3 (.091)	2.82 (.111)	Variabel

## Berechnung der Nutzleistung

Die zur Zerspaltung erforderliche Nutzleistung ( $P_C$ ) ist insbesondere beim Schruppen von Bedeutung, da für diesen Prozess eine ausreichende Antriebsleistung der Maschine in kW und HP sicherzustellen ist. Die Effizienz der Maschine ist ebenfalls von großer Bedeutung.

Informationen über den  $k_c$  Wert, siehe Seite H 16.

$n$  = Spindeldrehzahl, U/min

$v_c$  = Schnittgeschwindigkeit, m/min (Fuß/min)

$f_n$  = Vorschub, mm/U (Zoll/U)

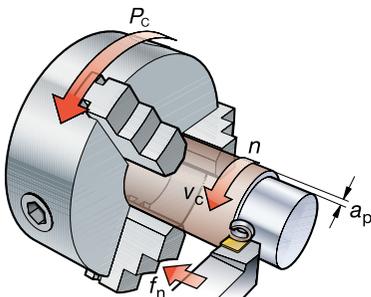
$a_p$  = Schnitttiefe, mm (Zoll)

$k_c$  = Spezifische Schnittkraft, N/mm<sup>2</sup> (Pfund/Zoll<sup>2</sup>)

$P_C$  = Nutzleistung, kW (HP)

kW = Kilowatt

HP = PS



$$P_C = \frac{v_c \times a_p \times f_n \times k_c}{60 \times 10^3} \quad \text{kW}$$

$$P_C = \frac{v_c \times a_p \times f_n \times k_c}{33 \times 10^3} \quad \text{PS}$$

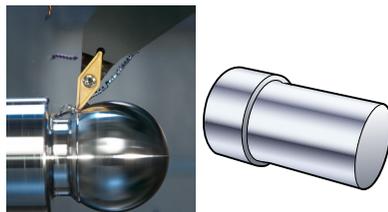
# Auswahlverfahren

## Produktionsplanung

1

Bauteil

Abmessungen und  
Bearbeitungsart

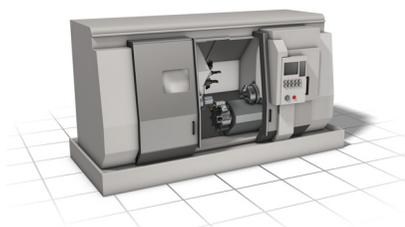


Werkstoff und Menge

2

Maschine

Maschinenparameter



3

Wahl des  
Werkzeugs

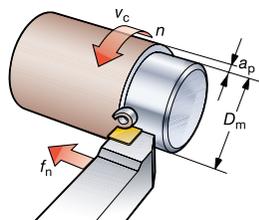
Art des Drehwerkzeugs:  
- Außen-/Innendrehen  
- Längsdrehen  
- Plandrehen  
- Profildrehen



4

Korrekte  
Anwendung

Schnittdaten,  
Werkzeugweg, usw.



5

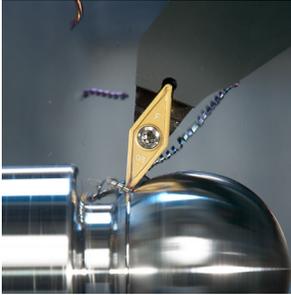
Problem-  
behebung

Abhilfe und Lösungen



# 1. Werkstück und Werkstoff

## Zu berücksichtigende Parameter



### Bauteil

- Analyse der Maße und Qualitätsanforderungen an die herzustellende Oberfläche
- Bearbeitungsart (Längs-, Profil- und Plandrehen)
- Außen-, Innenbearbeitung
- Schruppen, mittlere Bearbeitung oder Schlichten
- Werkzeugwege
- Anzahl der Durchgänge
- Toleranzen.

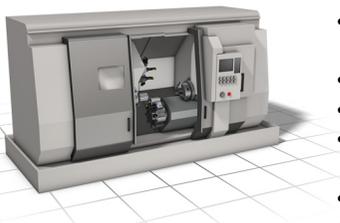
<b>P</b>	Stahl
<b>M</b>	Rostfreier Stahl
<b>K</b>	Guss
<b>N</b>	NE-Metalle
<b>S</b>	Warmfeste Superlegierungen (HRSA) und Titan
<b>H</b>	Gehärteter Stahl

### Material

- Zerspanbarkeit
- Gegossen oder vorbearbeitet
- Spanbruch
- Härte
- Legierungselemente.

## 2. Maschinenparameter

### Zustand der Maschine



### Wichtige Überlegungen bezüglich der Maschine:

- Stabilität, Leistung und Drehmoment, insbesondere bei größeren Durchmessern
- Werkstückspannung
- Werkzeugposition
- Werkzeugwechselzeiten/Anzahl der Werkzeuge im Revolver
- Drehzahlgrenze (U/min), Stangenvorschubmagazin
- Gegenspindel oder Reitstock verfügbar?
- Sämtliche Maßnahmen zur Stabilisierung ergreifen
- Einfache Programmierung
- Kühlschmierstoffdruck.

## 3. Auswahl der Werkzeuge

### Allgemeine Anwendung - Drehen mit rhombischen Wendeschneidplatten



#### Vorteile

- Vielseitige Anwendbarkeit
- Großer Einstellwinkel
- Zum Längs- und Plandrehen
- Hohe Stabilität zum Schruppen

#### Nachteile

- Können beim Drehen schlanker Bauteile Vibrationen verursachen.

### Drehen mit Wiper-Wendeschneidplatten



#### Vorteile

- Erlaubt höhere Vorschübe und Produktivitätsgewinne
- Ermöglicht eine höhere Oberflächengüte bei gleicher Vorschubrate
- Steigert die Produktivität.

#### Nachteile

- Beim Rückwärts- und Profildrehen ist die Wiper-Schneidkante wirkungslos.

### Sandvik Coromants innovative Drehkonzepte



#### Vorteile

- Höhere Schnittdaten beim Profildrehen
- Erhöhte Fähigkeit zur Einhaltung enger Toleranzen.



#### Vorteile

- Mehrschneidenlösung
- Spankontrolle und vorhersagbare Standzeit.

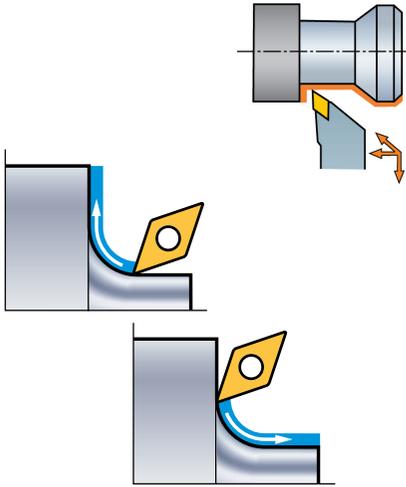


#### Vorteile

- Drehen in allen Richtungen
- Effizientes und produktives Drehen.

## 4. Korrekte Anwendung

### Wichtige Überlegungen zur Anwendung



Der Werkzeugweg hat einen entscheidenden Einfluss auf den Zerspanungsprozess.

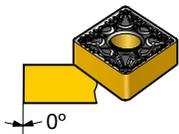
Er beeinflusst:

- Spankontrolle
- Wendeschneidplattenverschleiß
- Oberflächengüte
- Standzeit.

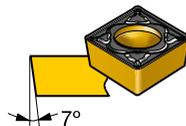
In der Praxis haben Werkzeughalter, Wendeschneidplattengeometrie, Schneidstoff, Werkstoff und Werkzeugweg entscheidenden Einfluss auf die Taktzeit und Produktivität.

## 5. Problembehebung

### Ausgewählte Faktoren, die zu berücksichtigen sind



Negative Ausführung



Positive Ausführung

### Freiwinkel an der Hauptschneide

- Positive Wendeschneidplatten verwenden, um bei der allgemeinen Drehbearbeitung und beim Innendrehen niedrigere Schnittkräfte zu erzielen.

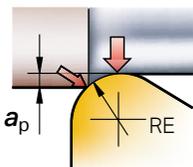


### Spanbruch

- Spanbruch durch Veränderung der Schnitttiefe, des Vorschubs oder Verwendung einer anderen Wendeschneidplattengeometrie optimieren.

### Eckenradius

- Die Schnitttiefe sollte mindestens der Größe des Eckenradius entsprechen (RE).

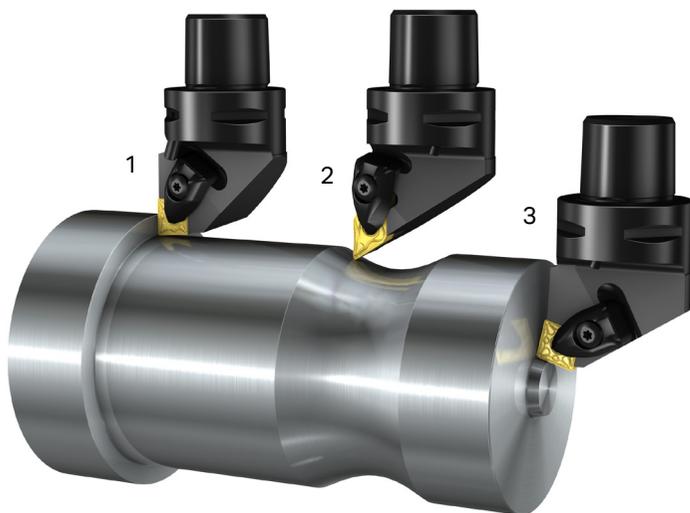


### Wendeschneidplattenverschleiß

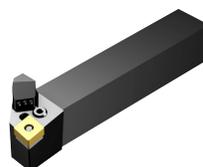
- Sicherstellen, dass der Freiflächenverschleiß das Richtmaß von 0,5 mm (.020 Zoll) nicht überschreitet.

# Außendrehen, negative Wendeschneidplatten

1. Längsdrehen
2. Profildrehen
3. Plandrehen



## Überblick über Werkzeughalter



- Negative Wendeschneidplatte
- RC-System
- Modulare Werkzeuge/ Schaftwerkzeuge.

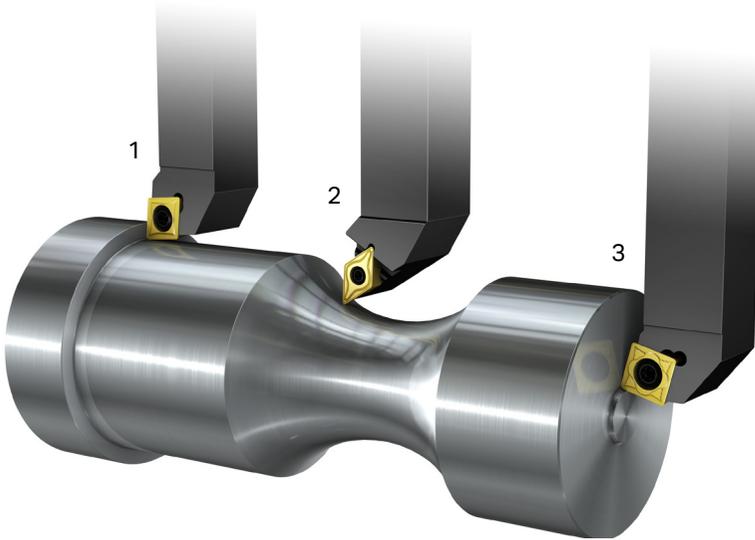
- Negative Wendeschneidplatte
- Hebelspannsystem
- Modulare Werkzeuge/ Schaftwerkzeuge.

- Negative/positive Wendeschneidplatten
- Alle Spannsysteme
- Schneidköpfe
- Modulare Werkzeuge/ Schaftwerkzeuge.

- Negative Wendeschneidplatten
- Hebelspannsystem
- Präzisionskühlung
- Modulare Werkzeuge/ Schaftwerkzeuge.

# Außendrehen - positive Wendeschneidplatten

1. Längsdrehen
2. Profildrehen
3. Plandrehen



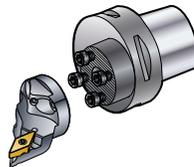
## Überblick über Werkzeughalter



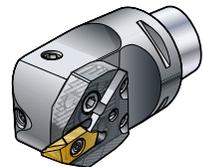
- Positive Wendeschneidplatte
- Schraubspannsystem
- Modulare Werkzeuge/  
Schaftwerkzeuge
- Präzisionskühlung.



- Positive Wendeschneidplatte
- Schraubspannsystem
- iLock™ Schnittstelle
- Modulare Werkzeuge/  
Schaftwerkzeuge.

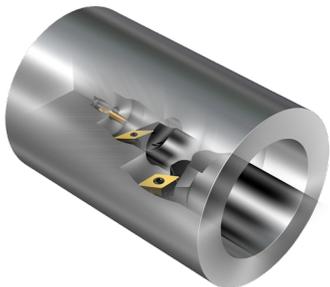


- Negative/positive Wendeschneidplatte
- Alle Spannsysteme
- Schneidköpfe
- Modulare Werkzeuge/  
Schaftwerkzeuge.



- Positive Wendeschneidplatte
- Schraubspannsystem
- Modulare Werkzeuge/  
Schaftwerkzeuge.

# Innendrehen, negative/positive Wendeschneidplatten



Positive Wendeschneidplatten

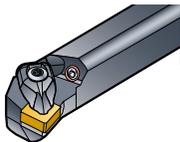


Negative Wendeschneidplatten

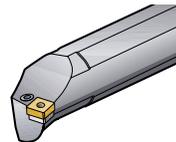
## Überblick über Werkzeughalter zur Innenbearbeitung



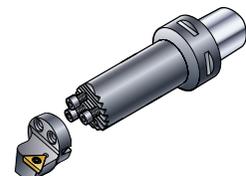
- Negative/positive Wendeschneidplatte
- Schwingungsgedämpfte Bohrstangen
- Bohrstangen



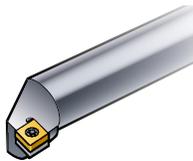
- Negative Wendeschneidplatte
- RC-System
- Modular/Bohrstangen.



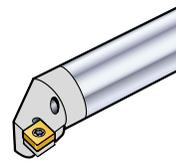
- Negative Wendeschneidplatte
- Hebelspannsystem
- Modular/Bohrstangen.



- Negative/positive Wendeschneidplatte
- Alle Spannsysteme
- Schneidköpfe
- Schwingungsgedämpfte modulare/Bohrstangen
- Präzisionskühlung.

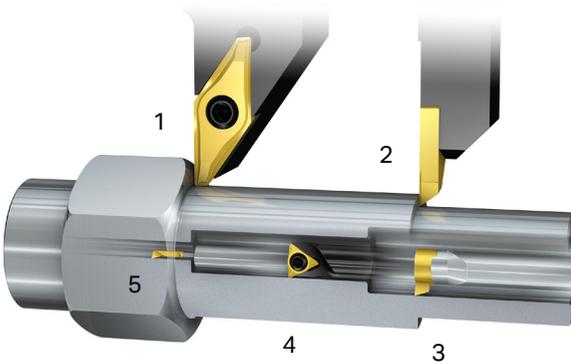


- Positive Wendeschneidplatte
- Schraubspannsystem
- Schneidköpfe
- Modular/Bohrstangen.
- Präzisionskühlung.



- Schwingungsgedämpfte Bohrstangen
- Bohrstangen.

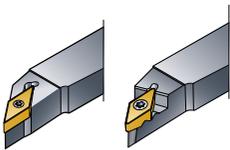
# Innenbearbeitungswerkzeuge für die Kleinteilfertigung



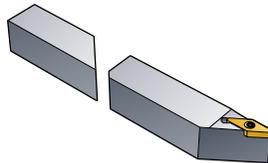
1. Außenbohren
2. Außenbohren (Langbohrer)
3. Innendrehen (auswechselbare Wendschneidplatten)
4. Innendrehen
5. Innendrehen (Hartmetallbohrstangen)

## Überblick über Werkzeughalter

### Werkzeuge zur Außenbearbeitung



- Positive Wendschneidplatte
- Schraubspannsystem
- Schaftwerkzeuge
- Präzisionskühlung.



- Werkzeuge mit Schnellwechselfunktion
- Positive Wendschneidplatte
- Schraubspannsystem.

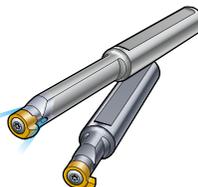


- Positive Wendschneidplatte
- Schraubspannsystem.

### Werkzeuge zur Innenbearbeitung



- Positive Wendschneidplatte
- Schraubspannsystem
- Präzisionskühlung.



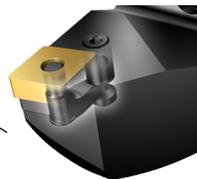
- Positive Schneidplatte
- Schraubspannsystem.



- Hartmetallbohrstangen
- Maschinenspezifische Bohrstangen.

# Überblick über die Spannmethode von Wendeschneidplatten

## Spannung von Wendeschneidplatten mit negativer Grundform

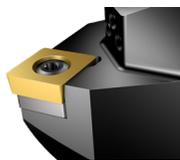


RC-System



Hebelspannsystem

## Spannung von Wendeschneidplatten mit positiver Grundform



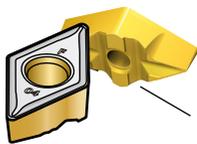
Schraubspannsystem



Schraubspannsystem



## Spannung von positiven iLock™ Wendeschneidplatten



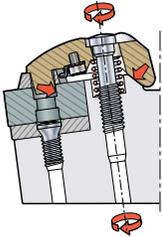
iLock™

Schraubspannsystem



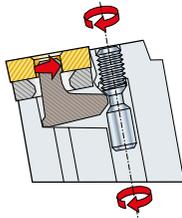
# Moderne Wendeschneidplattenspannung bei Drehwerkzeugen

## RC-System



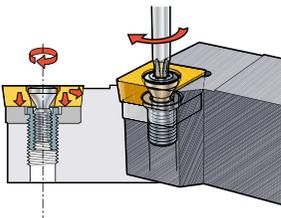
- Negative Wendeschneidplatten
- Ausgezeichnete Spannung
- Einfacher Schneidkantenwechsel.

## Hebelspannung



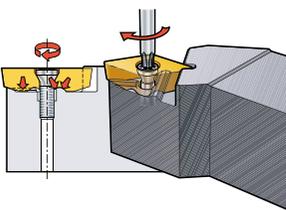
- Negative Wendeschneidplatten
- Ungehinderter Spanfluss
- Einfacher Schneidkantenwechsel.

## Schraubspannung

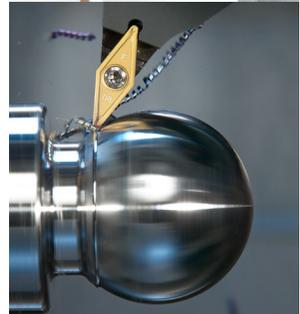


- Positive Wendeschneidplatten
- Sichere Spannung der Wendeschneidplatte
- Ungehinderter Spanfluss.

## Schraubspannsystem, iLock™



- Positive Wendeschneidplatten
- Sehr sichere Spannung
- Hohe Präzision.



Drehen

B

Abstechen und  
Einstechen

C

Gewindedrehen

D

Fräsen

E

Bohren

F

Aufbohren

G

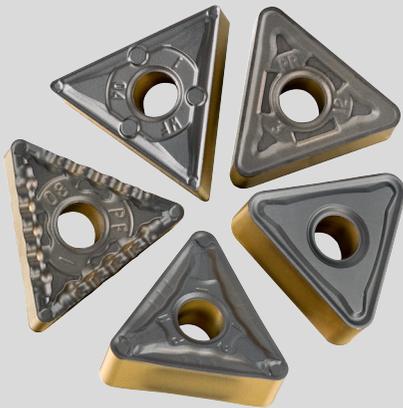
Werkzeughalter

H

Zerspanbarkeit  
Sonstige Informationen

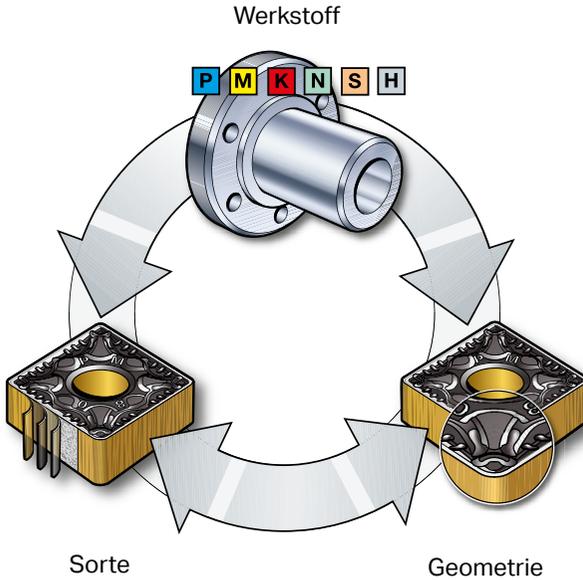
# Auswahl der Wendschneidplatten

- Grundlegende Faktoren A 23
- Wendschneidplattengeometrien A 31
- Wendschneidplattensorten A 38
- Wendschneidplattenform, -größe, -eckenradius A 41
- Auswirkungen der Schnittdaten auf die Standzeit A 47



# Die komplexe Welt der Zerspantung

Für einen erfolgreichen Zerspantungprozess ist es erforderlich, genaue Kenntnisse über den Werkstoff zu besitzen und die für die spezifische Anwendung korrekte Geometrie und Sorte zu wählen.



- Die Wechselwirkung zwischen einer optimierten Geometrie und optimierter Sorte für einen bestimmten Werkstoff ist der Schlüssel zu einer erfolgreichen Zerspantung.
- Diese drei Hauptfaktoren müssen sorgfältig in die Überlegungen mit einbezogen und der jeweiligen Anwendung angepasst werden.
- Das Wissen und das Verständnis darüber, wie mit diesen Faktoren umgegangen werden kann, ist von grundlegender Bedeutung.

Ausgangspunkt der Zerspantung ist die Schneidkante

Hochgeschwindigkeitsaufnahmen typischer Spanbruchsequenzen



## Sechs Werkstoffgruppen

In der Zerspanungsindustrie gibt es zahlreiche unterschiedliche Bauteilausführungen aus unterschiedlichen Werkstoffen. Jedes Material weist einzigartige Merkmale auf, die durch Legierungsbestandteile, Wärmebehandlung, Härte und andere Faktoren beeinflusst werden. Dies hat entscheidenden Einfluss auf die Wahl von Wendeschneidplattengeometrie, Sorte und Schnittdaten.

Daher wurden die Werkstoffe nach ISO-Norm in sechs Hauptgruppen unterteilt, wobei jede Gruppe spezifische Eigenschaften hinsichtlich der Zerspanbarkeit aufweist.

## Werkstoffgruppen



Stahl



- **ISO P** – Stahl macht die größte Materialgruppe in der Metallbearbeitung aus; sie umfasst unlegierte und hochlegierte Werkstoffe, einschließlich Stahlguss sowie ferritische und martensitische rostfreie Stähle. Normalerweise ist die Zerspanbarkeit gut, dies hängt allerdings in hohem Maße von der Materialhärte, dem Kohlenstoffgehalt und anderen Merkmalen ab.



Rostfreier Stahl



- **ISO M** – Rostfreie Stähle sind legierte Werkstoffe mit einem Mindestchromgehalt von 12 %; andere Legierungen sind beispielsweise Nickel und Molybdän. Unterschiedliche Ausprägungen, wie z. B. ferritisch, martensitisch, austenitisch und austenitisch-ferritisch (Duplex) bilden so eine große Werkstoffgruppe. Gemeinsam ist all diesen Arten, dass die Schneidkanten in hohem Maße Wärme, Korbverschleiß und Aufbauschneidenbildung ausgesetzt sind.



**K** Guss

- **ISO K** – Gusseisen ist im Gegensatz zu Stahl ein kurz spanender Werkstoff. Grauguss (GG) und Temperguss (GT) sind relativ einfach zu bearbeiten, während Kugelgraphitguss (GGG), Gusseisen mit Vermiculargraphit (GJS) sowie bainitisches Gusseisen (ADI) höhere Ansprüche stellen. Alle Arten von Gusseisen enthalten Siliziumkarbid (SiC), was sehr abrasiv auf die Schneidkante wirkt.

**N** Aluminium

- **ISO N** – NE-Metalle sind weichere Metalle, wie z. B. Aluminium, Kupfer, Messing usw. Aluminium mit einem Siliziumanteil (Si) von 13 % ist sehr abrasiv. Für Wendeschneidplatten mit scharfen Schneidkanten können generell hohe Schnittgeschwindigkeiten und eine lange Standzeit vorausgesetzt werden.

**S** Warmfeste Legierungen

- **ISO S** – Warmfeste Superlegierungen (HRSA) beinhalten eine Vielzahl an hoch legierten Eisen-, Nickel-, Kobalt sowie Titanbestandteilen. Sie neigen zum Aufkleben, Aufbauschneidenbildung, Kaltverfestigung und Wärmebildung, d.h. sie sind der ISO-M Gruppe sehr ähnlich, aber weitaus schwerer zerspanbar und liefern daher kürzere Standzeiten.

**H** Gehärteter Stahl

- **ISO H** – Diese Gruppe umfasst Stähle mit einer Härte zwischen 45-65 HRC sowie Kokillenhartguss von ca. 400-600 HB. Ihre Härte macht sie schwer zerspanbar. Die Werkstoffe erzeugen beim Schneiden Wärme und sind sehr abrasiv für die Schneidkante.

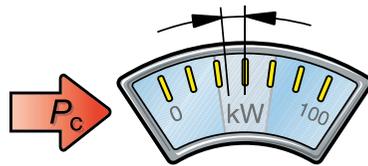
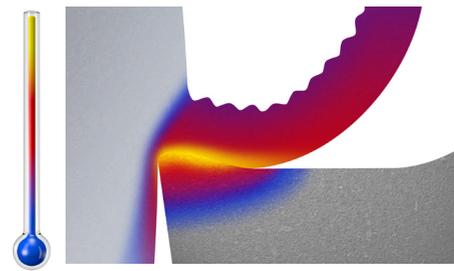
## Schnittkräfte

Ein weiteres Merkmal, das die sechs Werkstoffgruppen unterscheidet, ist die Kraft, ( $F_T$ ) die unter bestimmten Bedingungen erforderlich ist, um einen spezifischen Spannungsquerschnitt abzutragen.

Dieser Wert, die spezifische Schnittkraft ( $k_c$ ), wird für unterschiedliche Arten von Werkstoffen angegeben und in der Berechnung der für eine Anwendung erforderlichen Leistung verwendet.

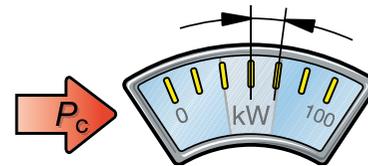
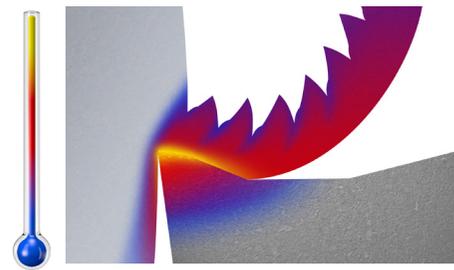
$k_{c1}$  = Spezifische Schnittkraft für durchschnittliche Spandicke von 1 mm (.039 Zoll).

### P Stahl



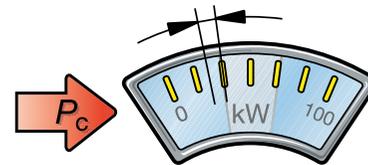
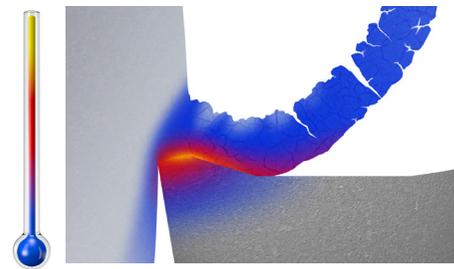
- P-Werkstoffe haben eine  $k_{c1}$  Abweichung von:  
1500-3100 N/mm<sup>2</sup>  
(217,500-449,500 Pfund/Zoll<sup>2</sup>)

### M Rostfreier Stahl

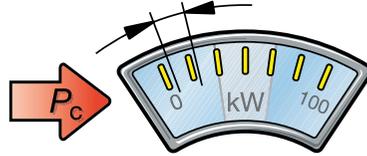
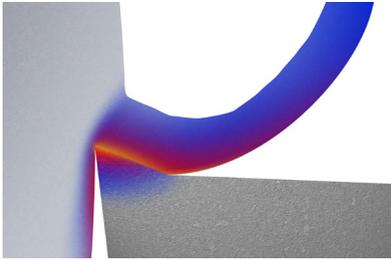


- M-Werkstoffe haben eine  $k_{c1}$  Abweichung von:  
1800-2850 N/mm<sup>2</sup>  
(261,000-413,250 Pfund/Zoll<sup>2</sup>)

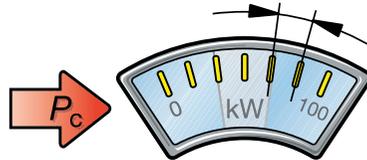
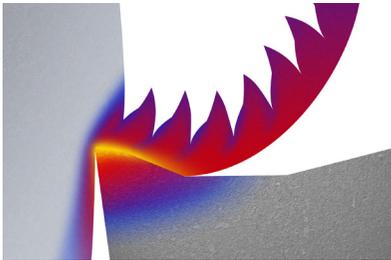
### K Guss



- K-Werkstoffe haben eine  $k_{c1}$  Abweichung von:  
790-1350 N/mm<sup>2</sup>  
(114,550-195,750 Pfund/Zoll<sup>2</sup>)

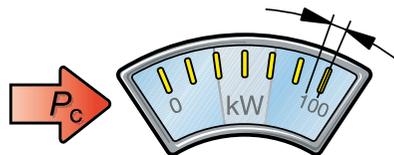
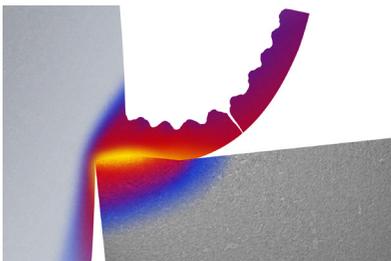
**N** Aluminium

- N-Werkstoffe haben eine  $k_{c1}$  Abweichung von:  
350-1350 N/mm<sup>2</sup>  
(50,750-195,750 Pfund/Zoll<sup>2</sup>)

**S** Warmfeste Superlegierungen

- S-Werkstoffe haben eine  $k_{c1}$  Abweichung von:  
2400-3100 N/mm<sup>2</sup>  
(348,000-449,500 Pfund/Zoll<sup>2</sup>) für HRSA

1300-1400 N/mm<sup>2</sup>  
(188,500-203,000 Pfund/Zoll<sup>2</sup>) für  
Titanlegierungen

**H** Gehärteter Stahl

- H-Werkstoffe haben eine  $k_{c1}$  Abweichung von:  
2550 – 4870 N/mm<sup>2</sup>  
(369,750-706,150 Pfund/Zoll<sup>2</sup>)

Drehen

B

Abstechen und  
Einsteichen

C

Gewindedrehen

D

Fräsen

E

Bohren

F

Aufbohren

G

Werkzeughalter

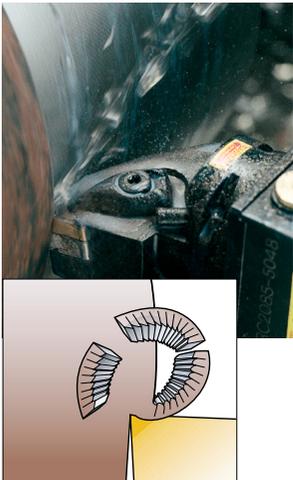
H

Zerspanbarkeit  
Sonstige Informationen

# Spanbildung

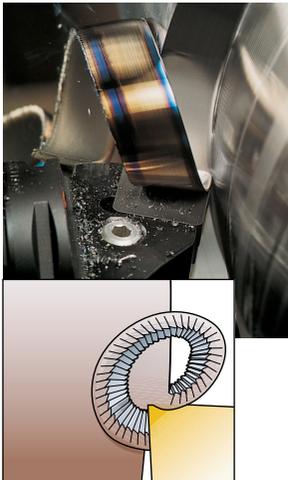
Es gibt drei Arten des Spanbruchs.

## Selbstbrechend



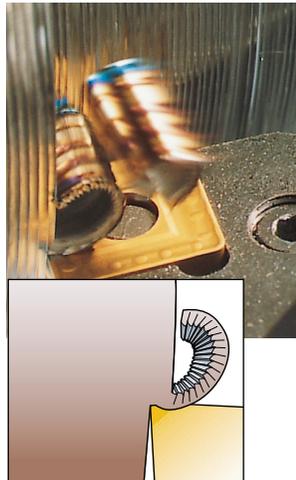
Selbst brechende Späne: hier führt der Werkstoff in Kombination mit der Biegung des Spanes dazu, dass die Späne beim Lösen von der Schneidplatte brechen.

## Spanbruch am Werkzeug



Spanbruch am Werkzeug: der Span krümmt sich, bis er mit der Freifläche der Wendeschneidplatte oder des Werkzeughalters in Berührung kommt und durch die Belastung bricht. Auch wenn diese Methode weit verbreitet ist, kann sie doch in manchen Fällen zu Spanhämmern führen, wobei der Span die Wendeschneidplatte beschädigt.

## Spanbruch am Werkstück

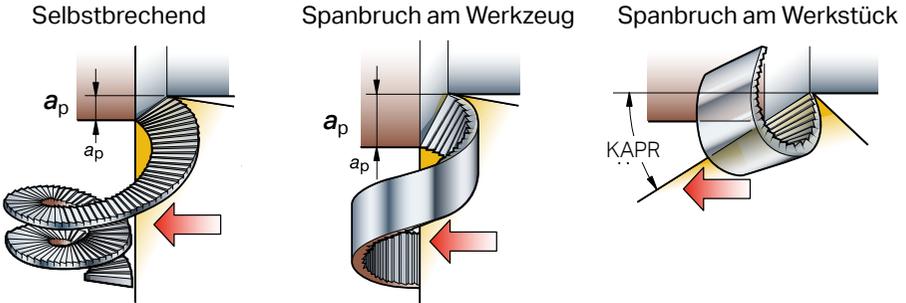


Spanbruch am Werkstück: der Span bricht beim Kontakt mit der Oberfläche des Werkstücks. Aufgrund der potenziellen Beschädigung des Bauteils ist diese Form des Spanbruchs für Anwendungen ungeeignet, bei denen eine hohe Oberflächengüte gefordert wird.



## Die Spanbildung hängt von unterschiedlichen Parametern ab

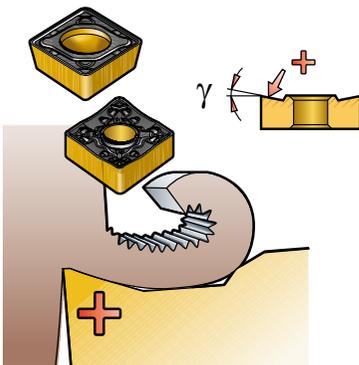
Die Spanbildung variiert je nach Schnitttiefe, Einstellwinkel, Vorschub, Werkstoff und Geometrie des Zerspanungswerkzeugs.



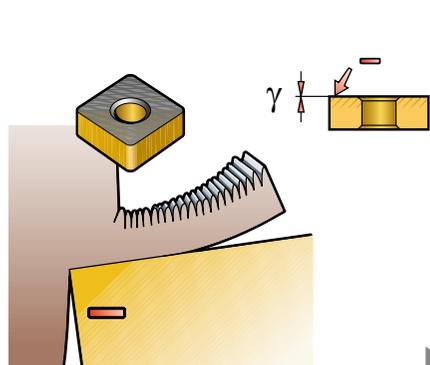
## Spanwinkel der Wendschneidplatte

Der Spanwinkel( $\gamma$ ) Gamma (GAMO) ist ein Maß für die Beziehung der Schneidkante zum Schnitt. Er kann entweder negativ oder positiv sein. Basierend darauf gibt es negative oder positive Wendschneidplatten, bei denen der Freiwinkel entweder Null oder einige Plusgrade beträgt. Dies bestimmt, wie die Wendschneidplatte im Werkzeughalter geneigt wird und führt entweder zu einer negativen oder positiven Schneidwirkung.

### Positive Schneidwirkung



### Negative Schneidwirkung



## ► Spanwinkel der Wendeschneidplatte

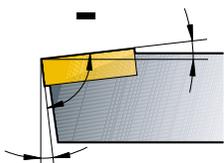
Die Schneidkantengeometrie ist bei negativen und positiven Wendeschneidplatten unterschiedlich:

- Eine negative Wendeschneidplatte hat einen Keilwinkel von  $90^\circ$  an der Schneidkante, wie aus dem Querschnitt der Grundform ersichtlich wird.
- Eine positive Wendeschneidplatte hat

einen Keilwinkel von weniger als  $90^\circ$ .

Die negative Wendeschneidplatte muss im Werkzeughalter negativ geneigt sein, damit tangential zum Werkstück ein Freiwinkel entsteht, während die positive Wendeschneidplatte diesen Freiwinkel integriert hat.

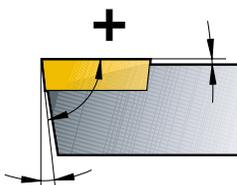
### Negative Ausführung



- Doppelseitig/Einseitig
- Schneidkantenstabilität
- Kein Freiwinkel
- Außen-/Innenbearbeitung
- Anspruchsvolle Zerspanungsbedingungen.

*Hinweis:* Der Flankenfreiwinkel ist der Winkel zwischen der Vorderseite der Wendeschneidplatte und der senkrechten Achse des Werkstücks.

### Positive Ausführung



- Einseitig
- Geringe Schnittkräfte
- Freiwinkel
- Innen-/Außenbearbeitung
- Schlanke Wellen, kleine Bohrungen.

### Wendeschneidplattengeometrien

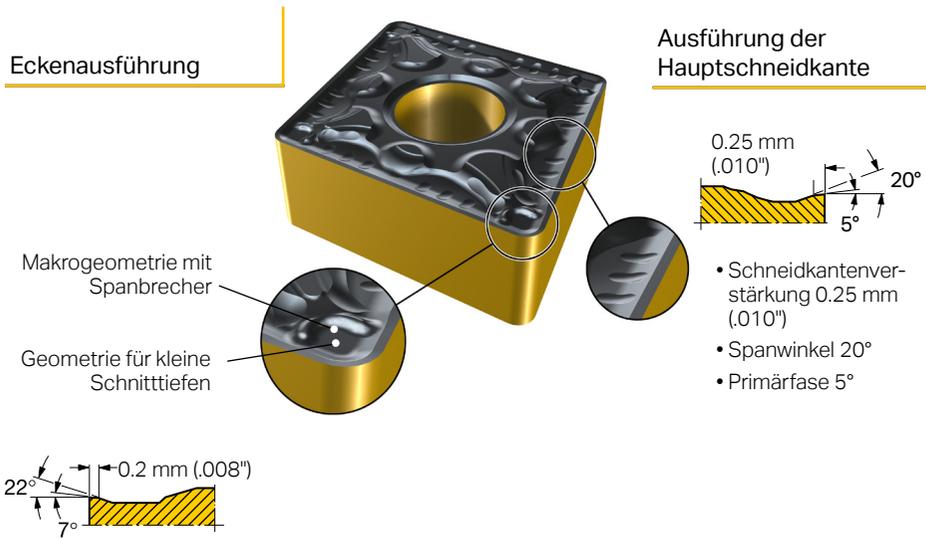
Die Zerspansung ist primär die Wissenschaft der korrekten Entfernung von Spänen vom Werkstück. Späne müssen in Form und Länge den Verarbeitungskapazitäten der Maschine entsprechen.



- Im Vergleich zum Drehen beeinflussen beim Fräsen und Bohren sehr viele Parameter die Spanbildung.
- Drehen ist eine einschneidige Bearbeitung, wobei das Werkzeug nicht-rotierend, das Werkstück rotierend eingesetzt wird.
- Spanwinkel, Geometrie und Vorschub spielen eine wichtige Rolle bei der Spanbildung.
- Der Wärmetransport aus der Schnittzone durch Späne (80%) ist ein Schlüsselfaktor.

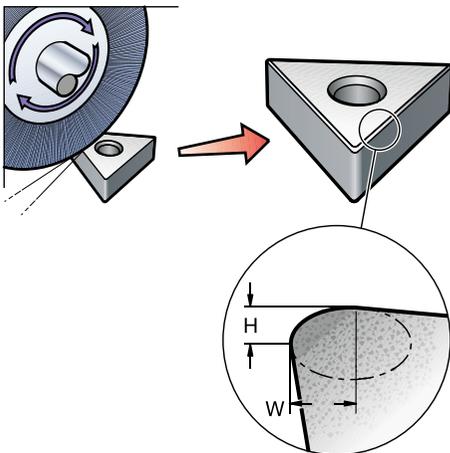
# Die Ausführung einer modernen Wendeschneidplatte

## Begriffsdefinitionen und Geometrieausführung



## Die Verstärkung der Schneidkante

Die Kantenverrundung (Bezeichnung ER für Edge Roundness) verleiht der Schneidkante die endgültige Mikrogeometrie.

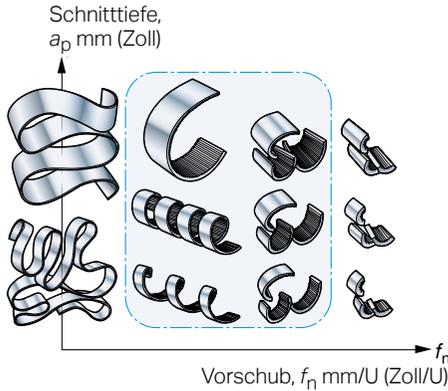


- Die Kantenverrundung wird vor dem Beschichten vorgenommen und verleiht der Schneidkante ihre endgültige Form (Mikrogeometrie).
- Die Eignung einer Wendeschneidplatte für eine bestimmte Anwendung hängt vom Verhältnis  $W/H$  ab.

# Der Arbeitsbereich einer Wendeschneidplattengeometrie

Ein Spanbruchdiagramm für eine Plattengeometrie zeigt den akzeptablen Spanbruchbereich, abhängig von

Vorschub und Schnitttiefe.



- Schnitttiefe ( $a_p$ ) und Vorschub ( $f_n$ ) müssen entsprechend dem Spanbruchbereich der Geometrie angepasst werden, um eine akzeptable Spankontrolle zu erzielen.
- Ein zu harter Spanbruch kann zu Wendeschneidplattenbruch führen.
- Zu lange Späne können den Zerspanungsprozess behindern und eine schlechte Oberflächengüte verursachen.

## Drei Hauptanwendungsbereiche beim Drehen

**R** = Schruppen (Roughing)

**M** = Mittlere Bearbeitung

**F** = Schlichten (Finishing)

**Schruppen**

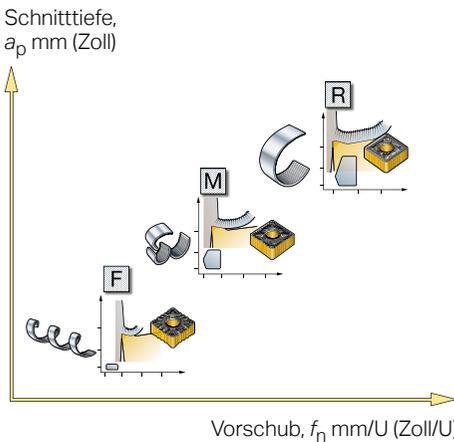
- Maximales Zerspanvolumen und/oder harte Bearbeitungsbedingungen
- Kombination großer Schnitttiefen und Vorschübe
- Hohe Schnittkräfte.

**Mittlere Bearbeitung**

- Die meisten Anwendungen – Allgemeine Einsatzzwecke
- Mittlere Bearbeitungen bis leichtes Schruppen
- Viele Schnitttiefen/Vorschub-Kombinationen möglich.

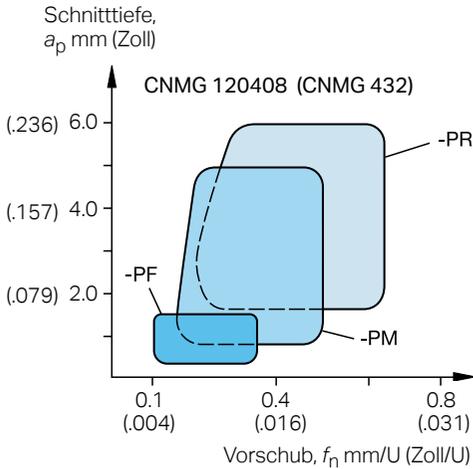
**Schlichten**

- Geringe Schnitttiefen und niedrige Vorschübe
- Geringe Schnittkräfte.



## Spanbruchbereiche

## Drehen von niedrig legiertem Stahl



## Schruppen (Roughing) – R

Kombination großer Schnitttiefen und Vorschübe. Anwendungen, die höchste Anforderungen an die Schneidkantensicherheit stellen.

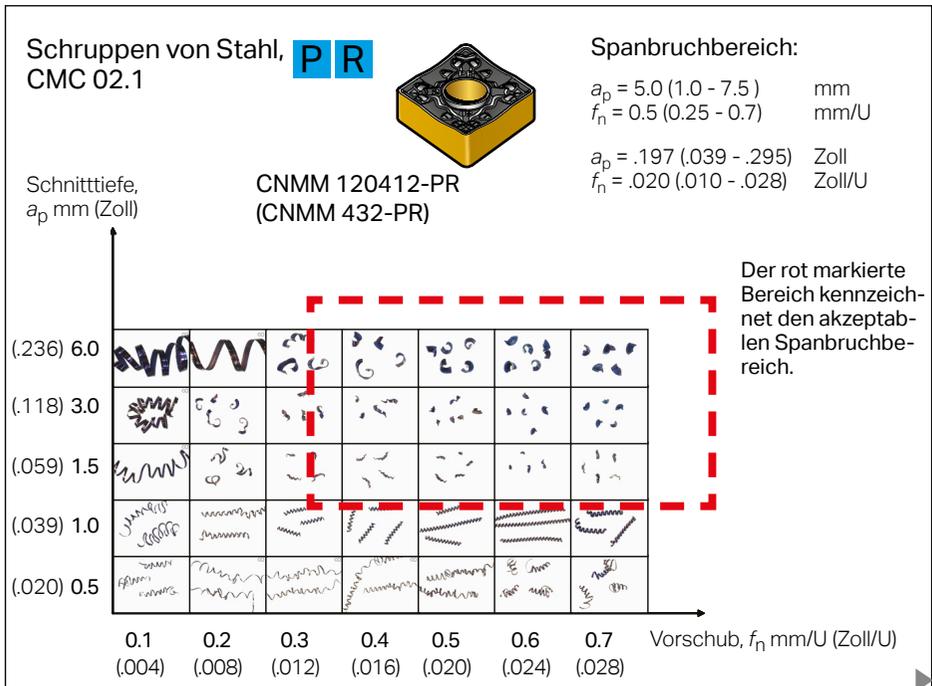
## Mittel – M

Mittlere Bearbeitung bis leichtes Schruppen. Breites Angebot für Kombinationen von Schnitttiefe und Vorschub.

## Schlichten (Finishing) – F

Anwendungen bei geringen Schnitttiefe-Vorschub-Kombinationen. Anwendungen, die niedrige Schnittkräfte erfordern.

## Spanbruchdiagramm

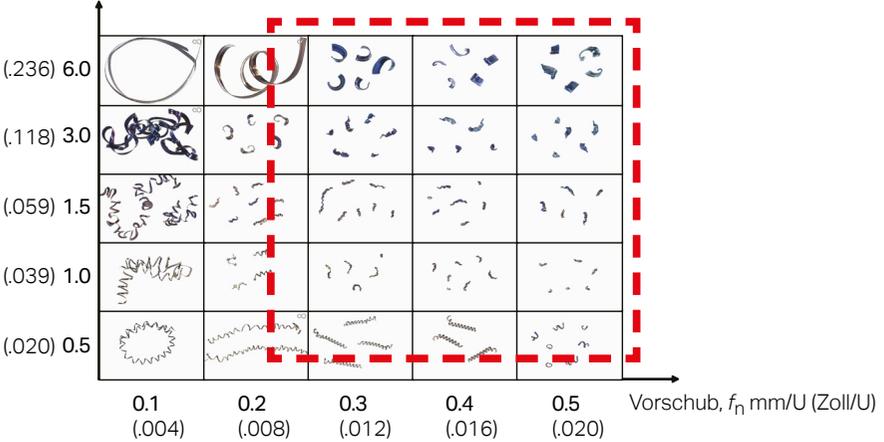


Mittlere Bearbeitung  
von Stahl, CMC 02.1

P M



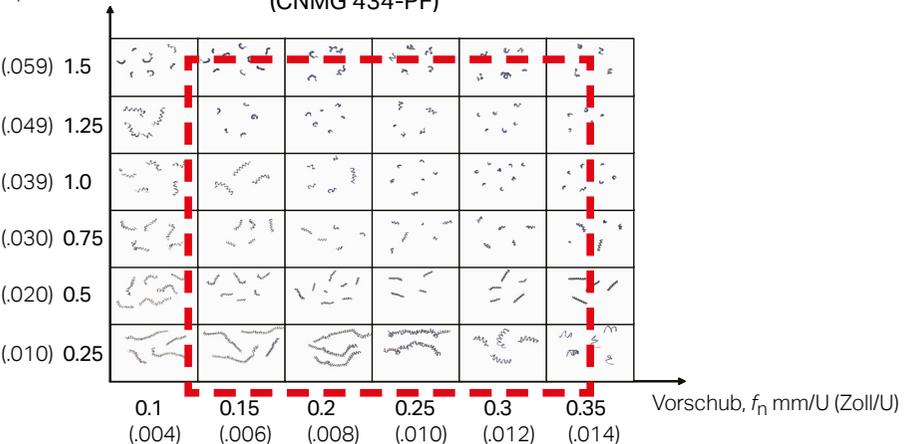
Spanbruchbereich:

 $a_p = 3.0$  (0.5 - 5.5) mm  
 $f_n = 0.3$  (0.15 - 0.5) mm/U  
 $a_p = .118$  (.020 - .217) Zoll/U  
 $f_n = .012$  (.006 - .020)
CNMG 120408-PM  
(CNMG 432-PM)Schnitttiefe,  
 $a_p$  mm (Zoll)Schichten von Stahl,  
CMC 02.1

P F

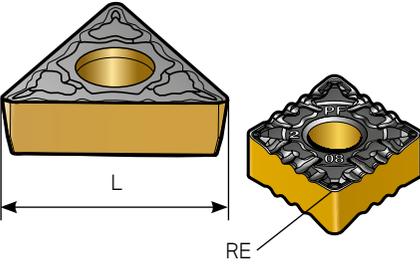


Spanbruchbereich:

 $a_p = 0.4$  (0.25 - 1.5) mm  
 $f_n = 0.15$  (0.07 - 0.3) mm/U  
 $a_p = .016$  (.010 - .059) Zoll/U  
 $f_n = .006$  (.003 - .012)
CNMG 120404-PF  
(CNMG 434-PF)Schnitttiefe,  
 $a_p$  mm (Zoll)

# Auswahl der Wendeschneidplatten

## Zu berücksichtigende Faktoren bei der Auswahl von Wendeschneidplatten



L = Schneidkantenlänge  
(Wendeschneidplattengröße)  
RE = Eckenradius

Die Auswahl der korrekten Plattengröße, Plattenform, Geometrie und Eckenradius ist wichtig, um eine gute Spankontrolle zu erzielen.

- Für Stabilität und Wirtschaftlichkeit, größten Spitzenwinkel wählen.
- Für Wendeschneidplattenstabilität, größten Eckenradius wählen.
- Bei Vibrationsneigung einen kleineren Eckenradius wählen.

## Anwendungsspezifische Wendeschneidplatten für ISO P, M und K

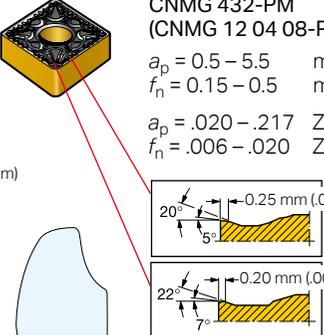
Den unterschiedlichen Anforderungen vieler Anwendungen wird mit verschiedenen Mikro- und Makrogeometrien entsprochen.

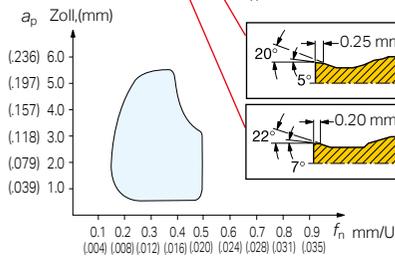
Werkstoff	Schichten	Mittel	Schruppen
<b>P</b>			
<b>M</b>			
<b>K</b>			
<b>S</b>			

# Geometriebeschreibung

Jede Wendeschneidplatte hat einen Arbeitsbereich mit optimierter Spankontrolle.

Eine Geometriebeschreibung und Anwendungshinweise sind ebenfalls verfügbar.

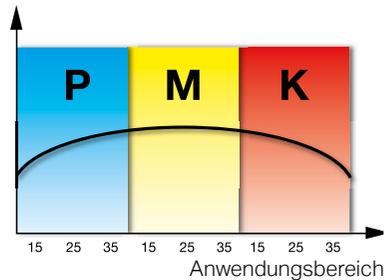
Geometrie-Arbeitsbereich	Geometriebeschreibung	Anwendung
-PM	<p>CNMG 432-PM (CNMG 12 04 08-PM)</p> <p><math>a_p = 0.5 - 5.5</math> mm <math>f_n = 0.15 - 0.5</math> mm/U</p> <p><math>a_p = .020 - .217</math> Zoll <math>f_n = .006 - .020</math> Zoll/U</p> 	<p>-PM – für die mittlere Drehbearbeitung mit breitem Anwendungsbereich in Stahl.</p> <p>Vorschub (<math>f_n</math>): 0.1 – 0.65 mm/U (.004 – .026 Zoll/U).</p> <p>Schnitttiefe (<math>a_p</math>): 0.4 – 8.6 mm (.016 – .339 Zoll).</p> <p>Bearbeitungen: Drehen, Plandrehen und Profildrehen.</p> <p><b>Vorteile:</b> vielseitig, zuverlässig, bei störungsfreier Zerspanung.</p> <p><b>Komponenten:</b> Achsen, Wellen, Naben, Getriebe, usw.</p> <p><b>Einschränkungen:</b> Schnitttiefe und Vorschub und Gefahr der Überlastung der Schneidkante.</p> <p><b>Allgemeine Empfehlungen:</b> Für optimale Produktivität mit verschleißfester Sorte kombinieren.</p> <p><b>Mögliche Optimierung:</b> Geometrie WMX.</p>



## Von universellen zu optimierten Wendeschneidplatten zum Drehen

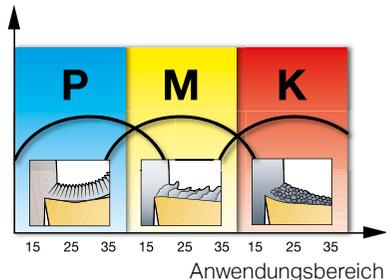
### Universelle Wendeschneidplatten

- Universelle Geometrie
- Optimierung durch Sorten
- Kompromisse im Bezug auf Leistung.



### Optimierte Wendeschneidplatten

- Einsatzspezifische Geometrien und Sorten
- Optimierte Leistung, je nach Werkstoff und Zerspanbarkeit des Werkstücks.

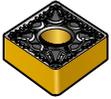


# Wendeschneidplatten für allgemeine Drehbearbeitungen

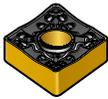
## Die Auswahl unterschiedlicher Wendeschneidplattenkonzepte

### Negative, doppelseitige/einseitige Wendeschneidplatten

#### Einfache Wendeschneidplatten



Doppelseitig



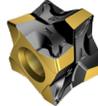
Einseitig



Ohne Bohrung



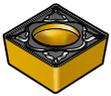
Mit Bohrung



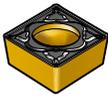
Mehrschneidiges Konzept

- Eine negative Wendeschneidplatte hat einen Keilwinkel von  $90^\circ$  an der Schneidkante, wie aus dem Querschnitt der Grundform ersichtlich wird.
- Sie sind als doppelseitige/einseitige Ausführung mit P-Bohrung oder ohne Bohrung erhältlich.

### Positive, einseitige Wendeschneidplatten



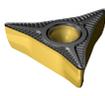
Positiv  $11^\circ$



Positiv,  $7^\circ$



Positive iLock™ Spannung



iLock™ Spannungskonzept

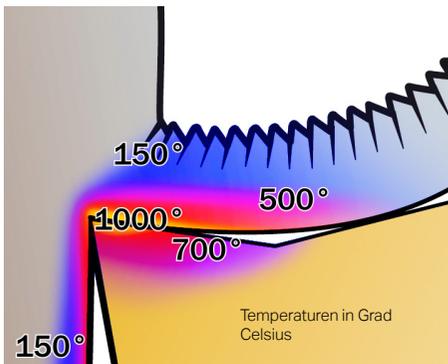


Konzept

- Eine positive Wendeschneidplatte hat einen Keilwinkel von weniger als  $90^\circ$ .
- Sie ist mit einem Freiwinkel von  $7^\circ$  oder  $11^\circ$  erhältlich.
- Die positiven iLock™ Wendeschneidplatten haben einen Freiwinkel von  $5^\circ$  oder  $7^\circ$ .

## Spannbildung bei hohen Drücken und Temperaturen

Die Auswahl des Schneidstoffs und der Sorte ist kritisch für eine erfolgreiche Bearbeitung



Die ideale Schneidstoffsorte sollte:

- hart sein, für Widerstand gegen Freiflächenverschleiß und Deformation
- zäh sein, für hohe Gesamtbruchfestigkeit
- chemisch nicht mit dem Werkstoff reagieren
- chemisch stabil sein, für Widerstand gegen Oxidation und Diffusion
- temperaturschockbeständig sein.

# Die wichtigsten Schneidstoffsorten

Die wichtigsten Schneidstoffe sind in folgende Hauptgruppen unterteilt:

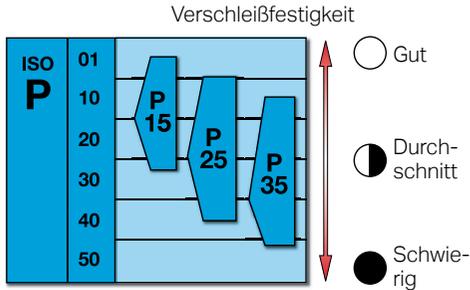
- **Unbeschichtetes Hartmetall (HW)**
- **Beschichtetes Hartmetall (HC)**
- **Cermet (HT, HC)**
  - HT Unbeschichtetes Cermet, hauptsächlich aus Titankarbid (TIC) und/oder Titanitrid (TIN).
  - HC Cermet wie oben, jedoch beschichtet.
- **Keramik (CA, CM, CN, CC)**
  - CA Oxidkeramik, hauptsächlich aus Aluminiumoxid ( $Al_2O_3$ ).
  - CM Mischkeramik, hauptsächlich aus Aluminiumoxid ( $Al_2O_3$ ) und mit anderen oxidfremden Anteilen.
  - CN Nitridkeramik, hauptsächlich aus Siliziumnitrid ( $Si_3N_4$ ).
  - CC Keramik wie oben, jedoch beschichtet.
- **Kubisches Bornitrid (BN)**
- **Polykristalliner Diamant (DP, HC)**
  - DP Polykristalliner Diamant.
  - HC Polykristalliner Diamant, jedoch beschichtet.



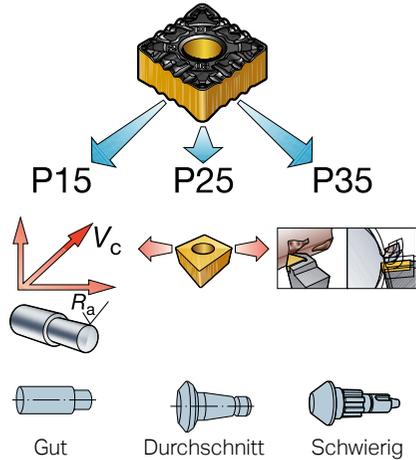
# Auswahl der Wendschneidplattengeometrie und -sorte

Geometrie und Sorte entsprechend der Anwendung wählen.

## Aufbau einer Tabelle für eine bestimmte Sorte



## Bearbeitungsbedingungen



## Bearbeitungsbedingungen



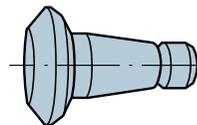
### Gute Bedingungen

- Kontinuierliche Schnitte
- Hohe Schnittgeschwindigkeiten
- Vorbearbeitetes Werkstück
- Ausgezeichnete Werkstückspannung
- Kleine Überhänge.



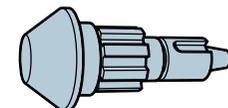
### Durchschnittliche Bedingungen

- Profildrehen
- Moderate Schnittgeschwindigkeiten
- Geschmiedete oder gegossene Werkstücke
- Gute Werkstückspannung.



### Schwierige Bedingungen

- Unterbrochene Schnitte
- Niedrige Schnittgeschwindigkeiten
- Gusschutt oder Schmiedehaut auf Werkstück
- Schlechte Werkstückspannung.

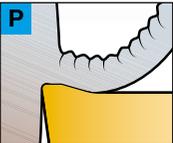
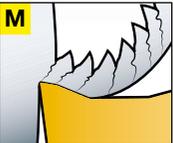
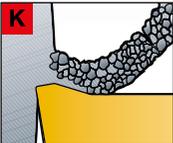
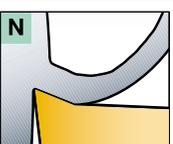
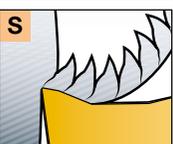
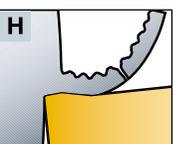


# Einsatzbezogene Sorten

## Einsatzbezogene Sorten minimieren den Werkzeugverschleiß

Bei der Zerspangung beeinflusst der Werkstoff die Verschleißentwicklung auf unterschiedliche Weise. Daher wurden spezifische Sorten entwickelt, um den gängigen Verschleißmechanismen entgegenzuwirken, z.B.:

- Freiflächenverschleiß, Kolkverschleiß und plastische Deformation
- Aufbauschneidenbildung und Kerbverschleiß.

ISO <b>P</b>	Stahl	ISO <b>M</b>	Rostfreier Stahl	ISO <b>K</b>	Guss
					
ISO <b>N</b>	NE-Metalle	ISO <b>S</b>	Warmfeste und hochwarmfeste Legierungen	ISO <b>H</b>	Gehärteter Stahl
					

# Auswahl der Wendeschneidplattenform

## Der Einfluss eines großen und kleinen Spitzenwinkels

Die Wendeschneidplattenform und der Spitzenwinkel können sehr unterschiedlich sein. Der kleinste Spitzenwinkel liegt bei 35°, es gibt aber auch runde Wendeschneidplatten.

Jede Form weist ihre eigenen spezifischen Merkmale auf:

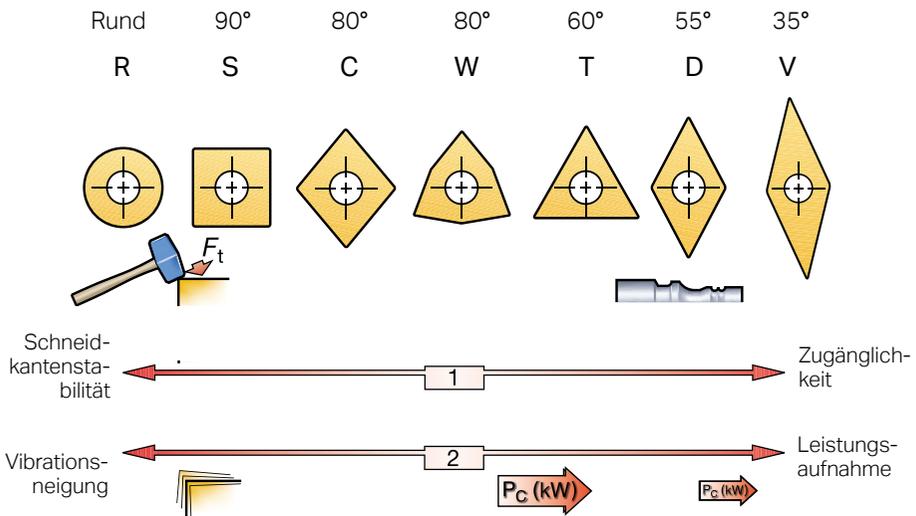
- einige bieten die höchste Schneidkantenstabilität zum Schrumpfen.

- andere bieten die beste Zugänglichkeit zum Profildrehen.

Jede Form hat auch ihre eigenen spezifischen Einschränkungen.

Zum Beispiel:

- führt eine hohe Zugänglichkeit der Schneidkante bei der Bearbeitung zu einer instabilen Schneidkante.



### Großer Spitzenwinkel

- Stabilere Schneidkante
- Höhere Vorschubraten
- Höhere Schnittkräfte
- Erhöhte Vibrationen.

### Kleiner Spitzenwinkel

- Instabilere Schneidkante
- Größere Zugänglichkeit
- Verminderte Schnittkräfte
- Minimierte Vibrationen.

## Beeinflussende Faktoren bei der Auswahl der Wendeschneidplattenform

Die Wendeschneidplattenform ist, je nach erforderlichem Einstellwinkel (Eintrittswinkel) bzw. benötigter Zugänglichkeit auszuwählen. Für eine hohe Stabilität und Zuverlässigkeit sollte der größtmögliche Spitzenwinkel gewählt werden.

Wendeschneidplattenform							
Stabilität zum Schruppen	++	++	++	+	+		
Leichtes Schruppen/ Vorschlichten		+	++	+	++	++	
Schlichten			+	+	++	++	++
Innenlängsdrehen			++	+	+	++	+
Profildrehen	+				+	++	++
Plandrehen	+	++	++	+	+	+	
Vielseitige Anwendbarkeit	+		++	+	+	++	+
Begrenzte Maschinenleistung			+	+	++	++	++
Vibrationsneigung				+	++	++	++
Harte Werkstoffe	++	++					
Schnittunterbrechungen	++	++	+	+	+		

++ = Am besten geeignet

+ = Geeignet

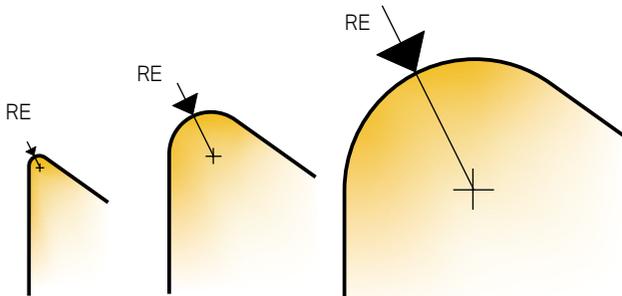
# Anzahl der Schneidkanten

Wendeschneidplattenform							
ISO (erster Buchstabe)	R	S	C	W	T	D	V
Anzahl der Schneidkanten, negative Wendeschneidplatten	8*	8	4	6	6	4	4
Anzahl der Schneidkanten, positive Wendeschneidplatten	4*	4	2	3	3	2	2

\*Abhängig von  $a_p$

## Auswahl des Eckenradius

### Auswirkungen eines kleinen und großen Eckenradius



#### Kleiner Eckenradius

- Ideal für geringe Schnitttiefen
- Vermindert Vibrationen
- Instabile Schneidkante

#### Großer Eckenradius

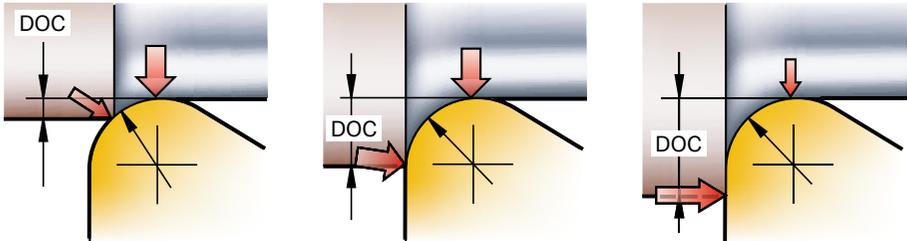
- Hohe Vorschübe
- Große Schnitttiefen
- Hohe Schneidkantenstabilität
- Erhöhter radialer Druck

#### Faustregel

Die Schnitttiefe sollte mindestens der Größe des Eckenradius entsprechen (RE).

## Ein kleiner Eckenradius ist zu bevorzugen

Bei einem kleinen Eckenradius können die radialen Schnittkräfte minimiert werden, während ein größerer Eckenradius in einer stabileren Schneidkante, verbesserten Oberflächengüte und einer gleichmäßigen Schneidkantenbelastung resultiert.

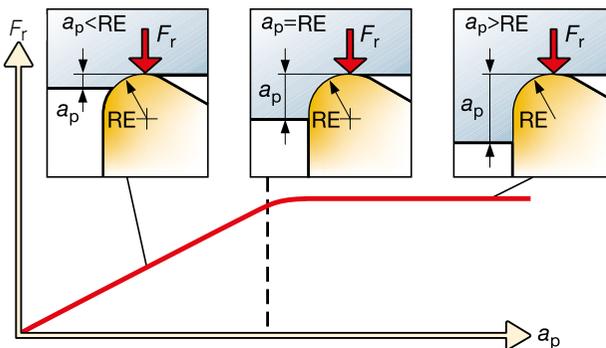


- Das Verhältnis zwischen dem Eckenradius und der Schnitttiefe (DOC) hat Einfluss auf die Tendenz zur Vibration. Es ist häufig von Vorteil, einen Eckenradius zu wählen, der kleiner als die DOC ist.

## Auswirkungen des Eckenradius und der Schnitttiefe

Die auf das Werkstück ausgeübte radiale Schnittkraft wächst linear, bis der Eckenradius der Wendeschneidplatte geringer als die Schnitttiefe ist und wo sich die Kraft auf einem Maximalwert stabilisiert.

Bei einer runden Wendeschneidplatte stabilisiert sich der radiale Druck nie, da der theoretische Eckenradius dem halben Wendep Plattendurchmesser (IC) entspricht.

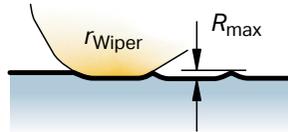


# Hochvorschubdrehen mit Wiper-Wendeschneidplatten

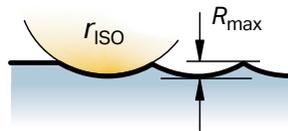
## Wiper-Wendeschneidplatten – Allgemeine Informationen



Wiper-Wendeschneidplatte



Konventionelle Wendeschneidplatte



Warum sollte eine Wiper-Wendeschneidplatte verwendet werden?

- Ermöglicht größeren Vorschub und Produktivitätszuwachs
- Ermöglicht eine höhere Oberflächengüte bei gleicher Vorschubrater.

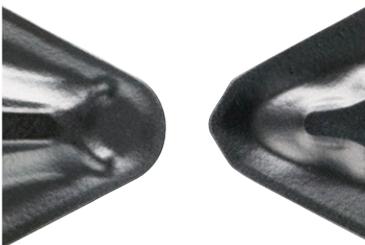
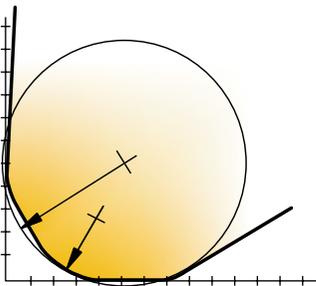
Wann sollte eine Wiper-Wendeschneidplatte verwendet werden?

- Wiper-Wendeschneidplatten sind möglichst immer als erste Wahl einzusetzen.

Einschränkungen

- Allgemein limitierender Faktor: Vibrationen
- Die optische Oberfläche kann sich von der gemessenen Oberflächengüte unterscheiden (gemessene Oberflächengüte hoch, optische gering).

## Wiper-Wendeschneidplatten – Technische Lösung



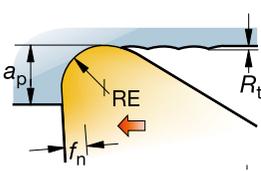
- Eine Schneidkante basiert auf 3-9 Radien.
- Kontaktfläche zwischen Wendeschneidplatte und Werkstück bei Wiper-Wendeschneidplatten länger.
- Längere Kontaktfläche erzeugt höhere Oberflächengüte.
- Eine längere Kontaktfläche erhöht die Schnittkräfte, weshalb Wiper-Wendeschneidplatten bei der Bearbeitung instabiler gespannter Werkstücke vibrationsanfälliger sind.

Ein konventioneller Eckenradius im Vergleich zu einem Wiper-Eckenradius.

# Wiper-Wendeschneidplatten – Oberflächengüte

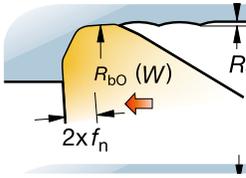


Drehen



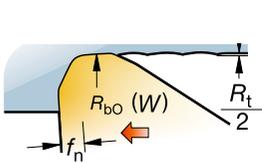
Herkömmliche Wendeschneidplatte

B Abstechen und Einstechen



Wiper-Wendeschneidplatte  
Doppelter Vorschub, gleicher  $R_a$

C Gewindedrehen



Wiper-Wendeschneidplatte  
Gleicher Vorschub, halber  $R_a$

D Fräsen

## Faustregel

- Eine Wiper-Wendeschneidplatte erzielt bei doppeltem Vorschub eine genauso hohe Oberflächengüte wie eine Wendeschneidplatte mit herkömmlicher Geometrie bei normalem Vorschub.
- Bei gleichem Vorschub erzielt eine Wiper-Wendeschneidplatte eine doppelt so hohe Oberflächengüte wie eine Wendeschneidplatte mit herkömmlicher Geometrie.

$R_t$  = Maximale Rauheitsprofilhöhe

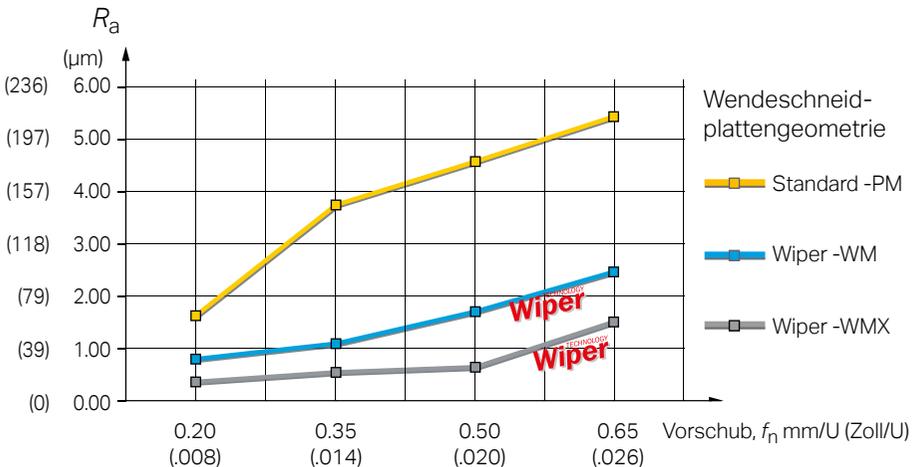
$R_a$  = Arithmetischer Mittenrauwert

F

Bohren

## Erzielte Oberflächengüte – herkömmliche ISO-Wendeschneidplatten und Wiper-Wendeschneidplatten

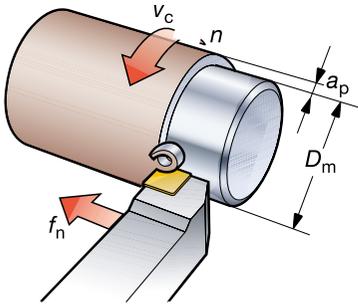
F Aufbohren



G Werkzeughalter

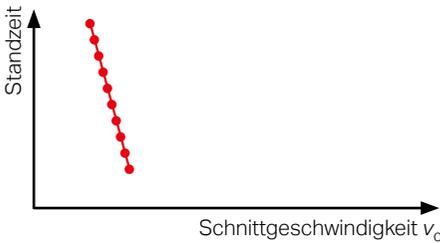
H Zerspanbarkeit  
Sonstige Informationen

# Auswirkungen der Schnittdaten auf die Standzeit



Nutzen Sie das Potenzial von:

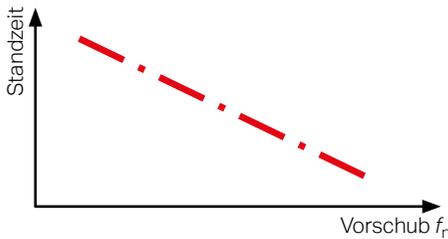
- $a_p$  – zur Reduzierung der Anzahl der Durchgänge
- $f_n$  – zur Reduzierung der Zerspanungszeit
- $v_c$  – für beste Standzeit



## Schnittgeschwindigkeit

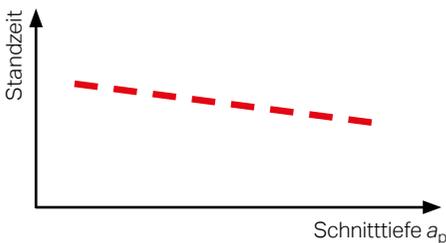
$v_c$  – große Auswirkung auf die Standzeit.

Für  $v_c$  beste Bearbeitungseffizienz anpassen



## Vorschub

$f_n$  – weniger Auswirkung auf Standzeit als  $v_c$

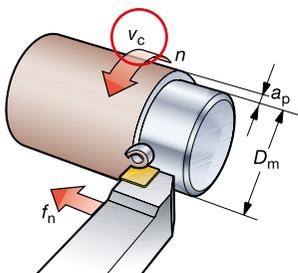


## Schnitttiefe

$a_p$  – geringe Auswirkung auf die Standzeit

## Auswirkungen der Schnittgeschwindigkeit

### Einflussreichster Faktor auf die Standzeit



#### Zu hoch

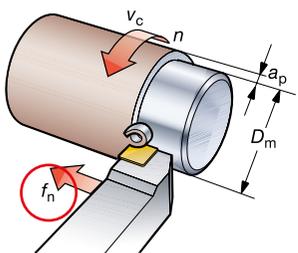
- Schneller Freiflächenverschleiß
- Schlechte Oberflächengüte
- Schneller Kolkverschleiß
- Plastische Deformation

#### Zu niedrig

- Aufbauschneidenbildung
- Unwirtschaftlich

## Auswirkungen der Vorschubrate

### Einflussreichster Faktor auf die Produktivität



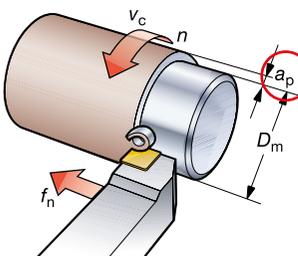
#### Zu hoch

- Verlust der Spankontrolle
- Schlechte Oberflächengüte
- Kolkverschleiß, plastische Deformation
- Hoher Leistungsbedarf
- Späneschweißen
- Spanhämmern.

#### Zu niedrig

- Lange Wickelspäne
- Unwirtschaftlich

## Auswirkungen der Schnitttiefe



#### Zu groß

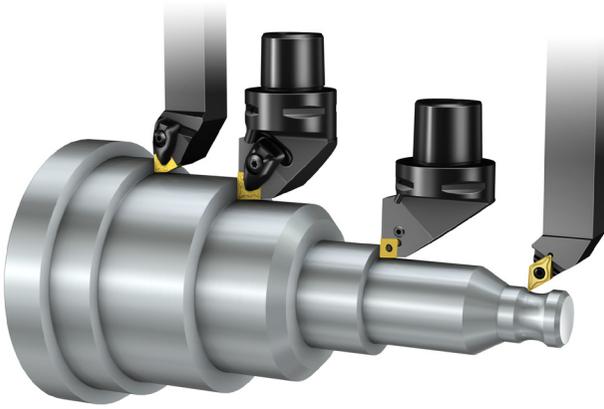
- Hoher Leistungsbedarf
- Wendeschneidplattenbruch
- Höhere Schnittkräfte

#### Zu gering

- Verlust der Spankontrolle
- Vibrationen
- Übermäßige Wärme
- Unwirtschaftlich

# Außendrehen

## Auswahl der Werkzeuge und korrekte Anwendung

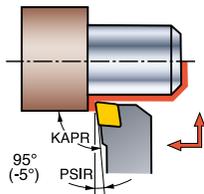


### Allgemeine Richtlinien

- Eine sichere Wendeschneidplatten- und Werkzeughalterspannung ist ein Schlüsselfaktor für Stabilität beim Drehen.
- Die Werkzeughaltertypen werden definiert durch den Einstellwinkel, die Form und die Größe der eingesetzten Wendeschneidplatte.
- Die Auswahl des Werkzeughaltersystems basiert im wesentlichen auf der Art der Bearbeitung.
- Eine weitere wichtige Entscheidung ist die Wahl entweder negativer oder positiver Wendeschneidplatten.
- Nach Möglichkeit modulare Werkzeuge wählen.

# Vier Hauptanwendungsbereiche

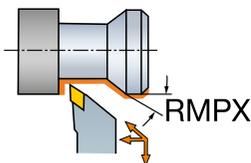
## Längsdrehen/Plandrehen



### Die häufigste Drehbearbeitung

- Rhombische C-Typ (80°) Wendeschneidplatten werden am häufigsten eingesetzt.
- Werkzeughalter mit einem Einstellwinkel von 95° und 93° (Eintrittswinkel -5° und -3°) werden am häufigsten eingesetzt.
- Alternativen zu C-Typ Wendeschneidplatten sind D-Typ (55°), W-Typ (80°) und T-Typ (60°) Wendeschneidplatten.

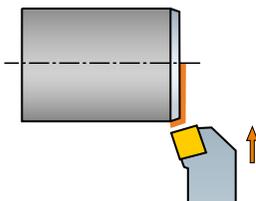
## Profildrehen



### Vielseitigkeit und Zugänglichkeit sind die entscheidenden Faktoren

- Für eine zufriedenstellende Bearbeitung muss der effektive Einstellwinkel KAPR (Eintrittswinkel PSIR) berücksichtigt werden.
- Am häufigsten wird ein Einstellwinkel von 93° (Eintrittswinkel -3°) verwendet, da dieser einen Einwärts-Kopierwinkel von 22°-27° ermöglicht.
- Die häufigsten verwendeten Plattenformen sind Wendeschneidplatten in D-Ausführung (55°) und V-Ausführung (35°).

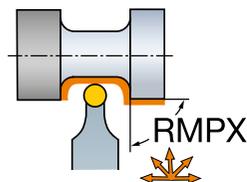
## Plandrehen



### Das Werkstück wird zur Mitte zugestellt

- Schnittgeschwindigkeit beachten, die sich bei Zustellung zur Werkstückmitte hin progressiv ändert.
- Einstellwinkel von 75° und 95°/91° (Eintrittswinkel von 15° und -5°/-1°) sind am gängigsten.
- Wendeschneidplatten in C-Ausführung (80°) und S-Ausführung (90°) werden am häufigsten verwendet.

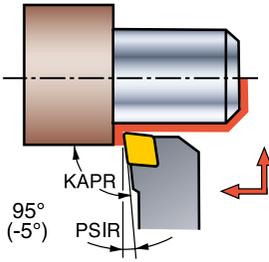
## Auskammern



### Eine Methode zur Herstellung oder Erweiterung flacher Nuten

- Runde Wendeschneidplatten eignen sich sehr gut zum Stechdrehen, da radialer und axialer Vorschub möglich ist.
- Für runde Wendeschneidplatten werden im Regelfall neutrale 90°-Halter eingesetzt.

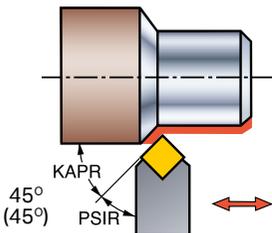
## Großer Einstellwinkel (kleiner Eintrittswinkel)



### Merkmale / Vorteile

- Lenkung der Schnittkräfte in Richtung des Spannfutters
- Bearbeitung gegen eine Schulter möglich
- Höhere Schnittkräfte beim Ein- und Austritt
- Neigung zu Kerbverschleiß in warmfesten Superlegierungen und harten Werkstoffen.

## Kleiner Einstellwinkel (großer Eintrittswinkel)



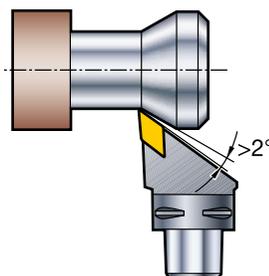
### Merkmale / Vorteile

- Erzeugen dünnere Späne  
- Höhere Produktivität
- Reduzierter Kerbverschleiß
- Bearbeitung gegen eine Schulter nicht möglich.

## Der Einstell- und Kopierwinkel

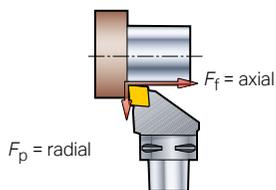
### Zu berücksichtigende Faktoren beim Profildrehen

- Beim Profildrehen kann der Schnitt hinsichtlich Schnitttiefe, Spandicke und Schnittgeschwindigkeit variieren.
- Für beste Stabilität und Kosteneffizienz ist der größtmögliche Spitzenwinkel zu wählen. Außerdem sollte der Spitzenwinkel in Bezug auf Zugänglichkeit zwischen Werkstück und Schneidkante berücksichtigt werden.
- Die gängigsten Spitzenwinkel sind  $55^\circ$  und  $35^\circ$ .
- Der Einstell-/Eintrittswinkel und der Spitzenwinkel sind beide wichtige Faktoren für die Zugänglichkeit. Zur Auswahl des optimalen Kopierwinkels sollte zuvor die Bauteilform analysiert werden.
- Zwischen dem Werkstück und der Wendeschneidplatte sollte ein Freiwinkel von mindestens  $2^\circ$  eingehalten werden.

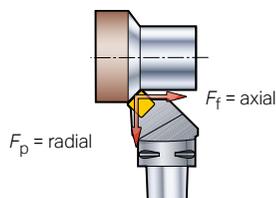


### Axiale und radiale Schnittkräfte

**Großer Einstellwinkel  
(kleiner Eintrittswinkel)**



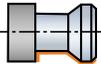
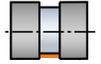
**Kleiner Eintrittswinkel  
(großer Einstellwinkel)**



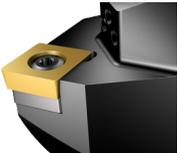
- Kräfte werden in Richtung Spannfutter gelenkt. Geringere Vibrationsneigung.
- Höhere Schnittkräfte vor allem beim Ein- und Austritt.

- Kräfte werden in axiale und radiale Richtung gelenkt.
- Geringere Belastung der Schneidkante.
- Kräfte werden in axiale und radiale Richtung gelenkt  
- Vibrationsneigung

# Anwendungsspezifische Wendeschneidplattenempfehlung

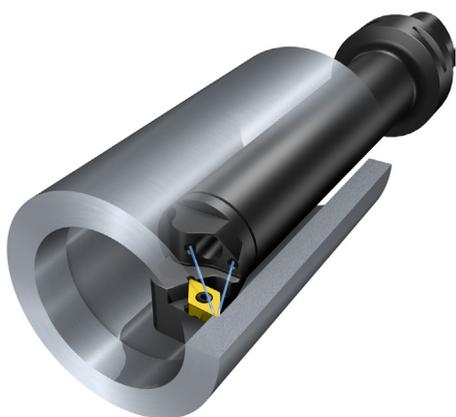
Wendeschneidplattenform	Längsdrehen	Profildrehen	Plandrehen	Auskammern
++ = Empfehlenswert + = Alternative				
 Rhombisch 80°	++		+	
 Rhombisch 55°	+	++	+	
 Rund	+	+	+	++
 Quadratisch	+		++	
 Dreieckig	+	+	+	
 Rhombisch 80°	+		+	
 Rhombisch 35°		+		

## Auswahl des Freiwinkels an der Hauptschneide

Kniehebel	RC-System	Keilspannung	Schraubspannung	Konzertspannung
				

# Innendrehen

## Auswahl der Werkzeuge und korrekte Anwendung



### Allgemeine Richtlinien

- Beim Innendrehen (Ausdrehen) wird die Auswahl des Werkzeugs durch die Länge und den Bohrungsdurchmesser des Werkstücks beschränkt.
  - Größtmöglichen Aufnahmedurchmesser und kleinstmöglichen Überhang wählen
  - Die Spanabfuhr ist ein Schlüsselfaktor für ein erfolgreiches Ausdrehen
  - Die Art der Aufspannung ist ausschlaggebend für die Leistung und das Bearbeitungsergebnis
  - Der Einsatz von Kühlschmierstoffzufuhr kann die Spanabfuhr verbessern.

## Auswahlfaktoren

### Werkzeug und Plattengeometrie

- Einstellwinkel (Eintrittswinkel)
- Plattenform, negativ/positiv
- Plattengeometrie
- Nasenradius
- Eckenradius

### Spanabfuhr

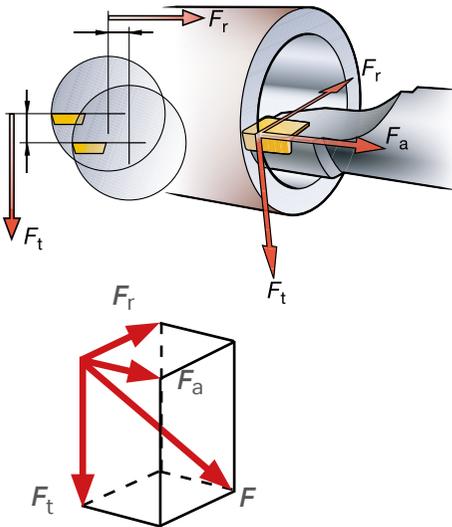
- Spangröße
- Spankontrolle
- Techniken
- Kühlschmierstoff

### Werkzeuganforderungen

- Reduzierte Länge
- Größere Durchmesser
- Optimierte Form
- Unterschiedliche Schneidstoffe
- Spannung
- Schwingungsgedämpfte Lösungen

# Auswirkung der Schnittkräfte beim Innendrehen

Radiale und tangentielle Schnittkräfte lenken die Bohrstange aus



**Tangentiale Schnittkraft,  $F_t$**

- Lenkt das Werkzeug nach unten und aus der Mittelachse
- Reduziert den Freiwinkel.

**Radiale Schnittkraft,  $F_r$**

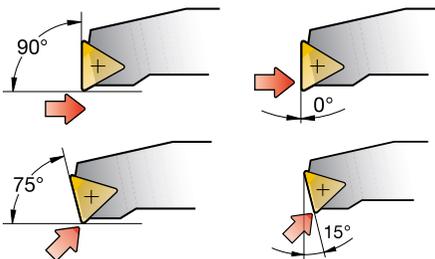
- Beeinflusst Schnitttiefe und Spandicke
- Erhöht die Vibrationsgefahr und sorgt für Maßungenaugigkeiten.

**Vorschubkraft,  $F_a$**

- In Richtung der Vorschubrichtung des Werkzeugs.

## Auswahl der Einstell-/Eintrittswinkel

Einstell-/Eintrittswinkel und Schnittkräfte



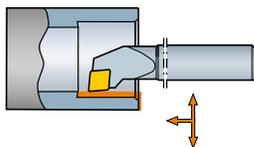
- Einstellwinkel von möglichst 90° wählen (Eintrittswinkel von möglichst 0°).

- Wenn möglich, nie kleiner als 75° (Eintrittswinkel nicht mehr als 15°), anderenfalls extremer Anstieg der radialen Schnittkräfte  $F_r$ .

- Geringere Kräfte in radialer Richtung = geringere Ablenkung

## Vier Hauptanwendungsbereiche

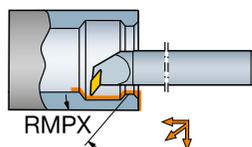
### Längsdrehen/Plandrehen



Die gängigste Drehbearbeitung.

- Rhombische C-Typ (80°) Wendeschneidplatten werden am häufigsten eingesetzt.
- Bohrstangen mit einem Einstellwinkel (Eintrittswinkel) von 95° (-5°) und 93° (-3°) werden am häufigsten eingesetzt.
- D-Typ (55°), W-Typ (80°) und T-Typ (60°) Wendeschneidplatten werden ebenfalls häufig verwendet.

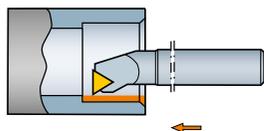
### Profildrehen



Vielseitigkeit und Zugänglichkeit sind die entscheidenden Faktoren.

- Der effektive Einstellwinkel, KAPR (Eintrittswinkel, PSIR) muss berücksichtigt werden.
- Häufig werden Bohrstangen mit einem Einstellwinkel (Eintrittswinkel) von 93° (-3°) verwendet, die einen Einwärts-Kopierwinkel zwischen 22-27° ermöglichen.
- Die Verwendung von D-Typ 55° und V-Typ 35° Wendeschneidplatten ist am gängigsten.

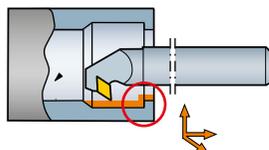
### Längsdrehen



Aufbohren wird zum Erweitern vorgefertigter Bohrungen verwendet.

- Empfohlen wird ein Einstellwinkel (Eintrittswinkel) von möglichst 90° (0°).
- Kleinstmöglichen Überhang wählen.
- C-Typ (80°), S-Typ (90°) und T-Typ (60°) Wendeschneidplatten werden am häufigsten verwendet.

### Rückwärtsaufbohren

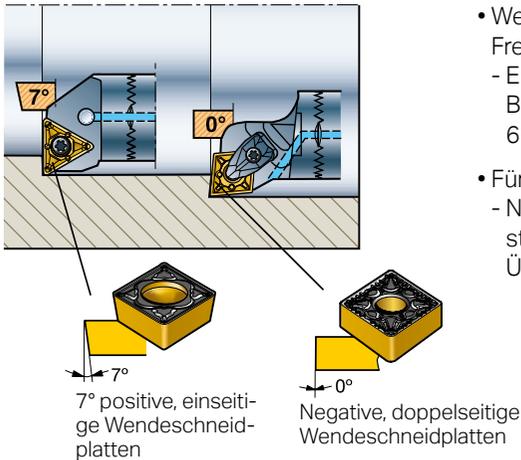


Rückwärtsaufbohren ist eine Aufbohrbearbeitung mit umgekehrtem Vorschub.

- Diese Methode wird bei der Bearbeitung von Schultern mit weniger als 90° angewandt.
- Normalerweise werden Bohrstangen mit einem Einstellwinkel (Eintrittswinkel) von 93° (-3°) und D-Typ (55°) Wendeschneidplatten eingesetzt.

## Auswahl des Freiwinkels an der Hauptschneide

Positive Wendeschneidplatten erzeugen eine geringere Schnittkraft und Werkzeugauslenkung



- Wendeschneidplatten mit einem Freiwinkel von 7°
  - Erste Wahl für kleine bis mittlere Bohrungen mit einem Durchmesser ab 6 mm (.236 Zoll).
- Für optimale Wirtschaftlichkeit
  - Negative Wendeschneidplatten bei stabilen Bedingungen und kurzen Überhängen wählen.

## Anwendungsspezifische Wendeschneidplattenempfehlung

Wendeschneidplattenform	Längsdrehen	Profildrehen	Plandrehen
++ = Empfehlenswert + = Alternative			
Rhombisch 80°	+		++
Rhombisch 55°	+	++	+
Rund	+		+
Quadratisch	+		
Dreieckig	++		+
Rhombisch 80°	+		+
Rhombisch 35°		+	

## Spitzenwinkel

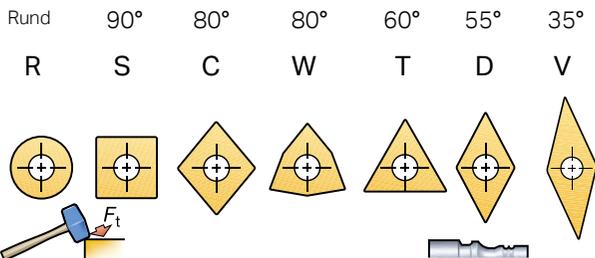
### Großer Spitzenwinkel:

- Stabilere Schneidkante
- Höhere Vorschubraten
- Erhöht die Schnittkräfte
- Erhöht die Vibrationen

### Kleiner Spitzenwinkel:

- Verbesserte Zugänglichkeit
- Geringere Vibrationen
- Senkt die Schnittkräfte

Wählen Sie den kleinstmöglichen Winkel für akzeptable Stabilität und Wirtschaftlichkeit.



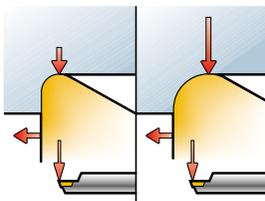
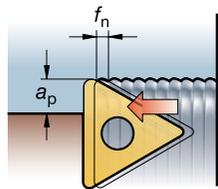
Schneidkantenstabilität ← 1 → Zugänglichkeit

Vibrationsneigung ← 2 → Leistungsaufnahme

$P_C$  (kW) →  $P_C$  (kW)

## Spannungsquerschnitt und Eckenradius

### Schnittkräfte und Werkzeugauslenkung



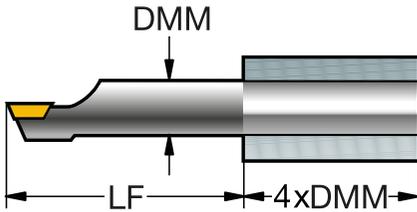
### Faustregel!

Wählen Sie einen Eckenradius, der etwas geringer als die Schnitttiefe ist.

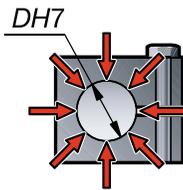
- Sowohl kleine als auch große Spanquerschnitte können Vibrationen verursachen:
  - Große Spanquerschnitte aufgrund zu hoher Schnittkräfte
  - Kleine Spanquerschnitte aufgrund von Reibung zwischen Werkzeug und Werkstück.
- Das Verhältnis zwischen RE (Eckenradius) und  $a_p$  (Schnitttiefe) beeinflusst die Vibrationsneigung.
- Geringere Kräfte in radialer Richtung = geringere Auslenkung.

# Das Spannen einer Bohrstange

## Kritische Faktoren für die Stabilität für eine optimale Leistung

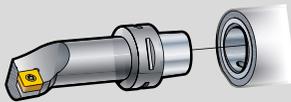


- Maximaler Kontakt zwischen Werkzeug und Werkzeughalter (Ausführung, Maßgenauigkeit).
- Einspannlänge 3-4xD (für ausgewogene Schnittkräfte).
- Stabilität des Halters.



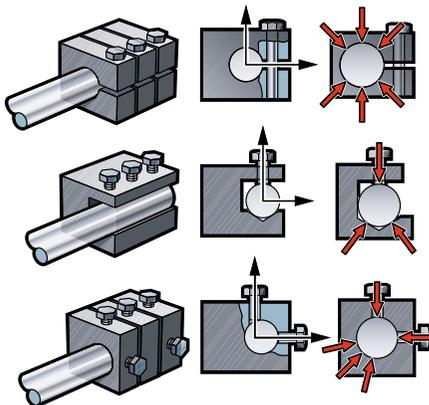
## Werkzeuganforderung beim Spannen

### Maximaler Kontakt zwischen Werkzeug und Werkzeughalter



Coromant Capto® Kupplung

### Empfehlenswert



Akzeptabel

Nicht empfehlenswert

Nicht empfehlenswert

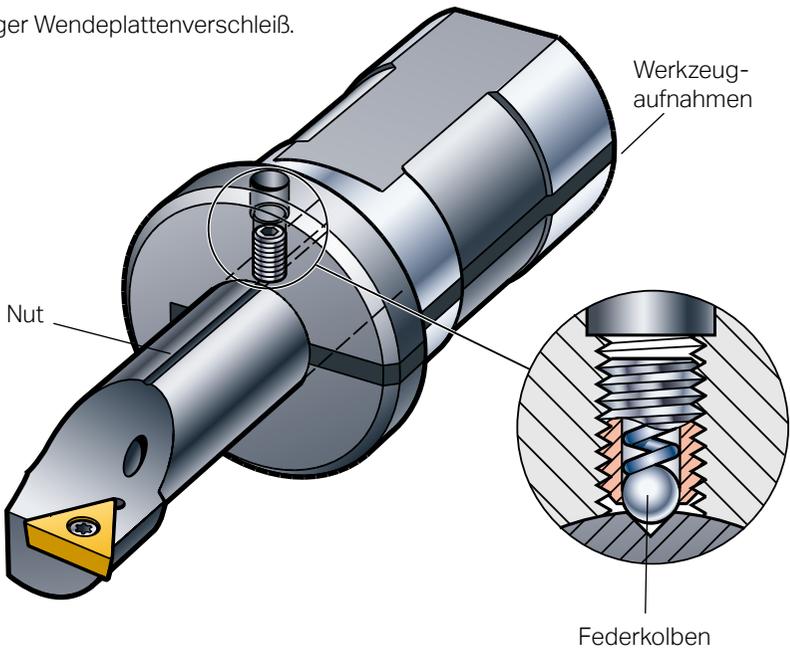
# EasyFix-Spannaufnahmen

Für die korrekte Spannung zylindrischer Bohrstangen

Korrekte Mittenhöhe garantiert

Vorteile:

- Schneidkante in korrekter Position
- Optimale Schneidwirkung sorgt für bessere Oberflächengüte
- Reduzierte Rüstzeit
- Gleichmäßiger Wendeplattenverschleiß.

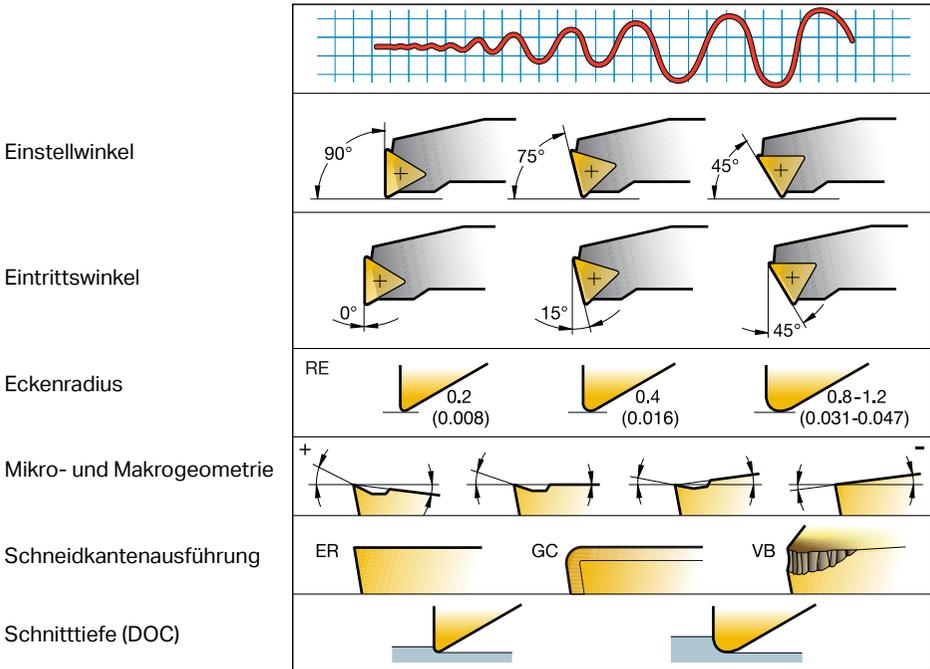


Ein Federraster in der Spannaufnahme rastet in die Nut in der Stange ein und sorgt für eine korrekte Mittenhöhe.

Der Schlitz in dieser Aufnahme ist abgedichtet, womit ein guter Kühlschmierstofffluss durch die Stange gewährleistet ist.

# Faktoren, die die Vibrationsneigung beeinflussen

Vibrationsneigung nimmt nach rechts zu



## Einstellwinkel (Eintrittswinkel)

- Einstellwinkel von möglichst  $90^\circ$  (Eintrittswinkel von möglichst  $0^\circ$ ) und nie geringer als  $75^\circ$  (nie mehr als  $15^\circ$ ) wählen.

## Eckenradius

- Eckenradius wählen, der etwas kleiner als die Schnitttiefe ist.

## Mikro- und Makrogeometrie

- Wendeschneidplatten mit positiver Grundform wählen, da sie geringere Schnittkräfte im Vergleich zu negativen Wendeschneidplatten erzeugen.

## Schneidkantenausführung

- Der Wendeschneidplattenverschleiß verändert den Freiwinkel zwischen Platte und Werkstück, wodurch die Schneidwirkung beeinflusst wird und Vibrationen ausgelöst werden können.

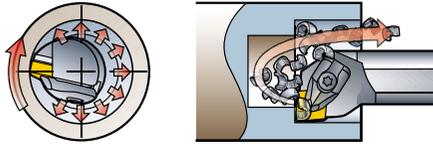
- Wendeschneidplatten mit dünnen Beschichtungen oder unbeschichtete Wendeschneidplatten erzeugen normalerweise geringere Schnittkräfte und sind deshalb zu bevorzugen.

## Schnitttiefe (DOC)

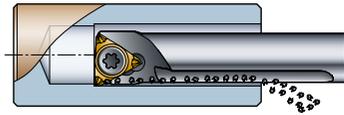
- Eckenradius wählen, der etwas kleiner als die Schnitttiefe ist.

# Spanabfuhr

Spanabfuhr ist ein Schlüsselfaktor für ein erfolgreiches Ausdrehen

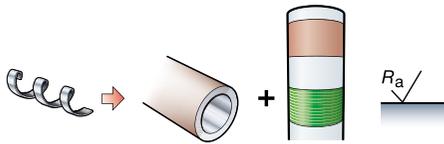


- Die Zentrifugalkräfte drücken die Späne an die Innenwand der Bohrung.
- Dadurch können die Späne das Innere der Bohrung beschädigen.



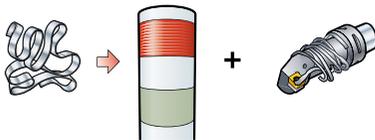
- Innere Kühlschmierstoffzufuhr kann die Spanabfuhr unterstützen.
- Durch Überkopf-Ausdrehen werden die Späne von der Schneidkante weggeleitet.

## Spanabfuhr und Spankontrolle



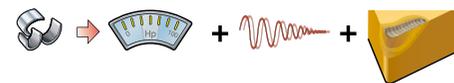
### Kurze und spiralförmige Späne

- Anzustreben. Einfache Spanabfuhr und geringe Belastung der Schneidkante während des Spanbruchs.



### Lange Späne

- Können Probleme mit der Spanabfuhr verursachen.
- Verursachen geringe Vibrationsneigung, können jedoch in der automatisierten Produktion Probleme aufgrund erschwerter Spanabfuhr hervorrufen.

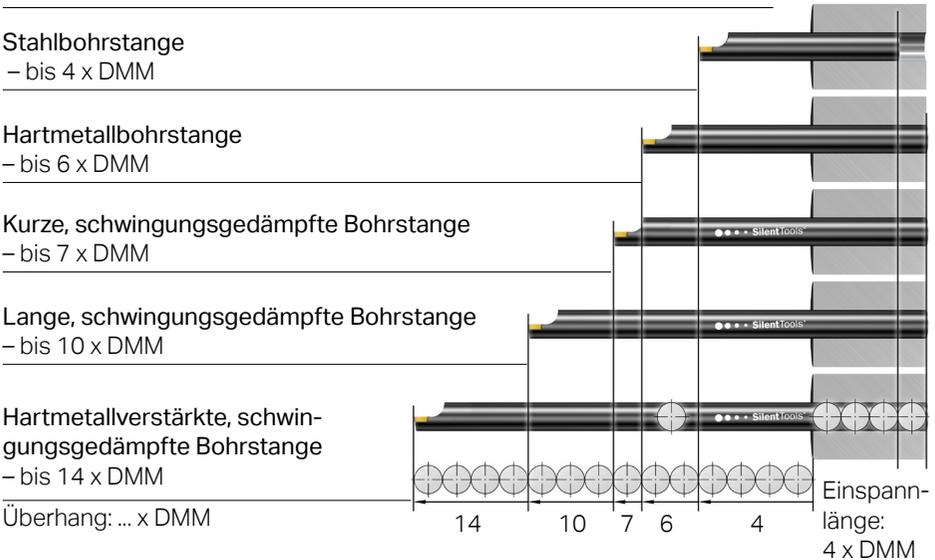


### Harter Spanbruch, kurze Späne

- Hoher Leistungsbedarf, kann Vibrationsneigung fördern.
- Kann übermäßigen Kolkverschleiß verursachen und zu schlechter Standzeit und Spanstau führen.

# Empfohlener Werkzeugüberhang

## Maximaler Überhang für unterschiedliche Bohrstangentypen



## Vibrationen vermeiden

### Innenbearbeitung mit schwingungsgedämpften Bohrstangen

- Steigern die Produktivität bei tiefen Bohrungen.
- Minimieren Vibrationen.
- Zerspanungsleistung kann bewahrt oder verbessert werden.
- Schwingungsgedämpfte Bohrstangen sind in Durchmessern ab 10 mm (.394 Zoll) erhältlich.
- Für max. Überhang 14 x dmm (hartmetallverstärkt).



● ● ● ● SilentTools®



# Bestellnummernschlüssel für Wendeschneidplatten und Werkzeughalter - METRISCH

Auszug aus ISO 1832:1991

## WENDE- SCHNEIDPLATTE

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

Toleranzen

Plattendicke

Eckenradius

1. Plattenform

5. Plattengröße = Schneidkantenlänge

2. Freiwinkel an der Hauptschneide

## WERKZEUGHALTER

Außen

<b>D</b>	<b>C</b>	<b>L</b>	<b>N</b>	<b>R</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>M</b>	<b>12</b>
B	1	C	2	D	E	F	G	5

**C4**

A

Innen

<b>A</b>	<b>25</b>	<b>T</b>	<b>D</b>	<b>C</b>	<b>L</b>	<b>N</b>	<b>R</b>	<b>12</b>
H	J	G	B	1	C	2	D	5

Durchmesser Bohrstange

S = Einteilige Stahlbohrstange

A = Stahlbohrstange mit

Kühlschmierstoffzufuhr

E = Hartmetallschaftbohrstange

F = Schwingungsgedämpfte

Hartmetallschaftbohrstange

Typ Halter

Coromant Capto®  
Kupplungsgröße

### 1. Plattenform

### 2. Freiwinkel an der Hauptschneide

### 4. Plattentyp

### 5. Plattengröße = Schneidkantenlänge

/ mm:	06-25	07-15	06-32	09-25	06-27	11-16	06-08
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

### 7. Eckenradius

	02 RE = 0.2	Eckenradius - empfohlene erste Wahl:		
	04 RE = 0.4	T-MAX P	CoroTurn 107	
	08 RE = 0.8	Schlichten	08	04
	12 RE = 1.2	Mittlere Bearbeitung	08	08
	16 RE = 1.6	Schruppen	12	08
	24 RE = 2.4			

### 8. Geometrie — Optionen des Herstellers

Der Hersteller kann zur Beschreibung der Plattengeometrie dem Nummernschlüssel weitere Symbole hinzufügen, zum Beispiel:

- PF = ISO P Schlichten (Finishing)
- MR = ISO M Schruppen (Roughing)

### B. Spannsystem

D RC-System	M Von oben und über die Bohrung gespannt	P Über die Bohrung gespannt	S Schraubspannung

### D. Werkzeugausführung

R		Rechtsausführung
L		Linksausführung
N		Neutral

### E. Schafthöhe

### F. Schaftbreite

### G. Werkzeuglänge

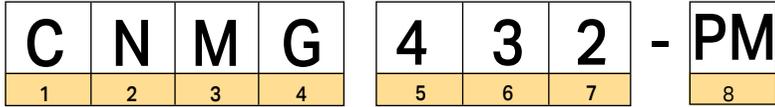
Werkzeuglänge =  $l_1$  in mm

H = 100	S = 250
K = 125	T = 300
M = 150	U = 350
P = 170	V = 400
Q = 180	W = 450
R = 200	Y = 500

# Bestellnummernschlüssel für Wendeschneidplatten und Werkzeughalter - ZOLL

Auszug aus ANSI/ISO Standards

## WENDE-SCHNEIDPLATTE



Toleranzen

Plattendicke

Eckenradius

1. Plattenform

5. Plattengröße

2. Freiwinkel an der Hauptschneide

## WERKZEUGHALTER

Außen

**C4**

A

Innen



Durchmesser Stange

S = Einteilige Stahlbohrstange

A = Stahlbohrstange mit  
Kühlschmierstoffzufuhr

E = Hartmetallschaftbohrstange

F = Schwingungsgedämpfte  
HartmetallschaftbohrstangeEintrittswinkel  
WerkzeughalterCoromant Capto®  
Kupplungsgröße

**1. Plattenform**

**2. Freiwinkel an der Hauptschneide**

**4. Plattentyp**

**5. Plattengröße**

Eingeschriebener Kreis angegeben in 1/8"

**7. Eckenradius**

	0	RE = .008	Eckenradius - empfohlene erste Wahl:		
	1	RE = 1/64			T-MAX P
	2	RE = 1/32	Schlichten	2	1
	3	RE = 3/64	Mittlere Bearbeitung	2	2
	4	RE = 1/16	Schruppen	3	2
	6	RE = 3/32			

**8. Geometrie — Optionen des Herstellers**

Der Hersteller kann zur Beschreibung der Plattengeometrie dem Nummernschlüssel weitere Symbole hinzufügen, zum Beispiel:

- PF = ISO P Schlichten (Finishing)
- MR = ISO M Schruppen (Roughing)

**B. Spannsystem**

C Von oben gespannt      D RC-System      M,W Von oben und über die Bohrung gespannt      P Über die Bohrung gespannt      S Schraubspannung

**D. Werkzeugausführung**

**E. Schaft- oder Bohrstangengröße**

Schäfte: Höhe und Breite

Bohrstangen:

**G. Werkzeuglänge**

Außen,  $l_1$  in Zoll

Innen,  $l_1$  in Zoll

A = 4.0  
B = 4.5  
C = 5.0  
D = 6.0  
M = 4.0

M = 6.0  
R = 8.0  
S = 10.0  
T = 12.0  
U = 14.0

# Problembhebung

## Spankontrolle

### Problem

Lange, ungebrochene Späne wickeln sich um das Werkzeug oder Werkstück.

### Ursache

- Zu geringer Vorschub für die gewählte Geometrie.

### Lösung

- Vorschub erhöhen.
- Plattengeometrie mit besseren Spanbrucheigenschaften wählen.
- Werkzeug mit Hochdruck-Kühlschmierstoffzufuhr wählen.



- Zu geringe Schnitttiefe für die gewählte Geometrie.

- Schnitttiefe erhöhen oder Geometrie mit besseren Spanbrucheigenschaften wählen.

- Zu großer Eckenradius.

- Kleineren Eckenradius wählen.

Sehr kurze, oft aneinander haftende Späne durch zu harten Spanbruch. Harter Spanbruch führt häufig zu verminderter Standzeit oder sogar Wendeschneidplattenbruch aufgrund zu hoher Spanlast an der Schneidkante.

- Zu hoher Vorschub für die gewählte Geometrie.

- Für höhere Vorschübe ausgelegte Geometrie wählen und vorzugsweise eine einseitige Wendeschneidplatte.
- Vorschub reduzieren.

- Ungeeigneter Eintritts-/Einstellwinkel.

- Halter mit kleinstmöglichem Einstellwinkel (großem Eintrittswinkel)  $KAPR = 45^\circ - 75^\circ$  ( $PSIR = 45^\circ - 15^\circ$ ) wählen.



- Zu kleiner Eckenradius.

- Größeren Eckenradius wählen.

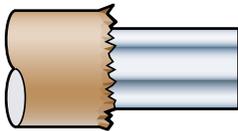


# Oberflächengüte

Problem	Ursache	Lösung
Die Oberfläche sieht "haarig" aus und fühlt sich auch so an. Geforderte Maßgenauigkeit nicht erfüllt.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Späne brechen am Werkstück und hinterlassen Spuren auf der gefertigten Oberfläche.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geometrie wählen, die Späne weglenkt.</li> <li>• Einstell-/Eintrittswinkel ändern.</li> <li>• Schnitttiefe verringern.</li> <li>• Positives Werkzeugsystem mit neutralem Neigungswinkel wählen.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fasrige Oberfläche aufgrund von übermäßigem Kerbverschleiß an der Schneidkante.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sorte mit höherer Widerstandsfähigkeit gegen Oxidationsverschleiß wählen, z.B. eine Cermetsorte.</li> <li>• Schnittgeschwindigkeit verringern.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zu hoher Vorschub in Kombination mit einem zu kleinen Eckenradius erzeugt eine raue Oberfläche.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wiper-Wendeschneidplatte oder größeren Eckenradius wählen.</li> <li>• Vorschub reduzieren.</li> </ul>

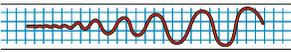
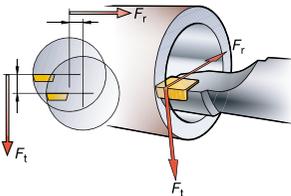
## Gratbildung

Gratbildung am Ende des Schnitts beim Austritt der Schneidkante aus dem Werkstück.



<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schneidkante nicht scharf genug.</li> <li>• Zu geringer Vorschub für den gewählten Eckenradius.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wendeschneidplatten mit scharfen Schneidkanten verwenden: <ul style="list-style-type: none"> <li>- PVD-beschichtete Wendeschneidplatten.</li> <li>- geschliffene Wendeschneidplatten bei geringer Vorschubrate, &lt; 0.1 mm/U (.004 Zoll/U).</li> </ul> </li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kerbverschleiß im Bereich der Schnitttiefe oder Ausbröckeln.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Halter mit kleinem Einstellwinkel (großem Eintrittswinkel) wählen.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schnitt mit Fase beenden oder Radius beim Austritt aus dem Werkstück.</li> </ul>

# Vibrationen

Problem	Ursache	Lösung
<p>Hohe tangentielle Schnittkräfte aufgrund von:</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ungeeigneter Eintritts-/Einstellwinkel.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Größtmöglichen Einstellwinkel (<math>KAPR = 90^\circ</math>) oder kleinstmöglichen Eintrittswinkel (<math>PSIR = 0^\circ</math>) wählen.</li> </ul>
<p>Durch das Werkzeug oder die Werkzeugaufspannung verursachte Vibrationen oder Vibrationsspuren. Typisch für die Innenbearbeitung mit Bohrstangen.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zu großer Eckenradius.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kleineren Eckenradius wählen.</li> </ul>
<p>Hohe tangentielle Schnittkräfte aufgrund von:</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ungeeigneter Eckenradius oder negative Fase.</li> <li>• Übermäßiger Freiflächenverschleiß an der Schneidkante.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Positivere Geometrie oder eine Sorte mit dünnerer Beschichtung oder unbeschichtete Sorte wählen.</li> <li>• Schnittgeschwindigkeit reduzieren, verschleißfestere Sorte wählen.</li> </ul>
<p>Hohe tangentielle Schnittkräfte aufgrund von:</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plattengeometrie erzeugt hohe Schnittkräfte.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Positive Schneidengeometrie wählen.</li> </ul>
<p>Hohe tangentielle Schnittkräfte aufgrund von:</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zu harter Spanbruch, dadurch hohe Schnittkräfte.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorschub reduzieren oder Geometrie wählen, die für höhere Vorschübe ausgelegt ist.</li> </ul>
<p>Hohe tangentielle Schnittkräfte aufgrund von:</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Variierende oder zu niedrige Schnittkräfte infolge geringer Schnitttiefe.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Etwas größere Schnitttiefe wählen, damit Wendschneidplatte schneiden kann.</li> </ul>
<p>Hohe tangentielle Schnittkräfte aufgrund von:</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inkorrekte Positionierung des Werkzeugs.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mittenhöhe überprüfen.</li> </ul>



Problem

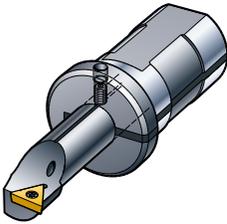
Ursache

Lösung



- Instabilität des Werkzeugs aufgrund von langem Überhang.

- Überhang reduzieren.
- Größtmöglichen Bohrstandgendurchmesser wählen.
- Schwingungsgedämpftes Werkzeug (Silent Tools) oder Hartmetallstange wählen.



- Instabile Aufspannung, dadurch unzureichende Steifigkeit.

- Einspannlänge der Bohrstan-ge vergrößern.
- EasyFix für zylindrische Bohr-  
stangen wählen.

Drehen

B

Abstechen und  
Einsteichen

C

Gewindedrehen

D

Fräsen

E

Böhren

F

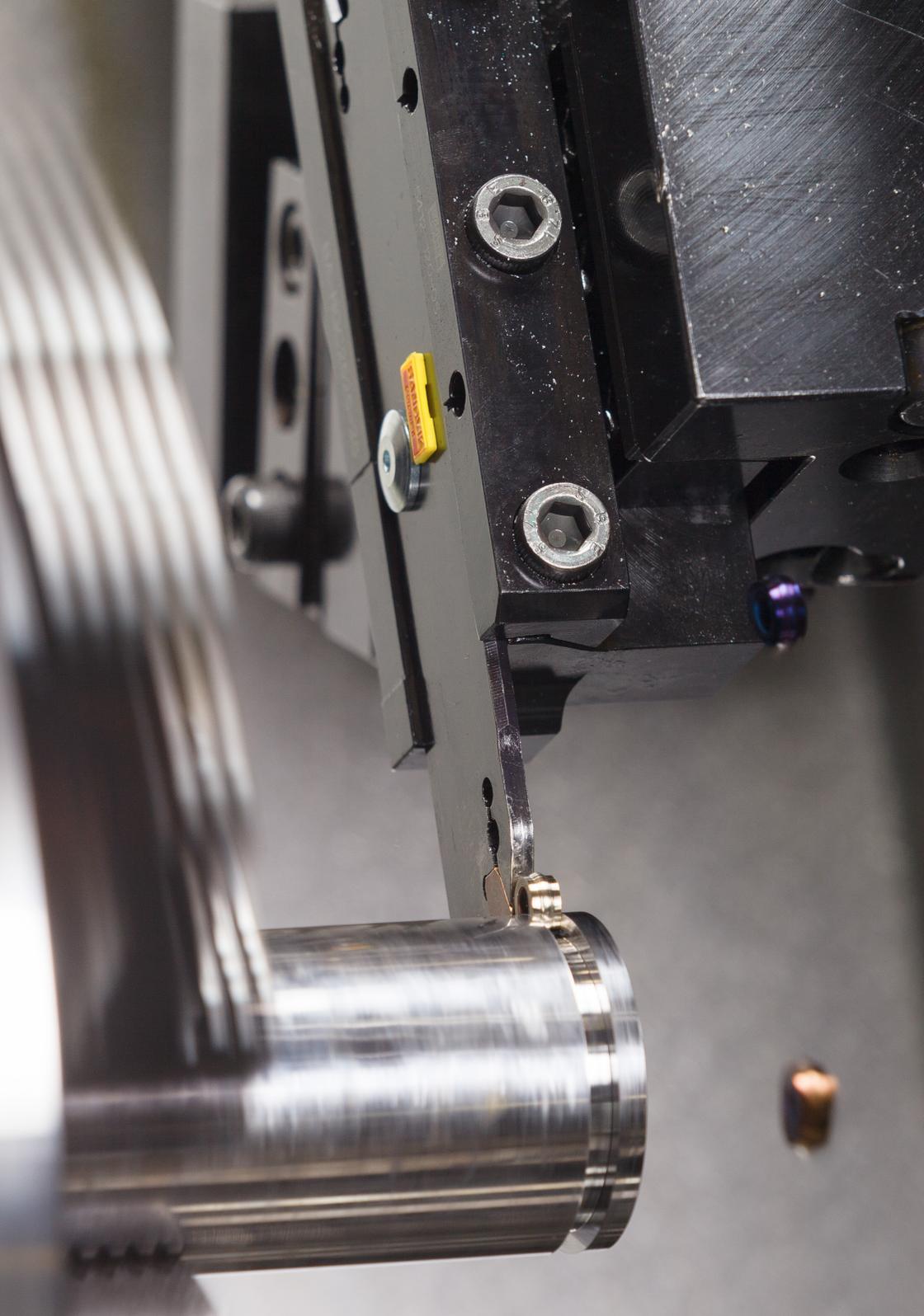
Aufbohren

G

Werkzeughalter

H

Zerspanbarkeit  
Sonstige Informationen



# Abstechen & Einstechen

Abstechen und Einstechen stellen eine Sonderform der Drehbearbeitung dar, die in ihrer ganzen Bandbreite unterschiedlicher Bearbeitungsvorgänge ganz spezielle Werkzeuge benötigt.

Diese Werkzeuge können bis zu einem gewissen Grad für allgemeine Dreharbeiten genutzt werden.

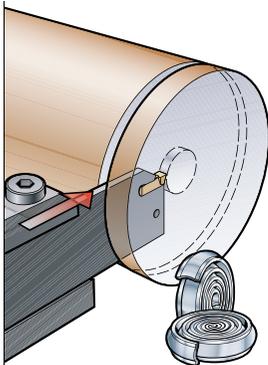
- Theorie B 4
- Auswahlverfahren B 7
- Systemüberblick B 11
- Abstechen & Einstechen – Korrekte Anwendung B 16
- Problembhebung B 37

# Theorie des Abstechens & Einstechens

## Abstechen

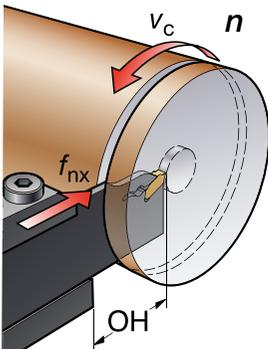
### Spanabfuhr ist entscheidend

Spanabfuhr ist ein kritischer Faktor beim Abstechen. In den engen Nuten, die entstehen, wenn das Werkzeug in das Werkstück eindringt, ist es schwierig, Späne zu brechen. Die Schneidkante ist vor allem darauf ausgelegt, die Späne so zu formen, dass diese leicht abgeführt werden. Eine Folge von schlechter Spanabfuhr ist Spanstau, der zu einer schlechten Oberflächengüte und einem Verklemmen der Späne und dadurch möglicherweise zum Werkzeugbruch führen kann.



- Spanabfuhr ist ein kritischer Faktor beim Abstechen.
- In engen Nuten, die entstehen, wenn das Werkzeug tief in das Werkstück eindringt, ist Spanbruch schwierig.
- Für das Abstechen sind spiralförmige Späne typisch, die schmäler als die Nut sind.
- Die Plattengeometrie reduziert die Spanbreite.

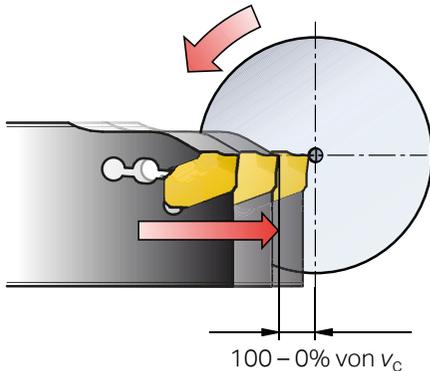
## Abstechen – Begriffsdefinitionen



- $n$  = Spindeldrehzahl, U/min
- $v_c$  = Schnittgeschwindigkeit, m/min (Fuß/min)
- $f_{nx}$  = radialer Vorschub, mm/U (Zoll/U)
- OH = Empfohlener Überhang

## Schnittgeschwindigkeit

Beim Abstechen zur Mitte sinkt die Schnittgeschwindigkeit bei Erreichen der Drehzahlgrenze auf Null.



- Die Schnittgeschwindigkeit nimmt zur Mitte hin bis auf Null ab.

Drehen

B

Abstechen und Einstechen

C

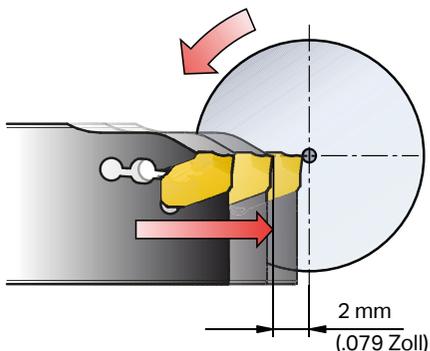
Gewindedrehen

D

Fräsen

## Vorschubreduzierung zur Mitte hin

Die Schnittgeschwindigkeit nimmt zur Mitte hin ab, wodurch ein Ungleichgewicht entsteht. Der Vorschub muss reduziert werden, um den Schnitkraftausgleich beim Abstechen beizubehalten. Der Vorschub sollte 2 mm vor Erreichen der Mitte auf 0.03 - 0.05 mm/U reduziert werden.



- Mit den empfohlenen Werten zu Vorschub beginnen, siehe Wendepaltenbox
- Vorschubreduzierung auf 0.03 - 0.05 mm/U, 2 mm (.079") vor der Mitte
- Vorschubreduzierung mindert Vibrationen und erhöht Standzeit
- Vorschubreduzierung verringert Butzengröße.

E

Bohren

F

Aufbohren

G

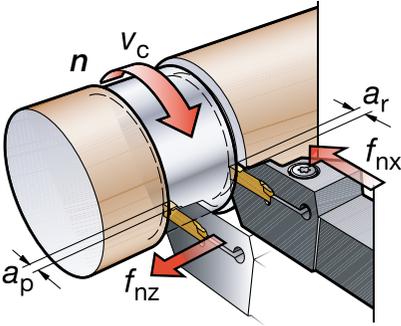
Werkzeughalter

H

Zerspanbarkeit  
Sonstige Informationen

## Einstechen – Begriffsdefinitionen

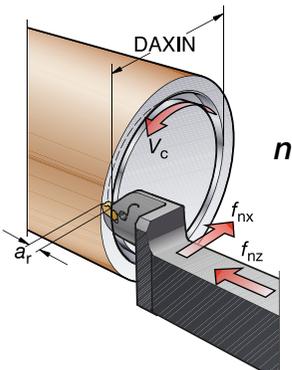
Die Werkzeugbewegung in X- und Z-Richtung wird Vorschub ( $f_n$ ), oder  $f_{nx}/f_{nz}$ , mm/U (Zoll/U) genannt. Bei einer Vorschubbewegung in Richtung Zentrum ( $f_{nx}$ ), erhöht sich die Drehzahl, bis sie den Drehzahlgrenzwert der Maschinenspindel erreicht. Bei der Überschreitung dieses Wertes sinkt die Schnittgeschwindigkeit ( $v_c$ ) bis auf 0 m/min (Fuß/min) in der Werkstückmitte.



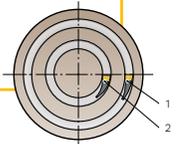
- $n$  = Spindeldrehzahl, U/min
- $v_c$  = Schnittgeschwindigkeit, m/min (Fuß/min)
- $f_{nz}$  = axialer Vorschub, mm/U (Zoll/U)
- $f_{nx}$  = radialer Vorschub, mm/U (Zoll/U)
- $a_r$  = Tiefe der Nut, mm (Zoll)  
(Außendurchmesser bis Mitte oder Nutgrund)
- $a_p$  = Schnitttiefe beim Drehen

## Axialeinstechen – Begriffsdefinitionen

Der Vorschub hat großen Einfluss auf Spanbildung, Spanbruch und Spandicke und darauf, wie sich die Späne in der Wendeplattengeometrie formen. Beim seitlichen Drehen oder Profildrehen ( $f_{nx}$ ) hat die Schnitttiefe ( $a_p$ ) ebenso Auswirkungen auf die Spanbildung. Der Nutdurchmesser für den ersten Einstich sollte innerhalb des Bereichs sein, der auf dem Werkzeughalter angegeben ist.

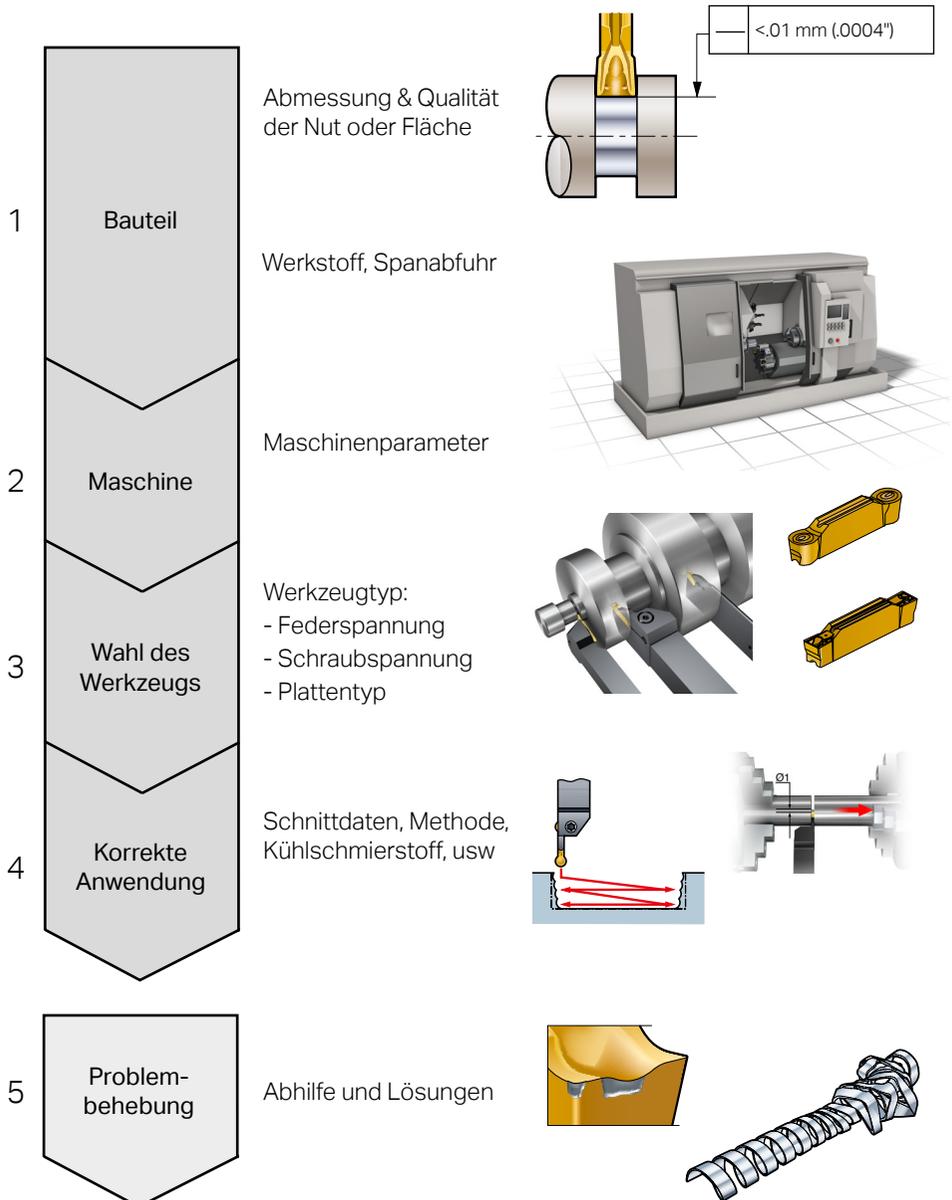


- $n$  = Spindeldrehzahl, U/min
- $v_c$  = Schnittgeschwindigkeit, m/min (Fuß/min)
- $f_{nz}$  = axialer Vorschub, mm/U (Zoll/U)
- $f_{nx}$  = radialer Vorschub, mm/U (Zoll/U)
- $a_r$  = Tiefe der Nut, mm (Zoll)
- DAXIN = Mindestdurchmesser der ersten Nut (2 in dieser Abbildung)
- DAXX = Maximaldurchmesser der ersten Nut (1 in dieser Abbildung)



# Verfahren zur Auswahl des Werkzeugs

## Produktionsplanung



Drehen

B

Abstechen und Einstechen

C

Gewindedrehen

D

Fräsen

E

Bohren

F

Aufbohren

G

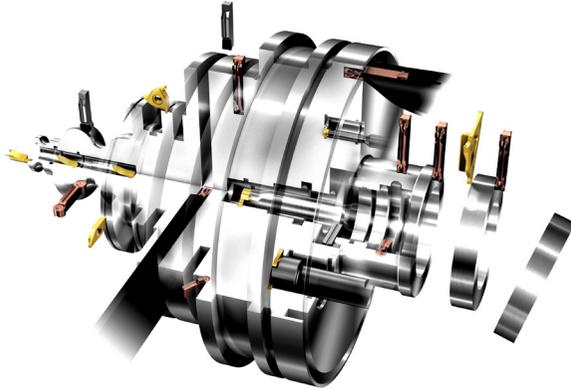
Werkzeughalter

H

Zerspanbarkeit  
Sonstige Informationen

# 1. Werkstück und Werkstoff

## Zu berücksichtigende Parameter



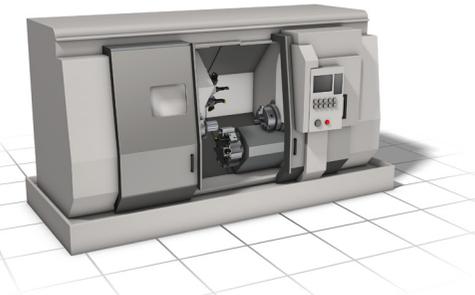
### Werkstück

- Analysieren Sie die herzustellende Nut bzw. Fläche im Bezug auf Abmessungen und Qualitätsanforderungen
- Bearbeitungsart: Abstechen, Einstechen
- Schnitttiefe
- Schnittbreite
- Eckenradius.

### Werkstoff

- Zerspanbarkeit
- Spanbruch
- Härte
- Legierungselemente.

## 2. Maschinenparameter



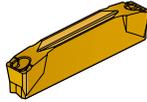
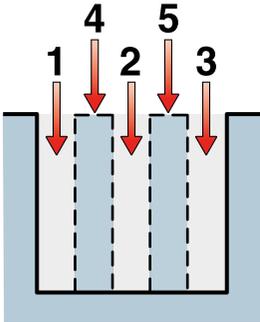
### Wichtige Überlegungen bezüglich der Maschine:

- Stabilität, Leistung und Drehmoment, besonders bei größeren Durchmessern
- Werkstückspannung
- Revolverschnittstelle
- Werkzeugwechselzeiten/Anzahl der Werkzeuge im Revolver
- Spanabfuhr
- Schneidflüssigkeit und Kühlschmierstoff

## 3. Auswahl der Werkzeuge

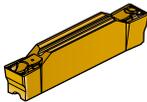
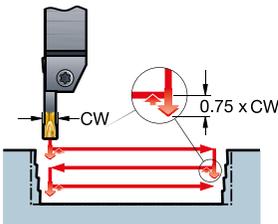
### Beispiele unterschiedlicher Bearbeitungsmethoden

#### Mehrfacheinsteichen



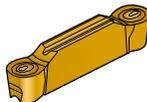
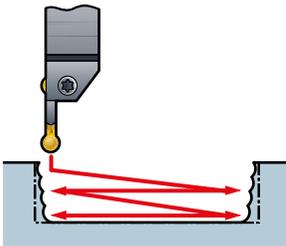
- Ist die Tiefe der Nut größer als die Breite, ist Mehrfacheinsteichen die beste Methode zur Vorbearbeitung.
- Stellen Sie einen Kamm her. Dadurch verbessert sich die Spanabfuhr und Standzeit.

#### Stechdrehen



- Stechdrehen ist die beste Methode zur Zerspanung von Stahl und rostfreiem Stahl und bei größerer Nutbreite als -tiefe.
- Gute Spankontrolle.

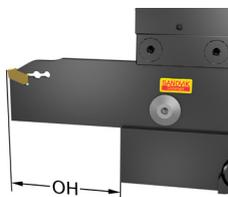
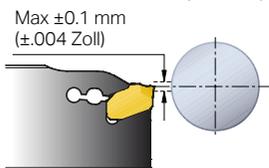
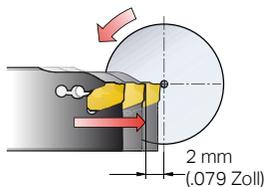
#### Schrägeintauchen



- Schrägeintauchen empfiehlt sich, um Vibrationen zu verhindern und Radialkräfte zu minimieren.
- Runde Wendeschneidplatten sind die stabilsten.
- Anzahl der Schnitte/Durchgänge verdoppeln.
- Erste Wahl in warmfesten Superlegierungen. Mindert Korbverschleiß.

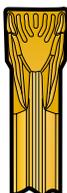
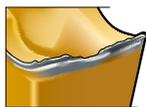
## 4. Korrekte Anwendung

### Überlegungen zur Anwendung



## 5. Problembekämpfung

Ausgewählte Faktoren, die zu berücksichtigen sind



- Mittenhöhe ist wichtig,  $\pm 0.1$  mm ( $\pm 0.004$  Zoll).
- Empfohlene Vorschubrate 2 mm vor der Mitte auf 0.03 - 0.05 mm/U reduzieren.
- Kürzesten Überhang OH, mm (Zoll) wählen.
- Größtmögliche Höhe des Einsatzes für optimale Biegesteifigkeit.
- Zur Verbesserung der Spanabfuhr Kühlschmierstoff zuführen.

Wendeplattenverschleiß und Standzeit

- Verschleißmuster überprüfen und bei Bedarf die Schnittdaten entsprechend anpassen.

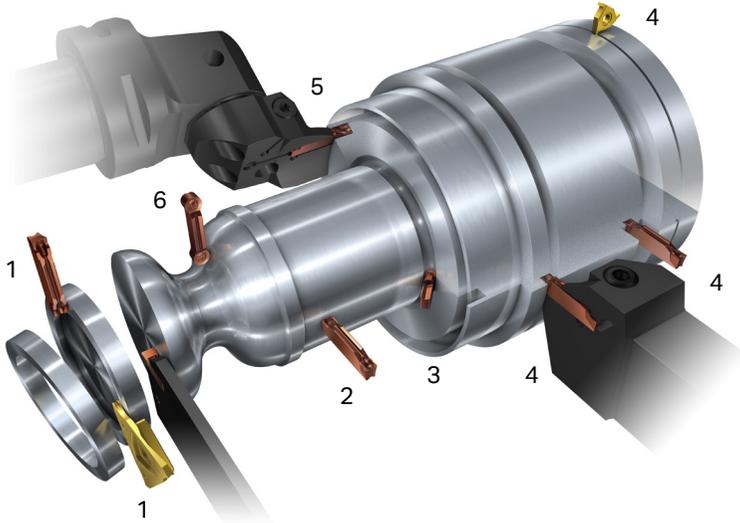
Zur Verbesserung der Spanbildung und des Werkzeugverschleißes

- Empfohlenen Spanformer wählen.
- Neutralen Einstellwinkel wählen.
- Mittenhöhe überprüfen.
- Kühlschmierstoff zuführen.

# Systemüberblick

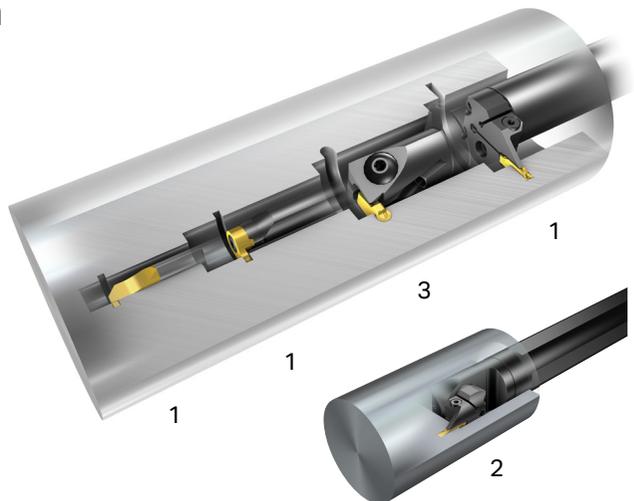
## Abstechen und Einstechen (Außenbearbeitung)

1. Abstechen von Stangen und Hohlkörpern
2. Drehen und Einstechen
3. Freidrehen
4. Flaches bis tiefes Einstechen
5. Axialeinstechen
6. Profildrehen

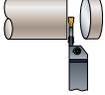
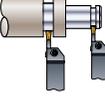
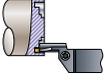
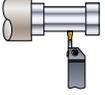
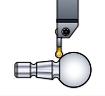
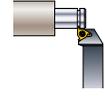


## Inneneinstechen

1. Einstechen und Vorstechen
2. Axialeinstechen
3. Profildrehen



# Unterschiedliche Systeme

Wendeschneid- plattentyp							
		CoroCut2	CoroCut1	CoroCut3	CoroCut QD	CoroCut QF	Circlip 266
Abstechen							
		Mittel	Tief	Flach	Tief		
Einstechen							
Axialeinstechen							
Drehen							
Profildrehen							
Freistechen							
Nutenstechen für Sicherungsringe							



Erste Wahl



Zweite Wahl

# Abstechen und Einstechen (Außenbearbeitung)

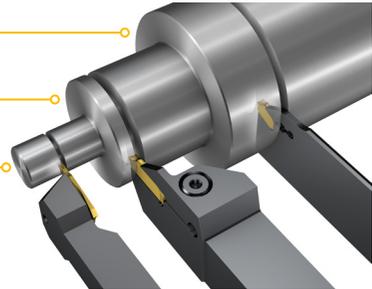
## Unterschiedliche Systeme

### Außenabstechen – Durchmesserbereiche

Tiefes Abstechen –  $\varnothing < 160 \text{ mm}$  (6.299")

Mittleres Abstechen –  $\varnothing < 40 \text{ mm}$  (1.575")

Flaches Abstechen –  $\varnothing < 12 \text{ mm}$  (.472")



Drehen

B

Abstechen und  
Einstechen

C

Gewindedrehen

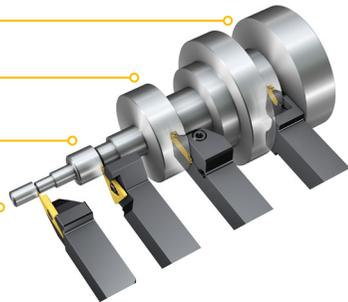
### Einstechen – Schnitttiefenbereiche

Tiefes Einstechen – Schnitttiefe  $< 100 \text{ mm}$   
(3.937")

Mittleres Einstechen – Schnitttiefe  $< 50 \text{ mm}$   
(2.000")

Flaches Einstechen – Schnitttiefe  $< 6 \text{ mm}$   
(.236")

Flaches Einstechen – Schnitttiefe  $< 3.7 \text{ mm}$   
(.146")



D

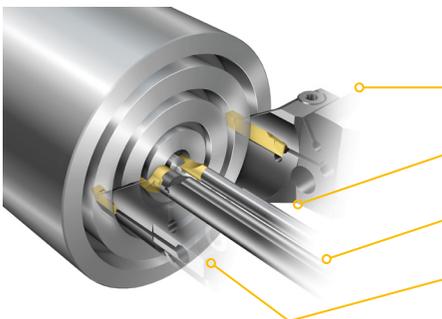
Fräsen

E

Bohren

F

### Axialeinstechen – Durchmesserbereiche



Große Durchmesser  $> 34 \text{ mm}$  (1.338")

Kleine Durchmesser  $> 0.2 \text{ mm}$  (.0078")

Kleine Durchmesser  $> 6 \text{ mm}$  (.236")

Mittlere bis große Durchmesser  $> 16 \text{ mm}$   
(.629")

Aufbohren

G

Werkzeughalter

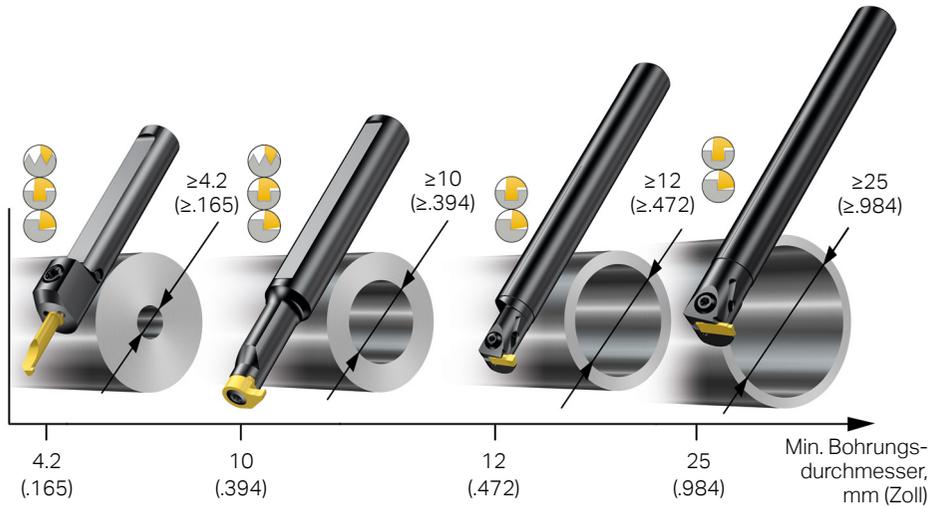
H

Zerspanbarkeit  
Sonstige Informationen

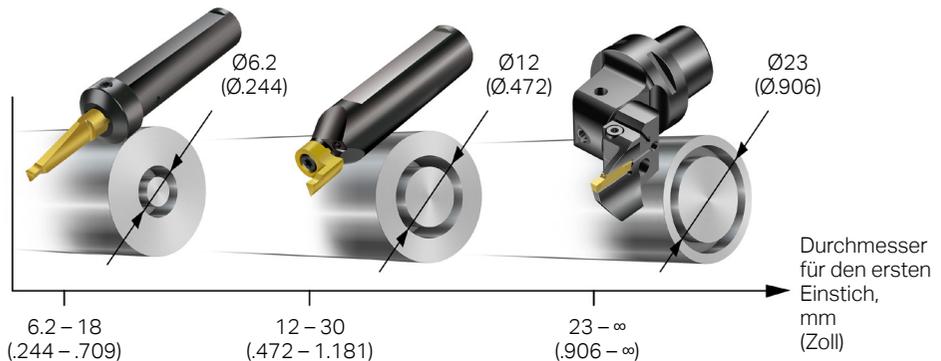
# Abstechen und Einstechen - Innenbearbeitung

## Unterschiedliche Systeme

Innennutdrehen – min. Durchmesser

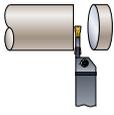
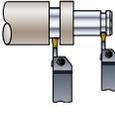
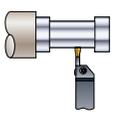
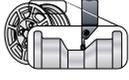


Axialeinstechen – Bohrungsdurchmesserbereich



# Wendeschnidplatten

## Geometrie-Überblick

<p>Anwendung</p> <p>Bearbeitungsarten</p>	 <p>Abstechen</p>	 <p>Einstecken</p>	 <p>Drehen</p>	  <p>Profildrehen</p>	
<p>Schlichten</p>	<p>CF</p> 	<p>GF</p> 	<p>TF</p> 		
<p>Mittel</p>	<p>CM</p> 	<p>GM</p> 	<p>TM</p> 	<p>RM</p> 	<p>AM</p> 
<p>Schruppen</p>	<p>CR</p> 				
<p>Optimierer</p>			<p>RO</p> 		
	<p>CS</p> 			<p>RS</p> 	
			<p>GE</p> 	<p>RE</p> 	

A

Drehen

B

Abstechen und  
Einstechen

C

Gewindedrehen

D

Fräsen

F

Bohren

T

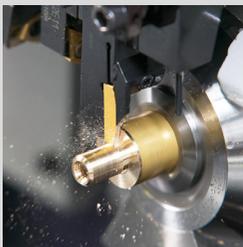
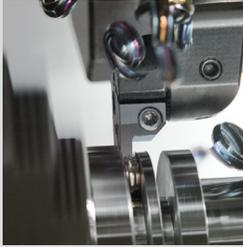
Aufbohren

G

Werkzeughalter

H

Zerspanbarkeit  
Sonstige Informationen



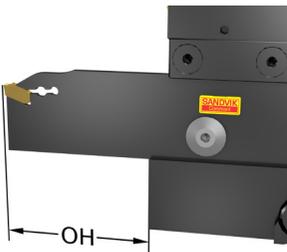
# Abstechen & Einstechen und korrekte Anwendung

- Abstechen & Einstechen und korrekte Anwendung B 17
- Abstechen und korrekte Anwendung B 22
- Allgemeines Einstechen und korrekte Anwendung B 26
- Nutdrehen für Sicherungsringe und korrekte Anwendung B 28
- Axialeinstechen und korrekte Anwendung B 29
- Profildrehen und korrekte Anwendung B 32
- Längsdrehen und korrekte Anwendung B 34
- Längsdrehen und korrekte Anwendung B 36

# Werkzeugüberhang und Werkzeugablenkung

Zur Stabilitätsverbesserung ist der Werkzeugüberhang stets zu minimieren. Beim Abstechen und Einstechen müssen die Schnitttiefe und Stechbreite berücksichtigt werden, d.h., dass aus Gründen der Zugänglichkeit häufig Abstriche hinsichtlich der Stabilität gemacht werden müssen.

## Höchste Stabilität



- Überhang (OH) so gering wie möglich wählen
- Größtmögliche Plattensitzgröße verwenden

## Innenbearbeitung



### Schafttyp:

- Stahlbohrstangen  $\leq 3 \times \text{DMM}$
- Schwingungsgedämpfte Stahlbohrstangen  $\leq 5 \times \text{DMM}$
- Hartmetallbohrstangen  $\leq 5 \times \text{DMM}$
- Hartmetallverstärkte, schwingungsgedämpfte Bohrer bis  $7 \times \text{DMM}$ .

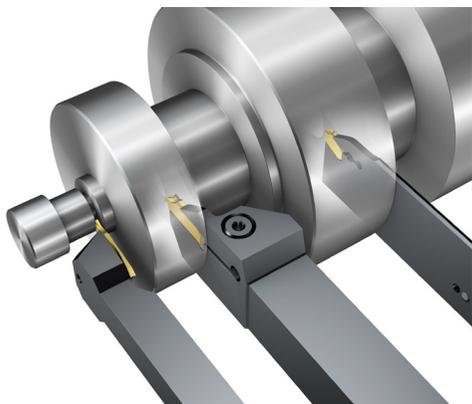


### Wendeschneidplatten:

- Kleinstmögliche Breite wählen
- Leicht schneidende Geometrien verwenden.

# Parameter zur Auswahl von Werkzeughaltern

## Überlegungen zum System



Tiefe Abstechbearbeitung

Flache  
Abstechbearbeitung

Mittlere Abstechbearbeitung

### Tiefe Abstechbearbeitung

- Erste Wahl sind Einsätze mit Federspannung mit einschneidigen Wendeschneidplatten.

### Mittlere Abstechbearbeitung

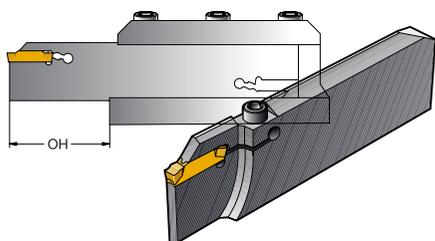
- Erste Wahl für die mittlere Abstechbearbeitung sind Halter mit zweischneidigen Wendeschneidplatten.

### Flache Abstechbearbeitung

- 3-Schneiden-System zum ökonomischen Abstechen in der Massenfertigung verwenden.

## Allgemeine Überlegungen zum Werkzeughalter

Spannblock für Federspannhalter zur Einstellung des Werkzeugüberhangs.



- Kürzesten Überhang mm (Zoll) wählen
- Maximaler Werkzeughalterschaft
- Größte Höhe
- Maximale Halterbreite.

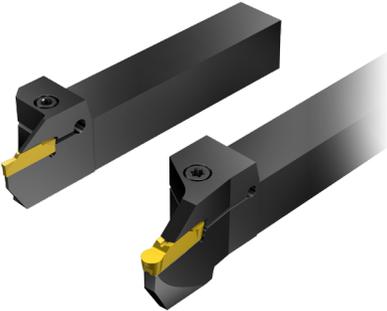
## Federspannhalter



### Merkmale/Vorteile

- Schnellere Wendschneidplattenwechsel
- Abstechen größerer Durchmesser
- Verstellbarkeit
- Tiefes Einstechen
- Doppelseitig
- Nur radiale Zustellung
- Präzisionskühlung

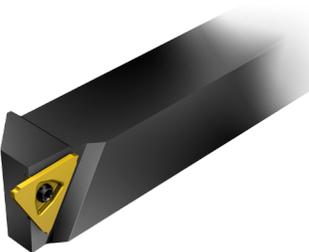
## Schraubspann- und Federspannhalter



### Merkmale/Vorteile

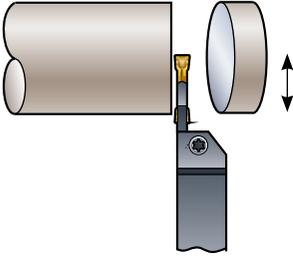
- Kleinere Durchmesser
- Flaches Einstechen
- Radialer und axialer Vorschub
- Höhere Steifigkeit
- Einseitig
- Präzisionskühlung

## Halter mit Schraubspannung für dreischneidige Wendschneidplatten



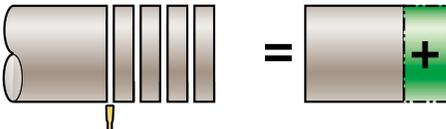
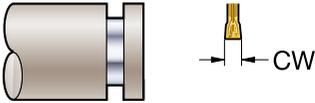
### Merkmale/Vorteile

- Extrem kleine Stechbreiten
  - Einstechen ab 0.5 mm (.020")
  - Abstechen ab 1 mm (.039")
- Schnitttiefen bis 6 mm (.236")
- Ein Halter für sämtliche Plattenbreiten.
- Sehr hohe Wiederholgenauigkeit beim Wenden.
- Wahl für Produktivität, 3-Schneiden-System.

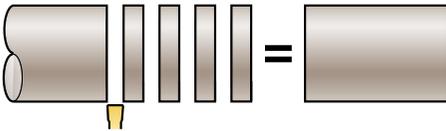


Schmalste Wendeschneidplatte wählen:

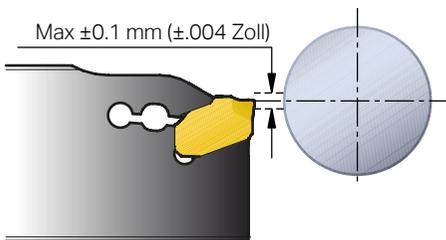
- Einsparung von Werkstückstoff
- Minimierung der Schnittkräfte
- Minimierung der Umweltverschmutzung.



Materialeinsparung



## Positionierung des Werkzeugs



Max.  $\pm 0.1$  mm ( $\pm .004$  Zoll) Abweichung von Mittelachse.

Zu hohe Schneidkante

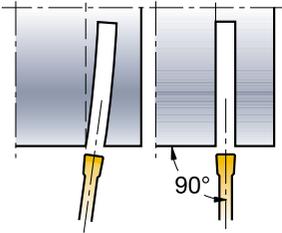
- Freiwinkel nimmt ab.
- Schneidkante reibt (bricht).

Zu niedrige Schneidkante

- Werkzeug lässt Material in der Mitte stehen (Butzen).



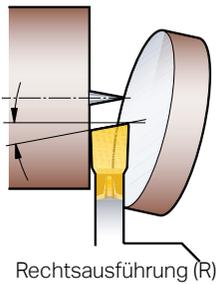
## ► Positionierung des Werkzeugs



### 90°-Montage des Werkzeughalters

- Senkrechte Oberfläche
- Verminderte Vibrationen

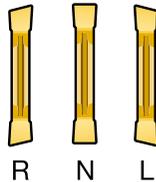
## Wendeschneidplattenausführung



Wendeschneidplattenausführung

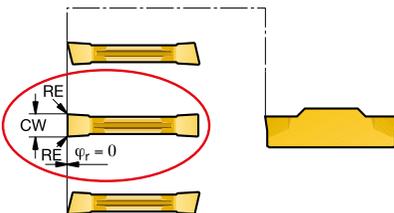
Drei Arten von Schneidplattentypen mit unterschiedlichen Einstellwinkeln:

- Rechtsausführung (R)
- Neutral (N)
- Linksausführung (L).



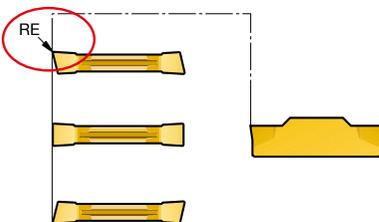
## Wendeschneidplattengeometrie

### Neutraler Einstellwinkel



- Höhere Stabilität
- Höherer Vorschub/höhere Produktivität
- Bessere Oberflächengüte
- Gerader Schnitt
- Butzen an abfallendem Teil.

### Kleiner/großer Eckenradius



#### Kleiner Eckenradius

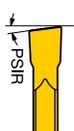
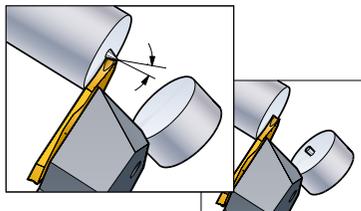
- Kleiner Butzen
- Bessere Spankontrolle
- Geringerer Vorschub

#### Großer Eckenradius

- Höherer Vorschub
- Längere Standzeit

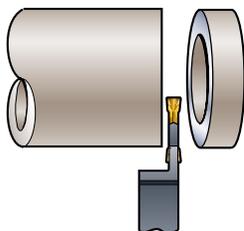
# Abstechen

## Butzenreduzierung durch unterschiedliche stirnseitige Einstellwinkel



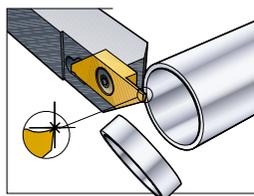
Beispiel stirnseitiger Einstellwinkel bei 1-, 2- und 3-schneidigen Wendeschneidplatten:  
 KAPR = 95°, 98°, 100°, 102°, 105°, 110°  
 (PSIR = 5°, 8°, 10°, 12°, 15°, 20°)

## Abstechen von Hohlkörpern



Wendeschneidplatte mit kleinstmöglicher Stechbreite (CW), um Werkstoff einzusparen, die Schnittkraft zu minimieren und möglichst umweltfreundlich zu arbeiten.

## Abstechen von dünnwandigen Hohlkörpern



Sicherstellen, dass nur sehr geringe Schnittkräfte entstehen. Wendeschneidplatten mit geringster Breite und schärfsten Schneidkanten wählen.

- Zur Butzen- und Gratminimierung Wendeschneidplatten mit stirnseitigem Einstellwinkel in Rechts- oder Linksausführung wählen.
- Stirnseitiger Einstellwinkel:
  - je größer, desto kleiner Butzen/Grat
  - je kleiner, desto besser die Spankontrolle und Standzeit.
- Durch Zentrifugalkraft fällt abgestoche-nes Baueil ab
  - Werkzeug lässt Material in der Mitte stehen (Butzen).

### Hinweis!

Bei einer Wendeschneidplatte mit stirnseitigem Einstellwinkel ist die Spankontrolle aufgrund der Richtung des Spanabflusses geringer. (Eine neutrale Wendeschneidplatte lenkt den Span aus der Nut heraus).

## Werkzeugwahl - Zusammenfassung



### Allgemeine Empfehlungen:

- Neutrale Wendeschneidplatten
- Geringste Wendeschneidplattenbreite
- Größter Werkzeughalter.

### Zu berücksichtigende Faktoren:

- Schnitttiefe
- Plattenbreite
- Stirnseitiger Einstellwinkel
- Eckenradius

Drehen

B

Abstechen und Einstechen

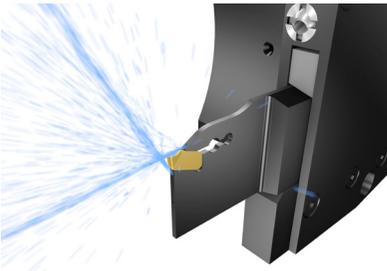
C

Gewindedrehen

D

## Kühlschmierstoff zuführen

Kühlschmierstoff hat eine wichtige Funktion, da die Nuten häufig eng und von Spänen blockiert sind. Daher ist es wichtig, während der gesamten Bearbeitung große Mengen Kühlschmierstoff an die Schneidkante zu lenken.



### Anwendung:

- Reichlich Kühlschmierstoff zuführen
- Lenkung auf die Schneidkante
- Präzisionskühlung.

### Ergebnis:

- Positive Auswirkung auf Spanbildung
- Verhindert Spänestau
- Verlängert Standzeit.

Fräsen

E

Bohren

F

Aufbohren

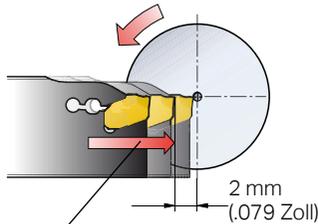
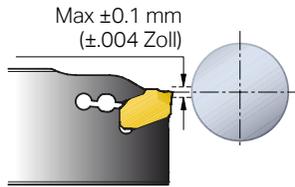
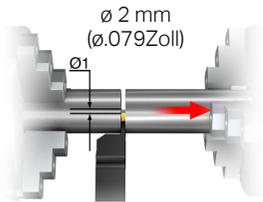
G

Werkzeughalter

H

Zerspanbarkeit  
Sonstige Informationen

## Praktische Hinweise

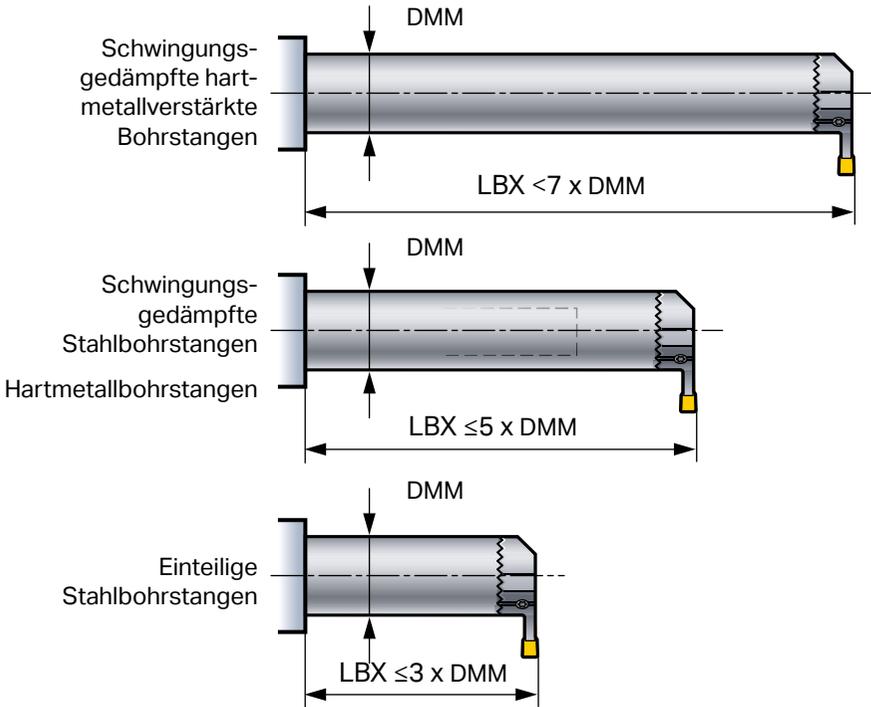


$f_n$  0.03 - 0.05 mm/U

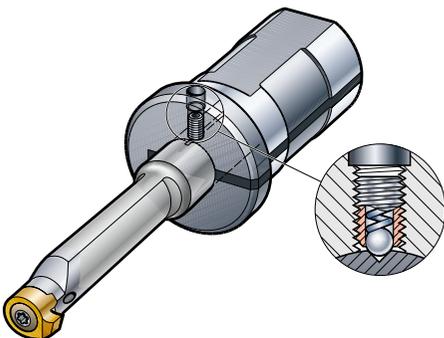
- Mittenhöhe ist wichtig,  $\pm 0.1 \text{ mm}$  ( $\pm.004 \text{ Zoll}$ ).
- Beim Arbeiten mit Gegenspindel das Werkstück ca. 2 mm ( $.079 \text{ Zoll}$ ) vor Erreichen der Mitte abgreifen.
- Empfohlene Vorschubrate auf 0.03 - 0.05 mm/U circa 2 mm ( $.079 \text{ Zoll}$ ) vor Erreichen der Mitte reduzieren – auch beim Abstechen von Hohlkörpern.

# Empfehlungen für Bohrstangenlösungen

## Empfohlener Überhang



## EasyFix-Spannaufnahmen



Zur präzisen Bearbeitung mit weniger Vibrationen und genauer Mittenhöhe EasyFix-Spannaufnahmen wählen.

Drehen

B

Abstechen und Einstechen

C

Gewindedrehen

D

Fräsen

E

Bohren

F

Aufbohren

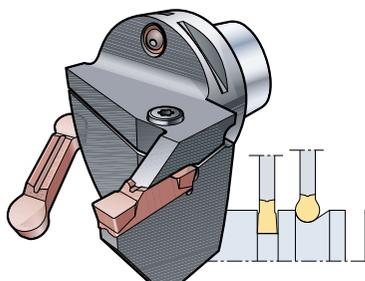
G

Werkzeughalter

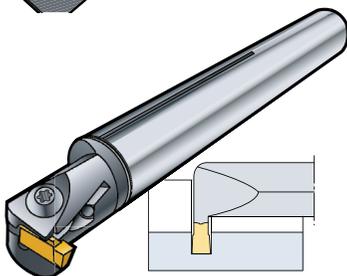
H

Zerspanbarkeit  
Sonstige Informationen

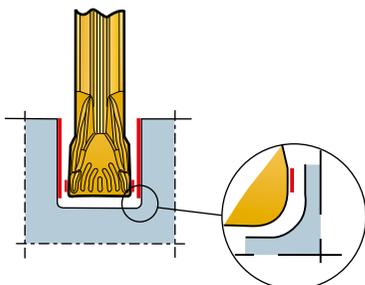
## Allgemeine Einstechbearbeitung



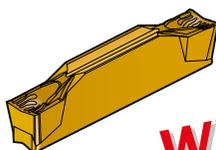
- Präzisionseinstechen ist die wirtschaftlichste und produktivste Methode zur Herstellung von Nuten.
- Ist die Tiefe der Nut größer als die Breite, ist Mehrfacheinstechen die beste Methode zur Vorbearbeitung.
- Zum Einstechen sollten Halter mit Schraub- oder Federspannung verwendet werden.



## Präzisionseinstechen

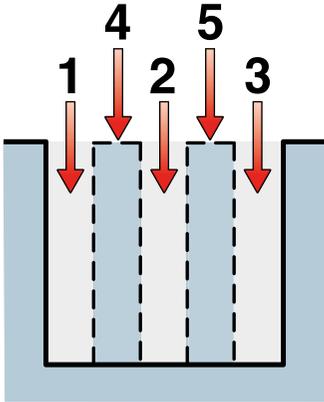


- Ökonomische und produktive Methode zur Herstellung von Nuten.
- Schlichtgeometrie bietet Toleranzbreite von  $\pm 0.02$  mm ( $\pm 0.0008$  Zoll) und zeigt gute Leistung bei niedrigen Vorschüben.
- Wiper-Wendeschneidplatten sorgen für extrem hohe Oberflächengüte an den Nutwänden.



TECHNOLOGY  
**Wiper**

## Mehrfacheinstechen

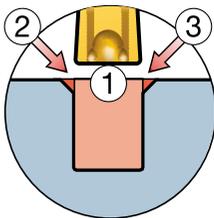


- Die beste Methode der Vorbereitung einer Nut, die tiefer als breit ist.
- Verwenden Sie die Schneidplattenbreite, um zunächst Vollnuten zu erstellen und anschließend die Stege zu stechen (Kammstechen).

## Praktische Hinweise

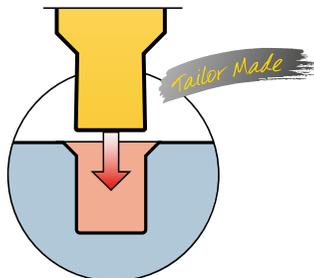
Bei der Herstellung von qualitativ hochwertigen Nuten ist es häufig erforderlich, Fasen herzustellen.

A

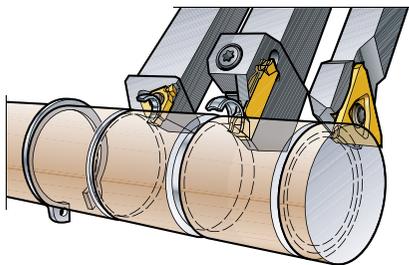


- Das Fasen der Nuten kann mit den Ecken der Wendeschneidplatte (z. B. einer Einstech-Wendeschneidplatte) erfolgen, siehe Abbildung A.

B



- Für das Fasen in einer Serienproduktion ist es allerdings besser, eine Tailor-Made-Schneidplatte mit der genauen Faserform zu bestellen, siehe Abbildung B.



Sicherungsringe an Wellen- und Achsbauanteilen sind weit verbreitet.

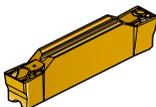
- Zum Nutendreihen für Sicherungsringe kann das 3-Schneiden- oder 2-Schneiden-System verwendet werden.
- Zum Innennutendreihen steht ein breites Programm an Wendeschneidplatten und Bohrstangen zur Verfügung.

## Zur Auswahl stehende Systeme

### 3-Schneiden-System



### 2-Schneiden-System



- Für optimale Wirtschaftlichkeit 3-Schneiden-System in Breiten von 1.00 - 3.18 mm (.039 - .125 Zoll).
- Oder 2-Schneiden-System in Breiten von 1.50 - 6.00 mm (.059 - .236 Zoll) wählen.

### Wendeschneidplatten zur Innenbearbeitung



### Stangenförmige Hartmetallschneideinsätze



- Wendeschneidplatten zur Innenbearbeitung sind für Mindestbohrungsdurchmesser von 10 mm (.394 Zoll) und Sicherungsringbreiten von 1.10 - 4.15 mm (.043 - .163 Zoll) erhältlich.
- Mindestbohrungsdurchmesser bei stangenförmigen Hartmetallschneideinsätzen ist 4.2 mm (.165 Zoll) und Sicherungsringbreiten 0.78 - 2.00 mm (.031 - .079 Zoll).

### Innen



### Innen/Außen



Fräsen ist eine Alternative bei nicht-rotierenden Werkstücken

- Die Breiten der Sicherungsringe für Fräser mit 9.7 – 34.7 mm (.382 - 1.366 Zoll) Durchmesser sind 0.70 - 5.15 mm (.028 - .203 Zoll).
- Die Breiten der Sicherungsringe für Fräser mit 39 – 80 mm (1.535 - 2.480 Zoll) Durchmesser sind 1.10 - 5.15 mm (.043 - .203 Zoll).

Fräserdurchmesser  
9.7 – 34.7 mm  
(.382 - 1.366 Zoll)

Fräserdurchmesser  
39 – 80 mm  
(1.535 - 2.480 Zoll)

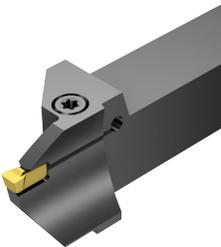
# Axialeinstechen



Axialeinstechoperationen erfordern ein-satzbezogene Werkzeuge.

- Die Krümmung des Werkzeughalters ist abhängig vom Werkstückradius.
- Bei der Auswahl des Werkzeugs muss der Innen- und Außendurchmesser der Nut berücksichtigt werden.

## Werkzeuge zum Axialeinstechen



- Gebogenes Werkzeug zum Axialeinstechen, Schaftausführung 0°.

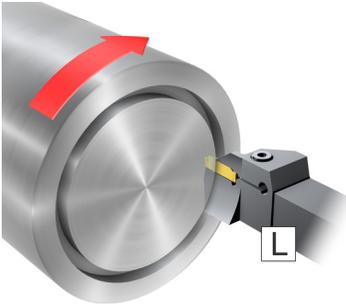


- Gebogenes Werkzeug zum Axialeinstechen, Schaftausführung 90°.

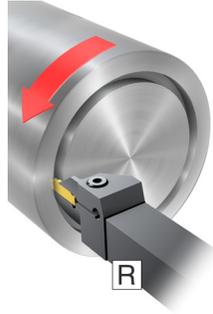


- Austauschbare Kassetten ermöglichen die Zusammenstellung eines Spezialwerkzeugs aus Standardwerkzeugen.

## Wahl der Werkzeugausführung (Rechts- oder Linksausführung) je nach Drehrichtung



Werkzeug in Linksausführung (L)

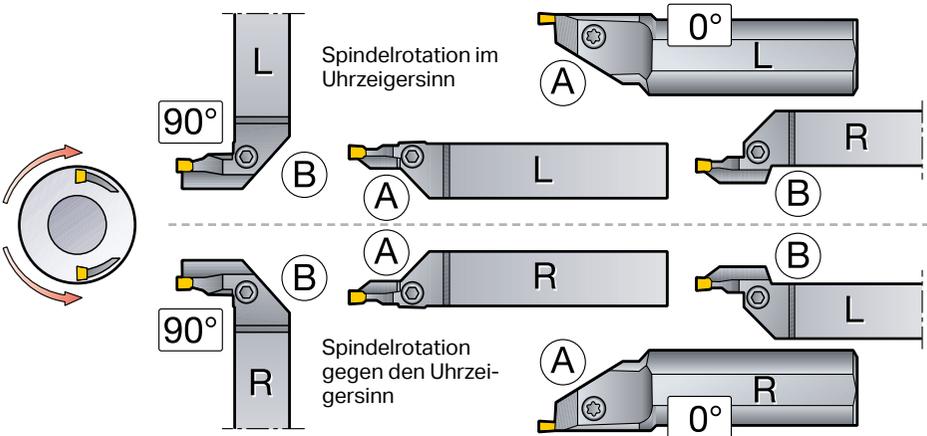


Werkzeug in Rechtsausführung (R)

- Axialer Vorschub des Werkzeugs bis zur Endposition.
- Das Werkzeug muss auf den Nutradius abgestimmt sein.
- Für eine optimale Spankontrolle mit dem größten Durchmesser anfangen und nach innen arbeiten.

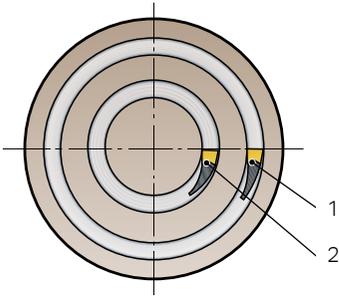
## Form A oder B, Werkzeug in Rechts- oder Linksausführung

Korrektes Werkzeug wählen – Form A oder B, Rechts- oder Linksausführung – je nach Maschinenaufspannung und Drehrichtung des Werkstücks.



[www.tool-builder.com](http://www.tool-builder.com)

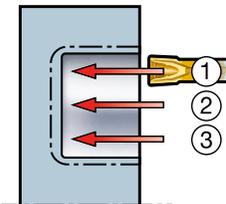
## Überlegungen im Bezug auf den ersten Einstich



- 1 Wenn die Schneidplattenauflage am Innendurchmesser des Werkstücks reibt:
  - ist der Durchmesserbereich möglicherweise falsch
  - steht das Werkzeug möglicherweise nicht parallel zur Achse
  - Mittenhöhe überprüfen
  - Werkzeug unter Zentrumslinie absenken.
- 2 Wenn die Schneidplattenauflage am Außendurchmesser des Werkstücks reibt:
  - ist der Durchmesserbereich möglicherweise falsch
  - steht das Werkzeug möglicherweise nicht parallel zur Achse
  - Mittenhöhe überprüfen
  - Werkzeug über Zentrumslinie anheben.

## Schruppen und Schlichten einer Axialnut

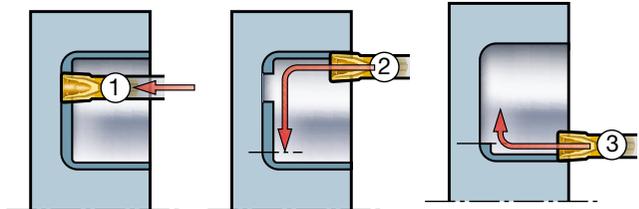
### Schruppen



Der erste Schnitt (1) muss immer am größten Durchmesser angesetzt werden und nach innen geführt werden. Der erste Einstich bietet gute Spankontrolle, aber weniger Spanbruch.

Die Schnitte zwei (2) und drei (3) sollten das 0,5–0,8-fache der Breite der Wendeschneidplatte betragen. Der Spanbruch wird nun akzeptabel, und der Vorschub kann langsam erhöht werden.

### Schlichten



Den ersten Schnitt (1) im vorgegebenen Durchmesserbereich ansetzen.

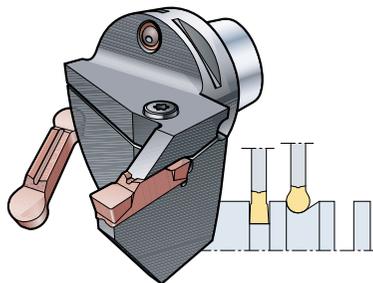
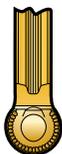
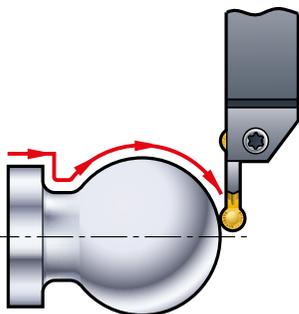
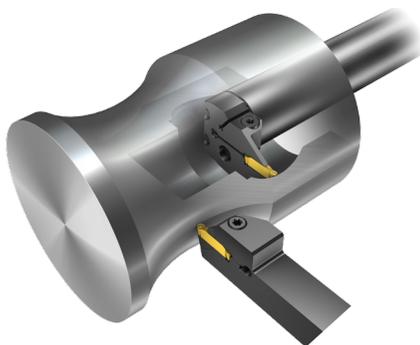
Im zweiten Schnitt (2) wird der Durchmesser geschichtet. Immer nach innen arbeiten.

Nun erfolgt abschließend der Schnitt drei (3) mit dem Schlichten des Innendurchmessers bis zu den korrekten Abmessungen.

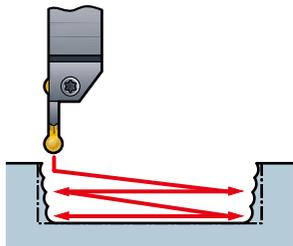
## Profildrehen

Zur Bearbeitung komplexer Werkstückformen bieten Wendeschneidplatten zum Profildrehen ausgezeichnete Rationalisierungsmöglichkeiten.

- Moderne Werkzeugsysteme zum Abstechen und Einstechen lassen auch Drehbearbeitungen zu.
- Zur Maximierung der Stabilität sollten Werkzeughalter mit Schraubspannsystem beim Längs- und Profildrehen verwendet werden.
- Ein neutrales Werkzeug kann dazu genutzt werden, einen Einstich zu verbreitern oder gar zu schlichten.
- Die runden Wendeschneidplatten haben auf diese Arbeitsgänge abgestimmte Geometrien.



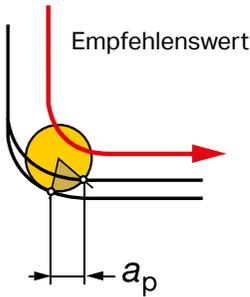
## Schrägeintauchen



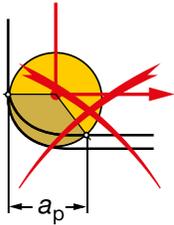
- Für herausragende Spankontrolle und hohe Oberflächengüte runde Wendeschneidplatten verwenden.
- Bei instabilen Aufspannungen Schrägeintauchen, um Vibrationen zu vermeiden.

## Profildrehen

### Wendeschnidplattenradius < Werkstückradius



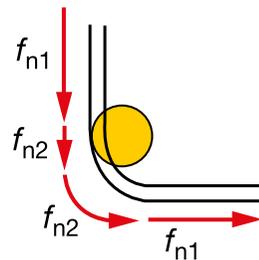
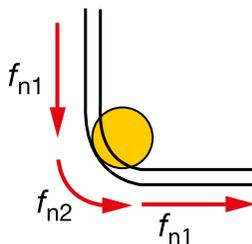
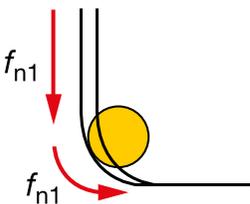
- Großer Teil der Wendeschnidplatte hat Kontakt zum Werkstück. Daher Vorschub reduzieren.
- Wenn möglich, Wendeschnidplattenradius wählen, der kleiner als der Werkstückradius ist.
- Muss der Wendeschnidplattenradius genauso groß sein, wie der Werkstückradius, sollten kurze Vorschubunterbrechungen programmiert werden, damit die Späne kürzer und Vibrationen vermieden werden.



Plattenradius  $\geq$  Werkstückradius nicht empfehlenswert

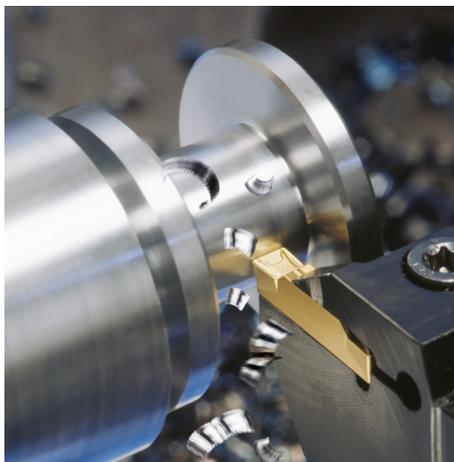
$f_{n1}$  = parallele Einstiche – max. Spandicke 0.15–0.40 mm (.006 - .016 Zoll).

$f_{n2}$  = Radius einstechen – 50% max. Spandicke.



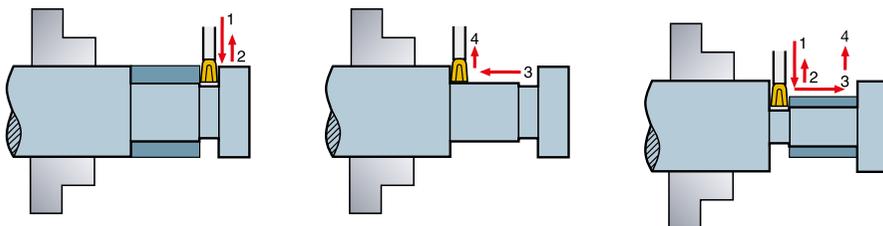
## Drehen

Die drei gängigsten Methoden zur Bearbeitung breiter Nuten oder zur Drehbearbeitung zwischen Schultern sind Mehrfacheinstechen, Stechdrehen und Schrägeintauchen. Alle drei Methoden sind Schrappoperationen und erfordern eine anschließende Fertigbearbeitung. Als Faustregel gilt, dass bei geringerer Stechbreite als Stechtiefe Mehrfacheinstechen angewendet werden sollte, im umgekehrten Fall Stechdrehen. Bei schlanken Werkstücken sollte die Methode des Schrägeintauchens gewählt werden.



- Halter mit kürzestmöglichem Überhang, Schraubspannung und Wendeschneidplatte mit Prismenführung wählen.
- Wenn möglich, stabiles, modulares Werkzeugsystem wählen.
- Verstärkte Einsätze erhöhen Stabilität.

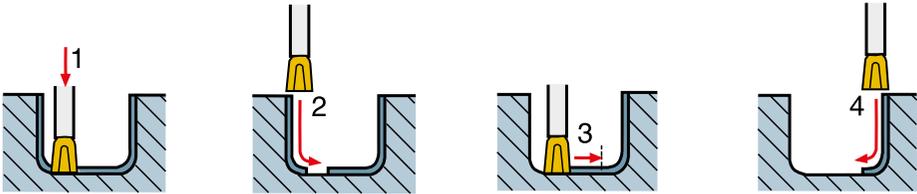
## Schruppen



1. Radiales Zustellen bis zur erforderlichen Schnitttiefe +0.2 mm (+.008 Zoll) (max. 0.75 x Plattenbreite).
2. Radiales Zurücksetzen um 0.2 mm (.008 Zoll).
3. Längsdrehen zur gegenüberliegenden Schulterposition.
4. Radiales Zurücksetzen um 0.5 mm (.020 Zoll).

## Schlichten

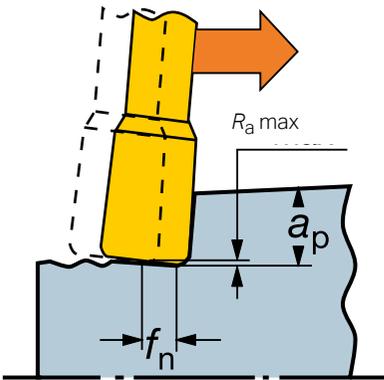
Da die Wendeschneidplatte über den Radius fährt, erfolgen die meisten Bewegungen in Z-Richtung. Dies führt zur Bildung extrem dünner Späne entlang der Hauptschneide und kann Reibung und als Folge Vibrationen verursachen.



- Die axiale und radiale Schnitttiefe sollte 0,5–1,0 mm (.020 - .039 Zoll) betragen.

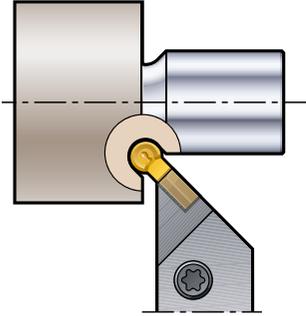
## Längsdrehen

### Oberflächengüte



- Durch den Wiper-Effekt ist es möglich, eine hohe Oberflächengüte zu erzielen.
- Den besten Wiper-Effekt erhalten Sie mit der richtigen Kombination aus Vorschub ( $f_n$ ) und Werkzeugablenkung.
- Es lassen sich  $R_a$  Werte unter  $0,5 \mu\text{m}$  ( $20 R_a$ ) erzielen, die eine gute Tragfähigkeit ergeben.

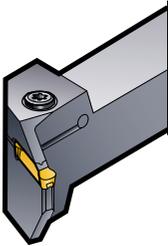
# Freistechen



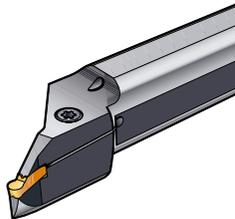
- Bei Bedarf eines Freistichs.
- Diese Anwendungen erfordern speziell dafür ausgelegte, runde, scharfe und präzise arbeitende Wendeschneidplatten.
- Die Toleranz dieser Wendeschneidplatten ist hoch  $\pm 0.02$  mm ( $\pm 0.0008$  Zoll).

## Werkzeuge zum Freistechen

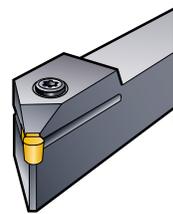
Abgewinkelt,  
7°, 45° und 70°



Abgewinkelt, 20°



Abgewinkelt, 45°



- Halter zum Außen-Freistechen.  
Zweischneidige  
Wendeschneidplatte.

- Halter zum Innen-Freistechen.  
Zweischneidige  
Wendeschneidplatte.

- Halter zum Außen-Freistechen.  
Einschneidige  
Wendeschneidplatte.

# Problembekämpfung

## Werkzeugverschleiß

Problem \ Lösung						
	Freiflächenverschleiß	Plastische Deformation	Kolkverschleiß	Abplatzungen	Schneidkantenbruch	Aufbauschneidenbildung
Positivere Geometrie						++
Zähere Sorte				++		
Verschleißfestere Sorte	++	+	+			
Höhere Schnittgeschwindigkeit						+
Schnittgeschwindigkeit reduzieren	+	+	++			
Vorschub reduzieren		++		+	+	
Stabilere Geometrie wählen				+	++	

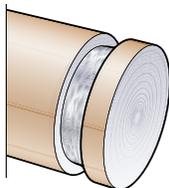
++ = Bestmögliche Abhilfe

+ = Mögliche Abhilfe

Problem

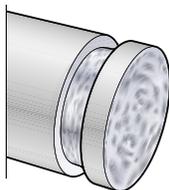
Lösung

## Schlechte Oberfläche



- Kurzes, stabiles Werkzeug wählen.
- Späne abführen – Geometrie mit guter Spankontrolle wählen.
- Werkzeuge mit Präzisionskühlung verwenden.
- Empfohlene Schnittgeschwindigkeits- und Vorschubwerte beachten.
- Wiper-Geometrie verwenden.
- Werkzeugspannung überprüfen.

## Schlechte Oberflächengüte bei Aluminium



- Schärfste Geometrie wählen.
- Geometrie mit guter Spankontrolle wählen.
- Spezielle für Werkstoff ausgelegte Emulsion wählen.
- Werkzeuge mit Präzisionskühlung verwenden.

## Schlechter Spanbruch

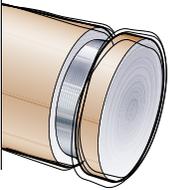


- Andere Geometrie wählen.
- Höheren Vorschub wählen.
- Mit Vorschubunterbrechungen arbeiten.
- Werkzeuge mit Präzisionskühlung verwenden.

Problem

Lösung

## Vibrationen



- Stabile Aufspannung wählen.
- Empfohlene Schnittgeschwindigkeits- und Vorschubwerte beachten.
- Kürzeren Werkzeug- oder Werkstücküberhang wählen.
- Andere Geometrie wählen.
- Zustand des Werkzeugs überprüfen.
- Spannung des Werkzeugs überprüfen (Mittenhöhe).

Drehen

B

Abstechen und Einstechen

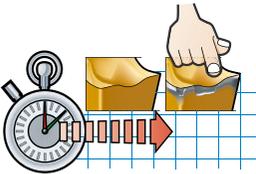
C

Gewindedrehen

D

Fräsen

## Kurze Standzeit



- Mittenhöhe überprüfen.
- Winkel zwischen Werkzeug und Werkstück überprüfen.
- Zustand des Einsatzes überprüfen. Ist Einsatz abgenutzt, Schneidplatte gegebenenfalls instabil im Plattensitz platziert.
- Werkzeuge mit Präzisionskühlung verwenden.

E

Bohren

F

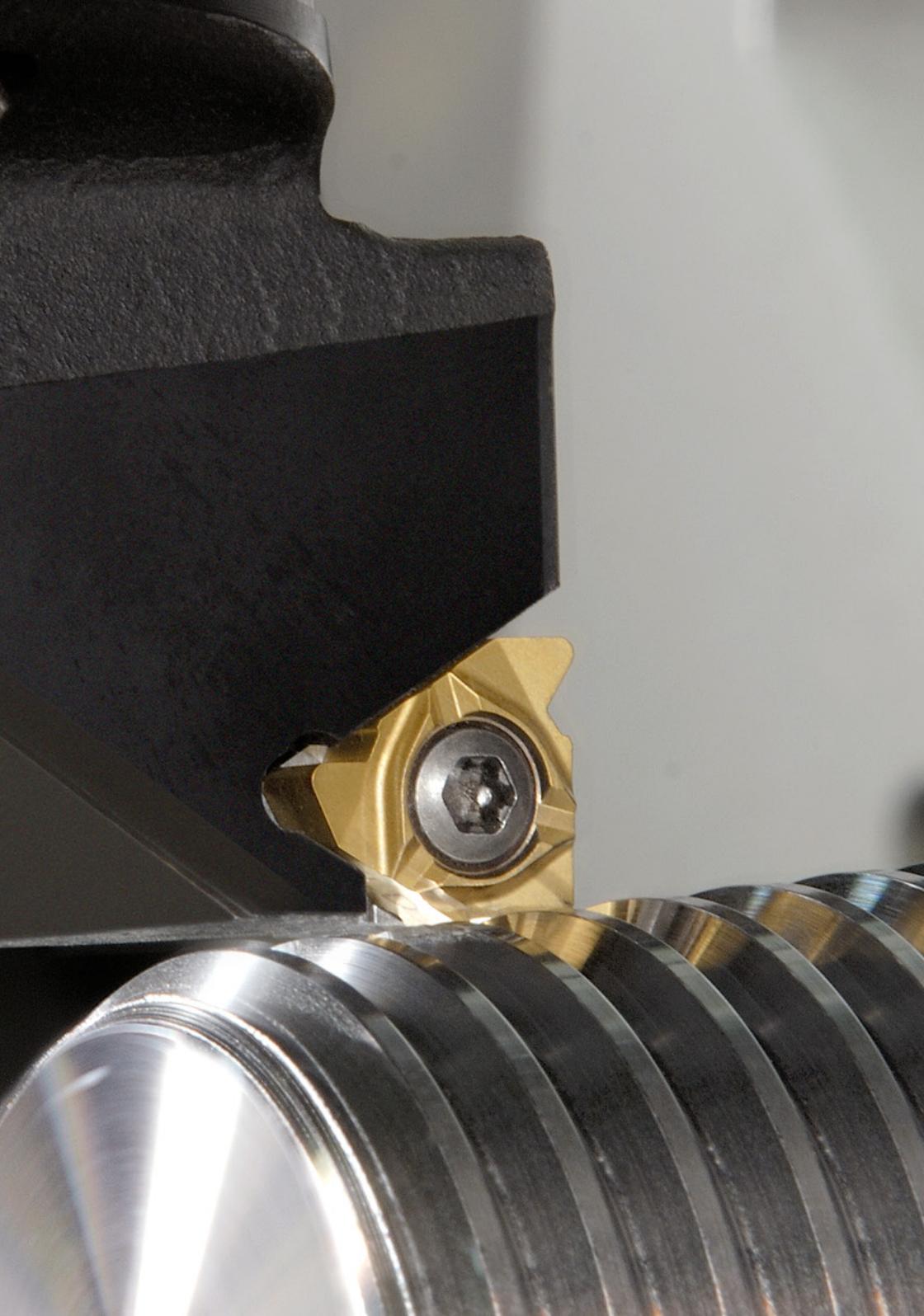
Aufbohren

G

Werkzeughalter

H

Zerspanbarkeit  
Sonstige Informationen



# Gewindedrehen

Gewindedrehen erfolgt durch eine Anzahl von Durchgängen der Wendeschneidplatte entlang des Abschnitts am Werkstück, der mit dem Gewinde versehen werden soll.

Indem man die volle Schnitttiefe des Gewindes in kleine Schritte aufteilt, wird die empfindliche Gewindeprofilspitze der Schneidkante nicht überlastet.

- Theorie C 4
- Auswahlverfahren C 9
- Systemüberblick C 13
- Korrekte Anwendung C 19
- Problembhebung C 24
- Gewindebohren C 28

# Theorie des Gewindedrehens

## Methoden zur Herstellung eines Gewindes

Die primären Funktionen eines Gewindes sind:

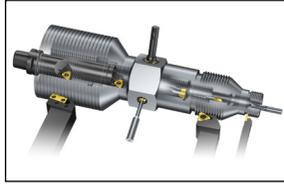
- Die Bildung einer mechanischen Verbindung
- Die Bewegungsübertragung durch Umwandlung einer Dreh- in eine Linearbewegung oder umgekehrt
- Mechanische Vorteile zu gewinnen durch die Aufbringung einer kleinen Kraft zur Erzielung einer großen.

## Unterschiedliche Methoden zur Herstellung eines Gewindes

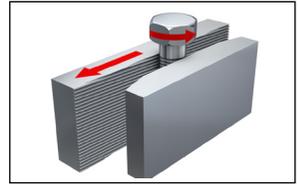
Formen



Zerspanung



Rollen



## Methoden zur Herstellung eines Gewindes

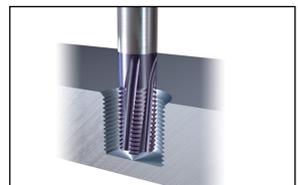
Gewindedrehen



Gewindebohren



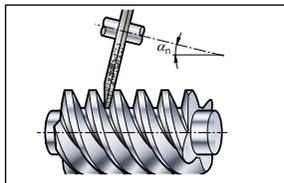
Gewindefräsen



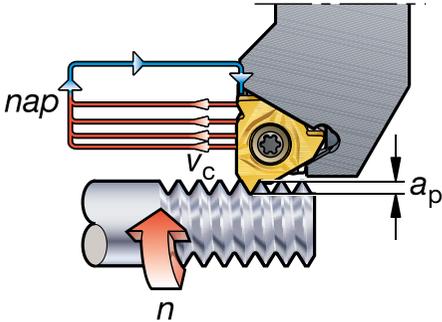
Gewidewirbeln



Schleifen



## Begriffsdefinitionen

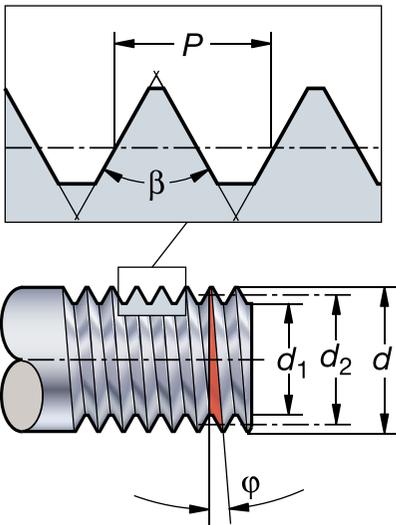


$v_c$  = Schnittgeschwindigkeit m/min  
(Fuß/min)

$n$  = Spindeldrehzahl U/min (rpm)

$a_p$  = Gesamtgewindetiefe mm (Zoll)

$nap$  = Anzahl Durchgänge



$P$  = Steigung, mm oder Gang  
pro Zoll

$\beta$  = Winkel des Gewindes

$d_1$  = Kerndurchmesser, außen

$D_1$  = Kerndurchmesser, innen

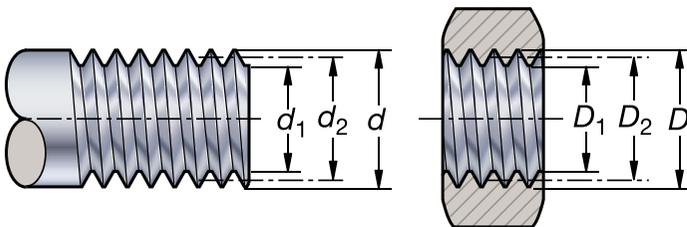
$d_2$  = Flankendurchmesser, außen

$D_2$  = Flankendurchmesser, innen

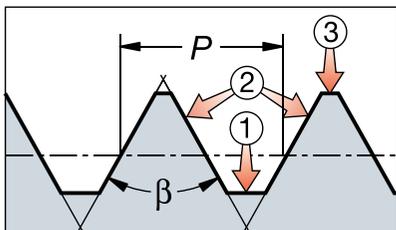
$d$  = Nenndurchmesser, außen

$D$  = Nenndurchmesser, innen

$\phi$  = Steigungswinkel des Gewindes



## Begriffsdefinitionen



### 1. Grund

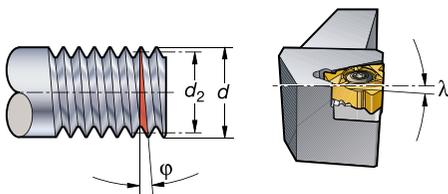
- Die untere Fläche, die die zwei benachbarten Flanken des Gewindes verbindet.

### 2. Flanke

- Die Seite des Gewindes, welche die Spitze und den Gewindegrund verbindet.

### 3. Spitze

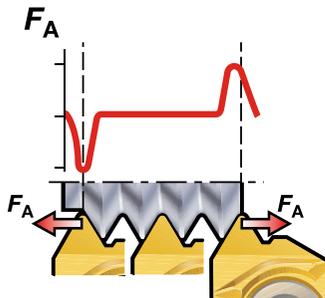
- die obere Fläche, welche die zwei Seiten bzw. Flanken verbindet.



### Steigungswinkel

- Der Steigungswinkel ( $\varphi$ ) ist abhängig von und basiert auf dem Durchmesser und der Steigung ( $P$ ) des Gewindes.
- Durch Austausch der Zwischenlage wird der Flankenfreiwinkel der Wendeschneidplatte verändert.
- Lambda ( $\lambda$ ), beschreibt den Neigungswinkel. Die Standardzwischenlage im Halter neigt die Schneidplatte um  $1^\circ$ , das ist der häufigste Neigungswinkel.

## Schnittkräfte beim Ein- und Austritt aus dem Gewinde

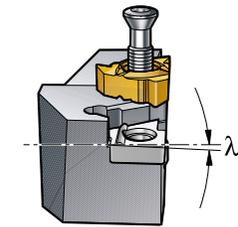


- Die größte axiale Schnittkraft tritt beim Gewindedrehen beim Ein- und Austritt des Zerspanungswerkzeugs auf.
- Aggressive Schnittdaten können zu Bewegungen von instabil gespannten Wendeschneidplatten führen.

# Neigung der Wendeschneidplatte zur Erzielung eines Freiwinkels

## Auswahl der Zwischenlagen zur Neigung der Wendeschneidplatte

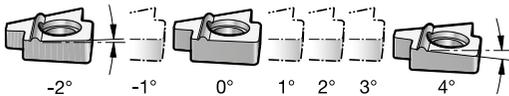
Der Neigungswinkel wird durch Verwendung von Zwischenlagen unter der Wendeschneidplatte im Werkzeughalter erzielt. Die Auswahl der Zwischenlage kann mithilfe eines Diagramms erfolgen (siehe Katalog). Alle Werkzeughalter werden standardmäßig mit einer Zwischenlage geliefert, welche die Schneidplatte um 1° neigt.



Tangens des Neigungswinkels

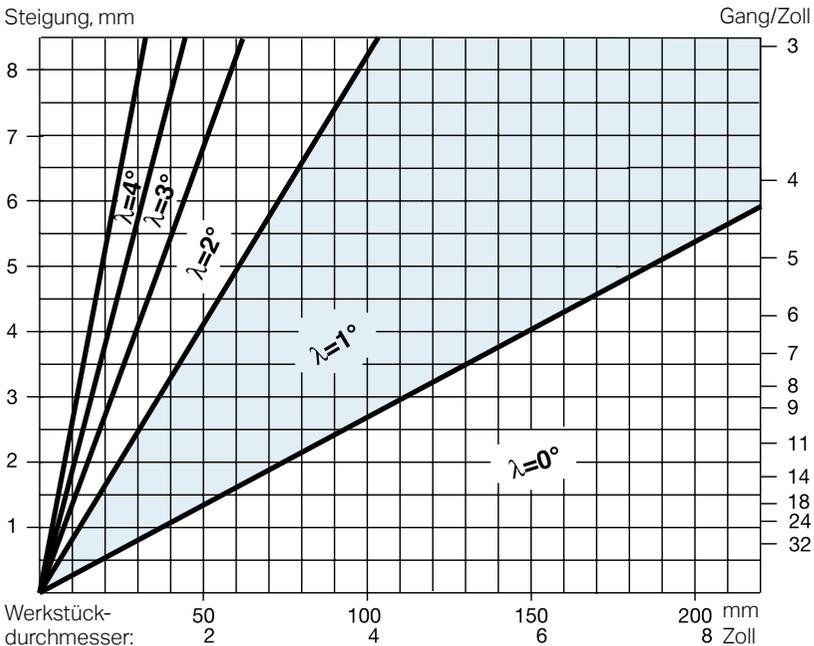
Hinweis! Einige ziehende Gewindebearbeitungen erfordern eine Zwischenlage mit negativem Neigungswinkel.

Standard-Zwischenlage = 1°



$$\tan \lambda = \frac{P \cdot n_s}{\pi \times d_2}$$

\* n<sub>s</sub> = Anzahl der Starts



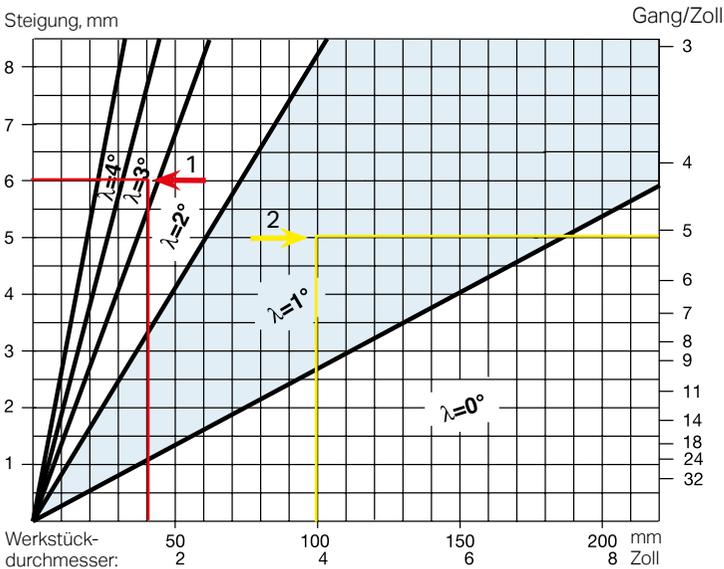
# Auswahl der Zwischenlagen zur Neigung der Wendeschneidplatte

Der Durchmesser und die Steigung beeinflussen den Neigungswinkel.

## Anwendungsbeispiel - Diagramm.

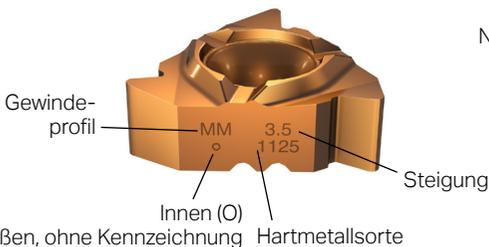
1. Der Werkstückdurchmesser beträgt 40 mm (1.575"), das Gewinde hat eine Steigung von 6 mm (.236"). Aus dem Diagramm wird ersichtlich, dass die benötigte Zwischenlage einen Neigungswinkel von  $3^\circ$  haben muss (Zwischenlage  $3^\circ$  muß verwendet werden).

2. Der Werkstückdurchmesser beträgt 102 mm (4"), das Gewinde hat eine Steigung von 5 Gang pro Zoll. Aus dem Diagramm wird ersichtlich, dass die benötigte Zwischenlage einen Neigungswinkel von  $1^\circ$  haben muss (Standard-Zwischenlage kann verwendet werden).

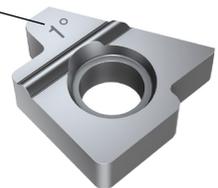


## Kennzeichnung der Wendeschneidplatten und Zwischenlagen zum Gewindedrehen

Lesen und Verstehen von Kennzeichnungen.

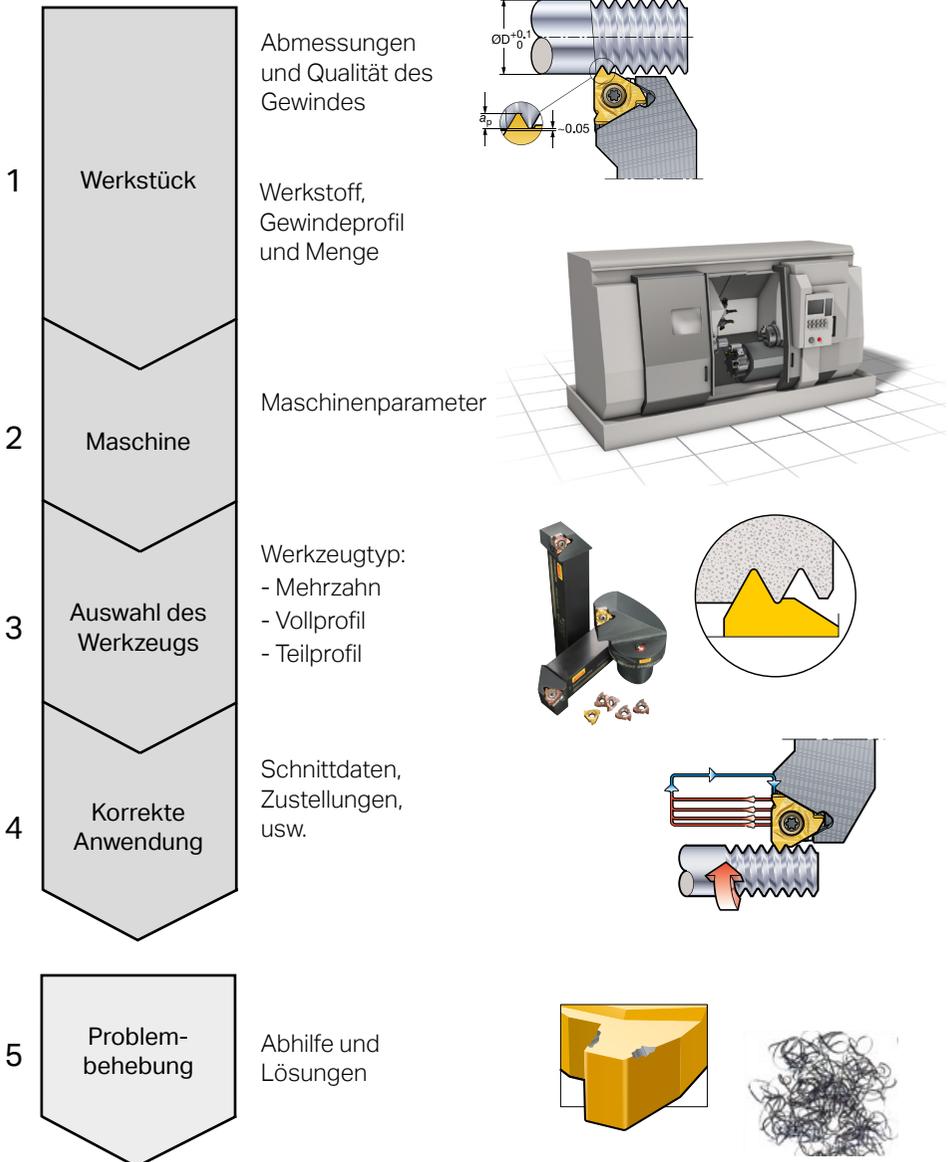


Neigungswinkel  
der Zwischenlage

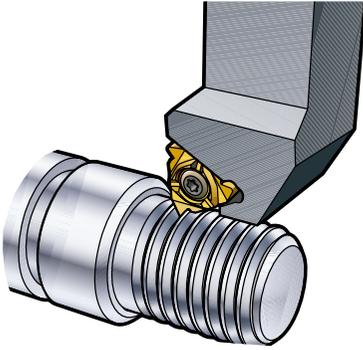


# Verfahren zur Auswahl des Werkzeugs

## Produktionsplanung



# 1. Werkstück und Werkstoff



## 2. Maschinenparameter

### Werkstück

- Maße und Qualitätsanforderungen an das herzustellende Gewinde analysieren
- Art der Anwendung (Außen oder Innen)
- Rechts- oder Linksgewinde
- Profiltyp (metrisch, UN, usw.)
- Steigung
- Anzahl der Gewindegänge
- Toleranz (Profil, Position).

### Werkstoff

- Zerspanbarkeit
- Spanbruch
- Härte
- Legierungselemente.

### Zustand der Maschine

- Spindelschnittstelle
- Maschinenstabilität
- Spindeldrehzahl
- Kühlschmierstoffzufuhr
- Aufspannung des Werkstücks
- Leistung und Drehmoment
- Erhältliche Programmzyklen
- Werkzeugreichweite und Freiraum
- Werkzeugüberhang

## 3. Auswahl der Werkzeuge

### Unterschiedliche Methoden zur Herstellung eines Gewindes

#### Wendeschneidplatten in Mehrzahn Ausführung



Eine Vollprofil-Wendeschneidplatte mit mehreren Zähnen reduziert die Anzahl der erforderlichen Zustellungen und bietet hohe Produktivität. So reduziert z. B. eine Mehrzahn-Wendeschneidplatte mit zwei Zähnen die Anzahl der Zustellungen um die Hälfte.

Der Werkzeugdruck erhöht sich exponentiell, so dass stabile Aufspannungen und kürzere Überhänge notwendig sind. Zudem ist ausreichend Freiraum hinter dem letzten Gewindengang erforderlich.

#### Vorteile

- Verminderte Anzahl an Zustellungen
- Sehr hohe Produktivität.

#### Nachteile

- Stabile Aufspannung erforderlich
- Ausreichend Freiraum hinter dem letzten Gewindengang erforderlich.

#### Vollprofil-Wendeschneidplatten



Das vollständige Gewinde wird von der Wendeschneidplatte hergestellt, wobei eine gute Kontrolle über die geometrischen Eigenschaften des Gewindes besteht, da der Abstand zwischen Gewindegrund und Spitze kontrolliert wird.

Die Wendeschneidplatte kann nur eine Gewindesteigung herstellen.

Da die Schneidplatte sowohl Gewindefuß und Spitze herstellt, nimmt der Werkzeugdruck zu, die Anforderungen an Aufspannung und Überhang sind hoch.

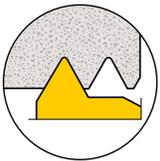
#### Vorteile

- Bessere Kontrolle bezüglich der Gewindeform
- Weniger Entgraten erforderlich.

#### Nachteile

- Jede Schneidplatte kann nur eine Gewindesteigung herstellen.

#### Teilprofil-Wendeschneidplatten



Die Wendeschneidplatte lässt sich für unterschiedliche Steigungen verwenden, so dass eine Reduzierung des Lagerbestands möglich ist. Die Wendeschneidplatten erstellen den Gewindefuß und die Flanken. Die Spitze wird durch einen vorangegangenen Drehvorgang erzeugt, was in größeren Toleranzen resultiert, als bei der Vollprofil-Wendeschneidplatte.

Aufgrund des reduzierten Schneiddrucks können bei vibrationsanfälligen Aufspannungen Teilprofil-Wendeschneidplatten die Lösung sein.

#### Vorteile

- Flexibilität, eine Wendeschneidplatte kann für mehrere Gewindesteigungen eingesetzt werden.

#### Nachteile

- Kann zur Ausbildung von Graten führen, die entfernt werden müssen. Die Teilprofil-Wendeschneidplatte erzeugt im Regelfall kein normgerechtes Gewinde.

## 4. Korrekte Anwendung

### Wichtige Überlegungen zur Anwendung



Die Art der Zustellung kann erheblichen Einfluss auf die Herstellung des Gewindes haben.

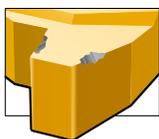
**Sie beeinflusst:**

- Spankontrolle
- Wendepplattenverschleiß
- Gewindequalität
- Standzeit

Die Wahl der Zustellungsart hängt von der Werkzeugmaschine, Plattengeometrie, dem Werkstoff und der Gewindesteigung ab.

## 5. Problembewegung

### Ausgewählte Faktoren, die es zu berücksichtigen gilt



Wenn Probleme mit Standzeit, Spankontrolle oder schlechter Gewindequalität auftreten, sind folgende Aspekte zu beachten.

**Zustellungsart**

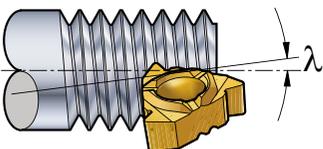
- Zustellungsart, Anzahl und Größe der Durchgänge optimieren.

**Neigung der Wendschneidplatte**

- Ausreichenden, gleichmäßigen Freiwinkel sicherstellen (Wendschneidplatte – Zwischenlagen zur Plattenneigung).

**Plattengeometrie**

- Verwendung der korrekten Plattengeometrie sicherstellen (Universal-, F- oder C-Geometrien).



**Plattensorte**

- Richtige Sorte wählen, basierend auf Werkstoff und Zähigkeitsanforderungen.

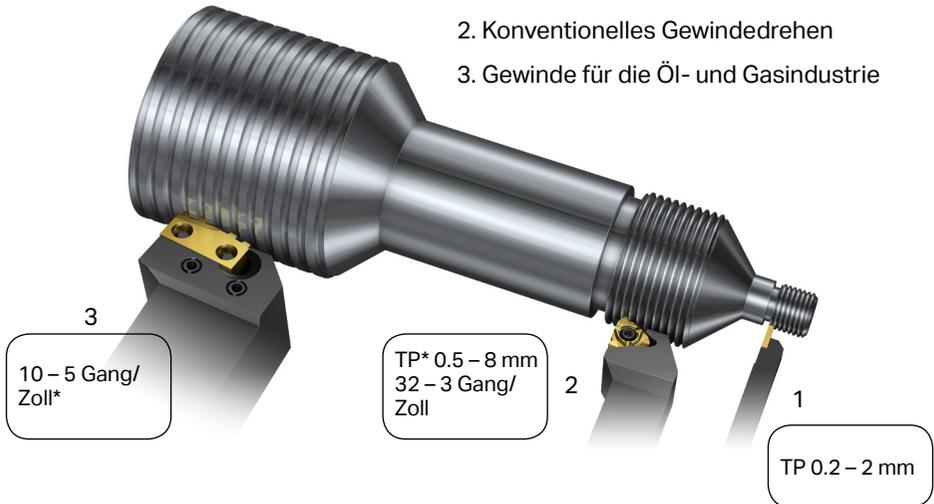
**Schnittdaten**

- Falls erforderlich, Schnittgeschwindigkeit und Anzahl der Durchgänge ändern.

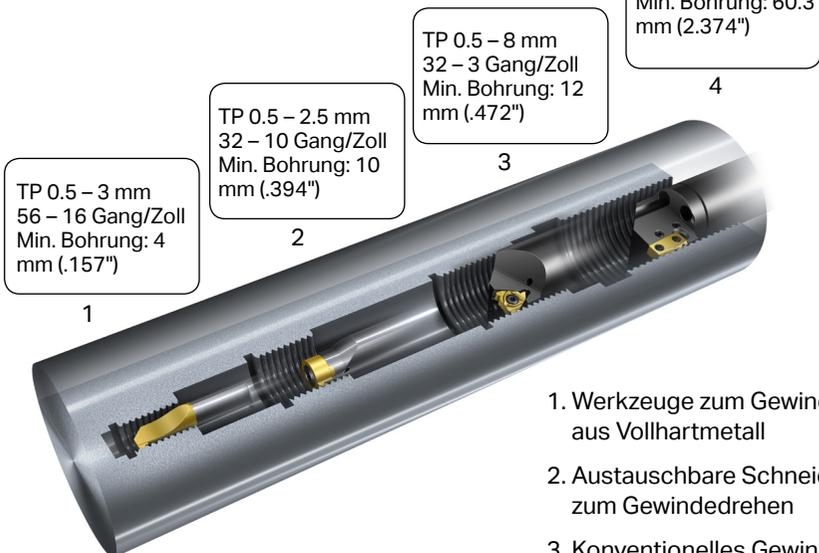
# Systemüberblick

## Außengewindedrehen

1. Drehen kleiner Gewinde
2. Konventionelles Gewindedrehen
3. Gewinde für die Öl- und Gasindustrie



## Innengewindedrehen



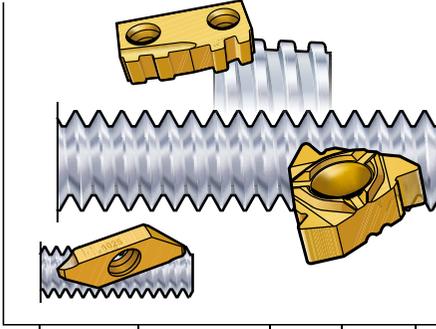
1. Werkzeuge zum Gewindedrehen aus Vollhartmetall
2. Austauschbare Schneidköpfe zum Gewindedrehen
3. Konventionelles Gewindedrehen
4. Gewinde für die Öl- und Gasindustrie

\*Gang/Zoll = Gewindegänge pro Zoll  
\*TP = Gewindesteigung

# Programm zum Außengewindedrehen

Ein breites Programm zur Auswahl

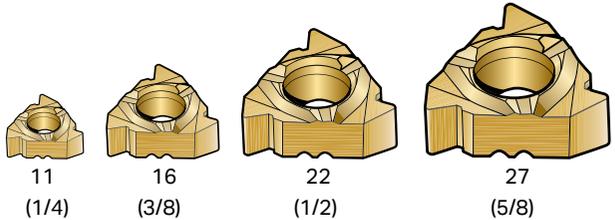
## Wendeschneidplatten



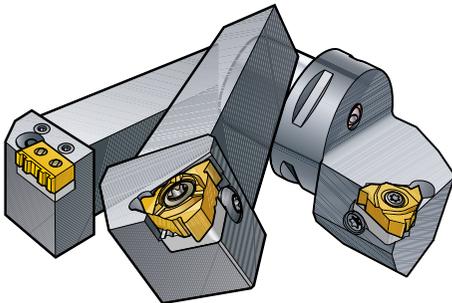
0.2 2.0 5.0 8.0  
32 10 5 3

Gewindesteigung  
mm  
Gang/Zoll

- Vier Plattenabmessungen (L) / Größen (IC):  
11, 16, 22, 27 mm  
(1/4, 3/8, 1/2, 5/8 Zoll)



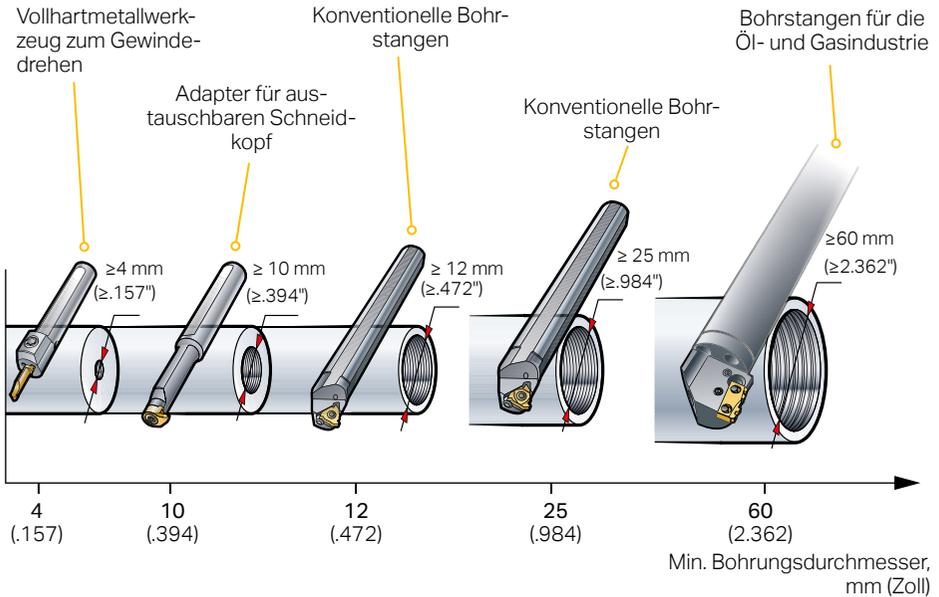
## Werkzeughalter



- Coromant Capto® Schneidköpfe
- QS-Halter
- Schaftwerkzeuge
- Austauschbare Schneidköpfe
- Einbauhalter

# Programm zum Innengewindedrehen

Ein breites Programm und zahlreiche Systeme zur Auswahl



Für die hochpräzise Innengewindedrehbearbeitung kleiner Bohrungen

Gewindedrehen mit Vollhartmetallwerkzeugen



Einsätze für Halter mit austauschbaren Schneidköpfen



# Gewindeformen

Anwendung	Wendeschneidplatten-/Gewindeform	Gewindetyp	Bezeichnung
Allgemeine Einsatzzwecke		ISO metrisch American UN	MM UN
Rohrgewinde		Whitworth, NPT British Standard (BSPT), NPTF American National Rohrgewinde	WH, NT PT, NF
Nahrungsmittelindustrie und Brandschutztechnik		Rund DIN405	RN
Luftfahrtindustrie		MJ UNJ	MJ NJ
Öl- und Gasindustrie		API Rundgewinde API "V" Form 60°	RD V38, 40, 50
Öl- und Gasindustrie		Buttress, VAM	BU
Bewegungsgewinde Allgemeine Einsatzzwecke		Trapezförmig ACME Stub ACME	TR AC SA

## Allgemeine Einsatzzwecke

- Gute Ausgewogenheit von Belastbarkeit und Werkstückstoffmenge.

## Rohrgewinde

- Belastbar.
- Ausgelegt für die Herstellung dichter Verbindungen (Gewinde sind häufig konisch).

## Lebensmittelindustrie & Brandschutz

- Wie für Rohrgewinde, aber rund für einfaches Reinigen in der Lebensmittelindustrie.
- Leicht wiederholbares Verbinden/Lösen (für Brandschutz).

## Luftfahrtindustrie

- Hohe Präzision und minimiertes Risiko einer kritischen Belastung und eines Bruchs.

## Öl- und Gasindustrie

- Extreme Anforderungen an die Belastbarkeit und Dichtheit, Einschränkungen durch Dünnwandigkeit des Rohrs.

## Bewegung

- Symmetrische Form
- Große Kontaktfläche
- Stabile Form

## Plattentypen

### Drei unterschiedliche Arten von Wendeschneidplatten zum Gewindedrehen



#### Vollprofil-Wendeschneidplatten

- Für hohe Produktivität beim Gewindedrehen.



#### Teilprofil-Wendeschneidplatten - 60° oder 55°

- Zum Gewindedrehen mit minimalem Werkzeugbestand.



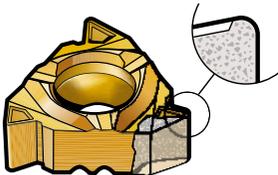
#### Wendeschneidplatten in Mehrzahnausführung

- Für hohe Produktivität und Wirtschaftlichkeit in der Massenproduktion.

### Drei verschiedene Geometrien

#### A-Geometrie

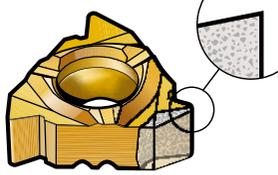
Erste Wahl für die meisten Anwendungen.



Gute Spanbildung in unterschiedlichen Werkstoffen.

#### F-Geometrie

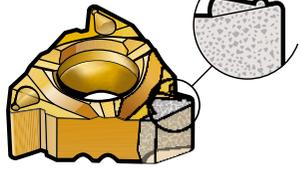
Scharfe Geometrie.



Saubere Schnitte in zähen oder kaltverfestigenden Werkstoffen.

#### C-Geometrie

Spanbruchgeometrie.



Optimierte Geometrie für kohlenstoffarme, niedrig legierte und einfach zu zerspanende rostfreie Stähle.

## Lösungen zum Gewindedrehen



- Ultra-stabiles Gewindedrehen dank sicherer Wendepplattenposition.
- Die Wendeschneidplatte wird durch das Führungsprofil in der korrekten Position gesichert.
- Die Schraube hält die Schneidplatte nach hinten gegen einen Anschlag an einer der Kontaktflächen (rot) und somit sicher im Plattensitz. (Rote Kontaktflächen).
- Eine stabile Plattenschnittstelle ermöglicht eine bessere Standzeit und Gewindequalität.

## Eine Vielfalt von Werkzeughalter-Lösungen

Kupplung mit Schnellwechselfunktion

Bohrstange

Coromant Capto® Kupplung, außen

Gekröpfte Ausführung



Coromant Capto® Kupplung, innen

Schaftwerkzeug

Austauschbarer Schneidkopf

# Korrekte Anwendung

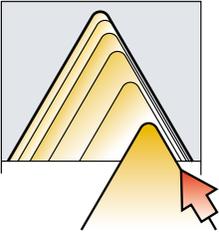
## Drei unterschiedliche Methoden der Zustellung

Die Art der Zustellung kann erheblichen Einfluss auf die Herstellung des Gewindes haben. Sie beeinflusst:

- Spankontrolle
- Wendeplattenverschleiß
- Gewindegüte
- Standzeit

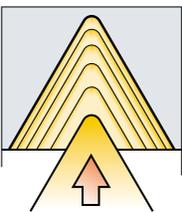
Die Wahl der Zustellungsart hängt von der Werkzeugmaschine, Plattengeometrie, dem Werkstoff und der Gewindesteigung ab.

### Modifizierte Flankenzustellung



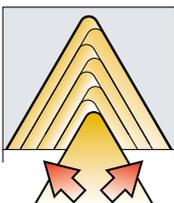
- Die meisten neueren CNC-Maschinen sind für die modifizierte Flankenzustellung programmierbar.
- C-Geometrie als Spanbrecher nur mit modifizierter Flankenzustellung einsetzbar.
- Axial gerichtete Schnittkräfte mindern das Vibrationsrisiko.
- Kontrollierte Spanlenkung.
- Für alle Plattengeometrien anwendbar.
- Mit speziell für die modifizierte Flankenzustellung entwickelter C-Geometrie.

### Radialzustellung



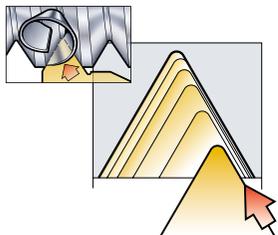
- Anwendung in allen manuellen Maschinen und den meisten CNC-Programmzyklen.
- Erste Wahl bei kaltverfestigenden Werkstoffen und für kleine Steigungen geeignet.

### Radial-/Flankenzustellung



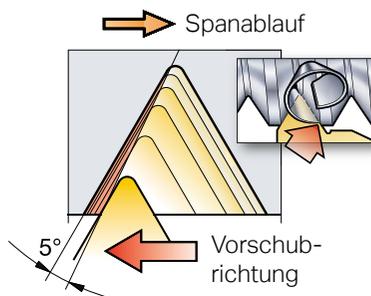
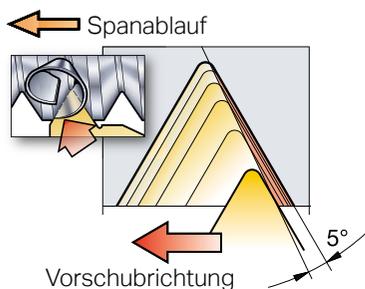
- Im Regelfall für die Bearbeitung sehr großer Gewindeprofile und Steigungen eingesetzt. Lange Durchgänge, bei denen die Standzeit der Wendeplatte für ein gesamtes Gewinde reichen muss.
- Erfordert Sonderprogrammierung.

## Modifizierte Flankenzustellung

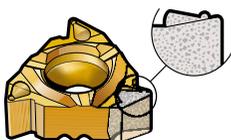


- Die meisten CNC-Maschinen sind für diese Methode programmierbar.
- Die Spankontrolle ist vergleichbar mit der einer herkömmlichen Drehbearbeitung. Die Spanbildung und -abfuhr ist einfacher.
- Axial gerichtete Schnittkräfte mindern das Vibrationsrisiko.
- Der Span ist dicker, berührt aber die Wendeschneidplatte nur an einer Seite.
- Geringere Wärmeübertragung auf die Wendeschneidplatte.
- Erste Wahl für die meisten Gewindedrehanwendungen.

### Zustellrichtung

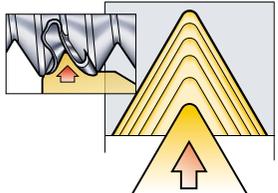


### C-Geometrie



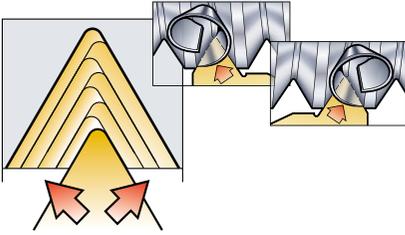
- Bessere Spankontrolle
- Höhere Oberflächengüte
- Für eine Wendeschneidplatte mit C-Geometrie ist die modifizierte Flankenzustellung die einzig geeignete Art der Zustellung.

## Radialzustellung



- Die gängigste und häufig einzig mögliche Methode auf älteren Nicht-CNC-Drehmaschinen.
- Formt einen steifen V-förmigen Span.
- Gleichmäßiger Wendepaltverschleiß.
- Die Wendeschneidplattenspitze ist hohen Temperaturen ausgesetzt, weshalb Einschränkungen bezüglich der Zustellungstiefe bestehen.
- Für kleine Steigungen geeignet.
- Bei größeren Steigungen gegebenenfalls Vibrationen und schlechte Spankontrolle.
- Erste Wahl für kaltverfestigende Werkstoffe.

## Radial-/Flankenzustellung - wechselseitige Zustellung

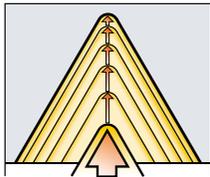


- Empfohlen für große Profile.
- Gleichmäßiger Wendeschneidplattenverschleiß und längste Standzeit bei sehr großen Steigungen.
- Späne werden in beide Richtungen gelenkt, daher schwierige Spankontrolle.

## Programmiermethoden

### Methoden zur Verbesserung des Bearbeitungsergebnisses

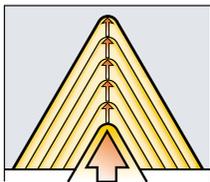
#### Reduzierung der Zustelltiefe pro Durchgang (konstanter Spanungsquerschnitt)



Ermöglicht möglichst konstanten Spanungsquerschnitt. Die gängigste Methode in CNC-Programmen.

- Der erste ist der tiefste Durchgang
- Die in den Tabellen im Katalog gegebenen Zustellungsempfehlungen beachten
- Ausgewogenerer Spanungsquerschnitt
- Letzter Zustellwert sollte circa 0,07 mm (.0028") betragen.

#### Konstante Zustelltiefe pro Durchgang



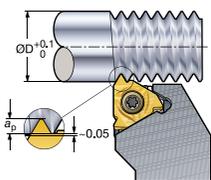
Jeder Durchgang mit derselben Tiefe, unabhängig der Anzahl der Durchgänge.

- Sehr viel höhere Ansprüche an die Wendeschneidplatte
- Bietet bestmögliche Spankontrolle
- Sollte nicht für Steigungen von mehr als 1.5 mm bzw. 16 Gang/Zoll verwendet werden.

# Gewindedrehen mit Vollprofil-Wendeschneidplatten

## Aufmaß zur Fertigstellung des Gewindes belassen

Bei Vollprofil-Wendeschneidplatten sollte nach der vorangegangenen Drehbearbeitung als Schnitttiefe 0.05 – 0.08 mm Werkstückstoff stehen bleiben, um eine korrekte Ausformung der Gewindespitze zu ermöglichen.



- Rohlinge müssen vor dem Gewindedrehen nicht auf den exakten Durchmesser bearbeitet werden.
- Zur Fertigung des Enddurchmessers sollte ein Aufmaß belassen werden, 0.10 – 0.16 mm.

## Empfohlene Zustellwerte

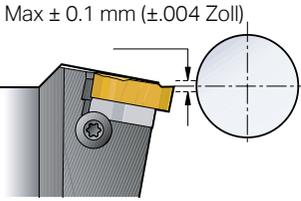
Anzahl der Zustellungen und Gesamtgewindetiefe

### ISO metrisch und Zoll, außen

Anzahl der Zustellungen (n <sub>ap</sub> )	Steigung, mm	Schnittgeschwindigkeit verringern														
		0.5	0.75	1.0	1.25	1.5	1.75	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0
		Radialzustellung pro Durchgang, mm														
1		0.11	0.17	0.19	0.20	0.22	0.22	0.25	0.27	0.28	0.34	0.34	0.37	0.41	0.43	0.46
2		0.09	0.15	0.16	0.17	0.21	0.21	0.24	0.24	0.26	0.31	0.32	0.34	0.39	0.40	0.43
3		0.07	0.11	0.13	0.14	0.17	0.17	0.18	0.20	0.21	0.25	0.25	0.28	0.32	0.32	0.35
4		0.07	0.07	0.11	0.11	0.14	0.14	0.16	0.17	0.18	0.21	0.22	0.24	0.27	0.27	0.30
5		0.34	0.50	0.08	0.10	0.12	0.12	0.14	0.15	0.16	0.18	0.19	0.22	0.24	0.24	0.27
6				0.67	0.08	0.08	0.10	0.12	0.13	0.14	0.17	0.17	0.20	0.22	0.22	0.24
7					0.80	0.94	0.10	0.11	0.12	0.13	0.15	0.16	0.18	0.20	0.20	0.24
8						0.08	0.08	0.11	0.12	0.14	0.15	0.17	0.19	0.19	0.21	0.21
9						1.14	1.28	0.11	0.12	0.14	0.14	0.16	0.18	0.18	0.20	0.20
10								0.08	0.11	0.12	0.13	0.15	0.17	0.17	0.19	0.19
11								1.58	0.10	0.11	0.12	0.14	0.16	0.16	0.18	0.18
12									0.08	0.08	0.12	0.13	0.15	0.15	0.16	0.16
13									1.89	2.20	0.11	0.12	0.12	0.13	0.15	0.15
14											0.08	0.10	0.10	0.13	0.14	0.14
14											2.50	2.80	3.12	0.12	0.12	0.12
16														0.10	0.10	0.10
															3.41	3.72

Anzahl der Zustellungen (n <sub>ap</sub> )	Steigung, Gang/Zoll	Radialzustellung pro Durchgang																			
		32	28	24	20	18	16	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4.5	4		
1		.007	.006	.007	.007	.008	.007	.007	.008	.009	.008	.008	.008	.009	.010	.009	.012	.011	.013		
2		.006	.005	.006	.007	.007	.007	.007	.008	.008	.008	.008	.008	.008	.009	.009	.011	.011	.012		
3		.005	.005	.006	.006	.007	.007	.007	.008	.008	.008	.008	.008	.009	.009	.011	.011	.011	.012		
4		.003	.004	.005	.006	.006	.006	.006	.007	.007	.007	.007	.007	.008	.009	.009	.011	.010	.012		
5			.003	.003	.005	.005	.006	.006	.006	.007	.007	.008	.007	.007	.008	.008	.010	.010	.011		
6					.003	.003	.005	.006	.006	.006	.006	.007	.007	.007	.008	.008	.010	.010	.011		
7						.003	.005	.005	.005	.006	.006	.006	.007	.008	.008	.010	.010	.011	.011		
8							.003	.003	.003	.005	.006	.006	.006	.007	.008	.009	.009	.010	.010		
9										.003	.005	.005	.006	.007	.007	.009	.009	.010	.010		
10											.003	.005	.005	.006	.007	.008	.008	.010	.010		
11												.003	.005	.005	.007	.008	.008	.009	.009		
12													.003	.003	.006	.007	.008	.008	.008		
13															.005	.006	.007	.008	.008		
14																.004	.004	.007	.007		
14																		.006	.006		
16																			.004	.004	
																				3.72	3.72

# Positionierung des Werkzeugs



Max. Abweichung  $\pm 0.1$  mm ( $\pm .004$  Zoll) von Mittelachse.

## Schneidkante zu hoch

- Reduzierter Freiwinkel.
- Schneidkante reibt (bricht).

## Schneidkante zu niedrig

- Möglicherweise falsches Gewindeprofil.

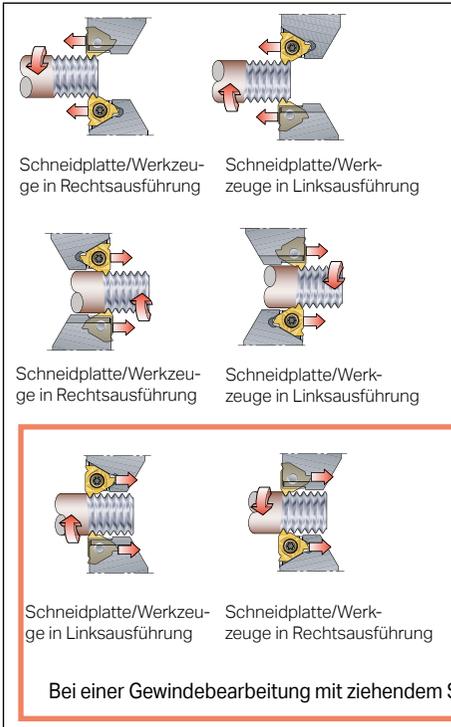
# Gewindedrehmethode

## Wendeschnidplatten und Halter in Rechts- und Linksausführung

### Außen

#### Rechtsgewinde

#### Linksgewinde

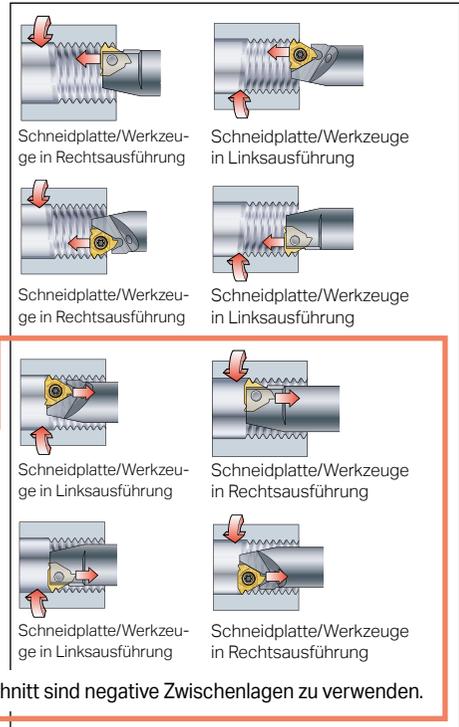


Bei einer Gewindebearbeitung mit ziehendem Schnitt sind negative Zwischenlagen zu verwenden.

### Innen

#### Rechtsgewinde

#### Linksgewinde



# Anwendungstipps für die Gewindedrehbearbeitung

## Einige Schlüsselfaktoren für eine erfolgreiche Gewindedrehbearbeitung

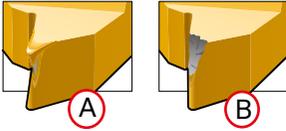
- Vor dem Gewindedrehen den Werkstückdurchmesser auf korrekte Bearbeitungstoleranz prüfen, (max. 0,16 mm als Zugabe auf den Durchmesser).
- Das Werkzeug präzise in der Maschine positionieren.
- Die Einstellung der Schneidkante im Bezug zum Flankendurchmesser prüfen.
- Sicherstellen, dass die korrekte Plattengeometrie verwendet wird (A, F, oder C).
- Sicherstellen, dass der Freiwinkel gleich und ausreichend ist (Zwischenlagen für Plattenneigung), um mit der Auswahl der richtigen Zwischenlage den korrekten Flankenfreiwinkel zu erhalten.
- Wenn Ausschuss produziert wird, die gesamte Einrichtung und Aufspannung einschließlich Werkzeugmaschine überprüfen.
- Das verfügbare CNC-Programm zum Gewindedrehen prüfen.
- Zustellungsart, Anzahl und Tiefe der Durchgänge optimieren.
- Wahl der korrekten Schnittgeschwindigkeit für die Anforderungen der Anwendung sicherstellen.
- Bei Steigungsfehlern am Werkstückgewinde, prüfen ob die Maschinensteigung stimmt.
- Es empfiehlt sich mit einem Mindestabstand des Werkzeugs von 3x der Gewindesteigung vor dem Eintritt in das Werkstück zu beginnen.
- Zielgerichtete Kühlschmierstoffzufuhr verbessert Spankontrolle und Standzeit.
- Schnellwechselsystem ermöglicht eine schnelle und einfache Aufspannung.
- Erste Wahl für beste Produktivität und Standzeit - Wendeschneidplatten in Mehrschneidenausführung, zweite Wahl - einschneidige Vollprofil-Wendeschneidplatten, dritte Wahl - Teilprofil-Wendeschneidplatten.



# Problemlösung

Problem	Ursache	Lösung
---------	---------	--------

## Plastische Deformation



(A) Beginn einer plastischen Deformation, (B) führt zu Schneidkantenausbrüchen.

1. Zu hohe Temperatur im Schnittbereich.
2. Unzureichende Kühlschmierstoffzufuhr.
3. Falsche Sorte.

1. Schnittgeschwindigkeit verringern, Anzahl der Zustellungen erhöhen. Größte Zustelltiefe reduzieren, Durchmesser vor der Gewindebearbeitung überprüfen.
2. Kühlschmierstoffzufuhr verbessern.
3. Sorte mit höherem Widerstand gegen plastische Deformation wählen.

Drehen

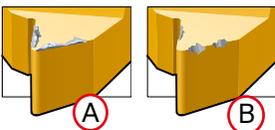
B

Abstechen und Einstechen

C

Gewindedrehen

## Aufbauschneidenbildung



Aufbauschneidenbildung (A) und Schneidenausbrüche (B) treten häufig in Kombination auf. Wird die wachsende Aufbauschneide zusammen mit Kleinmengen vom Wendepalettenmaterial abgerissen, führt dies zu Schneidkantenausbrüchen.

1. Tritt häufig bei rostfreien Werkstoffen und Stählen mit niedrigem Kohlenstoffgehalt auf.
2. Ungeeignete Sorte oder Temperatur der Schneidkante zu niedrig.

1. Schnittgeschwindigkeit erhöhen.
2. Wendeschneidplatte mit hoher Zähigkeit und vorzugsweise PVD-Beschichtung wählen.

D

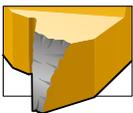
Fräsen

E

Bohren

F

## Wendepalettenbruch



1. Falscher Durchmesser vor dem Gewindedrehen.
2. Zustellung zu aggressiv.
3. Falsche Sorte.
4. Schlechte Spankontrolle.
5. Inkorrekte Mittenhöhe.

1. Vor der Gewindebearbeitung auf korrekten Durchmesser drehen 0.05 – 0.08 mm, radial größer als max. Gewindedurchmesser.
2. Anzahl der Zustellungen erhöhen. Größte Zustelltiefe reduzieren.
3. Zähere Sorte wählen.
4. Auf C-Geometrie wechseln und modifizierte Flanken-zustellung wählen.
5. Mittenhöhe korrigieren.

Aufbohren

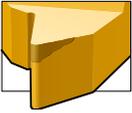
G

Werkzeughalter

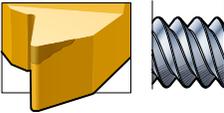
H

Zerspanbarkeit  
Sonstige Informationen

Problem	Ursache	Lösung
<b>Schneller Freiflächenverschleiß</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Hoch abrasiver Werkstoff.</li> <li>2. Zu hohe Schnittgeschwindigkeit.</li> <li>3. Zustellungstiefe pro Durchgang zu gering.</li> <li>4. Wendeschneidplatte steht über der Werkzeugachse.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Falsche Sorte. Verschleißfestere Sorte wählen.</li> <li>2. Schnittgeschwindigkeit verringern.</li> <li>3. Anzahl der Zustellungen reduzieren.</li> <li>4. Mittenhöhe korrigieren.</li> </ol>



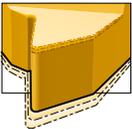
## Ungleichmäßiger Freiflächenverschleiß



Schlechte Oberflächengüte an einer Gewindeflanke.

- |  |  |
|--|--|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Falsche Methode bei der Flankenstellung.</li> <li>2. Neigungswinkel der Wendeschneidplatte im Halter entspricht nicht dem Steigungswinkel des Gewindes.</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Zustellungsmethode ändern - für F-Geometrie und Standard-Geometrie; 3 - 5° kleiner als Flankenwinkel, für C-Geometrie; 1° kleiner als der Flankenwinkel.</li> <li>2. Andere Zwischenlage wählen, um korrekten Neigungswinkel zu erhalten.</li> </ol> |
|--|--|

## Vibrationen



- |  |   |
|--|---|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Falsche Werkstückspannung.</li> <li>2. Falsche Werkzeugeinstellung/-aufspannung.</li> <li>3. Falsche Schnittdaten.</li> <li>4. Inkorrekte Mittenhöhe.</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Weiche Spannbacken verwenden.</li> <li>2. Bei Einsatz mit Reitstock, Zentrierbohrung des Bauteils optimieren und Druck des Reitstocks/Stirnmitnehmers überprüfen.</li> </ol> <p>Werkzeugüberhang minimieren.</p> <p>Spannhülse für Bohrstangen auf Verschleiß überprüfen.</p> <p>Schwingungsgedämpfte Bohrstangen, Typ 570-3, verwenden.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>3. Schnittgeschwindigkeit erhöhen, falls keine Auswirkung; Schnittgeschwindigkeit deutlich reduzieren. F-Geometrie wählen.</li> <li>4. Mittenhöhe korrigieren.</li> </ol> |
|--|---|



Problem	Ursache	Lösung
---------	---------	--------

**Schlechte Oberflächengüte**

- |  |   |
|--|---|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Zu geringe Schnittgeschwindigkeit.</li> <li>2. Die Wendeschneidplatte steht über der Werkstückachse.</li> <li>3. Unkontrollierte Späne.</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Schnittgeschwindigkeit erhöhen.</li> <li>2. Mittenhöhe korrigieren.</li> <li>3. C-Geometrie und modifizierte Flankenzustellung wählen.</li> </ol> |
|--|---|

Drehen

B

Abstechen und Einsteichen

**Schlechte Spankontrolle**

- |   |   |
|---|---|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Falsche Zustellungs- methode.</li> <li>2. Falsche Geometrie.</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Modifizierte Flankenzustellung von 3 - 5° anwenden.</li> <li>2. C-Geometrie mit modifizierter Flankenzustellung von 1° anwenden.</li> </ol> |
|---|---|

C

Gewindedrehen

**Flaches Gewindeprofil**

- |   |   |
|---|---|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Falsche Mittenhöhe.</li> <li>2. Wendeplattenbruch. Übermäßiger Verschleiß.</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mittenhöhe korrigieren.</li> <li>2. Schneidkante wechseln.</li> </ol> |
|---|---|

D

Fräsen

**Mangelhaftes Gewindeprofil**

- |   |  |
|---|--|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Gewindeprofilwinkel und Eckenradius stimmen nicht; für die Innenbearbeitung Wendeschneidplatten zum Außendrehen gewählt, und umgekehrt.</li> <li>2. Falsche Mittenhöhe.</li> <li>3. Halter nicht 90° zur Werkstückachse.</li> <li>4. Steigungsfehler bei der Maschine.</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Richtige Kombination von Werkzeug/Zwischenlage/ Wendeschneidplatten wählen.</li> <li>2. Mittenhöhe korrigieren.</li> <li>3. Auf 90° einstellen.</li> <li>4. Maschine korrigieren.</li> </ol> |
|---|--|

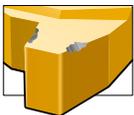
E

Böhren

F

Aufbohren

**Zu hoher Schneidkantendruck**



- |  |  |
|--|--|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kaltverfestigender Werkstoff in Kombination mit zu geringer Zustellungstiefe.</li> <li>2. Zu starker Druck auf die Schneidkante führt zu möglichen Schneidkanten- ausbrüchen.</li> <li>3. Gewindeprofil mit zu kleinem Zustellungswinkel.</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Anzahl an Zustellungen reduzieren. Zu F-Geometrie wechseln.</li> <li>2. Zähere Sorte wählen.</li> <li>3. Modifizierte Flankenzustellung wählen.</li> </ol> |
|--|--|

G

Werkzeughalter

H

Zerspanbarkeit  
Sonstige Informationen

A

Drehen

B

Abstechen und  
Einstechen

C

Gewindedrehen

D

Fräsen

E

Bohren

F

Aufbohren

G

Werkzeughalter

H

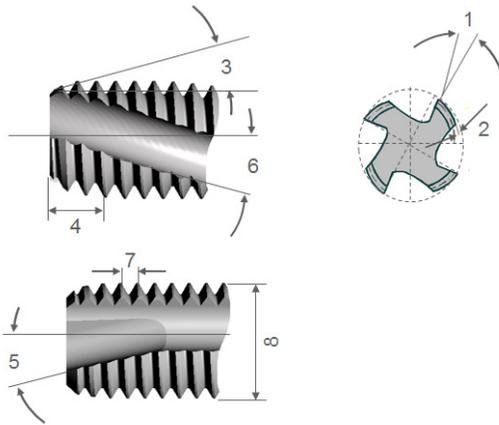
Zerspanbarkeit  
Sonstige Informationen

## Gewindebohren

- Theorie C 29
- Gewindebohrprozess C 30
- Bohrungsgröße und Toleranzen C 33
- Kühlschmierstoff C 34
- Werkzeughalter C 35

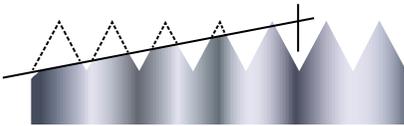
# Theorie des Gewindebohrers

## Begriffsdefinitionen



1. Spanwinkel
2. Freimachung (Freiraum)
3. Faswinkel
4. Fase (Länge)
5. Spiralspitzenwinkel
6. Spiralwinkel
7. Steigung
- 8 Außendurchmesser

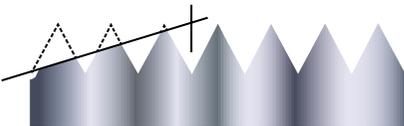
### Lange Anschnittform



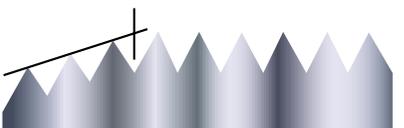
- Hohes Drehmoment
- Beste Oberflächengüte
- Dünne Späne
- Geringer Druck an der Fase
- Längere Standzeit
- Am gängigsten bei gerade genuteten Gewindebohrern mit Schälanschnitt.

### Mittlere Anschnittform

Gewindebohrer

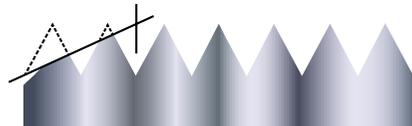


Gewindeformer



### Kurze Anschnittform

Gewindebohrer



Gewindeformer



## Verschiedene Standards



- ISO
- ANSI

ISO und ANSI haben eine ziemlich kurze Gesamtlänge, OAL, und sind recht ähnlich, mit Ausnahme des Schaftdurchmessers der für ANSI in Zoll und für ISO metrisch ist.



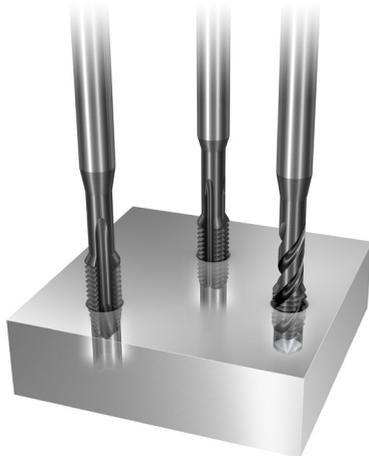
- DIN
- DIN/ANSI

DIN ist eine lange metrische Ausführung.

DIN/ANSI ist eine Mischung aus beiden, mit einem ANSI-Schaftdurchmesser und einer DIN-Gesamtlänge.

## Gewindebohrprozess

### Verschiedene Arten von Gewindebohrprozessen



## Geometrien für verschiedene Arten von Bohrungen

**Gerade genutete Gewindebohrer mit Schälanschnitt für Durchgangsbohrungen**



- Die stabilste Gewindebohrerausführung
- Geeignet für anspruchsvolle Bedingungen
- Drückt die Späne durch die Bohrung
- Gewindebohrer für Durchgangsbohrungen.

**Gerade genutete Gewindebohrer für alle Bohrungen**



- Für kurzspanende Werkstoffe wie Gusseisen
- Häufig verwendet in der Automobilindustrie, z. B. Pumpen und Ventile
- Kann für sämtliche Arten von Bohrungen und Tiefen verwendet werden.

**Spiral genutete Gewindebohrer für Grundbohrungen**



- Die gängigste Gewindebohrerausführung
- Lenkt die Späne entlang des Schafts nach oben
- Gewindebohrer für Grundbohrungen.

**Gewindeformen als spanlose Gewindelösung**



- Eine spanfreie Lösung zur Gewindefertigung
- Für weichen Stahl, Edelstahl und Aluminium
- Kann für sämtliche Arten von Bohrungen und Tiefen verwendet werden
- Erhöht die Stabilität des Gewindes in manchen Werkstoffen, z. B. Aluminium.

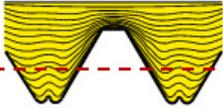
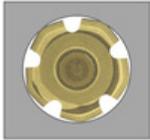
# Gewindebohren und Gewindeformen



## Gewindeformer

Das Gewinde wird durch Materialumformung erstellt.

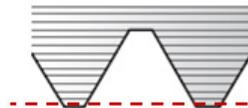
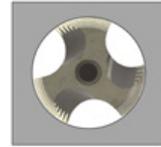
Es entstehen keine Späne.



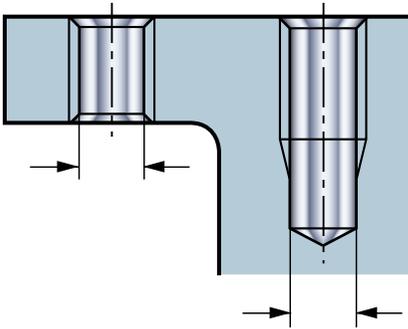
## Gewindebohrer

Der Gewindebohrer schneidet den Werkstoff.

Es entstehen Späne.



# Bohrungsgröße und Toleranzen



## Grundberechnung der Bohrungsgröße, Gewindebohrer

$$D = TD - TP$$

D = Bohrungsdurchmesser, (mm, Zoll)

TD = Nenndurchmesser, Gewinde (mm, Zoll)

TP = Gewindesteigung, (mm, Zoll)

Bohrungsdurchmesser für M10 x 1.5 Gewindebohrer = 8.5 mm  
(8.5 = 10 - 1.5)

Bohrungsdurchmesser für 1/4" - 20 Gewindebohrer = .2008"  
(.2008" = 1/4 - (.20)).

## Grundberechnung der Bohrungsgröße, Gewindeformer

$$D = TD - (TP/2)$$

D = Bohrungsdurchmesser (mm, Zoll)

TD = Nenndurchmesser, Gewinde (mm, Zoll)

TP = Gewindesteigung (mm, Zoll)

Bohrungsdurchmesser für M10 x 1.5 Gewindeformer = 9.3 mm  
(9.3 = 10 - (1.5/2))

Bohrungsdurchmesser für 1/4" - 20 Gewindeformer = .2264"  
(.2264" = 1/4 - (.20/2)).

# Kühlschmierstoff

## Wichtig für eine erfolgreiche Zerspanung



Die Kühlschmierstoffzufuhr ist entscheidend beim Gewindebohren und beeinflusst die

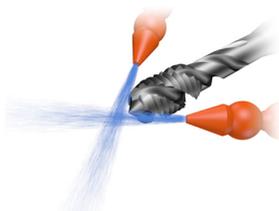
- Spanabfuhr
- Gewindequalität
- Standzeit.

## Kühlschmierstoffzufuhr

Innere oder äußere Kühlschmierstoffzufuhr

Äußere Kühlschmierstoffzufuhr

Unterschied Kühlschmierstoff/ Emulsion



Drei Schmierstoffalternativen

- Auf Mineralölbasis
- Synthetischer Kühlschmierstoff
- Unbehandeltes Öl.

- Stets vorzuziehen zur Verbesserung der Spanabfuhr, vor allem bei lang spanenden Werkstoffen und beim Gewindebohren in tiefen Bohrungen (2-3xD)

- Gängigste Kühlungsmethode
- Kann bei guter Spanbildung eingesetzt werden
- Zur Verbesserung der Spanabfuhr sollte mindestens eine Kühlschmierstoffdüse (zwei bei stationärem Bohrer) möglichst präzise auf die Werkzeugachse ausgerichtet sein.

Zwei weitere Optionen

- Auf Pflanzenölbasis
- Halbsynthetisch.

- Zu bevorzugen bei Bohrungstiefen größer 3 x Durchmesser.

Folgende Faktoren stets beachten

- In der Maschine verwendeter Kühlschmierstofftyp
- Ölgehalt.

# Werkzeughalter zum Gewindebohren

## Überblick

### Spannzangenfutter mit Längenausgleich

Erlaubt einen gewissen Spielraum, um einen ordnungsgemäßen Werkzeugweg zu ermöglichen. Wird häufig auf manuellen und kleinen Drehmaschinen eingesetzt.



Coromant Capto®

### Vorteile und Empfehlungen

- Die Gummi-Spannzangen decken einen breiten Spannbereich ab
- Spannung und Kompression zur Vermeidung von Vorschubfehlern.

### ER-Spannzangenfutter

Mit dieser Methode wird eine Druck/Zugbelastung vermieden. Das bedeutet, dass die Bewegungen von Spindel und Achse genau synchronisiert werden müssen. Dies erfordert eine fortschrittlichere CNC-Steuerung.



Stabiles Gewindebohren mit ER-Spannzangenfutter

### Vorteile und Empfehlungen

- Stabiles Gewindebohren ist häufig schneller
- Werkzeugkosten sind geringer (Stabile Halter kosten weniger als Halter mit Längenausgleich, (Druck und Zug))
- Bessere Stabilität und Zuverlässigkeit als Halter mit Längenausgleich
- Erhalt präziserer Gewinde möglich.

**Hinweis!** Erhöhte Kräfte auf den Gewindebohrer verkürzen die Standzeit. Drehrichtungswechsel erfolgt bei hohen Schnittgeschwindigkeiten z. B. 6000 U/min nicht schnell genug.

## Schnellwechsel-Gewindebohrerfutter

Erste Wahl für Standard-Gewindebohrbearbeitungen. Für die Allround-Produktion in kleinerer Stückzahl. Hauptsächlich für ältere, instabile Maschinen.

### Vorteile und Empfehlungen

- Einfache Befestigung des Gewindebohrers dank Schnellwechselfunktion
- Spannung und Kompression zur Vermeidung von Vorschubfehlern
- Adapter mit oder ohne Kupplung.



Coromant Capto®



Einteiliger HSK Halter



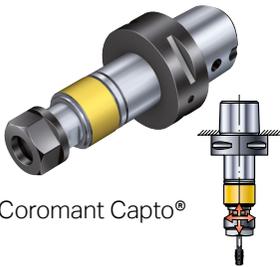
Einteiliger Halter, Weldon

## Gewindebohrerfutter für synchronisiertes Gewindebohren

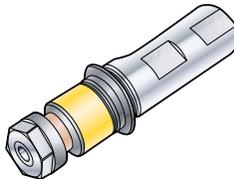
Steifes Mikro-Längenausgleichsfutter zur Beseitigung von Übermaßgewinden. Erste Wahl für CNC-Werkzeugmaschinen und synchronisierte Gewindebohranwendungen.

### Vorteile und Empfehlungen

- Großserienfertigung / hohe Präzision
- Senkt die Axialkräfte an den Flanken des Gewindebohrers
- Begrenzte tatsächliche Kompensation bietet präzise Bohrungstiefen
- Für Hochdruck-Kühlschmierstoffzufuhr ausgelegt.



Coromant Capto®



Weldonschafthalter



Einteiliger MAS-BT Halter



# Fräsen

Fräsen ist prinzipiell das Zerspanen von Metall mit einem rotierenden Vielschneidenwerkzeug. Das Werkstück kann dabei über programmierte Vorschubbewegungen in nahezu jede Richtung bearbeitet werden.

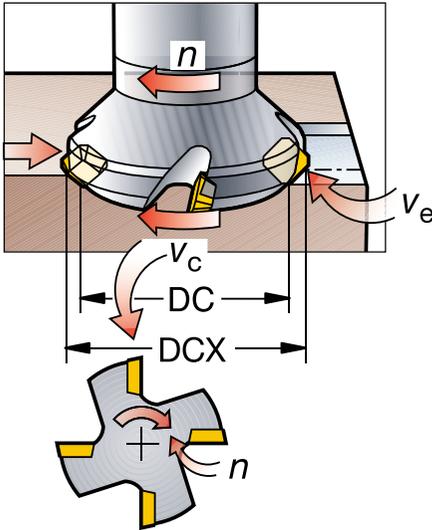
Noch immer wird das Fräsen überwiegend zur Erzeugung planer Stirnflächen verwendet. Der Bedarf, andere Formen und Oberflächen herzustellen, nimmt jedoch kontinuierlich zu.

- Theorie D 4
- Auswahlverfahren D 9
- Systemüberblick D 13
- Auswahl der Wendeschneidplatten – Korrekte Anwendung D 24
- Auswahl der Werkzeuge – Korrekte Anwendung D 29
- Problembhebung D 36

# Theorie des FräSENS

## Begriffsdefinitionen

### Spindeldrehzahl, Schnittgeschwindigkeit und Fräserdurchmesser



- $n$  = Spindeldrehzahl, U/min (Umdrehungen pro Minute)
- $v_c$  = Schnittgeschwindigkeit, m/min (Fuß/min)
- $v_e$  = Effektive Schnittgeschwindigkeit, m/min (Fuß/min)
- DC = FräSEdurchmesser, mm (Zoll)
- DCX = Max. Schneidendurchmesser, mm (Zoll)

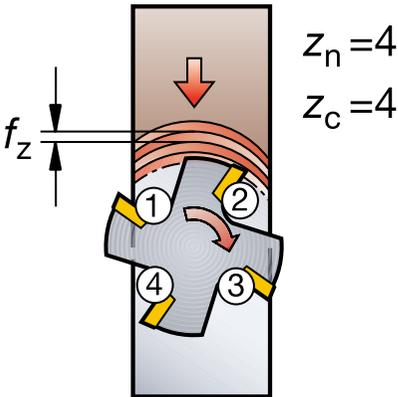
Spindeldrehzahl ( $n$ ) in U/min ist die Anzahl der Umdrehungen des FräSEwerkzeugs pro Minute.

Schnittgeschwindigkeit ( $v_c$ ) in m/min (Fuß/min) gibt die Arbeitsgeschwindigkeit an, mit der die Schneidkante das Werkstück bearbeitet.

Spezifischer FräSEdurchmesser (DC), mit einem effektiven Durchmesser (De), auf dem die Schnittgeschwindigkeit  $v_c$  oder  $v_e$  basiert.



## Vorschub, Anzahl Zähne und Spindeldrehzahl



$f_z$  = Vorschub pro Zahn, mm/Zahn (Zoll/Zahn)

$v_f$  = Tischvorschub, mm/min (Zoll/min)

$z_n$  = Anzahl Zähne, Stk.

$z_c$  = Effektive Anzahl Zähne, Stk.  
[im Eingriff]

$f_n$  = Vorschub pro Umdrehung, mm/U  
(Zoll/U) [ $f_z \times z_c$ ]

$n$  = Spindeldrehzahl, U/min

$$v_f = f_z \times z_c \times n \quad \text{mm/min (Zoll/min)}$$

Vorschub pro Zahn,  $f_z$  mm/Zahn (Zoll/Zahn), ist ein Wert zur Berechnung des Tischvorschubs. Der Vorschub pro Zahn wird anhand des Werts für die max. empfohlene Spandicke berechnet.

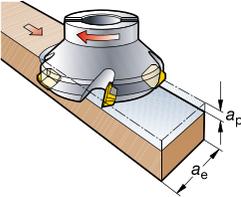
Vorschub/min,  $v_f$  mm/min (Zoll/min), auch Tischvorschub, Maschinenvorschub oder Vorschubgeschwindigkeit genannt, ist der Vorschub des Werkzeugs im Bezug auf das Werkstück, angegeben in einer Strecke-Zeit-Einheit. Er berechnet sich aus dem Vorschub pro Zahn, der Drehzahl und der Anzahl Zähne im Fräser.

Die Anzahl der zur Verfügung stehenden Schneiden im Werkzeug ( $z_n$ ) variiert beträchtlich und wird zur Berechnung des Tischvorschubs herangezogen. Die effektive Anzahl Zähne ( $z_c$ ) die Anzahl der eingreifenden Zähne.

Vorschub/U ( $f_n$ ) in mm/U (Zoll/U) ist ein Wert, der speziell für Vorschubberechnungen und häufig auch für die Bestimmung der mit einem Fräser erzielbaren Oberflächengüte verwendet wird.

## ► Begriffsdefinitionen

### Schnitttiefe



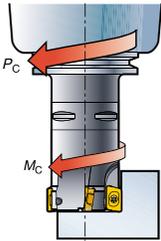
Die axiale Schnitttiefe  $a_p$  mm (Zoll) ist, was das Werkzeug an Metall an der Werkstückoberfläche zerspant. Sie ist die Distanz, die das Werkzeug unter die unbearbeitete Oberfläche beim Stirnfräsen vordringt.

$a_e$  = Radiale Schnitttiefe, mm (Zoll)  
[Arbeitseingriff]

$a_p$  = Axiale Schnitttiefe, mm (Zoll)

Die radiale Schnittbreite  $a_e$  mm (Zoll) ist die Breite des Werkstücks, die vom Durchmesser des Fräasers erfasst wird. Es ist die Distanz über der Oberfläche, die bearbeitet wird bzw. falls der Werkzeugdurchmesser kleiner ist.

### Nutzleistung, Drehmoment und spezifische Schnittkraft



Die Nutzleistung ( $P_C$ ) ist die Leistung, die die Maschine auf die Schneidkanten aufwenden muss, um den Schnitt voranzutreiben. Bei der Auswahl der Schnittdaten muss der mechanische und elektrische Wirkungsgrad der Maschine berücksichtigt werden.

Das Drehmoment ( $M_C$ ) ist der Wert, den das Werkzeug während des Schnittvorgangs erzeugt und den die Maschine leisten muss.

Die spezifische Schnittkraft ( $k_{C1}$ ) ist eine werkstoffspezifische Konstante, ausgedrückt in  $N/mm^2$  (Pfund/Zoll<sup>2</sup>). Die Werte sind in unserem Hauptkatalog und im Technischen Handbuch zu finden.

$a_p$  = Axiale Schnitttiefe, mm (Zoll)

$a_e$  = Radiale Schnitttiefe, mm (Zoll)  
[Arbeitseingriff]

$v_f$  = Tischvorschub, mm/min (Zoll/min)

$k_C$  = Spezifische Schnittkraft,  $N/mm^2$   
(Pfund/Zoll<sup>2</sup>)

$P_C$  = Nutzleistung, kW (HP)

$M_C$  = Drehmoment, Nm (Pfund-Fuß)

#### Metrisch

$$P_C = \frac{a_p \times a_e \times v_f \times k_C}{60 \times 10^6} \text{ kW}$$

#### Zoll

$$P_C = \frac{a_p \times a_e \times v_f \times k_C}{396 \times 10^3} \text{ PS}$$

#### Metrisch

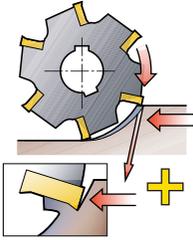
$$M_C = \frac{P_C \times 30 \times 10^3}{\pi \times n} \text{ Nm}$$

#### Zoll

$$M_C = \frac{P_C \times 16501}{\pi \times n} \text{ Pfund-Fuß}$$

# Gleich- oder Gegenlauffräsen

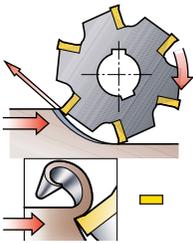
## Gleichlauffräsen – bevorzugte Methode



Beim Gleichlauffräsen wird die Zugbelastung vermieden. So entsteht weniger Wärme und die Tendenz zur Kaltverfestigung wird minimiert.

- Beim Gleichlauffräsen beginnt die Wendeschneidplatte den Eingriff mit einer großen Spandicke.

## Gegenlauffräsen (konventionelles Fräsen)



Beim Gegenlauffräsen wird das Werkstück entgegen der Drehrichtung des Fräasers an der Kontaktstelle verfahren.

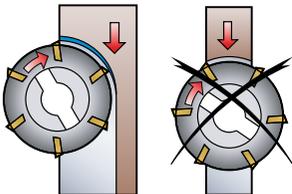
- Beim Gegenlauffräsen beträgt die Spandicke zu Beginn Null und nimmt bis zum Ende des Eingriffs zu.

Bei optimalen Zerspanungsbedingungen stets Gleichlauffräsen anwenden.

## Fräserdurchmesser und Position

Die Auswahl des Fräserdurchmessers beruht im Regelfall auf der Werkstückbreite, wobei die zur Verfügung stehende Maschinenleistung ebenfalls berücksichtigt werden muss.

Die Position des Fräasers in Relation zum Werkstück und der Kontakt der Fräserzähne sind ausschlaggebende Faktoren für eine erfolgreiche Fräsbearbeitung.

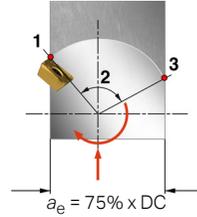


- Der Fräserdurchmesser sollte 20 - 40% größer als die Schnittbreite sein.
- 2/3 Regel (d. h. 150 mm ( 5.906 Zoll) Fräser)
  - 2/3 im Eingriff, 100 mm (3.937 Zoll)
  - 1/3 nicht im Eingriff, 50 mm (1.969 Zoll).
- Wenn der Fräser leicht außermittig verschoben ist, wird eine konstantere Richtung der Schnittkräfte erzielt.

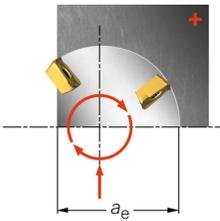
# Spanbildung durch Fräserpositionierung

Der radiale Eingriff der Schneidkante in das Werkstück lässt sich in drei unterschiedliche Phasen einteilen:

1. Eintritt in den Schnitt
2. Eingriffsbogen
3. Austritt aus dem Schnitt

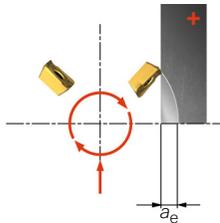


DC = Fräserdurchmesser  
 $a_e$  = Arbeitseingriff



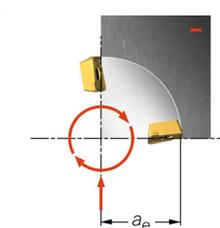
Die Mittelachse des Fräasers liegt deutlich innerhalb der Werkstückbreite,  $a_e > 75\%$  von DC.

- Hier sind die Zerspanungsbedingungen am günstigsten und der Fräserdurchmesser wird optimal genutzt.
- Der Schlag beim Eintritt wird weiter hinten an der Schneidkante aufgenommen, nicht von der empfindlichen Spitze.
- Der Austritt der Schneidplatte aus dem Schnitt ist weniger abrupt.



Die Mittelachse des Fräasers liegt deutlich außerhalb der Werkstückbreite,  $a_e < 25\%$  von DC.

- Der Einstellwinkel ist positiv
- Die Stoßbelastung beim Eintritt wird von der äußeren Spitze der Schneidplatte aufgenommen und nach und nach vom Werkzeug aufgenommen.



Die Mittelachse des Fräasers liegt auf der Linie der Werkstückkante,  $a_e = 50\%$  von DC.

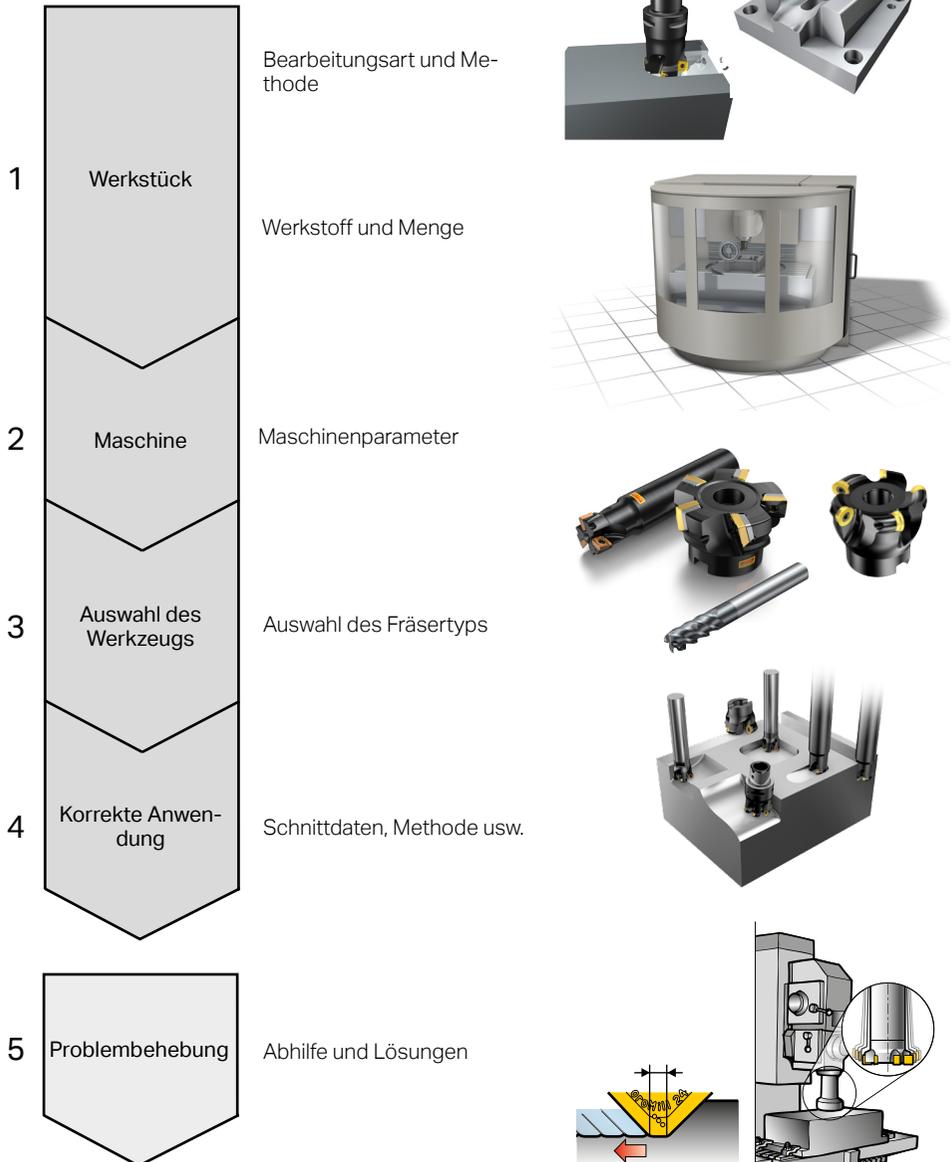
- Nicht empfehlenswert.
- Die Stoßbelastung an der Schneidkante ist beim Ein- und Austritt sehr groß.

 = Empfohlene Fräserposition.

 = Nicht empfohlene Fräserposition.

# Auswahlverfahren

## Produktionsplanung



Drehen

B

Abstechen und  
Einsteichen

C

Gewindedrehen

D

Fräsen

E

Bohren

F

Aufbohren

G

Werkzeughalter

H

Zerspanbarkeit  
Sonstige Informationen

# 1. Werkstück und Werkstoff



## Geometrische Form

- Gerade Fläche
- Tiefe Taschen
- Dünne Wände/Böden
- Nuten



## Werkstoff

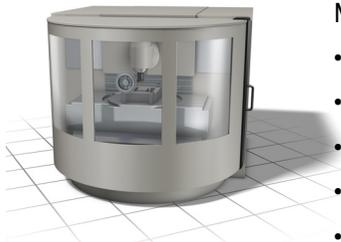
- Zerspanbarkeit
- Gegossen oder vorbearbeitet
- Spanbildung
- Härte
- Legierungselemente

## Toleranzen

- Maßgenauigkeit
- Oberflächengüte
- Werkstückablenkung
- Oberflächenbeschaffenheit

# 2. Maschinenparameter

## Zustand der Maschine und Aufspannung



## Maschine

- Verfügbare Leistung
- Alter/Zustand – Stabilität
- Horizontal/Vertikal
- Spindelart und -größe
- Anzahl der Achsen/ Konfiguration
- Werkstückspannung

## Werkzeughalter

- Langer Überhang
- Schwache Aufspannung
- Axialer/Radialer Rundlauffehler

### 3. Auswahl der Werkzeuge

#### Unterschiedliche Methoden der Optimierung des Fräsvorgangs

##### Fräser mit runden Wendeschneidplatten



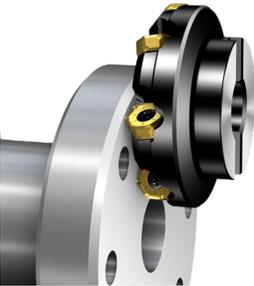
###### Vorteile

- Robuste Fräser
- Sehr flexibel einsetzbar zum Plan- und Profilfräsen
- Hoch produktive Universalfräser.

###### Nachteile

- Runde Wendeschneidplatte erfordert stabilere Maschinen.

##### 45° Planfräser



###### Vorteile

- Allgemeine Wahl zum Planfräsen
- Ausgewogene radiale und axiale Schnittkräfte
- Sanfter Eintritt in den Schnitt

###### Nachteile

- Max. Schnitttiefe 6-10 mm (.236-.394 Zoll).

##### 90°-Plan- und Eckfräser



###### Vorteile

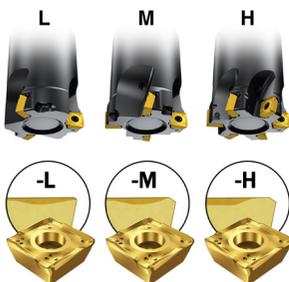
- Große Vielseitigkeit
- Hohe Schnitttiefe
- Geringe axiale Schnittkräfte (dünne Werkstücke)
- Leicht schneidende Wendeschneidplatten mit vier echten Schneidkanten.

###### Nachteile

- Vorschub pro Zahn relativ gering, weil  $f_z = h_{ex}$ .

## 4. Korrekte Anwendung

### Wichtige Überlegungen zur Anwendung

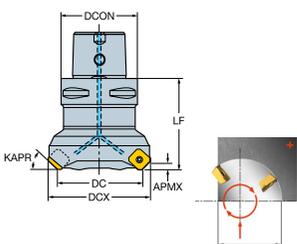


#### Anzahl Schneidkanten/Teilung

- Die Auswahl der korrekten Anzahl Schneiden und Teilung ist sehr wichtig.
- Dies wirkt sich auf die Produktivität und Stabilität aus.

#### Stabilität

- Größtmögliche Spindelgröße bzw. Außendurchmesser wählen.



#### Plattengeometrie

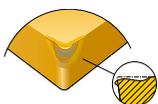
- Wählen Sie zwischen einer Geometrie für die leichte, mittlere oder schwere Bearbeitung

#### Spanbildung durch Fräserpositionierung

- Stets Gleichlaufräsen anwenden
- Den Fräser außermittig positionieren
- Einen Fräserdurchmesser wählen, der 20–50% größer als die Schnittbreite ist.

## 5. Problembehebung

### Ausgewählte Faktoren, die es zu berücksichtigen gilt

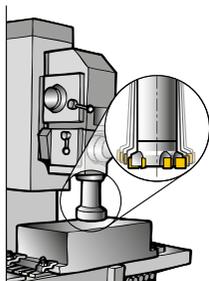


#### Wendepplattenverschleiß und Standzeit

- Verschleißmuster überprüfen und bei Bedarf Schnittdaten entsprechend anpassen.

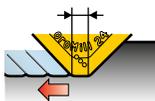
#### Unzureichende Oberflächengüte

- Spindel-Rundlaufgenauigkeit überprüfen
- Wiper-Wendeschneidplatte verwenden
- Vorschub pro Zahn verringern



#### Vibrationen

- Schwache Aufspannung
- Langer Werkzeugüberhang
- Instabiles Werkstück
- Größe des Spindelsteilkegels



# Systemüberblick

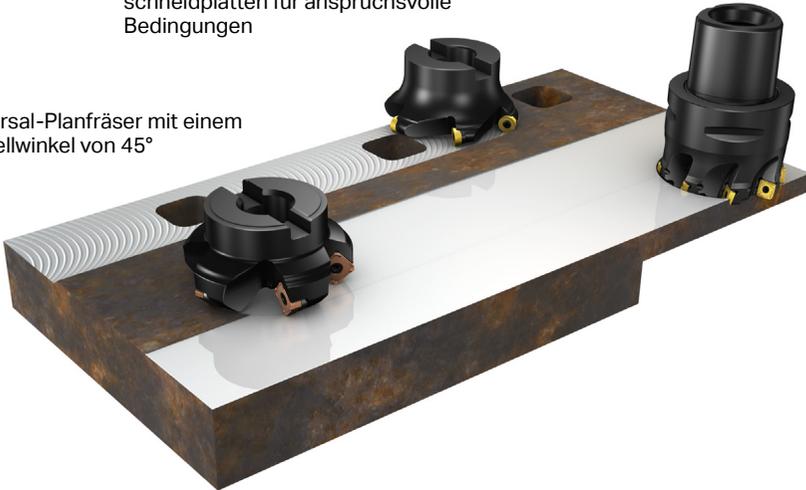
## Planfräsen

### Fräser für allgemeine Einsatzzwecke

Planfräser mit runden Wendeschneidplatten für anspruchsvolle Bedingungen

Plan- und Eckfräser für die leichte Planfräsbearbeitung

Universal-Planfräser mit einem Einstellwinkel von 45°



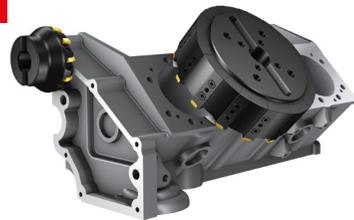
### Anwendungsspezifische Fräser

Planfräsen mit hohem Vorschub

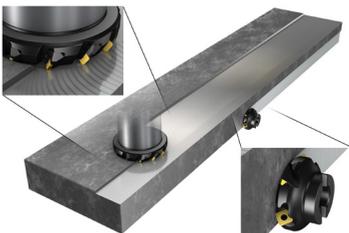


Planfräser zum Fräsen von Gusseisen

**K**



Hochleistungs-Planfräsen



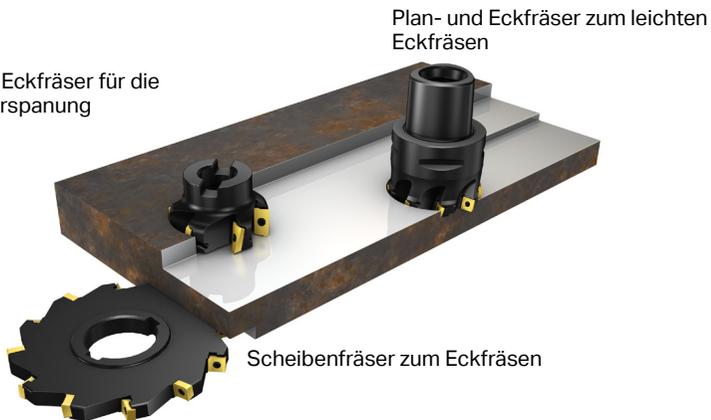
Planfräser zum Fräsen von Aluminium

**N**



## ► Eckfräsen

### Fräser für allgemeine Einsatzzwecke



### Anwendungsspezifische Schaftfräser und Walzenstirnfräser



#### Tiefes Eckfräsen



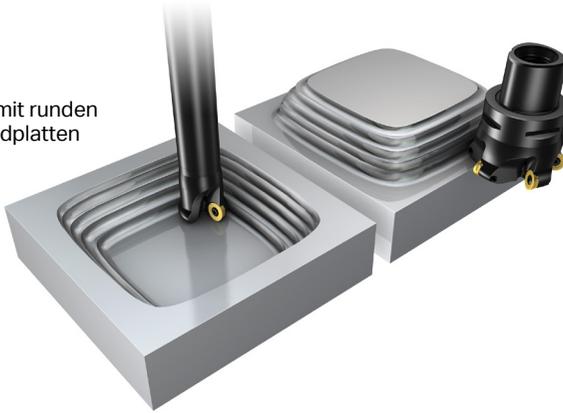
#### Kantenfräsen mit Eckfräsern



## ► Profilfräsen

Fräser für allgemeine Einsatzzwecke – Schruppen

Schaftfräser mit runden Wendeschneidplatten



Fräser mit runden Wendeschneidplatten

Drehen

B

Abstechen und Einsteichen

C

Gewindedrehen

D

Fräser für allgemeine Einsatzzwecke – Schlichten

Vollhartmetall-Kugelschaftfräser



Schaftfräser mit austauschbaren Vollhartmetall-Schneidköpfen

Fräsen

E

Bohren

F

Aufbohren

## Weitere Methoden

Drehfräsen



Fräsen von Turbinenschaufeln



G

Werkzeughalter

H

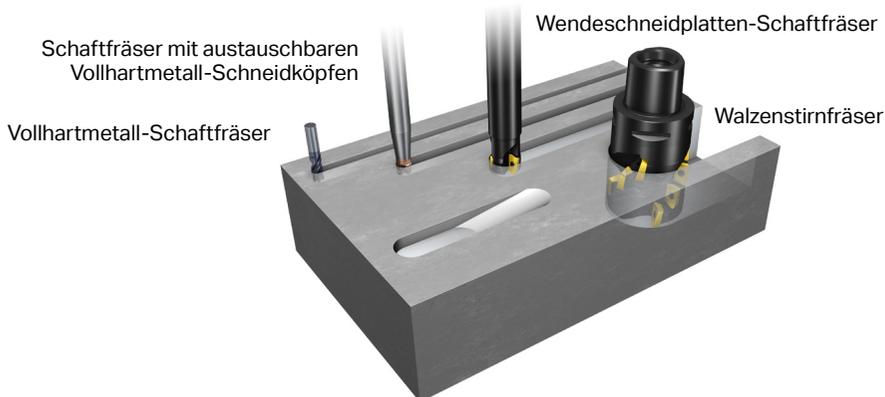
Zerspanbarkeit  
Sonstige Informationen

## ► Nutenfräsen

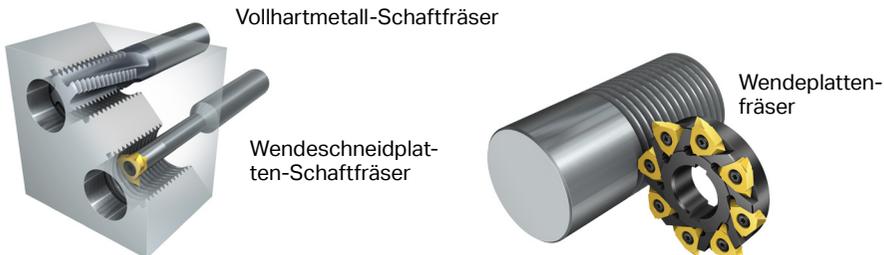
Fräser für allgemeine Einsatzzwecke – radiales Nutenfräsen



Fräser für allgemeine Einsatzzwecke - axiales Nutenfräsen



Gewindefräsen und Fräsen flacher Nuten



# Überblick über Fräsbearbeitungen

Modernes Fräsen ist eine sehr universelle Bearbeitungsmethode. In den letzten Jahren hat sich das Fräsen, einhergehend mit den Entwicklungen der Werkzeugmaschinen, zu einer Methode entwickelt, die einen sehr breiten Anwendungsbereich abdeckt. Die zur Verfügung stehenden Methoden mit heutigen mehrachsigen Maschinen machen das Fräsen zu einer interessanten Alternative für die Fertigung

von Bohrungen und Hohlräumen, der Bearbeitung von Gewinden und drehend herzustellenden Oberflächen.

Die Werkzeugentwicklung hat dazu beigetragen, dass in der Wendeschneidplatten- und Vollhartmetalltechnologie neben neuen Möglichkeiten auch eine höhere Produktivität, Zuverlässigkeit und gleichbleibende Qualität erreicht wurde.

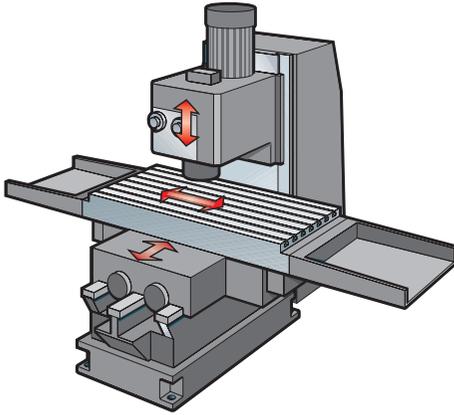
Planfräsen	Hochvorschubfräsen	Eckfräsen	Nutenfräsen
Trennen, Schlitzfräsen	Fasen	Profilfräsen	Drehfräsen
Tauchfräsen	Trochoidfräsen	Zirkularfräsen	Schrägeintauchen, linear
Spiralinterpolation	Gewindefräsen		

# Fräsmethoden

Bei Fräsmaschinen ist ein manueller Betrieb, ebenso wie ein automatisierter mechanischer oder digitaler Betrieb mittels CNC-Steuerung möglich.

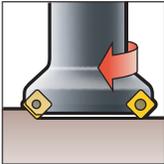
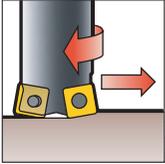
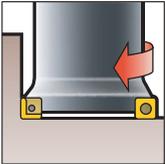
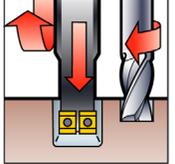
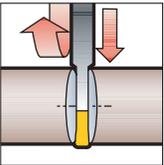
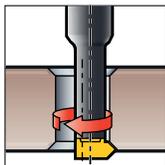
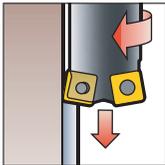
## Herkömmliche Fräsmethoden

### Vertikale Fräsmaschinen



In herkömmlichen dreiachsigen Maschinen werden meistens Planflächen, Schultern und Nuten gefräst.

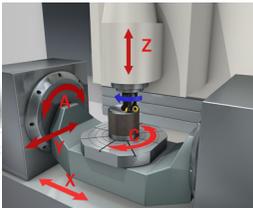
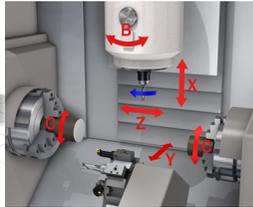
Mit der wachsenden Zahl fünfachsigter Bearbeitungszentren und Multi-Task Maschinen werden vermehrt auch andere Flächen und Formen wie die unten aufgeführten bearbeitet.

Planfräsen	Hochvorschubfräsen	Eckfräsen	Nutenfräsen
			
Trennen, Schlitzten	Fasen	Tauchfräsen	
			

# Moderne Fräsmethoden

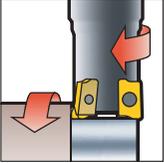
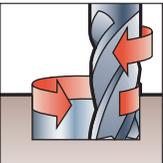
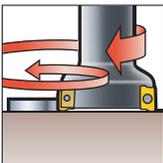
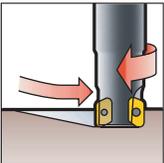
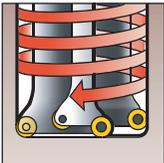
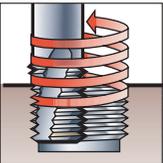
## Moderne 4 bis 5-achsige Maschinen

Heute geht die Entwicklung der Maschinen in unterschiedlichste Richtungen. Drehzentren haben die Fähigkeit zum Fräsen durch angetriebene Werkzeuge, ebenso lassen sich auf Bearbeitungszentren Drehbearbeitungen durchführen. Mit den CAM-Entwicklungen geht die Zunahme des Einsatzes von fünfachsiges Maschinen einher.



Ergebnisse dieser Trends und der Entwicklung neuer Methoden sind neue Anforderungen an die Werkzeuge, wie zum Beispiel:

- Erhöhte Flexibilität
- Geringere Anzahl Maschinen/-Aufspannungen zur Fertigstellung eines Werkstücks
- Stabilitätsprobleme
- Größere Werkzeuglängen
- Geringere Schnitttiefen

Profilfräsen	Drehfräsen	Trochoidfräsen	Zirkularfräsen
			
Schrägeintauchen, linear	Spiralinterpolation	Gewindefräsen	
			

# Einordnung der Fräser - Planfräsen

Fräser- typ				
Überlegungen	Runde Wende- schneidplatten	10-25°	45°	90°
Maschine/Spindel- größe	ISO 40, 50	ISO 40, 50	ISO 40, 50	ISO 30, 40, 50
Stabilitätsanforde- rungen	Hoch	Hoch	Mittel	Gering
Schruppen	Sehr gut	Gut	Sehr gut	Akzeptabel
Schlichten	Akzeptabel	Akzeptabel	Sehr gut	Gut
Schnitttiefe $a_p$	Mittel	Gering	Mittel	Groß
Vielseitigkeit	Sehr gut	Gut	Gut	Sehr gut
Produktivität	Sehr gut	Sehr gut	Sehr gut	Gut

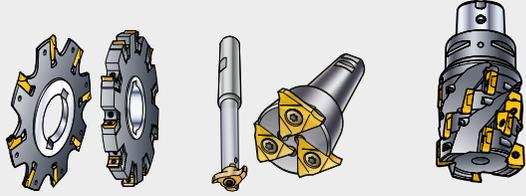
## Einordnung der Fräser - Eckfräsen

Fräsertyp				
	90°	90°	90°	90°
Überlegungen				
Maschine/Spindelgröße	ISO 40, 50	ISO 30, 40, 50	ISO 40, 50	ISO 30, 40, 50
Stabilitätsanforderungen	Hoch	Hoch	Mittel	Gering
Schruppen	Sehr gut	Gut	Akzeptabel	Gut
Schlichten	Akzeptabel	Akzeptabel	Sehr gut	Gut
Schnitttiefe $a_p$	Groß	Mittel	Gering	Groß
Werkstoff	Alle	Alle	Aluminium	Aluminium
Vielseitigkeit	Sehr gut	Sehr gut	Akzeptabel	Gut

# Einordnung der Fräser - Profilverfräsen

Fräsertyp				
	Runde Wendeschneidplatten	Kugelschaftfräser mit Wendeschneidplatten	Kugelschaftfräser mit austauschbaren Schneidköpfen	Vollhartmetall-Kugelschaftfräser
Überlegungen				
Maschine/Spindelgröße	ISO 40, 50	ISO 40, 50	ISO 30, 40	ISO 30, 40
Stabilitätsanforderungen	Hoch	Mittel	Mittel	Gering
Schruppen	Sehr gut	Gut	Akzeptabel	Akzeptabel
Schlichten	Akzeptabel	Akzeptabel	Sehr gut	Sehr gut
Schnitttiefe $a_p$	Mittel	Mittel	Gering	Gering
Vielseitigkeit	Sehr gut	Sehr gut	Sehr gut	Sehr gut
Produktivität	Sehr gut	Gut	Gut	Gut

## Positionierung von Fräsern zum Nutenfräsen

Fräser typ			
Überlegungen	Nut Scheibenfräser	Nutenfräsen	Walzenstirnfräser
Maschine/Spindelgröße	ISO 50	ISO 40, 50	ISO 40, 50
Nut, offen	Offen	Offen	Offen
Nut, geschlossen	Geschlossen	Geschlossen	Geschlossen
Schnittbreite	Gering-Groß	Gering	Groß
Schnitttiefe $a_p$	Mittel-Groß	Gering	Mittel-Groß
Vielseitigkeit	Begrenzt	Gut	Gut

Fräser typ			
Überlegungen	Wendeschneid- platten-Schaft- fräser	Schaftfräser mit austauschbaren Schneidköpfen	Vollhartme- tall-Schaftfräser
Maschine/Spindelgröße	ISO 30, 40, 50	ISO 30, 40, 50	ISO 30, 40, 50
Nut, offen	Offen	Offen	Offen
Nut, geschlossen	Geschlossen	Geschlossen	Geschlossen
Schnittbreite	Mittel	Gering	Gering
Schnitttiefe $a_p$	Mittel	Gering	Groß
Vielseitigkeit	Sehr gut	Sehr gut	Sehr gut

# Auswahl der Wendeschneidplatten und korrekte Anwendung

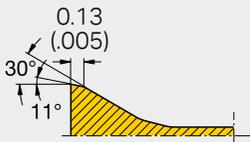


Moderne  
Wendeschneidplatten zum  
Planfräsen.

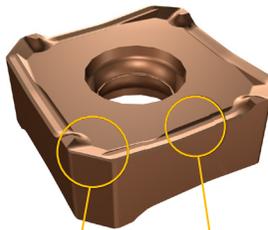
## Die Ausführung einer modernen Wendeschneidplatte zum Fräsen

### Begriffsdefinitionen und Geometrieausführung

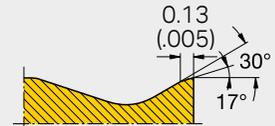
#### Schneidkanten­ausführung



- Schneidkantenverstärkung 0.13 mm (.005 Zoll)
- Spanwinkel 30°
- Primärfase 11°.



#### Ausführung der Hauptschneidkante



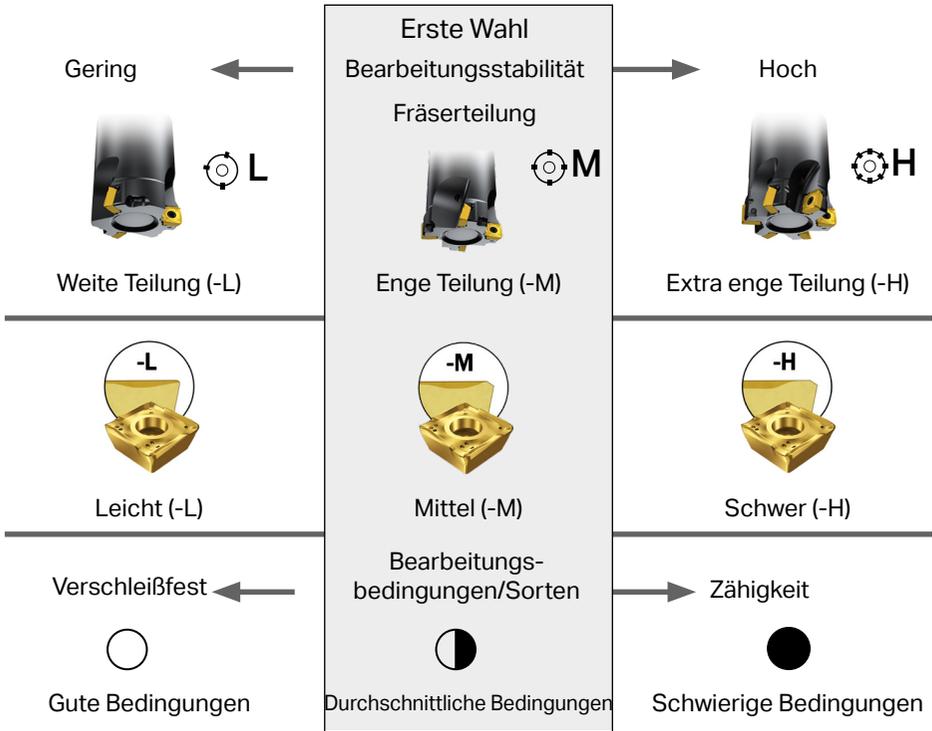
- Schneidkantenverstärkung 0.13 mm (.005 Zoll)
- Spanwinkel 30°
- Primärfase 17°.

Eckenverstärkung

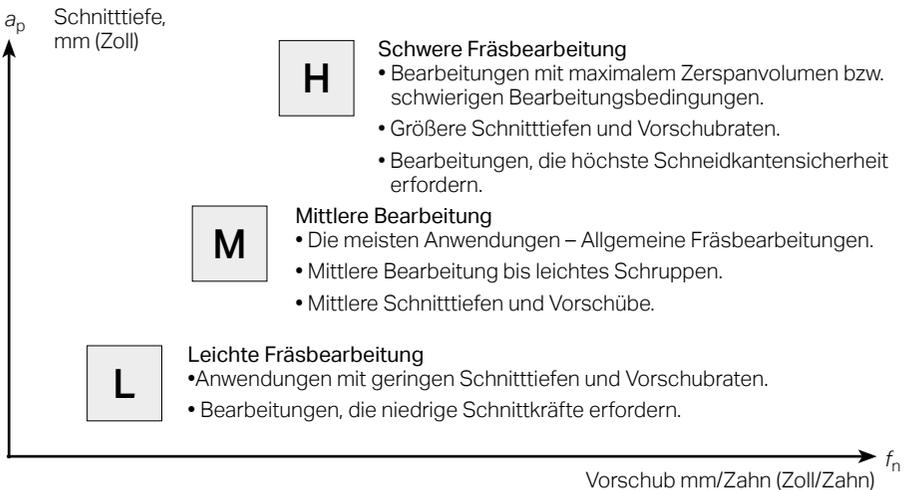
Spanformer

Ausführung der Hauptschneidkante

## Auswahl der Werkzeuge zum Fräsen



## Art der Anwendung

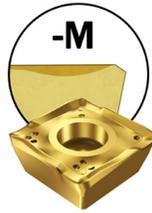


## Auswahl der Plattengeometrie



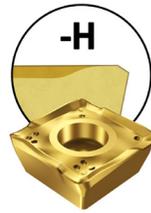
Leicht (-L)

- Extra positiv
- Leichte Bearbeitung
- Geringe Schnittkräfte
- Geringe Vorschubraten



Mittel (-M)

- Universalgeometrie
- Mittlere Vorschübe
- Mittlere Bearbeitung bis leichtes Schruppen

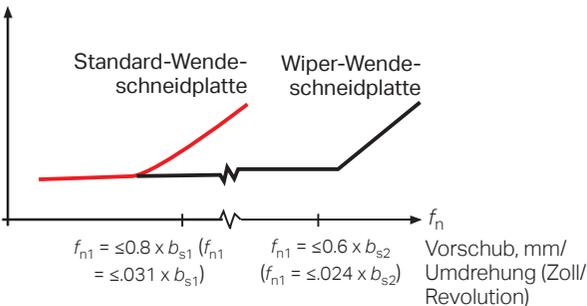


Schwer (-H)

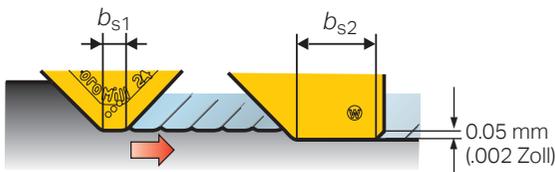
- Verstärkte Schneidkante
- Scherzerspannung
- Höchste Schneidkantenstabilität
- Hohe Vorschubraten

## Wie man eine hohe Oberflächengüte beim Fräsen erzielt

Oberflächenrauheit



- Für eine höhere Produktivität und verbesserte Oberflächengüte Wiper-Wendeschneidplatten wählen
- Vorschub auf 60% der Planfase ( $b_s$ ) begrenzen
- Wiper-Wendeschneidplatte korrekt montieren
- Die Wiper Wendeschneidplatte steht in der Z Achse immer vor (0,05mm)



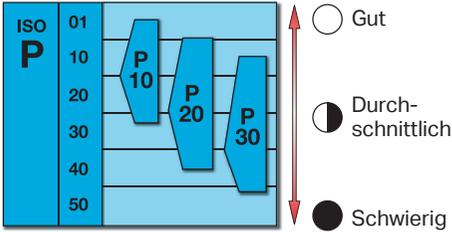
$b_s$ , mm 2.0  
(Zoll) (.079)

8.2  
(.323)

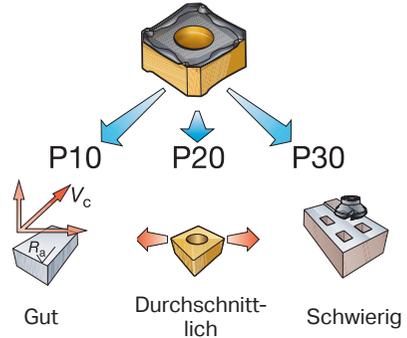
# Auswahl der Plattensorte

Geometrie und Sorte entsprechend der Anwendung wählen.

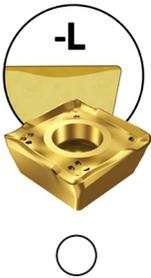
Aufbau einer Tabelle für eine bestimmte Sorte



Bearbeitungsbedingungen

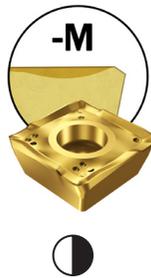


Bearbeitungsbedingungen definieren



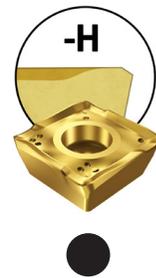
Gute Bedingungen

- Schnitttiefe 25% der max.  $a_p$  oder geringer
- Überhang weniger als  $2 \times D$
- Kontinuierliche Schnitte
- Bevorzugt Trockenbearbeitung



Durchschnittliche Bedingungen

- Schnitttiefe 50% der max.  $a_p$  oder größer
- Überhang  $2-3 \times D$
- Unterbrochene Schnitte
- Nass- oder Trockenbearbeitung



Schwierige Bedingungen

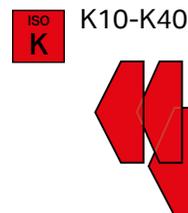
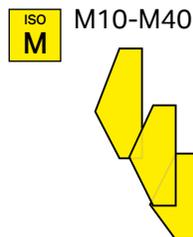
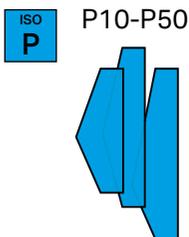
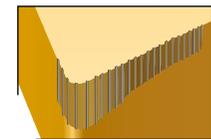
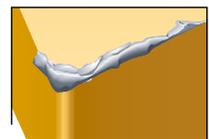
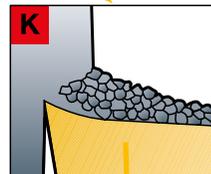
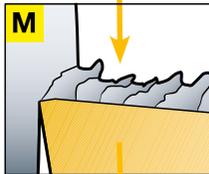
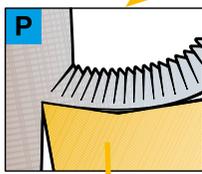
- Schnitttiefe 50% der max.  $a_p$  oder größer
- Überhang max.  $3 \times D$
- Unterbrochene Schnitte
- Nass- oder Trockenbearbeitung

## ► Einsatzbezogene Sorten für ISO P, M und K

Der Werkstoff wirkt sich auf den Verschleiß während der Zerspaltung auf unterschiedliche Weise aus. Daher wurden einsatzbezogene Sorten entwickelt, um gängigen Verschleißmechanismen entgegenzuwirken, z. B.:

- Freiflächenverschleiß, Kolkverschleiß und plastische Deformation in Stahl
- Aufbauschneidenbildung und Korbverschleiß in rostfreiem Stahl
- Freiflächenverschleiß und plastische Verformung in Gusseisen.

Geometrie und Sorte entsprechend des Werkstoffs  
und der Art der Anwendung wählen.

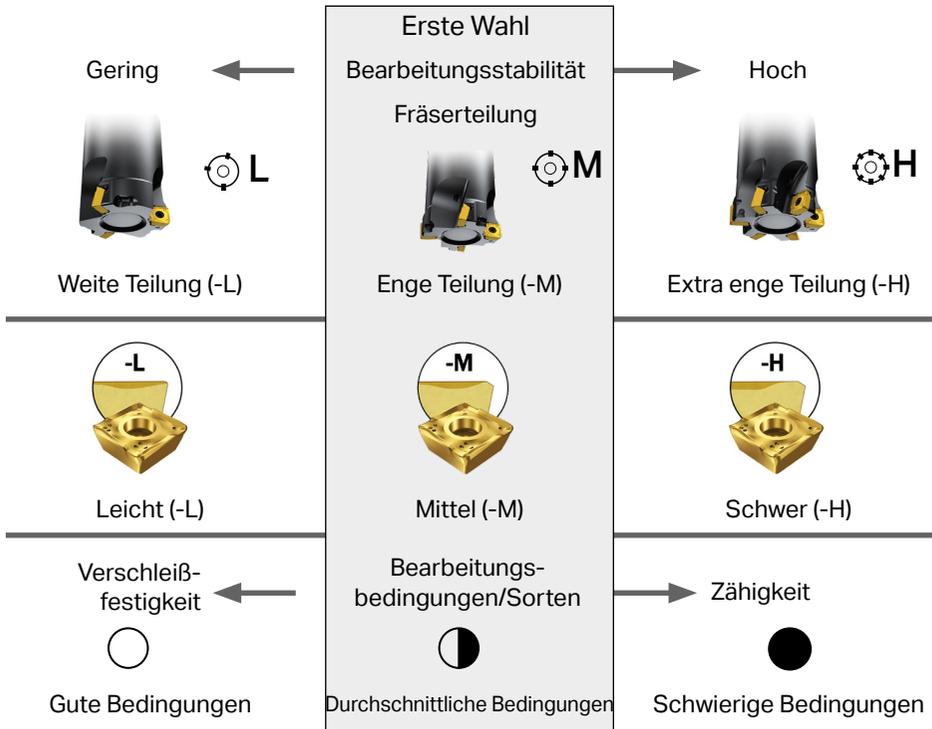


# Auswahl der Fräser und korrekte Anwendung



Hochleistungs-Planfräser für geringe bis mittlere Schnitttiefen

## Auswahl der Werkzeuge zum Fräsen



# Auswahl der Fräserteilungen

A  
Drehen  
B  
Abstechen und Einsteichen  
C  
Gewindedrehen  
D  
Fräsen  
E  
Bohren  
F  
Aufbohren  
G  
Werkzeughalter  
H  
Zerspanbarkeit  
Sonstige Informationen

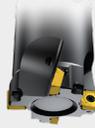
Gering



Weite Teilung (-L)

- Reduzierte Anzahl Wendschneidplatten
- Begrenzte Stabilität
- Langer Überhang
- Kleine Maschinen/begrenzte Antriebsleistung
- Tiefes Vollnutfräsen
- Differentialteilung

Erste Wahl  
Bearbeitungsstabilität  
Fräserteilung



Enge Teilung (-M)

- Für allgemeine Einsatzzwecke
- Geeignet für die Mischproduktion
- Kleine bis mittlere Maschinen
- Im Regelfall die erste Wahl

Hoch

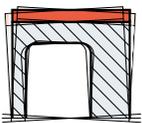


Extra enge Teilung (-H)

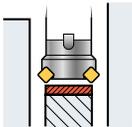
- Große Anzahl Wendschneidplatten für maximale Produktivität
- Stabile Bedingungen
- Kurzspanende Werkstoffe
- Warmfeste Werkstoffe



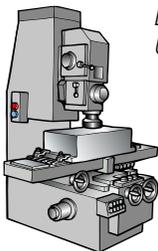
Erste Wahl



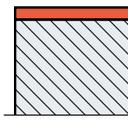
Begrenzte Stabilität



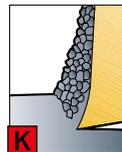
Langer Überhang



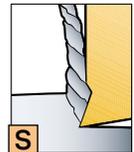
Begrenzte Antriebsleistung



Stabile Bedingungen



Gusseisen (CMC 08)

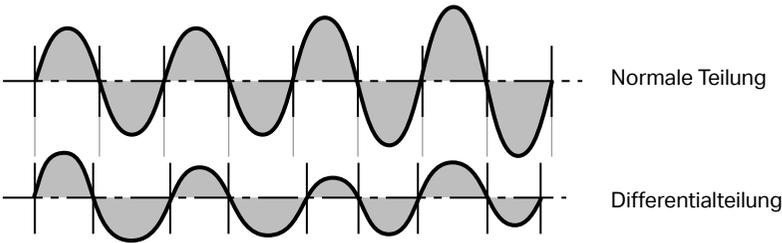


Warmfeste Legierungen (CMC 20)

## Differentialteilung

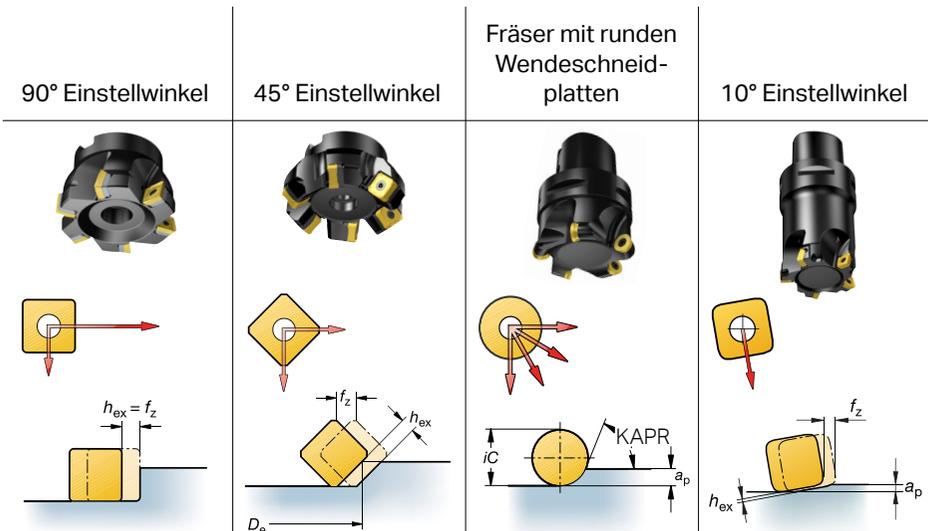
Im Allgemeinen gilt: Je weiter die Teilung desto geringer ist das Risiko von harmonischen Vibrationen. Manchmal wird durch den Austausch eines 16-schneidigen Fräasers durch ein 12-schneidiges Werkzeug das Rattern völlig beseitigt. Bei anspruchsvollen Operationen könnte ein Fräser mit Differentialteilung erforderlich sein, um störende Vibrationen zu vermeiden.

Fräser mit Differentialteilung verfügen über eine ungleiche Zahnteilung, die sich auf die Schwingungsamplitude eines jeden Zahnes auswirkt. Vibrationen minimieren



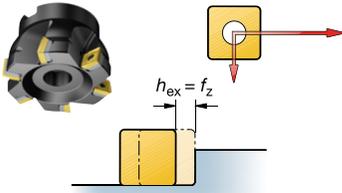
Differentialteilung reduziert das Risiko von Vibrationen.

## Schnittkräfte und Einstellwinkel



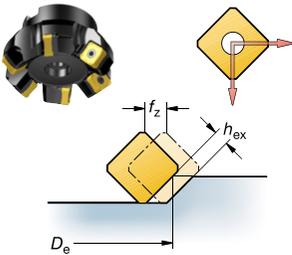
# Axiale und radiale Schnittkräfte

## Auswirkung des Einstellwinkels (90°)



- Dünnwandige Werkstücke
- Axial schwach aufgespannte Werkstücke
- Eckfräser
- $h_{ex} = f_z$  (Bei  $a_e > 50\% \times DC$ ).

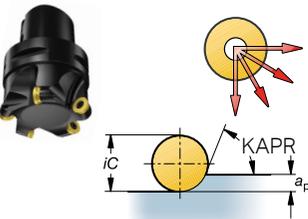
## Auswirkung des Einstellwinkels (45°)



- Erste Wahl für allgemeine Einsatzzwecke
- Reduziert Vibrationen bei langen Überhängen
- Durch abnehmende Spandicke ist eine höhere Produktivität möglich
- $f_z = 1.41 \times h_{ex}$  (Kompensation für Einstellwinkel)

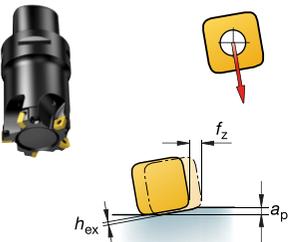
## Auswirkung des Einstellwinkels (Variabel)

Bei runden Wendeschneidplatten variiert die Spanlant und der Einstellwinkel mit der Schnitttiefe.



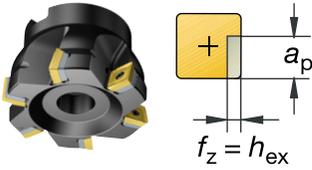
- Stabilste Schneidkante, mehrfaches Wenden möglich
- Universalfräser
- Dünne Späne bei geringer Schnitttiefe, geeignet für warmfeste Legierungen
- $h_{ex}$  = abhängig von  $a_p$ .

## 10° Einstellwinkel

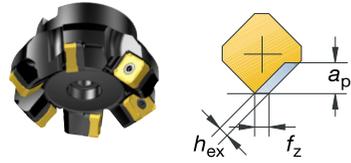


- Hochvorschubfräser
- Es entsteht ein dünner Span, dies erlaubt sehr hohe Vorschübe
- Axiale Schnittkraft wird gegen die Spindel gelenkt und stabilisiert

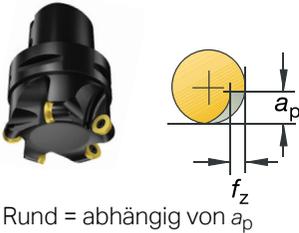
## Vorschubkorrektur für unterschiedliche Einstellwinkel



$$90^\circ = (f_z \text{ oder } h_{ex}) \times 1.0$$



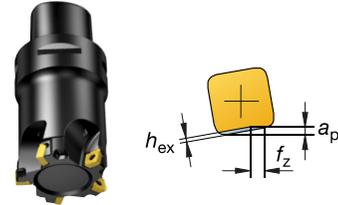
$$45^\circ = (f_z \text{ oder } h_{ex}) \times 1.41$$



Rund = abhängig von  $a_p$

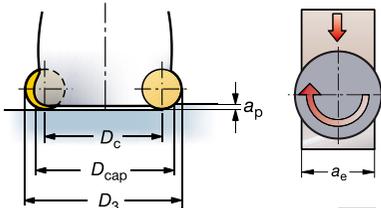
$$\sqrt{\frac{iC}{a_p}}$$

Formel für Korrekturfaktor beim Fräsen mit runden Wendeschneidplatten



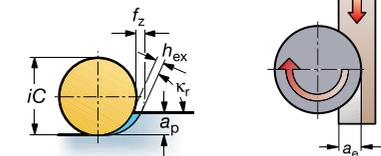
$$10^\circ = (f_z \text{ oder } h_{ex}) \times 5.76$$

## Formeln für Fräser mit runden Wendeschneidplatten



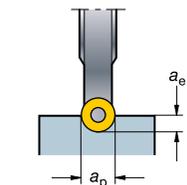
Max. Schneiddurchmesser bei einer spezifischen Schnitttiefe (Zoll).

$$D_{cap} = D_c + \sqrt{iC^2 - (iC - 2 \times a_p)^2}$$



Runde Wendeschneidplatte zum Planfräsen ( $a_p < iC/2$ ) (Zoll).

$$f_z = \frac{h_{ex} \times iC}{2 \times \sqrt{a_p \times iC - a_p^2}}$$



Nutenfräsen ( $a_e < D_{cap}/2$ ) und runde Wendeschneidplatte ( $a_p < iC/2$ ) (Zoll).

$$f_z = \frac{h_{ex} \times iC \times D_{cap}}{4 \times \sqrt{a_p \times iC - a_p^2} \times \sqrt{D_{cap} \times a_e - a_e^2}}$$

# Berechnung von Schnittdaten

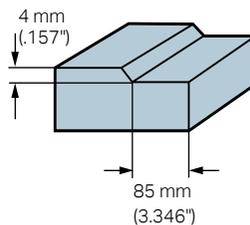
## Beispiel - Planfräsen

### Gegeben:

- Schnittgeschwindigkeit,  $v_c = 225 \text{ m/min}$  (738 Fuß/min)
- Vorschub pro Zahn,  $f_z = 0.21 \text{ mm}$  (.0082 Zoll)
- Anzahl Zähne,  $z_n = 5$
- Fräserdurchmesser,  $DC = 125 \text{ mm}$  (4.921 Zoll)
- Schnitttiefe,  $a_p = 4 \text{ mm}$  (.157 Zoll)
- Arbeitseingriff,  $a_e = 85 \text{ mm}$  (3.346 Zoll)

### Bedarf:

- Spindeldrehzahl,  $n$  (U/min)
- Tischvorschub,  $v_f$  mm/min (Zoll/min)
- Zerspanungsrate,  $Q$   $\text{cm}^3/\text{min}$  (Zoll<sup>3</sup>/min)
- Nutzleistung, kW (Hp)



## Spindeldrehzahl

Gegeben:  $v_c = 225 \text{ m/min}$  (738 Fuß/min)

Metrisch

$$n = \frac{v_c \times 1000}{\pi \times DC} \quad (\text{U/min})$$

$$n = \frac{225 \times 1000}{3.14 \times 125} = 575 \text{ U/min}$$

Zoll

$$n = \frac{v_c \times 12}{\pi \times DC} \quad (\text{U/min})$$

$$n = \frac{738 \times 12}{3.14 \times 4.921} = 575 \text{ U/min}$$

## Tischvorschub

Gegeben:  $n = 575 \text{ U/min}$

Metrisch

$$v_f = n \times f_z \times z_n \quad (\text{mm/min})$$

$$v_f = 575 \times 0.21 \times 5 = 600 \text{ mm/min}$$

Zoll

$$v_f = n \times f_z \times z_n \quad (\text{Zoll/min})$$

$$v_f = 575 \times .0082 \times 5 = 23.6 \text{ Zoll/min}$$

## Zeitspanvolumen

Gegeben:  $v_f = 600 \text{ mm/min}$  (23.6 Zoll/min)

Metrisch

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

$$Q = \frac{4 \times 85 \times 600}{1000} = 204 \text{ cm}^3/\text{min}$$

Zoll

$$Q = a_p \times a_e \times v_f \quad (\text{Zoll}^3/\text{min})$$

$$Q = .157 \times 3.346 \times 23.6 = 12.4 \text{ Zoll}^3/\text{min}$$

# Nennleistung

Gegeben: Material CMC 02.1 / MC: P2.1.Z.AN

Metrisch

$$P_c = \frac{a_e \times a_p \times v_f \times k_c}{60 \times 10^6} \quad (\text{kW})$$

Zoll

$$P_c = \frac{a_e \times a_p \times v_f \times k_c}{396 \times 10^3} \quad \text{PS}$$

Fräsen mit großem Eingriff

ISO	CMC No.	Material	Specific cutting force	Hardness	mc	CT530		Specific cutting force	Hardness	r	
			$k_{c1}$	Brinell		Max chip thickness	Brinell	$k_{c0.016}$	Brinell		
			N/mm <sup>2</sup>	HB	0.1 – 0.15 – 0.2		lbs/in <sup>2</sup>	HB			
					Cutting speed $v_{c0}$						
P	Steel										
	Unalloyed										
	01.1	C = 0.10 – 0.25%	1500	125	0.25	430–390–50	216,500	125	0		
	01.2	C = 0.25 – 0.55%	1600	150	0.25	385–350–15	233,000	150	0		
	01.3	C = 0.55 – 0.80%	1700	170	0.25	365–330–00	247,000	170	0		
	01.4		1800	210	0.25	315–290–60	260,500	210	0		
	01.5		2000	300	0.25	235–210–95	291,500	300	0		
	Low alloyed (alloying elements 5%)										
	02.1	Non-hardened	1700	175	0.25	300–275–45	246,500	175	0		
	02.2	Hardened and tempered	1900	300	0.25	195–180–60	278,500	300	0		
	High alloyed (alloying elements > 5%)										
	03.11	Annealed	1950	200	0.25	230–205–85	282,000	200	0		
	03.13	Hardened tool steel	2150	200	0.25	190–170–55	311,000	200	0		
	03.21		2900	300	0.25	165–150–35	420,000	300	0		
03.22		3100	380	0.25	105–95–85	448,500	380	0			
Castings											
06.1	Unalloyed	1400	150	0.25	305–280–50	204,000	150	0			
06.2	Low alloyed (alloying elements 5%)	1600	200	0.25	245–220–00	230,500	200	0			
06.3	High alloyed (alloying elements > 5%)	1950	200	0.25	180–160–45	283,500	200	0			

$$P_c = \frac{85 \times 4 \times 600 \times 1700}{60 \times 10^6} = 5.8 \text{ kW}$$

$$P_c = \frac{3.346 \times .157 \times 23.6 \times 246500}{396 \times 10^3} = 7.7 \text{ PS}$$

Die obige Berechnung ergibt einen Näherungswert für eine durchschnittliche Spandicke ( $h_m$ ) von 1 mm (.039 Zoll).

Zur Berechnung eines präziseren Werts der Nutzleistung ( $P_c$ ) muss der  $k_c$ -Wert entsprechend berechnet werden.

Metrisch

$$k_c = k_{c1} \times h_m^{-m_c} \times \left( 1 - \frac{\gamma_o}{100} \right) \quad (\text{N/mm}^2)$$

Zoll

$$k_c = k_{c1} \times \left( \frac{0.039}{h_m} \right)^{-m_c} \times \left( 1 - \frac{\gamma_o}{100} \right) \quad (\text{Pfund/Zoll}^2)$$

$h_m$  = Durchschnittliche Spandicke

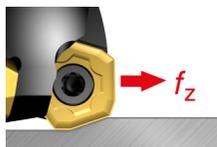
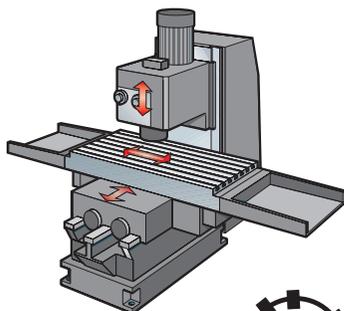
$\gamma_o$  = Spanwinkel der Wendepatte

$m_c$  = Korrekturfaktor Spandicke

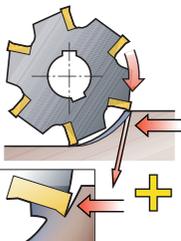
$k_c$  = Spezifische Schnittkraft

$k_{c1}$  = Spezifische Schnittkraft für eine durchschnittliche Spandicke von 1 mm (.039 Zoll).

# Anwendungstipps für die Fräsbearbeitung



Bis zu 0.50 mm (.020 Zoll)



## Leistungskapazität

- Leistungskapazität und Maschinensteifigkeit überprüfen, um sicherzustellen, dass die Maschine für den gewählten Fräserdurchmesser geeignet ist.

## Werkstückstabilität

- Zustand und Berücksichtigungen hinsichtlich der Werkstückspannung.

## Überhang

- Mit dem kürzesten Werkzeugüberhang an der Spindel arbeiten.

## Korrekte Fräserteilung wählen

- Die für die jeweilige Bearbeitung korrekte Fräserteilung verwenden, um sicherzustellen, dass nicht zu viele Wendeschneidplatten gleichzeitig in den Schnitt eingreifen und so Vibrationen verursachen.

## Eingriff

- Sicherstellen, dass bei schmalen Werkstücken oder beim Fräsen über Hohlräumen oder Vertiefungen ausreichend Wendeschneidplatten eingreifen.

## Wahl der Plattengeometrie

- Nach Möglichkeit immer Wendeschneidplatten mit einer positiven Geometrie verwenden, um eine sanfte Schneidwirkung bei geringstmöglichem Leistungsbedarf zu erzielen.

## Korrekten Vorschub wählen

- Sicherstellen, dass der korrekte Vorschub pro Zahn verwendet wird, um die richtige Schneidwirkung und die empfohlene maximale Spandicke zu erzielen.

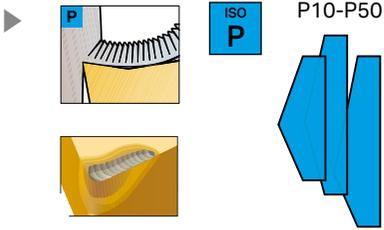
## Zerspanungsrichtung

- Nach Möglichkeit Gleichaufräsen anwenden.

## Berücksichtigungen zum Werkstück

- Werkstoff und Konfiguration. Ebenfalls Qualitätsanforderungen an die herzustellende Werkstückoberfläche.



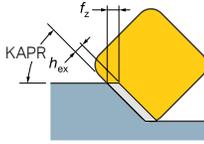


### Auswahl der Wendeplattensorte

- Sorte entsprechend des Werkstoffs und der Art der Anwendung wählen.

### Schwingungsgedämpfte Fräswerkzeuge / SilentTools

- Bei Überhängen von mehr als 4xD können Vibrationen auftreten. Schwingungsgedämpfte Fräser können die Produktivität drastisch erhöhen.

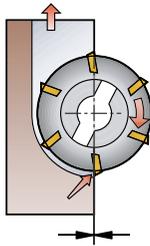


### Einstellwinkel

- Den geeignetsten Einstellwinkel wählen.

### Fräserdurchmesser

- Korrekten Durchmesser in Relation zur Werkstückbreite wählen.

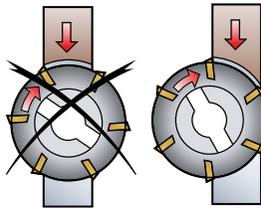


### Fräserposition

- Fräser korrekt positionieren.

### Ein- und Austritt des Fräfers

- Beim Einkopieren (Roll on) ist die Spandicke beim Austritt stets Null. Dadurch sind höhere Vorschübe und längere Standzeiten möglich.

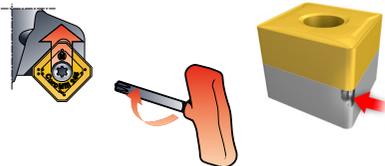


### Kühlschmierstoff

- nur dann anwenden, wenn es unbedingt erforderlich ist. Eine bessere Leistung wird beim Fräsen allgemein ohne Kühlschmierstoff erzielt.

### Wartung

- Pflege- und Wartungshinweise für die Werkzeuge befolgen und auf den Werkzeugverschleiß achten.



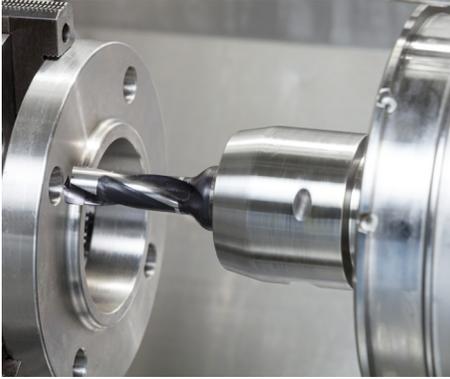


# Bohren

Bohren umfasst Methoden zur Herstellung zylindrischer Bohrungen in einem Werkstück mit Zerspanungswerkzeugen

- Theorie E 4
- Auswahlverfahren E 15
- Systemüberblick E 20
- Korrekte Anwendung E 26
- Bohrungsqualität und -toleranzen E 38
- Problembhebung E 43

# Der Bohrvorgang



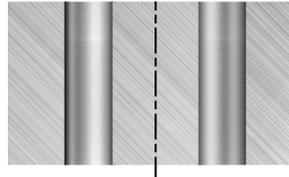
- Da sich der Bohrer während der Bearbeitung im Werkstück befindet, kann der eigentliche Bohrvorgang nicht beobachtet werden.
- Spankontrolle erforderlich.
- Die Spanabfuhr ist entscheidend. Sie beeinflusst die Bohrungsqualität, Standzeit und Zuverlässigkeit.

## Vier gängige Bohrmethoden

### Bohren



### Kernbohren



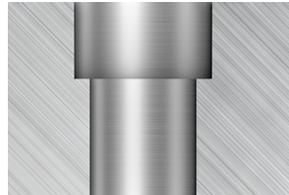
Beim Bohren unterscheidet man zwischen vier gängigen Methoden:

- Bohren
- Kernbohren
- Fasbohren
- Stufenbohren

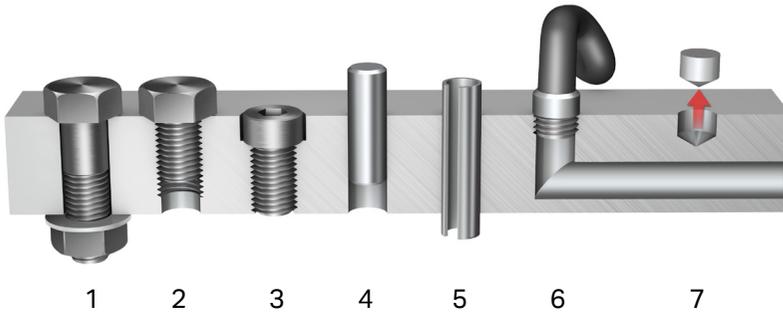
### Fasbohren



### Stufenbohren



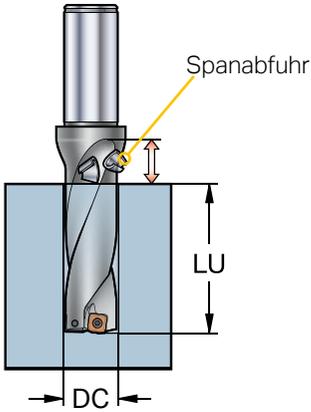
# Die gängigsten Bohrungen



Die gängigsten Bohrungen sind:

- 1 Bohrungen für Bolzen
- 2 Bohrungen mit Schraubgewinde
- 3 Angesenkte Bohrungen
- 4 Passbohrungen / Presspassung
- 5 Passbohrungen / Gleitpassung
- 6 Bohrungen zur Führung von Medien
- 7 Bohrungen zur Werkstoffentfernung aus Auswuchtgründen.

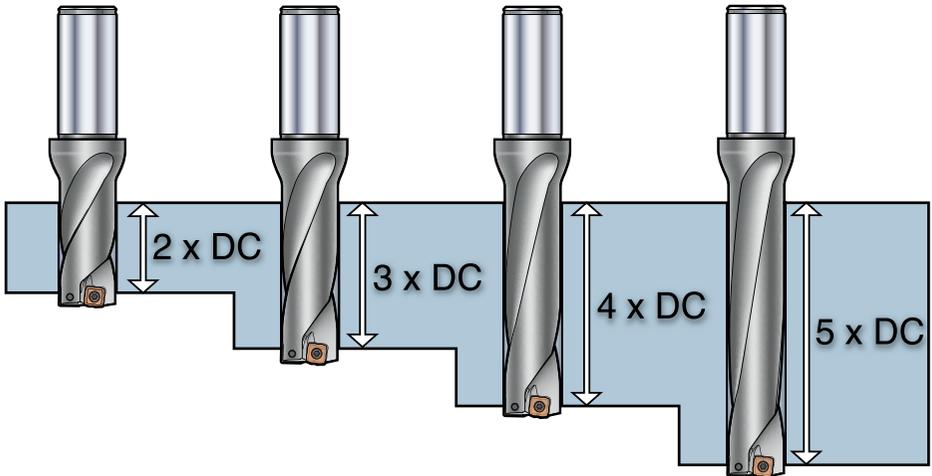
# Maximale Bohrungstiefe



Die Bohrungstiefe (LU) bestimmt die Wahl des Werkzeuges.

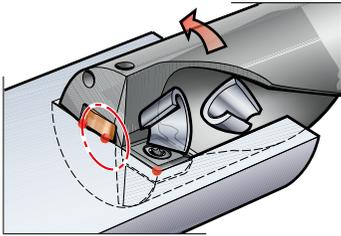
Die maximale Bohrungstiefe ist eine Funktion des Bohrungsdurchmessers DC und der Bohrungstiefe LU.

Beispiel: Max. Bohrungstiefe  $LU = 3 \times DC$ .

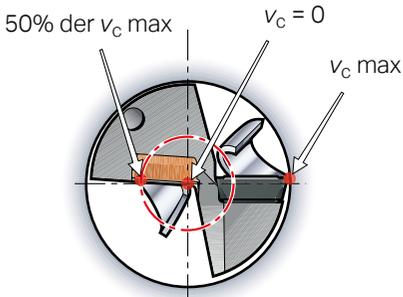


# Theorie - Bohren

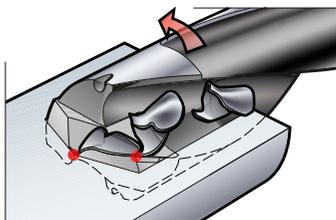
## Schnittgeschwindigkeiten für Wendepplattenbohrer



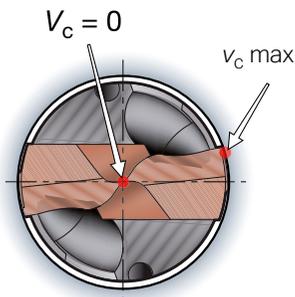
- Die Schnittgeschwindigkeit ( $v_c$ ) für Wendepplattenbohrer nimmt von der Peripherie zur Mitte hin von 100% auf Null ab.
- Die Zentrumschneide arbeitet mit einer Schnittgeschwindigkeit von Null bis zirka. 50%  $v_c$  max. Die Außenschneide arbeitet mit einer Schnittgeschwindigkeit von 50%  $v_c$  max. bis 100%  $v_c$  max.
- Eine effektive Schneidkante/U: =  $z_c$ .



## Schnittgeschwindigkeiten für gelötete Hartmetallbohrer und Vollhartmetallbohrer



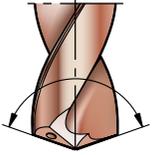
- Zwei effektive Schneidkanten, von der Mitte zur Peripherie.
- Zwei Schneidkanten/U: =  $z_c$ .



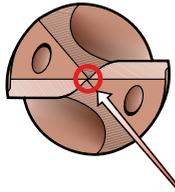
# Vollhartmetallbohrer im Vergleich zu HSS-Bohrer

## Spitzenwinkel und Querschnaide

### Vollhartmetallbohrer

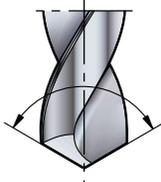


140° Spitzenwinkel

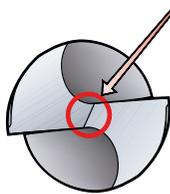


Querschnaide

### HSS Bohrer



118° Spitzenwinkel



1 Hauptschneide

2 Querschnaide

3 Primäre Freifläche

4 Sekundäre Freifläche

5 Spankanal

6 Fase

7 Ausfahrwinkel für Ausspitzung

8 Schutzfase

9 Freifläche

- Praktisch keine Querschnaide bei Vollhartmetallbohrern.

- Die axiale Schnittkraft wird deutlich reduziert, da praktisch keine Querschnaide bei Vollhartmetallbohrern angeschliffen ist.

- Das Ergebnis ist eine bessere Zentrierung. Außerdem werden die Späne enger an der Bohrerspitzenmitte geschnitten. Dadurch besteht kein Bedarf für Zentrierbohrer.

### Vollhartmetallbohrer - Vorteile

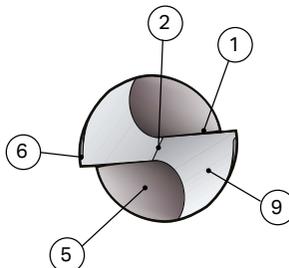
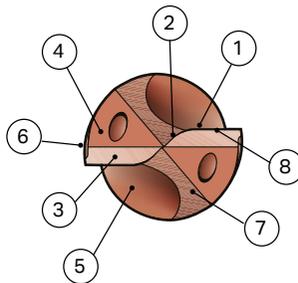
- Die Querschnaide ist praktisch eliminiert

- Die Hauptschneide reicht bis an den Mittelpunkt

- Dies sorgt für längere Standzeit und höhere Produktivität

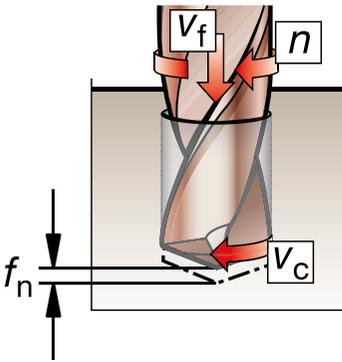
- Geringerer Axialdruck und geringeres Drehmoment

- Bessere Toleranzen



# Begriffsdefinitionen

## Schnittgeschwindigkeit



Die Produktivität beim Bohren hängt eng mit dem Verhältnis Vorschub/ Zeiteinheit zusammen,  $v_f$ .

$n$  = Spindeldrehzahl, U/min

$v_c$  = Schnittgeschwindigkeit, m/min (Fuß/min)

$f_n$  = Vorschub pro Umdrehung, mm/U (Zoll/U)

$v_f$  = Vorschübe/Zeiteinheit, mm/min (Zoll/min)

DC = Bohrerdurchmesser, mm (Zoll)

Metrisch

$$v_c = \frac{\pi \times DC \times n}{1000} \text{ m/min}$$

Zoll

$$v_c = \frac{\pi \times DC \times n}{12} \text{ Fuß/min}$$

$$v_f = f_n \times n \text{ mm/min (Zoll/min)}$$

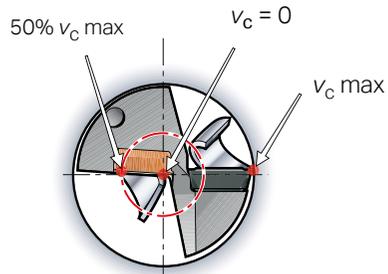
## Schnittgeschwindigkeiten für Wendepplattenbohrer

Die Schnittgeschwindigkeit ( $v_c$ ) für Wendepplattenbohrer nimmt von der Peripherie zur Mitte hin von 100% auf Null ab.

Die Zentrumschneide arbeitet mit einer Schnittgeschwindigkeit von Null bis zirka 50% der  $v_c$  max.

Die Außenschneide arbeitet mit einer Schnittgeschwindigkeit von 50%  $v_c$  max. bis 100%  $v_c$  max.

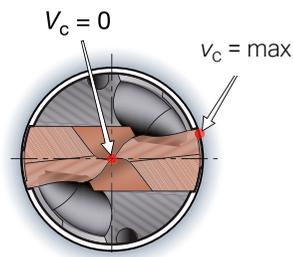
Eine effektive Schneidkante/U: =  $z_c$ .



## Schnittgeschwindigkeiten für gelötete Hartmetallbohrer und Vollhartmetallbohrer

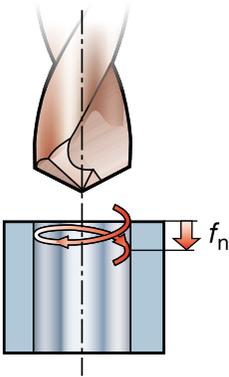
Zwei Schneiden von der Mitte zur Peripherie.

Zwei Schneidkanten/U: =  $z_c$ .





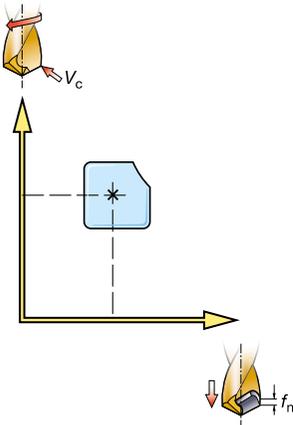
## Vorschubrate



### Auswirkungen der Vorschubrate – $f_n$ mm/U (Zoll/U)

- Wirkt sich auf Vorschubkraft  $F_f$  (N), Leistung  $P_c$  kW (Hp) und Drehmoment  $M_c$  Nm (Pfund-Fuß) aus.
- Kontrolliert die Spanbildung.
- Trägt zur Bohrungsqualität bei.
- Beeinflusst primär die Oberflächengüte.
- Trägt zur mechanischen und thermischen Belastung bei.

$$f_n = f_z \times 2 \quad \text{mm/U (Zoll/U)}$$



### Hohe Vorschubrate:

- härterer Spanbruch
- kürzere Eingriffszeit.

### Geringe Vorschubrate:

- längere, dünnere Späne
- Qualitätssteigerung
- schnellerer Werkzeugverschleiß
- längere Eingriffszeit.

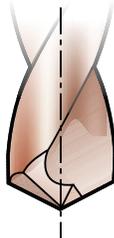
*\*Hinweis:* Vorschubrate muss entsprechend der Schnittgeschwindigkeit gewählt werden.

# Circa-Berechnung der Nutzleistung

CoroDrill® 880



CoroDrill® Delta-C



- $n$  = Spindeldrehzahl, U/min
- $v_c$  = Schnittgeschwindigkeit, m/min (Fuß/min)
- $f_n$  = Vorschub pro Umdrehung, mm/U (Zoll/U)
- $v_f$  = Vorschübe/Zeiteinheit, mm/min (Zoll/min)
- DC = Bohrerdurchmesser, mm (Zoll)
- $f_z$  = Vorschub pro Schneide, mm (Zoll)
- $k_{c1}$  = spezifische Schnittkraft, N/mm<sup>2</sup> (Pfund-Fuß/Zoll<sup>2</sup>)
- $P_c$  = Nutzleistung, kW (Hp)
- $F_f$  = Vorschubkraft, (N)
- $M_c$  = Drehmoment, Nm (Pfund-Fuß)

Metrisch

$$P_c = \frac{f_n \times v_c \times DC \times k_c}{240 \times 10^3} \text{ kW}$$

Zoll

$$P_c = \frac{f_n \times v_c \times DC \times k_c}{132 \times 10^3} \text{ PS}$$

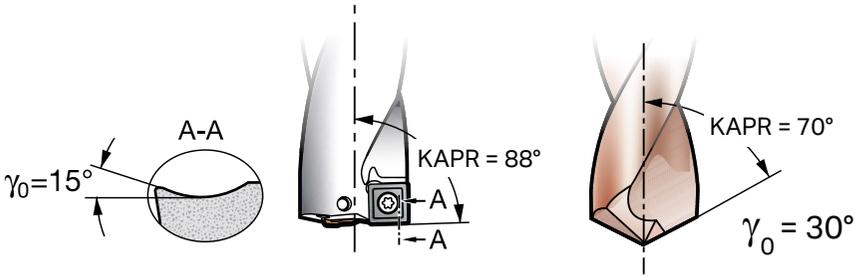
ISO P			Spezifische Schnittkraft $k_{c1} 1.0$ N/mm <sup>2</sup>	Spezifische Schnittkraft $k_{c1} .0394$ Pfund/Zoll <sup>2</sup>	Härte Brinell	
MC-Nr.	CMC Nr.	Material			HB	mc
		Unlegierter Stahl				
P1.1.Z.AN	01.1	C = 0.1-0.25%	1500	216.500	125	0.25
P1.2.Z.AN	01.2	C = 0.25-0.55%	1600	233.000	150	0.25
P1.3.Z.AN	01.3	C = 0.55-0.80%	1700	247.000	170	0.25
P1.3.Z.AN	01.4	Stahl mit hohem Kohlenstoffanteil, geglüht	1800	260.500	210	0.25
P1.3.Z.HT	01.5	Vergütet	2000	291.500	300	0.25
		Niedrig legiert (Legierungsbestandteile ≤ 5%)				
P2.1.Z.AN	02.1	Nicht gehärtet	1700	246.500	175	0.25
P2.5.Z.HT	02.2	Vergütet	1900	278.500	300	0.25

Weitere Informationen über den  $k_{c1}$ -Wert, siehe Seite H16.

# Genauere Berechnung der Nutzleistung

CoroDrill® 880

CoroDrill® Delta-C



Metrisch

$$P_c = \frac{f_n \times v_c \times DC \times k_c}{240 \times 10^3} \text{ kW}$$

Zoll

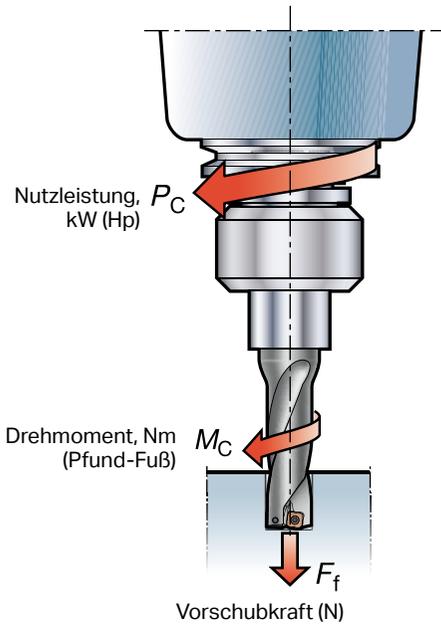
$$P_c = \frac{f_n \times v_c \times DC \times k_c}{132 \times 10^3} \text{ PS}$$

$$k_c = k_{c1} \times (f_z \times \sin KAPR) \times m_c \times \left(1 - \frac{\gamma_0}{100}\right)$$

ISO P	MC-Nr.	CMC Nr.	Material	Spezifische Schnittkraft $k_{c1}$ 1.0 N/mm <sup>2</sup>	Spezifische Schnittkraft $k_{c1}$ .0394 Pfund/Zoll <sup>2</sup>	Härte Brinell HB	mc
			<b>Unlegierter Stahl</b>				
P1.1.Z.AN	01.1		C = 0.1-0.25%	1500	216.500	125	0.25
P1.2.Z.AN	01.2		C = 0.25-0.55%	1600	233.000	150	0.25
P1.3.Z.AN	01.3		C = 0.55-0.80%	1700	247.000	170	0.25
P1.3.Z.AN	01.4		Stahl mit hohem Kohlenstoffanteil, geglüht	1800	260.500	210	0.25
P1.3.Z.HT	01.5		Vergütet	2000	291.500	300	0.25
			<b>Niedrig legiert (Legierungsbestandteile ≤ 5%)</b>				
P2.1.Z.AN	02.1		Nicht gehärtet	1700	246.500	175	0.25
P2.5.Z.HT	02.2		Vergütet	1900	278.500	300	0.25

Weitere Informationen über den  $k_{c1}$ -Wert, siehe Seite H16.

# Berechnung von Drehmoment und Vorschubkraft



- $n$  = Spindeldrehzahl, U/min
- $f_n$  = Vorschub pro Umdrehung, mm/U (Zoll/U)
- DC = Bohrerdurchmesser, mm (Zoll)
- $k_{c1}$  = spezifische Schnittkraft, N/mm<sup>2</sup> (Pfund-Fuß/Zoll<sup>2</sup>)
- $F_f$  = Vorschubkraft, N
- $M_C$  = Drehmoment, Nm (Pfund-Fuß)

$$F_f \approx 0.5 \times k_c \times \frac{DC}{2} f_n \times \sin \text{KAPR (N)}$$

Metrisch

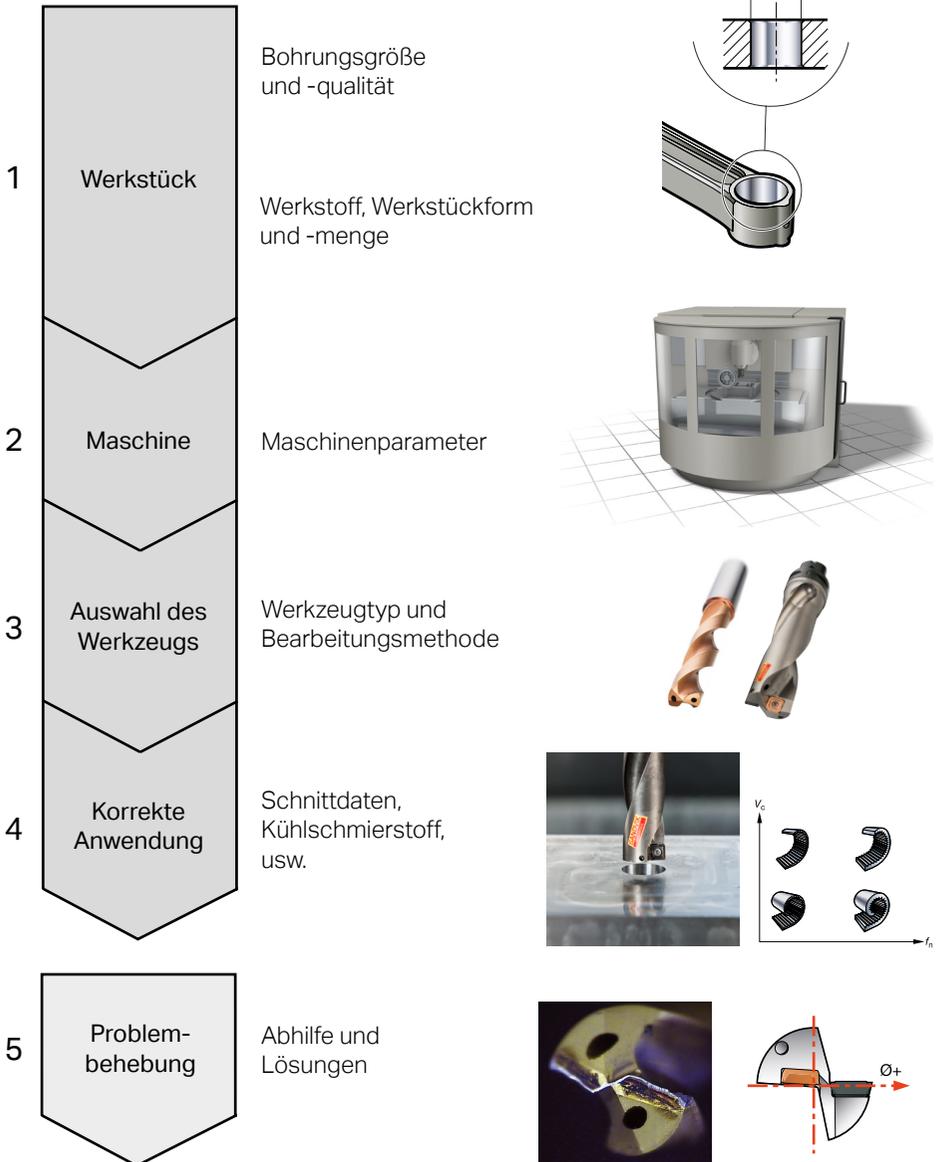
$$M_C = \frac{P_C \times 30 \times 10^3}{\pi \times n} \quad (\text{Nm})$$

Zoll

$$M_C = \frac{P_C \times 16501}{\pi \times n} \quad (\text{Pfund-Fuß})$$

# Verfahren zur Auswahl des Werkzeugs

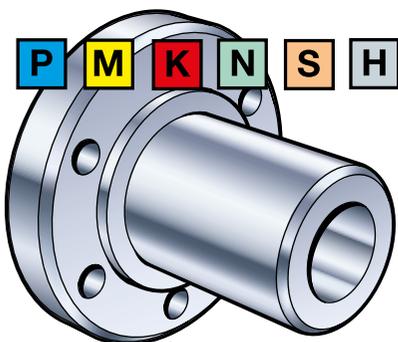
## Produktionsplanung



# 1. Werkstück und Werkstoff

## Werkstoff:

- Zerspanbarkeit
- Spanbruch
- Härte
- Legierungselemente



## 2. Wichtige Überlegungen bezüglich der Maschine



## Werkstück:

- Ist das Werkstück rotationssymmetrisch um die Bohrung, d.h? kann die Bohrung mit einem stationären Bohrer hergestellt werden?
- Aufspannung, Bohrungsgröße und -tiefe. Ist das Werkstück anfällig gegenüber Vorschubkraft und/oder Vibrationen?
- Ist eine Verlängerung erforderlich, um die Stelle zu erreichen, an der die Bohrung hergestellt werden soll, d. h. sind lange Werkzeugüberhänge erforderlich?
- Werkstückformen - was macht den Prozess komplexer? Gibt es geneigte, konkave oder konvexe Oberflächen? Kreuzbohrungen?

## Zustand der Maschine:

- Maschinenstabilität
- Spindeldrehzahl
- Kühlschmierstoffzufuhr
- Kühlschmierstofffluss und -druck
- Aufspannung des Werkstücks
- Horizontale oder vertikale Spindel
- Leistung und Drehmoment
- Werkzeugmagazin.

### 3. Auswahl der Bohrwerkzeuge

#### Unterschiedliche Methoden zur Herstellung einer Bohrung

Die Grundparameter sind:

- Durchmesser
- Tiefe
- Qualität (Toleranz, Oberflächengüte, Geradheit).

Die Bohrungsart und die erforderliche Präzision beeinflussen die Werkzeugwahl.

Der Bohrprozess kann durch unregelmäßige oder gewinkelte Ein- und Austrittsflächen sowie durch Kreuzbohrungen beeinflusst werden.

#### Bohren



##### Vorteile

- Einfache Standardwerkzeuge
- Relativ flexibel.

##### Nachteile

- Zwei Werkzeuge, Adapter und Grundhalter
- Erfordert ein zusätzliches Werkzeug und Operation im Fall einer Stufen-/ Fasbohrung
- Abhängig von der Auswahl
  - Produktivität
  - Bohrungsqualität.

#### Stufen-/Fasbohren



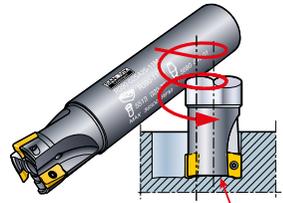
##### Vorteile

- Senkt die Anzahl an Operationen
- Schnellster Weg, eine Bohrung herzustellen.

##### Nachteile

- Erfordert mehr Leistung und Stabilität
- Geringere Flexibilität.

#### Spiralinterpolation



##### Vorteile

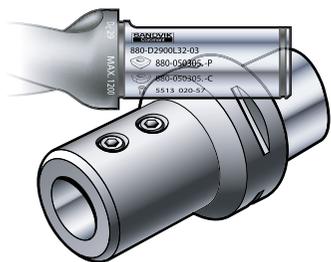
- Einfache Standardwerkzeuge
- Sehr flexibel
- Geringe Schnittkräfte.

##### Nachteile

- Längere Taktzeiten.

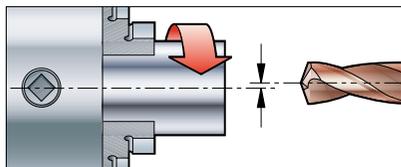
## 4. Korrekte Anwendung

### Wichtige Überlegungen zur Anwendung



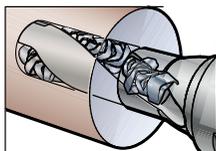
#### Werkzeughalter

- Für eine saubere Spanabfuhr stets kürzestmöglichen Bohrer und Überhang wählen, um Werkzeugablenkung und Vibrationen zu senken.
- Für beste Stabilität und Bohrungsqualität modulare Werkzeuge, hydro-mechanische oder hydraulische Werkzeughalter verwenden.



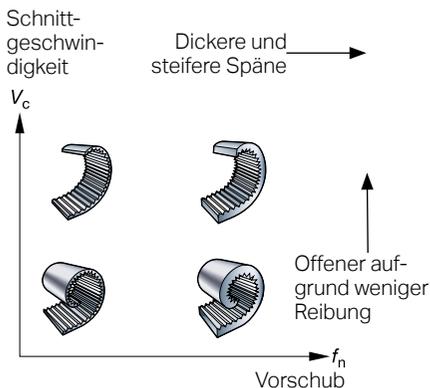
#### Rundlauffehler des Werkzeugs

- Minimaler Rundlauffehler essentiell für einen erfolgreichen Bohrvorgang.



#### Spanabfuhr und Kühlschmierstoff

- Spanbildung und -abfuhr sind dominante Faktoren beim Bohren, die sich auf die Bohrungsqualität auswirken.



#### Sorte und Geometrie

- Empfohlene Sorte und Geometrie verwenden.
- Empfohlene Schnittdaten anwenden.
- Für den Erhalt eines stabilen Prozesses, sicherstellen, dass eine gute Spanbildung erzielt wird, indem die Bearbeitungsparameter angepasst werden.

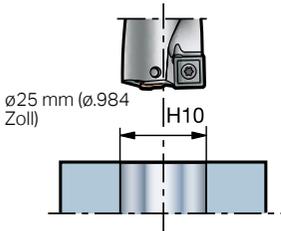
## 5. Problembehebung

### Ausgewählte Faktoren, die es zu berücksichtigen gilt



#### Wendepplattenverschleiß und Standzeit

- Verschleißmuster überprüfen und bei Bedarf die Schnittdaten entsprechend anpassen oder Sorte wechseln.



#### Spanabfuhr

- Spanbruch und Kühlschmierstoffzufuhr überprüfen; falls erforderlich, Spanbrechergeometrie und/oder Bearbeitungsparameter entsprechend anpassen.

#### Bohrungsqualität und Toleranzen

- Aufspannung des Bohrers/Werkstücks, Vorschubrate, Maschinenzustand und Spanabfuhr überprüfen.

#### Schnittdaten

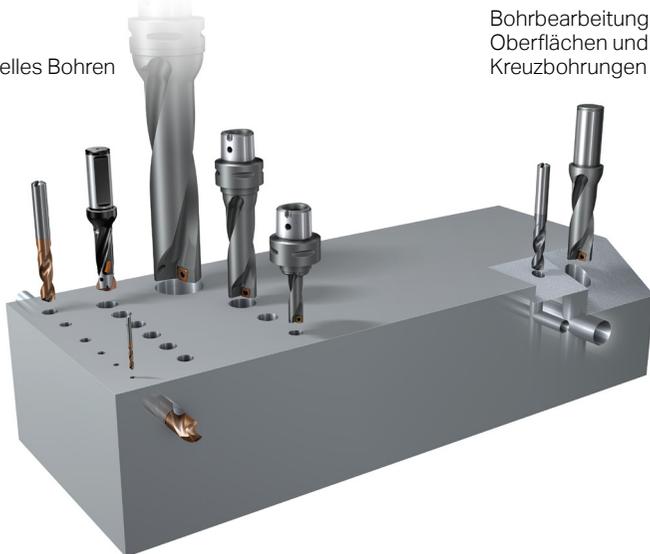
- Korrekte Schnittgeschwindigkeit und Vorschubrate sind wichtig für eine hohe Produktivität und Standzeit.

# Bohrwerkzeuge

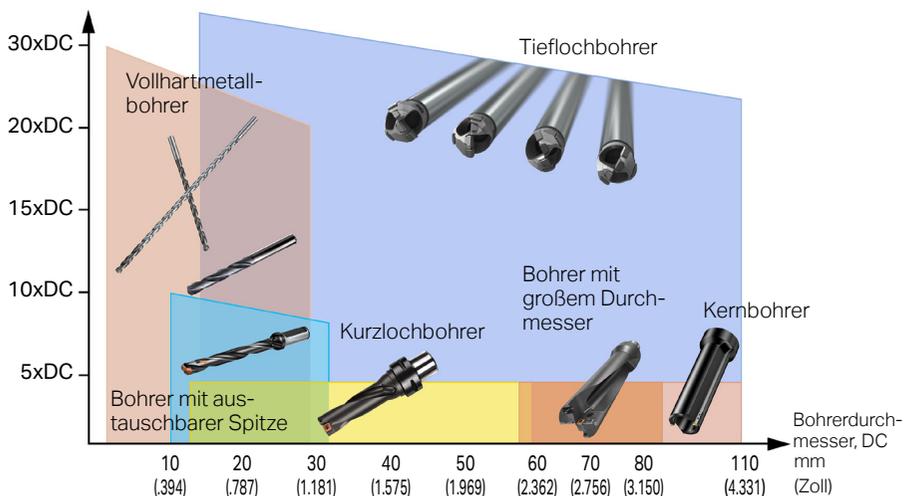
Bohrwerkzeuge, die Durchmesser von 0.30 mm bis 110 mm (.0118 Zoll bis 4.331 Zoll) und größere Durchmesser als maßgeschneiderte Produkte abdecken.

Konventionelles Bohren

Bohrbearbeitung unregelmäßiger Oberflächen und Herstellung von Kreuzbohrungen

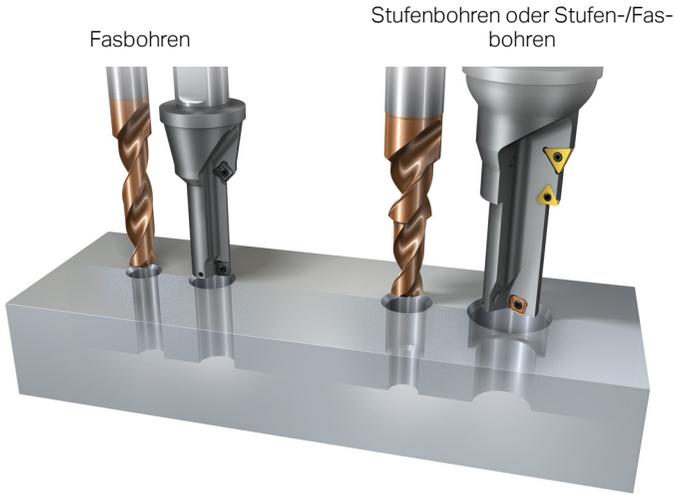


Länge-/Durchmesser-Verhältnis

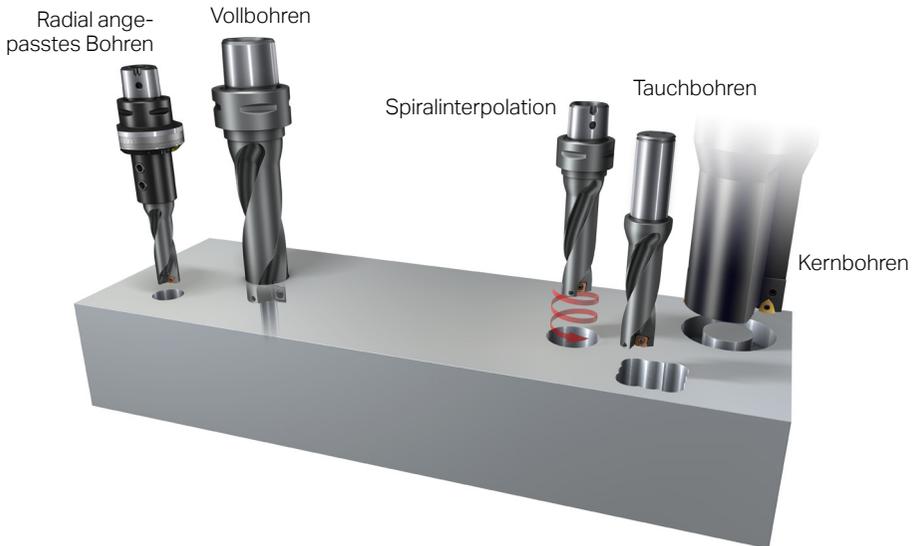


# Auswahl der Bohrwerkzeuge

## Stufen- und Fasbohren



## Weitere Methoden



# Durchmesser und Bohrungstiefe

## Positionierung von Kurzlochbohrern

### Wendeschneidplattenbohrer



Sollte aufgrund der niedrigen Kosten pro Bohrung stets erste Wahl sein. Es gibt auch sehr vielseitige Werkzeuge.

#### Anwendungsbereiche

- Bohrungen mit mittlerem bis großem Durchmesser.
- Mittlere Anforderungen an die Bohrungstoleranz.
- Grundbohrungen, die ebenen Bohrungsgrund erfordern.
- Tauchbohren oder Aufbohren.

### Vollhartmetallbohrer



Erste Wahl für kleinere Durchmesser und bei Bedarf enger Bohrungstoleranzen.

- Kleine Durchmesser.
- Bohrungen mit engen Toleranzen bzw. Präzisionsbohrungen.
- Kurze und relativ tiefe Bohrungen.

### Wechselkopfbohrer



Erste Wahl für Bohrungen mit mittlerem Durchmesser, bei denen ein austauschbarer Schneidkopf eine wirtschaftliche Lösung darstellt.

- Mittlerer Durchmesser.
- Enge Bohrungstoleranzen.
- Stahlkörper für erhöhte Zähigkeit.
- Kurze und relativ tiefe Bohrungen.

# Wendeschneidplattenbohrer

## Das Basiswerkzeug

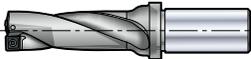


- Die wirtschaftlichste Methode zur Herstellung einer Bohrung.
- Für sämtliche Werkstoffe.
- Bohrer in Standard-, Tailor Made- und Spezialausführung erhältlich.
- Ein vielseitiges Werkzeug, dass mehr als nur bohren kann.

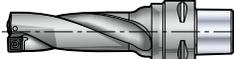
## Aufnahmeoptionen

Durch verschiedene Aufnahmeoptionen ist es dem Benutzer möglich, den Bohrer mit fast allen Maschinenkonfigurationen zu verwenden. Heute bieten Werkzeugmaschinenhersteller auch Aufnahmeoptionen an, die in der Spindel integriert sind.

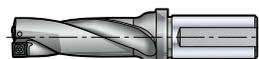
### Zylinderschaft



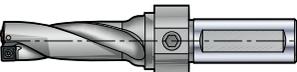
### Coromant Capto® Kupplung



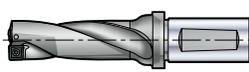
### Zylindrisch mit geraden Flächen



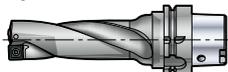
### P-Schaft



### Whistle Notch



### Weitere modulare Systeme



# Vollhartmetallbohrer

Die Basiswahl

Werkstoffoptimierte Bohrer



Anwendungsoptimierte Bohrer

Fasbohrer

Präzisionsbohrer für harten Stahl



## Kurzlochbohrer – ISO-Werkstoffgruppen

ISO-Werkstoffgruppe

P

M

K

N

S

H



Vollhartmetallbohrer

+++

+++

+++

+++

+++

+++



Bohrer mit austauschbaren Schneidköpfen

+++

+++

+++

++

++

+



Wendeplattenbohrer

+++

+++

+++

+++

+++

+++

# Große Bohrungsdurchmesser

## Bohrer mit großem Durchmesser



Wendeplattenbohrer sind in Durchmessern bis 84 mm (3.307 Zoll) erhältlich.

Drehen

B

Abstechen und Einsteichen

C

Gewindedrehen

## Kernbohrer



Das Kernbohren wird bei größeren Bohrungsdurchmessern und auf Maschinen mit begrenzter Leistung angewendet, weil es weniger Antriebsleistung als das Vollbohren benötigt. Kernbohrer sind in Durchmessern bis 110 mm (4.331 Zoll).

Hinweis: Diese Bohrer sind nur für Durchgangsbohrungen geeignet.

D

Fräsen

E

## Fräsen, Spiralinterpolation



Ein Fräser kann anstelle von Bohr- oder Aufbohrwerkzeugen spiral- oder zirkularinterpolierend eingesetzt werden. Diese Methode ist weniger produktiv, aber eine Alternative bei Problemen mit Spanbruch.

Bohren

F

Aufbohren

G

Werkzeughalter

H

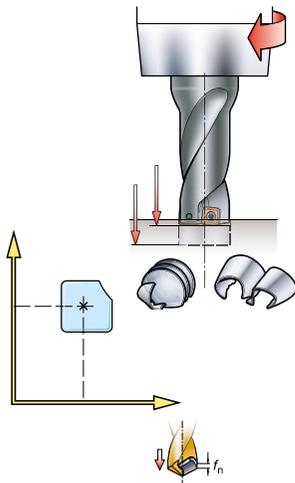
Zerspanbarkeit  
Sonstige Informationen

# Korrekte Anwendung

## Wendepplattenbohrer

### Aufspannung

- Kürzesten Bohrer wählen.
- Programmierlänge überprüfen.
- Bohrbearbeitung mit einer empfohlenen mittleren Vorschubrate und einer Schnitttiefe von 3.2 mm (.125 Zoll) beginnen.
- Spanbildung überprüfen und Bohrungsgröße messen.
- Bohrer überprüfen und sicherstellen, dass Bohrer nicht an Bohrung schabt.
- Vorschubrate je nach Spanbildung, Vibrationen, Bohrungsqualität, usw. steigern oder vermindern.



### Spanbildung - Wendepplattenbohrer

- Eine bessere Spanabfuhr wird zunächst durch die Verbesserung der Spanbildung erzielt.
- Lange Späne können Spanstau in den Spankanälen verursachen.
- Auch die Oberflächengüte kann negativ beeinflusst und Wendeschneidplatte oder Werkzeug können gefährdet werden.
- Eine Verbesserung kann durch die Auswahl der richtigen Plattengeometrie und Anpassung der Schnittdaten erzielt werden.
- Auswahl aus mehreren Plattengeometrien, je nach Werkstückstoff und Zerspanungsbedingungen.



Exzellent



Akzeptabel



Inakzeptabel

## Rotierende Bohrer



### Ausrichtung

- Zu große oder zu kleine Bohrungen oder ein Ausbröckeln der Zentrumschneide sind häufig Folge von einer inkorrekten Bohrerausrichtung.
- Ein Drehen des Bohrers um 180° im Werkzeughalter kann eventuell die beschriebenen Probleme lösen.
- Um präzise Bohrungen herzustellen, ist es in jedem Fall wichtig, dass die Mittelachse des Bohrers und die Drehachse parallel sind.
- Die Maschinenspindel und der Halter müssen sich in gutem Zustand befinden.

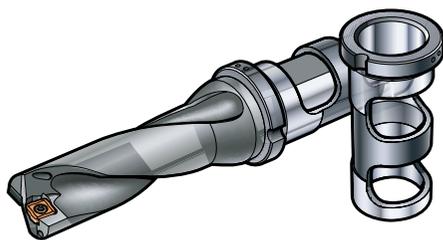
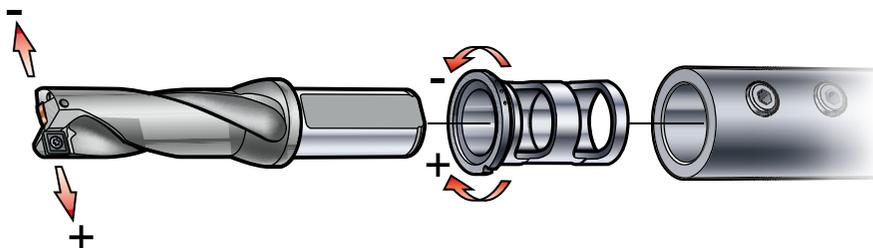
## Radiale Verstellung



### Verstellbarer Halter

- Die Verstellung des Halters erfolgt durch einfaches Drehen des Skalenrings. Er ist in 0.05 mm (.002 Zoll)-Schritte unterteilt, die die Durchmesseranpassung des Halters angeben.
- Radiale Verstellung  $-0.2 / +0.7$  mm ( $-.008 / +.028$  Zoll). Der Verstellbereich des Bohrers darf nicht überschritten werden. (Maximale Verstellung, siehe Bestellseiten im Katalog).
- Gegebenenfalls muss der Vorschub/ $U$  ( $f_n$ ) aufgrund des längeren Werkzeugüberhangs und den weniger ausgeglichenen Schnittkräften durch die Verstellung reduziert werden.
- Es werden Spannhülsen verwendet, damit verschiedene ISO-Schaftgrößen auf einen Halter passen.

## Verstellbare Hülsen für Bohrer mit ISO 9766 Schäften



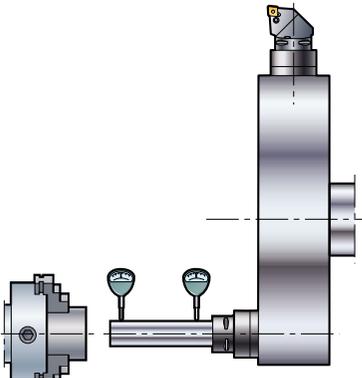
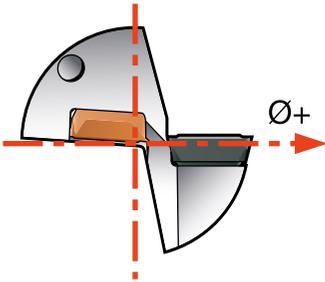
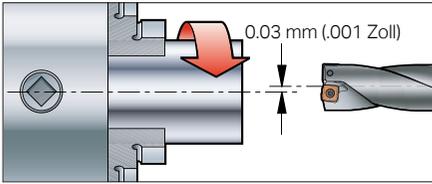
### Rotierender Bohrer – Exzentrische Hülse

Bohrungsdurchmesser kann auf engere Bohrungstoleranzen eingestellt werden. Der Einstellbereich des Durchmessers liegt bei ca.  $\pm 0,3 \text{ mm}$  ( $\pm 0,012$ ). Eine Einstellung des Bohrers in negative Richtung sollte nur dann erfolgen, wenn der Bohrer eine zu große Bohrung herstellt (nicht zur Herstellung von Bohrungen mit Untermaß).

- Ein Punkt vergrößert/verkleinert den Durchmesser um  $0,10 \text{ mm}$  ( $.004 \text{ Zoll}$ ).
- Durch Drehen der Hülse im Uhrzeigersinn wird der Durchmesser vergrößert.
- Durch Drehen der Hülse gegen den Uhrzeigersinn wird der Durchmesser verringert.
- Zur Spannung des Bohrers in der Montagevorrichtung beide Schrauben verwenden und sicherstellen, dass die Bolzen im Halter lang genug sind.

# Nicht-rotierende Bohrer

## Ausrichtung



- Die Gesamtabweichung zwischen der Mittelachse der Maschine und des Werkzeuges darf nicht mehr als 0,03 mm (.001 Zoll) betragen.
- Der Bohrer sollte so montiert sein, dass die Spanfläche der Außenschneide parallel zur Querbewegung der Maschine (normalerweise X-Achse) ausgerichtet ist.

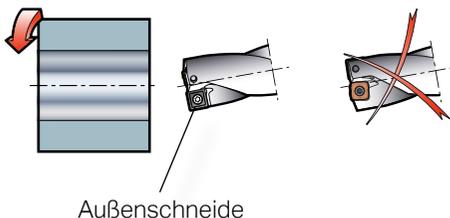
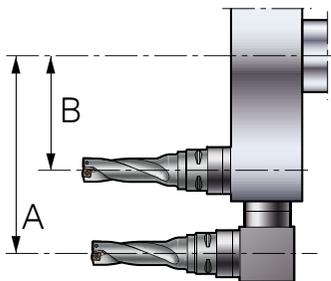
### Messuhr und Prüfdorn

- Eine Fehlausrichtung hat die Wirkung eines radialen Versatzes und führt entweder zu einer zu großen oder zu kleinen Bohrung.
- Eine Überprüfung kann mit Hilfe einer Messuhr und eines Prüfdorns durchgeführt werden.

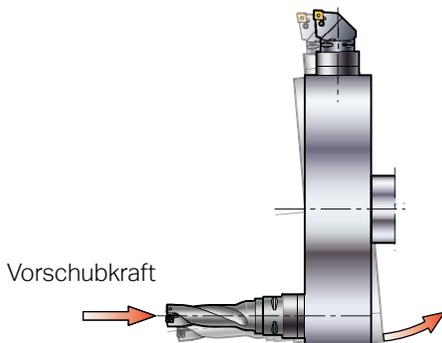
### Bohrer mit vier geraden Flächen

- Eine andere Möglichkeit ist der Einsatz eines Bohrers mit vier gleichmäßig um den Bohrerchaft befindlichen Spanflächen.
- Zur Überprüfung der Ausrichtung Bohrungen herstellen, wobei der Bohrer nacheinander die vier Positionen einnimmt. Die anschließende Messung der Bohrung zeigt den Stand der Maschinenausrichtung an.

## Ablenkung des Revolvers



Außenschneide



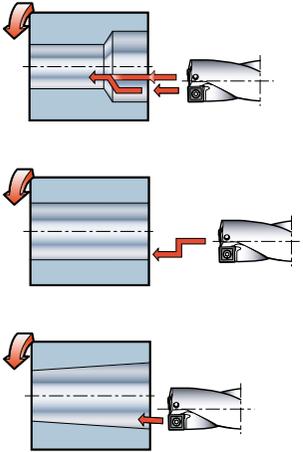
Vorschubkraft

## Problemlösung

- Durch die Vorschubkraft kann der Revolver in einer CNC-Drehmaschine abgelenkt werden.
- Zunächst überprüfen, ob eine Reduzierung des Drehmoments durch eine Positionsveränderung des Werkzeugs möglich ist.  
Besser Position B als Position A.

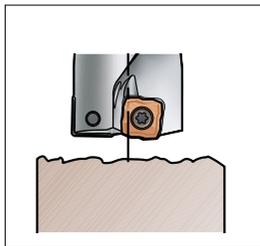
- Um einen Verschleiß des Bohrerkörpers und Rückzugsriefen in der Bohrung zu vermeiden, den Bohrer mit der Position der Außenschneide wie in der Abbildung gezeigt montieren.
- Außerdem kann zur Minimierung der Vorschubkraft der Vorschub/Umdrehung ( $f_n$ ) reduziert werden.

## Radialer Versatz



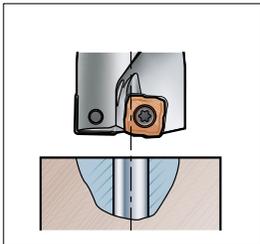
- Es können Bohrungen mit einem größeren Durchmesser als der Nominaldurchmesser des Bohrers hergestellt werden, die bei einem anschließenden Arbeitsgang auch erweitert und fertig bearbeitet werden können.
- Nicht-rotierende Wendepaltenbohrer können auch zur Herstellung konischer Bohrungen verwendet werden.
- Auch Fasen und Gewindefreistriche lassen sich mit dem Bohrer herstellen.
- Das Vorbereiten einer Gewindebohrung kann in einem Arbeitsgang mit dem Fasen erfolgen.

## Unregelmäßige Oberflächen und vorgebohrte Bohrungen

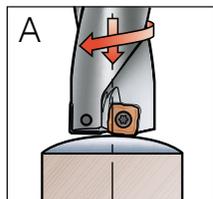


Beim Eintritt oder Austritt aus unregelmäßigen Flächen besteht die Gefahr, dass die Wendeschneidplatten ausbröckeln.

- Daher sollte die Vorschubrate reduziert werden.
- Eine vorgebohrte Bohrung sollte eher klein, als groß sein, d. h. nicht größer als 25% des Bohrerdurchmessers, um ein Verlaufen des Bohrers zu verhindern.
- Ein reduzierter Vorschub erlaubt jedoch eine breite Bearbeitung vorgebohrter Bohrungen.

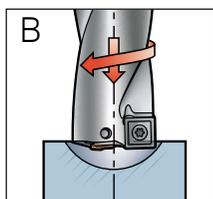


## Eintritt in schräge oder gekrümmte Flächen



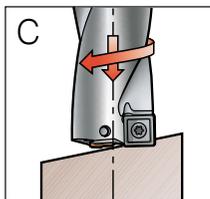
**A** Konvexe Fläche

- Im Regelfall keine Vorschubreduzierung erforderlich.



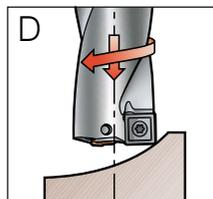
**B** Konkave Fläche

- Vorschub auf 1/3 des ursprünglichen Werts reduzieren.



**C** Geneigte Flächen

- Bei einem Einstellwinkel von 2-89° den Vorschub auf 1/3 des ursprünglichen Werts reduzieren.



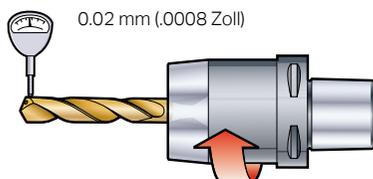
**D** Unregelmäßige Flächen

- Vorschub auf 1/3 des ursprünglichen Werts reduzieren.

## Vollhartmetallbohrer und Wechselkopfbohrer

### Ausrichtung

#### Rotierender Bohrer

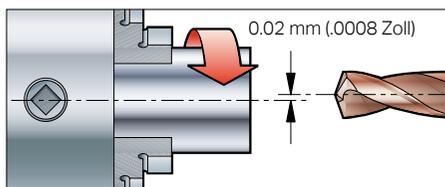


Ein minimaler Rundlauffehler ist einer der wichtigsten Kriterien für eine erfolgreiche Bearbeitung mit Vollhartmetallbohrern.

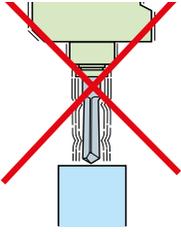
Der Rundlauffehler sollte nicht mehr als 0,02 mm (.0008 Zoll) betragen, damit Folgendes gewährleistet ist:

- enge Bohrungstoleranz
- hohe Oberflächengüte
- lange und konstante Standzeit.

#### Nicht rotierender Bohrer



## ▶ Werkzeughalter



- Eine Spannzange und ein Werkzeugschaft in schlechtem Zustand machen selbst die beste Aufspannung zunichte.
- Sicherstellen, dass der Rundlauffehler (TIR Total Indicator Readout) im Bereich von 0,02 mm (.0008 Zoll) liegt.
- Ein zu großer Rundlauffehler lässt sich möglicherweise reduzieren, indem man den Bohrer oder die Spannzange um 90° oder 180° dreht, um den niedrigsten TIR zu finden.

Für eine optimale Leistung hydro-mechanische oder hydraulische Spannfutter oder Schrumpffutter verwenden.

## Vollhartmetallbohrer und Wechselkopfbohrer



### Vollhartmetallbohrer

- Empfiehlt sich nicht aufgrund des Risikos von Schneidenausbrüchen.

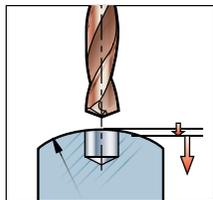


### Wechselkopfbohrer

- Vergrößerung bestehender Bohrungen durch Aufbohren wegen fehlendem Spanbruch nicht möglich.

## Eintritt in schräge oder gekrümmte Flächen

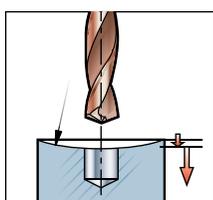
Beim Eintritt in schräge, unebene oder gekrümmte Flächen besteht die Gefahr, dass der Bohrer verläuft. Um dies zu verhindern, muss der Vorschub beim Eintritt reduziert werden.



### Konvexe Fläche

Bohren ist möglich, wenn Radius  $> 4 \times$  Bohrerdurchmesser und Bohrung senkrecht zum Radius ist.

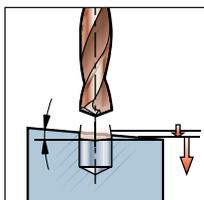
Vorschub beim Eintritt auf die Hälfte des Normalwerts verringern.



### Konkave Fläche

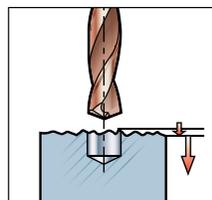
Bohren ist möglich, wenn Radius  $> 15 \times$  Bohrerdurchmesser und Bohrung senkrecht zum Radius ist.

Vorschub beim Eintritt auf  $1/4$  des Normalwerts verringern.



### Geneigte Flächen

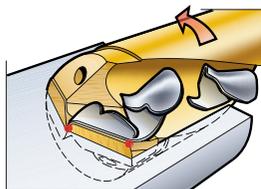
Bei Neigungen bis zu  $10^\circ$  den Vorschub auf  $1/3$  des Normalwerts reduzieren. Bei Neigungen von mehr als  $10^\circ$  wird der Vollhartmetallbohrer nicht mehr empfohlen. Alternative für große Neigungen - Fräsen einer flachen Oberfläche, dann Bohrung herstellen



### Unregelmäßige Flächen

Vorschubgeschwindigkeit auf  $1/4$  des Normalwerts verringern, um Ausbröckeln zu verhindern.

## Spanbildung – Vollhartmetallbohrer und Wechselkopfbohrer



### Anfangsspan

**Hinweis:** Der Anfangsspan vom Eintritt in das Werkstück ist immer lang und verursacht keine Probleme.

- Eine bessere Spanabfuhr wird zunächst durch die Verbesserung der Spanbildung erzielt.
- Lange Späne können Spanstau in den Spankanälen verursachen.
- Auch die Oberflächengüte kann negativ beeinflusst und Wendeschneidplatte oder Werkzeug können gefährdet werden.
- Sicherstellen, dass die richtigen Schnittdaten und Bohrer/Spitzengeometrie verwendet werden.



Exzellent



Akzeptabel



Spanstau

## Kühlschmierstoffzufuhr



### Innere Kühlschmierstoffzufuhr

- Vor allem in lang spanenden Werkstückstoffen und bei tieferen Bohrungen (4-5 x DC) empfehlenswert.

### Äußere Kühlschmierstoffzufuhr

- Empfiehlt sich bei guter Spanbildung und geringer Bohrungstiefe.

### Druckluft, minimale Kühlschmierstoffmenge oder Trockenbearbeitung

- Kann bei günstigen Bedingungen erfolgreich eingesetzt werden, im allgemeinen jedoch nicht empfehlenswert.

Drehen

B

Abstechen und Einsteichen

C

Gewindedrehen

D

Fräsen

E

Bohren

F

Aufbohren

G

Werkzeughalter

H

Zerspanbarkeit  
Sonstige Informationen

## Der Kühlschmierstoff

### Bohröl (Emulsion)

- 5 bis 12% Ölanteil (10-25% bei rostfreien Stählen).
- Hochdruckzusätze.



### Schneidöl

- stets mit Hochdruckzusätzen.
- verbessert die Standzeit in ISO-M und ISO-S Anwendungen
- sowohl Vollhartmetallbohrer als auch Wendeplattenbohrer arbeiten gut mit Schneidöl.

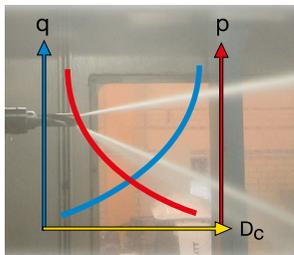
### Kühlschmierstoffnebel oder Minimal Mengen Schmierung

- gute Leistung vor allem in Werkstoffen mit günstiger Spanbildung.

### Trockenbearbeitung, ohne Kühlschmierstoff

- in kurz spanenden Werkstoffen.
- Bohrungstiefen bis 3xD.
- vorzugsweise in horizontalen Anwendungen.
- Standzeit wird negativ beeinflusst.

## Kühlschmierstoff – Wichtig für eine erfolgreiche Zerspanung



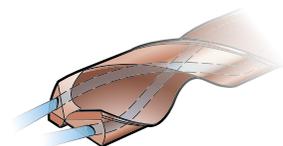
Die Kühlschmierstoffzufuhr beim Bohren ist ein wichtiger Faktor für eine erfolgreiche Bearbeitung und beeinflusst:

- Spanabfuhr
- Bohrungsqualität
- Standzeit.

- Das Volumen des Kühlschmierstoffbehälters sollte 5-10 Mal größer sein als das Kühlschmierstoffvolumen, das die Pumpe pro Minute liefert.
- Das Volumen lässt sich ganz einfach mit Hilfe einer Stoppuhr und einem Gefäß geeigneter Größe prüfen.

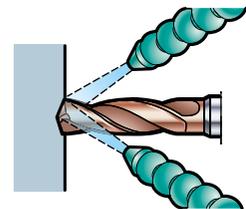
## Kühlschmierstoff

### Innere oder äußere Kühlschmierstoffzufuhr



#### Innere Kühlschmierstoffzufuhr

- Stets zu bevorzugen, um Spanstau zu verhindern.
- Stets einzusetzen bei Bohrungstiefen größer  $3 \times D$ .
- Bei einem horizontalen Bohrer sollte der Kühlschmierstoff, der aus den Zuführöffnungen des Bohrers fließt, erst nach 30 cm (12") nach unten fallen.



#### Äußere Kühlschmierstoffzufuhr

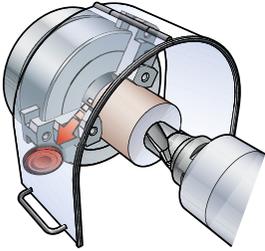
- Akzeptabel in kurz spanenden Werkstoffen.
- Um die Spanabfuhr zu optimieren, sollte mindestens eine Kühlschmierstoffdüse (zwei bei nicht-rotierenden Bohrern) auf die Werkzeugachse gerichtet sein.
- Kann in manchen Fällen dazu beitragen, Aufbauschneidenbildung zu verhindern, da höhere Schneidkantentemperatur entsteht.

#### Druckluft, minimale Kühlschmierstoffmenge oder Trockenbearbeitung

- Kann bei günstigen Bedingungen in kurz spanenden Werkstoffen mit einem Wendepaltenbohrer erfolgen.
- In diesen Anwendungen bieten Vollhartmetallbohrer keine guten Leistungen.

# Sicherheitsvorkehrungen

## Innere Kühlschmierstoffzufuhr



Vorsichtsmaßnahme gegen ausgeworfene Scheiben

- Ein Schutz vor ausgeworfenen Scheiben, die beim Austritt des Bohrers aus der Bohrung entstehen, ist besonders beim Einsatz von nicht rotierenden Bohrern wichtig, um Verletzungen oder Schäden zu vermeiden.

Drehen

B

Abstechen und  
Einstechen

C

Gewindedrehen

D

Fräsen

E

Bohren

F

Aufbohren

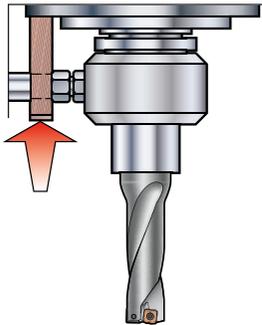
G

Werkzeughalter

H

Zerspanbarkeit  
Sonstige Informationen

## Äußere Kühlschmierstoffzufuhr



Wichtige Maßnahme: Rotationsperre (Arretierung)

- Bei rotierenden Bohrern kann eine Rotationsarretierung erforderlich sein.
- Wenn der Kühlschmierstoff durch Spanpartikel verunreinigt ist, können sich die Dichtungen zusetzen, so dass das Gehäuse zu rotieren beginnt.
- Wurde die rotierende Aufnahme längere Zeit nicht eingesetzt, muss vor der Inbetriebnahme der Maschinenspindel geprüft werden, ob sich der Halter im Gehäuse leicht drehen lässt.

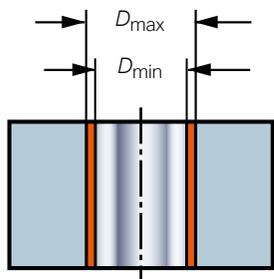
# Bohrungsqualität und -toleranz

## Faktoren für eine gute Bohrungsqualität beim Bohren



- Die Werkzeugmaschine muss sich in einwandfreiem Zustand befinden.
- Das Werkzeughaltersystem beeinflusst die Bohrungsqualität und Standzeit.
- Für maximale Stabilität kürzestmöglichen Bohrer wählen.
- Spanbruch und Spanabfuhr müssen stets zufriedenstellend sein.
- Kühlschmierstoffzufuhr und Kühlschmierstoffdruck sind wichtig.

## Bohrung und Bohrungstoleranz



Die Abmessung einer Bohrung kann in drei Parametern ausgedrückt werden:

- Der nominale Wert (der theoretisch exakte Wert)
- Die Toleranzbreite (eine Zahl), z. B. IT 7 gemäß ISO
- die Lage der Toleranz (lt. ISO durch Großbuchstaben gekennzeichnet).

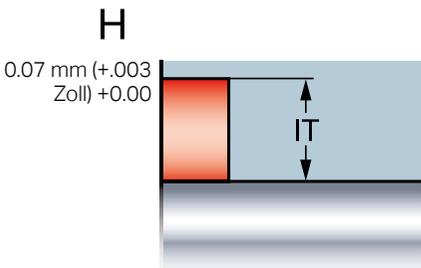
$D_{\max}$  minus  $D_{\min}$  ist die Toleranzbreite, auch bezeichnet als IT 7.

## Bohrungstoleranz gemäß ISO

Toleranz	Durchmesserbereich, mm/Zoll							Beispiele
	3–6	6–10	10–18	18–30	30–50	50–80	80–120	
	.118– .236	.236– .394	.394– .709	.709– 1.181	1.181– 1.969	1.969– 3.150	3.150– 4.724	
IT6	0.008 .0003	0.009 .0004	0.011 .0004	0.013 .0005	0.016 .0006	0.019 .0007	0.022 .0009	Lager
IT7	0.012 .0005	0.015 .0006	0.018 .0007	0.021 .0008	0.025 .0010	0.030 .0012	0.035 .0014	
IT8	0.018 .0007	0.022 .0009	0.027 .0011	0.033 .0013	0.039 .0015	0.046 .0018	0.054 .0021	1) Bohrungen zum Gewindebohren
IT9	0.030 .0012	0.036 .0014	0.043 .0017	0.052 .0020	0.062 .0002	0.074 .0029	0.087 .0034	
IT10	0.048 .0019	0.058 .0022	0.070 .0028	0.084 .0033	0.100 .0039	0.120 .0047	0.140 .0055	Bohrungen für normale Gewindebohrer
IT11	0.075 .0030	0.090 .0035	0.110 .0043	0.130 .0051	0.160 .0062	0.190 .0074	0.220 .0089	
IT12	0.120 .0047	0.150 .0059	0.180 .0071	0.210 .0083	0.250 .0098	0.300 .0118	0.350 .0138	
IT13	0.180 .0071	0.220 .0087	0.270 .0106	0.330 .0130	0.390 .0154	0.460 .0181	0.540 .0213	

1) Bohrungen für Gewinde, die mit spiralnutlosen Gewindebohrern hergestellt werden (gewalztes Gewinde)

- Je kleiner die IT-Zahl, desto enger die Toleranz.
- Die Toleranz für eine IT-Klasse nimmt mit wachsenden Durchmessern zu.



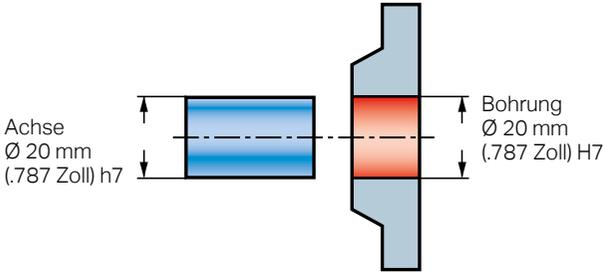
Beispiel: Ø 15.00 mm (.591 Zoll)  
H10

Nominaler Wert: 15.00 mm (.591 Zoll)

Toleranzbreite: 0.07 mm (.003 Zoll)  
(IT 10 gemäß ISO)

Position: 0 bis plus  
(H gemäß ISO)

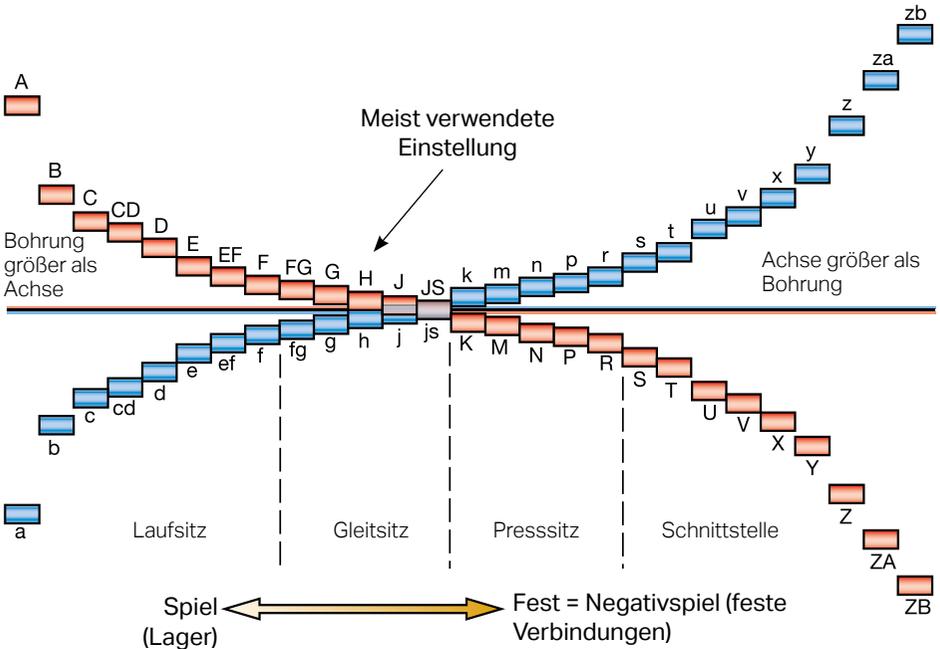
## Bohrungstoleranzen gemäß ISO



Die Bohrungstoleranz wird häufig in Relation zur Toleranz der Achse gesehen, die in die Bohrung passen soll.

## Bohrungs- und Achsentoleranz gemäß ISO

Die Achstoleranzposition wird mit Kleinbuchstaben, die den Bohrungstoleranzen entsprechen, bezeichnet. Die Abbildung unten bietet einen vollständigen Überblick.



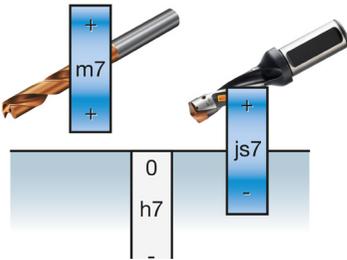
# Bohrungs- und Werkzeugtoleranz

## Erzielte Bohrungstoleranzen mit verschiedenen Werkzeugen

Bohrerdurchmesser DC Toleranz



DC Toleranz für einen Vollhartmetallbohrer und einen Wechselkopfbohrer



### Bohrertoleranz

- Bohrer werden auf eine bestimmte Durchmesser-toleranz geschliffen. Die Toleranz wird gemäß ISO mit einem Kleinbuchstaben bezeichnet.

### Bohrungstoleranz

- Bei modernen Vollhartmetall- oder Wechselkopfbohrern ist die Bohrungstoleranz nahe der Bohrertoleranz.

	Vollhartmetallbohrer	Wechselkopfbohrer	Wendepplattenbohrer
Toleranz			
IT6			
IT7			
IT8			
IT9			
IT10			
IT11			
IT12			
IT13			

Mit Voreinstellung

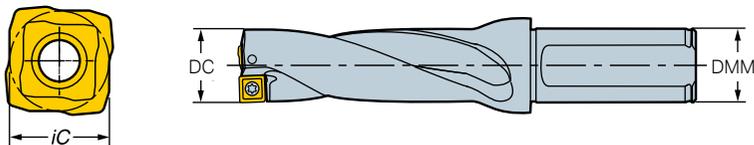
# Wendeplattenbohrer

## Bohrertoleranz

- Die Durchmessertoleranz eines Wendeplattenbohrers wird bestimmt von der Plattensitztoleranz im Bohrerkörper und der Wendeplattentoleranz.

## Bohrungstoleranz

- Wendeplattenbohrer bieten eine optimal ausgewogene Schnittkraft und positive Bohrungstoleranzen (Übergröße), wobei die meisten Bohrungen H-Toleranz Bohrungen sind.



### Bohrungstiefe 2-3 x DC

Bohrerdurchmesser, mm (Zoll)	12 – 43.99 (.472 – 1.732)	44 – 52.99 (1.732 – 2.086)	53 – 63.5 (2.087 – 2.5)
Bohrungstoleranz, mm (Zoll)	0/+0.25 (0/+0.0098)	0/+0.28 (0/+0.011)	0/+0.3 (0/+0.0118)
Toleranz DC, mm (Zoll)	0/+0.2 (0/+0.0079)	0/+0.25 (0/+0.0098)	0/+0.28 (0/+0.011)

### Bohrungstiefe 4-5 x DC

Bohrerdurchmesser, mm (Zoll)	12 – 43.99 (.472 – 1.732)	44 – 52.99 (1.732 – 2.086)	53 – 63.5 (2.087 – 2.5)
Bohrungstoleranz, mm (Zoll)	0/+0.4 (0/+0.0157)	0/+0.43 (0/+0.0169)	0/+0.45 (0/+0.0177)
Toleranz DC, mm (Zoll)	+0.04/+0.24 (+0.0016/+0.0094)	+0.04/+0.29 (+0.0016/+0.0114)	+0.04/+0.32 (+0.0016/+0.0126)

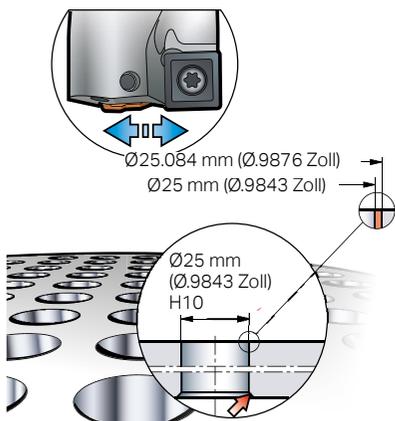
### Wie die Bohrungstoleranz verbessert werden kann

Eine Methode, die Fertigungstoleranzen von Bohrerkörper und Wendeschneidplatte zu eliminieren, ist die Voreinstellung des Bohrers.

Dies kann in einer Drehmaschine oder mit verstellbaren Haltern/Spannaufnahmen erfolgen, siehe Seite E28.

Damit ist ein Toleranzbereich (IT) von 0,10 mm (.004 Zoll) möglich.

Die Bohrungsgröße kann durch den Wechsel der Plattengeometrie von einer der Wendeschneidplatten beeinflusst werden.



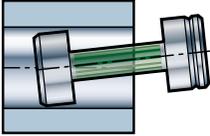
# Problembesehung

## Wendeplattenbohrer

Problem

Lösung

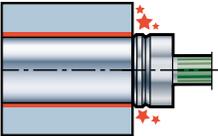
Zu große Bohrungen



- Rotierender Bohrer**
1. Kühlschmierstofffluss erhöhen, Filter reinigen, Kühlschmierstoffbohrungen in Bohrer reinigen.
  2. Zähre Geometrie für die Außenschniede wählen (Zentrumschniede beibehalten).

- Nicht-rotierender Bohrer**
1. Ausrichtung mit Drehmaschine überprüfen.
  2. Bohrer um 180° drehen.
  3. Zähre Geometrie für die Außenschniede wählen (Zentrumschniede beibehalten).

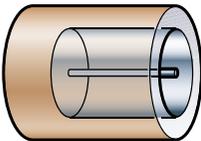
Zu kleine Bohrungen



- Rotierender Bohrer**
1. Kühlschmierstofffluss erhöhen, Filter reinigen, Kühlschmierstoffbohrungen in Bohrer reinigen.
  2. Zähre Geometrie für die Zentrumschniede und leicht schneidende Geometrie für die Außenschniede wählen.

- Nicht-rotierender Bohrer**
1. Stationär: Ausrichtung der Drehmaschine überprüfen.
  2. Stationär: Bohrer um 180° drehen.
  3. Zähre Geometrie für die Zentrumschniede wählen (Außenschniede beibehalten).

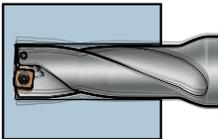
Stift in Bohrung



- Rotierender Bohrer**
1. Kühlschmierstofffluss erhöhen, Filter reinigen, Kühlschmierstoffbohrungen in Bohrer reinigen.
  2. Andere Geometrie für die Außenschniede wählen und Vorschubrate den empfohlenen Schnittdaten anpassen.
  3. Bohrerüberhang verringern.
  4. Vorschub für die ersten 3 mm Bohrungstiefe reduzieren.

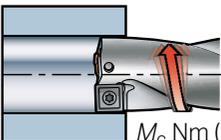
- Nicht-rotierender Bohrer**
1. Ausrichtung mit Drehmaschine überprüfen.
  2. Kühlschmierstofffluss erhöhen, Filter reinigen, Kühlschmierstoffbohrungen in Bohrer reinigen.
  3. Bohrerüberhang verringern.
  4. Andere Geometrie für die Außenschniede wählen und Vorschubrate den empfohlenen Schnittdaten anpassen.

Vibrationen



1. Bohrerüberhang verringern, Werkstückstabilität verbessern.
2. Schnittgeschwindigkeit verringern.
3. Andere Geometrie für die Außenschniede wählen und Vorschubrate den empfohlenen Schnittdaten anpassen.

Unzureichendes Drehmoment der Maschine



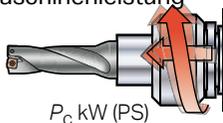
$M_c$  Nm (Pfund-Fuß)

1. Vorschub reduzieren.
2. Leicht schneidende Geometrie zur Reduzierung der Schnittkraft wählen.

Problem

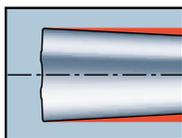
Lösung

### Unzureichende Maschinenleistung



1. Schnittgeschwindigkeit reduzieren.
2. Vorschub reduzieren.
3. Leicht schneidende Geometrie zur Reduzierung der Schnittkraft wählen.

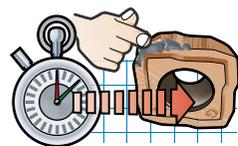
### Bohrung nicht symmetrisch



Bohrung verbreitert sich am Grund (aufgrund von Spänen, die sich an Zentrumschneide verfangen)

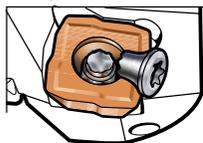
1. Kühlschmierstofffluss erhöhen, Filter reinigen, Kühlschmierstoffbohrungen in Bohrer reinigen.
2. Andere Geometrie für die Außenschneide wählen und Vorschubrate den empfohlenen Schnittdaten anpassen.
3. Bohrerüberhang verringern.

### Kurze Standzeit



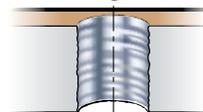
1. Je nach Verschleißart, Schnittgeschwindigkeit erhöhen oder reduzieren.
2. Leicht schneidende Geometrie zur Reduzierung der Schnittkraft wählen.
3. Vorschub erhöhen

### Gebrochene Wendeplattenschrauben



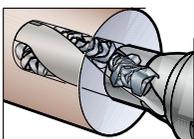
1. Drehmomentschlüssel zum Anziehen der Schraube verwenden. Molykote verwenden.
2. Plattenschraube regelmäßig überprüfen und wechseln.

### Schlechte Oberflächengüte



1. Gute Spankontrolle wichtig.
2. Vorschub verringern (wenn  $v_f$  beibehalten werden muss, auch Schnittgeschwindigkeit erhöhen).
3. Kühlschmierstofffluss erhöhen, Filter reinigen, Kühlschmierstoffbohrungen in Bohrer reinigen.
4. Bohrerüberhang verringern, Werkstückstabilität verbessern.

### Spanstau in den Spankanälen



Durch lange Späne verursacht

1. Geometrie- und Schnittdatenempfehlungen überprüfen.
2. Kühlschmierstofffluss erhöhen, Filter reinigen, Kühlschmierstoffbohrungen in Bohrer reinigen.
3. Vorschub verringern und dabei Schnittdatenempfehlungen beachten.
4. Schnittgeschwindigkeit erhöhen und dabei Schnittdatenempfehlungen beachten.

# Werkzeugverschleiß – Wendepplattenbohrer

Problem	Ursache	Lösung
---------	---------	--------

## Freiflächenverschleiß



- |  |   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Schnittgeschwindigkeit zu hoch.</li> <li>b) Sorte nicht ausreichend verschleißfest.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Schnittgeschwindigkeit reduzieren.</li> <li>b) Verschleißfestere Sorte wählen.</li> </ul> |
|--|---|

Drehen

B

Abstechen und Einsteichen

## Kolkverschleiß



- |   |  |
|---|--|
| <p><b>Außenschniede</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diffusionsverschleiß infolge zu hoher Temperatur an der Spanfläche.</li> </ul> <p><b>Zentrumschniede:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Abrasionsverschleiß durch Aufbauschneidenbildung und Aufschweißen.</li> </ul> | <p><b>Außenschniede</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verschleißfestere Sorte wählen.</li> <li>• Schnittgeschwindigkeit reduzieren.</li> </ul> <p><b>Zentrumsschniede:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorschub reduzieren.</li> </ul> <p><b>Allgemein:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Positivere Geometrie wählen z. B. -LM.</li> </ul> |
|---|--|

C

Gewindedrehen

D

Fräsen

## Plastische Deformation (Außenschniede)



- |  |   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Arbeitstemperatur (Schnittgeschwindigkeit) zu hoch, gepaart mit hohem Druck (Vorschub, Härte des Werkstücks).</li> <li>b) Als Endergebnis von übermäßigem Freiflächen- bzw. Kolkverschleiß.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>a–b) Eine verschleißfestere Sorte mit höherem Widerstand gegen plastische Deformation wählen.</li> <li>a–b) Schnittgeschwindigkeit verringern.</li> <li>a) Vorschub verringern.</li> </ul> |
|--|---|

E

Bohren

F

## Schneidenausbrüche



- |   |   |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Sorte nicht zäh genug.</li> <li>b) Plattengeometrie zu schwach.</li> <li>c) Aufbauschneidenbildung.</li> <li>d) Unregelmäßige Oberfläche.</li> <li>e) Schlechte Stabilität.</li> <li>f) Sandeinschlüsse (Gusseisen).</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Zähere Sorte wählen.</li> <li>b) Stabilere Geometrie wählen.</li> <li>c) Schnittgeschwindigkeit erhöhen oder eine positivere Geometrie wählen.</li> <li>d) Vorschub beim Eintritt verringern.</li> <li>e) Stabilität verbessern.</li> <li>f) Stärkere Geometrie wählen. Vorschub reduzieren.</li> </ul> |
|---|---|

Aufbohren

G

Werkzeughalter

H

Zerspanbarkeit  
Sonstige Informationen

Problem

Ursache

Lösung

**Aufbauschneidenbildung**

- a) Niedrige Schnittgeschwindigkeit (Temperatur an Schneidkante zu gering).
- b) Geometrie zu negativ.
- c) Sehr klebender Werkstoff, wie bestimmte rostfreie Stähle und reines Aluminium.
- d) Prozentualer Anteil des Öls in Kühlschmierstoff zu gering.

- a) Schnittgeschwindigkeit erhöhen oder beschichtete Sorte wählen.
- b) Positivere Geometrie wählen z. B. -LM.
- c-d) Ölanteil und Menge/Druck in Kühlschmierstoff erhöhen.

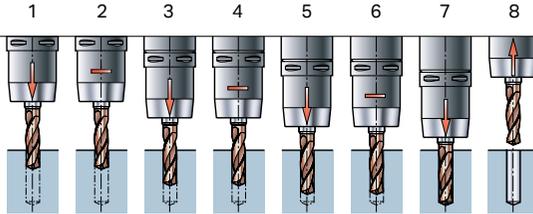
**Spanabfuhr - Allgemeine Empfehlungen****Zu prüfende Punkte und Abhilfen**

1. Sicherstellen, dass die korrekten Schnittdaten und Bohrergeometrie gewählt wurden.
2. Spanform überprüfen (Vergleich mit Abbildung, Seite E 26).
3. Überprüfen, ob der Kühlschmierstofffluss und -druck erhöht werden kann.
4. Schneidkanten überprüfen. Ein Ausbrechen der Schneidkante kann zu langen Spänen führen, obwohl der Span geteilt wird. Zudem kann Aufbauschneidenbildung schlechten Spanbruch verursachen.
5. Überprüfen, ob sich die Zerspanbarkeit aufgrund einer neuen Charge Werkstoff verändert hat. Schnittdaten müssen gegebenenfalls angepasst werden.
6. Vorschub und Schnittgeschwindigkeit anpassen. Siehe Diagramm auf Seite E18.

# Bohren mit Vorschubunterbrechung – Vollhartmetallbohrer / Wechselkopfbohrer

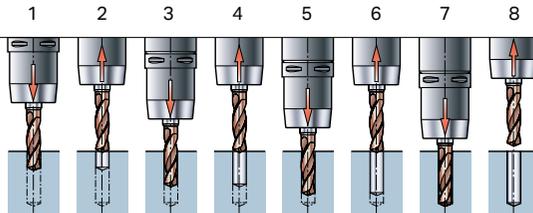
Bohren mit Vorschubunterbrechung kann angewendet werden, wenn keine andere Lösung gefunden wird.

Es gibt zwei unterschiedliche Methoden, einen Bohrdurchgang mit Vorschubunterbrechung durchzuführen:



## - Methode 1 für beste Produktivität

Den Bohrer nicht mehr als circa. 0,3 mm (.012 Zoll) aus dem Bohrungsgrund herausziehen. Alternativ stoppen, während der Bohrer noch rotiert, bevor der Bohrvorgang wieder fortgesetzt wird.



## - Methode 2 für beste Spanabfuhr

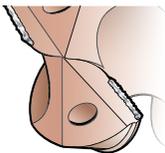
Nach jedem Bohrdurchgang den Bohrer aus der Bohrung herausziehen, um sicherzustellen, dass keine Späne am Bohrer haften.

# Werkzeugverschleiß – Vollhartmetallbohrer / Wechselkopfbohrer

## Ursache

## Lösung

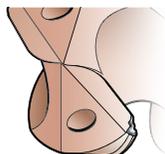
## Aufbauschneidenbildung



1. Schnittgeschwindigkeit zu gering und Schneidkantentemperatur zu niedrig
2. Negative Rundschliffase zu groß
3. Keine Beschichtung
4. Zu geringer Anteil Öl im Kühlschmierstoff

1. Schnittgeschwindigkeit erhöhen oder äußere Kühlschmierstoffzufuhr wählen
2. Schärfere Schneidkante
3. Beschichtete Schneidkante
4. Öl im Kühlschmierstoff erhöhen

## Ausbröckeln der Schneidkante



1. Instabile Aufspannung
2. Rundlauffehler zu groß
3. Schnittunterbrechung
4. Unzureichende Kühlschmierstoffzufuhr (Kammerisse)
5. Instabile Aufspannung.

1. Aufspannung überprüfen
2. Rundlauf prüfen
3. Vorschub verringern
4. Kühlschmierstoffzufuhr überprüfen
5. Werkzeughalter überprüfen

## Freiflächenverschleiß an der Schneidkante



1. Schnittgeschwindigkeit zu hoch
2. Vorschub zu gering
3. Sorte zu weich
4. Zu wenig Kühlschmierstoff

1. Schnittgeschwindigkeit reduzieren
2. Vorschub erhöhen
3. Zu einer härteren Sorte wechseln
4. Für ausreichende Kühlschmierstoffzufuhr sorgen

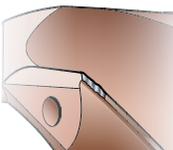
## Ausbröckeln der Schneidkante



1. Instabile Bedingungen
2. Maximal erlaubter Verschleiß überschritten
3. Sorte zu hart

1. Gesamtaufbau prüfen
2. Bohrer früher ersetzen
3. Zu einer zäheren Sorte wechseln

## Verschleiß an Rundschliffasen



1. Rundlauffehler zu groß
2. Zu schwacher Kühlschmierstoffdruck
3. Schnittgeschwindigkeit zu hoch
4. Abrasiver Werkstoff

1. Rundlauf prüfen
2. Schneidöl oder stärkere Emulsion verwenden
3. Schnittgeschwindigkeit verringern
4. Zu einer härteren Sorte wechseln

Ursache

Lösung

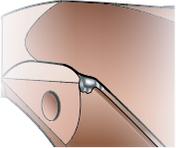
**Verschleiß an der Querschneide**



1. Schnittgeschwindigkeit zu niedrig
2. Vorschub zu hoch
3. Querschneide zu klein

1. Schnittgeschwindigkeit erhöhen
2. Vorschub reduzieren
3. Abmessungen überprüfen

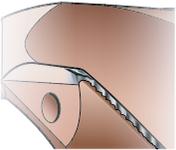
**Verschleiß aufgrund plastischer Deformation**



1. Schnittgeschwindigkeit und/oder Vorschub zu hoch
2. Unzureichende Kühlschmierstoffzufuhr
3. Ungeeignete/r Bohrer/Sorte

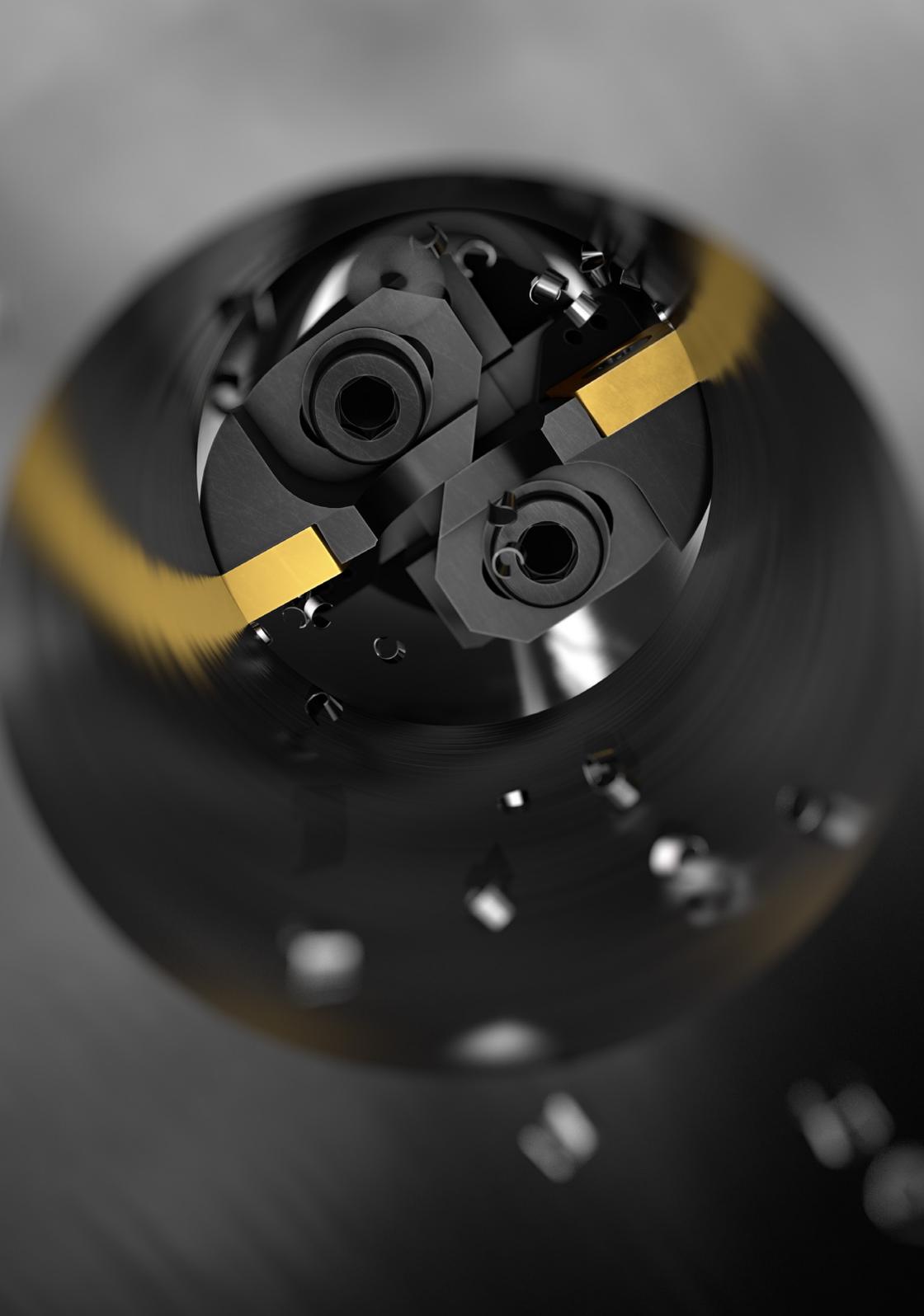
1. Schnittgeschwindigkeit bzw. Vorschub reduzieren
2. Kühlschmierstoffdruck erhöhen
3. Härtere Sorte verwenden

**Kammrisse (Kerben)**



1. Inkonstante Kühlschmierstoffzufuhr

1. Kühlschmierstoffzufuhr überprüfen
2. Kühlschmierstofftank auffüllen



# Aufbohren

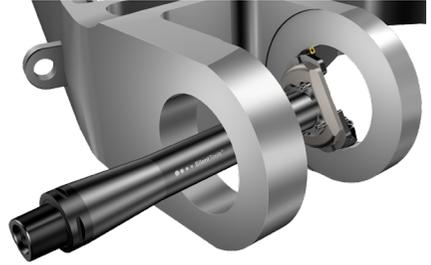
Das Aufbohren mit rotierenden Werkzeugen wird an Bohrungen ausgeführt, die durch Methoden wie z. B. Vorbearbeitung, Gießen, Schmieden, Strangpressen, Brennschneiden usw. hergestellt wurden.

- Theorie F 4
- Auswahlverfahren F 8
- Systemüberblick F 13
- Wahl des Werkzeugs F 16
- Korrekte Anwendung F 22
- Problembehebung F 27

# Theorie des Aufbohrens

## Der Aufbohrvorgang

- Typischerweise werden für das Aufbohren Bearbeitungszentren und Horizontal-Bohrmaschinen verwendet.
- Das rotierende Werkzeug wird axial durch die Bohrung geführt.



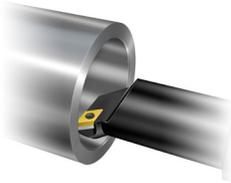
- Die meisten Bohrungen sind Durchgangsbohrungen, oft in prisma-tischen oder runden Bauteilen wie z. B. Gehäusen.

## Drei unterschiedliche Hauptmethoden des Aufbohrens

### Aufbohren mit einem stationären Werkzeug

### Aufbohren mit einem rotierenden Werkzeug

### Fräsen, Spiralinterpolation



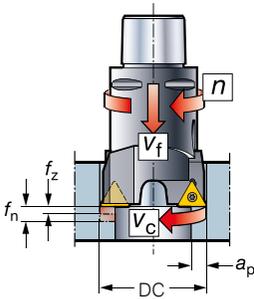
- Nur für symmetrische Werkstücke in einer Drehmaschine.
- Profildrehen kann mit Standard-Bohrstangen durchgeführt werden.
- Sehr flexible Werkzeuglösungen mit austauschbaren Schneidköpfen.

- Für unsymmetrische Werkstücke, die in Bearbeitungszentren hergestellt werden.
- Flexible Werkzeuglösung mit verstellbaren Durchmessern.
- Sehr produktiv beim Schruppen.
- Enge Bohrungstoleranzen und qualitativ hochwertige Oberflächen.

- Sehr flexible Lösung, bei der ein Fräser für unterschiedliche Durchmesser verwendet werden kann.
- Spart Platz im Werkzeugmagazin.
- Gute Lösung, wenn Spanbruch ein Problem darstellt.
- Hohe Qualitätsansprüche an die Maschine (zum Schlichten).

# Begriffsdefinitionen

## Definitionen der Schnittdatenbegriffe



### Schnittgeschwindigkeit

Das Aufbohrwerkzeug rotiert mit einer bestimmten Drehzahl ( $n$ ) pro Minute und erzeugt einen bestimmten Durchmesser (DC). Das ergibt eine spezifische Schnittgeschwindigkeit ( $v_c$ ), die in m/min (Fuß/Zoll) an der Schneidkante gemessen wird.

### Vorschub

Die axiale Werkzeugbewegung wird Vorschubrate ( $f_n$ ) genannt und in mm/U (Zoll/U) gemessen. Die Vorschubrate wird durch Multiplizieren des Vorschubs pro Zahn, mm/Z (Zoll/U) mit der effektiven Anzahl Zähne ( $z_c$ ) ermittelt. Der Vorschub ist ein zentraler Wert bei der Bestimmung der Qualität der zu bearbeitenden Oberfläche und zur Sicherstellung, dass die Spanbildung im Bereich der Wendeschneidplattengeometrie liegt.

### Vorschubgeschwindigkeit

Die Vorschubgeschwindigkeit ( $v_f$ ) gibt die Geschwindigkeit der Axialbewegung an und steht in engem Verhältnis zur Produktivität.

$n$  = Spindeldrehzahl, U/min

$a_p$  = radiale Schnitttiefe, mm (Zoll)

$v_c$  = Schnittgeschwindigkeit, m/min (Fuß/Zoll)

$f_n$  = Vorschub pro Umdrehung, mm/U (Zoll/U)

DC = Aufbohrdurchmesser, mm (Zoll)

$v_f$  = Vorschubgeschwindigkeit, mm/min (Zoll/min)

$f_z$  = Vorschub pro Zahn, mm/Z

$z_c$  = effektive Anzahl Zähne für die endgültige Oberfläche

Metrisch

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

Zoll

$$v_c = \frac{\pi \times DC \times n}{12} \quad (\text{Fuß/Zoll})$$

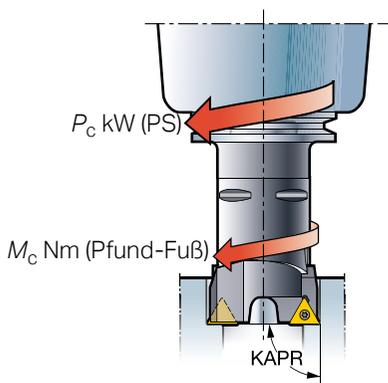
$$v_f = f_n \times n \quad \text{mm/min (Zoll/min)}$$

$$f_n = z_c \times f_z \quad \text{mm/U (Zoll/U)}$$

### Schnitttiefe

Die Schnitttiefe ( $a_p$ ) ist die Differenz zwischen dem unbearbeiteten und bearbeiteten Bohrungsradius.

# Berechnung der Nutzleistung und des Drehmoments



## Drehmoment

Das Drehmoment ( $M_c$ ) ist der Wert, den das Aufbohrwerkzeug während des Schnitvorgangs erzeugt und den die Maschine leisten muss.

## Nutzleistung

Die Nutzleistung ( $P_c$ ) ist die Leistung, die die Maschine auf die Schneidkanten aufbringen muss, um den Schnitvorgang anzutreiben. Bei der Auswahl der Schnittdaten muss der mechanische und elektrische Wirkungsgrad der Maschine berücksichtigt werden.

## Spezifische Schnittkraft

Schnittkraft für eine gegebene Spandicke in tangentialer Richtung.

Der  $k_c$  Wert bezeichnet die Zerspanbarkeit eines bestimmten Werkstoffs und wird in  $N/mm^2$  (Pfund/Zoll<sup>2</sup>) angegeben.

$n$  = Spindeldrehzahl, U/min

$v_c$  = Schnittgeschwindigkeit, m/min (Fuß/Zoll)

$f_n$  = Vorschub pro Umdrehung, mm/U (Zoll/U)

DC = Aufbohrdurchmesser, mm (Zoll)

$k_c$  = spezifische Schnittkraft, N/mm<sup>2</sup> (Pfund/Zoll<sup>2</sup>)

$P_c$  = Nutzleistung, kW (PS)

$M_c$  = Drehmoment, Nm (Pfund-Fuß)

KAPR = Einstellwinkel

## Metrisch

$$M_c = \frac{P_c \times 30 \times 10^3}{\pi \times n} \quad (\text{Nm})$$

## Zoll

$$M_c = \frac{P_c \times 16501}{\pi \times n} \quad (\text{Pfund-Fuß})$$

## Nutzleistung, kW

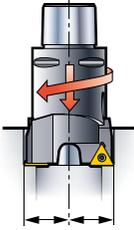
$$P_c = \frac{v_c \times a_p \times f_n \times k_c}{60 \times 10^3} \left( 1 - \frac{a_p}{DC} \right)$$

## Nutzleistung, PS

$$P_c = \frac{v_c \times a_p \times f_n \times k_c}{132 \times 10^3} \left( 1 - \frac{a_p}{DC} \right)$$

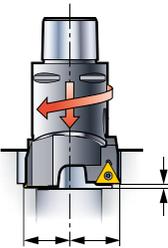
# Methoden zur Herstellung von Bohrungen

## Produktives Aufbohren



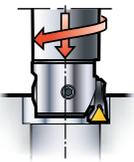
Produktives Aufbohren umfasst die Bearbeitung mit 2-3 Schneidkanten, die bei Schruppoperationen mit Bohrungstoleranzen von IT9 oder größer zum Einsatz kommt, wenn das Zeitspanvolumen oberste Priorität hat. Bei der Mehrschneiden-Bearbeitung sind alle Schneidträger auf den gleichen Durchmesser und die gleiche Höhe eingestellt. Die Vorschubgeschwindigkeit wird ermittelt, indem der Vorschub für jede Wendeschneidplatte mit der Anzahl der Schneidplatten multipliziert wird ( $f_n = f_z \times z$ ). Das ist die Grundeinstellung für die meisten Aufbohranwendungen.

## Stufen-Aufbohren



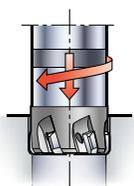
Beim Stufen-Aufbohren sind die 2 oder 3 Schneidträger auf verschiedene axiale Durchmesser und Höhen eingestellt. Stufen-Aufbohren wird bei Bedarf einer großen radialen Schnitttiefe oder beim Aufbohren von weichen Werkstoffen (lang spanende Werkstoffe) angewandt. Mit dieser Methode wird die Breite des Spans in zwei schmale, leicht abzuführende Späne geteilt. Die Vorschubgeschwindigkeit und die erreichte Oberflächengüte haben die gleichen Werte wie bei der Verwendung von nur einer Wendeschneidplatte ( $f_n = f_z$ ).

## Einschneiden-Bearbeitung



Einschneiden-Aufbohren wird bei Werkstoffen mit anspruchsvoller Spankontrolle (lang spanender Werkstoff) eingesetzt und/oder, wenn die Maschinenleistung ein limitierender Faktor ist. Es wird nur ein Schneidträger verwendet. Die Schneidträger werden bei Nichtgebrauch durch Füllstücke ersetzt. Beim Schlichten wird ein verstellbares, einschneidiges Aufbohrwerkzeug für engere Bohrungstoleranzen verwendet, ( $f_n = f_z$ ).

## Reiben



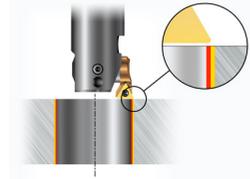
Eine leichte Schlichtbearbeitung, die mit einem Vielschneidenwerkzeug bei hohen Vorschüben durchgeführt wird.

# Verfahren zur Auswahl des Werkzeugs

## Produktionsplanung

1

Werkstück

Bohrungsgröße  
und -qualitätWerkstoff,  
Werkstückform  
und -menge

2

Maschine

Maschinen-  
parameter

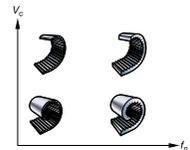
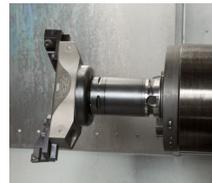
3

Wahl des  
Werkzeugs

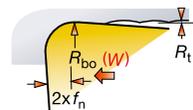
Werkzeugtyp



4

Korrekte  
AnwendungSchnittdaten,  
Kühlschmier-  
stoff, usw.

5

Problem-  
behebungAbhilfe und  
Lösungen

# 1. Werkstück und Werkstoff

## Zu berücksichtigende Parameter



### Werkstück

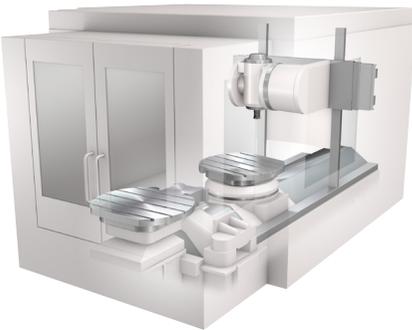
- Bearbeitungsart bestimmen und dabei die Eigenschaften bezüglich der zu bearbeitenden Bohrung, des Werkstoffs und der Maschine sowie die Bearbeitungsbeschränkungen berücksichtigen.
- Aufspannung, Spannkräfte und Schnittkräfte. Ist das Werkstück vibrationsanfällig?
- Das Werkzeug wählen, welches den Aufbohrdurchmesserbereich, die Bohrungstiefe, die Oberflächengüte und Toleranzen abdeckt.

### Werkstoff

- Zerspanbarkeit
- Spanbruch
- Härte
- Legierungselemente.

# 2. Maschinenparameter

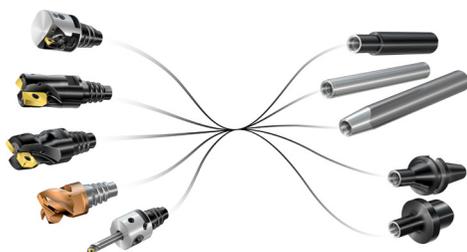
## Zustand der Maschine



- Spindelschnittstelle
- Maschinenstabilität
- Spindeldrehzahl
- Kühlschmierstoffzufuhr
- Kühlschmierstoffdruck
- Aufspannung des Werkstücks
- Horizontale oder vertikale Spindel
- Leistung und Drehmoment
- Werkzeugmagazin

### 3. Wahl der Werkzeuge

Biegesteifigkeit und Drehmomentübertragung sind die wichtigsten Faktoren bei der Auswahl eines Werkzeughalters für das Aufbohren. Werkzeugauswahl nach speziellen Anforderungen:



- Werkzeuge für unterschiedliche Werkstoffe, Anwendungen und Bedingungen.
- Präziser Verstellmechanismus und Hochpräzisions-Kühlschmierstoffzufuhr zum Schlichten.
- Optimierung der Produktivität mit Mehrschneidenwerkzeugen.

- Werkzeuge für große und kleine Durchmesser.
- Für vibrationsfreie Bearbeitungen bei langen Überhängen – Einsatz von schwingungsgedämpften Werkzeugen.
- Reduziertes Werkzeuggewicht für einfache Handhabung und geringere Dynamik.

### Maßgeschneiderte Lösungen



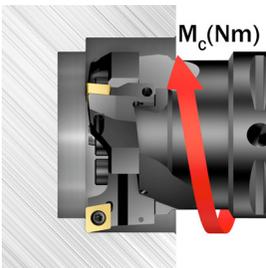
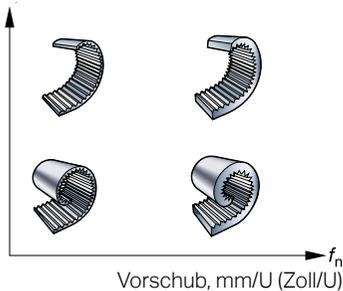
- Häufig eine Kombination, die mehrere Anwendungen mit demselben Werkzeug erlaubt.
- Die Bearbeitungsschritte lassen sich in einer Vorschubbewegung durchführen.

## 4. Korrekte Anwendung

### Wichtige Überlegungen zur Anwendung



Schnittgeschwindigkeit,  
 $v_c$  m/min (Fuß/min)



#### Werkzeughalter

- Stets die stabilste Kupplung und den kürzestmöglichen Überhang wählen.
- Für beste Stabilität und Bohrungsqualität, schwingungsgedämpfte Coromant Capto® Werkzeuge und konische Schäfte verwenden.

#### Zu berücksichtigende Faktoren bezüglich des Werkzeugs

- Einstellwinkel, Plattengeometrie und Sorte berücksichtigen.

#### Spanabfuhr und Kühlschmierstoff

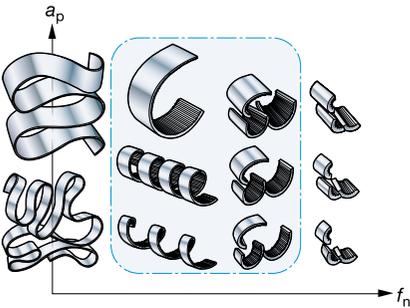
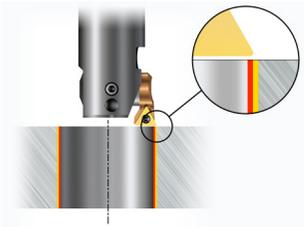
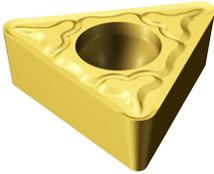
- Spanbildung und -abfuhr sind wichtige Faktoren beim Aufbohren und beeinflussen die Bohrungsqualität und Bohrungstoleranz.

#### Schnittdaten

- Korrekte Schnittgeschwindigkeit und Vorschubrate sind wichtig für eine hohe Produktivität und Standzeit.
- Drehmoment und Maschinenleistung berücksichtigen.

## 5. Problembewegung

### Wichtige Überlegungen zur Anwendung



#### Wendeplattenverschleiß und Standzeit

- Die Wahl der korrekten Geometrie, Sorte und Schnittdaten ist wesentlich für eine erfolgreiche Aufbohrbearbeitung.

#### Spanabfuhr

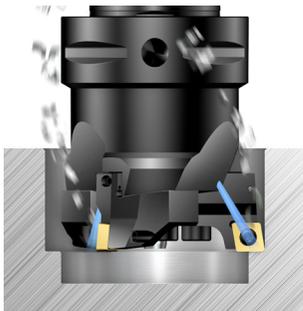
- Spanbruch und Kühlschmierstoffzufuhr überprüfen.

#### Bohrungsqualität und Toleranzen

- Aufspannung des Aufbohrwerkzeugs/ Werkstücks, Vorschubrate, Maschinenzustand und Spanabfuhr überprüfen.

#### Schnittdaten

- Korrekte Schnittgeschwindigkeit und Vorschubrate sind wichtig für eine hohe Produktivität und Standzeit.



# Systemüberblick

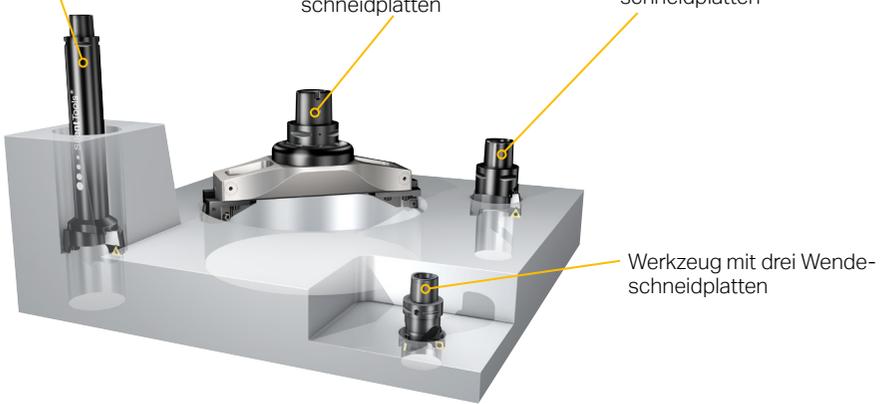
## Aufbohrwerkzeuge zum Schruppen

Durch eine Schruppbearbeitung werden vorhandene Bohrungen auf grobe Toleranzen aufgeweitet und üblicherweise auf das Schlichten vorbereitet.

Schwingungsgedämpfter Adapter mit zwei Wendeschneidplatten

Werkzeug für große Durchmesser mit zwei Wendeschneidplatten

Werkzeug mit einer und Werkzeug mit zwei Wendeschneidplatten



## Feinaufbohrwerkzeuge

Feinaufbohren wird zur Fertigstellung einer Bohrung innerhalb der Grenzen von Toleranz- und Oberflächengüte verwendet.

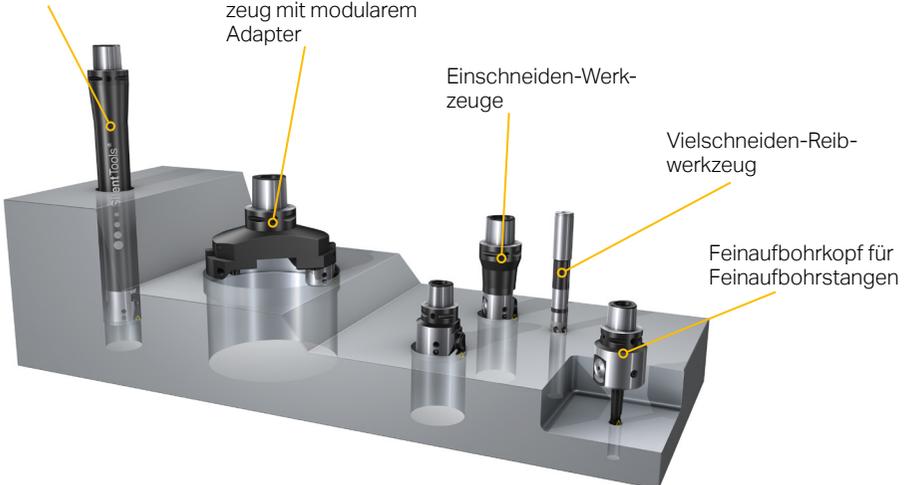
Einschneiden-Werkzeug mit schwingungsgedämpftem Adapter

Einschneiden-Werkzeug mit modularem Adapter

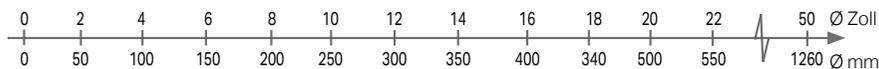
Einschneiden-Werkzeuge

Vielschneiden-Reibwerkzeug

Feinaufbohrkopf für Feinaufbohrstangen



# Schruppaufbohren



Aufbohrwerkzeuge zum Schrappen mit zwei Wendeschneidplatten Ø23-170 mm (0.908-6.893")



Aufbohrwerkzeuge zum Schrappen mit drei Wendeschneidplatten Ø36-306 mm (1.4-12")



Schwingungsgedämpfte Aufbohrwerkzeuge zum Schrappen mit zwei Wendeschneidplatten Ø25-150 mm (1-6")



Aufbohrwerkzeug zum Schrappen für große Durchmesser mit zwei Wendeschneidplatten Ø150-1260 mm (6-50")



Aufbohrwerkzeug zum Schrappen für große Durchmesser mit zwei Wendeschneidplatten (Lightweight), Ø148-300 mm (5.82-11.81")



Aufbohrwerkzeug zum Schrappen für große Durchmesser mit zwei Wendeschneidplatten (schwingungsgedämpft), Ø148-300 mm (5.82-11.81")

## Feinaufbohren – kleine Durchmesser



Feinaufbohrköpfe mit Vollhartmetallbohrstange Ø1-8.2 mm (0.04-0.320")



Feinaufbohrköpfe mit Bohrstange mit Wendeschneidplatten Ø6-20 mm (0.24-0.79")



Feinaufbohrkopf mit Bohrstange mit Wendeschneidplatten oder Bohrstange zum Nutdrehen Ø8-32 mm (0.31-1.26")



Mehrschneiden-Reibahle Ø3.97-31.75 mm (.156 - 1.25")

## Feinaufbohren – mittlere Durchmesser



Feinaufbohren mit austauschbaren Schneidköpfen Ø19-36 mm (0.75-1.42")



Feinaufbohren mit Zylinderschaft Ø19-36 mm (0.75-1.42")



Feinaufbohren mit Coromant Capto (modular) Ø19-167 mm (0.75-6.58")



Feinaufbohren mit Coromant Capto (schwingungsgedämpft) Ø23-167 mm (0.91-6.58")



Feinaufbohren mit Coromant Capto (Lightweight) Ø69-167 mm (2.716-6.575")

## Feinaufbohren – große Durchmesser



Feinaufbohren Ø150-1275mm (5.9-50")



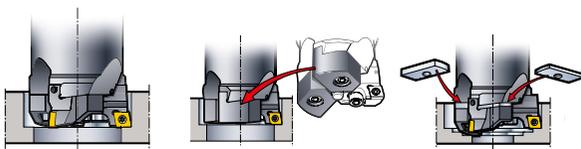
Feinaufbohren (schwingungsgedämpft) Ø150-315mm (5.9-12.4")



Feinaufbohren mit Coromant Capto oder Fräsdornaufnahme (Lightweight) Ø150-315mm (5.9-12.4")

# Wahl der Werkzeuge

## Schruppen



Produktives  
Aufbohren

Einschneiden-  
Bearbeitung

Stufen-Aufbohren

### Produktives Aufbohren

- Hohes Zeitspanvolumen.
- Mehrschneiden-Bearbeitung, Wendeschneidplatten sind auf gleicher Höhe eingestellt.

### Stufen-Aufbohren

- Zum Schruppen mit hoher Zerspanungsleistung.
- Verbesserte Spankontrolle.

### Einschneiden-Bearbeitung

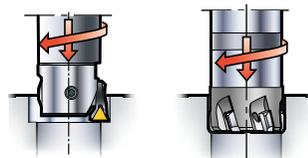
- Verbesserte Spankontrolle.
- Geringere Maschinenleistung erforderlich.

## Maßgeschneiderte Lösungen



- Häufig eine Kombination, die mehrere Anwendungen mit demselben Werkzeug erlaubt.
- Die Bearbeitungsschritte lassen sich in einer Vorschubbewegung durchführen.

## Schlichten



Einschneiden-  
Bearbeitung

Reiben

### Einschneiden-Bearbeitung

- Für präzises Feinaufbohren.
- Mögliche Toleranz IT6.
- Verstellbar um 0,002 mm (0.00008").

### Reiben

- Sehr hohe Oberflächengüte bei hoher Vorschubgeschwindigkeit.
- Für die Massenproduktion geeignet.

# Aufbohrwerkzeuge zum Schruppen

## Aufbohrwerkzeug zum Schruppen mit drei Wendeschneidplatten



Als erste Wahl für eine optimale Produktivität mit Maschinen mit mittlerem bis hohem Leistungsbereich empfiehlt sich ein dreischneidiges Aufbohrwerkzeug zum Schruppen. Dieses kann auch zum Einschneiden- und Stufenaufbohren eingerichtet werden.

Drehen

B

Abstechen und  
Einstechen

## Aufbohrwerkzeug mit zwei Wendeschneidplatten zum Schruppen



Für Maschinen mit niedrigem bis mittlerem Leistungsbereich, instabile Anwendungen oder große Durchmesser sind zweischneidige Aufbohrwerkzeuge zum Schruppen erste Wahl.

C

Gewindedrehen

D

Fräsen

## Aufbohrwerkzeug zum Schruppen mit geringem Gewicht



Reduziertes Gewicht des Komplettwerkzeugs für geringere Dynamik, einfachem Werkzeugwechsel und -handhabung. Zum Aufbohren großer Durchmesser mit erhöhter Stabilität, aber ohne zusätzliches Werkzeuggewicht.

E

Bohren

F

Aufbohren

## Schwingungsgedämpftes Aufbohrwerkzeug zum Schruppen bei langen Überhängen



Schwingungsgedämpfte Aufbohrwerkzeuge zum Schruppen für Überhänge von mehr als 4 x Schaftdurchmesser wählen.

G

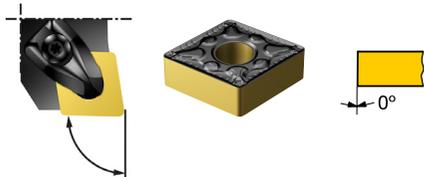
Werkzeughalter

H

Zerspanbarkeit  
Sonstige Informationen

## Schneidträger für Schrupp-Aufbohrwerkzeuge

### Schneidträger mit negativen Wendeschneidplatten



- Bei stabilen Bedingungen für eine bessere Wirtschaftlichkeit der Wendeschneidplatte eine negative Platte wählen.
- Für anspruchsvolle Anwendungen, die stabile Wendeschneidplatten und eine höhere Bearbeitungssicherheit erfordern, negative Wendeschneidplatten wählen.

### Schneidträger mit positiven Wendeschneidplatten



- Bei der Schruppbearbeitung ist es von Vorteil, Wendeschneidplatten mit positiver Grundform zu verwenden, da sie im Vergleich zu negativen Wendeschneidplatten niedrigere Schnittkräfte erzeugen.
- Ein kleiner Eckenwinkel und -radius tragen auch dazu bei, die Schnittkräfte niedrig zu halten.

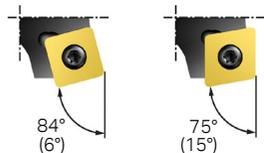
## Einstellwinkel (Eintrittswinkel) und Wendeplattenform

Der Einstellwinkel (Eintrittswinkel) von Aufbohrwerkzeugen wirkt sich auf die Richtung und Größe der axialen und radialen Kräfte aus. Ein größerer Einstellwinkel

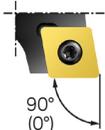
(kleinerer Eintrittswinkel) erzeugt eine große Axialkraft, während ein kleinerer Einstellwinkel (großer Eintrittswinkel) zu einer großen Radialkraft führt.

### Positive Wendeschneidplatten

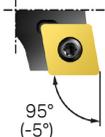
### Negative Wendeschneidplatten

84°  
(6°)75°  
(15°)

Für Schnittunterbrechungen, Sandeinschlüsse, Paket-Aufbohren usw. Nur für Durchgangsbohrungen.

84°  
(6°)90°  
(0°)

Erste Wahl bei allgemeinen Vorgängen, Stufen-Aufbohren und Bearbeitungen gegen eine Schulter.

90°  
(0°)95°  
(-5°)

Für hohe Vorschübe und bessere Oberflächengüte mit Wiper-Wendeschneidplatten bei stabilen Bedingungen.

95°  
(-5°)

# Feinaufbohrwerkzeuge

## Einschneidiges Feinaufbohrwerkzeug



Ein einschneidiges Feinaufbohrwerkzeug ist erste Wahl für Schlichtbearbeitungen.

Drehen

B

Abstechen und Einstechen

## Lightweight-Feinaufbohrwerkzeug



Reduziertes Gewicht des Komplettwerkzeugs für geringere Dynamik, einfachen Werkzeugwechsel und -handhabung. Zum Aufbohren großer Durchmesser mit erhöhter Stabilität, aber ohne zusätzliches Werkzeuggewicht.

C

Gewindedrehen

D

## Feinaufbohrkopf mit Feinaufbohrstangen



Für kleine Durchmesser ist ein Feinaufbohrkopf mit einer Feinaufbohrstange erforderlich.

Fräsen

E

Bohren

## Silent Tools für lange Überhänge



Silent Tools (schwingungsgedämpfte Aufbohrwerkzeuge) sind die erste Wahl bei Überhängen von mehr als 4 x Schaftdurchmesser.

F

Aufbohren

## Vielschneiden-Reibwerkzeug



Vielschneiden-Reibwerkzeuge eignen sich für hohe Vorschübe in der Massenproduktion.

G

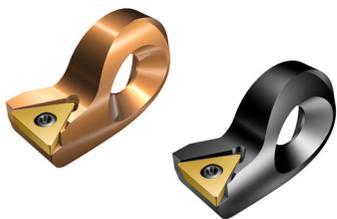
Werkzeughalter

H

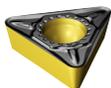
Zerspanbarkeit  
Sonstige Informationen

# Einbauhalter für Feinaufbohrwerkzeuge

## Allgemeine Empfehlungen



Positive Wendeschneidplatten 7°  
Freiwinkel



Positive Wendeschneidplatten 11°  
Freiwinkel

### Einstellwinkel (Eintrittswinkel)

beeinflusst die Richtung und Ausmaß der Axial- und Radialkräfte. Der größte Einstellwinkel (kleinste Eintrittswinkel) erzeugt hohe Axialkräfte, die beim Aufbohren vorteilhaft sind. Im Gegensatz dazu erzeugt ein kleinerer Einstellwinkel (großer Eintrittswinkel) hohe Radialkräfte, die bei dieser Anwendung zu Vibrationen führen können.

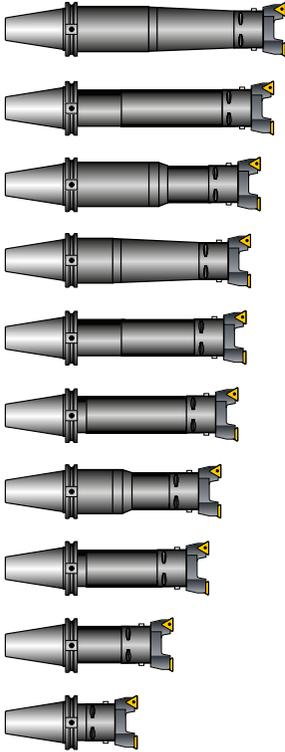
### Die Wendeschneidplattenform

sollte je nach Schneideneingriff gewählt werden. Der größere Spitzenwinkel gewährleistet eine hohe Wendeschneidplattenstabilität und -zuverlässigkeit, erfordert aber aufgrund des größeren Schneideneingriffs eine höhere Antriebsleistung der Maschine. Ein kleinerer Spitzenwinkel kann die Stabilität des Werkzeugs und mögliche Radialbewegungen verbessern und so Schnittkraftschwankungen reduzieren. Erste Wahl sind Wendeschneidplatten mit positiver Grundform und einem Freiwinkel von 7°.

### Wendeschneidplatten-Eckenradius

ist eine wichtige Einflussgröße bei der Aufbohrbearbeitung. Die Auswahl des Eckenradius ist abhängig von Schnitttiefe und Vorschub und beeinflusst die Oberflächengüte, den Spanbruch und die Stabilität der Schneidplatte. Ein großer Eckenradius wirkt sich stärker auf die Werkzeugabdrängung aus als ein kleiner Eckenradius und zeigt eine höhere Vibrationsneigung. Eine Leichtschnittgeometrie, dünne Beschichtung und ein kleiner Eckenradius tragen zu niedrigen Schnittkräften bei.

## Werkzeugüberhang



- Kürzesten Adapter wählen.
- Größtmögliche/n Größe/Durchmesser des Adapters wählen.
- Bei langen Überhängen (größer als 4 x Schaftdurchmesser) schwingungsgedämpfte Halter wählen.
- Falls möglich, konischen Halter wählen, um eine steifere Aufspannung zu erzielen und die Ablenkung zu vermindern.
- Bei langen Überhängen steife Aufspannung mit Spindelkontakt zum Flansch sicherstellen.

# Korrekte Anwendung

## Bohrungstoleranz

Die Toleranzen werden beeinflusst durch:

- Die Einspannung des Werkzeughalters
- Die Montagevorrichtung des Werkstücks
- Den Verschleiß der Schneidplatten usw.

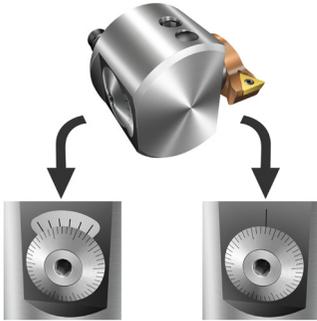
Stellen Sie zum Erreichen enger Bohrungstoleranzen immer sicher, dass eine abschließende Einstellung nach der Messung des Bohrungsdurchmessers vorgenommen wird, während sich das Werkzeug noch in der Maschinenspindel befindet. Dies gleicht jegliche Fehlausrichtungen, die zwischen der Werkzeugmaschinenspindel und der Voreinstellvorrichtung auftreten können, radiale Ablenkungen und Verschleiß der Schneidplatten aus.

## Werkzeuge zum Aufbohren und Reiben

	Mehrschneidiges Aufbohrwerkzeug zum Schruppen 	Einschneidiges Feinaufbohrwerkzeug 	Mehrschneidiges Reibwerkzeug zum Schlichten mit hohen Vorschüben 
IT6			
IT7			
IT8			
IT9			

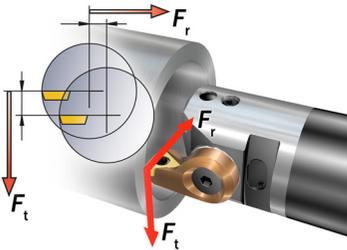
# Feinaufbohrwerkzeuge

## Verstellbarer Feinaufbohrmechanismus



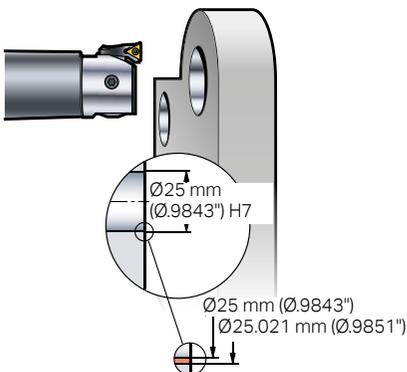
Bei einschneidigen Feinaufbohrwerkzeugen lässt sich die Schneidkante mikrometergenau voreinstellen.

## Werkzeugablenkung



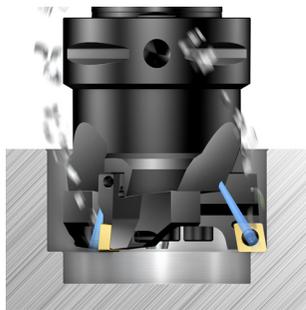
- Einschneidige Schlicht-Aufbohrwerkzeuge werden aufgrund der Schnittkräfte bei der Zerspaltung bis zu einem gewissen Grad radial abgelenkt.
- Die Schnitttiefe und Länge des Überhangs beeinflusst die Größe der radialen Ablenkung des Aufbohrwerkzeugs.
- Die Ablenkung kann zu kleine Bohrungen oder Vibrationen verursachen.
- In Regelfall ist ein Messschnitt mit anschließender Endeinstellung des Werkzeugs erforderlich.

## Bohrungstoleranz



# Aufbohrwerkzeuge – allgemein

Spanabfuhr, Kühlung und Schmierung zwischen dem Werkzeug und dem Werkstoff sind die primären Funktionen von Kühlschmierstoff.



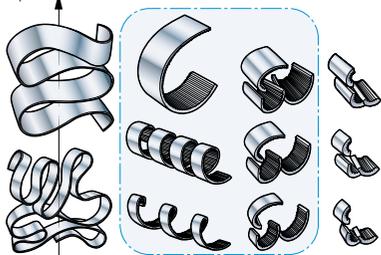
- Für eine optimale Spanabfuhr, Kühlung und Schmierung, Kühlschmierstoff verwenden.
- Beeinflusst die Bohrungsqualität und Standzeit.
- Innere Kühlschmierstoffzufuhr empfiehlt sich, um den Kühlschmierstoff direkt in die Schnittzone zu lenken.

## Spankontrolle und Spanabfuhr

Spanbildung und Spanabfuhr sind kritische Faktoren für das Aufbohren, besonders für Grundbohrungen.

Komma- oder spiralförmige Späne sind ideal.

Schnitttiefe,  
 $a_p$  mm (Zoll)



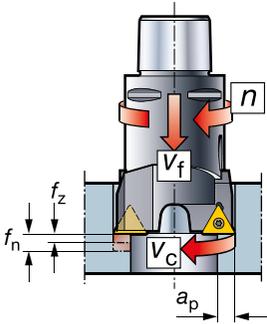
Vorschub, mm/U (Zoll/U)  $f_n$

**Faktoren, welche den Spanbruch beeinflussen, sind:**

- Mikro- und Makrogeometrie der Wendschneidplatte
- Eckenradius
- Einstell- (Eintrittswinkel)
- Schnitttiefe
- Vorschub
- Schnittgeschwindigkeit
- Werkstoff.



## Schnittdatenempfehlungen



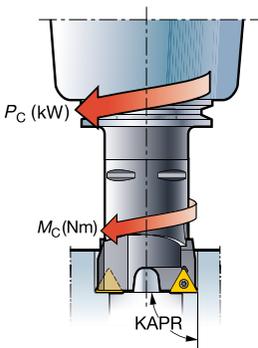
Die Einstellung der richtigen Schnittgeschwindigkeit ( $v_c$ ) und Vorschub ( $f_n$ ) hängt von der jeweiligen Anwendung ab. Erhöhte Schnittgeschwindigkeit und/oder Vorschub steigern das Risiko schlechter Prozesssicherheit und Zuverlässigkeit, resultierend in schlechter Spanabfuhr, Spanstau und Wendeschneidplattenbruch. Insbesondere bei Tiefbohrbearbeitungen. Niedrige Schnittgeschwindigkeit kann Aufbauschneidenbildung (BUE) verursachen. Dies führt zu schlechter Oberflächengüte, erhöhten Schnittkräften und verminderter Standzeit.

Allgemein gelten die Schnittdatenempfehlungen für die gewählte Geometrie und Sorte, mit folgenden Ausnahmen:

- Schrupp-Aufbohren  
Max. Startwert  $v_c = 200$  m/min (656 Fuß/Zoll).
- Feinaufbohren mit Feinaufbohrstangen:  
Max. Startwert  $v_c = 240$  m/min (787 Fuß/Zoll).
- Feinaufbohren mit Feinaufbohrstangen:  
Max. Startwert  $v_c = 90 - 120$  m/min (295 - 394 Fuß/Zoll).
- Feinaufbohren:  
Max.  $a_p = 0.5$  mm (.020 Zoll).

Die Schnittgeschwindigkeit wird in erster Linie begrenzt durch:

- Vibrationsneigung
- Spanabfuhr
- lange Überhänge.



### Vorschub und Schnitttiefe

Übermäßiger Schneideneingriff, große Schnitttiefe ( $a_p$ ) und/oder Vorschub ( $f_n$ ) können zu Vibrationen und hoher Leistungsaufnahme führen.

Ist die Schnitttiefe zu klein, neigt die Wendeschneidplatte dazu, auf der vorbereiteten Oberfläche aufzuliegen und nur zu kratzen und reiben, was zu mangelhaften Bearbeitungsergebnissen führt.

### Leistungsbedarf und Drehmoment

Beim Aufbohren sicherstellen, dass die Maschine ausreichend Leistung und Drehmoment liefern kann.

## Pflege und Wartung der Werkzeuge und Verwendung von Drehmomentschlüssel



- Stets einen Drehmomentschlüssel verwenden und sicherstellen, dass das korrekte Drehmoment für die Schrauben der Wendeschneidplatten und der Baugruppe angewendet wurde.
- Wendeschneidplatten und Plattensitz regelmäßig auf Schmutz und Beschädigungen überprüfen.- Alle Montageteile vor dem Zusammenbau reinigen
- Abgenutzte Ersatzteile austauschen.
- Alle Teile der Baugruppe sowie der Feinaufbohr-Verstellmechanismus sind mindestens einmal pro Jahr zu schmieren.
- Eine Baugruppen-Montagevorrichtung und eine Werkzeug-Voreinstellvorrichtung verwenden.
- Schwingungsgedämpfte Werkzeuge; niemals direkt über dem Adapterkörper spannen. Diese können aufgrund der dünnen Wanddicke leicht verformt werden.
- Maschinenspindel, Rundlaufgenauigkeit, Verschleiß und Spannkraft kontrollieren.

## Reibwerkzeuge - Korrekte Anwendung

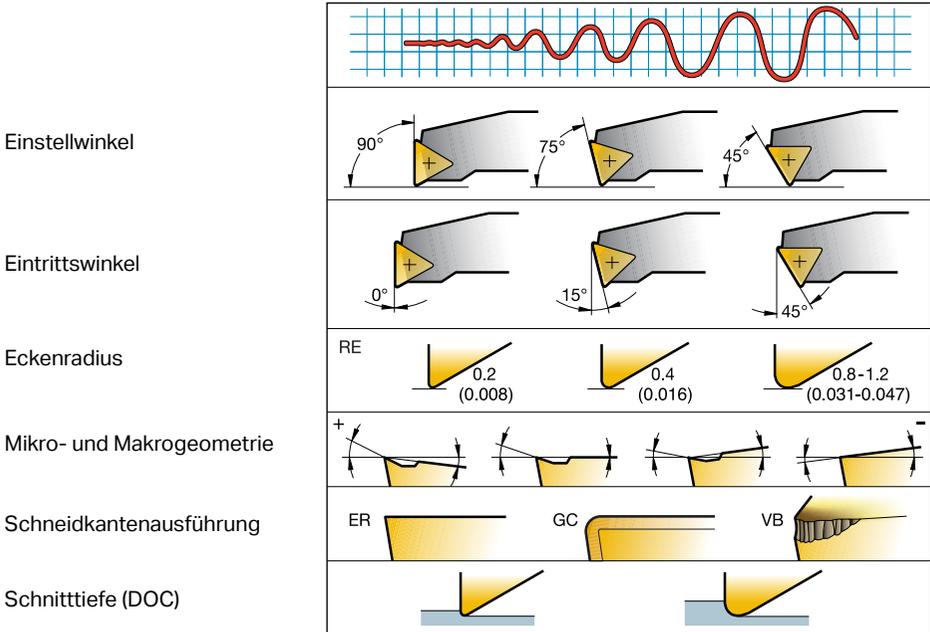


- Beim Bearbeiten mit einem Reibwerkzeug können Fehler im Bezug auf Lage oder Geradheit einer vorbearbeiteten Bohrung nicht korrigiert werden.
- Die Geradheit einer vorbearbeiteten Bohrung muss innerhalb eines Toleranzbereichs von 0.05 mm (.0020 Zoll) liegen.
- Eine hohe Rundlaufgenauigkeit ist beim Reiben besonders wichtig.
- Der maximale Rundlauffehler beträgt 5 Mikrometer.
- Sicherstellen, dass das Reibwerkzeug und die vorbearbeitete Bohrung konzentrisch sind.
- Kürzestmöglichen Werkzeughalter und Schaft wählen.
- Emulsion als Kühlschmierstoff sorgt für höhere Standzeit als Öl.
- Empfohlene Schnittdaten anwenden.

# Problembekämpfung

## Faktoren, die die Vibrationsneigung beeinflussen

Vibrationsneigung nimmt nach rechts zu.



- Schnittgeschwindigkeit reduzieren.
- Stufen-Aufbohren anwenden.
- Zweischneidiges Schrupp-Aufbohrwerkzeug wählen.
- Eine leicht schneidende Geometrie und Sorte wählen.
- Kleinen Eckenradius wählen.
- Werkstückaufspannung überprüfen.
- Maschinenspindel, Verschleiß, Aufspannung usw. überprüfen.
- Schnitttiefe vergrößern (Schlichten).
- Schnitttiefe verringern (Schruppen).

- Schwingungsgedämpfte Werkzeuge bei langem Überhang verwenden.
- Alle Teile des zusammengebauten Werkzeugs darauf prüfen, dass sie mit dem richtigen Drehmoment angezogen wurden.
- Vorschub verringern oder erhöhen.
- Größtmöglichen Werkzeugdurchmesser wählen.
- Kürzestmöglichen Werkzeugüberhang wählen.

## Wendeschneidplattenverschleiß

Das Verschleißmuster der Wendeschneidplatten und entsprechende Möglichkeiten der Problembesehung sind bei der Drehbearbeitung und beim Aufbohren generell sehr ähnlich.

## Spanbruch



### Ursache

Zu kurz, hart.

### Lösung

- Schnittgeschwindigkeit erhöhen.
- Vorschub verringern
- Geometrie mit weiterem Spanbrecher wählen.



Zu lang.

- Vorschub erhöhen.
- Schnittgeschwindigkeit reduzieren.
- Geometrie mit engerem Spanbrecher wählen .

## Werkzeugvibration



Zu hoher Vorschub.  
Geschwindigkeit zu hoch.  
Zu große Schnitttiefe.

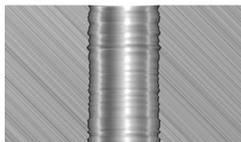
- Vorschub verringern.
- Schnittgeschwindigkeit verringern.



Zu hohe Schnittkräfte.

- Stufen-Aufbohren anwenden.
- Schnitttiefe verringern.
- Positive Wendeschneidplatten wählen.
- Kleineren Eckenradius wählen.

## Spuren durch Vorschub



Zu hoher Vorschub.

- Leicht schneidende Wiper-Wendeschneidplatte verwenden.
- Größeren Eckenradius wählen.
- Vorschub verringern. ▶

Ursache

Lösung

## Wendeschneidplattenverschleiß



Falsche Schnittdaten.

- Schneidkante wechseln, Ursache für Verschleißmuster herausfinden – Schnittdaten, Plattengeometrie und Plattensorte.

## Späne zerkratzen Oberfläche

Schlechter Spanbruch.

- Schnittdaten anpassen.
- Andere Plattengeometrie wählen.

## Oberflächengüte



Schlechte Oberflächengüte.

- Schnittgeschwindigkeit erhöhen.
- Kühlschmierstoff verwenden.
- Hartmetallsorte wählen.

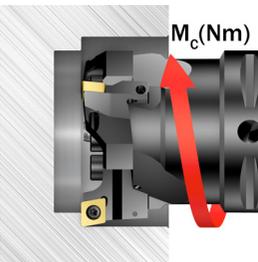
## Unzureichende Maschinenleistung



Begrenzte Maschinenleistung.

- Schnittdaten verringern.
- Stufen-Aufbohren anwenden.
- Anzahl der im Eingriff befindlichen Wendeschneidplatten reduzieren.
- Schnitttiefe verringern.

## Leistungsbedarf und Drehmoment



Beim Schruppen sicherstellen, dass die Maschine ausreichend Leistung und Drehmoment liefern kann.

Wichtige Parameter sind:

- Vorschub.
- Anzahl Wendeschneidplatten.
- Durchmesser.
- Schnitttiefe.



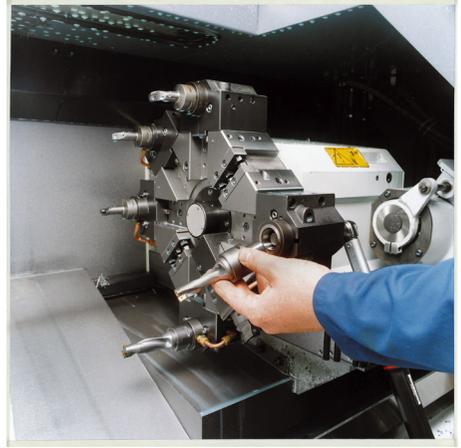
# Werkzeughalter

Die Aufspannung eines Zerspanungswerkzeugs kann dessen Produktivität und Leistung erheblich beeinflussen. Daher spielt die Auswahl der richtigen Werkzeugadapter eine entscheidende Rolle. Dieses Kapitel vereinfacht den Entscheidungsprozess und zeigt Richtlinien auf, wie Werkzeughalter korrekt angewendet und gewartet werden.

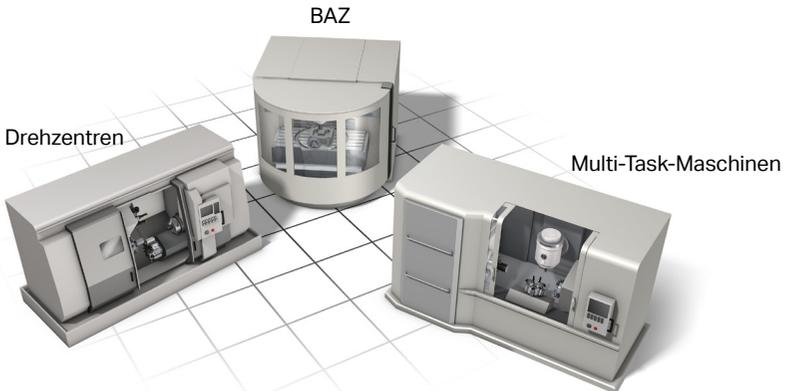
- Geschichte und Hintergrund G 4
- Warum modulare Werkzeuge G 8
- Drehzentren G 16
- Bearbeitungszentren G 25
- Multi-Task-Maschinen G 30
- Spannfutter G 35

# Werkzeughalter

- Die Schnittstelle zur Maschine spielt im Zerspanungsprozess eine wichtige Rolle.
- Stabilität, Zeitaufwand für Werkzeugwechsel, Genauigkeit, Flexibilität, Modularität, Handling und Lagerung sind entscheidend für eine erfolgreiche Bearbeitung.
- Im Vergleich zu herkömmlichen Schaftwerkzeugen kann ein Werkzeugsystem mit Schnellwechselfunktion die effektive Zerspanungszeit in Drehzentren um 25% steigern.



## Werkzeughalter heute



- Aufgrund der Notwendigkeit, neue Standards der Maschinenherstellung zu erfüllen, entwickelten sich die Werkzeuge fortlaufend weiter.
- Bei der Entwicklung der Werkzeuge orientierte man sich generell an der Konstruktion der Spindelschnittstelle der Werkzeugmaschinenhersteller, aber ohne eine kontrollierte Standardisierung.
- Es gibt über 35 Arten von Spindelschnittstellen an heutigen Maschinen, mit ebenso vielen Werkzeugoptionen zur Ausrüstung. Das mindert die Austauschbarkeit und die Zahl der zur Verfügung stehenden Werkzeuge ganz entscheidend.

## Geschichte der Maschinensteilkegel



- Die erste Version des Steilkegeltyps wurde in den 20er Jahren eingeführt und 1974 standardisiert (DIN).
- Die meisten Werkzeugmaschinenspindeln basieren auf diesem Steilkegel, der aufgrund seiner Länge für einen sicheren Kontakt und Stabilität sorgt.
- Es ist immer noch ein häufig verwendetes System und in verschiedenen Größen und Standards mit 7/24 Steilkegel erhältlich. Sie sind jedoch nicht gleichzeitig für rotierende und statische Anwendungen einsetzbar.

Drehen

B

Abstechen und  
Einstechen

C

Gewindedrehen

D

Fräsen

E

Bohren

F

Aufbohren

G

Werkzeughalter

H

Zerspanbarkeit  
Sonstige Informationen

## Rotierende Maschinenschnittstellen



- Auf dem heutigen Markt nimmt das Angebot an rotierenden Maschinenschnittstellen immer weiter zu.
- Leider sind diese Systeme nicht gleichzeitig für die Spannung in einer Spindel und zum modularen Gebrauch einsetzbar.
- Keines dieser Systeme lässt sich gleichzeitig für rotierende und nicht rotierende Anwendungen verwenden.

# Coromant Capto®

## Drei Systeme in einem

- Coromant Capto® wurde 1990 eingeführt.
- Coromant Capto® wurde in 2008 als ISO Norm eingeführt.
- Coromant Capto® ist ein wirklich universelles Werkzeugsystem für:
  - Drehzentren
  - Bearbeitungszentren
  - Multi-Task-Maschinen



## Die Geschichte des Coromant Capto® Systems

- Bearbeitungszentrum / Rotierende Werkzeuge



Einteilige Halter



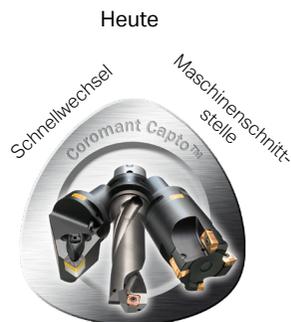
Varilock

Coromant Capto®/  
Grundhalter

- Drehzentrum / Drehwerkzeuge



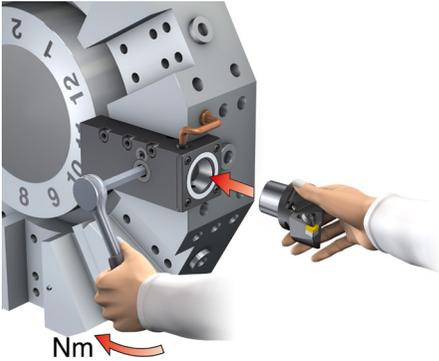
Schafthalter

Block Tool  
SystemCoromant Capto®/  
Spanneinheiten

Modularität

# Die Geschichte des Coromant Capto® Systems

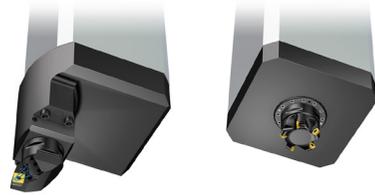
## Schnellwechsel



- Drehzentren
- Vertikaldrehmaschinen

Verstärkte Maschinenauslastung

## Integrierte Spindel



- Multi-Task-Maschinen
- Vertikaldrehmaschinen
- Bearbeitungszentren mit Drehoption

Mehr Stabilität & Vielseitigkeit

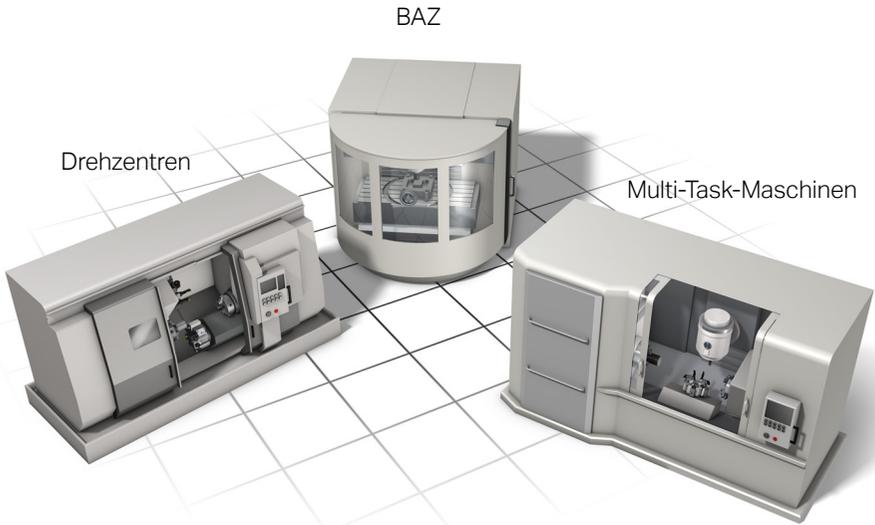
## Modulare Systeme



- BAZ
- Multi-Task-Maschinen
- Vertikaldrehmaschinen

Höhere Flexibilität

# Eine drastische Weiterentwicklung der Maschinen

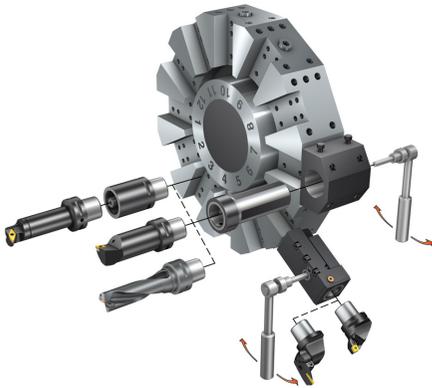


## Trends

### Maschinen und Zerspämungsmethoden

- Multi-Task-Maschinen, die nur ein Haltersystem für Spindel und Revolver benötigen.
- Mehrere Revolver auf Multi-Task-Maschinen und Drehzentren.
- Mehr multifunktionale Werkzeuge für Multi-Task-Maschinen.
- Angetriebene Werkzeuge in Drehzentren.
- Leistungsstarke Schnittstellen in der Maschinensteuerung für höher gradige Automation.
- 3D-Modelle von Werkzeugen und Haltern zur virtuellen Überprüfung des Zerspämungsvorgangs.
- Integration verschiedener Produktionstechniken in weniger Maschinentypen.
- Hochdruck-Kühlschmierstoff.

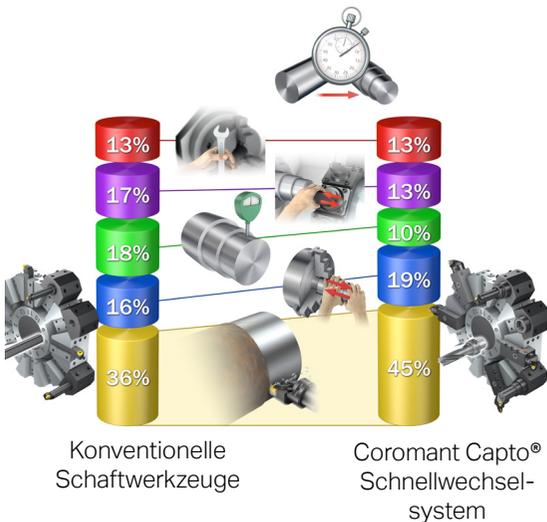
# Wann Werkzeuge mit Schnellwechselfunktion einzusetzen sind



- Maschine erfordert häufige Wechsel der Aufspannung.
- Zur Erzielung der korrekten Dimension Messschnitte erforderlich.
- Zerspantung mit hohen Schnittdaten bei relativ kurzer Standzeit.
- Ein Bediener bedient mehr als eine Maschine.

## Reduzieren Sie die Nebenzeit auf Ihren Maschinen

Nur 36% der Maschinenzeit wird effektiv zur Zerspantung genutzt



- - Wartung und Pflege
- - Wendeschneidplattenwechsel und Werkzeugwechsel
- - Messung des Werkzeugs und Werkstücks
- - Werkstückwechsel
- - Effektive Zerspantungszeit

Werkzeuge mit Schnellwechselfunktion ermöglichen eine Produktivitätssteigerung um 25%

# Coromant Capto® System

In welchen Maschinentypen und -größen ist ein modulares System erforderlich?



Horizontales Bearbeitungszentrum

Bearbeitungszentrum mit:

- Coromant Capto® Größe C6 und größer
- 7/24 Steilkegel in Größe 40 und größer
- HSK63 und größer.
- Multi-Task-Maschine mit Anforderung an großen Überhängen
- Vertikales Drehzentrum
- Drehzentrum zusammen mit SL\*.

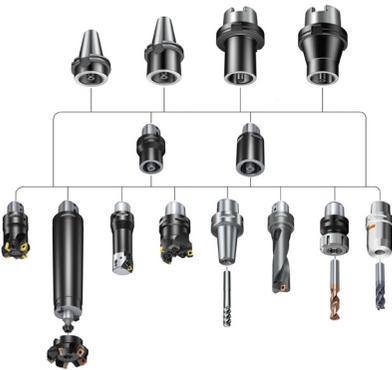
\*SL ist ein universelles modulares System von Adaptern und austauschbaren Schneidköpfen.

## Minimieren Sie Ihr Werkzeuginventar

Durch die Kombination von Grundhaltern, Haltern und (bei Bedarf) Verlängerungen oder Reduzierungen, können zahlreiche unterschiedliche Werkzeuge für unterschiedliche Maschinen zusammengestellt werden.

### Modular

ISO 40 ISO 50 HSK 100 HSK 63



Anzahl der Artikel mit modularen Werkzeugen:  
 $4 + 2 + 8 = 14$  Artikel

### Einteilig



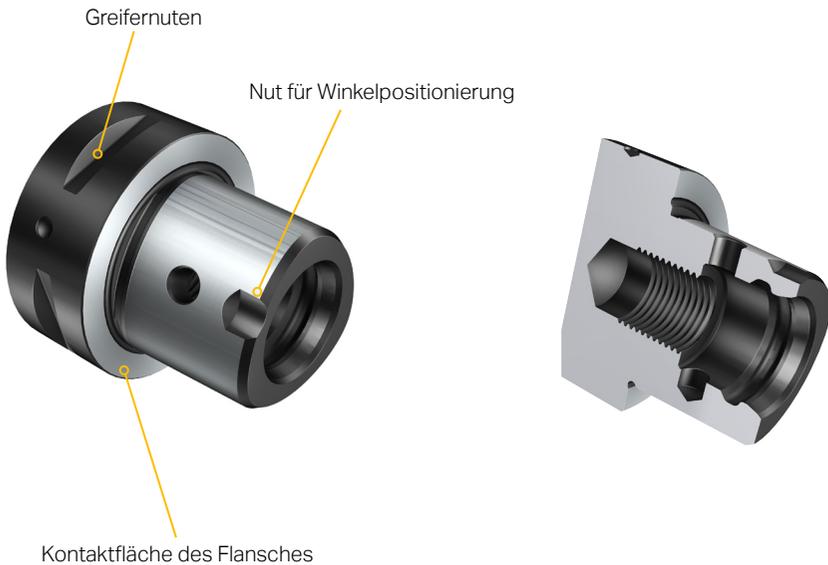
Insgesamt 64 Artikel

Mit nur wenigen Artikeln bieten modulare Werkzeuge Zugang zu einer sehr großen Anzahl Werkzeuglösungen.

## Die Coromant Capto® Kupplung

Die einzigartige Coromant Capto Kupplung verfügt über einige besondere Merkmale:

- Der Flanschkontakt im Zusammenspiel mit dem geschliffenen konischen Polygon bietet maximale Stabilität durch zweifachen Flächenkontakt mit Plananlage.
- Es gibt vier Greifernuten für den automatischen Werkzeugwechsler.
- Es gibt eine Nut für die Winkelpositionierung des Zerspanungswerkzeugs.



Die einzige universelle Kupplung, die sich bei allen Anwendungen kompromisslos einsetzen lässt.

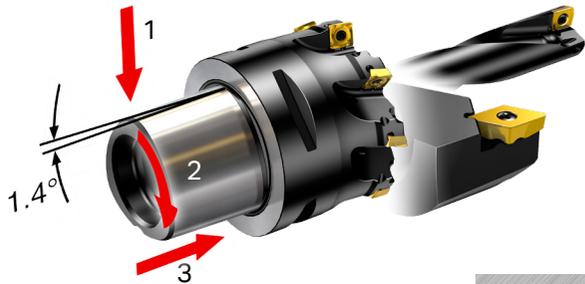
# Merkmale und Vorteile der Kupplung

## Das Hauptmerkmal der Kupplung ist die 3-fach-Sicherung

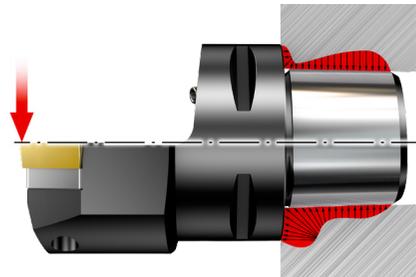
1. Die radiale Zentrierung wird durch den konischen Teil des Polygons erzielt.
2. Der geringe Kegelwinkel ermöglicht eine Übertragung der gesamten Kräfte auf den Flanschkontakt. Die Stabilität der Polygon-Aufnahme ermöglicht eine höhere Spannkraft als andere Systeme. Dies ist für die Biegesteifigkeit von großer Bedeutung.
3. Die radiale Zentrierung wird automatisch durch den konischen Teil des Polygons erzielt - eingebaute Selbstzentrierung - und erfordert deshalb keine Mitnehmernut. Ein Kupplungsspiel wird absolut vermieden. Die großen Kontaktflächen des einzigartigen Polygons erlauben die Übertragung hoher Drehmomente.

Aufgrund der oberen Merkmale - radialer und axialer Kontakt und eingebaute Selbstzentrierung - bietet die Kupplung eine extrem hohe Wiederholgenauigkeit innerhalb von 2 Mikrometern (.00008 Zoll).

Aufgrund des größeren Flächenkontakts der Polygonform sind die Greifernuten für maximale Biegesteifigkeit und höhere Spannkraft ausgelegt.



3-fach-Sicherung



## Drehmomentübertragung



Die Polygonform überträgt Drehmomente ohne jegliche bewegliche Teile wie Stifte oder Mitnehmer.

- Keine Stifte, Mitnehmer, usw.
- Kein Kupplungsspiel
- Symmetrische Belastung
- Kontakt an zwei Flächen/hohle Spannkraft.

## Sechs unterschiedliche Kupplungsgrößen



C3 = D 32 mm (1.260 Zoll)

C4 = D 40 mm (1.575 Zoll)

C5 = D 50 mm (1.969 Zoll)

C6 = D 63 mm (2.480 Zoll)

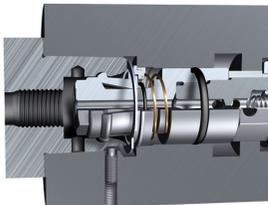
C8 = D 80 mm (3.150 Zoll)

C10 = D 100 mm (3.937 Zoll)

## Unterschiedliche Methoden der Aufspannung

Eine Kupplung bietet zwei Spannungsmöglichkeiten.

### Segmentspannung



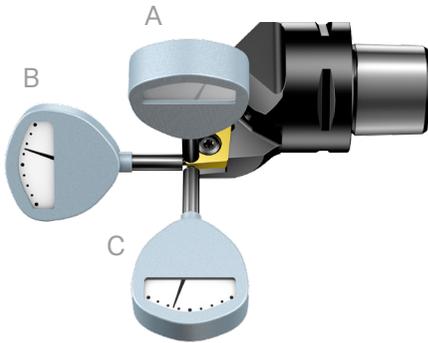
### Zentrumsschrauben-Spannsystem



Spannmethode für Schnellwechsel und automatisierte Werkzeugwechsel.

Für die Aufspannung modularer Werkzeuge z. B. beim Einsatz von Verlängerungen und Grundhaltern.

## Ausgezeichnete Wiederholgenauigkeit und garantierte Mittenhöhe



- Die Wiederholgenauigkeit liegt bei  $\pm 2$  Mikrometer ( $\mu\text{m}$ ) in Bezug auf Mittenhöhe, Länge und Seitenlage (A),(B),(C).
- Weniger oder keine Messschnitte erforderlich, bei vorgenommener Vormessung (bereits erstes Werkstück korrekt).

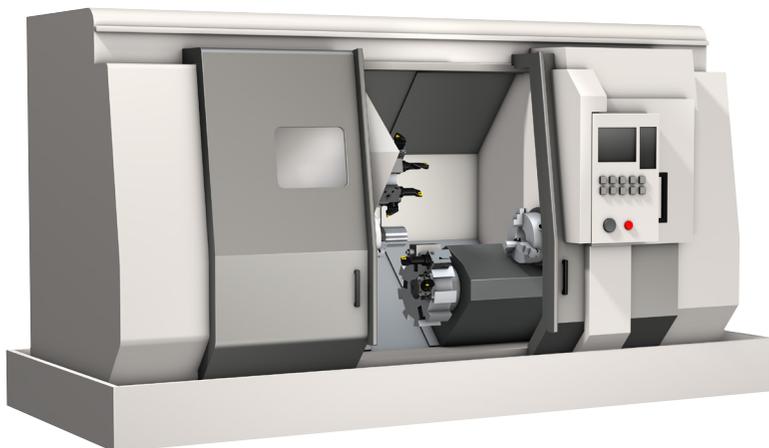
## Weniger Vibrationen durch stabile Kupplung

Die Coromant Capto Kupplung ist bei der Innenbearbeitung eine ausgezeichnete Lösung zur Spannung einer Bohrstange und garantiert einen stabilen und sicheren Halt entlang des gesamten Polygons.



Bohrstangen werden häufig mit 2-3 Schrauben gespannt. Dies führt zu Vibrationsproblemen, schlechter Oberflächengüte, schnellem Plattenverschleiß sowie Produktionsunterbrechungen mit Nebenzeiten zur Anpassung der Schnittdaten und Werkstückmessung.

# Werkzeuge mit Schnellwechselfunktion für Drehzentren



## Was ist ein Drehzentrum?

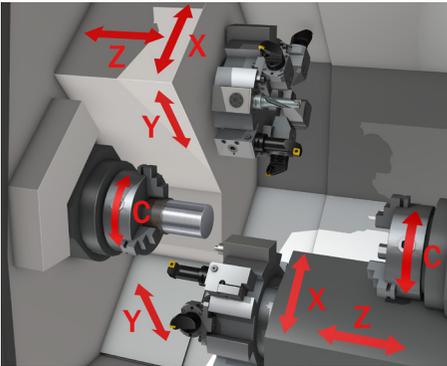
- Allen Drehmaschinen gemeinsam ist die Drehbewegung des Werkstücks und ein nicht drehendes Zerspanungswerkzeug.
- Das Zerspanungswerkzeug läuft parallel und senkrecht zur Werkstückachse, um die gewünschte Endform herzustellen.
- Das Zerspanungswerkzeug kann so eingesetzt werden, dass ein zur Drehachse symmetrisches Werkstück gefertigt werden kann.

## Mögliche Konfigurationen eines Drehzentrums

- Horizontale und vertikale Ausführung
- Gegenspindel für zweiseitige Bearbeitung
- Angetriebene Werkzeuge
- Y-Achse für exzentrisches Aufbohren und Fräsen.

# Konfiguration eines Drehzentrums

## Drehrichtung der Spindel und Definition der Achsen



- Mit einigen Programmen mehrachsiger Werkzeugmaschinen können Ergebnisse wie bei einer Drehbearbeitung erzielt werden - vom Schruppen und Einstechen bis hin zum Gewindedrehen und Schlichten.

## Werkzeuge mit Schnellwechselfunktion für Drehzentren



Ein Schnellwechselsystem bietet:

- Schnellere und effizientere Werkzeugwechsel
- Wendeschneidplatten können außerhalb der Maschine gewechselt werden
- Voreinstellung möglich.

Das wirtschaftlichste System für:

- Kleine Losgrößen, schnellere Rüstzeiten
- Bearbeitungen mit häufigem Wendepplattenwechsel.

Weniger als 180° zum Spannen und Lösen

## Typische Spanneinheiten für Drehzentren

VDI/DIN 69880,  
abgewinkelt Segment /  
Exzenterspannung



Quadratischer Schaft  
Segment /  
Exzenterspannung



Automatische Einheit  
Segment /  
Hydraulikspannung



VDI/DIN 69880, gerade  
Segment /  
Exzenterspannung



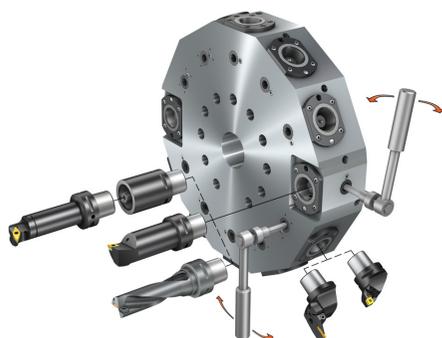
Runder Schaft  
Segmentspannung



Sonderanwendungen  
Segment /  
Exzenterspannung



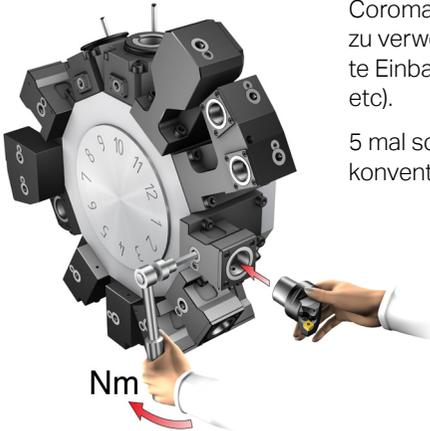
## Verschiedene Methoden zur Montage eines Schnellwechselsystems Direkte Montage in den Revolver



Die direkte Integration des Coromant Capto Systems in den Revolver ist die beste Lösung, um die maximale Leistung der Coromant Capto Kupplung zu erzielen.

## Verschiedene Methoden zur Montage eines Schnellwechselsystems

### Umstellung durch Verwendung von Standardspanneinheiten



Coromant Capto als Schnittstelle mit Spanneinheiten zu verwenden ist eine gute Alternative, wenn der direkte Einbau nicht möglich ist, (bestehende Maschinen etc).

5 mal schnellerer Werkzeugwechsel im Vergleich zu konventionellen Schaftwerkzeugen.

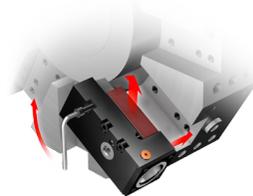
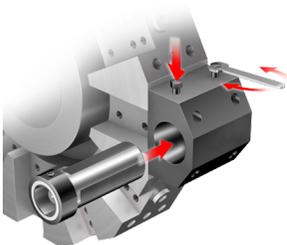
Vertikaldrehmaschinen können unter Verwendung von Standard-Spanneinheiten einfach zu Maschinen mit Coromant Capto Schnellwechselwerkzeugen umgebaut werden. Es sind keine Modifikation an dem Revolver und keine speziellen Adapter erforderlich.



Werkzeuge zur Innenbearbeitung



Werkzeuge zur Außenbearbeitung



# Maschinenspezifische Spanneinheiten

## Coromant Capto Revolverschnittstelle (CDI)



- Flexible, symmetrische Schnittstelle (180°-montierbar).
- Gleiche Schnittstelle für stehende und angetriebene Werkzeughalter. Stehende und angetriebene Werkzeughalter können in sämtlichen Positionen verwendet werden.
- Höhere Schneidleistung.
- Längere Standzeit des Zerspanungswerkzeugs.
- Bessere Werkstückqualität.
- Mehr Werkzeuglängen zum Radialbohren verfügbar.
- Höhere Produktion.
- Werkzeugrationalisierung.
- Reduzierung der Werkzeugkosten.



Stehende  
Spanneinheit,  
gerade



Angetriebene Bohr-/  
Fräseinheit, gerade



Stehende Spanneinheit,  
rechtwinklig



Angetriebene Bohr-/  
Fräseinheit, rechtwinklig

## Coromant Schnittstelle, verschraubt (CBI)



- Flexible, symmetrische Schnittstelle (180°-montierbar).
- Gleiche Schnittstelle für stehende und angetriebene Werkzeughalter.
- Stehende und angetriebene Werkzeughalter können in sämtlichen Positionen verwendet werden.
- Höhere Schneidleistung.
- Längere Standzeit des Zerspanungswerkzeugs.
- Bessere Werkstückqualität.
- Mehr Werkzeuglängen zum Radialbohren verfügbar.
- Höhere Produktion.
- Werkzeugrationalisierung.
- Reduzierung der Werkzeugkosten.



Angetriebene  
Werkzeughalter



Spanneinheit für das  
Außendrehen



Spanneinheit für  
das Innendrehen



Spanneinheit, doppelt,  
zum Außendrehen für  
Werkzeugwechsel mit  
Y-Achse

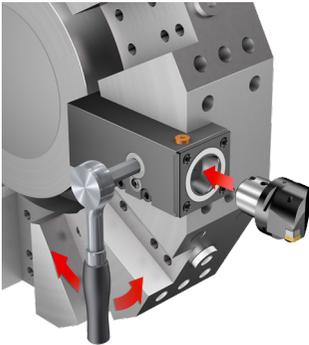
## Ein Schnellwechselsystem

### Wendeplattenwechsel durch den Einsatz von Schwesterwerkzeugen

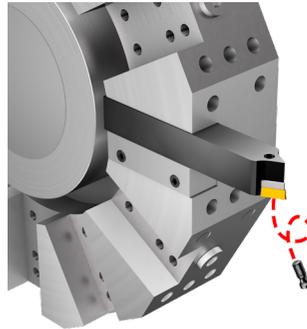


- Kürzere Nebenzeiten
- Weniger oder keine Messschnitte erforderlich. Verbesserte Rentabilität
- Keine Gefahr, die Schneidplattenschraube im Spanförderer zu verlieren
- Ergonomisch
- Einfache Säuberung des Plattensitzes außerhalb der Maschine.

0,5 min



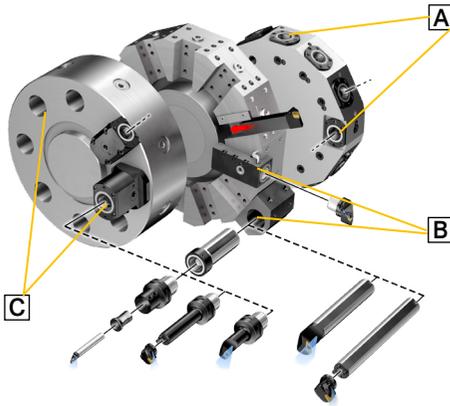
1,5 min



Der Wechsel auf ein Schwesterwerkzeug mit einem Schnellwechselsystem ist schneller, als ein Schneidplattenwechsel innerhalb der Maschine.

# Verschiedene Methoden zur Montage eines Schnellwechselsystems

## Werkzeugalternativen in herkömmlichen Revolvern



### A Hydromechanische Spanneinheiten

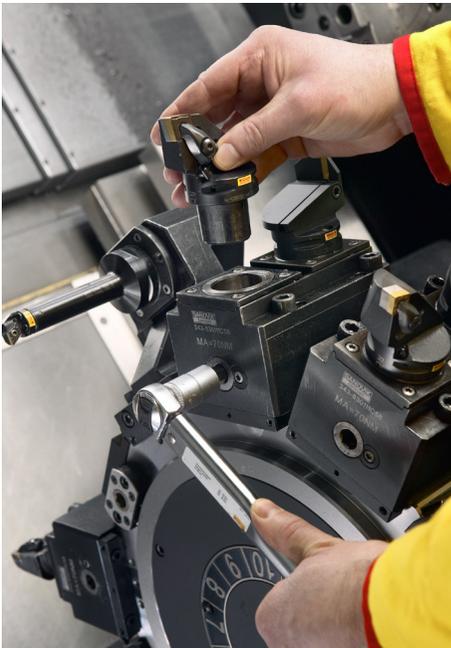
- Manuelle Druckknopflösung
- Vollautomatischer Werkzeugwechsel möglich.

### B Schaft-Spanneinheiten

- Quadratische und runde Schaftwerkzeuge sowie Schneidköpfe für die Außen- und Innenbearbeitung.

### C Spanneinheiten für VDI-Revolver

- Spanneinheiten in abgewinkelter und gerader Form für die Außen- und Innenbearbeitung.



Montagebeispiele.



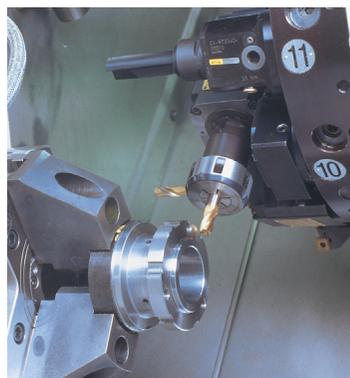
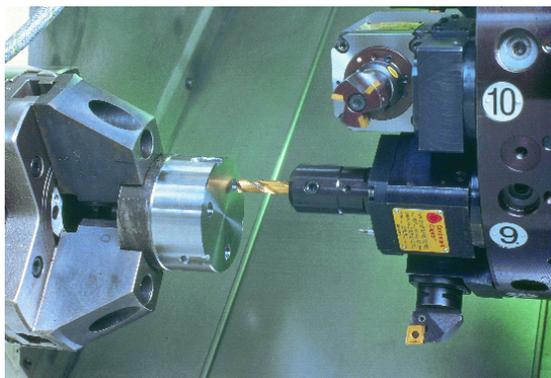
# Angetriebene Coromant Capto® Werkzeughalter

Angetriebene Werkzeuge gewährleisten eine erhebliche Verbesserung der Bearbeitungseffizienz. Sie gestatten Dreh-, Fräs- und Bohroperationen in einer einzigen Aufspannung.



- Angetriebene Werkzeughalter können für spezifische Maschinenanforderungen geliefert werden.

- Spindelgröße
  - Maschinentyp und -modell
  - Maximaler Drehdurchmesser des Revolvers
  - Maximale Werkzeuglänge.



Montagebeispiele.

# Modulare Werkzeuge für Bearbeitungszentren

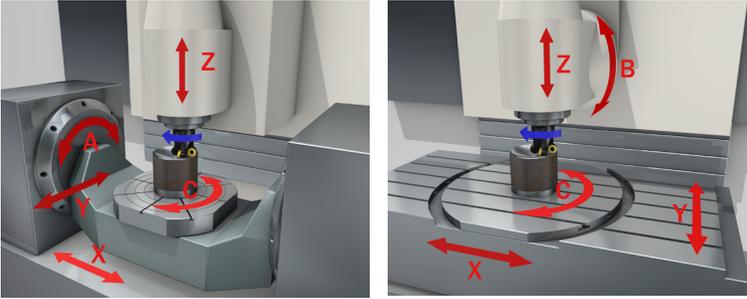


## Was ist ein Bearbeitungszentrum?

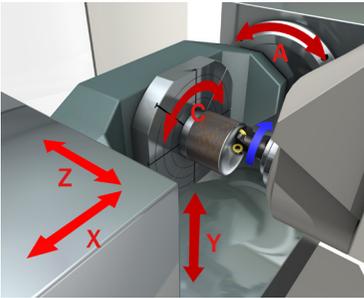
- Ein Bearbeitungszentrum ist eine multifunktionale Maschine, die im Regelfall Aufbohr-, Bohr- und Fräsbearbeitungen kombiniert.
- Bearbeitungszentren gibt es sowohl in horizontaler als auch in vertikaler Ausführung.
- 5-achsige Bearbeitungszentren verfügen zusätzlich zu den drei gängigen Achsen (X/Y/Z) noch über zwei weitere Achsen.

# Drehrichtung der Spindel und Definition der Achsen

## Konfiguration eines vertikalen Bearbeitungszentrums



## Konfiguration eines horizontalen Bearbeitungszentrums



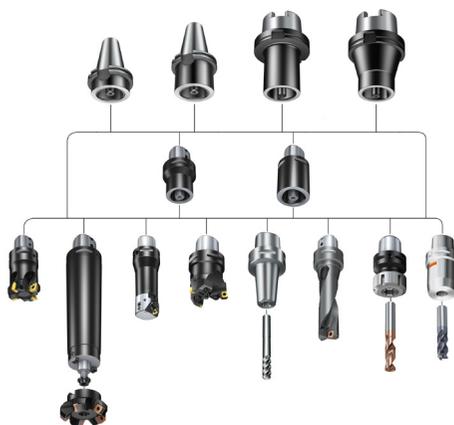
## Bearbeitungszentren gibt es in horizontaler und vertikaler Ausführung

- Die Standardausführung hat 3 Achsen. Die Spindel ist entlang der Z-Achsen aufgespannt.
- 4- und 5-achsige Bearbeitungszentren haben zusätzlich mehrere Achsen (A/B/C) zusammen zu den 3 normalen Achsen (X/Y/Z).
- Bei einigen 5-Achs-Maschinen mit Schlitten bewegt sich die 5. Achse um die X-Achse. Bei Maschinen mit B-Achsenkopf bewegt sich die 5. Achse um die Y-Achse (B-Achse).
- Die B-Achse kontrolliert die Neigung des Schneidwerkzeugs und die A- und C-Achse erlauben die Rotation des Werkstücks.

## Modulare Werkzeuge für Bearbeitungszentren

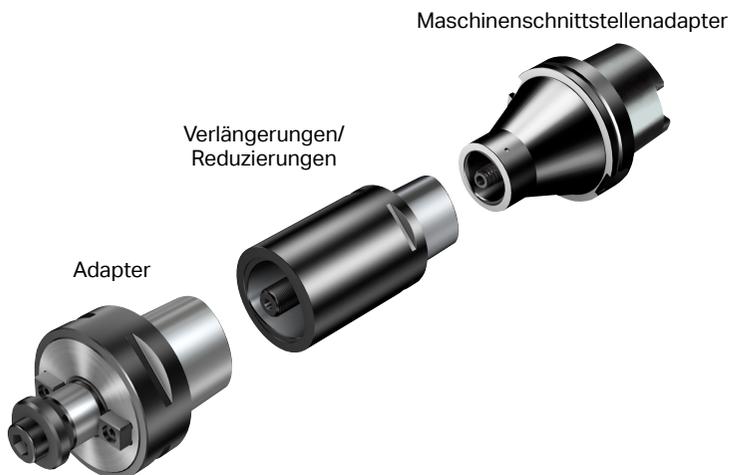
In einem Bearbeitungszentrum kann Ihnen ein modulares System zahlreiche Vorteile liefern, wie z. B.:

- Flexible Werkzeuge – das gleiche Werkzeug kann in verschiedenen Maschinen und Maschinenschnittstellen verwendet werden.
- Flexible Werkzeuge – stellen Sie sich Ihr eigenes Komplettwerkzeug zusammen und reduzieren Sie den Bedarf an Sonderlösungen drastisch.
- Reduzierter Werkzeugbestand.



## Stellen Sie sich Ihr eigenes Komplettwerkzeug zusammen

Verwenden Sie Coromant Capto® Adapter für alle Spindelschnittstellen



## Minimieren Sie den Werkzeughalterbestand in Bearbeitungszentren

Mit nur wenigen Artikeln bieten modulare Werkzeuge Zugang zu einer sehr großen Anzahl Werkzeuglösungen!

### Modular



### Einteilig



Anzahl der Artikel mit modularen Werkzeugen:  
 $4 + 2 + 30 + 10 = 46$  Artikel.

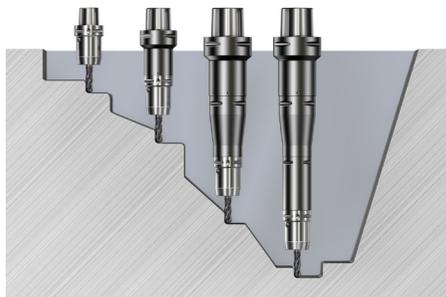
Anzahl an einteiligen Werkzeugen:  
 $4 \times 3 \times (30 + 10) = 480$  Artikel.

## Richtige Kombination für bestmögliche Steifigkeit

### Verlängerungen und Reduzierungen

Verlängerte Werkzeuge für Bearbeitungszentren sind häufig erforderlich, um die zu bearbeitende Fläche erreichen zu können. Mit dem modularen

Coromant Capto System lässt sich ein Werkzeug in passender Länge zusammenstellen.



- Es ist wichtig, die kürzestmögliche Länge zu verwenden, insbesondere, wenn lange Überhänge erforderlich sind.
- Mit modularen Werkzeugen ist es stets möglich, die optimalen Schnittdaten für eine optimale Produktivität zu verwenden!
- Modulare Werkzeuge lassen sich in wenigen Minuten zusammenbauen!
- Engere Toleranzen möglich.

# Alle primären Maschinenschnittstellen sind abgedeckt

Drehen

B

Abstechen und  
Einstecken

C

Gewindedrehen

D

Fräsen

E

Bohren

F

Aufbohren

G

Werkzeughalter

H

Zerspanbarkeit  
Sonstige Informationen

CAT-V 40  
CAT-V 50  
CAT-V 60  
ISO 40  
ISO 50  
ISO 60  
MAS-BT 30  
MAS-BT 40  
MAS-BT 50  
MAS-BT 60



CAT-V BIG PLUS® 40  
CAT-V BIG PLUS® 50

ISO BIG PLUS® 40  
ISO BIG PLUS® 50

MAS-BT BIG PLUS® 30  
MAS-BT BIG PLUS® 40  
MAS-BT BIG PLUS® 50

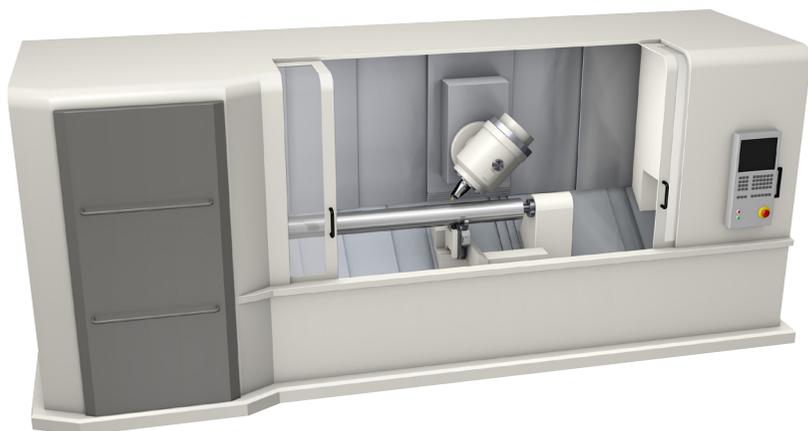


HSK A/C 40  
HSK A/C 50  
HSK A/C 63  
HSK A/C 80  
HSK A/C 100  
HSK A/C 125  
HSK A/C 160  
HSK A/C/T 40  
HSK A/C/T 63  
HSK A/C/T 100  
HSK F 80 (mit Stiften)



Coromant Capto® C3  
Coromant Capto® C4  
Coromant Capto® C5  
Coromant Capto® C6  
Coromant Capto® C8  
Coromant Capto® C10

# Modulare Werkzeuge für Multi-Task-Maschinen

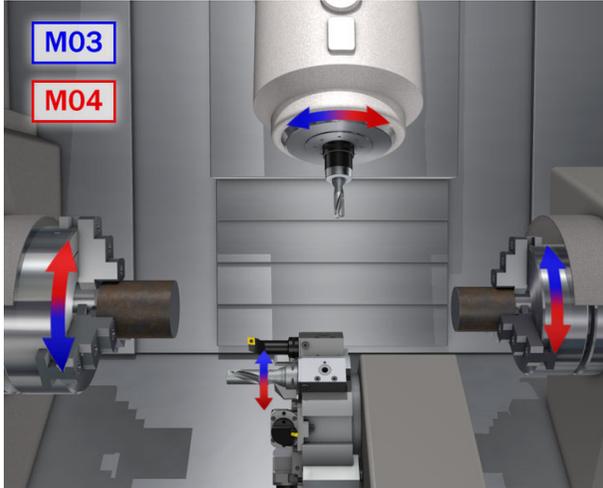


## Was ist eine Multi-Task-Maschine?

- Multi-Task-Maschinen sind in unterschiedlichen Konfigurationen erhältlich:
  - Horizontale oder vertikale Ausführung.
  - Zwei Spindeln (Haupt- und Gegenspindel) und eine B-Achse, wodurch Fräsen und Drehen auf beiden Seiten des Werkstücks möglich ist.
  - Jede Spindel agiert als Werkstückhalter. Eine mehrachsige Bearbeitung auf der Vorder- oder Rückseite des Werkstücks ist möglich.
- Durch den Einsatz einer Multi-Task-Maschine kann mit einer einzigen Aufspannung ein Werkstück komplett fertiggestellt und eine Vielzahl unterschiedlicher Bearbeitungsgänge wie Drehen, Fräsen, Konturfräsen, Fräsen geneigter Flächen und Schleifen durchgeführt werden.
- Multi-Task-Maschinen sind eine Kombination aus einem Drehzentrum und einem Bearbeitungszentrum.

# Definition der Spindelrichtungen

## Die Programmiersprache zur Definition der Spindelrichtung

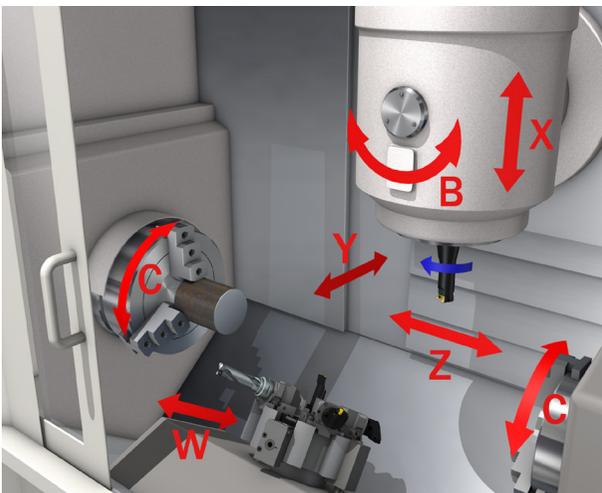


**M03** = Spindelrotation im Uhrzeigersinn

**M04** = Spindelrotation gegen den Uhrzeigersinn

## Konfiguration einer Multi-Task-Maschine

### Drehrichtung der Spindel und Definition der Achsen

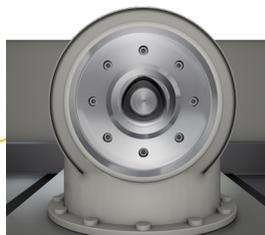
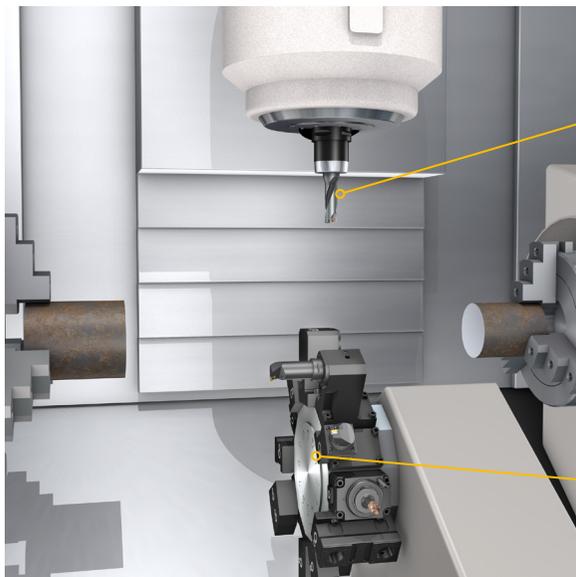


## Korrekte Anwendung modularer Werkzeuge in einer Multi-Task-Maschine

An der Frässpindel in einer Multi-Task-Maschine sollte man sowohl rotierende als auch nicht rotierende Werkzeuge aufspannen können. Coromant Capto® ist das einzige Werkzeugsystem, das diese Ansprüche ohne Kompromisse erfüllen kann.

Multi-Task-Maschinen werden häufig für Anwendungen eingesetzt, bei denen mit einer einzigen Aufspannung in einer Anwendungsfolge - vom Schruppen bis zum Schlichten - ein Werkstück fertiggestellt wird.

Daher erfordern Multi-Task-Maschinen ein Werkzeugsystem, das unübertroffene Steifigkeit und radiale wie axiale Wiederholgenauigkeit bietet, wie Coromant Capto von Sandvik Coromant.



Das Coromant Capto System ist direkt in die Spindel integriert.



Revolver mit Coromant Capto® Werkzeugsystem

Multi-Task-Maschine mit in der Werkzeugspindel integriertem Coromant Capto® System und untere Revolverscheibe mit Coromant Capto Spanneinheiten.

## Neue multifunktionale Werkzeuge für Multi-Task-Maschinen

Um die Vorteile der vielseitigen Multi-Task-Maschine auszunutzen und ihre Effizienz zu optimieren, ist es unter bestimmten Ansprüchen notwendig, diese mit einsatzspezifischen Werkzeugen zu verwenden. Diese Werkzeuge sind nur mit Coromant Capto erhältlich und wurden für Multi-Task-Maschinen entwickelt, sie bieten:

- Zugänglichkeit, Stabilität und höhere Produktivität
- Reduzierte Werkzeugwechselzeiten
- Einsparung von Platz im Werkzeugmagazin
- Kostenreduzierung - ein einziges Werkzeug ersetzt viele einzelne Werkzeuge.



Multifunktionale Werkzeuge  
– ein Fräs- und vier Drehwerkzeuge  
in einem



Twin-Tools  
– zwei Drehwerkzeuge in  
einem



Mini-Revolver  
– vier Drehwerkzeuge in einem

## Bauen Sie Ihren eigenen Mini-Revolver

### Vier Schneidköpfe, angebracht an einem Werkzeughalter



Wählen Sie aus einem umfangreichen Angebot an austauschbaren Schneidköpfen zum Drehen, Gewindedrehen, Abstechen und Einstechen, um ein optimiertes Werkzeug für Ihr spezifisches Werkstück zusammenzubauen.



- Kürzere Werkzeugwechsel
- Einsparung von Platz im Werkzeugmagazin
- Sowohl für die Innen- als auch Außenbearbeitung.

## Einsatz von Adaptern in einer Multi-Task-Maschine

### Werkzeugaufnahmen für Schaftwerkzeuge



Aufnahmen für Drehwerkzeuge für

- Schäfte
- Stangen
- Kassetten
- Mini-Revolver

...damit Schaftwerkzeuge auch in einer Multi-Task-Maschine mit einem in die Spindel integrierten modularen Werkzeugsystem verwendet werden können.

### Werkzeugaufnahme für Einsätze zum Abstechen



### Werkzeugaufnahme für Bohrstangen



# Spannfutter

## Vorteile der Verwendung von hydraulischen Spannfuttern

Hydraulikspannfutter, Heavy Duty Design

Hydraulikspannfutter, Slender Design

Hydraulikspannfutter, Pencil Design

Schrumpffutter



Spannaufnahmen,  
offen



Spannaufnahmen,  
gedichtet

Direkte Spannung



Direkte Spannung

ER-Spannzangenfutter



Spannaufnahmen,  
offen



Spannaufnahmen,  
gedichtet

## Auswahl an Spannfuttern

Hydraulik-  
spannfutterSchrumpf-  
futterMechanisches  
SpannfutterER-Spannzang-  
enfutterWeldon Adap-  
ter (Side-Lock),  
ISO 9766Schutz vor  
Werkzeugaus-  
zug, Drehmo-  
mentübertra-  
gungEinfache  
HandhabungHohe Präzisi-  
on, Rundlauf-  
genauigkeit

Flexibilität



Zugänglichkeit

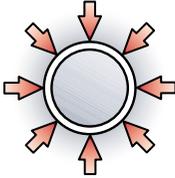


Sehr gut

Gut

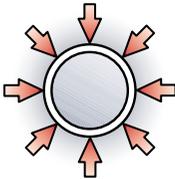
Akzeptabel

## Hydraulikspannfutter



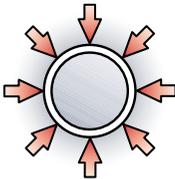
- Bester Schutz vor Werkzeugauszug auf dem Markt - die gleiche Spannkraft wiederholt sich immer wieder.
- Abweichung vom Rundlauf  $< 4 \mu\text{m}$  (.00016") bei 2.5 x DC - hohe Wiederholgenauigkeit.
- Einfache Handhabung mit Drehmomentschlüssel für sichere Klemmung.

## Schrumpffutter



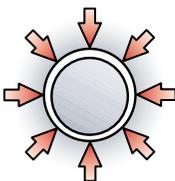
- Bester Schutz vor Werkzeugauszug und hohe Präzision.
- Kleiner Spitzendurchmesser möglich – gute Zugänglichkeit.
- Symmetrisches Design.

## Mechanische Spannfutter



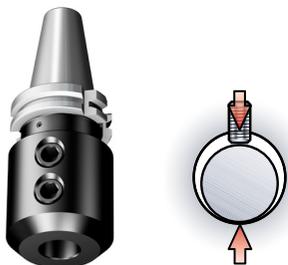
- Es können zylindrische Spannaufnahmen verwendet werden – gute Flexibilität.
- Zugänglichkeit aufgrund der Ausführung nicht optimal (oft Heavy Duty).

## ER-Spannzangenfutter



- Dank Spannzangen sehr flexibel im Bezug auf die Spanndurchmesser.
- Unabhängig von Schafttoleranz h6.
- Niedrige Drehmomentübertragung und mögliche Rundlauffehler

## Weldon Adapter (Side-Lock), ISO 9766

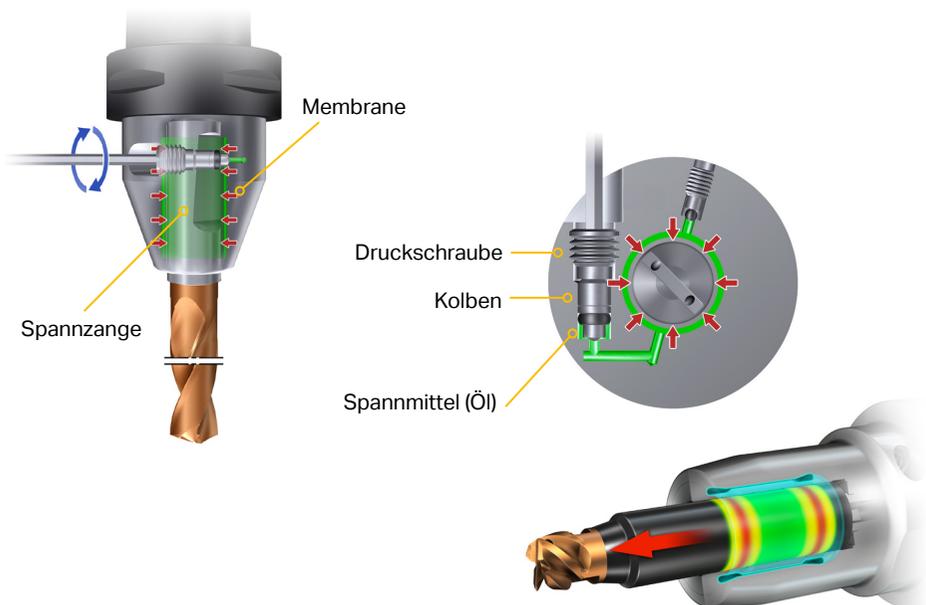


- Übertragung hoher Drehmomente.
- Niedrige Präzision – geringe Standzeit und schlechte Oberflächengüte.

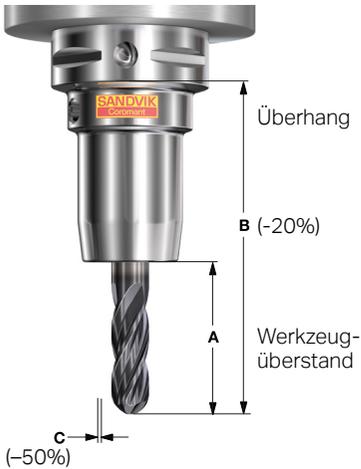
## Hydraulikspannfutter

Das ist das Geheimnis des hohen Präzisionsgrads und der hohen Sicherheit gegen Werkzeugauszug

- Eine neue Generation von hydraulischen Spannfuttern liefert höchste Präzision und die Fähigkeit zur höchsten Drehmomentübertragung.
- Das Geheimnis des hohen Präzisionsgrads und des Schutzes gegen Werkzeugauszug von CoroChuck 930 liegt in der optimierten Ausführung der Membran. Sie bietet eine sichere Spannung, indem durch Ausdehnung der gelöteten Membran zwei Spannbereiche (Fulcrums) erzeugt werden.



## Länge möglichst minimieren



- Für eine hohe Stabilität und geringe Abdrängung Werkzeuglänge möglichst gering halten.
- Längenreduzierung um nur 20% kann die Ablenkung signifikant reduzieren (-50%).

## Einfluss des Rundlauffehlers auf die Standzeit



- Rundlauffehler sollte  $< 0.006$  mm ( $< .001$  Zoll).
- Für jeden Rundlauf von  $0.01$  mm (.0004 Zoll) - bis zu 50% Verringerung der Standzeit.
- Mit abnehmendem Werkzeugdurchmesser nimmt der Einfluss zu.

# Anforderungen an Werkzeughalter

## Anwendung - Schruppen und Vorschlichten



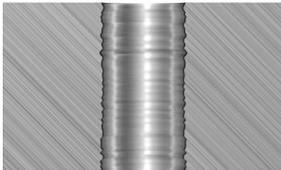
- Hauptkriterium = Spannkraft
- Hohe Drehmomentkapazität
- Für bestmögliche Leistung zylindrische Schäfte wählen
- Vielseitigkeit der Spannzangen.

## Anwendung - Schlichten



- Hauptkriterium = Rundlaufgenauigkeit
- Einfluss auf Standzeit und Werkstück - Oberflächengüte und Genauigkeit.

## Unwucht der Werkzeughalter



Unwucht der Werkzeughalter verursacht:

- Schlechte Oberflächengüte
- schlechte Werkstücktoleranzen
- Verkürzte Standzeit
- Verfrühter Verschleiß der Maschinenspindel.



A

Drehen

B

Abstechen und  
Einstecken

C

Gewindedrehen

D

Fräsen

E

Bohren

F

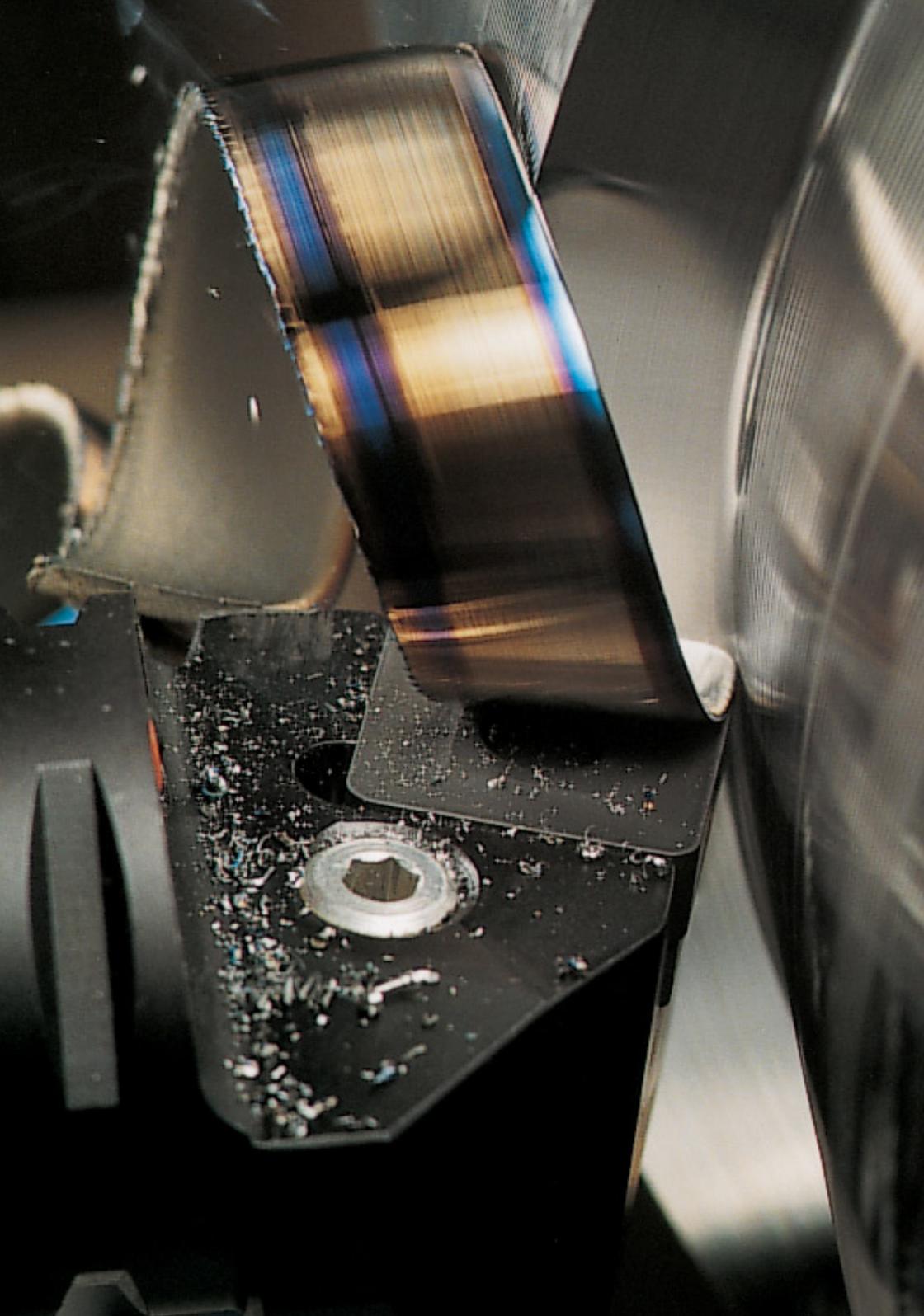
Aufbohren

G

Werkzeughalter

H

Zerspanbarkeit  
Sonstige Informationen



# Zerspanbarkeit

Die optimale Kombination aus Schneidstoff (Sorte) und Plattengeometrie für den zu bearbeitenden Werkstückstoff zu finden, ist wichtig für einen problemfreien und produktiven Zerspanungsprozess.

- Werkstoffe H 4
- Herstellung von Hartmetall H 18
- Die Schneidkante H 29
- Schneidstoffsorten H 40
- Pflege, Wartung & Werkzeugverschleiß H 52

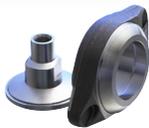
## Weitere Informationen

- Bearbeitungseffizienz H 63
- ISO 13399 - Der Industriestandard H 78
- Formeln und Definitionen H 81
- E-Learning H 92

# Werkstoffe

## Sechs Hauptgruppen

Die ISO-Standard-Werkstoffgruppen sind in sechs unterschiedliche Hauptgruppen unterteilt. Jede Gruppe weist dabei ganz spezielle Eigenschaften hinsichtlich der Zerspanbarkeit und Aufspannung auf, woraus sich unterschiedliche Anforderungen für das Werkzeug ergeben.

ISO P	Stahl	ISO M	Rostfreier Stahl	ISO K	Guss
					
ISO N	NE-Metalle	ISO S	Warmfeste Superlegierungen	ISO H	Gehärteter Stahl
					

**P** Die größte Vielfalt an Werkstücken findet sich wohl im P-Bereich, wobei unterschiedliche Branchen abgedeckt werden.

**N** Die Luftfahrtindustrie und Hersteller von Aluminiumrädern dominieren im N-Bereich.

**M** M-Bereich ist ein Großteil der Anwendungen im Bereich der Öl- und Gasindustrie, Rohr- und Flanschproduktion, der Prozessindustrie und pharmazeutischen Industrie zu finden.

**S** Schwierig zu zerspanende Werkstoffe aus dem ISO-S Bereich finden sich in der Luftfahrtindustrie, Gasturbinenindustrie und Energiegewinnung.

**K** Der K-Bereich wird dominiert von Bauteilen aus dem Fahrzeugbau, Maschinenbau und der Eisenhüttenindustrie.

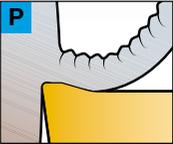
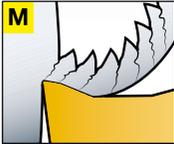
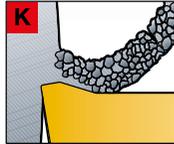
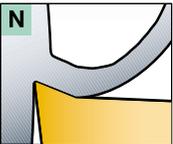
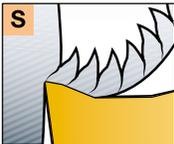
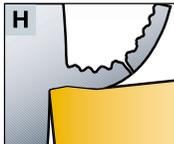
**H** Gehärtete Werkstoffe aus dem ISO-H Bereich kommen in zahlreichen Branchen wie der Automobilindustrie und Zulieferern sowie im Maschinenbau und dem Formen- und Gesenkbau vor.

# Eigenschaften der Spanbildung und Spanabfuhr

Zu identifizierende Faktoren zur Bestimmung der Zerspanbarkeit eines Werkstückstoffs sind:

- Die Klassifizierung (metallurgisch/mechanisch) des Werkstoffs.
- Die eingesetzte Mikro- und Makrogeometrie der Schneidkante.

-- Der Schneidstoff (die Sorte), z. B. beschichtetes Hartmetall, Keramik, kubisches Bornitrid, oder polykristalliner Diamant, usw.  
Die Auswahl hat großen Einfluss auf die Zerspanbarkeit des vorliegenden Werkstoffs.

ISO <b>P</b>	Stahl	ISO <b>M</b>	Rostfreier Stahl	ISO <b>K</b>	Guss
					
ISO <b>N</b>	NE-Metalle	ISO <b>S</b>	Wärmefeste Superlegierungen	ISO <b>H</b>	Gehärteter Stahl
					

**P** ISO-P Werkstoffe sind generell langspannend und haben einen kontinuierlichen und relativ gleichmäßigen Spanfluss. Abweichungen hängen in der Regel vom Kohlenstoffgehalt ab.

- Geringer Kohlenstoffgehalt = zäher, klebender Werkstoff.
- Hoher Kohlenstoffgehalt = spröder Werkstoff.

Schnittkräfte und erforderliche Antriebsleistung variieren nur sehr leicht.

**M** ISO-M Werkstoffe formen einen unregelmäßigen, lamellenförmigen Span, die Schnittkräfte sind im Vergleich zu normalem Stahl höher. Es gibt viele unterschiedliche Arten rostfreier Stähle. Der Spanbruch ist abhängig von den Legierungseigenschaften und der Wärmebehandlung und variiert von leicht bis nahezu unmöglich.

**K** Bei ISO-K Werkstoffen reicht die Form der Späne von fast pulverförmigen bis hin zu sehr langen Spänen. Der Leistungsbedarf in dieser Werkstoffgruppe ist normalerweise relativ gering. Beachten Sie, dass es einen erheblichen Unterschied zwischen Grauguss (oftmals fast pulverförmig) und Kugelgraphitguss gibt, bei dem der Spanbruch dem von Stahl ähnlicher ist.

**N** Geringe Leistung pro  $\text{mm}^3$  (Zoll<sup>3</sup>), erforderlich, aber aufgrund des hohen Zeitspanvolumen ist es dennoch ratsam, die max. erforderliche Leistung zu berechnen.

**S** Die Spanbildung ist unterschiedlich, die Schnittkräfte sind allgemein hoch.

**H** Oft ein kontinuierlicher, rotglühender Span. Die hohe Temperatur sorgt für einen niedrigen  $k_{c1}$ -Wert und fördert die Zerspanung.

# Die komplexe Welt der Zerspamung

Viele Parameter beeinflussen den Zerspamungsprozess



## Werkstoff

**P** Stahl

**M** Rostfreier Stahl

**K** Guss

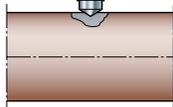
**N** NE-Metalle

**S** Warmfeste  
Legierungen

**H** Gehärteter Stahl

Die Werkstoffe werden gemäß ISO-Norm in 6 unterschiedliche Hauptgruppen unterteilt, wobei jede Gruppe ganz spezielle Eigenschaften hinsichtlich der Zerspambarkeit aufweist.

## Härte

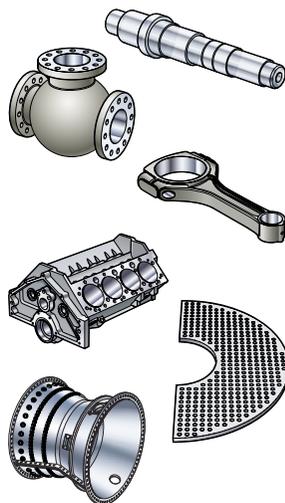


Härte Brinell



Im Regelfall besteht ein Bezug zwischen Werkstoffhärte und Standzeit, sowie zwischen Schnittdaten und Art der Geometrie und Sorte. Je größer die Härte, desto kürzer die Standzeit bei schnellerem Verschleiß der Schneidkante.

## Werkstück



Je nach Größe, Werkstoff, Aufspannung und Art der Bearbeitung werden unterschiedliche Werkzeuge benötigt (Drehen, Fräsen, Bohren, usw.).



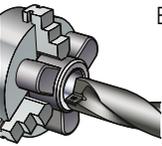
## Anwendung



Drehen



Fräsen



Bohren

**H** Schruppen/  
**R** Schwere  
Bearbeitung

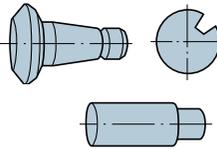
**M** Mittel

**L** Schlichten/  
**F** Leichte Bearbeitung

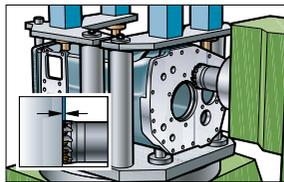
Es gibt drei Hauptanwendungen. Jede erfordert unterschiedliche Werkzeuge, Wendeschneidplatten und Sorten. Diese hängen auch von der Belastung der Schneidkante ab, vom Schlichten bis Schruppen.

## Bedingung

Zerspanungsbedingungen



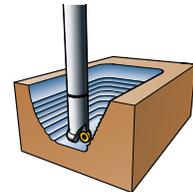
Aufspannbedingungen



Alle Werkstücke unterscheiden sich hinsichtlich Optik, Form und Größe. Einige Bauteile erfordern unterschiedliche Aufspannungen und stellen unterschiedliche Anforderungen an Werkstückspannung und Werkzeug.

Zerspanungs-  
umgebung

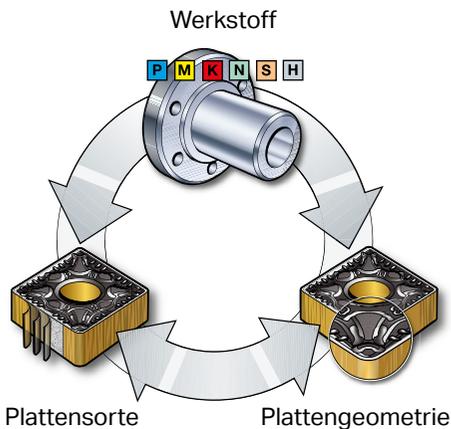
Kühlschmierstoff



Trockenbearbeitung

Die Zerspanungsleistung von Hartmetall ist bei hohen, konstanten Temperaturen am besten. Je nach Werkstückanforderungen und Bearbeitungsbedingungen ist daher die Trockenbearbeitung zu bevorzugen. Einige Sorten sind sowohl für die Trocken- als auch für die Nassbearbeitung ausgelegt und werden je nach Werkstückstoff und Qualitätsanforderungen eingesetzt.

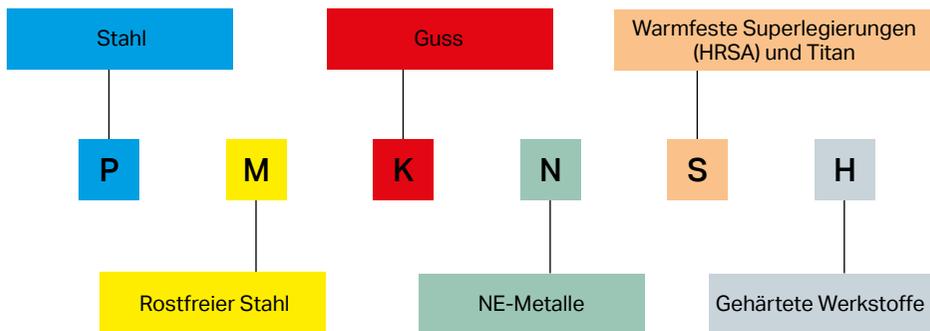
# Die Wechselwirkung zwischen Werkstoff, Geometrie und Sorte



- Die Wechselwirkung zwischen einer optimierten Geometrie und optimierten Sorte für einen bestimmten Werkstoff ist der Schlüssel zu einer erfolgreichen Zerspanung.
- Diese drei Hauptfaktoren müssen sorgfältig in die Überlegungen miteinbezogen und der jeweiligen Anwendung angepasst werden.
- Das Wissen und das Verständnis darüber, wie mit diesen Faktoren umgegangen werden kann, ist von grundlegender Bedeutung.

## Werkstoffe, Hauptgruppen

Die unterschiedlichen Werkstoffe werden mithilfe von MC-Codes in verschiedene Gruppen unterteilt



Innerhalb jeder Gruppe gibt es Untergruppen, je nach Härte des Werkstoffs,  $k_{c1}$ -Wert und metallurgischen und mechanischen Eigenschaften.

\* MC = Eine neue Werkstoffklassifizierung, die die CMC-Codes (Coromant Material Classification) ersetzt.

# MC-Code Struktur

Die Struktur des MC-Codes ist so aufgebaut, dass eine Vielzahl an Werkstoffeigenschaften und -beschaffenheiten des Werkstücks mithilfe einer Kombination aus Buchstaben und Zahlen dargestellt werden kann.

## Beispiel 1:

Der Code P1.2.Z.AN wird so interpretiert:

P = ISO-Code für Stahl

1 = Werkstoffgruppe: Unlegierter Stahl

2 = Werkstoff-Untergruppe: Kohlenstoffgehalt  $0.25\% \leq 0.55\%$  C

Z = Herstellungsprozess: Geschmiedet/gewalzt/kalt gezogen

AN = Wärmebehandlung: gegläht, angegeben mit Härtewerten

## Beispiel 2:

Der Code N1.3.C.UT wird so interpretiert:

N = ISO-Code für Nichteisenmetalle

1 = Werkstoffgruppe: Aluminiumlegierungen

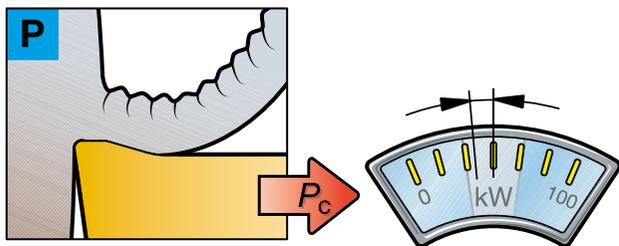
3 = Werkstoff-Untergruppe: NE-Metalle mit einem Si-Gehalt von 1-13%

C = Herstellungsprozess: Gießen

UT = unbehandelt

Die Darlegung der Materialzusammensetzung einschließlich Bearbeitungsprozess und Wärmebehandlung, Fertigungsschritte, die die mechanischen Eigenschaften beeinflussen, ergibt eine genauere Beschreibung, die zur Empfehlung verbesserter Schnittdaten verwendet werden können.

# Stahl ISO P – Haupteigenschaften



## Zerspanungseigenschaften:

- Lang spanender Werkstoff.
- Relativ einfache, problemfreie Spankontrolle.
- Stahl mit niedrigem Kohlenstoffgehalt ist klebrig und erfordert scharfe Schneidkanten.
- Spezifische Schnittkraft  $k_c$ :  
1500–3100 N/mm<sup>2</sup>  
(217,500–449,500 Pfund/Zoll<sup>2</sup>).
- Schnittkräfte und erforderliche Leistung zur Bearbeitung von ISO-P Werkstückstoffen innerhalb eines begrenzten Bereichs.

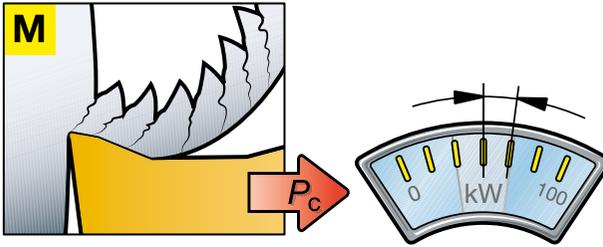
## Was ist Stahl?

- Stahl ist die größte Gruppe im Bereich der Zerspanung.
- Stähle können ungehärtet oder vergütet sein, mit einer Härte bis zu 400 HB.
- Als Stahl werden metallische Legierungen bezeichnet, deren Hauptbestandteil Eisen (Fe) ist. Stahl wird mittels eines Schmelzverfahrens hergestellt.
- Unlegierte Stähle haben einen Kohlenstoffgehalt von weniger als 0,8 % und enthalten nur Fe, keine anderen Legierungsanteile.
- Legierte Stähle haben einen Kohlenstoffgehalt von weniger als 1,7 % und enthalten Legierungselemente wie Ni, Cr, Mo, V, W.

ISO	MC	Werkstoff
<b>P</b>	P1	Unlegierter Stahl
	P2	Niedrig legiert (≤5% Legierungsanteile)
	P3	Hoch legierter Stahl (>5% Legierungsanteile)
	P4	Gesinterte Stähle

Für weitere Informationen zu MC-Codes, siehe Produktkataloge.

# Rostfreier Stahl ISO M – Haupteigenschaften



## Zerspanungseigenschaften:

- Lang spanender Werkstoff.
- Spankontrolle ist mittelmäßig in ferritischen, schwierig in austenitischen Stählen und Duplex-Stählen.
- Spezifische Schnittkraft:  
1800–2850 N/mm<sup>2</sup>  
(261,000–413,250 Pfund/Zoll<sup>2</sup>).
- Zerspanung des Werkstoffs führt zu hohen Schnittkräften, Aufbauschneidenbildung, Wärme und Deformationshärtung.

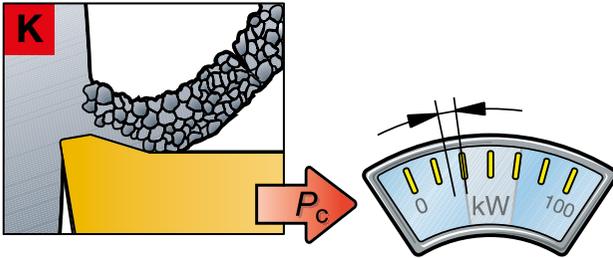
## Was ist rostfreier Stahl?

- Rostfreie Stähle sind Werkstoffe mit einem Legierungsanteil von min. 11–12% Chrom.
- Der Kohlenstoffgehalt ist oftmals gering (max. 0.01%).
- Legierungen sind vornehmlich Ni (Nickel), Mo (Molybdän), und Ti (Titan).
- Durch die Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Schicht auf der Stahloberfläche ist der Werkstückstoff korrosionsbeständig.

ISO	MC	Werkstoff
<b>M</b>	P5	Ferritischer/martensitischer rostfreier Stahl
	M1	Austenitischer rostfreier Stahl
	M2	Super austenitisch, Ni≥20%
	M3	Duplex (austenitisch/ferritisch)

Für weitere Informationen zu MC-Codes, siehe Produktkataloge.

# Gusseisen ISO K – Haupteigenschaften



## Zerspanungseigenschaften:

- Kurz spanender Werkstoff.
- Gute Spankontrolle bei sämtlichen Bedingungen.
- Spezifische Schnittkraft: 790–1350 N/mm<sup>2</sup> (114,550–195,750 Pfund/Zoll<sup>2</sup>).
- Zerspanung bei höheren Schnittgeschwindigkeiten resultiert in Abrasionsverschleiß.
- Moderate Schnittkräfte.

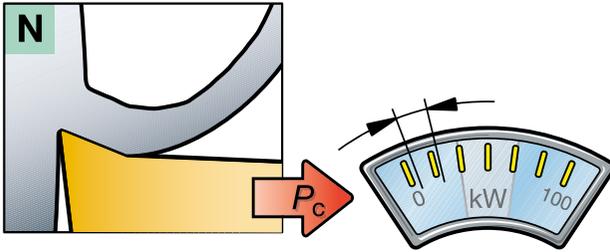
## Was ist Gusseisen?

- Es gibt drei Hauptformen von Gusseisen: Grauguss (GG), Kugelgraphitguss (GJS) und Vermiculargraphit (GVJ).
- Gusseisen ist eine Fe-C Verbindung mit einem relativ hohen Anteil an Si (1–3%).
- Der Kohlenstoffgehalt liegt über 2%, der max. Löslichkeit von Kohlenstoff in der Austenitphase.
- Cr (Chrom), Mo (Molybdän), und V (Vanadium) bilden mit Kohlenstoff Karbide (Hartmetalle). Anteile dieser Elemente steigern die Festigkeit und Härte, reduzieren jedoch die Zerspanbarkeit.

ISO	MC	Werkstoff
<b>K</b>	K1	Temperguss
	K2	Grauguss
	K3	Kugelgraphitguss
	K4	Vermiculargraphitguss
	K5	Bainitisches Gusseisen mit Kugelgraphit

Für weitere Informationen zu MC-Codes, siehe Produktkataloge.

# NE-Metalle ISO N – Haupteigenschaften



## Zerspanungseigenschaften:

- Lang spanender Werkstoff.
- Relativ einfache Spankontrolle, wenn legiert.
- Aluminium (Al) klebrig, erfordert scharfe Schneidkanten.
- Spezifische Schnittkraft:  
350–700 N/mm<sup>2</sup>  
(50,750–101,500 Pfund/Zoll<sup>2</sup>).
- Schnittkräfte und erforderliche Leistung zur Bearbeitung von ISO-N Werkstoffen innerhalb eines begrenzten Bereichs.

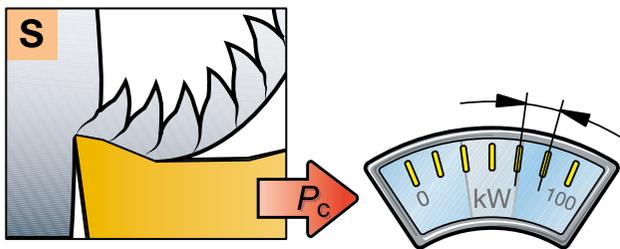
## Was sind NE-Metalle?

- Diese Gruppe umfasst nicht-eisenhaltige, weiche Metalle mit einer Härte von weniger als 130 HB.
- Aluminiumlegierungen (Al) mit bis zu 22% Silizium (Si) machen den größten Anteil aus.
- Kupfer, Bronze, Messing.
- Kunststoff.
- Verbundwerkstoffe (Kevlar).

ISO	MC	Werkstoff
<b>N</b>	N1	Nichteisenbasismetalle
	N2	Magnesiumbasislegierungen
	N3	Kupferbasislegierungen
	N4	Zinkbasislegierungen

Für weitere Informationen zu MC-Codes, siehe Produktkataloge.

# Warmfeste Superlegierungen und Titan ISO S – Haupteigenschaften



## Zerspanungseigenschaften:

- Lang spanender Werkstoff.
- Schwierige Spankontrolle (segmentierte Späne).

- Negativer Spanwinkel erforderlich bei Keramik, positiver Spanwinkel bei Hartmetall.

- Spezifische Schnittkraft:

Für HRSA:

2400–3100 N/mm<sup>2</sup>

(348,000–449,500 Pfund/Zoll<sup>2</sup>).

Für Titan:

1300–1400 N/mm<sup>2</sup>

(188,500–203,000 Pfund/Zoll<sup>2</sup>).

- Schnittkräfte und Leistungsbedarf ziemlich hoch.

## Was sind warmfeste Superlegierungen?

- Warmfeste Superlegierungen (HRSA) beinhalten eine Vielzahl an hoch legierten Eisen-, Nickel-, Kobalt sowie Titanbestandteilen.

Gruppen: Fe-basiert, Ni-basiert, Co-basiert

Bedingung: Geglüht, lösungsgeglüht, gealtert und gewalzt, geschmiedet, gegossen.

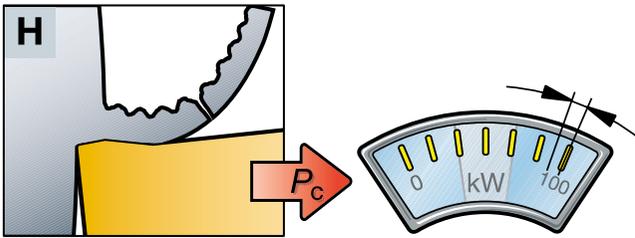
Eigenschaften:

- Erhöhter Legierungsanteil (bei Co mehr als bei Ni) resultiert in einer höheren Warmfestigkeit, Zugfestigkeit und Korrosionsbeständigkeit.

ISO	MC	Werkstoff
<b>S</b>	S1	Eisenbasislegierungen
	S2	Nickelbasislegierungen
	S3	Kobaltbasislegierungen
	S4	Titaniumbasislegierungen
	S5	Wolframbasislegierungen
	S6	Molybdänbasislegierungen

Für weitere Informationen zu MC-Codes, siehe Produktkataloge.

# Gehärteter Stahl ISO H – Haupteigenschaften



## Zerspanungseigenschaften:

- Lang spanender Werkstoff.
- Mittelmäßige Spankontrolle.
- Negativer Spanwinkel erforderlich.
- Spezifische Schnittkraft:  
2550–4870 N/mm<sup>2</sup>  
(369,750–706,150 Pfund/Zoll<sup>2</sup>).
- Schnittkräfte und Leistungsbedarf ziemlich hoch.

## Was ist gehärteter Stahl?

- Gehärteter Stahl macht die kleinste Gruppe im Bereich der Metallzerspanung aus.
- Diese Gruppe umfasst vergütete Stähle mit einer Härte von >45–65 HRC.
- Im Normalfall haben hart gedrehte Werkstücke jedoch eine Härte von 55–68 HRC.

Für weitere Informationen zu MC-Codes, siehe Produktkataloge.

ISO	MC	Werkstoff
<b>H</b>	H1	Stähle (45-65 HRC)
	H2	Kokillenhartguss
	H3	Stellite
	H4	Ferro-TiC

# Die spezifische Schnittkraft $k_{c1}$

$k_{c1}$  – der tabellarische Wert von  $k_c$  für 1 mm (.0394") Spandicke

$k_{c1}$

N/mm<sup>2</sup>

(Pfund/  
Zoll<sup>2</sup>)

6000  
(870,000)

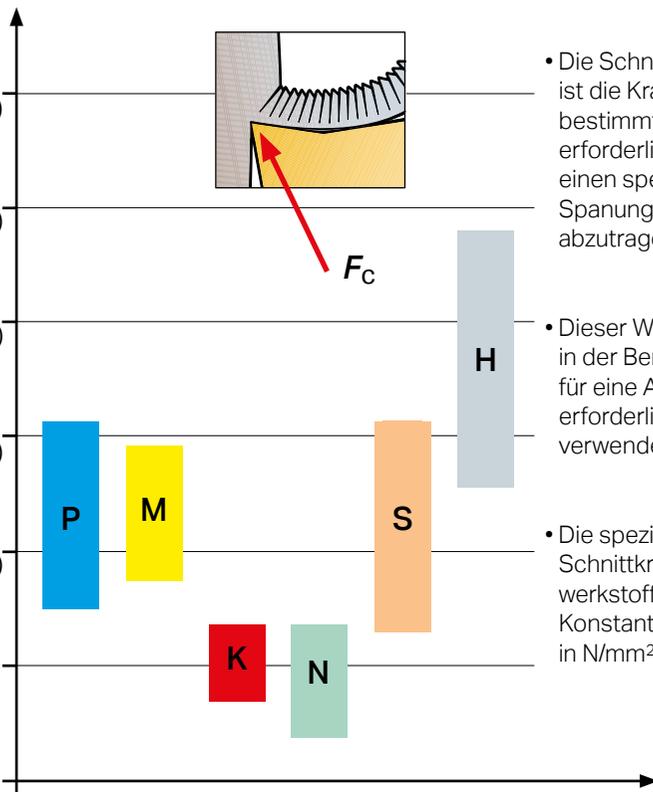
5000  
(725,000)

4000  
(580,000)

3000  
(435,000)

2000  
(290,000)

1000  
(145,00)



• Die Schnittkraft ( $F_C$ ) ist die Kraft, die unter bestimmten Bedingungen erforderlich ist, um einen spezifischen Spanungsquerschnitt abzutragen

• Dieser Wert ( $F_C$ ) wird in der Berechnung der für eine Anwendung erforderlichen Leistung verwendet

• Die spezifische Schnittkraft ( $k_{c1}$ ) ist eine werkstoffspezifische Konstante, ausgedrückt in N/mm<sup>2</sup> oder Pfund/Zoll<sup>2</sup>

Siehe Formeln unter spezifische Berechnungen.

$k_{c1}$ -Werte in N/mm<sup>2</sup> (Pfund/Zoll<sup>2</sup>)

**P**

1500 – 3100  
(217,500 – 449,500)

**N**

350 – 1350  
(50,750 – 195,750)

**M**

1800 – 2850  
(261,000 – 413,250)

**S**

1300 – 3100  
(188,500 – 449,500)

**K**

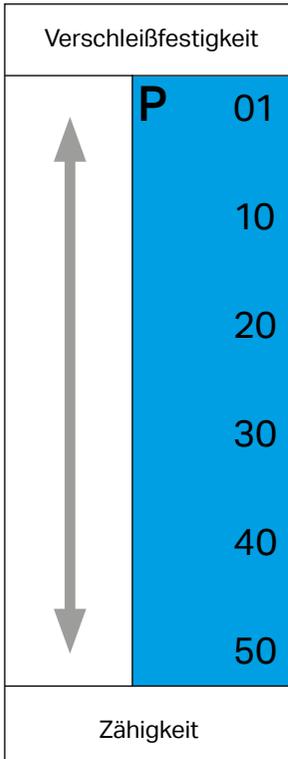
790 – 1350  
(114,550 – 195,750)

**H**

2550 – 4870  
(369,750 – 706,150)

# Die ISO-Bezeichnung im ISO-P Bereich

## Anwendungen und Bearbeitungsbedingungen



P01: Schlichtdrehen (Innen- und Außenbearbeitung); hohe Schnittgeschwindigkeit; kleiner Spanungsquerschnitt; hohe Oberflächengüte; enge Toleranzen; keine Vibrationen.

P10: Drehen; Kopieren; Gewindedrehen; Fräsen; hohe Schnittgeschwindigkeit; kleiner bis mittlerer Spanungsquerschnitt.

P20: Drehen; Kopieren; mittlere Schnittgeschwindigkeit; Plandrehen mit kleinem Spanungsquerschnitt; mittlere bis schwierige Bedingungen.

P30: Drehen; Fräsen, Plandrehen; mittlere bis geringe Schnittgeschwindigkeit; mittlerer bis großer Spanungsquerschnitt; Anwendungen mit anspruchsvollen Bedingungen.

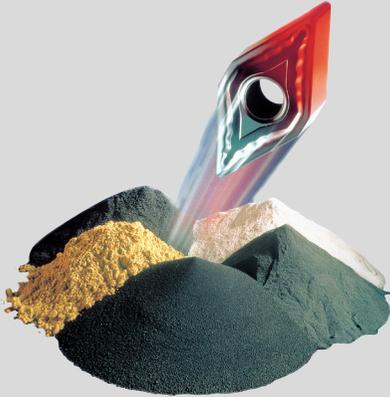
P40: Drehen; Plandrehen; Fräsen; Abstechen, Einstechen; niedrige Schnittgeschwindigkeit; großer Spanungsquerschnitt; großer Spanwinkel; sehr anspruchsvolle Bedingungen.

P50: Bei Bedarf sehr hoher Zähigkeit des Werkzeugs beim Drehen, Plandrehen, Einstechen, Abstechen, geringe Schnittgeschwindigkeit, großer Spanungsquerschnitt, großer Spanwinkel möglich, extreme anspruchsvolle Bedingungen.

Obiges Diagramm bezieht sich auf den ISO P Bereich. Diese Anforderungen gelten auch für andere ISO Werkstoffe, d. h. M, K, N, S, H.

# Herstellung von Hartmetall

Die Herstellung von Hartmetall-Wendeschneidplatten ist ein sorgfältig geplanter Prozess, bei dem zur anwendungsspezifischen Produktoptimierung die Geometrie und Sorte aufeinander abgestimmt werden.



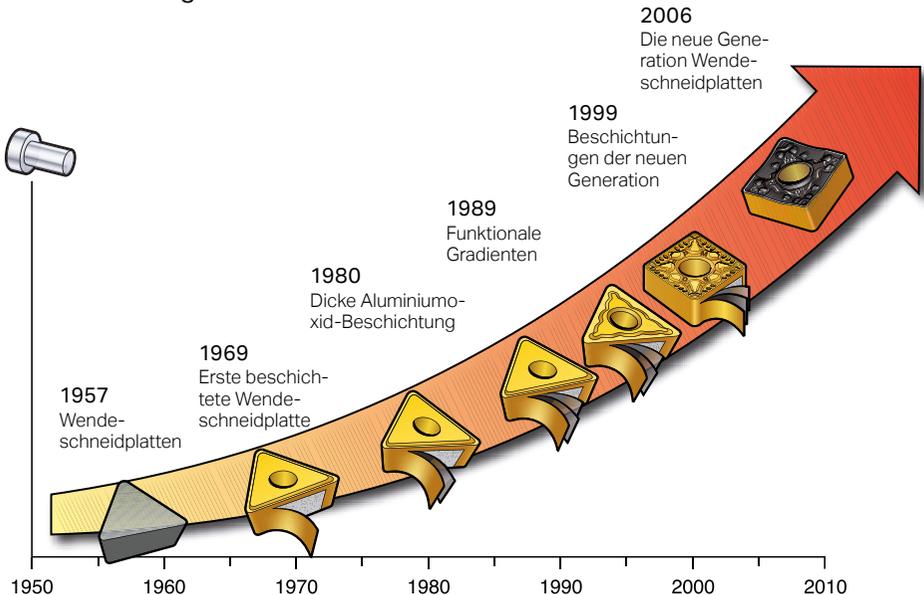
# Die Entwicklung von Schneidstoffen

Die Entwicklung besserer Hartmetallsubstrate, Beschichtungen und Geometrien führten zu Produktivitätssteigerungen und Kostensenkungen beim Endverbraucher.

Deutliche Produktivitätssteigerungen waren in den 60er und 70er Jahren möglich, als die ersten Beschichtungen entwickelt wurden.

Danach setzte sich die Entwicklung fort - mit neuen, modernen Substraten, Geometrien, Schneidkantenausführungen, Beschichtungstechnologien und der Nachbehandlung beschichteter Schneidkanten.

## Die Auswirkung auf die Produktivität beim Endverbraucher



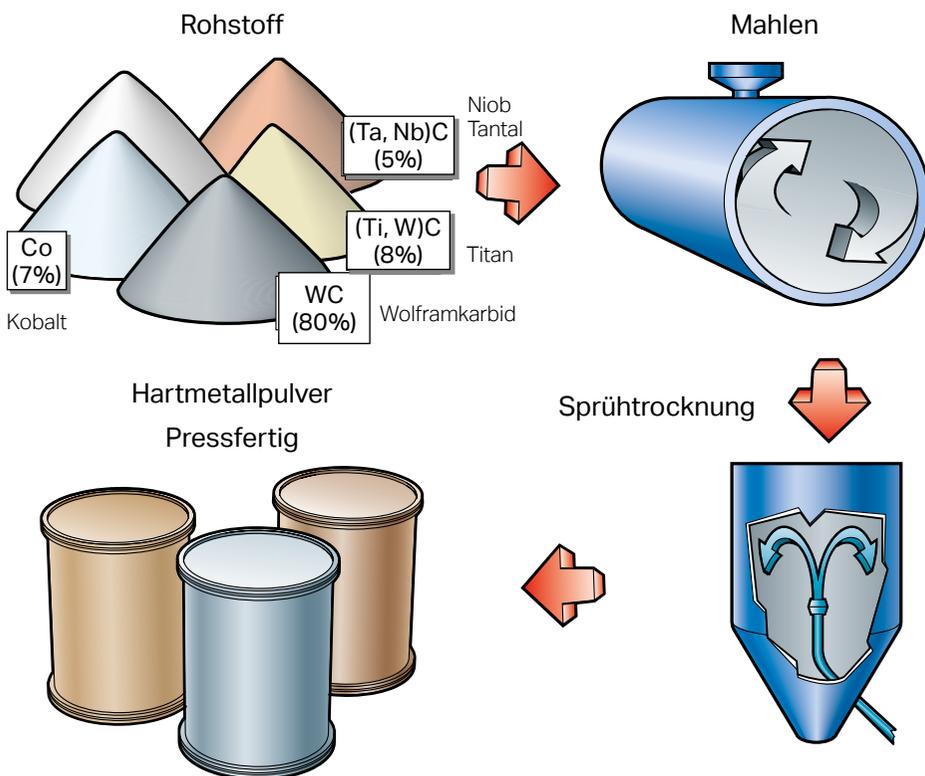
# Pulverherstellung

Die zwei Hauptelemente einer Hartmetall-Wendeschneidplatte sind:

- WC (Wolframkarbid)
- Co (Kobalt)

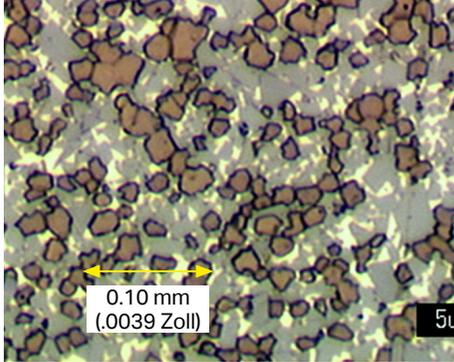
Andere häufig verwendete Elemente sind Titan-, Tantal-, und Niob-Karbide. Die unterschiedlichen Arten von Pulver und Prozentanteile der Elemente machen die verschiedenen Sorten aus.

Das Pulver wird gemahlen, sprühtrocknet, gesiebt und in Behälter gefüllt.



# Wolframpulver

## Die Größe der Wolframkarbidkörner

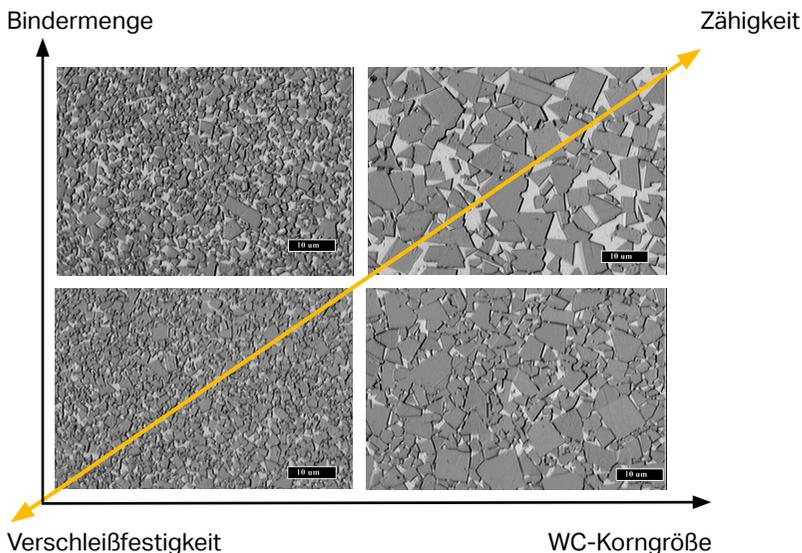


Der Hauptrohstoff zur Herstellung von Hartmetall ist Wolframkonzentrat. Wolframpulver wird aus Wolframoxid hergestellt, das chemisch aus dem Rohstoff gewonnen wird. Durch Veränderung der Reduktionsbedingungen kann Wolframpulver in unterschiedlichen Korngrößen hergestellt werden. Die Hartmetallkörner sind nach der Sprühtrocknung klein und variieren größenmäßig je nach Sorte.

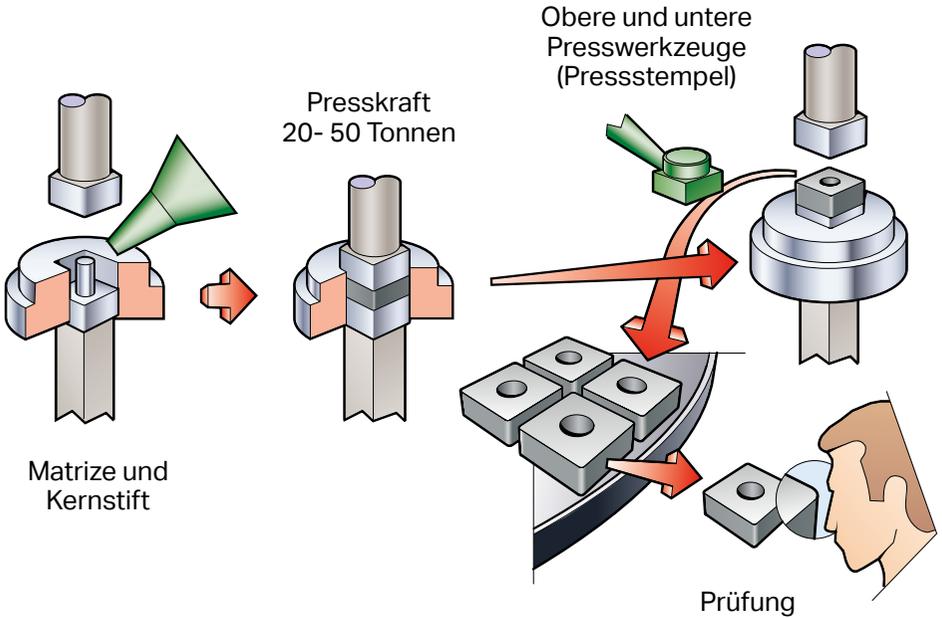
## Die Haupteigenschaften von Hartmetall

Neben der Wolframkarbid-Korngröße bestimmt der Bindemittelphasengehalt (Kobalt) die Hartmetalleigenschaften. Ein höherer Co-Gehalt und eine größere WC-Korngröße erhöhen die Grundzähigkeit, mindern jedoch die Härte. Als Folge ist der

Widerstand des Substrats gegen plastische Deformation geringer.



# Pressen von Pulverpresslingen



Zum Pressen sind verschiedene Werkzeuge erforderlich:

- Obere und untere Presswerkzeuge (Presstempel)
- Kernstift
- Hohlraum.

Der Pressvorgang:

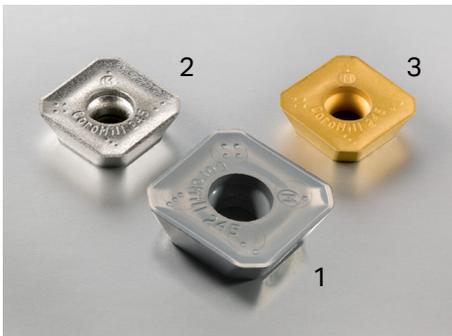
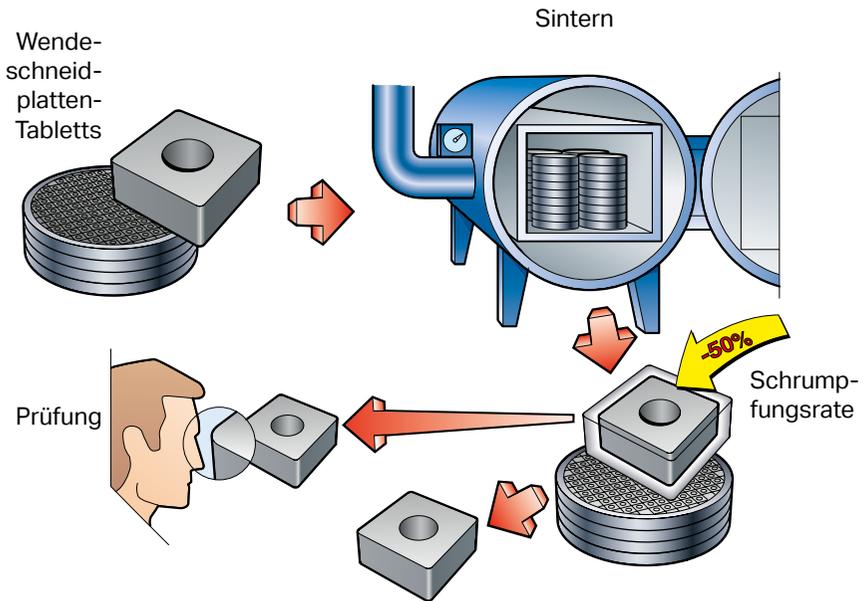
- Pulver wird in Hohlraum gefüllt
- Oberes und unteres Presswerkzeug werden aufeinander gepresst (20-50 Tonnen Presskraft)
- Die Wendeschneidplatte wird aufgenommen und von einem Roboter auf einem Graphitteller platziert
- Stichprobenkontrolle zur Gewichtsüberprüfung.

Porösität der Wendeschneidplatte in diesem Zustand bei 50%.

# Sintern der gepressten Wendeschneidplatten

Der Sintervorgang besteht aus mehreren Phasen:

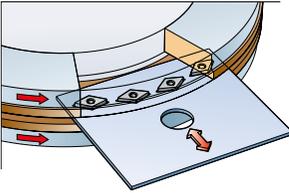
- Beladung des Sinterofens mit Wendeschneidplatten-Tellern.
- Temperatur wird auf  $\sim 1400\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $\sim 2550\text{ }^{\circ}\text{F}$ ) erhöht.
- Bei diesem Prozess wird das Kobalt geschmolzen, und das Kobalt wird zum Binder.
- Die Wendeschneidplatte schrumpft um bis zu 18 % in alle Richtungen während des Sinterns, das entspricht circa 50 % des Volumens.



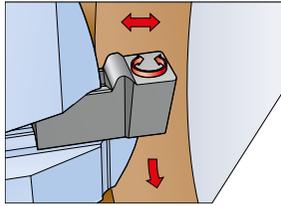
1. Ungesinterte Wendeschneidplatte
2. Gesinterte Wendeschneidplatte
3. Beschichtete Wendeschneidplatte

# Unterschiedliche Arten von Schleifmethoden

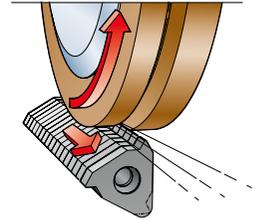
Auflageflächen schleifen



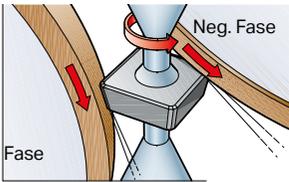
Freiformschleifen



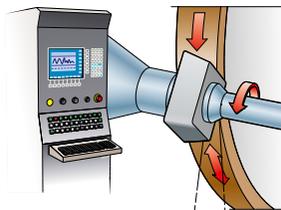
Profilschleifen



Fasenschleifen

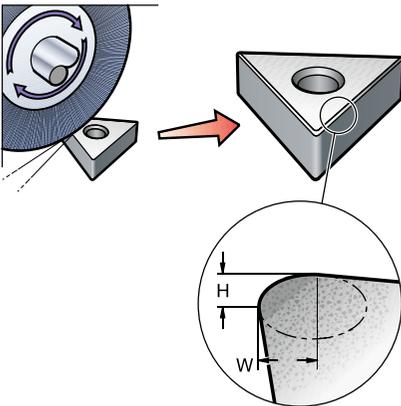


Peripherieschleifen



## Die Verstärkung der Schneidkante

Die Kantenverrundung verleiht der Schneidkante die endgültige Mikrogeometrie.

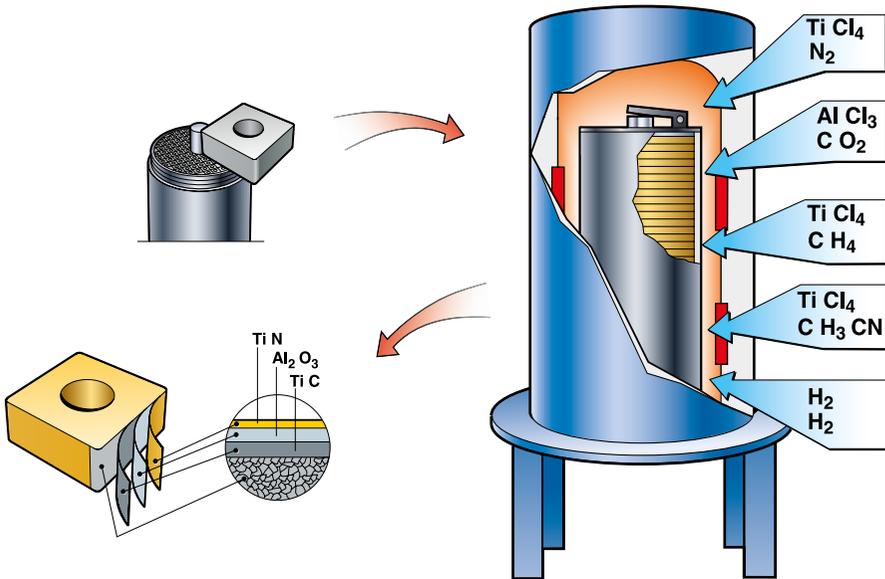


- Die Kantenverrundung wird vor dem Beschichten durchgeführt.
- Das Verhältnis zwischen W/H ist von der Anwendung abhängig.

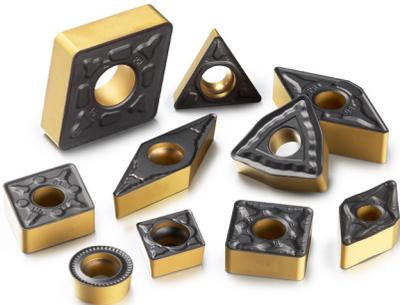
Normalerweise entspricht die Kantenverrundung der Dicke eines Haares, Durchmesser:  $\sim 80 \mu\text{m}$  ( $\sim .0031$  Zoll).

## CVD - Chemische Gasphasenabscheidung (Chemical Vapour Deposition)

Mehrere Wendeschneidplatten-Teller werden gestapelt in einem Ofen platziert, eine Reihe von Gasen wird in die Kammer geleitet, das Gas wird abgeführt und eine weitere Reihe zugeführt. Dieser Vorgang wird wiederholt, bis die einzelnen Schichten der Beschichtungen vollständig sind. Der Vorgang wird bei circa. 900° C (1650° F) für 30 Stunden durchgeführt. Die Dicke beträgt circa 2-20 Mikrometer (.00008-.0008 Zoll).



### Die Vorteile von CVD-Beschichtungen

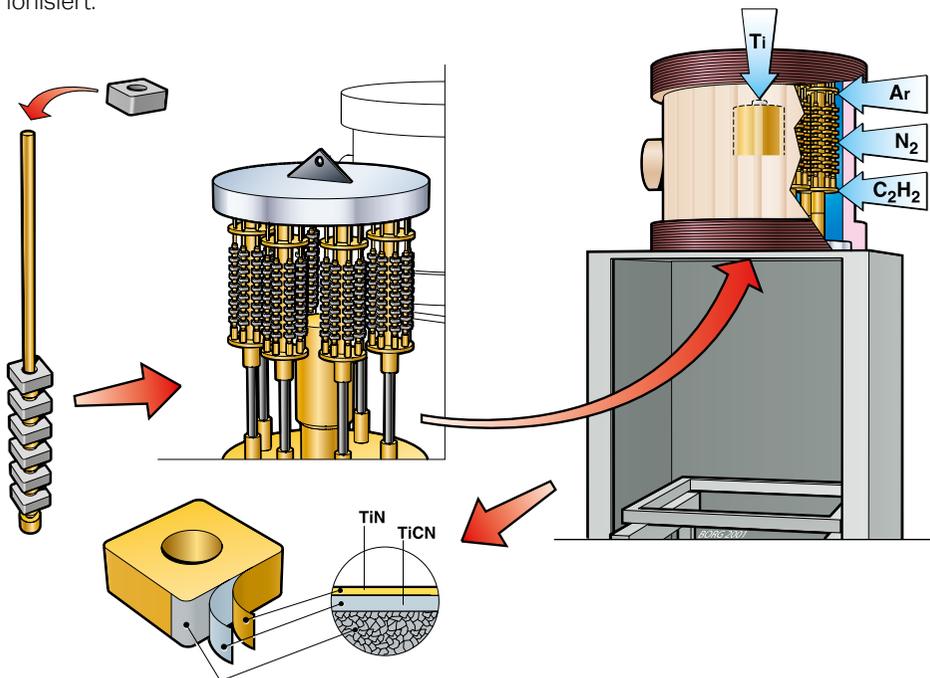


- Dicke Beschichtungen möglich.
- Gleichmäßige Beschichtungen möglich.
- Sehr gute Haftung am Hartmetallsubstrat.
- Sehr gute Verschleißfestigkeit.
- Oxidbeschichtungen möglich.

## PVD - Physikalische Gasphasenabscheidung (Physical Vapour Deposition)

Die Wendeschneidplatten-Teller werden auf Vorrichtungen in die Beschichtungskammer gelegt. Das abzuscheidende Material, das sogenannte Target, wird an den Kammerwänden positioniert. Häufigstes Target ist Titan (Ti). Das abzuscheidende Material wird auf eine Temperatur erhöht, bei dem das Metall ionisiert.

Durch die Verwendung von Gas als Träger können die Ionen vom Target zu den Wendeplatten transportiert werden. Da die Wendeschneidplatten kühler sind, beginnen sie sich durch Kondensation an der Oberfläche der Wendeschneidplatte abzulagern, es kommt zur Schichtbildung.



Die Dicke der Beschichtung liegt zwischen 2-6 Mikrometer (.00008-.0002 Zoll), je nach Anwendungsbereich der Wendeschneidplatte.

Die gängigsten PVD-Schichten sind TiN, Ti(C,N), (Ti,Al)N, (Ti,Al,Cr)N und neuerdings auch Aluminiumoxide.

Die Vorteile von PVD-Beschichtungen

- PVD bietet gute Schneidkantenstabilität.
- Bei PVD-Beschichtungen kann eine "scharfe" Schneidkante bewahrt werden.
- PVD kann für gelötete Spitzen verwendet werden.
- PVD kann für Vollhartmetallwerkzeuge verwendet werden.

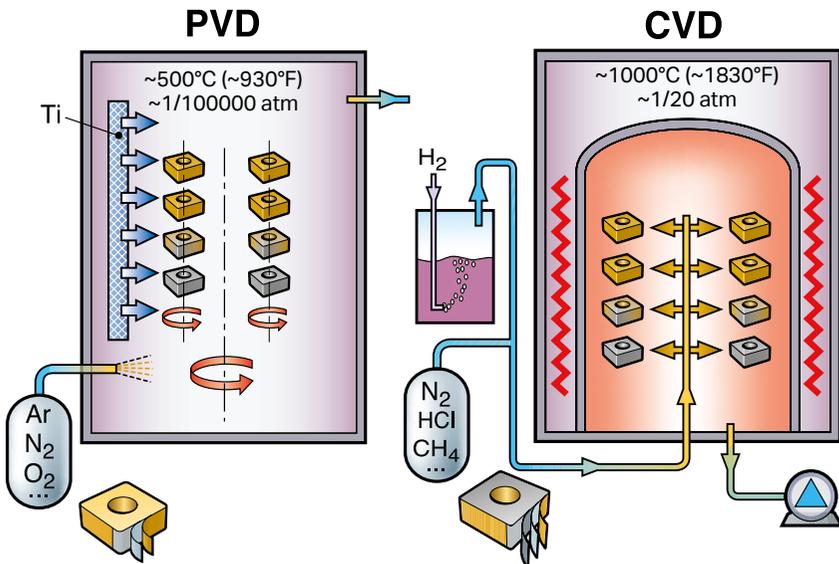
# PVD vs. CVD-Beschichtungsprozess

## PVD - Physikalische Gasphasenabscheidung (Physical Vapour Deposition)

Bei der physikalischen Gasphasenabscheidung (PVD) erfolgt die Beschichtung durch Metaldampfkondensation an Schneidplattenoberflächen. Die PVD-Beschichtung funktioniert genau so, wie wenn feuchte Luft kondensiert und sich so auf kalten Straßen eine Eisschicht bildet. Eine PVD-Beschichtung erfolgt bei wesentlich geringeren Temperaturen als eine CVD-Beschichtung. Normalerweise betragen die Temperaturen bei der PVD-Beschichtung circa 500° C (930° F). Die Dicke der Beschichtung liegt zwischen 2-6 Mikrometer (.00008-.0002 Zoll), je nach Anwendungsbereich der Wendeschneidplatte.

## CVD - Chemische Gasphasenabscheidung (Chemical Vapour Deposition)

Bei der chemischen Gasphasenabscheidung erfolgt die Beschichtung über die chemische Reaktion unterschiedlicher Gase. Temperatur, Zeit, Gasfluss, Gasatmosphäre usw. werden sorgfältig überwacht, um die Ablagerung der Schichten zu steuern. Je nach Beschichtungsart liegt die Temperatur im Reaktor bei 800 bis 1100 Grad Celsius (1470 bis 2000 Grad Fahrenheit). Je dicker die Beschichtung, desto länger dauert der Vorgang. Die dünnste CVD-Beschichtung beträgt gegenwärtig weniger als 4 Mikrometer (.00016 Zoll) und dickste mehr als 20 Mikrometer (.0008 Zoll).

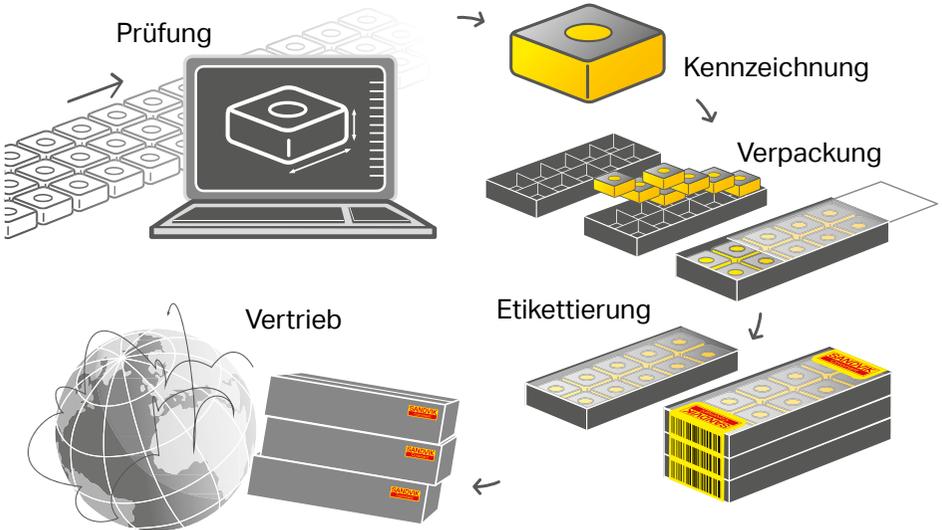


- Dünnere Beschichtung
- Schärfere Schneidkanten
- Zäher

- Dickere Beschichtung
- Verschleißfester
- Thermisch widerstandsfähiger

## Sichtprüfung, Kennzeichnung und Verpackung

Vor dem Verpacken wird jede Wendeschneidplatte noch einmal überprüft und mit den Fertigungsvorgaben verglichen. Anschließend wird die Platte mittels Laser mit der entsprechenden Sortenbezeichnung beschriftet und in eine graue Box mit Etikett gegeben. Nun ist sie fertig zum Versand an die Kunden.



# Die Schneidkante

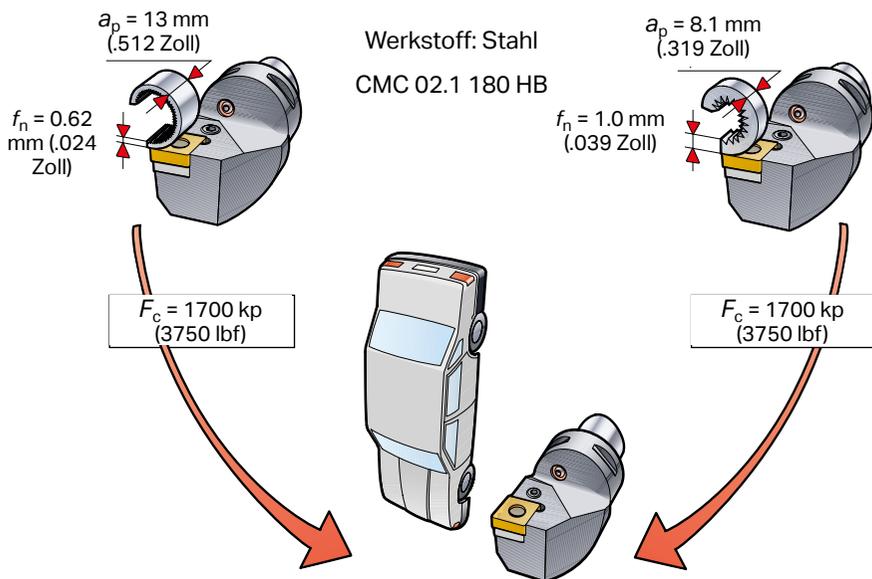
Die Konstruktion der Schneidkante und Plattengeometrie ist für die Spanbildung und Standzeit bei der Zerspanung von entscheidender Bedeutung.



## Die hohe Schnittkraft auf die Schneidkante

Hartmetall verfügt über eine hohe Druckfestigkeit und kann außerdem bei hohen Temperaturen ohne plastische Deformation arbeiten. Darüber hinaus widersteht Hartmetall hohen Schnittkräften ( $F_c$ ) ohne Gefahr eines Plattenbruchs, solange die Wendeschneidplatte ausreichend stabilisiert ist.

Um die harten Anforderungen an eine Schneidkante zu verstehen, haben wir unten zwei Schnittdatenbedingungen für einen Schneidkopf aufgeführt. Sie erzeugen die gleiche Schnittkraft ( $F_c$ ) auf die Schneidkante.



Die Schnittkraft entspricht dem Gewicht eines PKWs.

Berechnung von  $F_c$  Werkstoff: MC P2 (niedrig legierter Stahl) 180 HB  
Spezifische Schnittkräfte  $k_{c1} = 2100 \text{ N/mm}^2$  (304,563 Pfund/Zoll<sup>2</sup>)

$$F_c = k_{c1} \times a_p \times f_n$$

$$F_c = 2100 \text{ N/mm}^2 \times 13 \text{ mm} \times 0.62 \text{ mm} = 16926 \text{ Newton (N)} = 1700 \text{ kp}$$

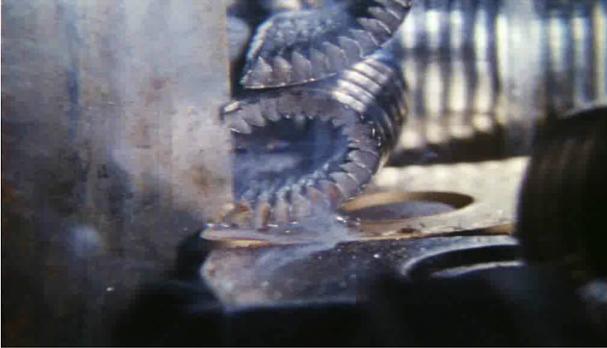
$$F_c = 304,563 \text{ Pfund/Zoll}^2 \times .512'' \times .024'' = 3742 \text{ Pfund (lbf)} = 1700 \text{ kp}$$

1 Pfund = 0.4535 Kilogramm (kg),

1N = 0.101 kg

kp = Kilopond oder Kilogramm

## Ausgangspunkt der Zerspanung ist die Schneidkante

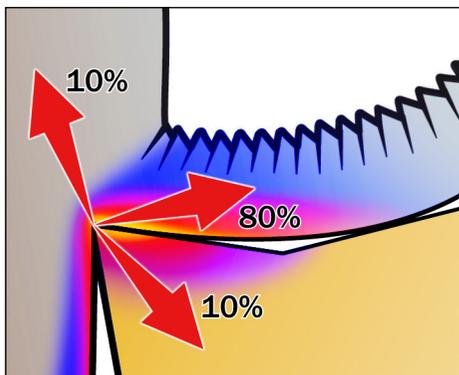


Hochgeschwindigkeitsaufnahmen typischer Spanbruchsequenzen.

## Temperatur in der Schnittzone

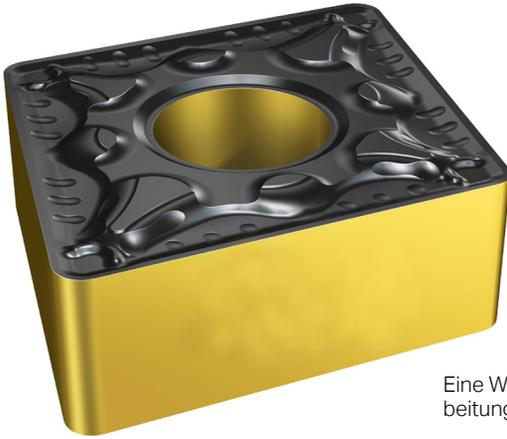
Während der Zerspanung entsteht die größte Wärme auf der Oberfläche der Wendeschneidplatte, am Spanbrecher und nahe der Schneidkante.

Hier ist der Druck am höchsten, weshalb in Kombination mit der Reibung zwischen Span und Hartmetall diese hohen Temperaturen entstehen.



- Spanwinkel, Geometrie und Vorschub spielen eine wichtige Rolle bei der Spanbildung.
- Der Wärmeabtransport aus der Schnittzone durch Späne (80%) ist ein Schlüsselfaktor.
- Die restliche Wärme verteilt sich im Normalfall gleichmäßig auf das Werkstück und Werkzeug.

# Die Ausführung einer modernen Wendeschneidplatte



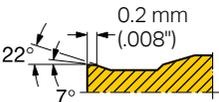
Eine Wendeschneidplatte zur mittleren Drehbearbeitung von Stahl.

## Begriffsdefinitionen und Geometrieausführung

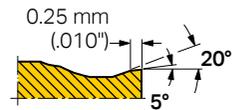
### Eckenausführung

Makrogeometrie mit  
Spanbrecher

Geometrie für mittlere  
Schnitttiefen



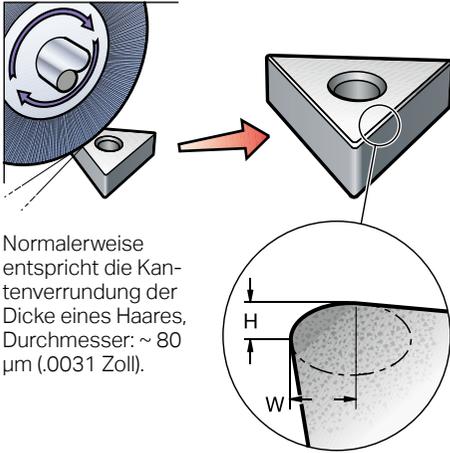
### Ausführung der Hauptschneidkante



- Schneidkantenverstärkung 0.25 mm (.010")
- Spanwinkel 20°
- Primärfase 5°

# Die Verstärkung der Schneidkante

Die Kantenverrundung verleiht der Schneidkante die endgültige Mikrogeometrie

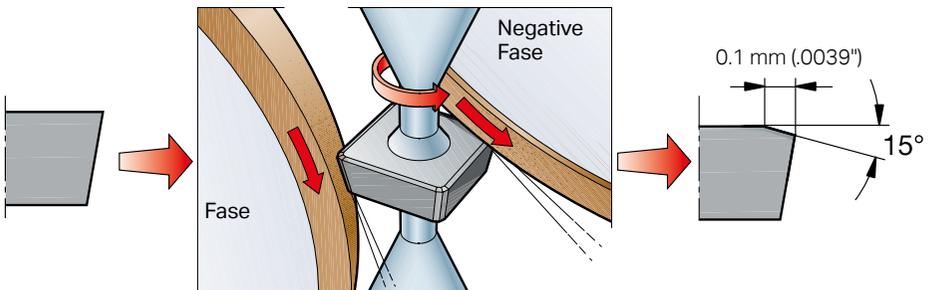


Normalerweise entspricht die Kantenverrundung der Dicke eines Haars, Durchmesser:  $\sim 80 \mu\text{m}$  (.0031 Zoll).

- Die Kantenverrundung wird vor dem Beschichten vorgenommen und verleiht der Schneidkante ihre endgültige Form (Mikrogeometrie).
- Das Verhältnis zwischen W/H ist von der Anwendung abhängig.

## Eine negative Fase erhöht die Stabilität der Schneidkante

Wendeplatten zum Fräsen haben häufig eine negative Fase und verstärkte Schneiden, wodurch sie bei Bearbeitungen mit Schnittunterbrechungen stabiler und sicherer sind.

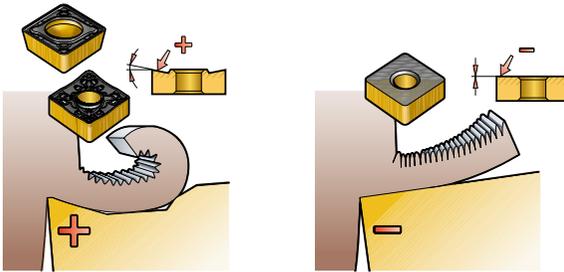


- Eine negative Fase erhöht die Stabilität der Schneidkante, verursacht aber auch höhere Schnittkräfte.

# Spanwinkel der Wendeschneidplatte

Der Spanwinkel ( $\gamma$ ) kann entweder positiv oder negativ sein.

Basierend darauf gibt es negative oder positive Wendeschneidplatten, bei denen der Freiwinkel entweder Null oder einige Plusgrade beträgt. Dies bestimmt, wie die Wendeschneidplatte im Werkzeughalter geneigt wird und führt entweder zu einer negativen oder positiven Schneidwirkung.



- Der Spanwinkel wird durch die Schneidenebene und Freifläche gebildet und senkrecht zum Werkstück gemessen.

## Positive und negative Schneidwirkung

Drehbearbeitungen erfordern eine stabile Schneidkante, die über lange Zeit, kontinuierlich bei hohen Temperaturen arbeiten kann. Dies verlangt eine Schneidkante, die unter anderem gute Spanbrucheigenschaften und einen hohen Widerstand gegen verschiedene Verschleißarten sowie plastische Deformation aufweist.

Beim Fräsen ist die Schneidwirkung stets unterbrochen, und die Schneidkante muss über eine hohe Grundzähigkeit verfügen, um bruchsicher zu sein. Große Temperaturschwankungen an der Schneidkante aufgrund unterbrochener Schnitte heißt auch, dass der Widerstand gegen Kammrisse entscheidend ist.

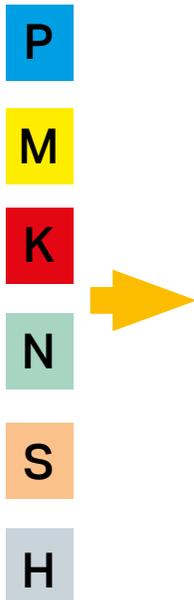
Beim Bohren muss die Schneidkante stabil genug sein, um sehr geringen Schnittgeschwindigkeiten (Null in Bohrermitte) standhalten zu können.

In den meisten Bohranwendungen wird Kühlschmierstoff zur Spanabfuhr zugeführt, wodurch die Schneidkante durch die Temperaturunterschiede zusätzlich belastet wird. Zur Abfuhr der Späne aus den engen Spankanälen und dem Innern der Bohrung sind gute Spanbrucheigenschaften notwendig.

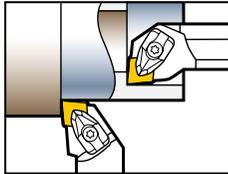
# Spitzenleistung bei der Zerspanung

## Einsatzbezogene Wendeschneidplatten für unterschiedliche Anwendungen

Die Anforderungen an die Plattengeometrie und Sorte unterscheiden sich ganz wesentlich beim Drehen, Fräsen und Bohren.

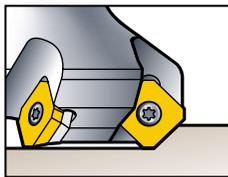


### Drehen



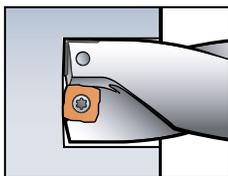
- Erfordert stabile Schneidkante, für lange Standzeit bei kontinuierlichen Bearbeitungen und hohen Temperaturen.
- Gute Spanbrucheigenschaften.
- Guter Widerstand gegen unterschiedliche Verschleißarten und plastische Deformation.

### Fräsen



- Die Schneidwirkung ist stets unterbrochen, und die Schneidkante muss über eine hohe Grundzähigkeit verfügen, um bruchsicher zu sein.
- Temperaturschwankungen an der Schneidkante aufgrund unterbrochener Schnitte heißt auch, dass der Widerstand gegen Kammrisse ganz entscheidend ist.

### Bohren

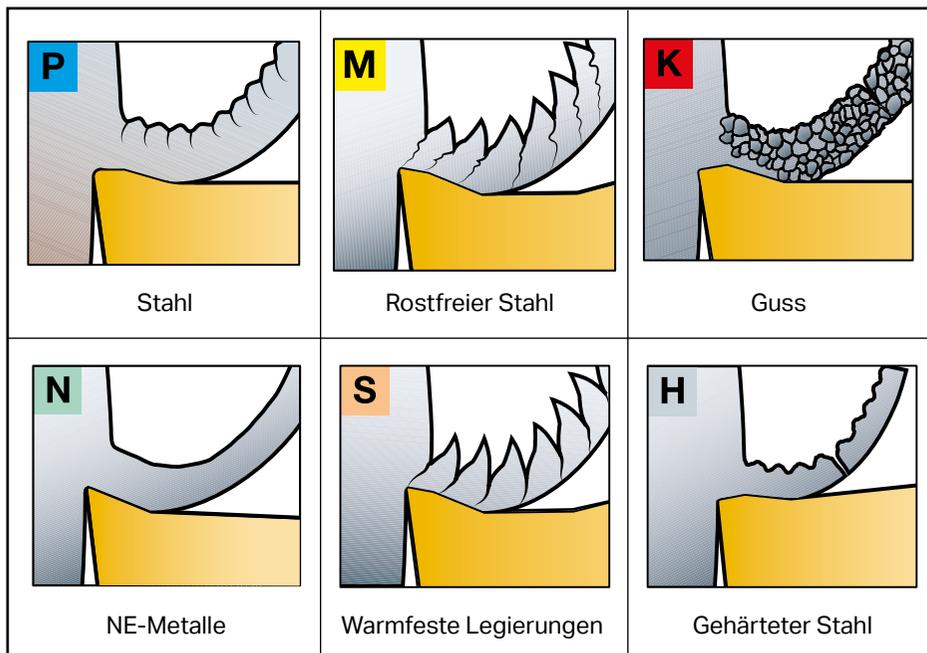


- Die Schneidkante muss stabil genug sein, um sehr niedrigen Schnittgeschwindigkeiten (Null in der Bohrermitte) standhalten zu können.
- Kühlschmierstoff wird zur Spanabfuhr zugeführt, wodurch die Schneidkante durch die Temperaturunterschiede zusätzlich belastet wird.
- Zur Abfuhr der Späne aus den engen Spankanälen und dem Innern der Bohrung sind gute Spanbrucheigenschaften notwendig.

# Sechs Haupt-Werkstoffgruppen

## Unterschiedliche Spanabfuhereigenschaften

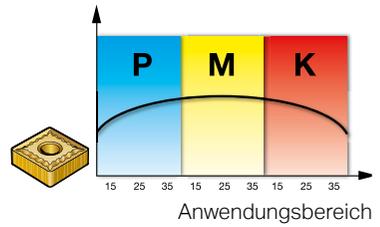
Gute Spanbildung resultiert im Regelfall in hohen Schnittkräften und übermäßiger Wärmebildung, je nach Werkstoff. Dies kann in der Folge zu niedrigen Schnittgeschwindigkeiten und Belastungen durch Adhäsion führen. Andererseits erzeugen Werkstoffe wie Aluminium, unlegierte Stähle und weiches Gusseisen geringere Schnittkräfte.



# Von universellen zu optimierten Wendeschneidplatten zum Drehen

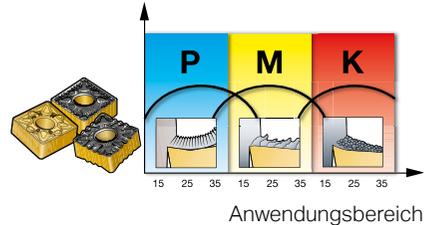
## Allgemeine Wendeschneidplatten

- Allgemeine Geometrie
- Optimierung durch Sorten
- Kompromiss im Bezug auf Leistung



## Einsatzbezogene Wendeschneidplatten

- Einsatzspezifische Geometrien und Sorten
- Optimierte Leistung entsprechend der Zerspanbarkeit des Werkstücks



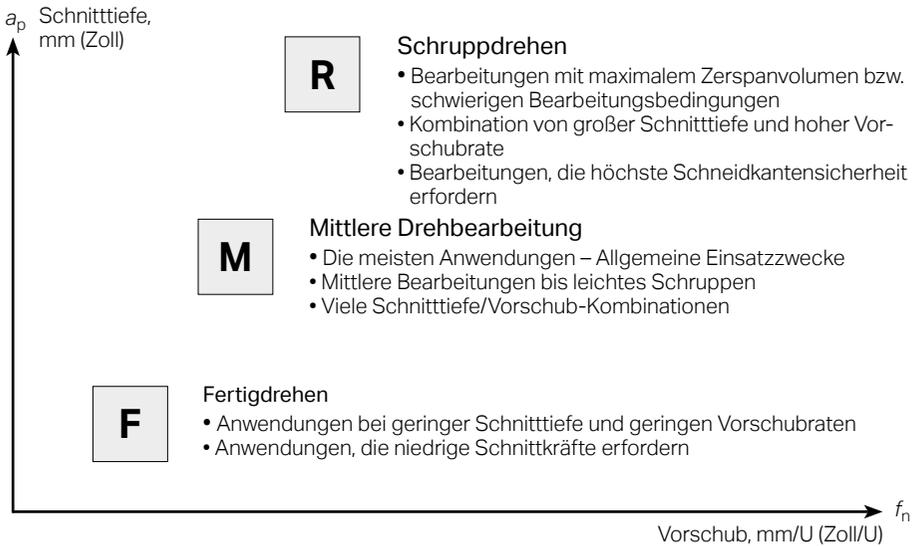
## Anwendungsspezifische Wendeschneidplatten für den ISO P, M, K und S-Bereich

Den unterschiedlichen Anforderungen vieler Anwendungen wird mit verschie-

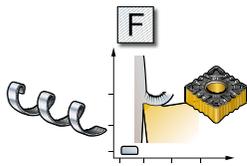
denen Mikro- und Makrogeometrien entsprochen.

Werkstoff	Schichten	Mittel	Schuppen
<b>P</b>			
<b>M</b>			
<b>K</b>			
<b>S</b>			

## Art der Anwendung - Drehen

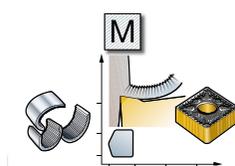


## Auswahl der Plattengeometrie für die Drehbearbeitung



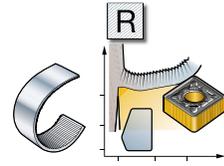
**F – Schlichten**

- Extra positiv
- Schlichtbearbeitung
- Geringe Schnittkräfte
- Geringe Vorschubraten.



**M – Mittel**

- Universalgeometrie
- Mittlere Vorschübe
- Mittlere Bearbeitung bis leichtes Schrumpfen.



**R – Schrumpfen**

- Verstärkte Schneidkante
- Schrumpfbearbeitung
- Höchste Schneidkantenstabilität
- Hohe Vorschubraten.

# Art der Anwendung - Fräsen



## Auswahl der Plattengeometrie für die Fräsbearbeitung



Leicht (-L)

- Extra positiv
- Leichte Bearbeitung
- Geringe Schnittkräfte
- Geringe Vorschubraten.



Mittel (-M)

- Universalgeometrie
- Mittlere Vorschübe
- Mittlere Bearbeitung bis leichtes Schruppen.



Schwer (-H)

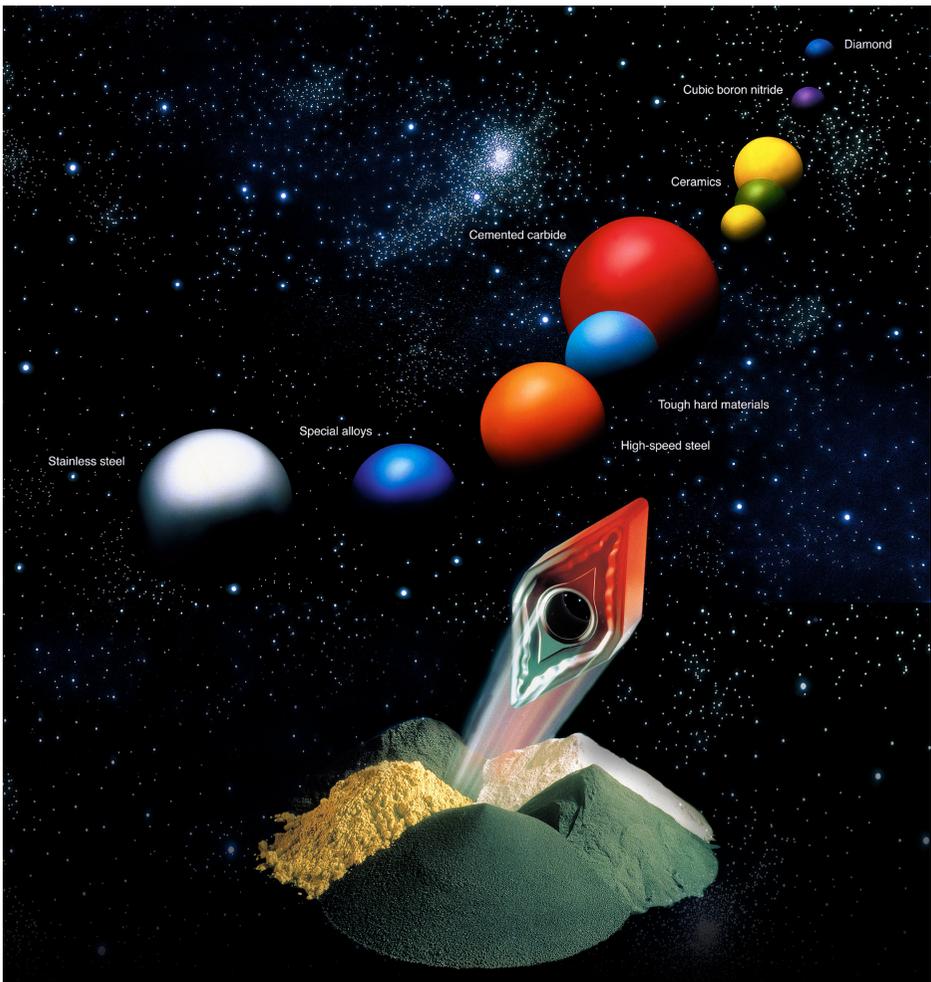
- Verstärkte Schneidkante
- Schwere Bearbeitung
- Höchste Schneidkantenstabilität
- Hohe Vorschubraten.

# Schneidstoffsorten

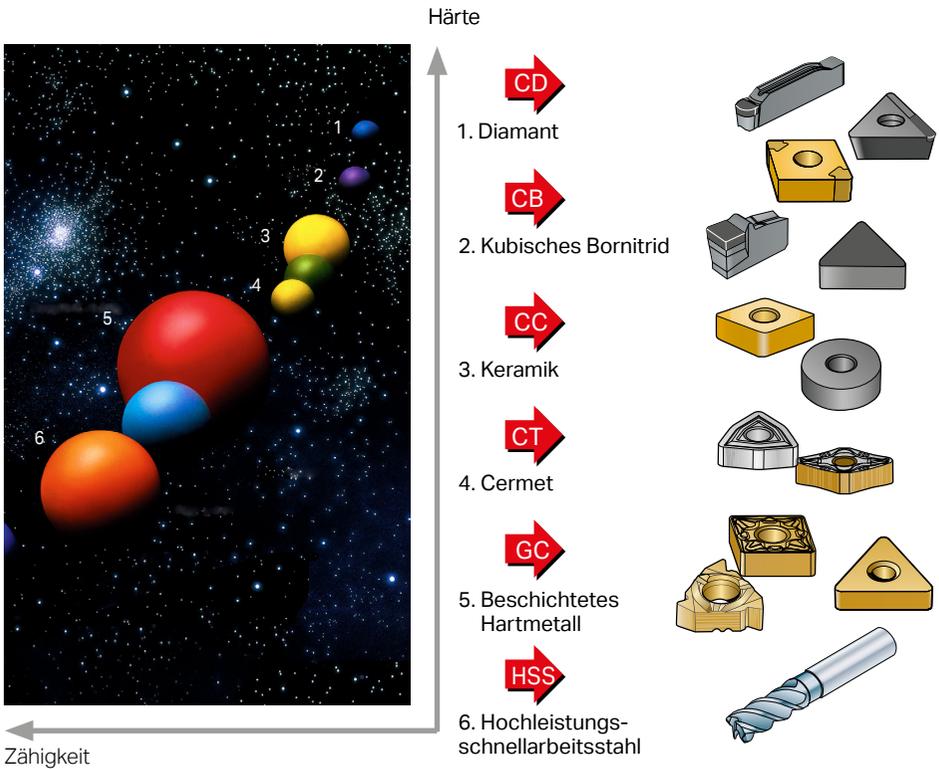
Die Auswahl von Schneidstoff und Sorte ist ein entscheidender Faktor bei der Vorbereitung eines erfolgreichen Zerspanungsprozesses.

Um die korrekte Wahl für die jeweilige Anwendung treffen zu können, ist ein Grundwissen über jeden Schneidstoff und seine Leistung ausschlaggebend.

Berücksichtigt werden sollte dabei der zu bearbeitende Werkstoff, die Form und Art des Werkstücks, die Bearbeitungsbedingungen und die für den jeweiligen Vorgang gewünschte Oberflächengüte.



# Unterschiedliche Arten von Schneidstoffsorten



Die ideale Schneidstoffsorte sollte:

- hart sein, für Widerstand gegen Freiflächenverschleiß und Deformation
- zäh sein, für hohe Gesamtbruchfestigkeit
- chemisch nicht mit dem Werkstoff reagieren
- chemisch stabil sein, für Widerstand gegen Oxidation und Diffusion
- temperaturschockbeständig sein.

# Die wichtigsten Schneidstoffsorten



- Unbeschichtetes Hartmetall (HW)
- Beschichtetes Hartmetall (HC)
- Cermet (HT, HC)
- Keramik (CA, CN, CC)
- Kubisches Bornitrid (BN)
- Polykristalliner Diamant (DP, HC)

- (HW) Unbeschichtetes Hartmetall, hauptsächlich Wolframkarbid (WC).

- (Unbeschichtetes Hartmetall, auch Cermet genannt, hauptsächlich Titankarbid (TiC) und/oder Titanitrid (TiN).

- (HC) Cermet wie oben, jedoch beschichtet.

- (CA) Oxidkeramik, hauptsächlich Aluminiumoxid ( $Al_2O_3$ ).

- (CM) Mischkeramik, haupt-

sächlich Aluminiumoxid ( $Al_2O_3$ ) und mit anderen oxidfremden Anteilen.

- (CN) Nitridkeramik, hauptsächlich Siliziumnitrid ( $Si_3N_4$ ).

- (CC) Keramik wie oben, jedoch beschichtet.

- (DP) Polykristalliner Diamant <sup>1</sup>

- (BN) Kubisches Bornitrid <sup>1</sup>

<sup>1</sup>) Polykristalliner Diamant und kubisches Bornitrid werden auch

als superharte Schneidstoffe bezeichnet.

## Unbeschichtetes Hartmetall

### Eigenschaften, Merkmale und Vorteile



- Eingesetzt bei mittleren bis schwierigen Bearbeitungen in Verbindung mit Stahl, warmfesten Superlegierungen, Titan, Grauguss und NE-Metallen zum Drehen, Fräsen und Bohren.
- Gute Kombination aus Abrasionsverschleißfestigkeit und Zähigkeit.
- Bietet scharfe Schneidkanten.
- Gute Schneidkantenstabilität, aber begrenzte Verschleißfestigkeit bei höheren Schnittgeschwindigkeiten.
- Macht einen kleinen Teil des gesamten Sortenprogramms aus.

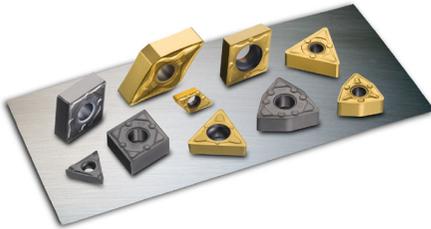
## ► Beschichtetes Hartmetall

### Eigenschaften, Merkmale und Vorteile



- Allgemeiner Einsatz in allen Arten von Werkstücken und Werkstoffen zum Drehen, Fräsen und Bohren.
- Extrem gute Kombination aus Verschleißfestigkeit und Zähigkeit bei einer Vielzahl von Anwendungen.
- Umfasst eine Vielzahl von Sorten mit harten bis zähen Substraten, normalerweise gradientgesintert und mit unterschiedlichen Beschichtungen (CVD und PVD).
- Bietet sehr gute Verschleißigenschaften und lange Standzeit.
- Dominiert das Wendeschneidplattenprogramm, mit steigendem Anteil.

## Cermet



- Eingesetzt zum Schlichten bis Vorschlichten bei Bedarf enger Toleranzen und guter Oberflächenqualität.
- Chemisch stabil, mit einem harten und verschleißfesten Substrat.
- Besteht aus einem Ti-basierten (TiC, TiCN) Hartmetall mit Kobalt als Binder.
- PVD-Beschichtung trägt zur Verschleißfestigkeit und Standzeit bei. "Selbst schärfende" Eigenschaften. Begrenztes Zähigkeitsverhalten.
- Relativ geringer Anteil am gesamten Wendeprogramm.

## Keramik



- Abhängig von der Keramik werden die Sorten vornehmlich in Grauguss und Stahl, gehärteten Werkstückstoffen und wärmefesten Superlegierungen verwendet.
- Keramiksorten bieten im Regelfall eine gute Verschleißfestigkeit und Warmfestigkeit. Breiter Anwendungsbereich in unterschiedlichen Werkstoffarten und Werkstücken.
- Keramik ist spröde und verlangt nach stabilen Bedingungen. Durch Zusätze in der Mischung und Whisker-Keramik wird die Zähigkeit verbessert.
- Recht geringer Anteil des Gesamtumsatzes, aber vermehrter Einsatz in der Luftfahrtindustrie und im Bereich von gehärtetem Stahlguss.

## Kubisches Bornitrid

### Eigenschaften, Merkmale und Vorteile



- Zum Schlichtdrehen von gehärtetem Stahl. Schruppen von Grauguss mit hohen Schnittgeschwindigkeiten. Schruppdrehen von Walzen aus weißem Gusseisen/Kokillenhartguss.
- Anwendungen, die extreme Verschleißfestigkeit und Zähigkeit erfordern.
- CBN besteht aus Bornitrid mit Keramik- oder Titaniumnitrid-Binder.
- Widersteht hohen Arbeitstemperaturen bei hohen Schnittgeschwindigkeiten.
- Spezielle Anwendungsbereiche, geringe Anzahl Wendschneidplatten. Trend: Mehr Bearbeitungen von harten Werkstoffen.

## Polykristalliner Diamant



- Drehen von normalen NE-Metallen bei geringer Arbeitstemperatur und sehr abrasiven hypereuktenischen NE-Metallen. Verwendet in NE-Metallen und NE-Werkstoffen.
- Extrem verschleißfeste Sorten. Empfindlich im Bezug auf Ausbröckeln.
- Gelötete Ecken eines polykristallinen Diamants (PKD-Spitze) an Platte oder dünne Diamantbeschichtung auf Substrat.
- Lange Standzeit und extrem gute Verschleißfestigkeit. Zersetzt sich bei hohen Temperaturen. Löst sich in Eisen leicht auf.
- Eher geringer Anteil am Wendeplattenprogramm und spezielle begrenzte Anwendungen.

A

Drehen

B

Abstechen und  
Einstechen

C

Gewindedrehen

D

Fräsen

E

Bohren

F

Aufbohren

G

Werkzeughalter

H

Zerspanbarkeit  
Sonstige Informationen

# Die Entwicklung von Schneidstoffen

Die Entwicklung von Schneidstoffen über einen Zeitraum von 1900 bis heute kann an der verkürzten Zeit zur Zerspanung eines Werkstücks (einer 500 mm langen Welle mit einem Durchmesser von 100 mm) verfolgt werden.

Zu Beginn des letzten Jahrhunderts war der Schneidstoff nur unwesentlich härter, als der zu zerspanende Werkstoff. Daher war die Standzeit schlecht und Schnittgeschwindigkeit und Vorschub mussten sehr niedrig gehalten werden.

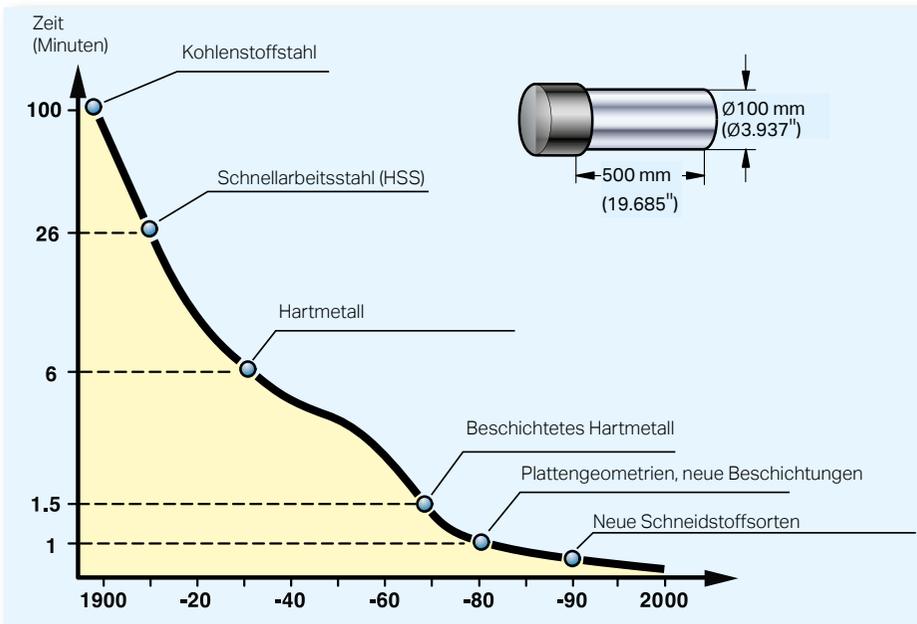
Die Einführung von Schnellarbeitsstahl (HSS) brachte deutliche Verbesserungen, die in einer verkürzten Zerspanungszeit resultierten.

20 Jahre später konnte mit unbeschichtetem Hartmetall die erforderliche Eingriffszeit auf erstaunliche 6 Minuten verkürzt werden.

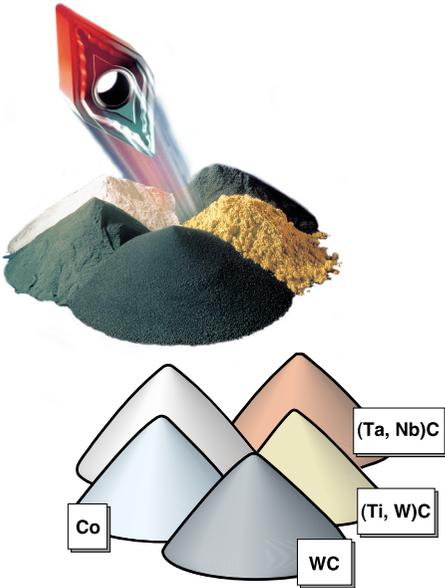
Mit der Einführung von beschichtetem Hartmetall konnte die Schnittzeit auf 1.5 Minuten verringert werden.

Durch verbesserte Geometrien und neue Beschichtungstechnologien ist es mittlerweile möglich, eine 500 mm (19.685 Zoll) lange Stahlwelle in weniger als 1 Minute zu fertigen.

Neben herkömmlichem unbeschichtetem und beschichtetem Hartmetall tragen neue Schneidstoffe wie Cermet, Keramik, kubisches Bornitrid und Diamant zur Verbesserung und Optimierung der Produktivität bei.



# Was versteht man unter Hartmetall und Schneidstoff?

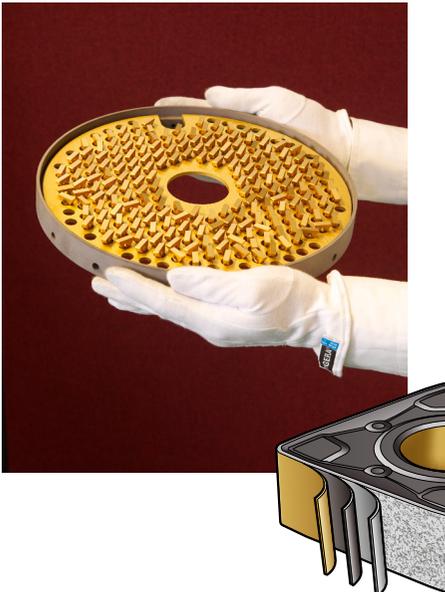


- Das Hartmetall ist ein metallurgisches Pulvermaterial, bestehend aus:

- Harten Partikeln aus Wolframkarbid (WC)
- Kobalt (Co) als Binder
- Titan-, Tantal-, Niob-Partikel (Ti, Ta, Nb).

- Ein Schneidstoff repräsentiert die Härte oder Zähigkeit der Wendeschneidplatte und wird durch die Mischung der Bestandteile bestimmt, die das Substrat aufbauen.

## Beschichtung von Hartmetall



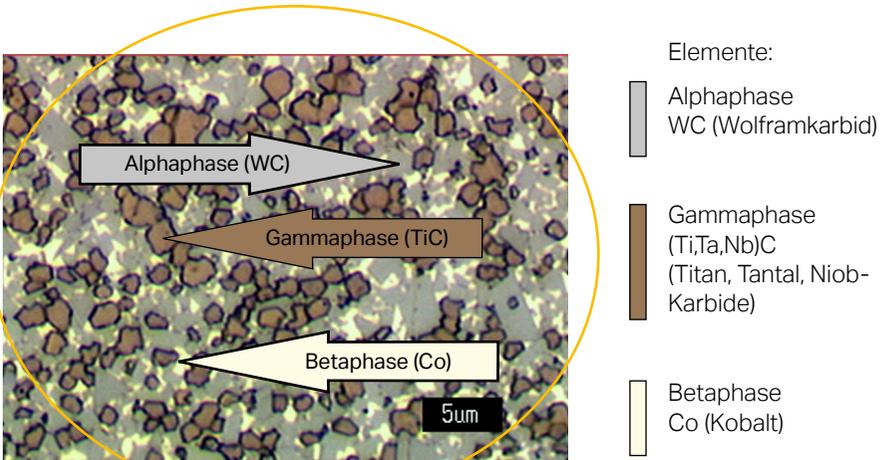
- Die Beschichtung von Hartmetall wurde in den 60er Jahren entwickelt.
- Eine nur wenige Mikrometer dünne Titaniumnitrid-Schicht wurde als Beschichtung hinzugefügt. Dadurch konnte die Leistung von Hartmetall praktisch über Nacht verbessert werden.
- Beschichtungen sorgen für eine verbesserte Verschleißfestigkeit und längere Standzeit und ermöglichen höhere Schnittdaten.
- Heute werden moderne Sorten mit unterschiedlichen Karbid-, Nitrid- und Oxidschichten beschichtet.

# Mikrostruktur von Hartmetall

Hartmetalle bestehen aus harten Karbidteilchen (Hartmetallen), die durch ein metallisches Bindemittel gebunden sind.

Bindemittel ist fast immer Kobalt (Co), in manchen Fällen auch Nickel (Ni). Bei den Partikeln handelt es sich hauptsächlich um Wolframkarbid (WC), mit möglicher Zufügung von Ti-, Ta-, Nb-Karbid und Nitriden (Gamma-Phase).

Die Gamma-Phase verfügt über eine bessere Warmfestigkeit, ist weniger reaktiv bei höheren Temperaturen und wird daher für Sorten verwendet, bei denen die Arbeitstemperatur hoch werden kann. WC verfügt über eine bessere Verschleißfestigkeit.

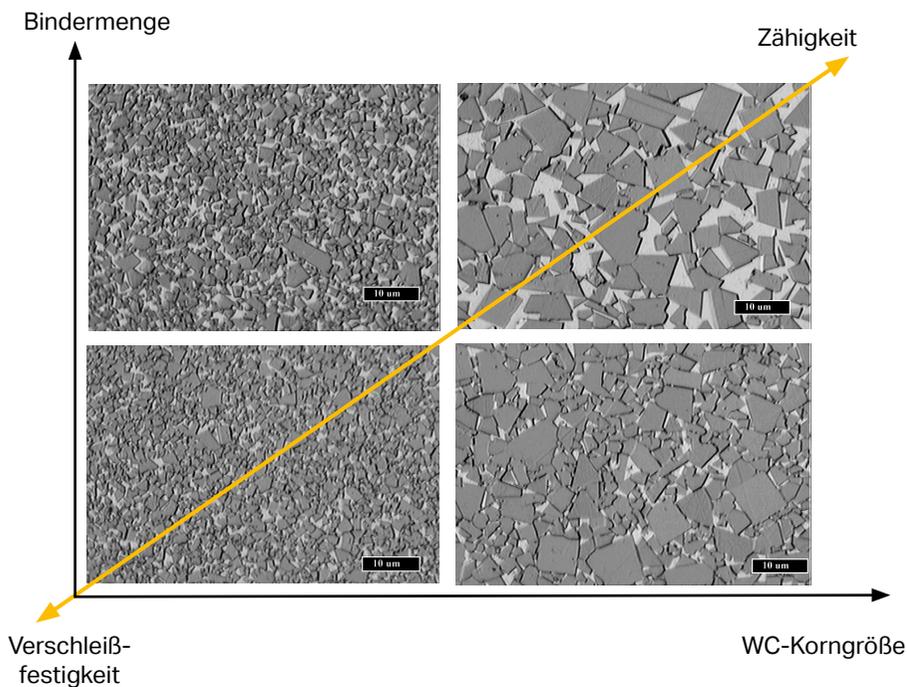


Haardurchmesser  
= 50-70 µm (.0020-.0028")

## Grundlegende Eigenschaften

Neben der Wolframkarbid-Korngröße bestimmt der Bindemittelphasengehalt (Kobalt) die Hartmetalleigenschaften. Der Kobaltgehalt in Sorten von Sandvik Coromant beträgt im Regelfall 4–15% des Gesamtgewichts.

Ein höherer Co-Gehalt und eine größere WC-Korngröße erhöhen die Grundzähigkeit, mindern jedoch die Härte. Als Folge ist der Widerstand des Substrates gegen plastische Deformation geringer, was in einer geringeren Verschleißfestigkeit/geringerer praktischer Standzeit resultiert.



# Die Beschichtung

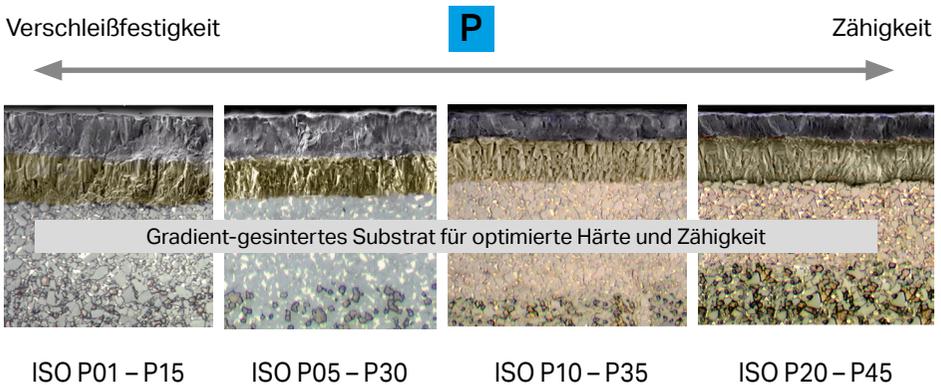


Viele Faktoren beeinflussen das Verhalten der Wendeschneidplatte:

- Beschichtungsprozess
- Beschichtungsstoff
- Beschichtungsstärke
- Nachbehandlung
- Oberflächenstruktur.

## Beispiele moderner Sorten zum Drehen von Stahl

### Struktur und Aufbau der einzelnen Schichten

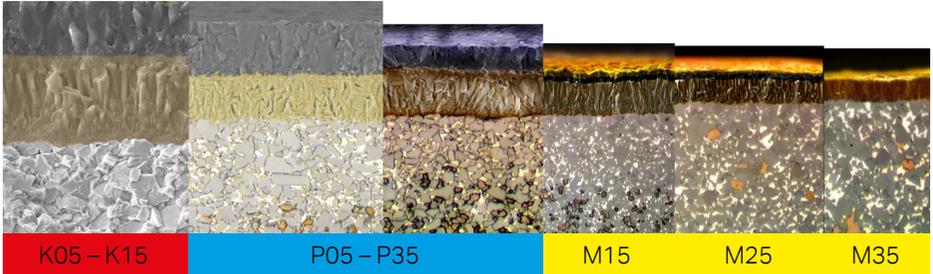


Dickere Beschichtungen bedeuten höhere Verschleißfestigkeit.

Härtere Substrate bedeuten höheren Widerstand gegen Deformation.

# Die Sorte

Beschichtungen und Substrate variieren je nach Anwendung

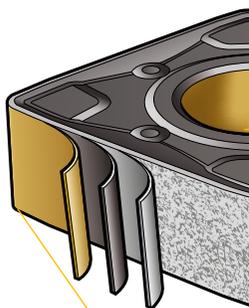


Dickere Beschichtungen bedeuten höhere Verschleißfestigkeit.

Härtere Substrate bedeuten höheren Widerstand gegen Deformation.

## Die Beschichtung einer modernen Sorte zum Drehen

Die Sorte hat großen Einfluss auf die Leistung



$\text{Al}_2\text{O}_3$

– Beschichtung für chemische und thermische Verschleißfestigkeit

TiCN

– MTCVD-Beschichtung für mechanische Verschleißfestigkeit

Funktioneller Gradient

– Für optimale Härte und Zähigkeit

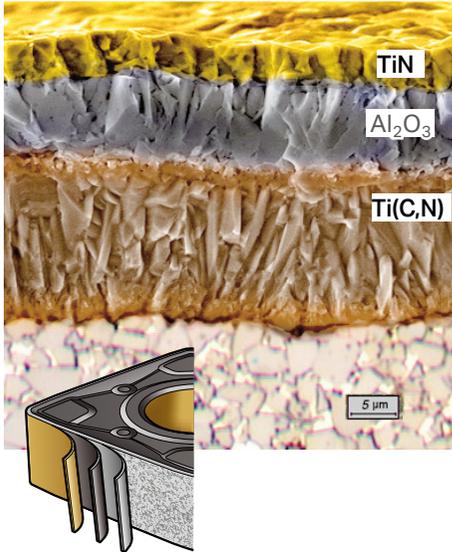
Hartmetall

– Widerstand gegen plastische Deformation

# Eigenschaften unterschiedlicher Beschichtungsstoffe

## CVD-Beschichtung von Wendeschneidplatten

### Chemische Gasphasenabscheidung

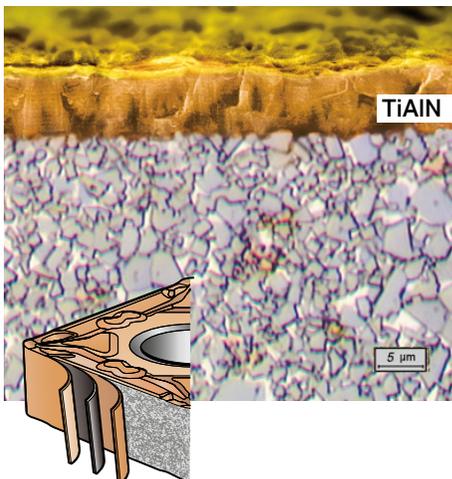


- Die heutzutage am häufigsten verwendeten CVD-Schichten bestehen aus TiN, Ti(C,N) und  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .
- TiCN sorgt für Widerstand gegen Freiflächenverschleiß.
- $\text{Al}_2\text{O}_3$  unterstützt den Temperaturschutz (Widerstand gegen plastische Deformation).
- TiN unterstützt die Verschleißerkennung.

TiN = Titanitrid  
 Ti(C,N) = Titancarbonitrid  
 $\text{Al}_2\text{O}_3$  = Aluminiumoxid

## PVD-Beschichtung von Wendeschneidplatten

### Physikalische Gasphasenabscheidung



- PVD-Beschichtungen sind im Normalfall zäher als CVD-Beschichtungen.
- PVD-Beschichtungen werden häufig in Kombination mit feinkörnigen Substraten zur Beschichtung "scharfer" Schneidkanten eingesetzt.
- Die Gesamtdicke der PVD-Schichten liegt normalerweise zwischen 3 – 6 µm (.0001 – .0002 Zoll).
- Die Beschichtung erfolgt bei ca. 500° C (932° F).

TiAlN = Titan-Aluminiumnitrid

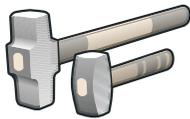
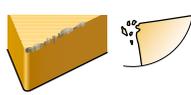
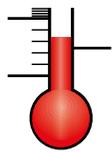
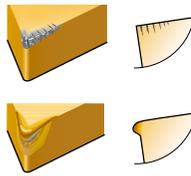
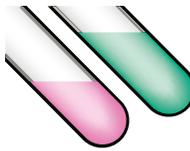
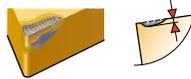
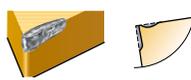


## Pflege, Wartung & Werkzeugverschleiß

- Werkzeugverschleiß H 53
- Pflege und Wartung H 61

# Die anspruchsvolle Umgebung bei der Zerspanung

## Unterschiedliche Verschleißmechanismen an Wendeschneidplatten

Art der Belastung	Symbol	Abbildung der Verschleißform	Ursache
Mechanisch			Mechanische Belastung der Wendeschneidplatte verursacht Bruch.
Thermisch			Temperaturunterschiede verursachen Risse und Wärme verursacht plastische Deformation der Schneidkante.
Chemisch			Eine chemische Reaktion zwischen Hartmetall und Werkstoff verursacht Verschleiß.
Abrasiv			Bei Grauguss können SiC-Einschlüsse den Verschleiß der Wendeschneidplatte verursachen.
Adhäsiv		<b>Aufbauschneidenbildung</b> 	Bei klebrigen Werkstoffen, Aufbauschneidenbildung.

BUE = Aufbauschneidenbildung (Built-Up Edge)

PD = plastische Deformation (Plastic Deformation)

# Abbildung der Verschleißformen, Ursachen und Abhilfe

## Einige der gängigsten Verschleißmerkmale

### Freiflächenverschleiß (abrasiv)

Freiflächenverschleiß ist die häufigste Verschleißart und tritt an der Freifläche der Wendeschneidplatte auf (Werkzeug). Dieses Verschleißmuster ist vorzuziehen.



#### Ursache

Bei der Zerspanspannung wird Schneidstoff an der Freifläche abgetragen. Dies wird durch Reibung gegen die Oberfläche des Werkstückstoffes hervorgerufen. Verschleiß beginnt typischerweise an der Schneidkante und entwickelt sich allmählich nach unten.

#### Abhilfe

Eine Reduzierung der Schnittgeschwindigkeit bei gleichzeitiger Vorschuberrhöhung resultiert in eine verlängerte Standzeit bei gleichbleibender Produktivität.

### Kolkverschleiß (chemisch)



#### Ursache

Kolkverschleiß entsteht infolge von Spankontakt mit der Spanfläche der Wendeschneidplatte (Werkzeug).

#### Abhilfe

Reduzierung der Schnittgeschwindigkeit und die Wahl einer Wendeschneidplatte (Werkzeug) mit der richtigen Geometrie sowie eine Sorte mit erhöhter Verschleißfestigkeit verbessert die Standzeit.

### Plastische Deformation (thermisch)

Plastische Deformation ist eine permanente Veränderung der Schneidkantenform. Hier hat die Schneidkante eine innere Deformation (Impression) oder eine Deformation nach unten (Depression).



Depression

#### Ursache

Die Schneidkante ist hohen Schnittkräften ausgesetzt. Die dabei auftretenden hohen Temperaturen bewirken einen Spannungszustand des Schneidstoffes, wodurch dessen Streckgrenze und Temperatur überschritten wird.

#### Abhilfe

Plastische Deformation kann durch Verwendung von Sorten mit einer höheren Warmhärte beigelegt werden. Beschichtungen verbessern den Widerstand gegen plastische Deformation der Wendeschneidplatte (Werkzeug).



Impression



## Abplatzungen

Abplatzungen treten gewöhnlich bei der Bearbeitung von Werkstoffen auf, die zum Aufkleben neigen.



### Ursache

Es kann eine Belastung durch Aufkleben auftreten, bei der die Schneidkante einer Zugspannung ausgesetzt ist. Dies kann zur Ablösung der Beschichtung aufgrund Freilegung von Teilschichten oder Substrat führen.

### Abhilfe

Erhöhung der Schnittgeschwindigkeit sowie Wahl einer Wendeschneidplatte mit einer dünneren Beschichtung reduziert die Abplatzungen an der Wendeschneidplatte.

## Kammrisse (thermisch)

Risse sind schmale Öffnungen, in denen durch 'Bruch' der Oberfläche neue 'Grenzflächen' gebildet wurden. Einige Risse sind auf die Beschichtung beschränkt, während andere bis in das Substrat hineinreichen. Kammrisse verlaufen senkrecht zur Schneidkante und sind überwiegend thermische Risse (Wärmerisse).



### Ursache

Kammrisse als Ergebnis schneller Temperaturschwankungen.

### Abhilfe

Um dies zu verhindern, ist eine zähere Wendeschneidplatte zu wählen sowie Kühlschmierstoff entweder in großen Mengen oder gar nicht verwendet werden.

## Schneidenausbrüche (mechanisch)

Schneidenausbrüche werden durch geringe Beschädigung der Schneidkante verursacht. Der Unterschied zwischen Schneidenausbrüchen und Bruch besteht darin, dass die Schneidkante bei Ausbrüchen noch verwendet werden kann.



### Ursache

Es gibt zahlreiche Kombinationen von Verschleißmechanismen, die Schneidenausbrüche verursachen. Die häufigste Kombination ist der thermo-mechanische/abrasive Verschleiß.

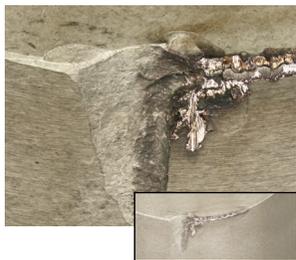
### Abhilfe

Je nachdem, welcher Mechanismus/welche Mechanismen den Verschleiß verursacht haben, können verschiedene Präventivmaßnahmen zur Minimierung der Schneidenausbrüche getroffen werden.



## Kerbverschleiß

Kerbverschleiß zeichnet sich durch eine übermäßige Beschädigung der Hauptschneide bei maximaler Schnitttiefe aus, kann jedoch auch auf der Nebenschneide auftreten.



### Ursache

Kerbverschleiß entsteht je nachdem, ob der chemische Verschleiß den Kerbverschleiß dominiert. Die Entwicklung der Kerbverschleißes ist regelmäßiger als der Verschleißverlauf des abrasiven oder thermalen Verschleißes. Im letzteren Fall sind Einsatzhärten und Gratbildung wichtige Faktoren bei Kerbverschleiß.

### Abhilfe

Bei einsatzgehärteten Werkstoffen ist ein kleiner Einstellwinkel zu wählen und/oder die Schnitttiefe zu variieren.

## Schneidkantenbruch

Bruch wird als Ausbruch eines großen Teils der Schneidkante definiert, wobei die Wendeschneidplatte nicht mehr verwendet werden kann.



### Ursache

Die Schneidkante wurde einer zu hohen Belastung ausgesetzt. Dies kann das Ergebnis einer zu weit fortgeschrittenen Verschleißentwicklung sein, die zu erhöhten Schnittkräften führte. Es kann sich auch um einen vorzeitigen Verschleiß handeln, der durch falsche Schnittdaten oder aus Stabilitätsgründen bei der Aufspannung verursacht wurde.

### Abhilfe

Ursprünglichen Verschleißtyp identifizieren und durch Einsatz der richtigen Schnittdaten und Stabilitätsüberprüfung der Werkzeugspannung verhindern.

## Aufbauschneidenbildung (adhäsiiv)

Aufbauschneidenbildung (BUE) ist eine Anhäufung von Material auf der Spanfläche.



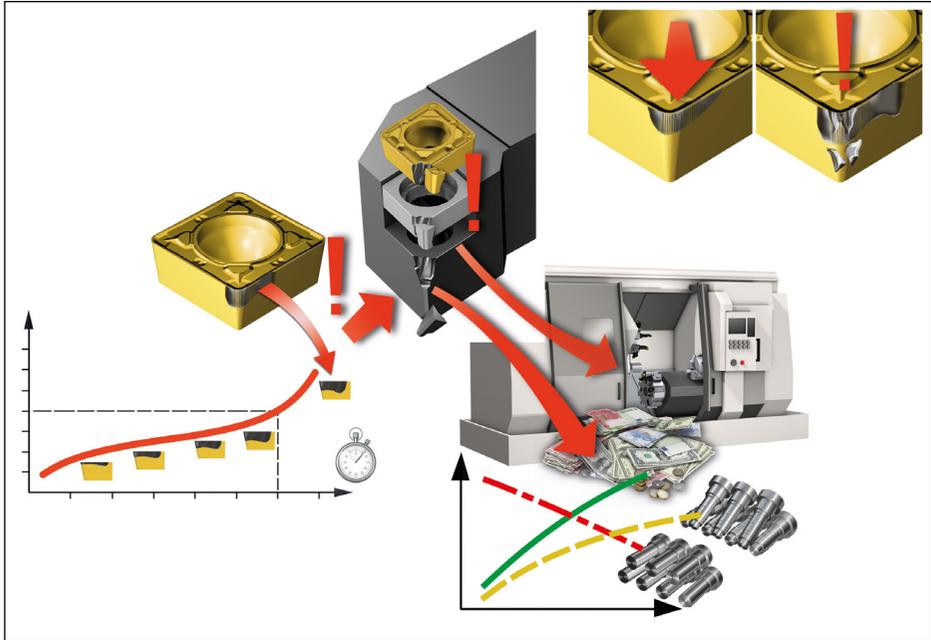
### Ursache

Auf der Schneidkantenoberfläche bildet sich ein Materialauftrag, der sich auf die Schneidkante aufbaut. Dies führt zu erhöhten Schnittkräften und Ausbrüchen von Teilen der Beschichtung und sogar des Substrates

### Abhilfe

Durch Erhöhung der Schnittgeschwindigkeit lässt sich die Aufbauschneidenbildung verhindern. Bei weichen, klebenden Materialien ist eine schärfere Schneide einzusetzen.

# Auswirkungen schlechter Werkzeugwartung

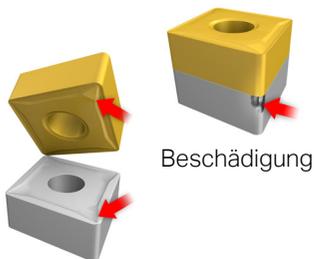


- Beschädigte Wendeschneidplatten
- Beschädigte Zwischenlagen
- Beschädigte Werkzeughalter
- Beschädigte Werkstücke
- Beschädigte Maschine

Ergebnis:

- Verminderte Produktion
- Höhere Produktionskosten

## Werkzeugverschleiß überprüfen



Spuren durch Spanbruch

### Sichtprüfung der Zwischenlage & Zwischenlagensitze

- Zwischenlage auf Schäden überprüfen.
- Plattensitz, beschädigte Stellen und Auflage für Schneidkante säubern.
- Bei Bedarf Zwischenlage wenden oder ersetzen.
- Korrekte Auflage der Wendebohrplatte auf den Auflagepunkten sicherstellen.
- Es ist wichtig, sicherzustellen, dass die Ecken der Zwischenlagen während der Zerspanung oder beim Montieren nicht abgeschlagen wurden.

### Plattensitze überprüfen

- Sitze beschädigt oder Aufbau/Aufwölbung in den Ecken.
- Ausgeweiteter Plattensitz infolge von Verschleiß. Die Wendebohrplatte sitzt nicht richtig an den Seiten des Plattensitzes. Mit einer 0.02 mm (.0008 Zoll) Fühlerlehre überprüfen, ob kleine Lücken bestehen.
- Kleine Lücken in den Ecken zwischen Zwischenlage und Boden des Plattensitzes.

## Bedeutung des korrekten Schlüssels

### Warum ist die Verwendung des korrekten Schlüssels so wichtig?

- Längere Lebensdauer von Schrauben und Schlüssel.
- Vermindert das Risiko, die Schrauben zu überdrehen.

### Wie zieht man Wendebohrerschrauben korrekt an?

- Verwendung des korrekten Schlüssels ist wichtig.
- Stets korrektes Anzugsmoment wählen. Werte sind auf dem Produkt und im Produktkatalog zu finden.
- Gesunder Menschenverstand!



## Torx Plus® Schlüssel

Drehen

Torx Plus von Sandvik Coromant

Nm (Pfund-Zoll)



B

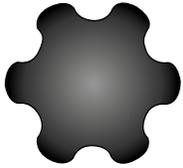
Abstechen und  
Einstechen

## Torx Plus® vs. Torx

Querschnitt

Torx Plus®

Torx



Torx Plus®

Standard Torx  
Schraube

Torx Plus ist eine eingetragene Marke von  
Camcar-TeXtron (USA)

C

Gewindedrehen

D

Fräsen

E

Bohren

F

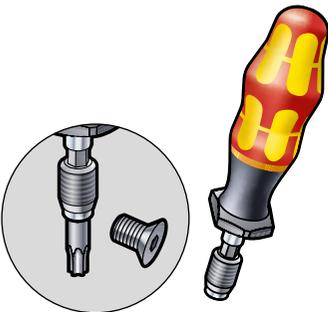
## Torx Plus® Schlüssel mit verstellbarem Drehmoment

Aufbohren

G

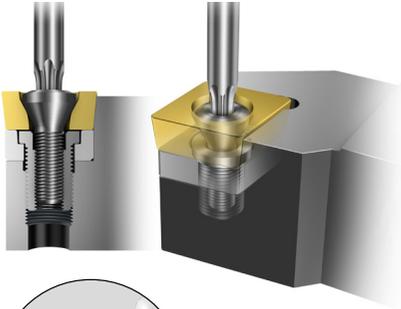
Werkzeughalter

H

Zerspanbarkeit  
Sonstige Informationen

- Für Werkzeuge zum Abstechen und Einstechen wird ein verstellbarer Drehmomentschlüssel benötigt, da das Drehmoment nicht im Bezug zur Schraubengröße steht.
- Der Schlüssel sollte außerdem für alle Produkte mit Spannpratze verwendet werden.

## Wendeplattenschrauben / Spannschrauben

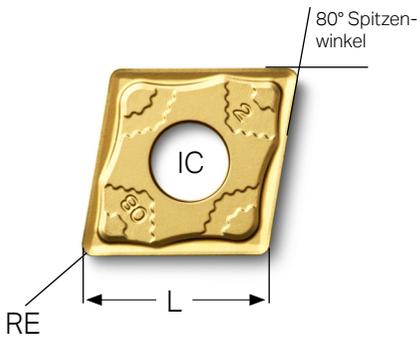
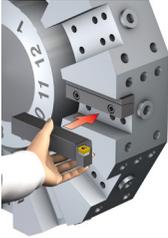


- Schraubengewinde, Köpfe und Torx-Sechskanteinsätze sollten in einwandfreiem Zustand sein.
- Korrekte Schlüssel verwenden.
- Korrektes Schrauben-Anzugsmoment sicherstellen.
- Ausreichend Schmiermittel verwenden, um ein Festsitzen zu vermeiden. Schmierstoff sollte auf das Schraubengewinde und den Schraubenkopf aufgetragen werden.
- Abgenutzte Schrauben ersetzen.

### Wichtig!

Molykote für Schraubenköpfe  
und Gewinde verwenden

# Pflege und Wartung der Werkzeuge



L = Schneidkantenlänge  
(Wendeschneidplattengröße)

RE = Eckenradius



## Kontaktflächen

- Stets die Auflage- und Kontaktflächen von Werkzeughalter, Fräser und Bohrer überprüfen und sicherstellen, dass sie nicht beschädigt oder verschmutzt sind.
- Für Aufbohroperationen sollte das beste Spannsystem verwendet werden. Wird die Stange nicht in der ganzen Länge vom Werkzeughalter gehalten, entstehen durch den größer werdenden Überhang Vibrationen.

## Bearbeitungssicherheit

- Die Auswahl der korrekten Plattengröße, Plattenform, Geometrie und des korrekten Eckenradius ist wichtig, um einen guten Spanfluss zu erzielen.
  - Für größtmögliche Stabilität und Wirtschaftlichkeit größtmöglichen Spitzenwinkel wählen.
  - Für größtmögliche Schneidplattenstabilität größtmöglichen Eckenradius wählen.
  - Bei Vibrationsgefahr kleineren Eckenradius wählen.

## Stabilität

- Stabilität ist ein Schlüsselfaktor für eine erfolgreiche Zerspanung, der Auswirkungen auf die Bearbeitungskosten und Produktivität hat.
- Sicherstellen, dass vermeidbare Schwächen in der Aufspannung, Überhänge, Spiel oder ähnliches eliminiert und die für die Anwendung korrekte Werkzeug und -größe gewählt werden.

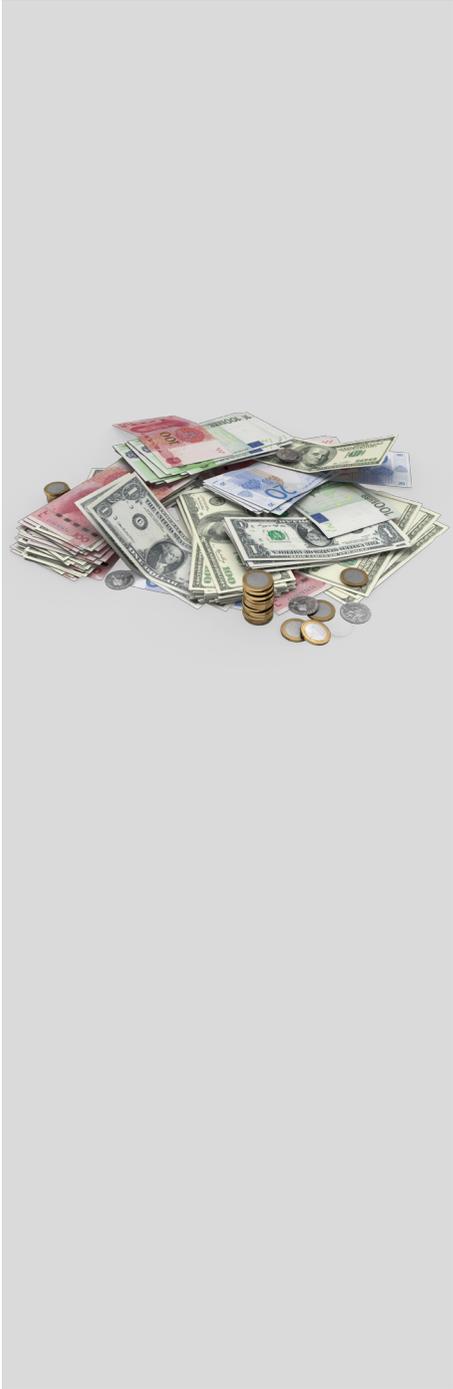
## Korrekte Handhabung der Wendeschneidplatten



Wendeschneidplatten werden in Boxen mit getrennten Fächern geliefert. Dies erfolgt, um einen Kontakt mit den anderen Platten zu verhindern, der möglicherweise zur Beschädigung des Hartmetalls mit Mikrobruch und/oder zu Schneidenausbrüchen führt. Dadurch kann die Leistung und Standzeit der Wendeschneidplatte reduziert werden. Wendeschneidplatten sollten erst dann aus der Plattenbox genommen werden, wenn sie zum Einsatz kommen.

## Überblick über die wichtigsten Punkte zur Pflege und Wartung

- Werkzeugverschleiß überprüfen; Zwischenlage auf Beschädigung überprüfen.
- Sicherstellen, dass der Plattensitz sauber ist.
- Sicherstellen, dass die Wendeschneidplatte korrekt positioniert ist.
- Sicherstellen, dass die korrekten Schlüssel verwendet werden.
- Sicherstellen, dass die Wendeplattenschrauben korrekt angezogen sind.
- Schrauben vor dem Zusammenbau eines Werkzeuges schmieren.
- Sicherstellen, dass die Kontaktflächen von Werkzeug, Werkzeughalter und Maschinenspindel sauber und nicht beschädigt sind.
- Sicherstellen, dass die Bohrstangen sicher aufgespannt sind und Werkzeughalter am maschinenseitigen Ende nicht beschädigt ist.
- Ein gut organisiertes, gewartetes und dokumentiertes Werkzeuginventar spart Kosten bei der Produktion.
- Stabilität ist bei der Zerspaltung stets ein wichtiger Faktor.



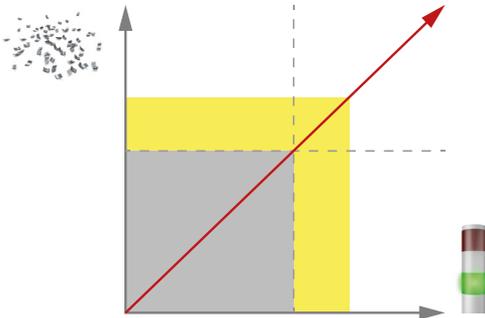
# Bearbeitungs- effizienz

Verbesserung der  
Bearbeitungseffizienz

H 64

H 63

## Mehr Zerspanen in der gleichen Zeit



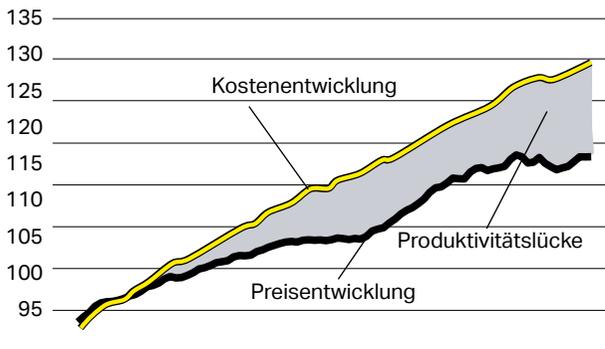
### Definition von Produktivität

Das Verhältnis zwischen dem, was produziert wird (Output) und den dafür aufgewandten Mitteln (Input).

$$= \text{Output} / \text{Input}$$

## Attackieren Sie die Produktivitätslücke

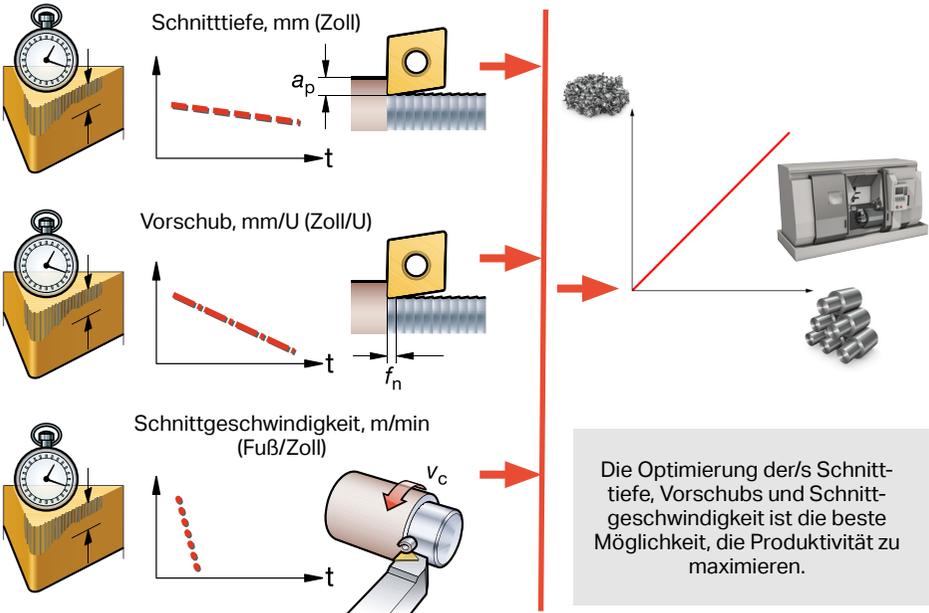
In allen Industriebetrieben steigen die Betriebskosten z. B. für Arbeitskräfte, Rohstoffe, Ausrüstungen etc. schneller als der Preis der verkauften Güter. Um diese Lücke zu schließen ist es notwendig, die Effizienz kontinuierlich zu steigern, um letztlich die Produktivität zu steigern. Die Produktivitätslücke zu schließen ist der einzige Weg wettbewerbsfähig, und letzten Endes im Geschäft zu bleiben.



Quelle: Maschinenbauindustrie in OECD.

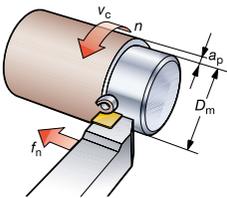
# Maximierung der Produktivität

Mit Blick auf die drei wichtigsten Bearbeitungsparameter (Geschwindigkeit, Vorschub und Schnitttiefe) hat jeder von ihnen Auswirkungen auf die Standzeit. Die Schnitttiefe hat die geringste Auswirkung, gefolgt von der Vorschubgeschwindigkeit. Die Schnittgeschwindigkeit hat bei Weitem die größte Auswirkung auf die Standzeit der Schneidplatte.



Die Produktivität "IQ" wird anhand des Zeitspanvolumens in cm<sup>3</sup>/min (Zoll<sup>3</sup>/min) gemessen.

## Drehen



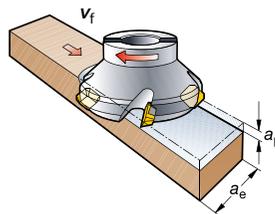
Metrisch

$$Q = v_c \times a_p \times f_n$$

Zoll

$$Q = v_c \times a_p \times f_n \times 12$$

## Fräsen



Metrisch

$$Q = \frac{a_p \times a_e \times v_f}{1000}$$

Zoll

$$Q = a_p \times a_e \times v_f$$

## Maximierung der Produktivität – Beispiele

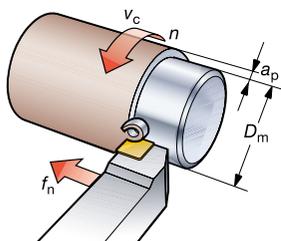
Zerspanungsraten für eine festgelegte Schnitttiefe von 3.0 mm (.118 Zoll) unter Einsatz von:

**P**

Niedrig legierter Stahl,  
MC P2

Härte, HB 180

Wendeschneidplatte: CNMG 120408-PM 4225 (CNMG 432-PM 4225)



$a_p$ , mm (Zoll)	3.0 (.118)	3.0 (.118)	3.0 (.118)
$f_n$ , mm/U (Zoll/U)	0.15 (.006)	0.3 (.012)	<b>0.5 (.020)</b>
$v_c$ , m/min (Fuß/ Zoll)	425 (1394)	345 (1132)	<b>275 (902)</b>
IQ, cm <sup>3</sup> /min (Zoll <sup>3</sup> /Zoll)	191 (12)	310 (19)	<b>412* (25)*</b>

Einsatz einer trigonalen Wendeschneidplatte in W-Ausführung im Vergleich zu einer doppel- oder einseitigen Wendeschneidplatte in C-Ausführung

**P**

Niedrig legierter Stahl,  
MC P2

Härte, HB 180

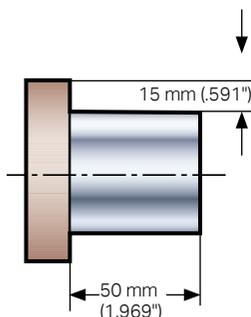
### Trigonale Form

Wendeschneidplatte: doppelseitig zur mittleren Bearbeitung.



Anzahl der Durchgänge /  
Schnitttiefe,  $a_p$   
Bearbeitungszeit,  $T_C$

3/4 mm  
(.118/.157 Zoll)  
1/3 mm  
(.039/.118 Zoll)  
22 Sekunden



### Rhombische Form

Wendeschneidplatte: doppelseitig zur mittleren Bearbeitung.



Anzahl der Durchgänge  
/ Schnitttiefe,  $a_p$

3/5 mm  
(.118/.197 Zoll)

Bearbeitungszeit,  $T_C$

16 Sekunden

Wendeschneidplatte: einseitig zum Schruppen.



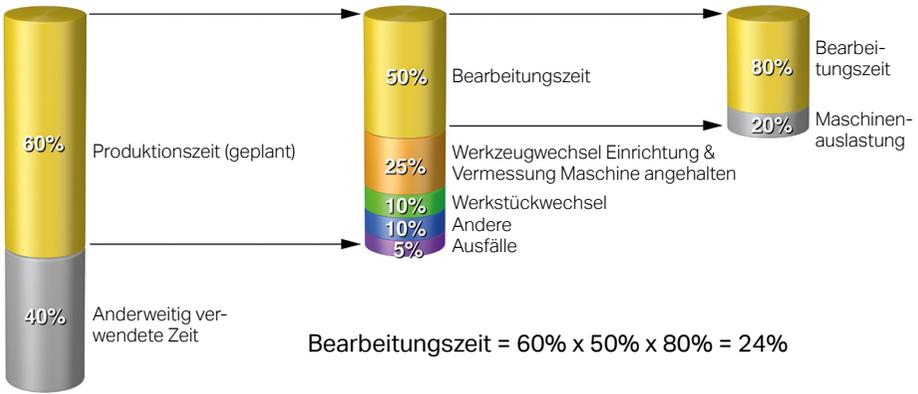
Anzahl der Durchgänge  
/ Schnitttiefe,  $a_p$

2/7.5 mm  
(.079/.295 Zoll)

Bearbeitungszeit,  $T_C$

8 Sekunden

# Wertschöpfende Zeit



# Bearbeitungseffizienz



• **Variable Kosten**

Kosten, die nur während der Produktion anfallen:

- Zerspanungswerkzeuge, Verbrauchsmaterialien (3%)
- Werkstoffe (17%).

• **Fixkosten**

Kosten, die bestehen, auch wenn nicht produziert wird:

- Maschine und Werkzeughalter (27%)
- Arbeitskraft (31%)
- Gebäude, Verwaltung, usw. (22%).

# Werkzeugmaschinenauslastung

## Kosten, Standzeit oder Produktivität

Die Kosten für Werkzeuge, ein einfach messbarer Wert, stehen stets unter Preis- und Rabattdruck, doch selbst wenn der Preis um 30% gesenkt wird, hat dies nur eine Senkung der Kosten pro Werkstück um 1% zur Folge.

Ebenso wird eine Kostensenkung von 1% erzielt, wenn die Standzeit um 50% gesteigert wird.

Eine Steigerung der Schnittdaten um lediglich 20% reduziert hingegen die Gesamtkosten pro Werkstück sehr deutlich um 15%.

### • Senkung der Kosten:

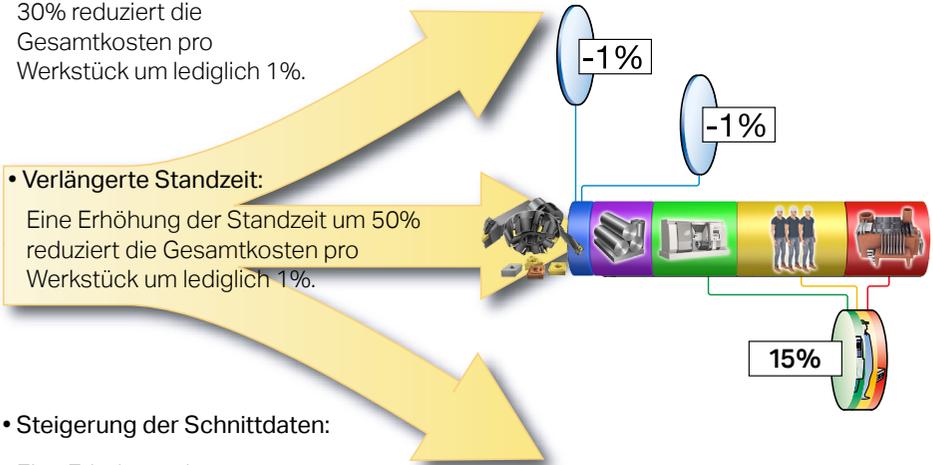
Eine Senkung der Werkzeugkosten um 30% reduziert die Gesamtkosten pro Werkstück um lediglich 1%.

### • Verlängerte Standzeit:

Eine Erhöhung der Standzeit um 50% reduziert die Gesamtkosten pro Werkstück um lediglich 1%.

### • Steigerung der Schnittdaten:

Eine Erhöhung der Schnittdaten um 20% reduziert die Gesamtkosten pro Werkstück um mehr als 15%.



# Werkzeugmaschinenauslastung

## Kosten, Standzeit oder Produktivität

### Beispiel:

Werkstatt gibt  
€10.000,- aus, um 1000  
Teile zu produzieren.



Maschine kostet €10,00  
pro Teil.

Variable Kosten	Heute	Geringerer Preis	Standzeit	Schnittdaten erhöhen
- Werkzeuge	\$ .30	\$ .21	\$ .20	\$ .45
- Werkstoff	\$ 1.70	\$ 1.70	\$ 1.70	\$ 1.70
<b>Fixkosten</b>				
- Maschinen	\$ 2.70	\$ 2.70	\$ 2.70	\$ 2.16
- Arbeitskraft	\$ 3.10	\$ 3.10	\$ 3.10	\$ 2.48
- Gebäude	\$ 2.20	\$ 2.20	\$ 2.20	\$ 1.76
<b>Kosten pro Teil</b>	<b>\$ 10.00</b>	<b>\$ 9.91</b>	<b>\$ 9.90</b>	<b>\$ 8.55</b>

Einsparungen

1%

1%

15%

# Bearbeitungseffizienz

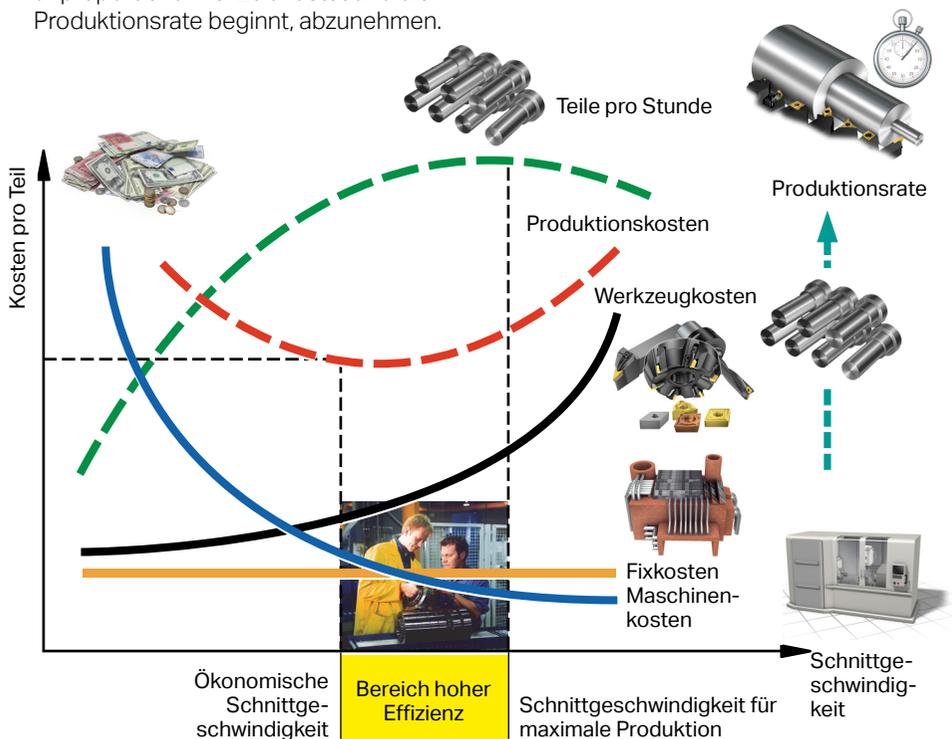
## Schnittdaten und Kosten

- Die Schnittgeschwindigkeit hat keine Auswirkungen auf die Fixkosten.
  - Mit der Zunahme der Schnittgeschwindigkeit werden mehr Teile pro Stunde hergestellt und daher die Kosten pro Teil reduziert.
  - Mit Zunahme der Schnittgeschwindigkeit werden auch mehr Werkzeuge eingesetzt, und daher nehmen die Kosten pro Teil zu.
- Addiert man alle Kosten, so erhält man eine Kurve der gesamten **Produktionskosten**.

1. Mit Zunahme der Schnittgeschwindigkeit nehmen die **Teile pro Stunde** bis zu dem Punkt zu, bis die Zeit für Werkzeugwechsel unproportional viel Zeit kostet und die Produktionsrate beginnt, abzunehmen.

2. Der niedrigste Punkt auf der **Produktionskostenkurve** entspricht der ökonomischen Schnittgeschwindigkeit.
3. Der höchste Punkt der **Produktionskostenkurve** entspricht der maximalen Schnittgeschwindigkeit.

Die Schnittgeschwindigkeit zwischen diesen beiden Punkten ist der Bereich **hoher Effizienz**, der anzustreben ist.



# Grundlagen für Schnittdatenempfehlungen

## Kompensation der Schnittgeschwindigkeit für verlängerte Standzeiten oder höheres Zeitspanvolumen

### Standzeit

- Alle empfohlenen Schnittdaten basieren auf einer Standzeit von 15 min.
- Mit Blick auf die untere Tabelle, 15 min. Standzeit = Faktor 1.0.
- Der Faktor für gewünschte Minuten ist mit der empfohlenen Schnittgeschwindigkeit zu multiplizieren.

### Längere Standzeit (Beispiel)

- Die empfohlene Schnittgeschwindigkeit liegt bei 225 m/min (738 Fuß/Zoll).
- Zur Erhöhung der Standzeit um 30% wird der Faktor für eine Standzeit von 20 Minuten = 0.93 zugrunde gelegt.
- Der Faktor für gewünschte Minuten ist mit der empfohlenen Schnittgeschwindigkeit zu multiplizieren.
- $225 \text{ m/min} \times 0.93 = 209 \text{ m/min}$  (738 Fuß/min  $\times 0.93 = 686 \text{ Fuß/Zoll}$ ).

Standzeit (min)	10	15	20	25	30	45	60
Korrekturfaktor	1.11	1.0	0.93	0.88	0.84	0.75	0.70

### Höhere Zerspanungsrate

- Alle empfohlenen Schnittdaten basieren auf einer Standzeit von 15 min.
- Zur Erzielung höherer Zerspanungsraten bewegen wir uns in der Tabelle in die entgegengesetzte Richtung. Reduzierung der Standzeit in Minuten, um ein höheres Zerspanvolumen zu erhalten.
- Der Faktor für gewünschte Minuten ist mit der empfohlenen Schnittgeschwindigkeit zu multiplizieren.

### Höhere Zerspanungsrate (Beispiel)

- Die empfohlene Schnittgeschwindigkeit liegt bei 225 m/min (738 Fuß/Zoll).
- Zur Erhöhung des Zeitspanvolumens um 10% wird der Faktor von 10 Minuten = 1.11 zugrunde gelegt.
- Der Faktor für gewünschte Minuten ist mit der empfohlenen Schnittgeschwindigkeit zu multiplizieren.
- $225 \text{ m/min} \times 1.11 = 250 \text{ m/min}$  (738 Fuß/min  $\times 1.11 = 819 \text{ Fuß/Zoll}$ ).

## Kompensierte Schnittgeschwindigkeit für abweichende Härte, HB

### Härte

- Sämtliche Schnittdatenempfehlungen basieren auf dem Referenzwerkstoff und der entsprechenden Härte.
- Die Werkstoffhärte wird in Härte Brinell (HB) oder Rockwell Härte, Skala "C" (HRC) angegeben, Z. B.: ISO/ANSI P = 180 HB, ISO/ANSI H = 60 HRC.
- Die Spalte Härte (HB) zeigt die Grundhärte für jede Werkstoffgruppe und die dafür empfohlenen Schnittgeschwindigkeiten (Hinweis: Ihr Werkstoff könnte härter/weicher sein).
- Jede ISO/ANSI Werkstoffgruppe steht im Zusammenhang mit einem Multiplikationsfaktor für reduzierte/erhöhte Materialhärte (zum Beispiel ISO/ANSI P = 180 HB und hat einen Faktor von 1.0).
- Verwenden Sie die Grafik unten für Korrekturfaktoren und empfohlene Schnittgeschwindigkeiten für die gewählte Sorte.

ISO/ ANSI	MC(1)	HB(2)	Reduzierte Härte			Höhere Härte					
			-60	-40	-20	0	+20	+40	+60	+80	+100
P	P2	HB 180	1.44	1.25	1.11	1.0	0.91	0.84	0.77	0.72	0.67
M	M1	HB 180	1.42	1.24	1.11	1.0	0.91	0.84	0.78	0.73	0.68
K	K2	HB 220	1.21	1.13	1.06	1.0	0.95	0.90	0.86	0.82	0.79
	K3	HB 250	1.33	1.21	1.09	1.0	0.91	0.84	0.75	0.70	0.65
N	N1	HB 75			1.05	1.0	0.95				
S	S2	HB 350			1.12	1.0	0.89				
H	H1	HRC(3) 60			1.07	1.0	0.97				

1) MC = Code zur Werkstoffklassifizierung

2) HB = Brinell Härte

3) HRC = Rockwell Härte

## Vergleichstabelle für Härtewerte

Werkstoffangaben können auf unterschiedliche Art erfolgen wie z. B.: HB, HRC, Zugfestigkeit oder Spezifische Schnittkräfte.

Zugfestigkeit		Vickers	Brinell	Rockwell	
N/mm <sup>2</sup>	Pfund/Zoll <sup>2</sup>	HV	HB	HRC	HRB
255	36,975	80	76.0	–	–
270	39,150	85	80.7	–	41.0
285	41,325	90	85.5	–	48.0
305	44,225	95	90.2	–	52.0
320	46,400	100	95.0	–	56.2
350	50,750	110	105	–	62.3
385	55,825	120	114	–	66.7
415	60,175	130	124	–	71.2
450	65,250	140	133	–	75.0
480	69,600	150	143	–	78.7
510	73,950	160	152	–	81.7
545	79,025	170	162	–	85.0
575	83,375	180	171	–	87.5
610	88,450	190	181	–	89.5
640	92,800	200	190	–	91.5
660	95,700	205	195	–	92.5
675	97,875	210	199	–	93.5
690	100,050	215	204	–	94.0
705	102,225	220	209	–	95.0
720	104,400	225	214	–	96.0
740	107,300	230	219	–	96.7
770	111,650	240	228	20.3	98.1
800	116,000	250	238	22.2	99.5
820	118,900	255	242	23.1	–
835	121,075	260	247	24.0	(101)
850	123,250	265	252	24.8	–
865	125,425	270	257	25.6	(102)
900	130,500	280	266	27.1	–
930	134,850	290	276	28.5	(105)
950	137,750	295	280	29.2	–
965	139,925	300	285	29.8	–
995	144,275	310	295	31.0	–

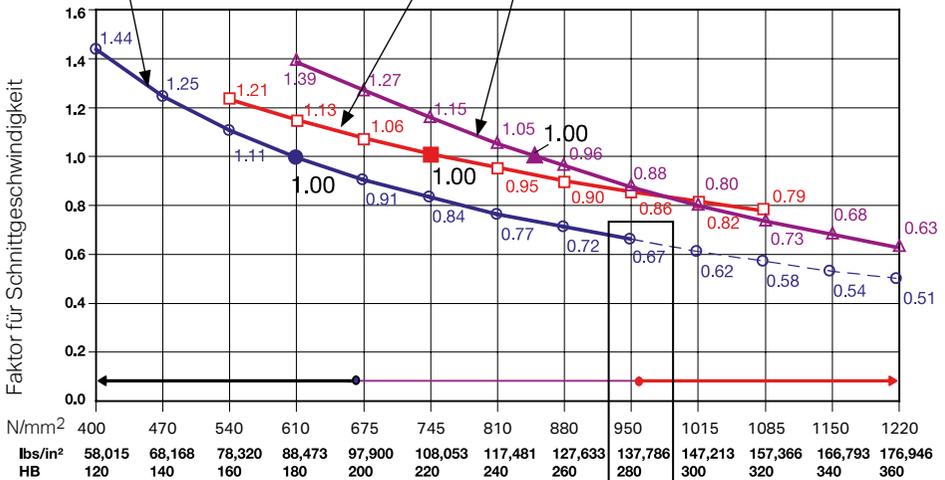
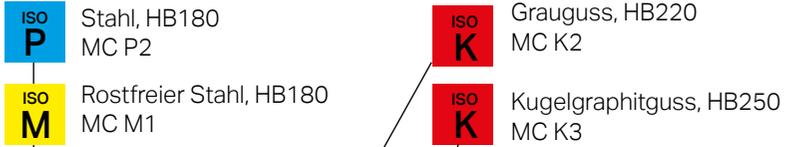
Kundenspezifischer Werkstoff (entsprechend der Informationen auf der Grafik)

Zugfestigkeit = 950 N/mm<sup>2</sup>  
(137,750 Pfund/Zoll<sup>2</sup>)

HB = 280, HRC = 29.2

## Beispiel einer Umrechnungstabelle für Härteangaben

## Diagrammform für P, M und K



Spezifische Schnittkräfte N/mm<sup>2</sup> (Pfund/  
Zoll<sup>2</sup>)

Brinell Härte (HB)

Kundenspezifischer  
Werkstoff

Stahl 4140

Zugfestigkeit = 950 N/mm<sup>2</sup>  
(137,786 Pfund/Zoll<sup>2</sup>)

HB = 280, HRC = 29.2

Berechnung des Härte-  
faktors = 0.67

## Kompensierte Schnittgeschwindigkeit für abweichende Härte, HB

### Beispiel:

- Die empfohlene Schnittgeschwindigkeit liegt bei 415 m/min (1360 Fuß/Zoll) für P Stahl 180 HB.
- Werkstoff des Kunden = 280 HB P Stahl.
- Berechnung des Härtefaktors, Kundenwerkstoff = 280 HB – Materialreferenz 180 HB = +100 HB höhere Härte (Faktor = 0.67).
- Faktor verwenden, um die Schnittgeschwindigkeit für die Werkstoffhärte neu zu berechnen  $415 \text{ m/min} \times 0.67 = 278 \text{ m/min}$  ( $1360 \text{ Fuß/min} \times 0.67 = 911 \text{ Fuß/Zoll}$ ).

ISO/ ANSI	MC(1)	HB(2)	← Reduzierte Härte				Höhere Härte →				
			-60	-40	-20	0	+20	+40	+60	+80	+100
P	P2	HB 180	1.44	1.25	1.11	1.0	0.91	0.84	0.77	0.72	0.67
M	M1	HB 180	1.42	1.24	1.11	1.0	0.91	0.84	0.78	0.73	0.68
K	K2	HB 220	1.21	1.13	1.06	1.0	0.95	0.90	0.86	0.82	0.79
	K3	HB 250	1.33	1.21	1.09	1.0	0.91	0.84	0.75	0.70	0.65
N	N1	HB 75			1.05	1.0	0.95				
S	S2	HB 350			1.12	1.0	0.89				
H	H1	HRC(3) 60			1.07	1.0	0.97				

- 1) MC = Code zur Werkstoffklassifizierung
- 2) HB = Brinell Härte
- 3) HRC = Rockwell Härte

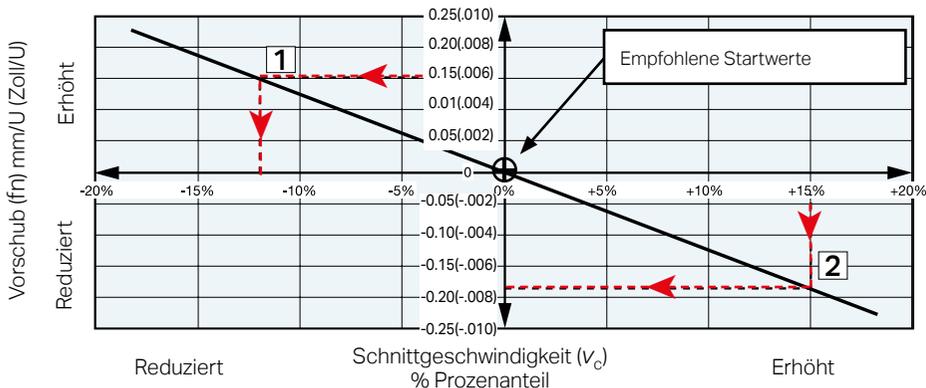
## Schnittgeschwindigkeits- und Vorschubkompensation beim Drehen

### Verwendung des Diagramms

Dieses Diagramm zeigt eine einfache Methode zur Anpassung der Startwerte für Schnittgeschwindigkeits- und Vorschubempfehlungen.

der Spanbildung. Diese Angaben entsprechen den Werten aus diesem Diagramm.

Die empfohlenen Schnittdaten für die Wendschneidplatten basieren auf eine Standzeit von 15 Minuten (Eingriffszeit) sowie auf die Beibehaltung



### Beispiel 1: Produktivitätssteigerung

- Steigerung des Vorschubs um 0.15 (.006") zum Erhalt eines neuen Startwerts von 0.45 mm/U (.018 Zoll/U).
- Berechnung der neuen Schnittgeschwindigkeit von -12% aus dem Diagramm durch Kreuzung der Vorschub-Linie mit der Startwert-Linie und der Schnittgeschwindigkeits-Achse.
- Neue Schnittdaten = 0.45 mm/U (.018 Zoll/U) und  $415 \times .88 = 365$  m/min ( $1360 \times .88 = 1197$  Fuß/Zoll) Zerspanungsrate +30%.

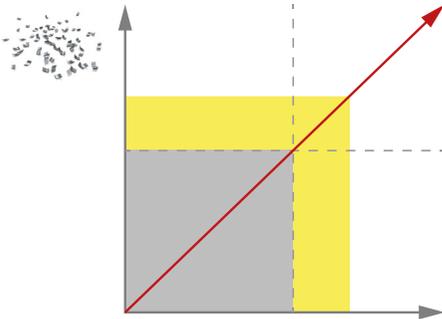
### Beispiel 2: Bessere Oberflächengüte

- Steigerung der Schnittgeschwindigkeit um 15% zum Erhalt eines neuen Startwerts von 477 m/min (1564 Fuß/Zoll).
- Berechnung des neuen Vorschubs von -0.175 (-.0075") aus dem Diagramm durch Kreuzung der Schnittgeschwindigkeits-Linie mit der Startwert-Linie und der Vorschubs-Achse.
- Neue Schnittdaten = 477 m/min (1564 Fuß/Zoll) und  $0.3 - 0.175 = 0.125$  mm/U (.012"-.0075" = .0045 Zoll/U) verbesserte Oberflächengüte.

### ⊕ Empfohlene Startwerte

CNMG 12 04 08-PM  
(CNMG 432 – PM)  
P15 Sorte  
3 mm (.118") - Schnitttiefe  
0.3 mm/U (.012 Zoll/U) –  
Vorschubrate  
415 m/min (1360 Fuß/Zoll)  
– Schnittgeschwindigkeit

# Wie können Sie Ihre Produktivität steigern?

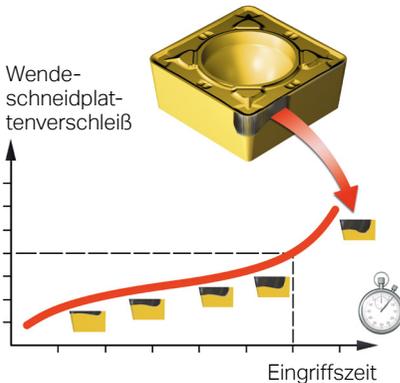


## Zu berücksichtigende Faktoren

- Identifizierung von Werkstoffhärte HB, Spezifische Schnittkräfte oder Zugfestigkeit N/mm<sup>2</sup> (Pfund/Zoll<sup>2</sup>).
- Korrekte Geometrie wählen.
- Korrekte Sorte wählen.
- Angegebene Schnittdaten verwenden, zur Kompensation für Härtefaktor des Werkstoffs.
- Stabiles Umfeld für Werkstück und Werkzeuge schaffen.



# Anwendungstipps für eine verbesserte Standzeit



- Identifizierung von Werkstoffhärte HB, Spezifische Schnittkräfte oder Zugfestigkeit N/mm<sup>2</sup> (Pfund/Zoll<sup>2</sup>).
- Angegebene Schnittdaten verwenden und für Härtefaktor kompensieren.
- Stabiles Umfeld für Werkstück und Werkzeuge schaffen.
- Korrekte Kombination von Plattenradius und Geometrie wählen.
- Wann immer möglich Gleichaufräsen dem Gegenaufräsen vorziehen.
- Alle vorhandenen Schneiden der Platte einsetzen
- Abgenutzte Wendeschneidplatten können zum Fasen eingesetzt werden.

Gute Stabilität = erfolgreiche Zerspangung

A

Drehen

B

Abstechen und  
Einstechen

C

Gewindedrehen

D

Fräsen

F

Bohren

F

Aufbohren

G

Werkzeughalter

H

Zerspanbarkeit  
Sonstige Informationen



# ISO 13399 Der Industrie- standard

ISO 13399

H 79

# ISO 13399 - Der Industriestandard

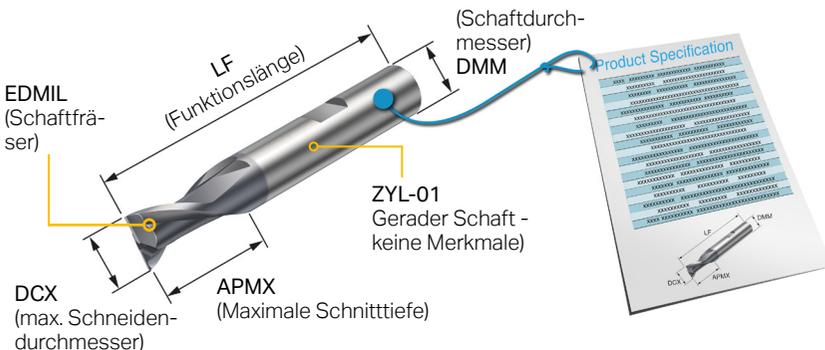
Unterschiede in der Terminologie bei den Lieferanten von Zerspanungswerkzeugen machen die Erfassung und den Austausch von Informationen sehr aufwändig. Gleichzeitig sind mehr und mehr moderne Funktionen in zeitgemäßen Produktionssystemen auf den Zugang zu produktionsrelevanten Informationen angewiesen.



Eine gemeinsame Sprache ist aus Systemsicht ein sehr wertvoller Faktor, macht aber auch das Leben der Benutzer einfacher. ISO 13399 ist ein internationaler Standard, der den Austausch von Werkzeugdaten vereinfacht und einen global anerkannten Weg zur Beschreibung dieser Daten darstellt.

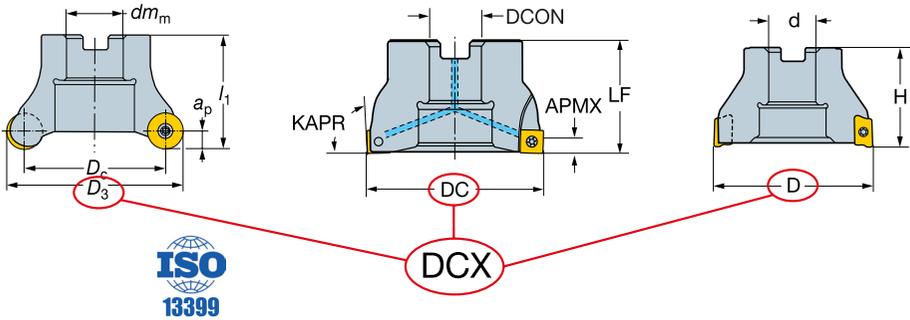
## ISO 13399 - Bedeutung für die Industrie

Der internationale Standard bestimmt Werkzeugeigenschaften wie beispielsweise Funktionslänge, Schneidendurchmesser und maximale Schnitttiefe. Jedes Werkzeug wird durch standardisierte Parameter definiert.



# ISO 13399 - Bedeutung für die Industrie

Wenn sämtliche Werkzeuge in diesem Industriebereich über die gleichen Parameter und Definitionen verfügen, wird die Kommunikation von Werkzeuginformationen zwischen Softwaresystemen deutlich vereinfacht. Das Bild zeigt drei verschiedene Lieferanten, die einen Durchmesser als  $D_3$ , DC bzw. D bezeichnen. Dies schafft viel Verwirrung bei den Programmierern. Beim ISO 13399 Standard wird der Durchmesser stets als DCX bezeichnet.



Eine vollständige Liste von Parametern finden Sie auf [www.sandvik.coromant.com](http://www.sandvik.coromant.com)

## Formeln & Definitionen

Begriffsdefinitionen	H 82
Drehen	H 84
Fräsen	H 86
Bohren	H 88
Aufbohren	H 90

## E-Learning

Informationen zu E-Learning und App	H 92
-------------------------------------	------

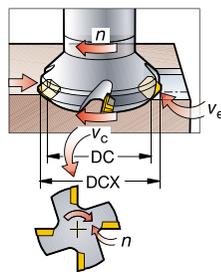
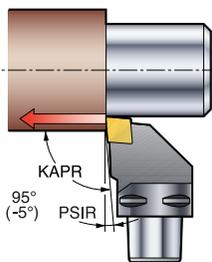
$$v_f = n \times f_z \times z_n$$

$$n = \frac{v_c \times 10^3}{\pi \times D_m}$$

$$v_c = \frac{\pi \times D_m \times n}{10^3}$$

# Begriffsdefinitionen

$$v_c = \frac{\pi \times D_m \times n}{1000}$$



**$a_e$  (Arbeitseingriff)** Arbeitseingriff des Werkzeugs mit dem Werkstück, gemessen in einer parallel zur Ebene P<sub>f</sub>e (Primäre Kreisbewegung/ Resultierende Schnittrichtung) verlaufenden Richtung und parallel zur Richtung der Vorschubbewegung. Gemessen in Millimetern (mm) oder Zoll.

**$a_p$  (Schnitttiefe)** Frästiefe senkrecht zur Vorschubrichtung. Hinweis: Beim Bohren wird die radiale Schnitttiefe mit  $a_p$  bezeichnet, demselben Symbol wie für die axiale Schnitttiefe/ Frästiefe beim Fräsen. Gemessen in Millimetern (mm) oder Zoll.

**DC (Schneidendurchmesser)** Durchmesser eines Kreises, der durch den Schnittbezugspunkt gebildet wird, wenn er sich um die Werkzeugachse eines rotierenden Werkzeugteils dreht. Hinweis: Dieser Durchmesser bezieht sich auf die bearbeitete Umfläche. Gemessen in Millimetern (mm) oder Zoll.

**$D_{cap}$  (Schneidendurchmesser bei Schnitttiefe)** Durchmesser im Abstand  $a_p$  von der Ebene durch Punkt PK, gemessen in der Basisebene 1 (Bp1). Gemessen in Millimetern (mm) oder Zoll.

**$D_m$  (Bearbeiteter Durchmesser)** bearbeiteter Werkstückdurchmesser. Gemessen in Millimetern (mm) oder Zoll.

**$F_f$  (Vorschubkraft)** Die Komponente der Gesamtkraft, die durch rechtwinklige Projektion auf die Richtung der Vorschubbewegung (d. h. in Richtung des Vektors  $v_f$ ) erreicht wird. Vorschubkraft für einen gegebenen Eingriff, der in Newton (N) und Pfund/Kraft (lbf) gemessen wird.

**$f_n$  (Vorschub pro Umdrehung)** Die Beförderung des Werkzeugs in Vorschubrichtung während einer Umdrehung unabhängig von der Anzahl der effektiven Schneidkanten am Werkzeug. Beim Drehen wird der Abstand während einer Umdrehung des Werkstücks gemessen. Gemessen in mm/Umdrehung oder Zoll/Umdrehung.

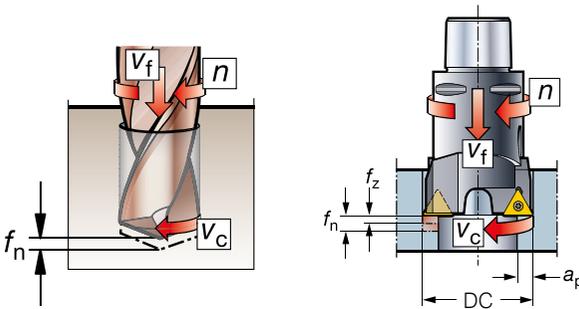
**$f_z$  (Vorschub pro Zahn)** die Beförderung einer effektiven Schneidkante ( $Z_c$ ) in Vorschubrichtung für die Rotationsmitte des Werkzeugs, das sich während einer Umdrehung des Werkzeugs durch das Werkstück bewegt. Beim Drehen wird der Abstand während einer Umdrehung des Werkstücks gemessen. Gemessen in mm/Zahn oder Zoll/Zahn.

**$h_{ex}$  (Maximale Spandicke)** ist die maximale Dicke des nicht deformierten Spans an den rechten Winkeln der Schneidkante und wird durch den radialen Eingriff, die Schneidkantenbehandlung der Wendeschneidplatte und den Vorschub pro Zahn beeinflusst. Es ist darauf zu achten, dass unterschiedliche radiale Schnittbreiten und unterschiedliche Einstell-/ Eintrittswinkel eine Anpassung des Vorschubs erfordern, um die richtige Spandicke beizubehalten. Gemessen in Millimetern (mm) oder Zoll.

**$h_m$  (Mittlere Spandicke)** ist die mittlere Dicke des Spans in nicht deformiertem Zustand bei 90° Anstellwinkel der Schneide. Der Wert wird beeinflusst durch die radialen Eingriffsverhältnisse, die Eckenbehandlung der Schneide und den Vorschub pro Zahn. Bitte beachten Sie, dass bei unterschiedlichen radialen Eingriffen und Anstellwinkeln eine Anpassung der Zahnvorschübe notwendig ist, damit die geeigneten Spandicken erhalten bleiben. Der Wert wird gemessen in Millimeter (mm) oder Zoll.

**KAPR (Einstellwinkel)** Winkel zwischen der Ebene der Werkzeugschneidkante und der Ebene des Werkzeugvorschubs, gemessen in einer Ebene parallel zur XY-Ebene.

**$k_c$  (Spezifische Schnittkraft)** Schnittkraft/ Bereich für eine gegebene Spandicke in tangentialer Richtung. (Spezifischer Schnittkraftkoeffizient für Werkstoff- und Werkzeugkombination) und wird in Newton/Quadratmillimetern (N/mm<sup>2</sup>) und Pfund/Quadratzoll (Pfund/Zoll<sup>2</sup>) gemessen.



$$P_c = \frac{v_c \times DC \times f_n \times k_c}{240 \times 10^3}$$

$k_{c1}$  (Spezifischer Schnittkraftkoeffizient) Schnittkraft/Bereich für eine Spandicke von 1 mm in tangentialer Richtung. (Werkstoffkonstante: Spezifischer Schnittkraftkoeffizient. Traditionell bezeichnet als  $k_c$  1.1) und wird in Newton/Quadratmillimeter ( $N/mm^2$ ) und Pfund/Quadrat Zoll (Pfund/Zoll<sup>2</sup>).

$l_m$  (Bearbeitete Länge) Eingriffslänge über alle Durchgänge. Gemessen in Millimetern (mm) oder Zoll.

$M_c$  (Erhöhung der spezifischen Schnittkraft) Erhöhung der spezifischen Schnittkraft als Funktion der Spandicke. Kann im Arbeitsmaterial aus Schnittdatentabellen entnommen werden und wird als Verhältnis ausgedrückt. Dieser Wert steht auch im engen Zusammenhang mit dem spezifischen Schnittkraftkoeffizienten ( $k_{c1}$ ).

$n$  (Spindeldrehzahl) Frequenz der Spindelrotation. Gemessen in Umdrehungen/Minute (U/min).

$P_c$  (Schnittleistung) Schnittleistung, die durch die Spanabnahme erzeugt wird. Gemessen in Kilowatt (kW) und/oder Pferdestärke (PS)

$\psi$  (Eintrittswinkel) Winkel zwischen der Ebene der Werkzeugschneidkante und einer Ebene rechtwinklig zur Ebene des Werkzeugvorschubs gemessen in einer Ebene parallel zur XZ-Ebene.

$IQ$  (Zeitspanvolumen) wird als Umfang des innerhalb eines bestimmten Bearbeitungszeitraums abgetragenen Materials definiert. Ein andere Form der Definition von  $IQ$  ist die Vorstellung einer "unmittelbaren" Materialabtragsrate wie z. B. die Rate mit der die Querschnittsfläche des abgetragenen Materials sich durch das Werkstück bewegt. Gemessen in Kubikzentimetern/Minute ( $cm^3/min$ ) und Kubik-Zoll/Minute (Zoll<sup>3</sup>/min).

$T_c$  (Gesamtschnittzeit) Zeitraum für den Arbeitseingriff über alle Durchgänge. Gemessen in Minuten.

$v_c$  (Schnittgeschwindigkeit) Die momentane Geschwindigkeit der Schnittbewegung eines ausgewählten Punkts auf der Schneidkante relativ zum Werkstück. Gemessen in Meter/Minute.

$v_f$  (Tischvorschub/ Vorschubgeschwindigkeit) der Abstand in Millimetern oder Zoll, den ein Werkzeug in einer Minute in einem Werkstück zurücklegt. Gemessen in mm/Minute oder Zoll/Minute.

$\gamma_0$  (Spanwinkel) Die spezifische Schnittkraft wird mit jedem Grad des Spanwinkels um 1 Prozent reduziert. Wird in Grad gemessen.

$Z_c$  (Effektive Anzahl an Schneidkanten) Anzahl der effektiven Schneidkanten in einem Werkzeug.

$Z_n$  (Anzahl eingespannter Wendeschneidplatten) Anzahl der Schneidkanten der Werkzeuggachse.

## Formeln und Definitionen zum Drehen - METRISCH

Schnittgeschwindigkeit, m/min

$$v_c = \frac{\pi \times D_m \times n}{1000}$$

Spindeldrehzahl, U/min

$$n = \frac{v_c \times 1000}{\pi \times D_m}$$

Bearbeitungszeit, min

$$T_c = \frac{l_m}{f_n \times n}$$

Zeitspanvolumen, cm<sup>3</sup>/min

$$Q = v_c \times a_p \times f_n$$

Spezifische Schnittkräfte

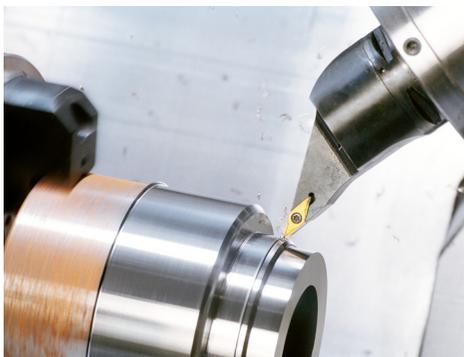
$$k_c = k_{c1} \times \left( \frac{1}{h_m} \right)^{m_c} \times \left( 1 - \frac{\gamma_0}{100} \right)$$

Durchschnittliche Spandicke

$$h_m = f_n \times \sin \text{KAPR}$$

Schnittleistung, kW

$$P_c = \frac{v_c \times a_p \times f_n \times k_c}{60 \times 10^3}$$



Symbol	Bezeichnung/ Definition	Einheit
$D_m$	Bearbeiteter Durchmesser	mm
$f_n$	Vorschub pro Umdrehung	mm/U
$a_p$	Schnitttiefe	mm
$v_c$	Schnittgeschwindigkeit	m/min
$n$	Spindeldrehzahl	U/min
$P_c$	Nutzleistung	kW
$Q$	Zeitspanvolumen	cm <sup>3</sup> /min
$h_m$	Durchschnittliche Spandicke	mm
$h_{ex}$	Maximale Spandicke	mm
$T_c$	Eingriffszeit	min
$l_m$	Bearbeitete Länge	mm
$k_c$	Spezifische Schnittkraft	N/mm <sup>2</sup>
KAPR	Einstellwinkel	Grad
$\gamma_0$	Effektiver Spanwinkel	Grad

## Formeln und Definitionen zum Drehen - ZOLL

Schnittgeschwindigkeit, Fuß/min

$$v_c = \frac{\pi \times D_m \times n}{12}$$

Spindeldrehzahl, U/min

$$n = \frac{v_c \times 12}{\pi \times D_m}$$

Bearbeitungszeit, min

$$T_c = \frac{l_m}{f_n \times n}$$

Zeitspanvolumen, Zoll<sup>3</sup>/min

$$Q = v_c \times a_p \times f_n \times 12$$

Spezifische Schnittkräfte

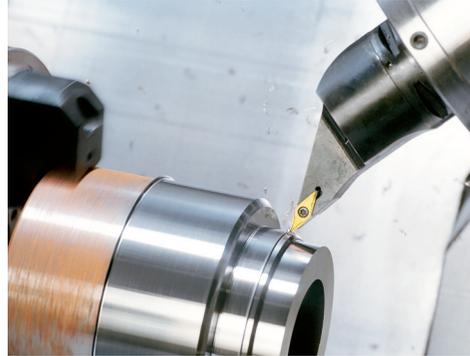
$$k_c = k_{c1} \times \left( \frac{0.0394}{h_m} \right)^{m_c} \times \left( 1 - \frac{\gamma_0}{100} \right)$$

Durchschnittliche Spandicke

$$h_m = f_n \times \sin \text{KAPR}$$

Nutzleistung, PS

$$P_c = \frac{v_c \times a_p \times f_n \times k_c}{33 \times 10^3}$$



Symbol	Bezeichnung/ Definition	Einheit
$D_m$	Bearbeiteter Durchmesser	Zoll
$f_n$	Vorschub pro Umdrehung	Zoll/U
$a_p$	Schnitttiefe	Zoll
$v_c$	Schnittgeschwindigkeit	Fuß/min
$n$	Spindeldrehzahl	U/min
$P_c$	Nutzleistung	PS
$Q$	Zeitspanvolumen	Zoll <sup>3</sup> /min
$h_m$	Durchschnittliche Spandicke	Zoll
$h_{ex}$	Maximale Spandicke	Zoll
$T_c$	Eingriffszeit	min
$l_m$	Bearbeitete Länge	mm
$k_c$	Spezifische Schnittkraft	Pfund/Zoll <sup>2</sup>
PSIR	Eintrittswinkel	Grad
$\gamma_0$	Effektiver Spanwinkel	Grad

Drehen

B

Abstechen und  
Einstechen

C

Gewindedrehen

D

Fräsen

E

Bohren

F

Aufbohren

G

Werkzeughalter

H

Zerspanbarkeit  
Sonstige Informationen

## Formeln und Definitionen zum Fräsen - METRISCH

Tischvorschub, mm/min

$$v_f = f_z \times n \times z_c$$

Schnittgeschwindigkeit, m/min

$$v_c = \frac{\pi \times D_{\text{cap}} \times n}{1000}$$

Spindeldrehzahl, U/min

$$n = \frac{v_c \times 1000}{\pi \times D_{\text{cap}}}$$

Vorschub/Zahn, mm

$$f_z = \frac{v_f}{n \times z_c}$$

Vorschub pro Umdrehung,  
mm/U

$$f_n = \frac{v_f}{n}$$

Zeitspanvolumen, cm<sup>3</sup>/min

$$Q = \frac{a_p \times a_e \times v_f}{1000}$$

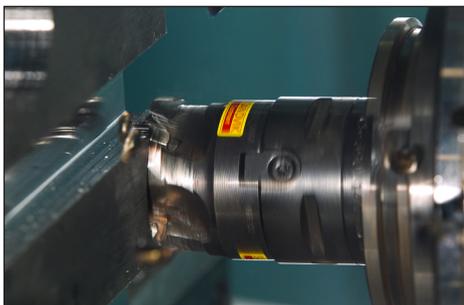
Schnittleistung, kW

$$P_c = \frac{a_e \times a_p \times v_f \times k_c}{60 \times 10^6}$$

Drehmoment, Nm

$$M_c = \frac{P_c \times 30 \times 10^3}{\pi \times n}$$

H 86



Symbol	Bezeichnung/ Definition	Einheit
$a_e$	Arbeitseingriff	mm
$a_p$	Schnitttiefe	mm
$D_{\text{cap}}$	Fräsdurchmesser bei Schnitttiefe $a_p$	mm
DC	Fräserdurchmesser	mm
$f_z$	Vorschub pro Zahn	mm
$f_n$	Vorschub pro Umdrehung	mm/U
$n$	Spindeldrehzahl	U/min
$v_c$	Schnittgeschwindigkeit	m/min
$v_f$	Tischvorschub	mm/min
$z_c$	Anzahl effektiver Zähne	St
$h_{\text{ex}}$	Maximale Spandicke	mm
$h_m$	Durchschnittliche Spandicke	mm
$k_c$	Spezifische Schnittkraft	N/mm <sup>2</sup>
$P_c$	Nutzleistung	kW
$M_c$	Drehmoment	Nm
$Q$	Zeitspanvolumen	cm <sup>3</sup> /min
KAPR	Einstellwinkel	Grad

Spezifische Schnittkräfte

$$k_c = k_{c1} \times \left( \frac{1}{h_m} \right)^{m_c} \times \left( 1 - \frac{\gamma_0}{100} \right)$$

## Formeln und Definitionen zum Fräsen - ZOLL

Tischvorschub, Zoll/min

$$v_f = f_z \times n \times z_c$$

Schnittgeschwindigkeit, Fuß/min

$$v_c = \frac{\pi \times D_{\text{cap}} \times n}{12}$$

Spindeldrehzahl, U/min

$$n = \frac{v_c \times 12}{\pi \times D_{\text{cap}}}$$

Vorschub pro Zahn, Zoll

$$f_z = \frac{v_f}{n \times z_c}$$

Vorschub pro Umdrehung, Zoll/U

$$f_n = \frac{v_f}{n}$$

Zeitspanvolumen, Zoll<sup>3</sup>/min

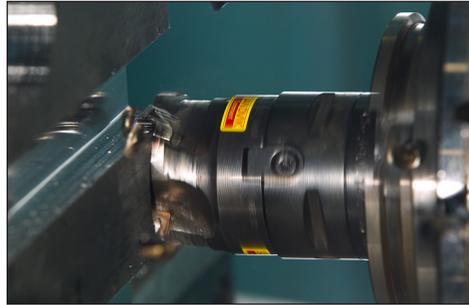
$$Q = a_p \times a_e \times v_f$$

Nutzleistung, PS

$$P_c = \frac{a_e \times a_p \times v_f \times k_c}{396 \times 10^3}$$

Drehmoment, Pfund-Fuß

$$M_c = \frac{P_c \times 16501}{\pi \times n}$$



Symbol	Bezeichnung/ Definition	Einheit
$a_e$	Arbeitseingriff	Zoll
$a_p$	Schnitttiefe	Zoll
$D_{\text{cap}}$	Fräsdurchmesser bei Schnitttiefe $a_p$	Zoll
DC	Fräserdurchmesser	Zoll
$f_z$	Vorschub pro Zahn	Zoll
$f_n$	Vorschub pro Umdrehung	Zoll
$n$	Spindeldrehzahl	U/min
$v_c$	Schnittgeschwindigkeit	Fuß/min
$v_f$	Tischvorschub	Zoll/min
$z_c$	Anzahl effektiver Zähne	St.
$h_{\text{ex}}$	Maximale Spandicke	Zoll
$h_m$	Durchschnittliche Spandicke	Zoll
$k_c$	Spezifische Schnittkraft	Pfund/Zoll <sup>2</sup>
$P_c$	Nutzleistung	PS
$M_c$	Drehmoment	lbf ft
$Q$	Zeitspanvolumen	Zoll <sup>3</sup> /min
PSIR	Eintrittswinkel	Grad

Spezifische Schnittkräfte

$$k_c = k_{c1} \times \left( \frac{0,039}{h_m} \right)^{m_c} \times \left( 1 - \frac{\gamma_o}{100} \right)$$

Drehen

B

Abstechen und  
Einstechen

C

Gewindedrehen

D

Fräsen

E

Bohren

F

Aufbohren

G

Werkzeughalter

H

Zerspanbarkeit  
Sonstige Informationen

# Formeln und Definitionen zum Bohren - METRISCH

Vorschubgeschwindigkeit,  
mm/min

$$v_f = f_n \times n$$

Schnittgeschwindigkeit, m/min

$$v_c = \frac{\pi \times DC \times n}{1000}$$

Spindeldrehzahl, U/min

$$n = \frac{v_c \times 1000}{\pi \times DC}$$

Vorschubkraft, N

$$F_f \approx 0,5 \times k_c \times \frac{DC}{2} \times f_n \times \sin KAPR$$

Zeitspanvolumen, cm<sup>3</sup>/min

$$Q = \frac{v_c \times DC \times f_n}{4}$$

Schnittleistung, kW

$$P_c = \frac{v_c \times DC \times f_n \times k_c}{240 \times 10^3}$$

Drehmoment, Nm

$$M_c = \frac{P_c \times 30 \times 10^3}{\pi \times n}$$



Symbol	Bezeichnung/ Definition	Einheit
DC	Bohrerdurchmesser	mm
$f_n$	Vorschub pro Umdrehung	mm/U
$n$	Spindeldrehzahl	U/min
$v_c$	Schnittgeschwindigkeit	m/min
$v_f$	Vorschubgeschwindigkeit	mm/min
$F_f$	Vorschubkraft	N
$k_c$	Spezifische Schnittkraft	N/mm <sup>2</sup>
$M_c$	Drehmoment	Nm
$P_c$	Nutzleistung	kW
$Q$	Zeitspanvolumen	cm <sup>3</sup> /min
KAPR	Einstellwinkel	Grad

## Formeln und Definitionen zum Bohren - ZOLL

Vorschubgeschwindigkeit,  
Zoll/min

$$v_f = f_n \times n$$

Schnittgeschwindigkeit, Fuß/min

$$v_c = \frac{\pi \times DC \times n}{12}$$

Spindeldrehzahl, U/min

$$n = \frac{v_c \times 12}{\pi \times DC}$$

Vorschubkraft, N

$$F_f \approx 0,5 \times k_c \times \frac{DC}{2} \times f_n \times \sin \text{PSIR}$$

Hinweis: DC muss in Millimeter umgerechnet werden

Zeitspanvolumen, Zoll<sup>3</sup>/min

$$Q = v_c \times DC \times f_n \times 3$$

Nutzleistung, PS

$$P_c = \frac{v_c \times DC \times f_n \times k_c}{132 \times 10^3}$$

Drehmoment, Pfund-Fuß

$$M_c = \frac{P_c \times 16501}{\pi \times n}$$



Symbol	Bezeichnung/ Definition	Einheit
DC	Bohrerdurchmesser	Zoll
$f_n$	Vorschub pro Umdrehung	Zoll/U
$n$	Spindeldrehzahl	U/min
$v_c$	Schnittgeschwindigkeit	Fuß/min
$v_f$	Vorschubgeschwindigkeit	Zoll/min
$F_f$	Vorschubkraft	N
$k_c$	Spezifische Schnittkraft	Pfund/Zoll <sup>2</sup>
$M_c$	Drehmoment	lbf ft
$P_c$	Nutzleistung	PS
$Q$	Zeitspanvolumen	Zoll <sup>2</sup> /min
PSIR	Eintrittswinkel	Grad

# Formeln und Definitionen zum Aufbohren - METRISCH

Vorschubgeschwindigkeit, mm/min

$$v_f = f_n \times n$$

Schnittgeschwindigkeit, m/min

$$v_c = \frac{\pi \times DC \times n}{1000}$$

Spindeldrehzahl, U/min

$$n = \frac{v_c \times 1000}{\pi \times DC}$$

Vorschub pro Umdrehung, mm/U

$$f_n = z_c \times f_z$$

Zeitspanvolumen, cm<sup>3</sup>/min

$$Q = \frac{v_c \times DC \times f_n}{4}$$

Schnittleistung, kW

$$P_c = \frac{v_c \times a_p \times f_n \times k_c}{60 \times 10^3} \left( 1 - \frac{a_p}{DC} \right)$$

Drehmoment, Nm

$$M_c = \frac{P_c \times 30 \times 10^3}{\pi \times n}$$

H 90



Symbol	Bezeichnung/ Definition	Einheit
DC	Bohrerdurchmesser	mm
$f_n$	Vorschub pro Umdrehung	mm/U
$n$	Spindeldrehzahl	U/min
$v_c$	Schnittgeschwindigkeit	m/min
$v_f$	Tischvorschub	mm/min
$F_f$	Vorschubkraft	N
$k_c$	Spezifische Schnittkraft	N/mm <sup>2</sup>
$M_c$	Drehmoment	Nm
$P_c$	Nutzleistung	kW
$Q$	Zeitspanvolumen	cm <sup>3</sup> /min
KAPR	Einstellwinkel	Grad
$z_c$	Anzahl effektiver Zähne ( $z_c = 1$ zum Stufen-Aufbohren)	St

Vorschubkraft, N

$$F_f \approx 0.5 \times k_c \times a_p \times f_n \times \sin KAPR$$

## Formeln und Definitionen zum Aufbohren - ZOLL

Vorschubgeschwindigkeit,  
Zoll/min

$$v_f = f_n \times n$$

Schnittgeschwindigkeit,  
Fuß/min

$$v_c = \frac{\pi \times DC \times n}{12}$$

Spindeldrehzahl, U/min

$$n = \frac{v_c \times 12}{\pi \times DC}$$

Vorschub pro Umdrehung,  
Zoll/U

$$f_n = z_c \times f_z$$

Zeitspanvolumen, Zoll<sup>3</sup>/min

$$Q = v_c \times DC \times f_n \times 3$$

Nutzleistung, PS

$$P_c = \frac{v_c \times a_p \times f_n \times k_c}{132 \times 10^3} \left( 1 - \frac{a_p}{DC} \right)$$

Drehmoment, Pfund-Fuß

$$M_c = \frac{P_c \times 16501}{\pi \times n}$$



Symbol	Bezeichnung/ Definition	Einheit
DC	Bohrerdurchmesser	Zoll
$f_n$	Vorschub pro Umdrehung	Zoll/U
$n$	Spindeldrehzahl	U/min
$v_c$	Schnittgeschwindigkeit	Fuß/min
$v_f$	Tischvorschub	Zoll/min
$F_f$	Vorschubkraft	N
$k_c$	Spezifische Schnittkraft	Pfund/Zoll <sup>2</sup>
$M_c$	Drehmoment	Pfund-Fuß
$P_c$	Nutzleistung	PS
$Q$	Zeitspanvolumen	Zoll <sup>3</sup> /min
PSIR	Eintrittswinkel	Grad
$z_c$	Anzahl effektiver Zähne ( $z_c = 1$ zum Stufen-Aufbohren)	St

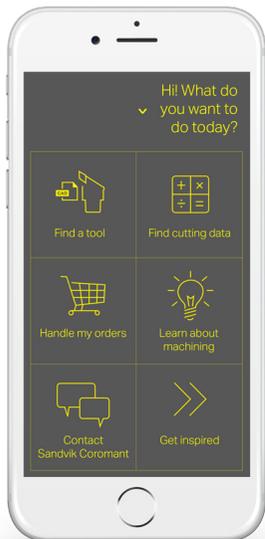
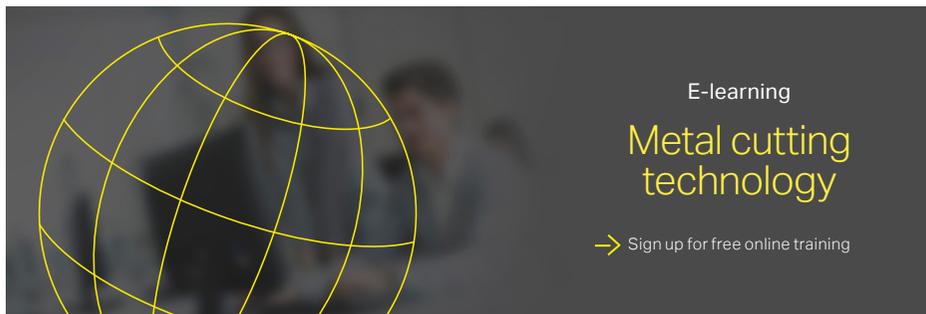
Vorschubkraft, N

$$F_f \approx 0.5 \times k_c \times a_p \times f_n \times \sin \text{KAPR}$$

## Online-Training auf Universitätsniveau

E-Learning Zerspangungstechnologie ist die ideale Ergänzung zum traditionellen Unterricht - oder die perfekte Lösung zur Entwicklung neuer Fähigkeiten an jedem beliebigen Ort. Lernen Sie die Grundlagen der Zerspangungstechnologie mit unserem Trainingsprogramm aus 75 Kursen, die nahezu alle Anwendungsbereiche der Metallzerspanung abdecken. Speichern Sie Ihre Lernfortschritte und verfolgen Sie Ihre Erfolge.

Registrieren Sie sich auf [metalcuttingknowledge.com](http://metalcuttingknowledge.com) und beginnen Sie mit Ihrem kostenlosen Training.



## Online-Hilfe jederzeit und überall

Das Studium der Metallzerspanung erfordert die Denkweise eines Ingenieurs und tatkräftige Unterstützung. Sandvik Coromant stellt Ihnen hierfür fortschrittliche, nützliche Rechner und Apps für Ihre mobilen Geräte bereit.

Die erforderliche Unterstützung finden Sie auf [sandvik.coromant.com/apps](http://sandvik.coromant.com/apps)

Hauptniederlassung:  
AB Sandvik Coromant  
SE-811 81 Sandviken, Schweden  
E-Mail: [info.coromant@sandvik.com](mailto:info.coromant@sandvik.com)  
[www.sandvik.coromant.com](http://www.sandvik.coromant.com)

C-2920:40 de-DE © AB Sandvik Coromant 2017.11

