

A close-up, high-angle photograph of a metal part being machined. A precision tool with a multi-fluted cutter is held by a robotic arm, creating a grid pattern on the workpiece's surface. The scene is bathed in a dramatic blue light, emphasizing the metallic textures and the precision of the manufacturing process.

Produktionstechnik 2 | Production Technology 2

## Spanen Grundlagen Machining basics

Prof. Dr. Nico Hanenkamp

A blue-tinted photograph showing a dental high-speed handpiece on the left and a dental mirror on the right. The handpiece has a white, ribbed handle and a silver, tapered dental bur. The dental mirror is a thin, silver, curved metal tool.

# Einführung *Introduction*

# Diese Vorlesung vermittelt einen Überblick über spanende Fertigungsverfahren

## This lecture gives an overview on cutting processes

Definition nach DIN ISO 8580:

***Spanen ist Trennen, bei dem von einem Werkstück mit Hilfe von Schneiden eines Werkzeugs, Werkstoffschichten in Form von Späne mechanisch abgetrennt werden.***

*Cutting is separating, in which material layers are mechanically separated from a workpiece.*

Nach einem Besuch dieser Vorlesungseinheit sollten Sie in der Lage sein:

After this lecture you should be able to:

- die spanenden Fertigungsverfahren zu beschreiben,  
*describe the cutting technologies*
- die verfahrensspezifischen Eigenschaften darzustellen,  
*describe process-specific properties*
- spezifische Vor- und Nachteile der einzelnen Verfahren zu erläutern,  
*describe the advantages and disadvantages*
- Aufbau und die Bestandteile spanender Werkzeugmaschinen zu skizzieren,  
*sketch the assembly and properties of cutting machines*
- typische Anwendungsbereiche inkl. fertigungstechnischer Randbedingungen zu nennen.  
*mention typical areas of application including production orientated border conditions*



Quelle:  
Sandvik



Quelle:  
Index



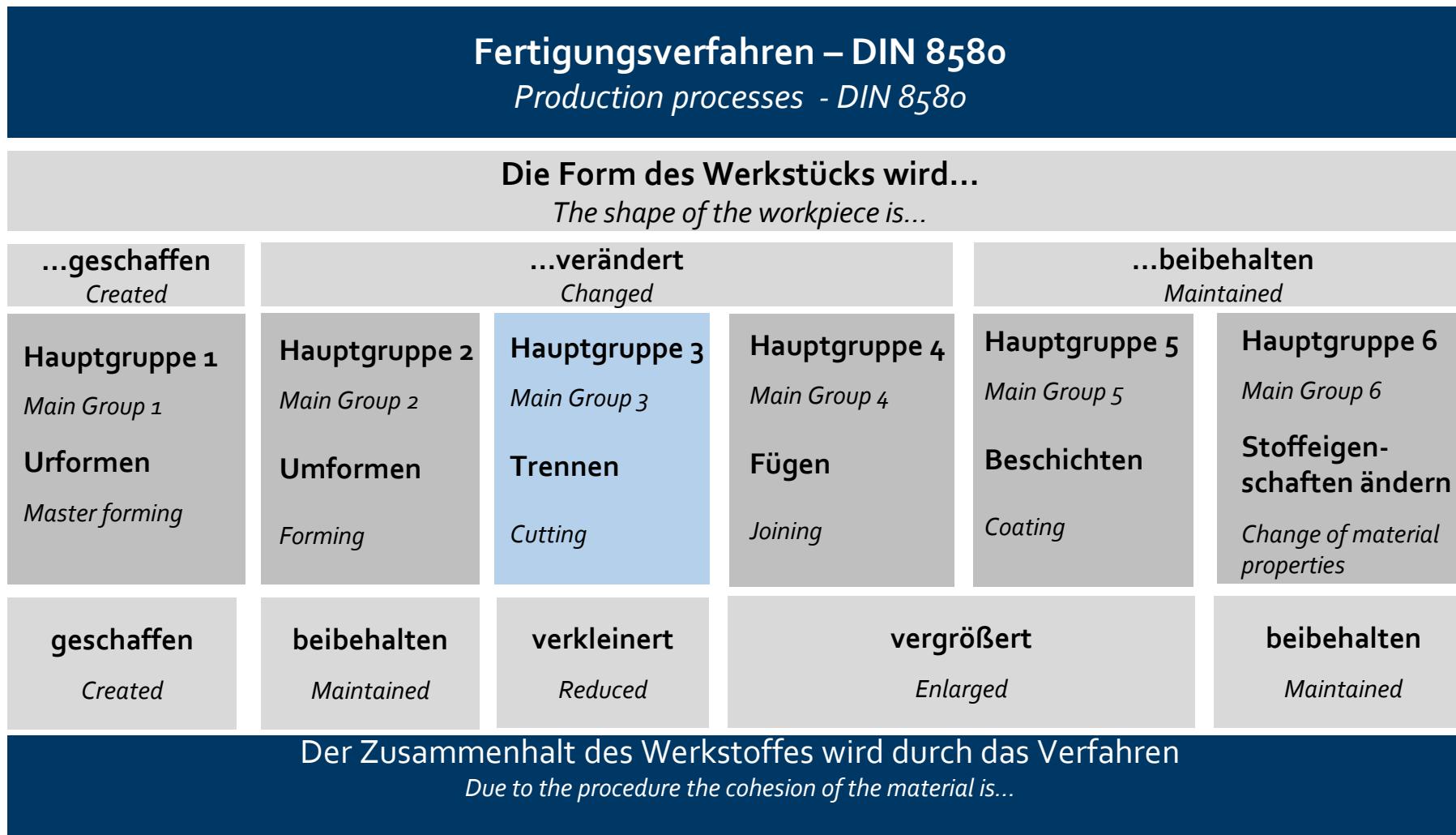
Quelle:  
Sandvik



Quelle:  
gilarturo.it

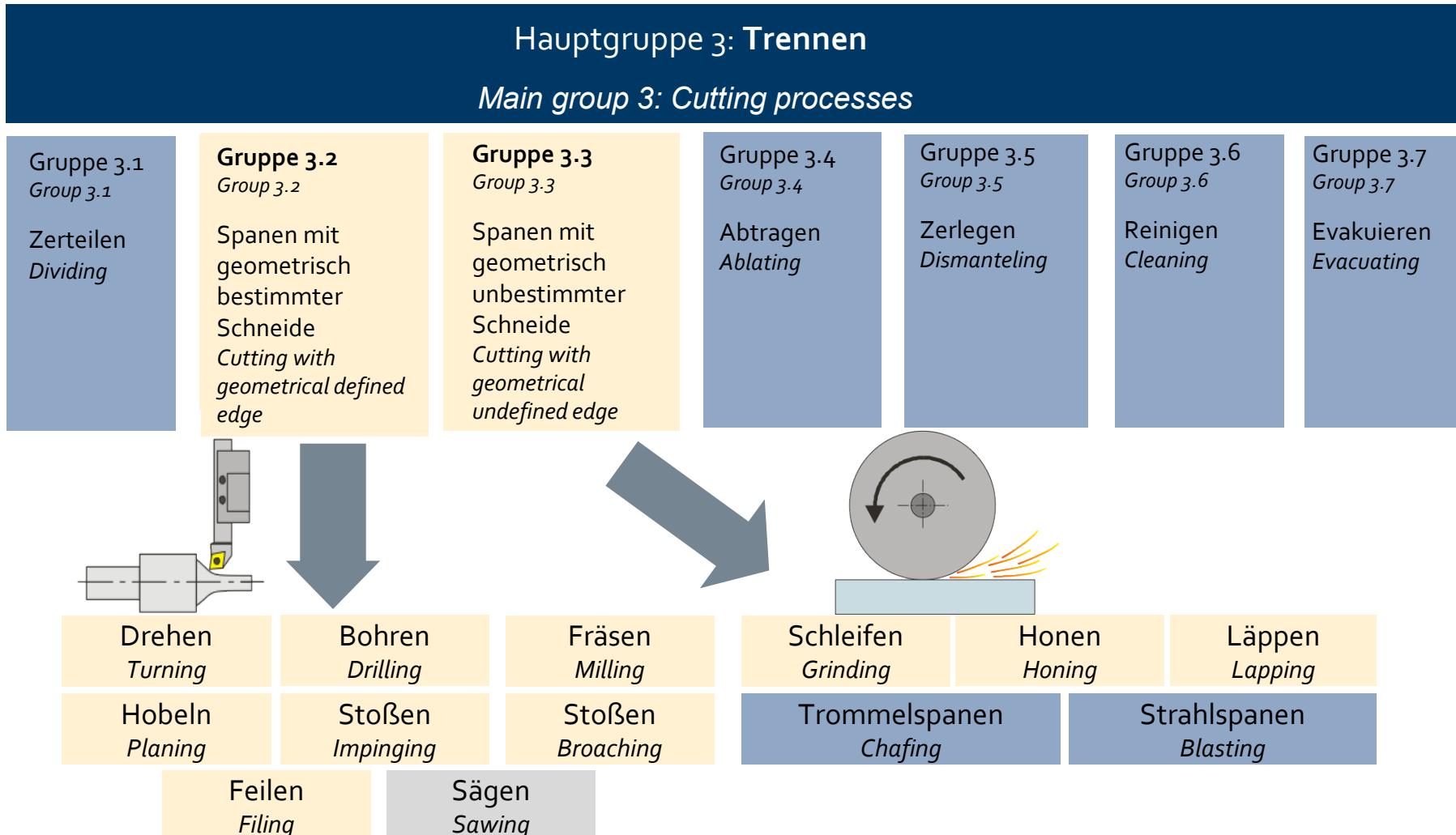
# Einordnung der Fertigungsverfahren nach DIN 8580

## *Classifications of the manufacturing processes according to DIN 8580*



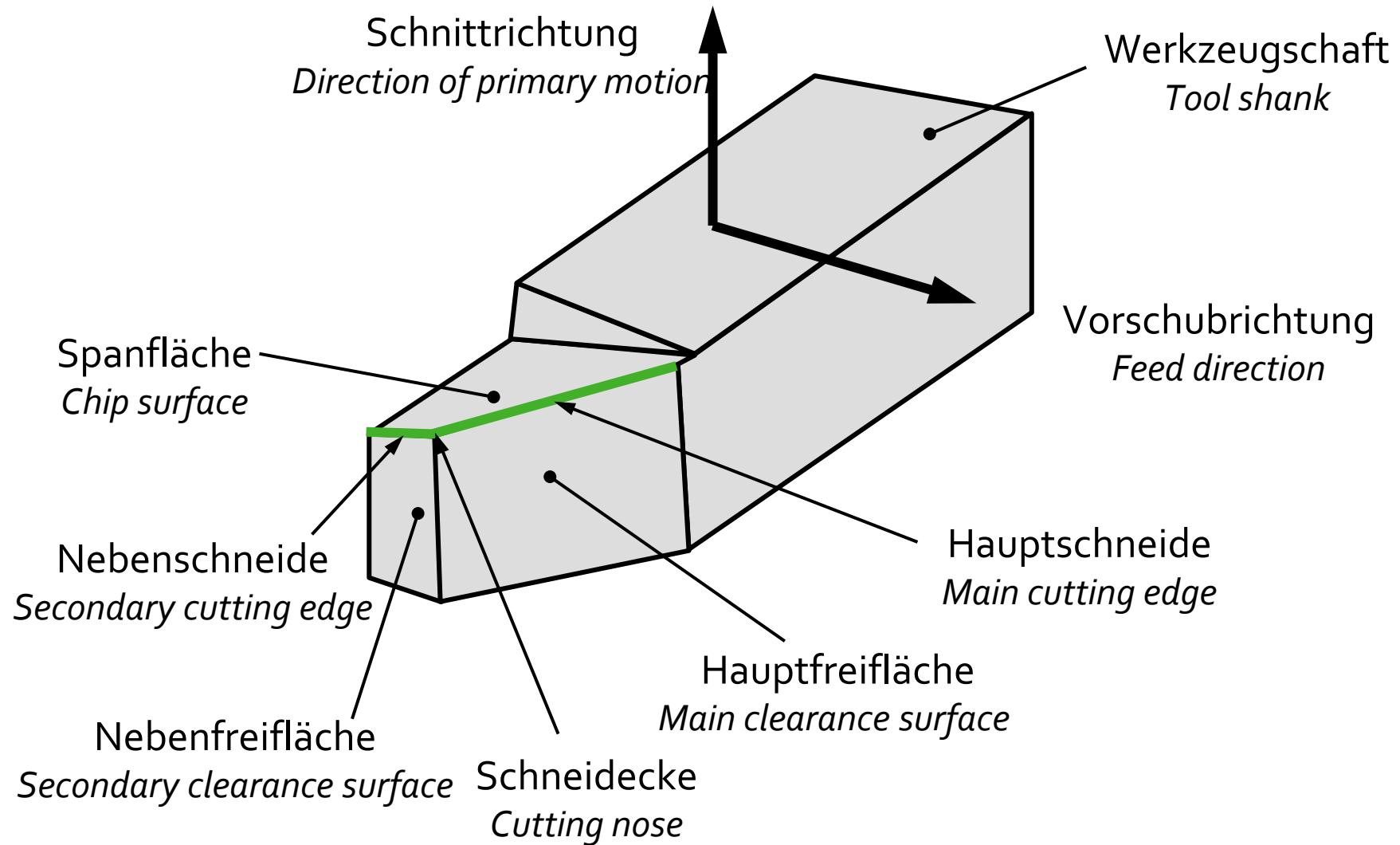
# Die Hauptgruppe “Trennen” beinhaltet Zerspanen mit geometrisch bestimmter und unbestimmter Schneide

The main group „separating“ includes cutting with and cutting without defined geometry



# Flächen und Schneiden am Beispiel des Drehmeißels (nach DIN 6581)

The surfaces and edges of the turning tool (DIN 6581)



# Spanende Fertigung ist ein Kernelement des internationalen Maschinen-, Anlagen- und Fahrzeugbaus

Cutting manufacturing is the core technology of international machine, plant and automotive engineering



Flansch  
*Flange*



Kegelzahnräder  
*Bevel gears*



Ventilkomponente Valve  
*components*



Flansch  
*Flange*



Zahnritzel  
*Pinion wheel*

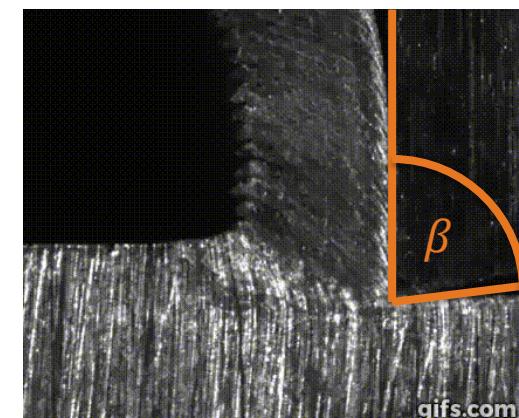
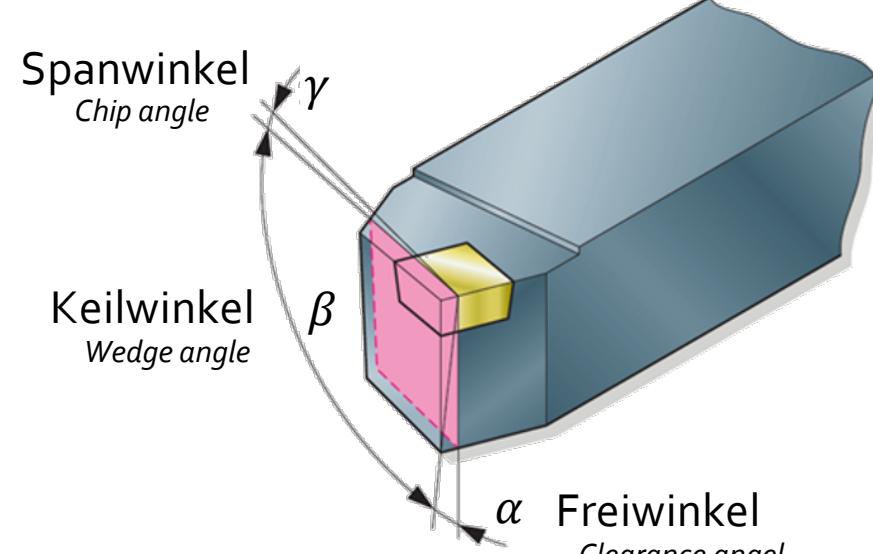
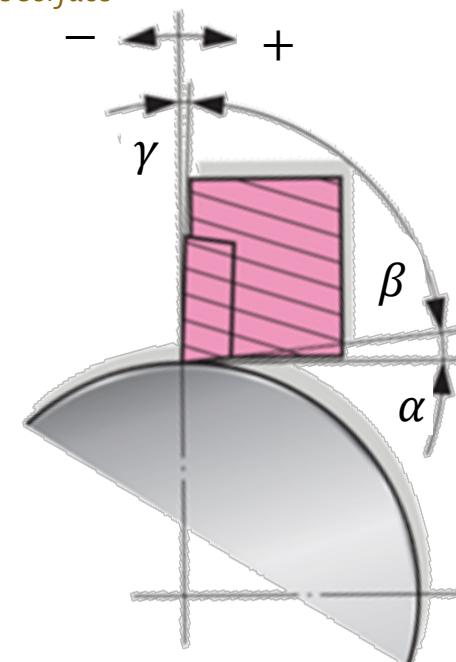
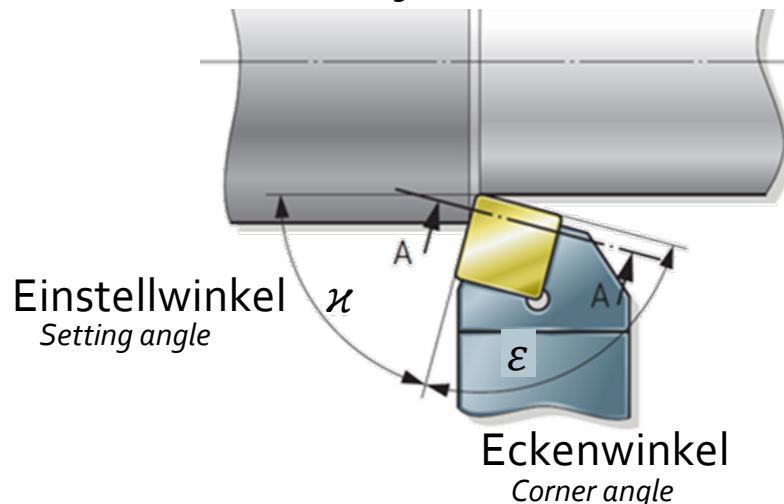
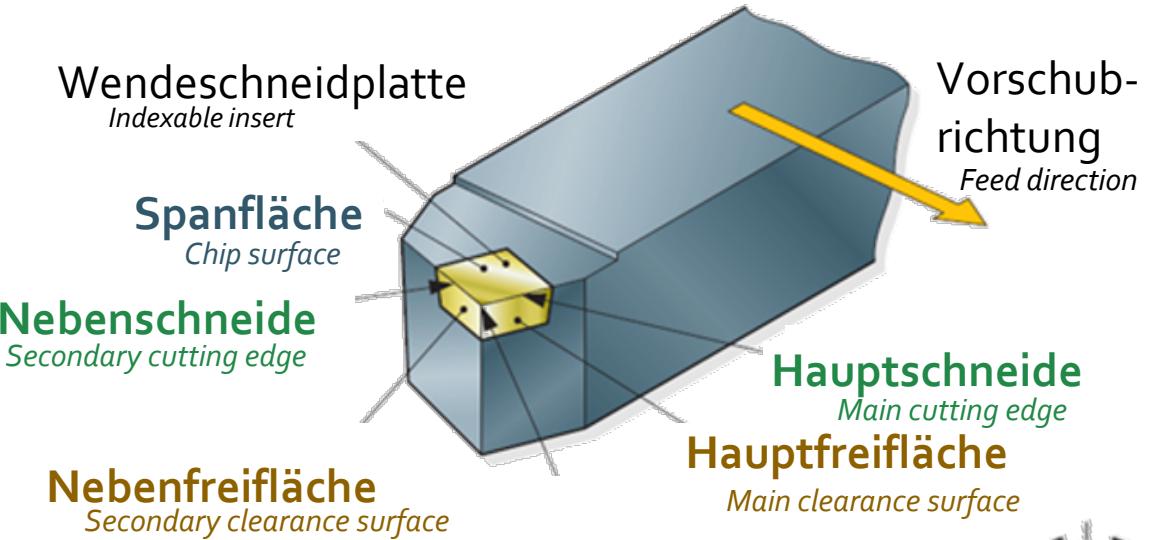


Verbindungsventile  
*Ganged valves*

Quellen: [gilarturo.it](http://gilarturo.it), Hirth, Weber

# Schneiden, Flächen und Winkel des Schneidkeils

Cutting edges, surfaces and angles of the cutting wedge

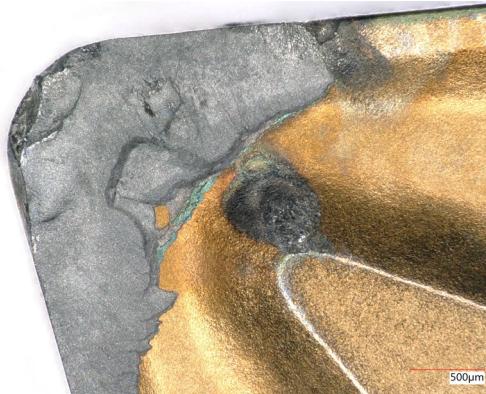


# Gründe für die Schnittkraftberechnung

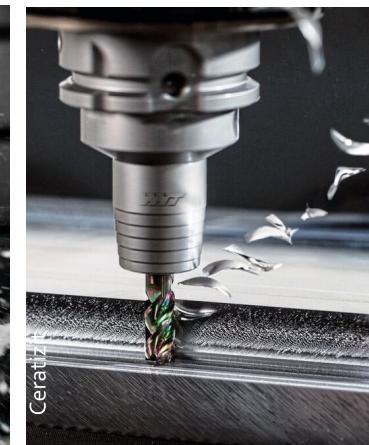
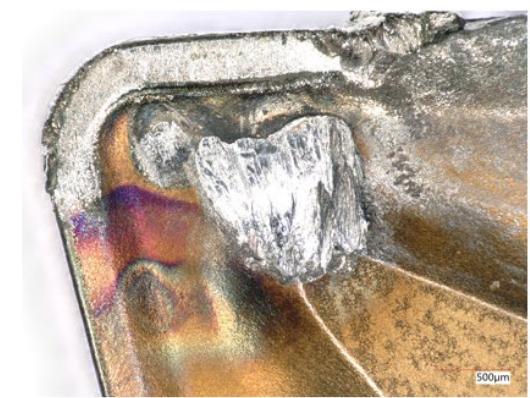
*Reasons for calculating the cutting force*



Auslegung von Werkzeugmaschinen  
*Design of machine tools*



Beurteilung des Werkzeugverschleißes  
*Assessment of tool wear*



Auswahl von Kühlsmierstoffstrategien  
*Selection of cooling lubricant strategies*

# Geschwindigkeiten und Kräfte der Zerspanung

## Cutting speeds and forces

$\vec{v}_c =$  Schnittgeschwindigkeit

*cutting speed*

$\vec{v}_f =$  Vorschubgeschwindigkeit

*feed motion speed*

$\vec{v}_e =$  Effektivgeschwindigkeit

*effective Speed*

$\vec{F}_c =$  Schnittkraft

*Cutting force*

$\vec{F}_f =$  Vorschubkraft

*feed motion force*

$\vec{F}_p =$  Passivkraft

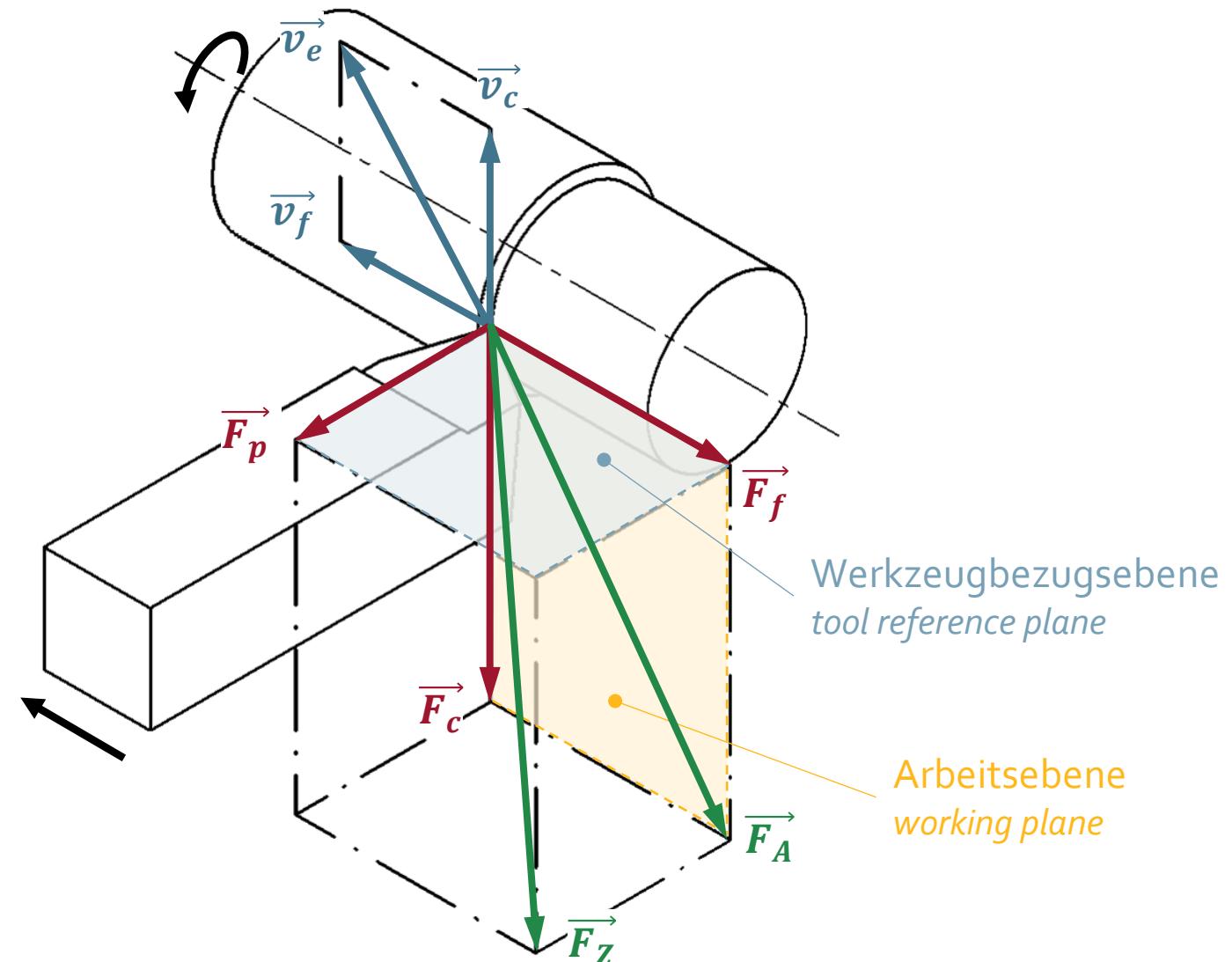
*passive force*

$\vec{F}_A =$  Aktivkraft

*active force*

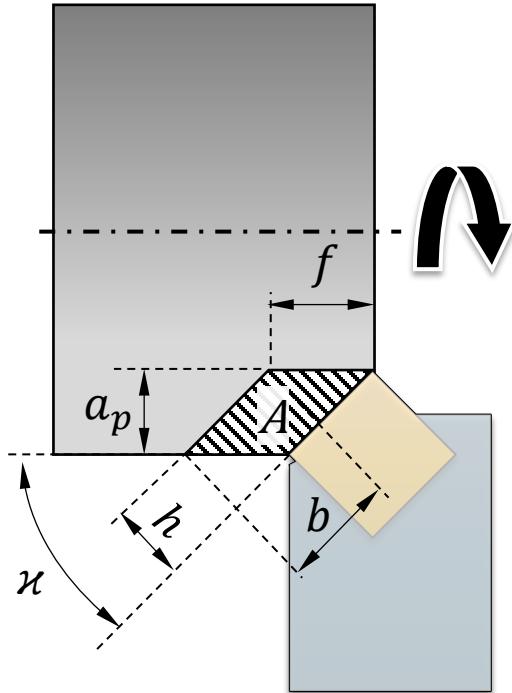
$\vec{F}_Z =$  Zerspankraft

*cutting force*



# Schnitt- und Spanungsgrößen

Cut and chipping sizes



$a_p$  = Schnitttiefe (mm)  
*cutting depth*

$f$  = Vorschub (1/min)  
*feed rate*

$\kappa$  = Einstellwinkel ( $^{\circ}$ )  
*setting angle*

$h$  = Spanungsdicke (mm)  
*chipping thickness*

$b$  = Spanungsbreite (mm)  
*chipping width*

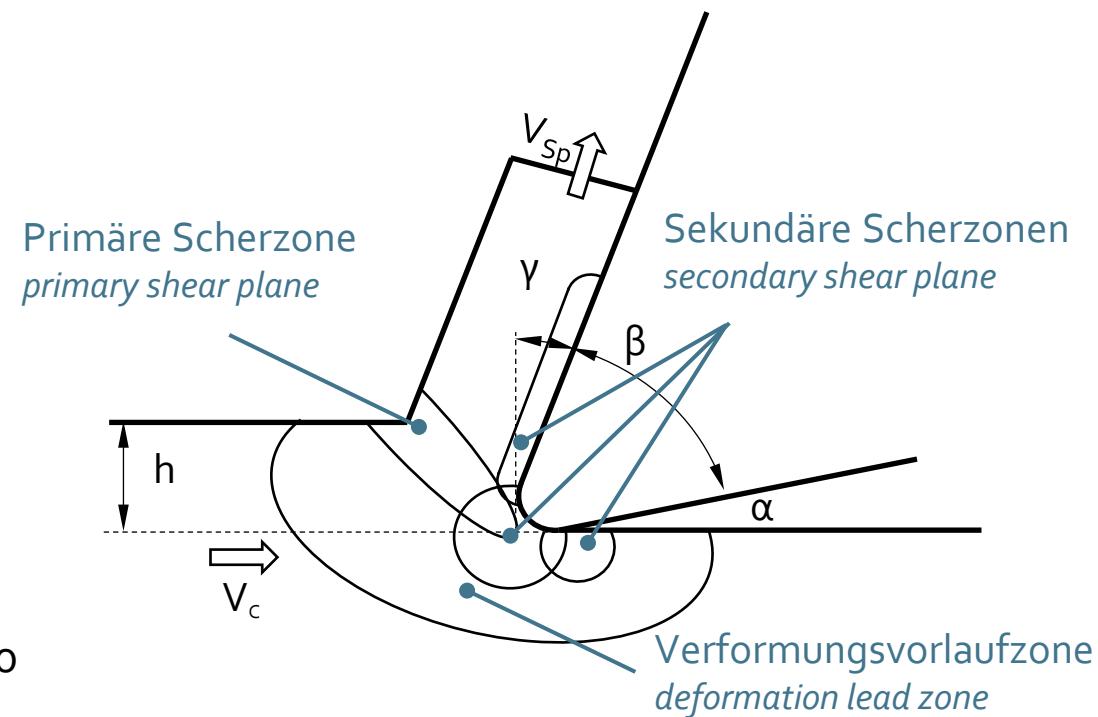
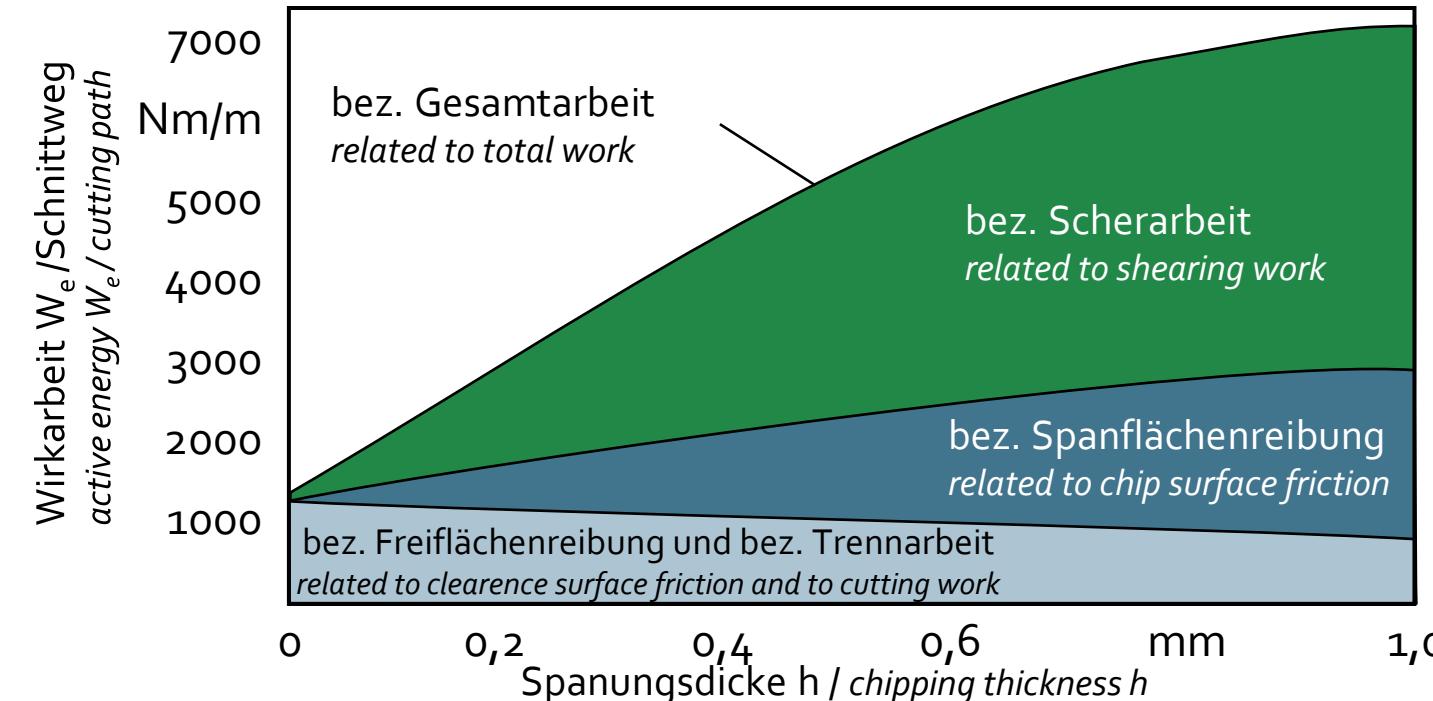
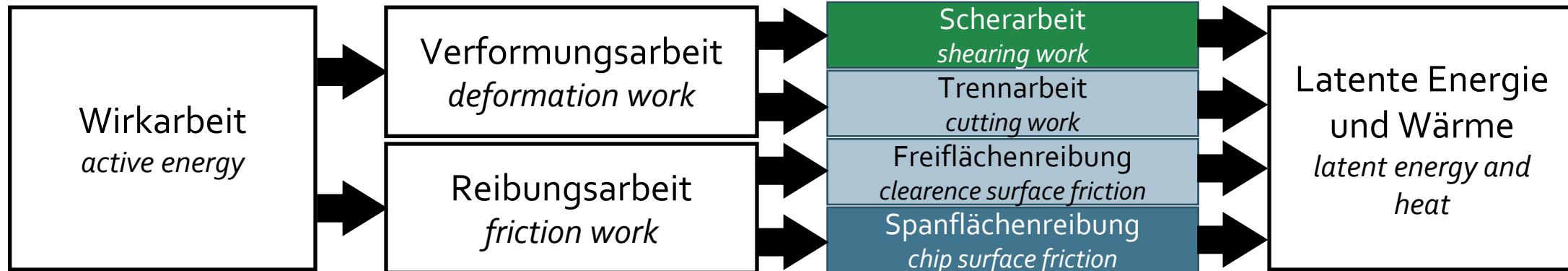
$A$  = Spanungsquerschnitt ( $\text{mm}^2$ )  
*chipping cross-section*



- **Schnittgrößen werden durch das Personal vorgeben**  
*Cutting forces are specified by the personnel*
- **Spanungsgrößen leiten sich aus den Schnittgrößen ab**  
*Chipping values are derived from the internal forces*

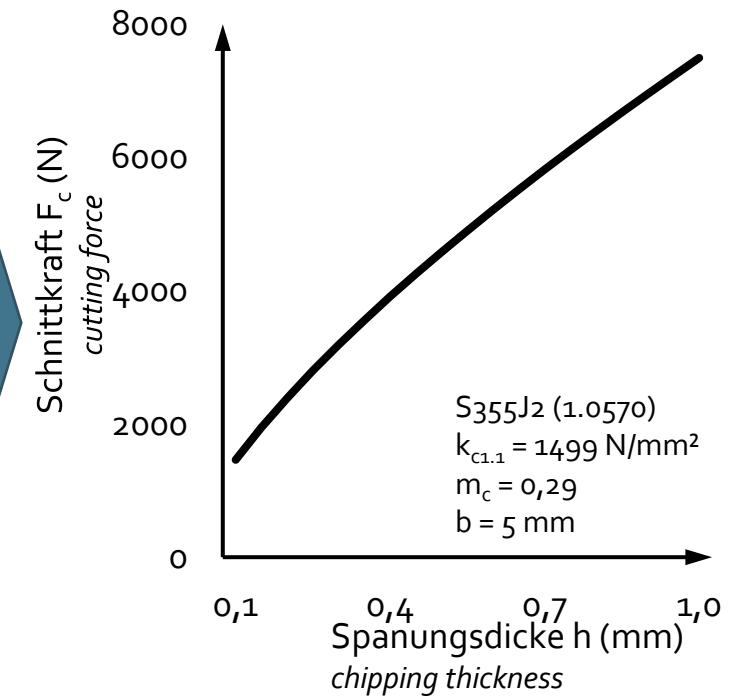
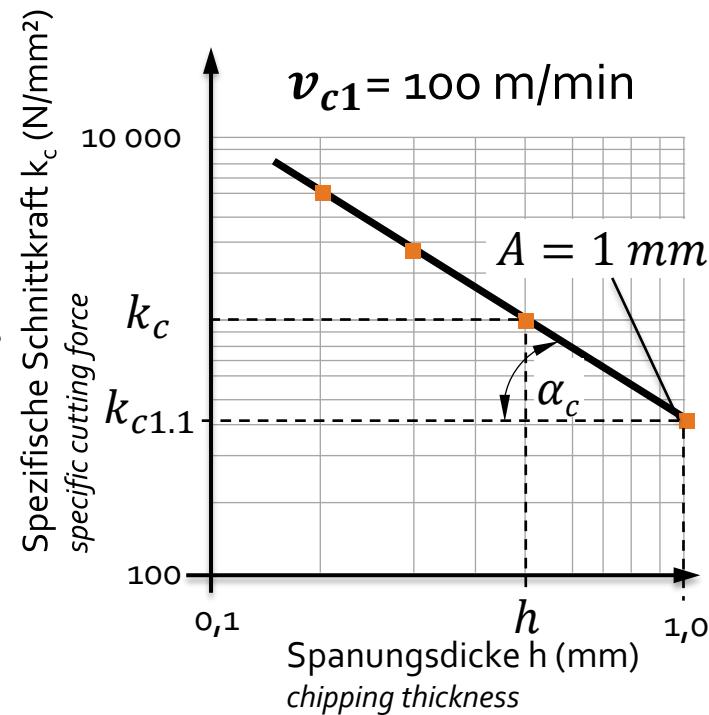
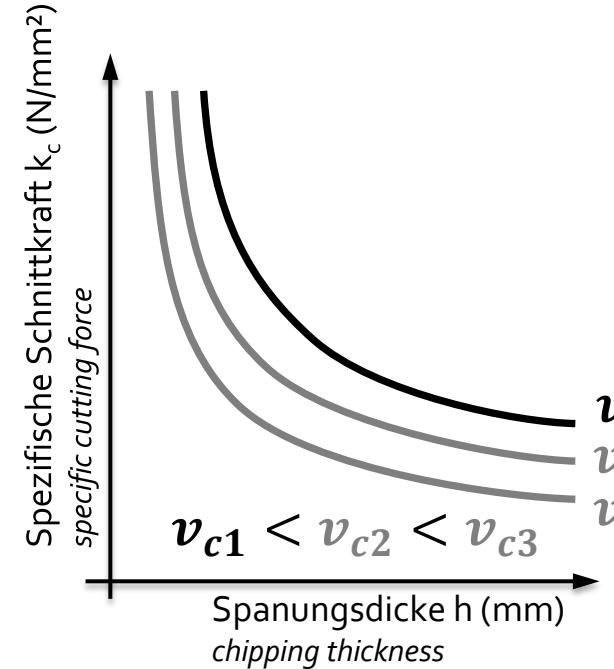
# Gesamtzerspanarbeit in Abhängigkeit der Spanungsdicke

Total cutting work as a function of the chipping thickness



# Schnittkraftberechnung – Otto Kienzle (1893 – 1969)

*Cutting force calculation - Otto Kienzle (1893 - 1969)*



**Spez. Schnittkraft**  
specific cutting force

$$k_c = \frac{k_{c1.1}}{h^{m_c}}$$

**Steigung**  
gradient

$$m_c = \tan \alpha_c = \frac{\Delta k_c}{\Delta h}$$

$k_{c1.1}$

Tabellenwerte  
table values

**Schnittkraft**  
cutting force

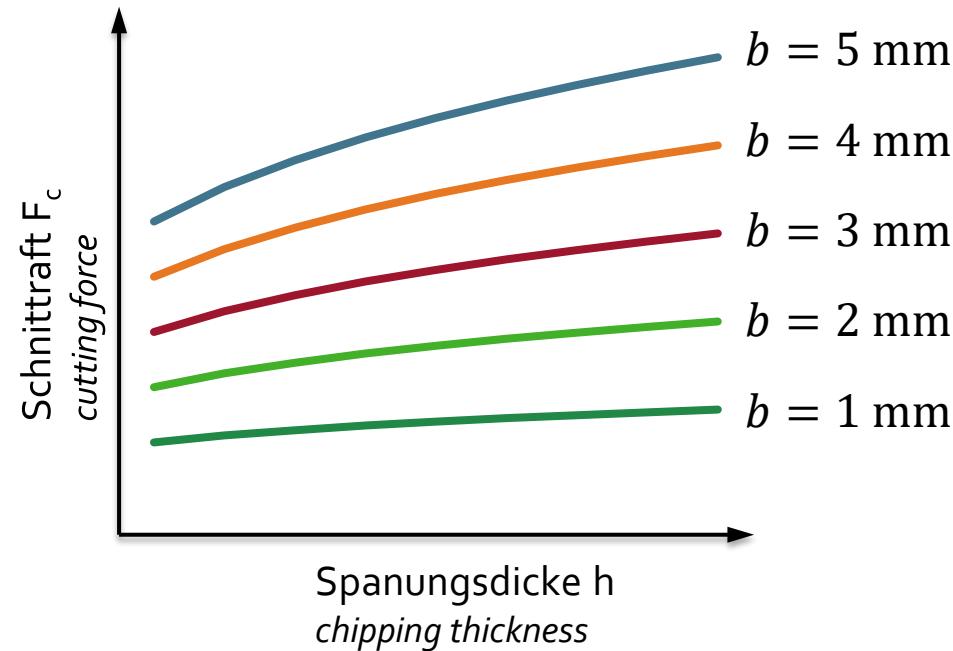
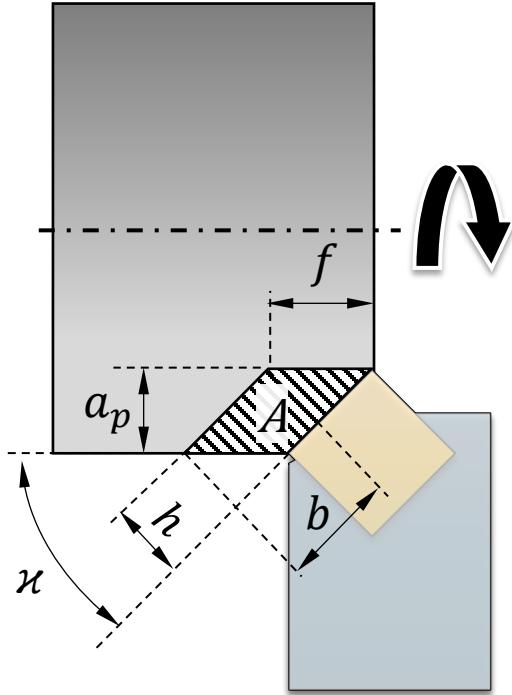
$$F_c = k_c \cdot A = \frac{k_{c1.1}}{h^{m_c}} \cdot h \cdot b = k_{c1.1} \cdot h^{1-m_c} \cdot b$$



# Einfluss der Spanungsdicke $h$ und der Spanungsbreite $b$

Influence of the chipping thickness  $h$  and the chipping width  $b$

$$F_c = k_c \cdot A = k_c \cdot b \cdot h = k_c \cdot a_p \cdot f$$

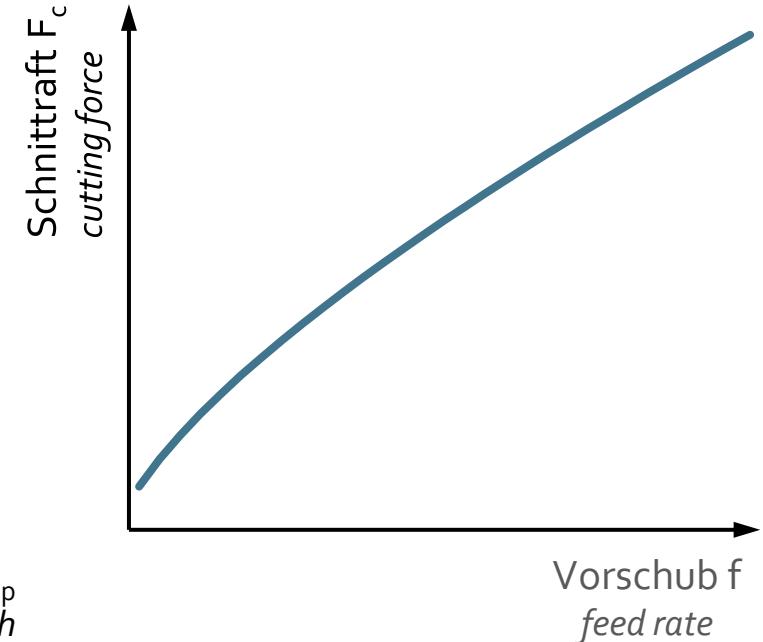
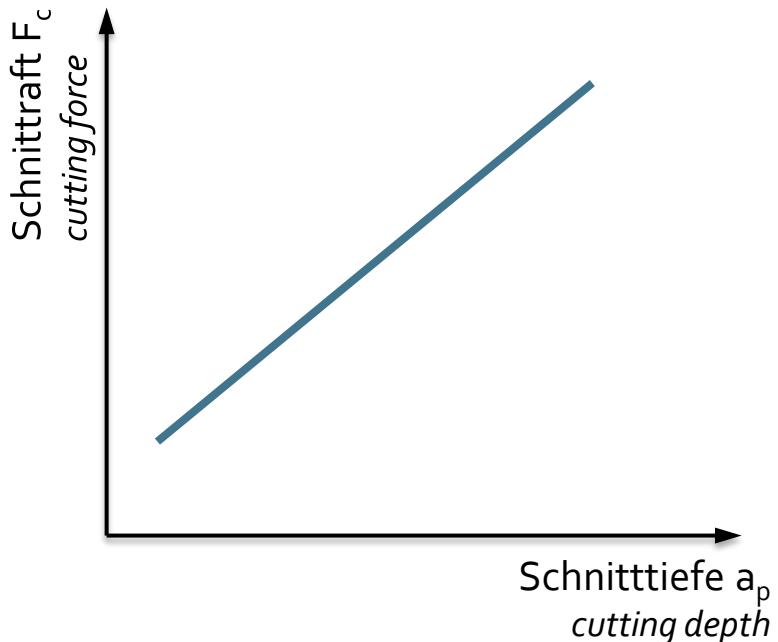
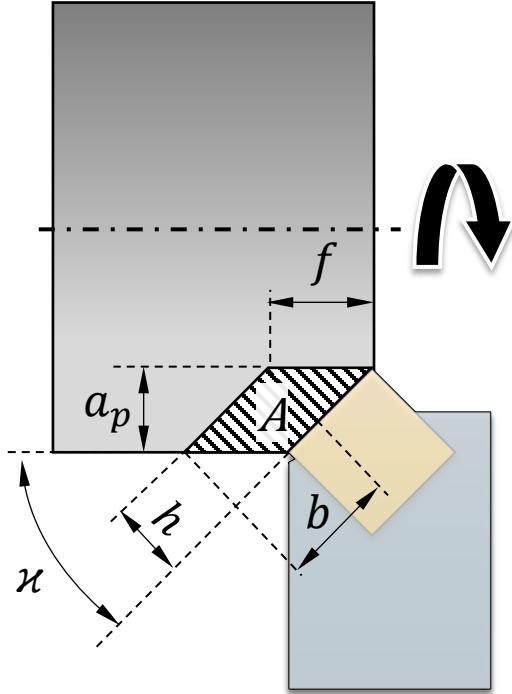


Je größer die Spanungsdicke  $h$  und Spanungsbreite  $b$ , desto größer die Schnittkraft  $F_c$   
The greater the chipping thickness  $h$  and chipping width  $b$ , the greater the cutting force  $F_c$

# Einfluss der Schnitttiefe $a_p$ und des Vorschubs $f$

Influence of the cutting depth  $a_p$  and the feed rate  $f$

$$F_c = k_c \cdot A = k_c \cdot b \cdot h = k_c \cdot a_p \cdot f$$



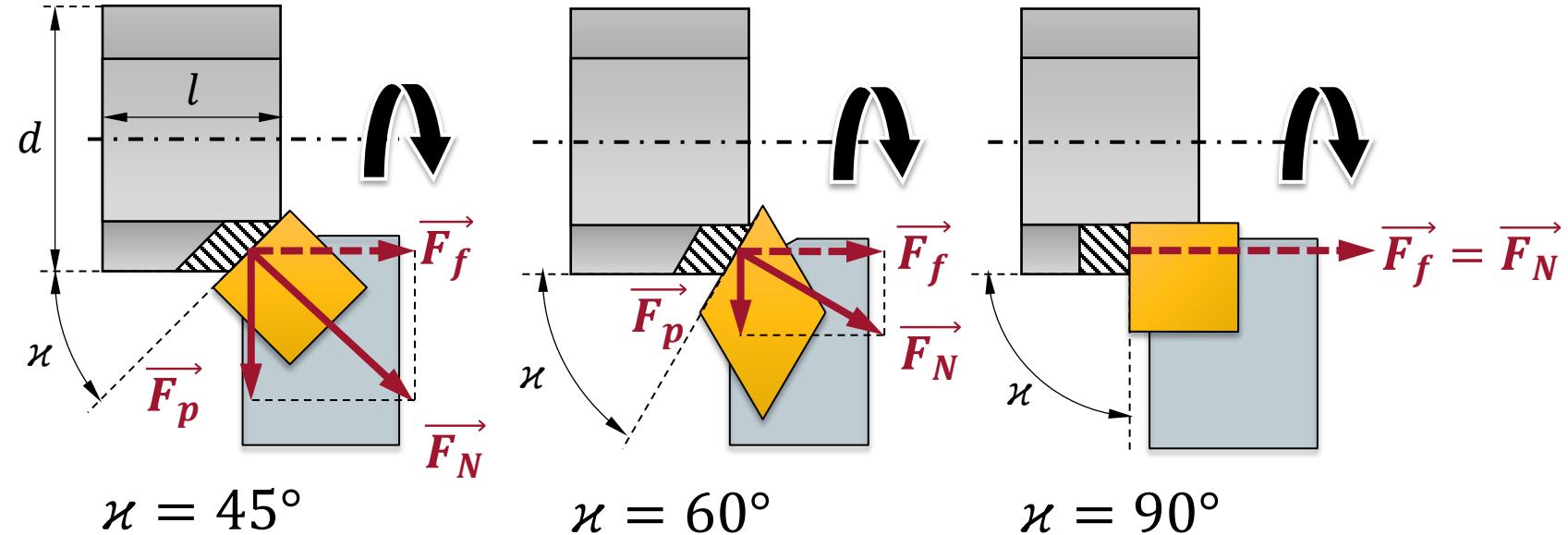
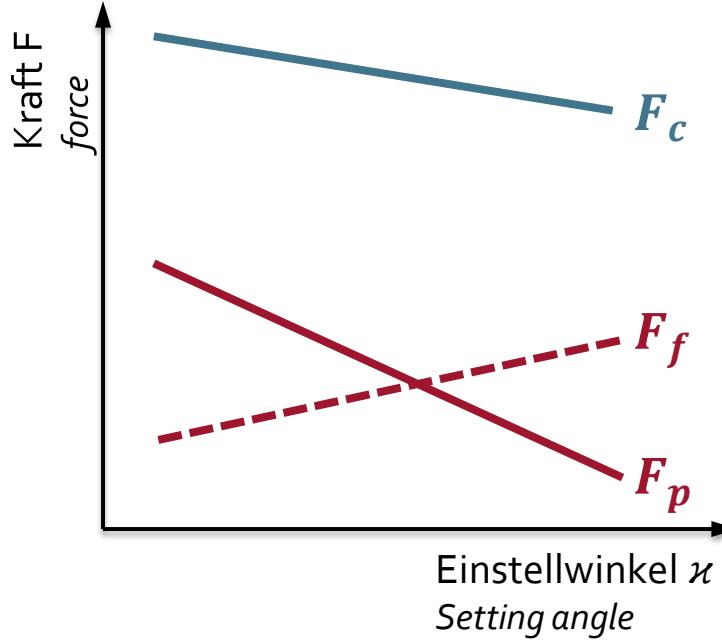
!

Je größer die Schnitttiefe  $a_p$  und der Vorschub  $f$ , desto größer die Schnittkraft  $F_c$   
The greater the cutting depth  $a_p$  and the feed rate  $f$ , the greater the cutting force  $F_c$

# Einfluss des Einstellwinkels $\kappa$

$$F_c = k_c \cdot A = k_c \cdot \mathbf{b} \cdot \mathbf{h} = k_c \cdot a_p \cdot f$$

Influence of the setting angle  $\kappa$



**! Je größer der Einstellwinkel  $\kappa$ , desto kleiner die Passiv- und Schnittkraft**

The larger the setting angle  $\kappa$ , the smaller the passive and cutting force

$\kappa \approx 10^\circ$  nur für sehr steife Werkstücke / only for very rigid workpieces

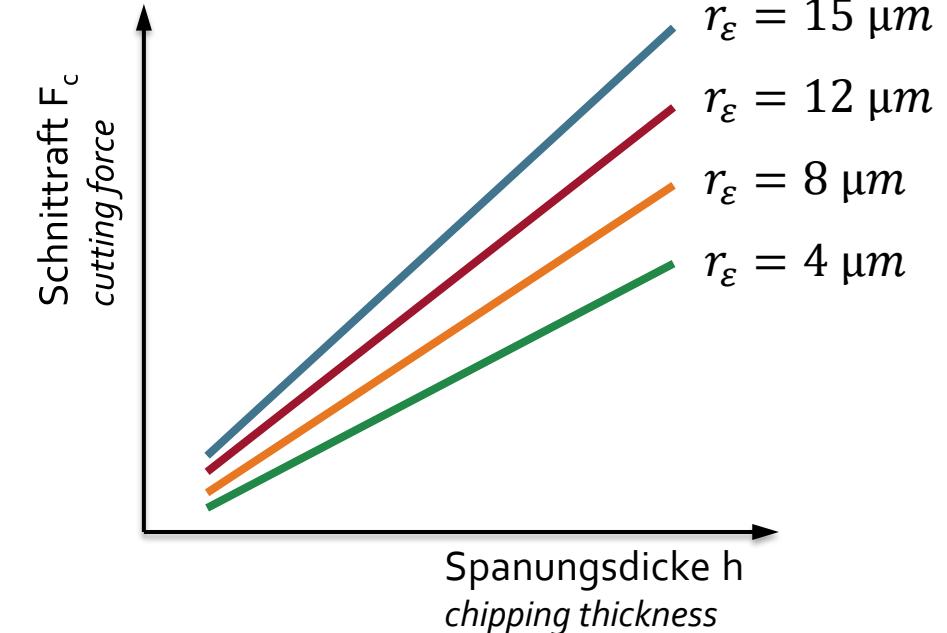
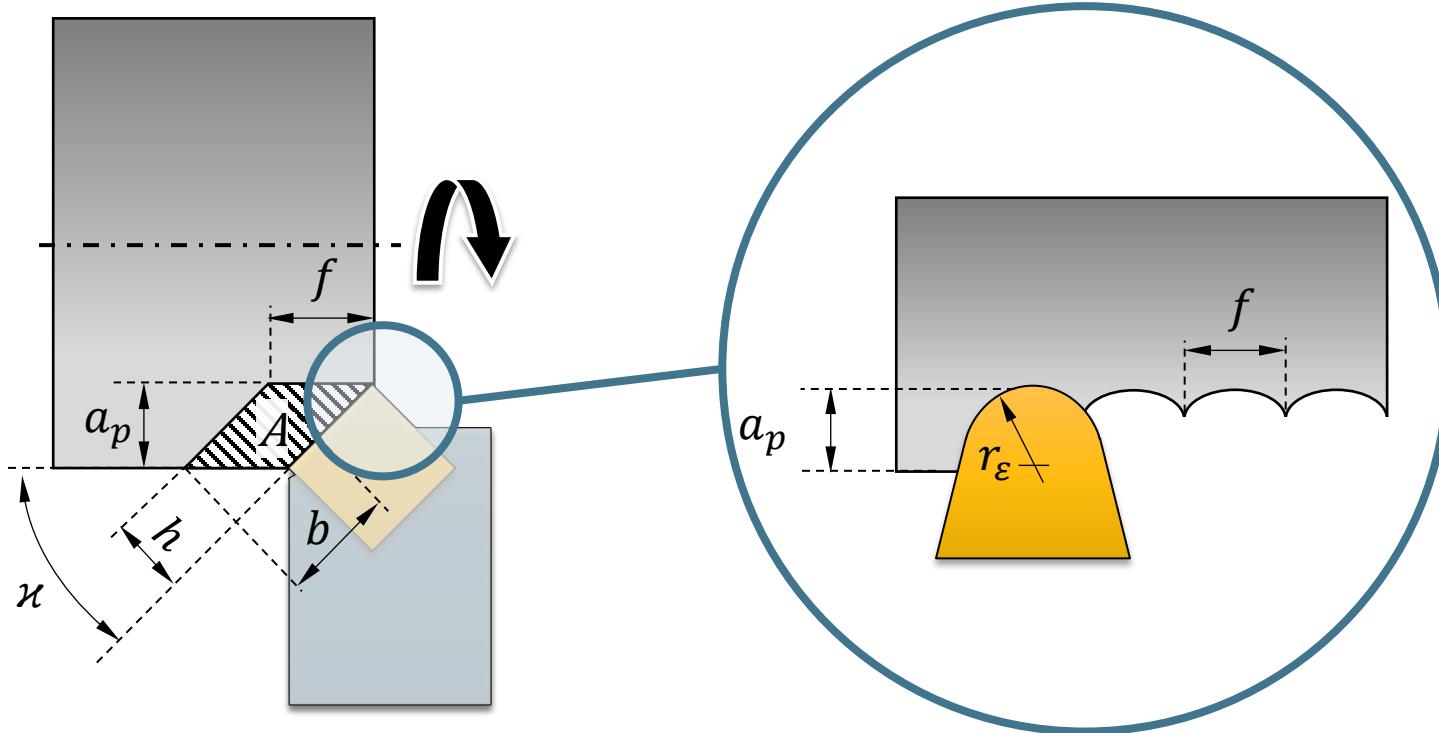
$\kappa \approx 45^\circ \dots 70^\circ$   $\exists l < 6 \cdot d$

$\kappa \approx 70^\circ \dots 90^\circ$   $\exists l > 6 \cdot d$

# Einfluss des Schneideckenradius

Influence of the cutting corner radius  $r_\varepsilon$

$$F_c = k_c \cdot A = k_c \cdot b \cdot h = k_c \cdot a_p \cdot f$$



Je größer der Schneideckenradius  $r_\varepsilon$ , desto größer die Schnittkraft  $F_c$ .

The larger the cutting corner radius  $r_\varepsilon$ , the greater the cutting force  $F_c$

$$a_p > r_\varepsilon$$

Mindestschnitttiefe  $a_{p\min} \approx 2 \dots 3 \cdot r_\varepsilon$   
Minimum cutting depth

mit  $r_\varepsilon$  = Schneideckenradius  
cutting corner radius

# Abhängigkeit der Schnittkraft von Spanungs- und Schnittgrößen

Dependence of the cutting force on chipping and cutting forces

Main value of the specific cutting force

Hauptwert der spezif. Schnittkraft

**kc1.1** (N/mm<sup>2</sup>)

gradient      chipping thickness      chipping width

Steigung      Spanungsdicke      Spanungsbreite

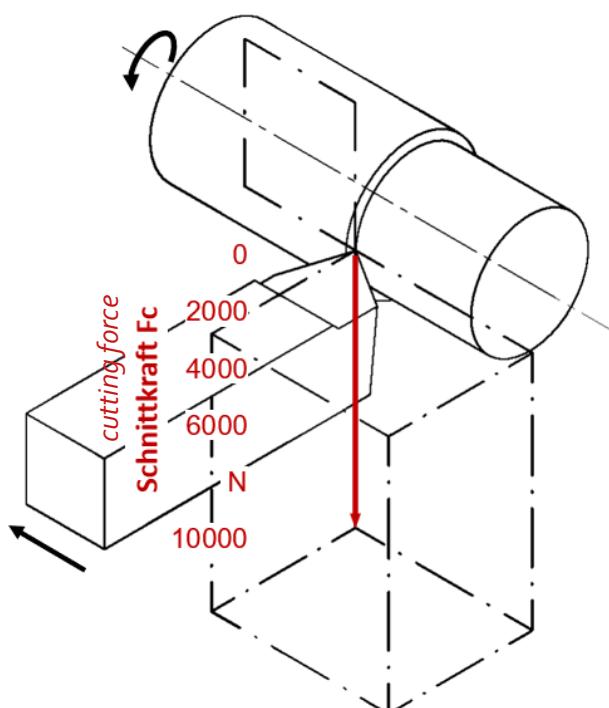
**mc**      **h** (mm)      **b** (mm)

1499

0,29

0,354

14,142



feed rate      cutting depth      setting angle  
Vorschub      Schnitttiefe      Einstellwinkel  
**f** (mm)      **a<sub>p</sub>** (mm)      **K** (°)

0,5

0,01

0,5

10,0

10,0

0,1

0,1

90

45

45

90

cutting force

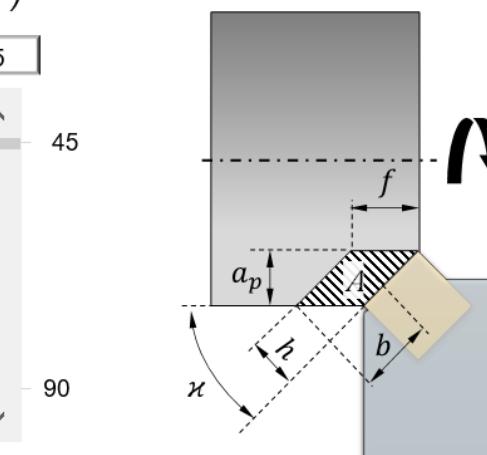
Schnittkraft

F<sub>c</sub> (N)

10133



Schnittkraft  
cutting force



Spanungsdicke      chipping thickness

$$h = f \cdot \sin(\kappa)$$

Spanungsbreite      chipping width

$$b = \frac{a_p}{\sin(\kappa)}$$

Spanungsquerschnitt

$$A = a_p \cdot f = b \cdot h$$

chipping cross-section

$$F_c = k_{c1.1} \cdot A = \frac{k_{c1.1}}{h^{m_c}} \cdot h \cdot b = k_{c1.1} \cdot h^{1-m_c} \cdot b$$

# Wirkzonen der Spanenstehung im Scherebenenmodell

## Active zones of chip formation in the shear plane model

### 1. Primäre Scherzone

*Primary shear zone*

### 2. Sekundäre Scherzone an der Spanfläche

*Secondary shear zone on the chip plane*

### 3. Sekundäre Scherzone an der Stau- u. Trennzone

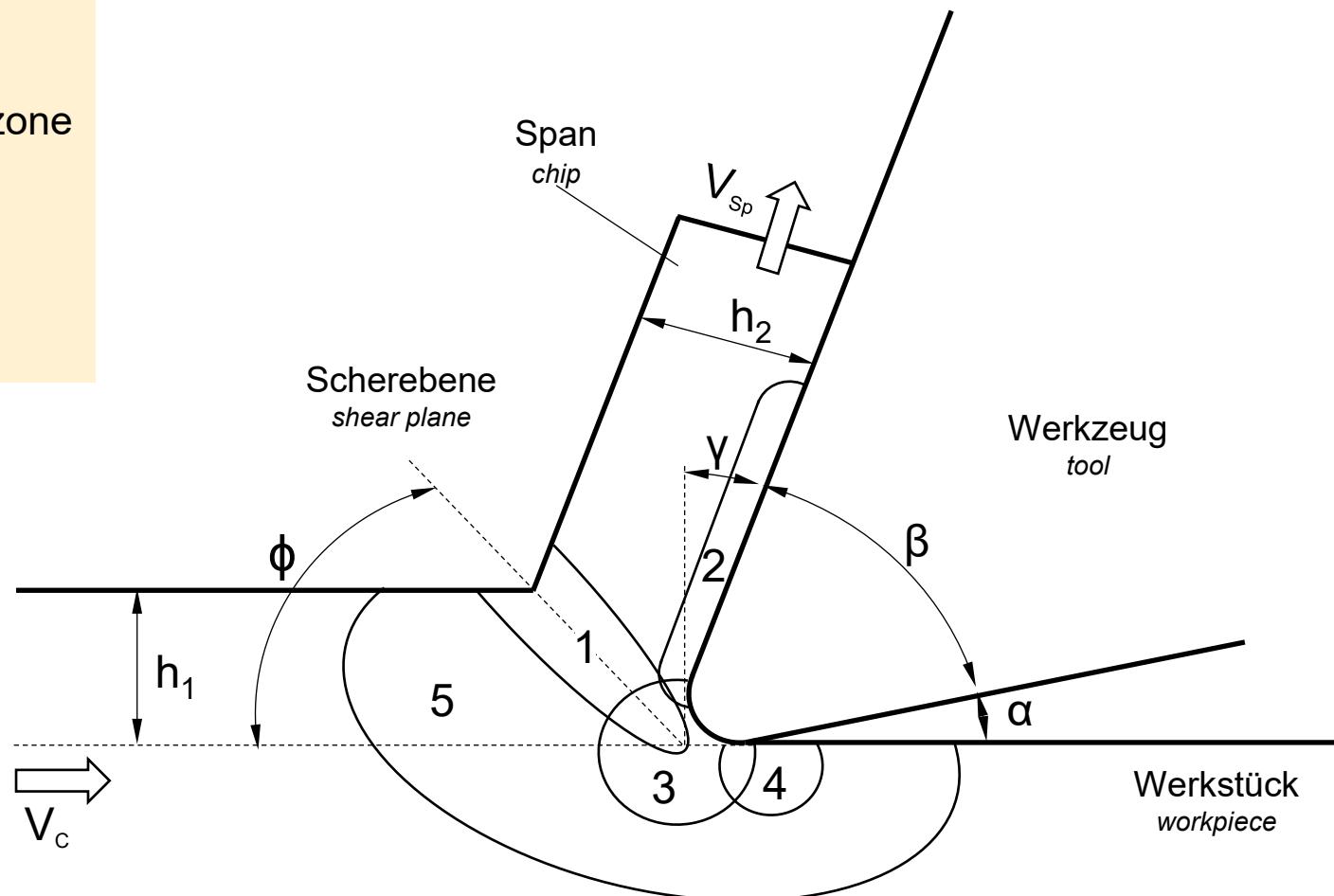
*Secondary shear zone in the stagnation and cutting zone*

### 4. Sekundäre Scherzone an der Freifläche

*Secondary shear zone on the clearance surface*

### 5. Verformungsvorlaufzone

*Deformation leading zone*



# Wirkzonen der Spanenstehung im Scherebenenmodell

Active zones of chip formation in the shear plane model

1. Primäre Scherzone

Primary shear zone

2. Sekundäre Scherzone an der Spanfläche

Secondary shear zone on the chip plane

3. Sekundäre Scherzone an der Stau- u. Trennzone

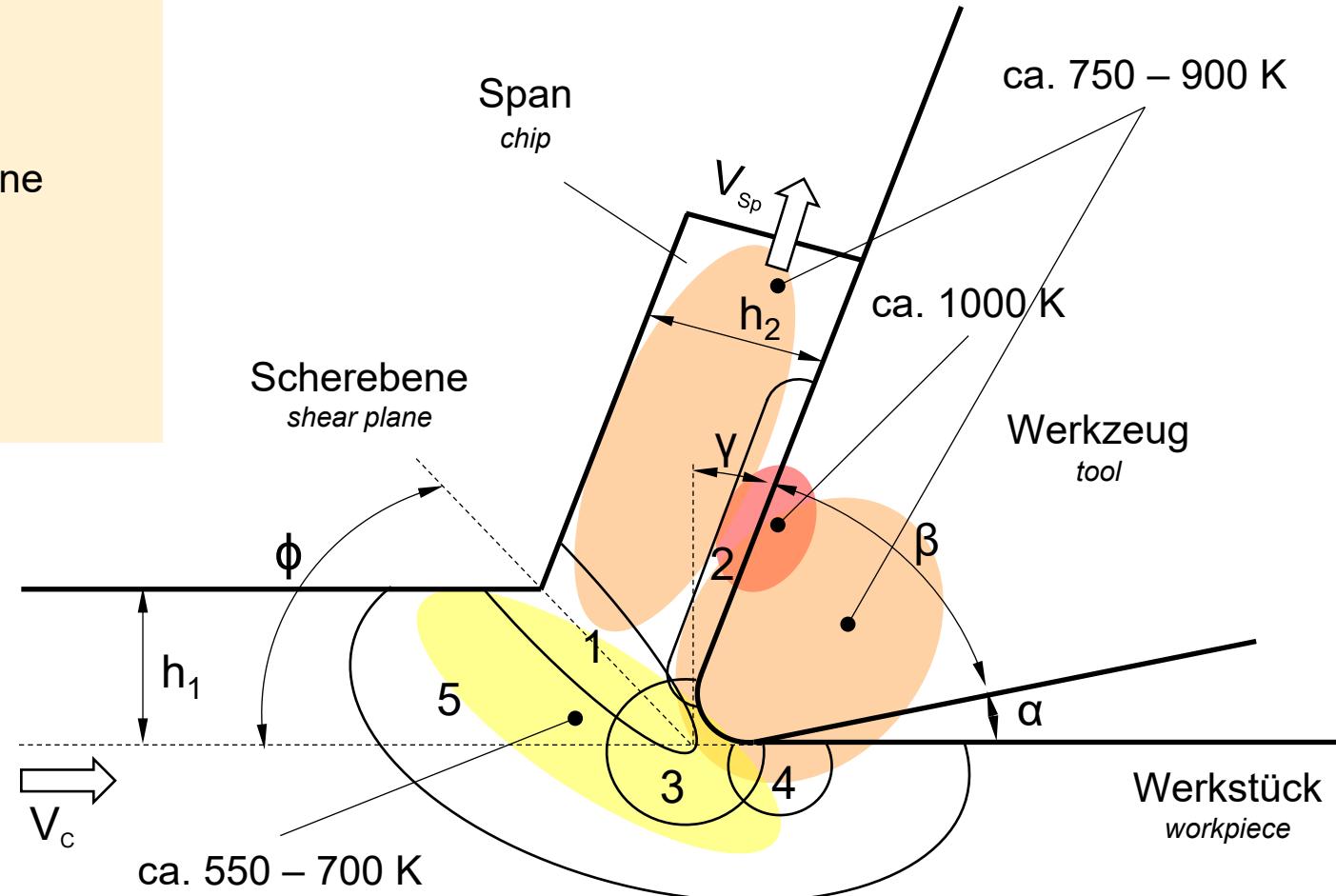
Secondary shear zone in the stagnation and cutting zone

4. Sekundäre Scherzone an der Freifläche

Secondary shear zone on the clearance surface

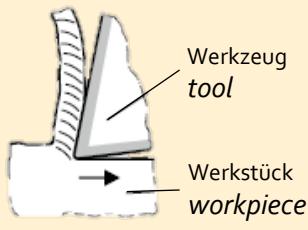
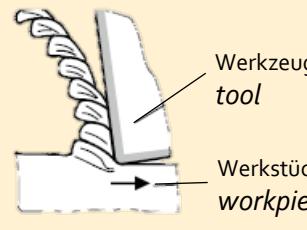
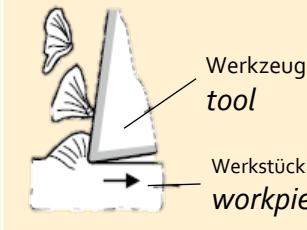
5. Verformungsvorlaufzone

Deformation leading zone



# Spanbildungarten:

*Types of chips:*

Spanart <i>Type of chip formation</i>	Fließspan <i>Flow chip</i>	Lamellenspan <i>Lamellar chip</i>	Scherspan <i>Shearing chip</i>	Reißspan <i>Tearing chip</i>
<b>Prinzipskizze</b> <i>Schematic diagram</i>				
<b>Prozess</b> <i>Process</i>	kontinuierlich <i>continuous</i>	kontinuierlich <i>continuous</i>	diskontinuierlich <i>discontinuous</i>	diskontinuierlich <i>discontinuous</i>
<b>Schnittgeschwindigkeit <math>v_c</math></b> <i>Cutting speed <math>v_c</math></i>	hoch <i>high</i>	hoch <i>high</i>	mittel bis niedrig <i>medium to low</i>	niedrig <i>low</i>
<b>Spanwinkel <math>\gamma</math></b> <i>Chip angle <math>\gamma</math></i>	groß <i>high</i>	negativ, groß <i>high</i>	mittel <i>medium</i>	klein <i>low</i>
<b>Schnitttiefe <math>h</math></b> <i>Depth of cut <math>h</math></i>	niedrig <i>low</i>	mittel <i>medium</i>	groß <i>high</i>	groß <i>high</i>
<b>Werkstoff</b> <i>Material</i>	weich, duktil <i>soft, ductile</i>	gut verformbar, inhomogen <i>inhomogeneous</i>	zäh <i>tough</i>	spröde <i>brittle</i>
<b>Oberfläche</b> <i>Surface roughness</i>	glatt <i>smooth</i>	rau <i>rough</i>	rau <i>rough</i>	rau <i>rough</i>

Quelle: Spanen Tönnshoff

# Spanformen:

*Chip shapes:*

Spanform <i>Chip shape</i>	Beurteilung <i>Estimation</i>
	Bandspan <i>Ribbon chip</i> Ungünstig <i>Disadvantageous</i> $R \geq 90$
	Wirrspan <i>Tangle chip</i> Ungünstig <i>Disadvantageous</i> $R \geq 90$
	Flachwendelspäne/Schraubenspan <i>Screw chip</i> Befriedigend <i>Satisfying</i> $R \approx 60$
	Kurze Wendelspäne/Schraubenbruchspan <i>Broken screw chip</i> Günstig <i>Convenient</i> $R \approx 25$
	Spiralbruchspan <i>Helix chip</i> Günstig <i>Convenient</i> $R \approx 10$
	Spiralspanstücke <i>Sliced helix chip</i> Günstig <i>Convenient</i> $R \approx 5$
	Bröckelspane/Spanbruchstücke <i>Chip pieces</i> Befriedigend <i>Satisfying</i> $R \approx 3$

Quelle: Spanen Tönshoff, Fertigungsverfahren Klocke

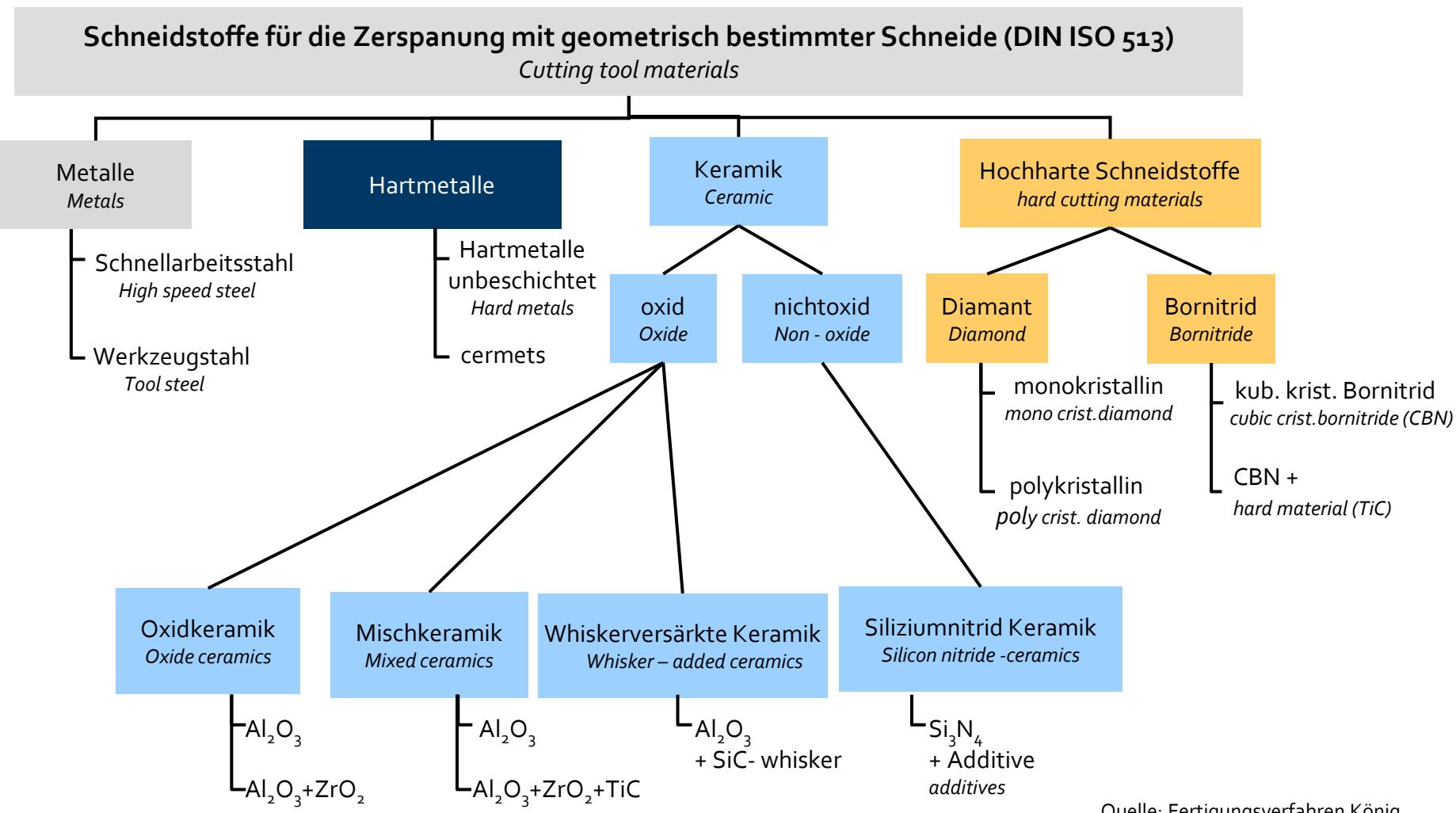
A close-up photograph of a high-speed drilling operation. A metal drill bit is shown in mid-motion, creating a bright, glowing wake of material behind it. The background is blurred, emphasizing the speed of the tool. A solid blue rectangular overlay covers the right half of the image, containing the text.

# Werkzeugtechnologien und -werkstoffe

*Tool technologies and cutting tool materials*

# Für die spanende Bearbeitung mit geometrisch bestimmter Schneide stehen alternative Schneidstoffe zur Verfügung

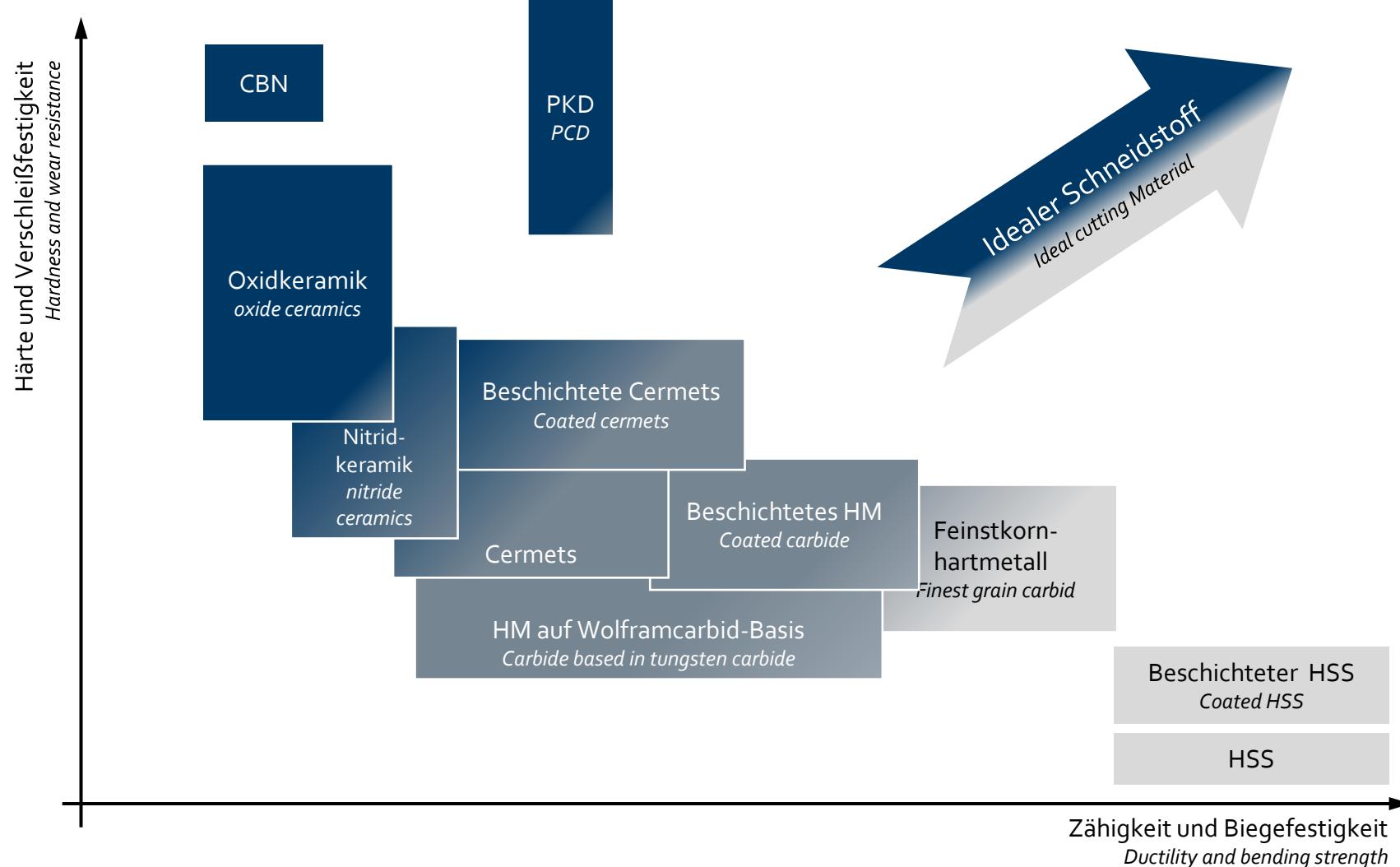
Alternative cutting materials are for shape cutting with geometrical defined edge available



Quelle: Fertigungsverfahren König

# Eigenschaften der verschiedenen Schneidstoffe

*Properties of different cutting tool materials*

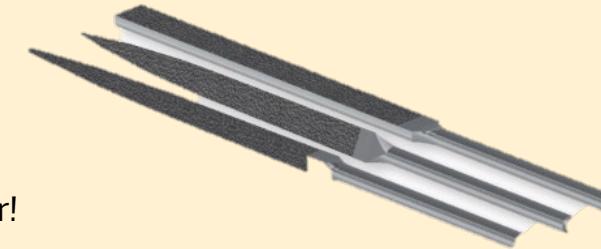


# Metallische Schneidstoffe als Basis für qualitätsreiche Verarbeitung

*Metallic cutting materials as the basic for high quality processing*

## Unlegierte und legierte Werkzeugstähle *Unalloyed and alloyed tool steels*

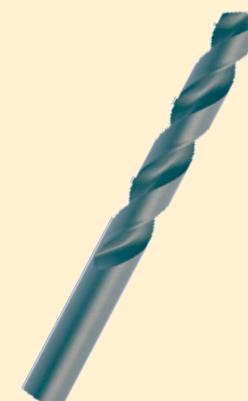
- C – Gehalt 0,6 % - 1,3 %  
*Content of carbon 0,6 % - 1,3 %*
- legierte Werkzeugstähle zusätzlich bis zu 5% Cr, W, Mo, V  
*Alloyed tool steel: additionally up to 5% Cr, W, Mo, V*
- unlegierter WZ-Stahl, im Gegensatz zum legierten, ist nicht durchhärtbar!  
*Unalloyed tool steel, unlike alloyed steel, is not hardenable!*
- $v_c < 20 \text{ m/min}$ ,  $T < 200^\circ\text{C}$
- Verwendung hauptsächlich in Handarbeitswerkzeugen (Feilen, Reibahlen, Gewindeschneider etc.)  
*Mainly used in metal cutting hand tools (file, reamer, tap etc.)*



## Schnellarbeitsstähle HSS

*High speed steels (HSS)*

- hochlegierte Werkzeugstähle – Legierungsanteil bis zu 35% (Cr, W, Mo, V)  
*Tool steel – alloy content up to 35% (Cr, W, Mo, V)*
- sehr zäh und unempfindlich gegen schwankende Kräfte  
*Very tough and resistant to fluctuating forces*
- hohe Härte, Anlassbeständigkeit, Verschleißfestigkeit  
*High hardness, tempering resistance, wear resistance*
- $v_c < 60 \text{ m/min}$ ,  $T < 600^\circ\text{C}$
- Formwerkzeuge, Bohrer, Gewindeschneidwerkzeuge, Drehmeißel, Fräser, Räumnadeln  
*Dills, thread cutting tools, turning tools, milling tools, broaches*



# Verbundschneidstoffe

## Composite cutting tools for processing hard materials

### Hartmetalle

hard metals

- gesinterter Verbundwerkstoff aus metallischen Hartstoffen in einer metallischen Matrix  
*Sintered composite of metallic hard materials in a metallic matrix*
- Substrat: WC, TiC, TaC, NbC  
*Substrate: WC, TiC, TaC, NbC*
- Hohe Härte, Druck- und Hitzebeständigkeit  
*High hardness, compression and heat resistance*
- Einheitlicher Werkstoff für Stahl, Stahlguss, Gusseisen, nichtferritische Metalle  
*Universal tool material for steel, cast steel, cast iron, non-ferritic metals*
- $v_c < 500 \text{ m/min}$ ,  $T < 1000^\circ\text{C}$
- Schneidplatte, Bohrmaschinen, Fräser  
*cutting insert, drills, milling tools*



### Cermets – (Verbundwerkstoffe aus Keramik und Metall)

cermets – (composite of ceramic and metal)

- gesinterter Verbund aus Hartkeramik in einer metallischen Matrix  
*Sintered composite consisting of hard ceramic material in a metallic matrix*
- Substrat: TiC und TaC, Bindemittel: Ni oder Co  
*Substrate TiC and TaC, binding agent Ni or Co*
- Hohe Temperaturwechselfestigkeit, Maßkonstanz und Kantenfestigkeit, jedoch geringe Biegefestigkeit  
*High thermal shock resistance, dimensional stability and edge strength but low bending strength*
- $v_c < 500 \text{ m/min}$ ,  $T < 1800^\circ\text{C}$
- Angewendet für das Schlichten von rostfreien Stählen und Kugelgraphitguss  
*Applied for finishing of stainless steel and carbon steel*



# Wendeschneidplatten sind eine effektive Konstruktion für Fräsen- und Drehwerkzeug

*Cutting inserts are very effective constructions in form of milling and turning tools*



Quelle: Bach GmbH

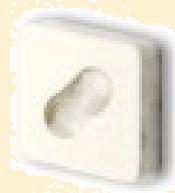
# Keramikschneidwerkstoffe

## Ceramic cutting materials

### Schneidkeramikoxide

#### *Cutting ceramic oxide*

- Reine Keramik aus reinen  $\text{Al}_2\text{O}_3$  oder Mischkeramik+ Metallkeramik  
*Pure ceramic from pure  $\text{Al}_2\text{O}_3$  or mixed ceramics + metal ceramics*
- hohe Warmhärte, für höchste Schnittgeschwindigkeiten und Vorschübe  
*High elevated-temperature hardness, for high cutting speeds and feeds*
- Nachteil: sehr spröde und empfindlich ggü. wechselnden Schnittkräften und Temperaturen  
*Very brittle and sensitive to changing cutting forces and temperatures*
- Einsatz unter gleichmäßigen Schnittbedingungen ohne Kühlung  
*Operation under steady cutting conditions without cooling*
- $v_c < 1500 \text{ m/min}$ ,  $T < 1200^\circ\text{C}$
- Zerspanen von Gußeisen, Einsatz- und Vergütungsstählen, gehärteten Stählen  
*Machining of cast iron, heat treatable steel, case hardening steel, hardened steel*
- Wendeschneidplatten  
*Cutting inserts*



### Nichtoxidische Schneidkeramik

#### *non-oxide cutting ceramics*

- gesinterter Schneidstoff  $\text{Si}_3\text{N}_4$   
*Sintered cutting tool material  $\text{Si}_3\text{N}_4$*
- höhere Festigkeitswerte als Oxid- und Mischkeramik  
*Better strength values than mixed ceramic or oxid ceramics*
- unempfindlich ggü. Temperaturschwankungen  
*Insensitive to variations of temperature*
- hohe Bearbeitungsgeschwindigkeit  
*High speed machining*
- $v_c < 2000 \text{ m/min}$ ,  $T < 1200^\circ\text{C}$
- geeignet für schwierige Bedingungen wie stark unterbrochene Schnitte  
*Suitable for difficult conditions such as heavy interrupted cuts*
- Wendeschneidplatten  
*Cutting inserts*



# Hochharte diamantartige nichtmetallische Schneidstoffe

## Diamond-like non-metallic cutting materials

### Diamant

#### Diamond

- $v_c < 1000 \text{ m/min}$ ,  $T < 700^\circ\text{C}$
- ungeeignet für die Bearbeitung von Karbidbildnern (Eisenwerkstoffen)  
*Not suitable for machining of ferrous materials*

### Monokristalliner Diamant (MKD)

#### monocrystalline diamond

- Einkristalle für Schneidkeile höchster Schärfe und geringster Schartigkeit  
*Mono-crystal for cutting tools with supreme sharpness and low chipping*
- Ultrapräzisionsspanend und die Endbearbeitung von NE-Metallen wie Al oder Cu  
*Ultra-precision cutting and finishing of non-ferrous metals like Al or Cu*

### Polykristalliner Diamant (PKD)

#### polycrystalline Diamond

- synthetisch hergestellte Diamantkörper aufgesintert auf Hartmetallträger  
*Synthetic produced diamonds sintered on hard metals*
- Schruppschlicht- und Schlichtbearbeitung von NE-Werkstoffen (Al, Cu, Kunststoffe)  
*Scrubbing and finishing of non-ferrous metals and plastic*



### Kubisch kristallines Bornitrid (CBN)

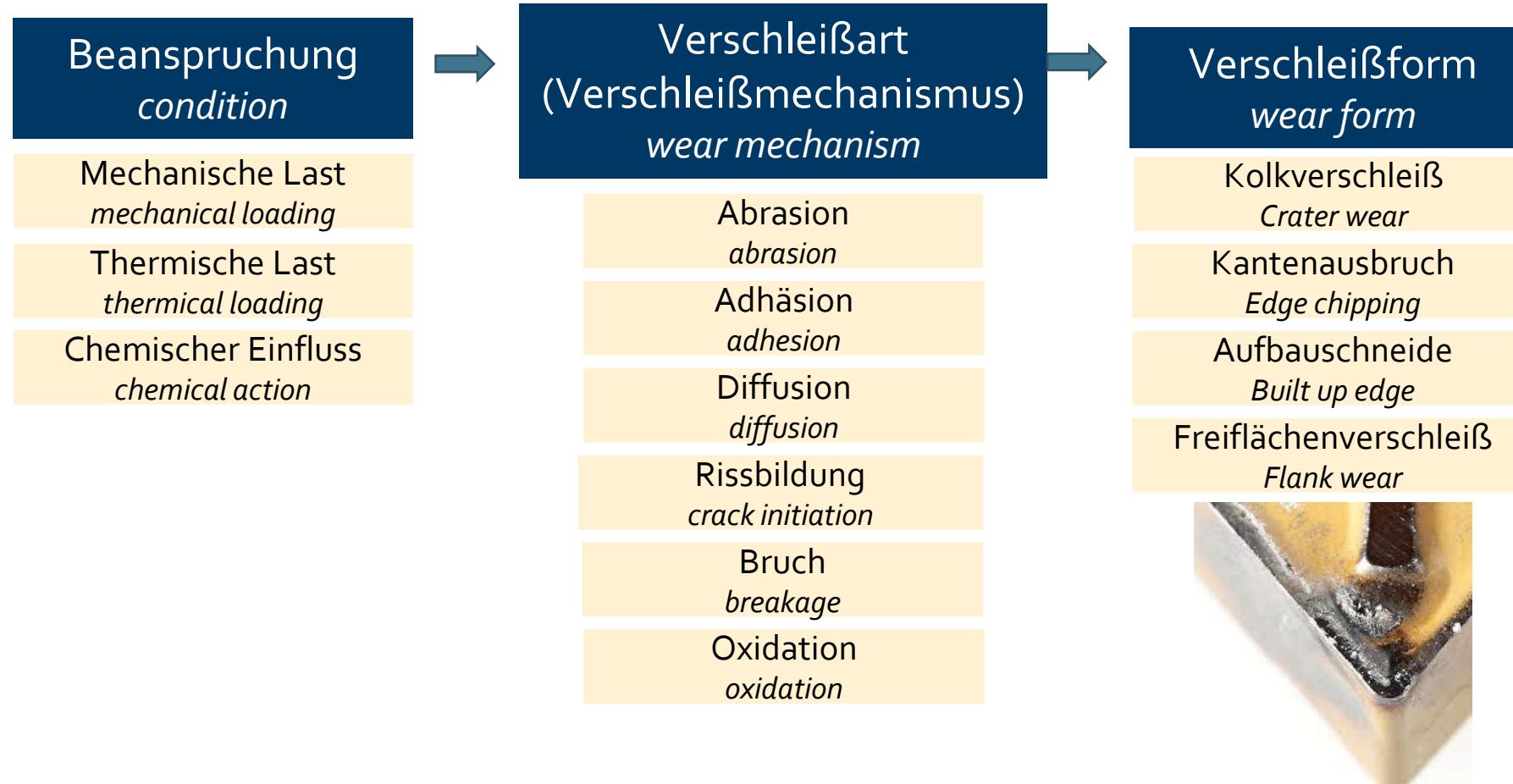
#### cubic crystalline bornitride

- härtester Schneidstoff nach Diamant  
*Second hardest cutting material after diamond*
- chemisch beständig gegenüber Eisen und anderen karbidbildenden Werkstoffen  
*Chemically resistant vs. ferrous and carbide materials*
- hohe Druck- und Biegefestigkeit sowie Thermostabilität  
*High bending and pressure strength as well as thermal stability*
- $v_c < 600 \text{ m/min}$ ,  $T < 1400^\circ\text{C}$
- Wendeschneidplatten *Cutting inserts*
- Bearbeitung von gehärteten Stählen, Hartguss, Nickelbasislegierungen  
*Machining of hardened steel, chill casting and nickel alloys*



# Beanspruchungen, Verschleißarten und Verschleißformen von Schneidstoffen

*Conditions, wear mechanism and wear forms of cutting tool materials*



Quelle: Tribologiehandbuch

# Verschleißarten in der spanenden Bearbeitung

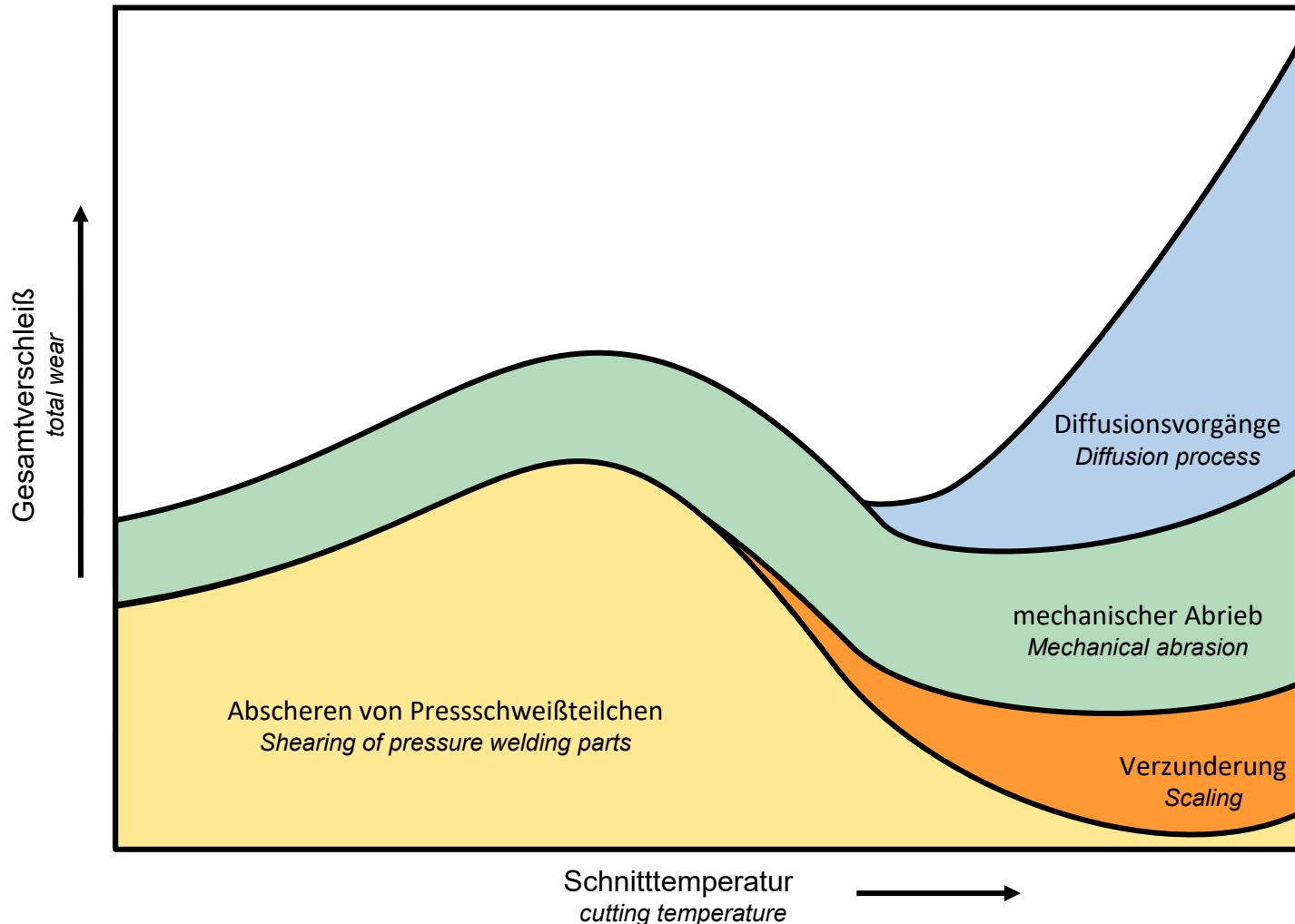
## Types of wear for shape cutting

Verschleißart	Definition
Abrasion	Abrasion ist mechanischer Abrieb durch mikroskopisch, harte Teilchen <i>Abrasion is mechanical abrasion caused by microscopic, hard particles</i>
Adhäsion	Adhäsion bezeichnet das Festkleben von Teilchen auf Grund atomarer Bindungen. Durch die hohen Temperaturen kommt es zu Pressschweißungen im Mikrobereich zwischen Spanfläche und Spanunterseite <i>Adhesion refers to the sticking of particles</i>
Diffusion	Diffusion ist eine thermisch aktivierte Vermischung der Bestandteile von Werkzeug und Werkstück <i>Diffusion is a thermally activated mixture of the components of the tool and the workpiece</i>
Rissbildung	Plastische Verformung ist eine Folge von thermischen und mechanischen Wechselbelastungen
Bruch	<i>Plastic deformation is a result of thermal and mechanical alternating loads</i>
Oxidation	Oxidation ist die chemische Veränderung des Werkzeuges. Vorgang wird primär durch Reibung aktiviert. <i>Oxidation is the chemical change in the tool. The process is primarily activated by friction.</i>

Quelle: Tribologiehandbuch

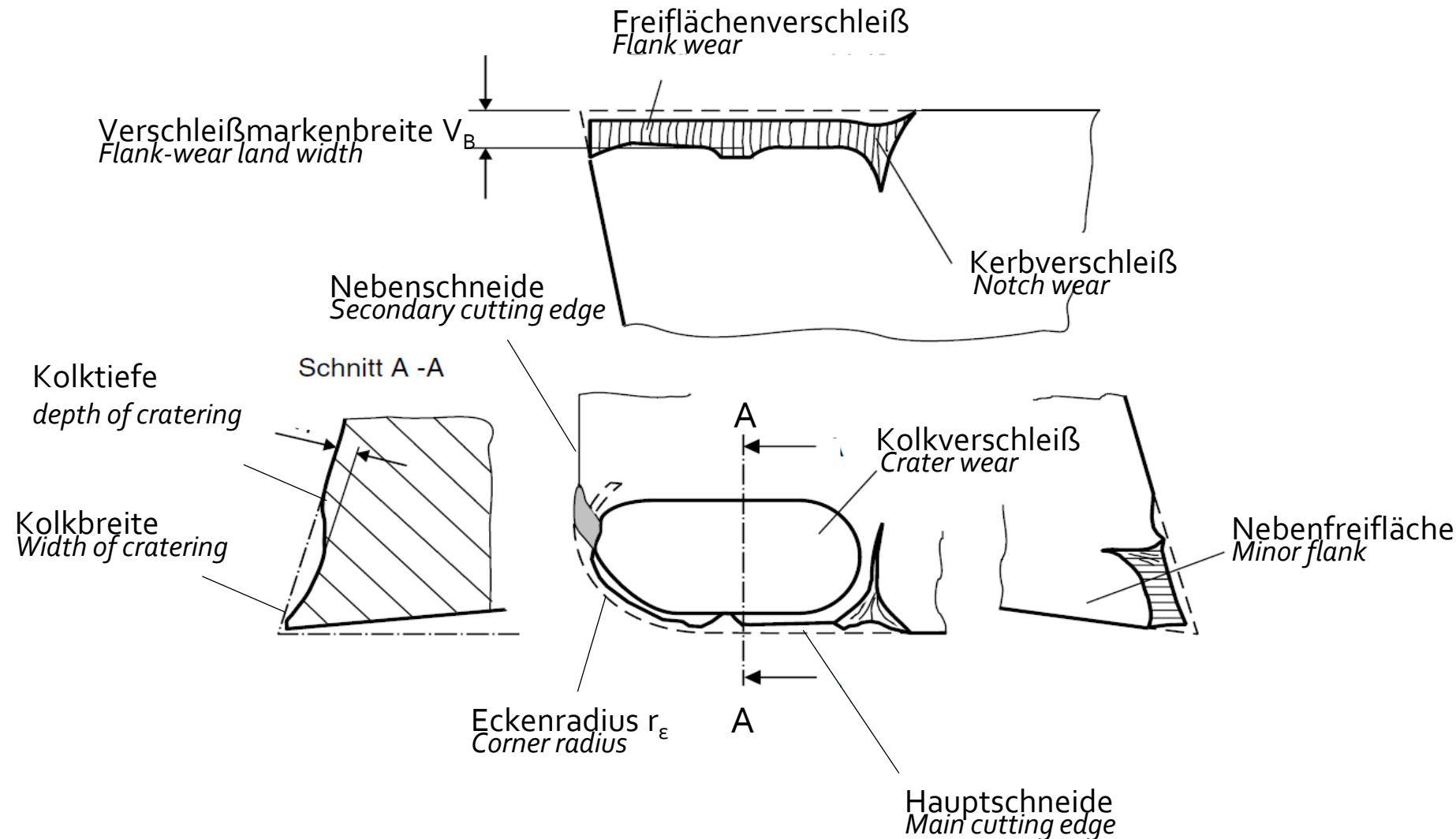
**Gesamtverschleiß besteht aus variablen Anteilen der verschiedenen Verschleißursachen**  
*total wear consists out of different proportions of the various causes of wear.*

---



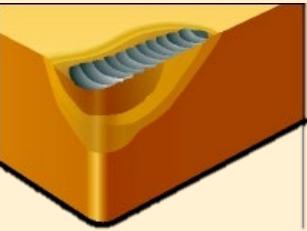
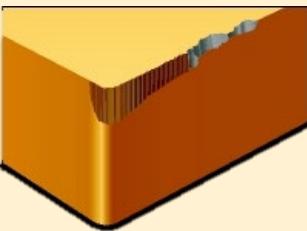
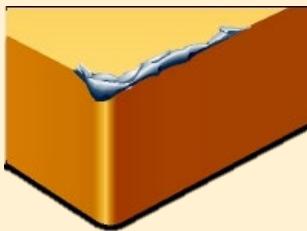
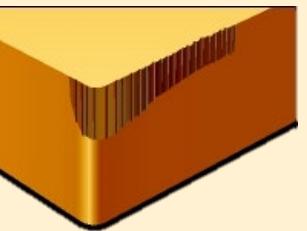
# Verschleißformen und -marken am Schneidkeil auf

Specific types of wear on the cutting edge occurs



# Ursachen der häufigsten Verschleißformen

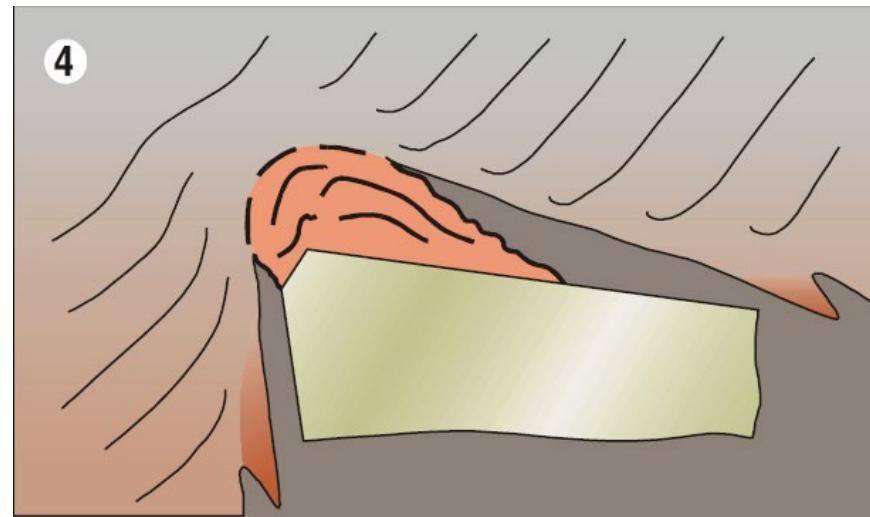
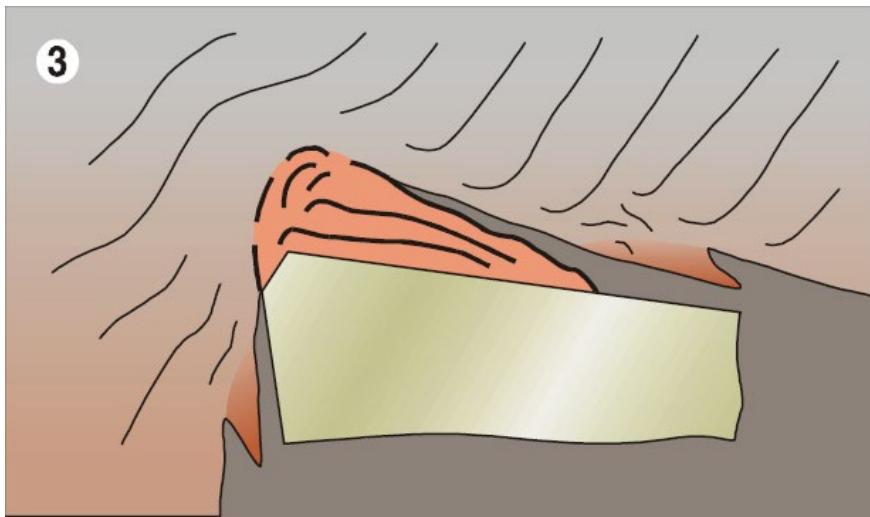
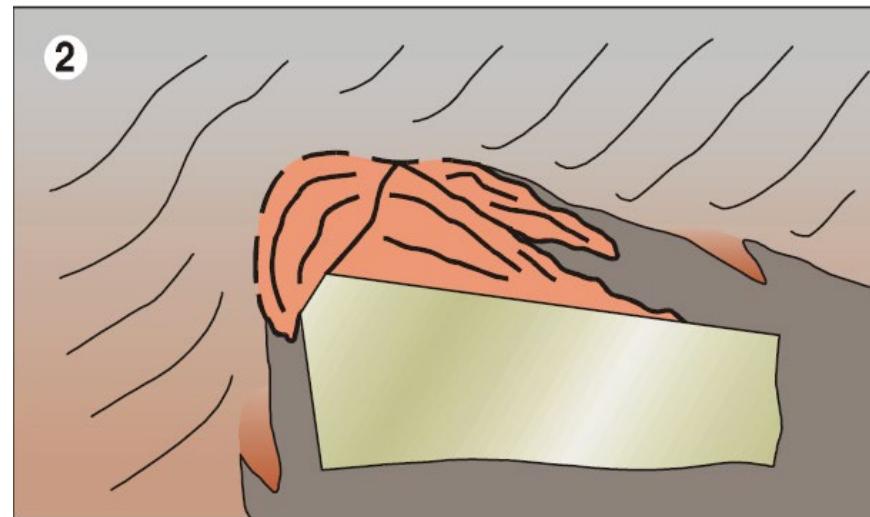
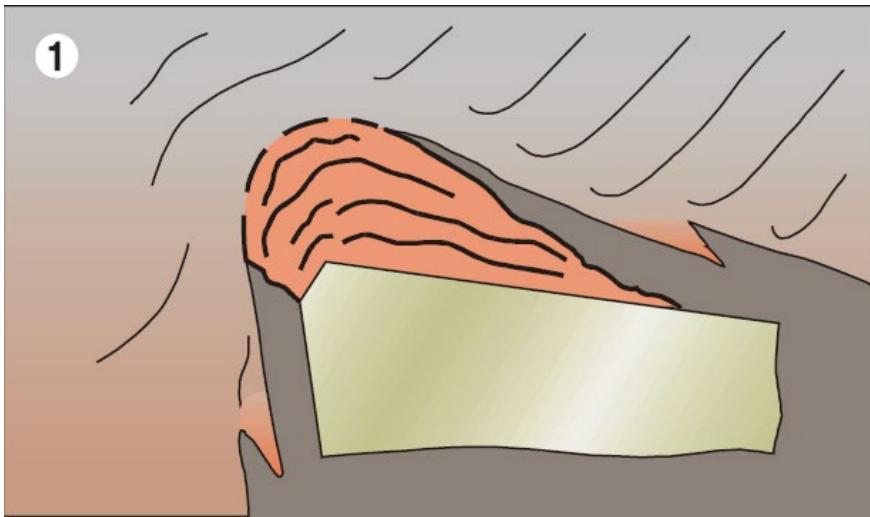
*Cause of the most common forms of tool wear*

				
Bezeichnung Name	Kolkverschleiß <i>Crater wear</i>	Kantenausbruch <i>Edge chipping</i>	Aufbauschneide <i>Built up edge</i>	Freiflächenverschleiß <i>Flank wear</i>
Ursache Cause	<ul style="list-style-type: none"> <li>Diffusionsverschleiß durch zu hohe Arbeitstemperaturen im Bereich des Spanwinkels <i>Diffusion wear because of too high temperatures in the area of the rake angle</i></li> <li>Kühlschmierstoff erreicht Schneide nicht <i>Cooling lubricant doesn't reach the cutting edge</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Späne sind zu lang und werden gegen Schneidkante abgelenkt <i>The chips are too long and being deflected to the cutting edge</i></li> <li>Aufbauschneidenbildung <i>Built up edge</i></li> <li>Zu spröder Schneidstoff <i>Cutting material too brittle</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Temperatur in der Schneidzone nicht optimal <i>temperature in the shearing zone not ideal</i></li> <li>Zäher Werkstück-Werkstoff der zum Verkleben neigt <i>ductile workpiece material with tend to stick</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Schnittgeschwindigkeit <math>v_c</math> zu hoch <i>Cutting speed too high</i></li> <li>Zu geringe Verschleißfestigkeit <i>Wear resistance too low</i></li> <li>Vorschub <math>f</math> zu gering <i>Feed too low</i></li> </ul>
Auswirkung Effect	<ul style="list-style-type: none"> <li>Instabile Schneidkante <i>Instable cutting edge</i></li> <li>Schlechte Oberflächengüte bei Durchbruch an der Nebenschneide <i>Bad surface quality on the secondary cutting edge</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lange Späne und werden gegen die Schneidkante abgelenkt <i>The chips are getting too long and are being deflected to the cutting edge</i></li> <li>Schlechte Oberflächengüte <i>Bad surface quality</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kantenausbröckelung beim Abreißen der Aufbauschneide <i>Chipping of the cutting edge</i></li> <li>Schlechte Oberflächengüte <i>Bad surface quality</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Schneller Verschleiß <i>Rapid wear</i></li> <li>Schlechte Oberflächengüte <i>Bad surface quality</i></li> <li>Verminderte Maßgenauigkeit <i>Lower dimensional accuracy</i></li> </ul>

Quelle: Sandvik

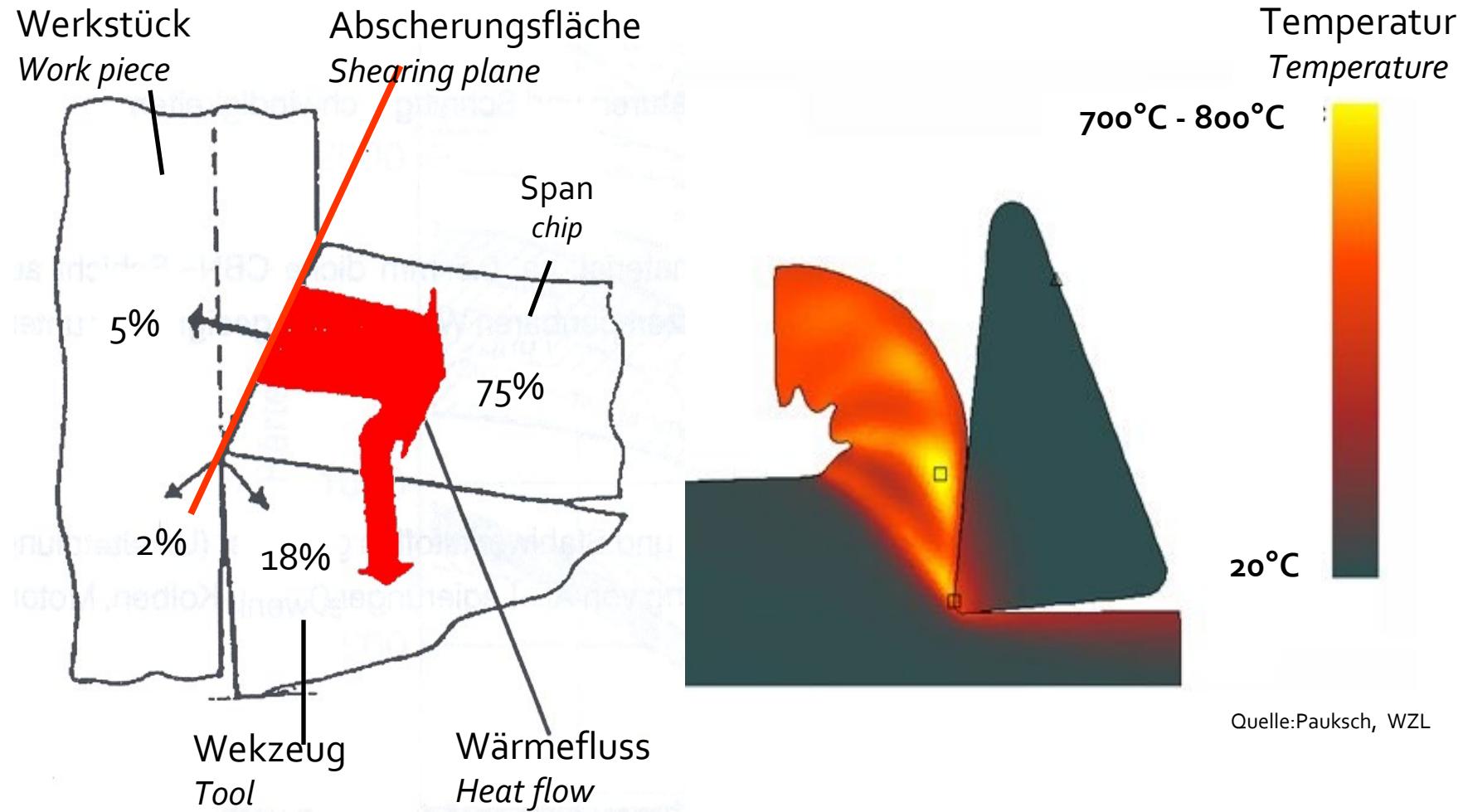
# Abwandern von Teilen der Aufbauschneide

*Drifting of parts of the built-up edge*



# Der wesentliche Anteil der in der Wirkzone entstehenden Wärme wird über den abgenommenen Span abgeführt

The major portion of the emerging heat dissipates through chip removal



Quelle: Pauksch, WZL

# Standbegriffe im Zerspanungsprozess

Wear progress during machining

## Standbedingung *Stand condition*

- Werkzeug  
*tool*
- Werkstück  
*workpiece*
- Zerspanvorgang  
*machining*
- Umgebung  
*periphery*
- Maschine  
*machine tool*

## Standkriterien *stand criterion*

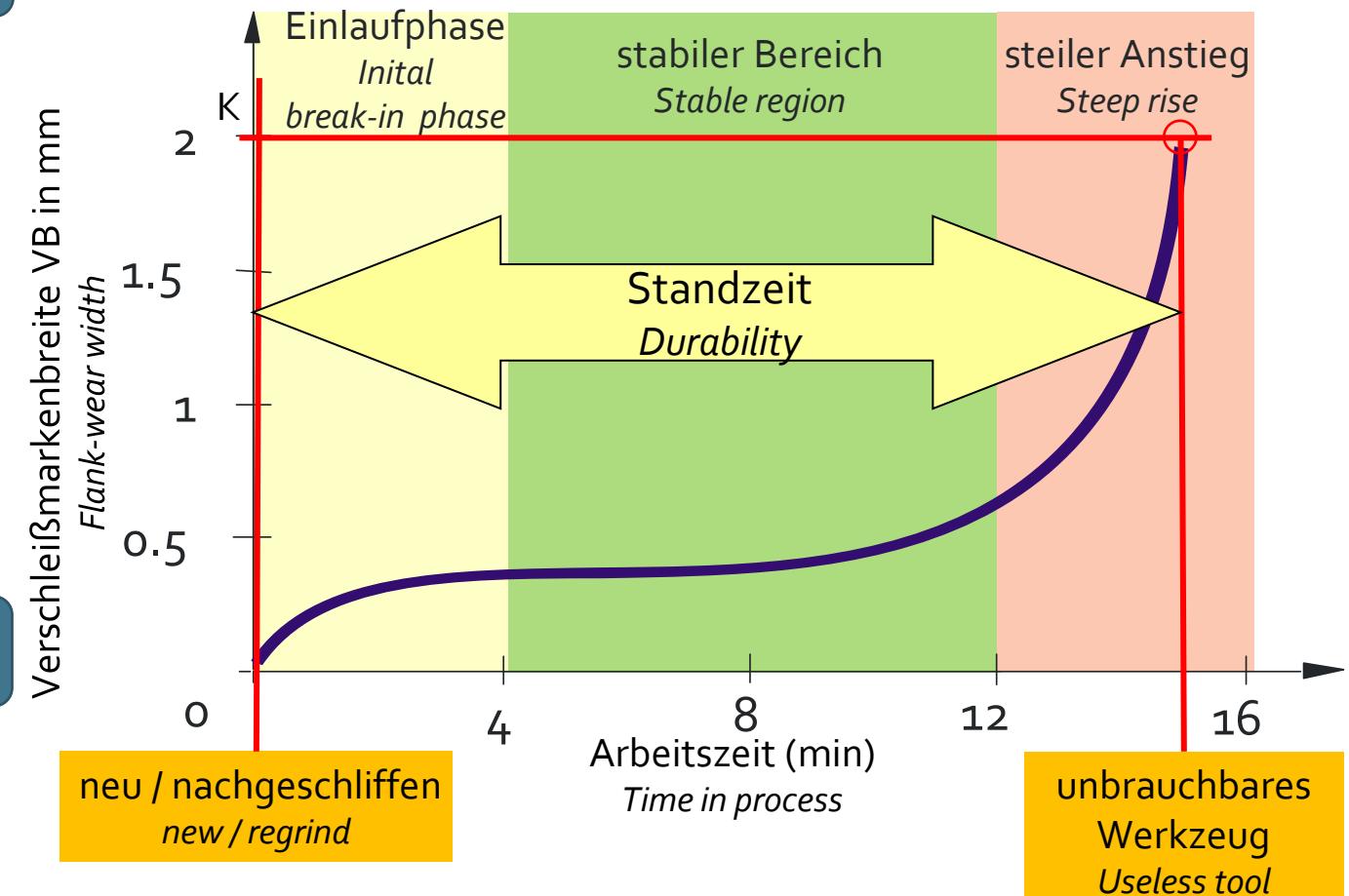
- Verschleiß  
*tool wear*
- Rauheit  
*surface roughness*
- Schnittkraft  
*cutting force*

## Standvermögen *Stand capacity*

- Schneidfähigkeit  
*cutting capacity*
- Schnitthaltigkeit  
*cutting durability*
- Zerspanbarkeit  
*machinability*

## Standgrößen *Stand values*

- Standzeit  
*tool life*
- Standweg  
*tool life distance*
- Standmenge  
*tool life quantity*

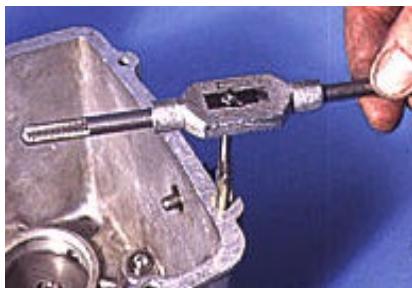
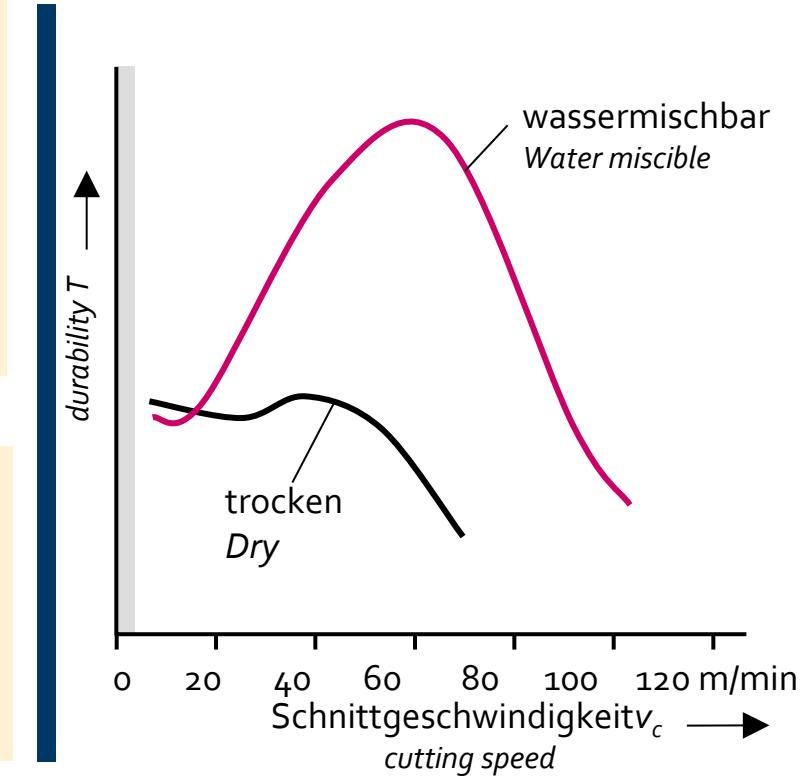


# Vorteile von Kühlschmierstoffen

## Advantages of cooling lubricants

- Reibungsminderung durch Schmierung  
*Reduction of friction because of lubrication*
- Abfuhr von Wärme durch Kühlung  
*Dissipation of heat by cooling*
- Abtransport von Spänen und Bindung von Staub  
*Removal of chips and dust suppression*

- Erhöhung der Werkzeugstandzeit  
*Increase of durability*
- Verbesserung der Werkstückoberfläche  
*Improvement of the work piece's surface*
- Steigerung des Zeitspannungsvolumens  
*Increase of the material remove volume*



# Unterscheidung der Kühlschmierstoffe nach Kühl- und Schmierwirkung

*Cooling lubricants are distinguished mainly by cooling and lubrication effect*

## Nichtwassermischbare Kühlschmierstoffe

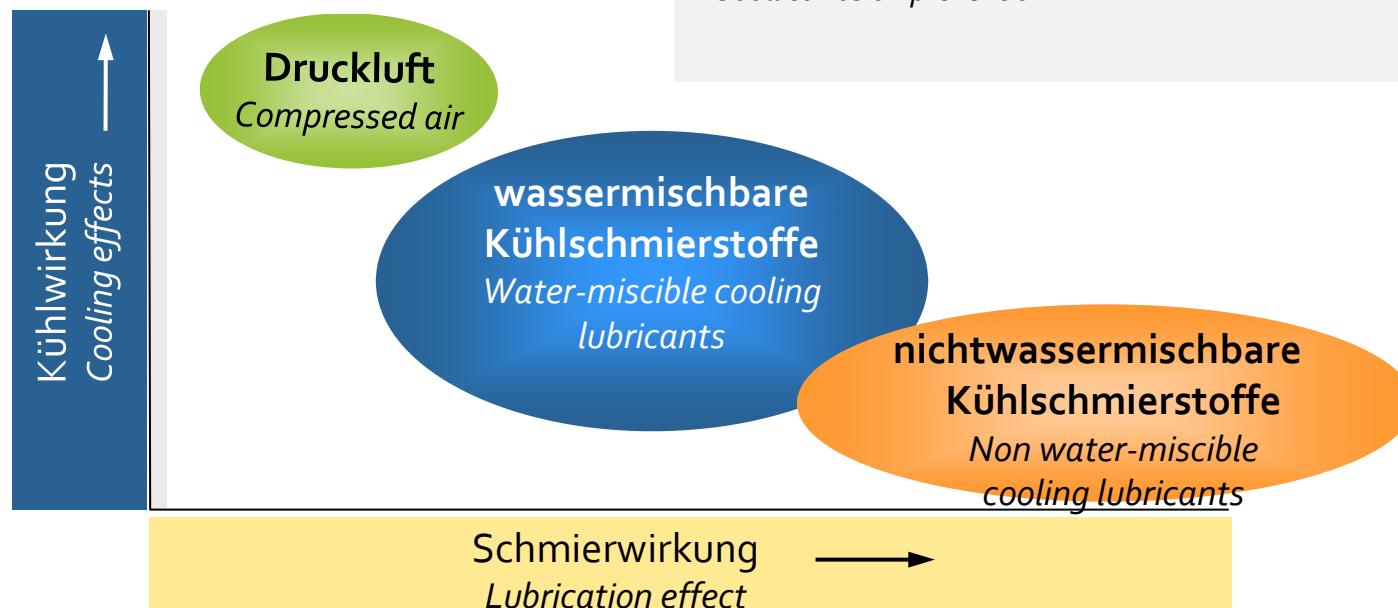
*Non water-miscible cooling lubricants*

- Mineralöle + Zusätze (Additive)  
*Mineral oil + additives*
- hohe Schmierfähigkeit  
*High lubricity*
- geringe Kühlwirkung  
*Slight cooling effect*
- sehr guter Korrosionsschutz  
*Very good corrosion prevention*

## Wassermischbare Kühlschmierstoffe

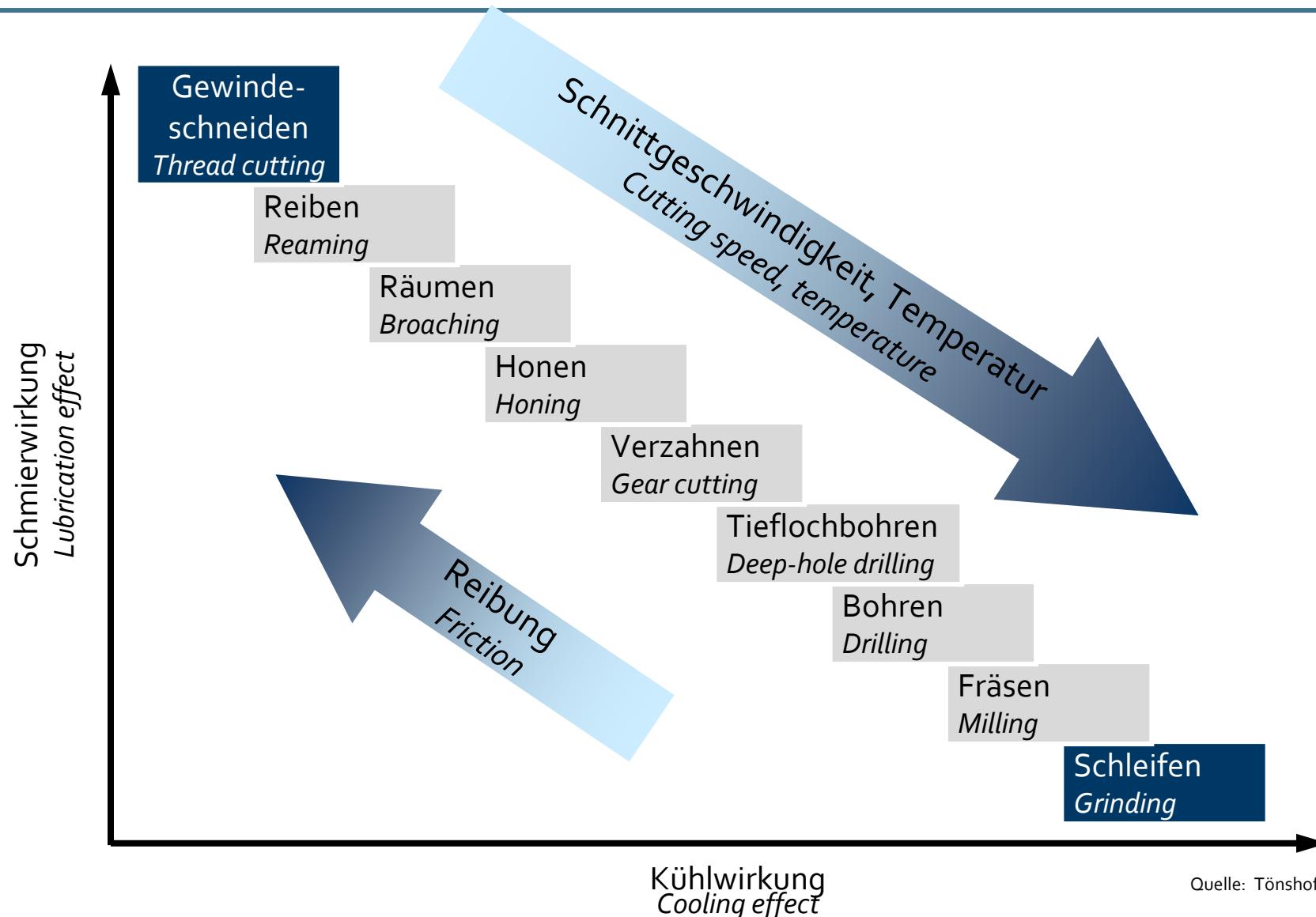
*Water-miscible cooling lubricants*

- Lösung oder Emulsion auf Wasserbasis mit natürlichen Ölen oder synthetischen Schmierstoffen  
*Water-based solution or emulsion with natural oils or synthetic lubricants*
- mittlere bis geringe Schmierfähigkeit  
*Medium or low lubricity*
- mittlere bis hohe Kühlwirkung  
*Medium to high cooling effect*
- guter Korrosionsschutz  
*Good corrosion prevention*



# Anforderungen an das Kühlmittel in Abhängigkeit vom Spanprozess

*Demands on the cooling in addition to the chipping process*



Quelle: Tönshoff

# Minimalmengenschmierung bietet zahlreiche Vorteile ggü. konventionellem KSS

The minimum quantity lubrication offers several advantages compared to the conventional lubrication

## Merkmale

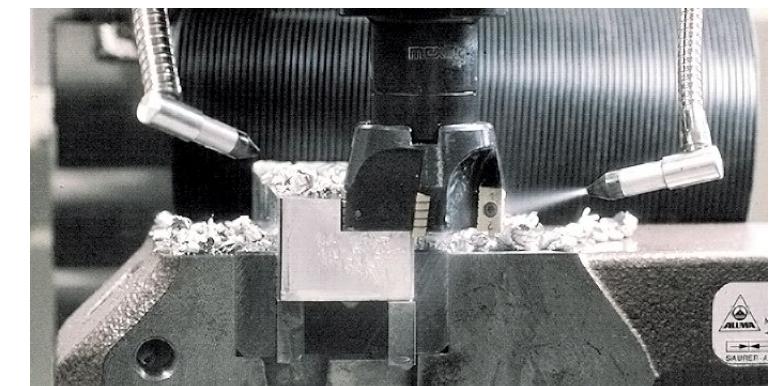
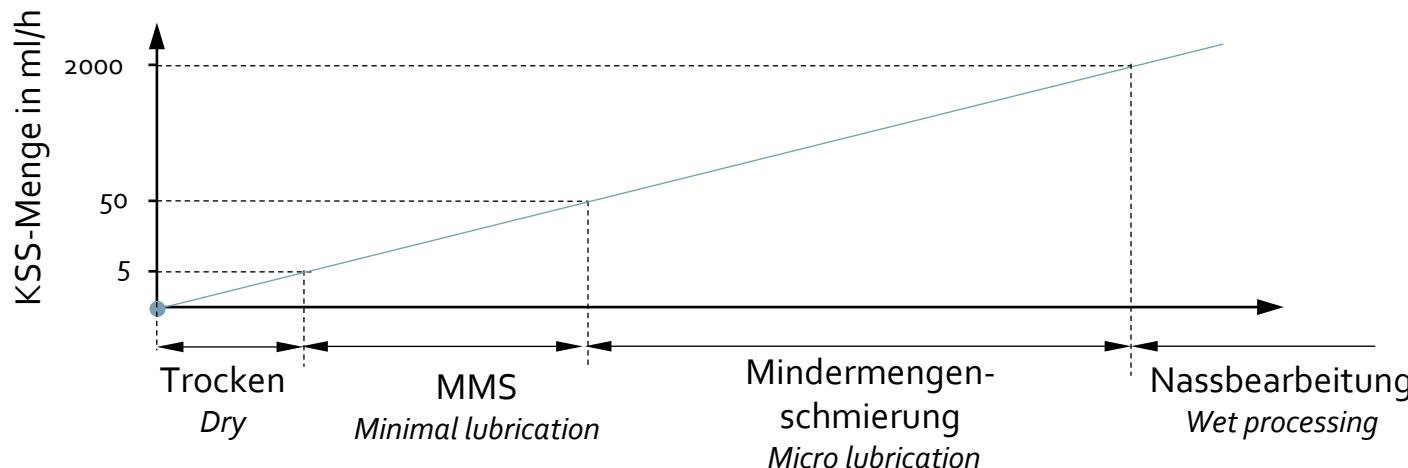
### Features

- Schmierung durch Zuführung geringster Mengen eines Schmierstoffes  
*Lubrication by feeding a minimal amount of lubricant*
- Dosiergerät mischt Schmierstoff und Druckluft  
*Proportioner mixes lubricant and compressed air*
- Schmierstoffverbrauch < 20 ml pro Stunde  
*Lubricant application rate*

## Vorteile

### Advantages

- Höhere Standzeiten der Werkzeuge  
*Higher durability of tools*
- Trockene Werkstücke und saubere Späne → kein Reinigungsaufwand  
*Dry work pieces and clean chips → no cleaning*
- Entfall der Pflege- und Entsorgungskosten für das KSS  
*No disposal fees*
- Geringerer Schmiermittelverbrauch  
*Lower lubricant application rate*





Vielen Dank!  
*Thank you!*