

A close-up, slightly blurred photograph of a metalworking process. A high-speed steel end mill with a helical flute pattern is shown in profile, cutting into a workpiece. The workpiece surface shows a grid-like pattern of machining lines. The lighting is dramatic, highlighting the metallic textures and the sharp edge of the tool.

Produktionstechnik 2 | Production Technology 2

## **Spanen mit geometrisch unbestimmter Schneide** **Machining with undefined edge**

Prof. Dr. Nico Hanenkamp

# Spanen mit geometrisch unbestimmter Schneide

## *Cutting with geometrical undefined edge*

### Definition:

*Definition:*

Spanen mit geometrisch unbestimmten Schneiden ist Spanen, bei dem ein Werkzeug verwendet wird, dessen Schneidenanzahl, Geometrie der Schneidkeile und Lage der Schneiden zum Werkstück unbestimmt sind

*Machining with geometrically undefined edge is machining where the number of blades , the geometry of the cutting parts and the position of those parts to the work piece is undefined*

### Eigenschaften:

Characteristics:

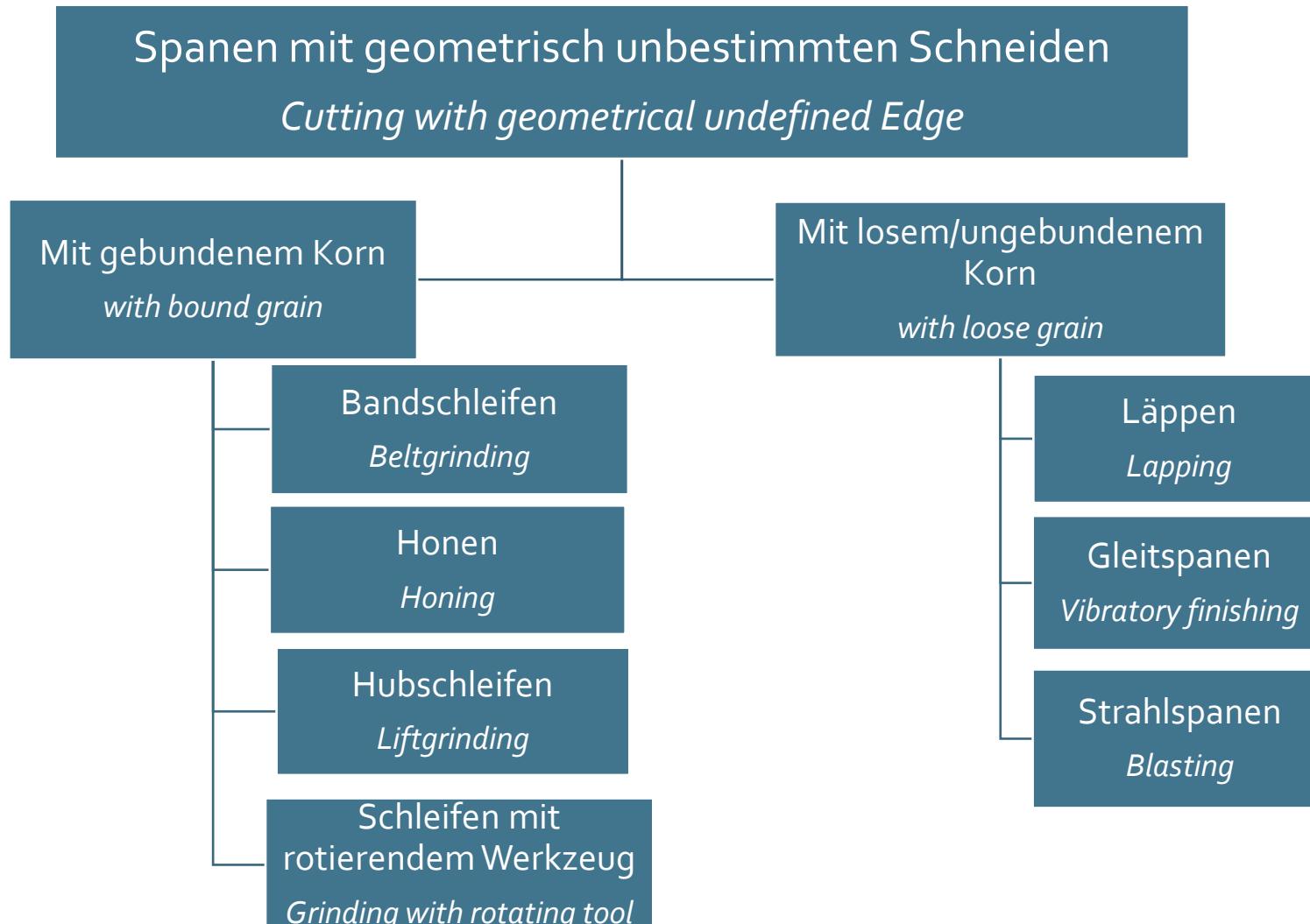
- Schneidkeile gebildet durch Schneidkörner, die  
*Cutting blades formed by abrasive grains which,*
  - gebunden im Werkzeug vorliegen (Schleifen, Honen, Gleitspanen)  
*Are bound in the tool (grinding, honing)*
  - in loser Form als Suspension oder Paste eingesetzt werden (Läppen, Strahlspanen)  
*Are used loose in form of a suspension or paste (lapping, jet chipping)*
  - Schneidstoffe sind Kornwerkstoffe mit hoher Härte  
*Cutting materials are grain materials with high hardness*
- Spanen mit gebundenem Korn:  
*Machining with bound grain:*
  - Bindung hält Schleifkörner bis zum Erstumpfen fest  
*bond holds abrasive grains until blunt*
  - Bindung der Körner mit Kunstharz, Gummi, Leim  
*Bounding of abrasive grains with synthetic resin, rubber, glue*



Quelle: Fraunhofer

# Einteilung der Verfahren

## *Classification of the processes*

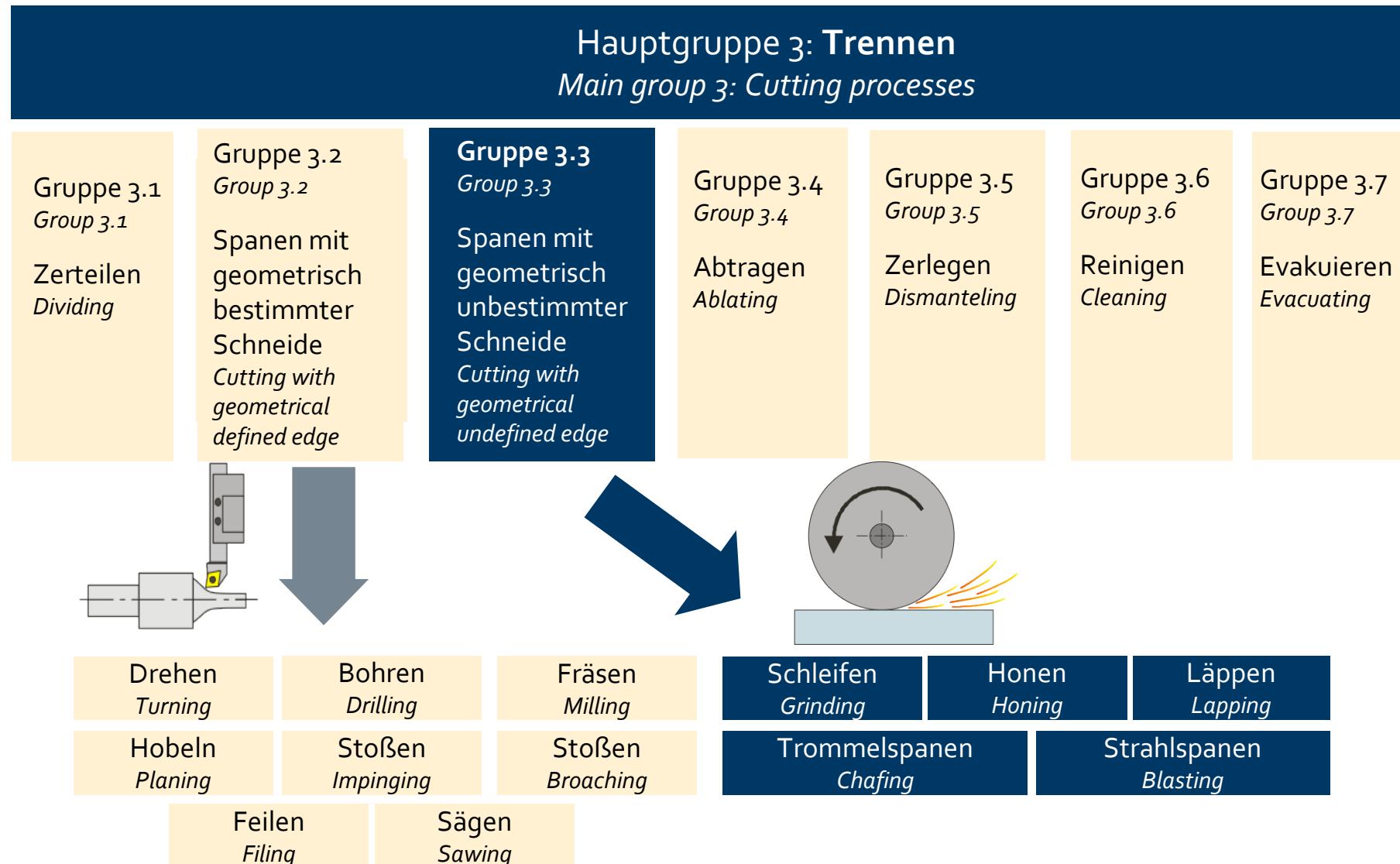




# Schleifen *Grinding*

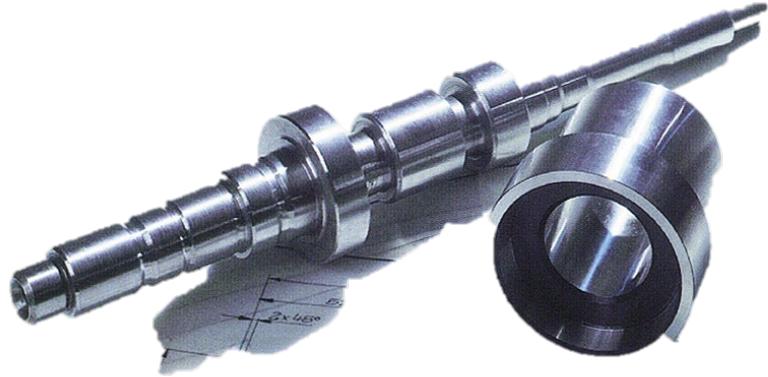
# Hauptgruppe "Trennen" beinhaltet Zerspanen mit geometrisch unbestimmter Schneide

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



# Geschliffene Bauteile mit hoher Oberflächengüte

*Grinded parts with a high quality surface*



# Schleifen mit rotierendem Werkzeug

## Grinding with rotating tool

### Definition (DIN 8589-11):

Definition (DIN 8589-11):

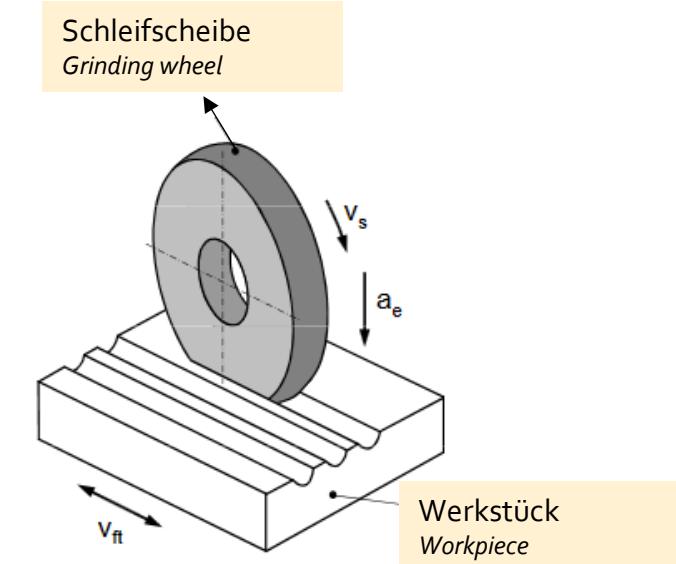
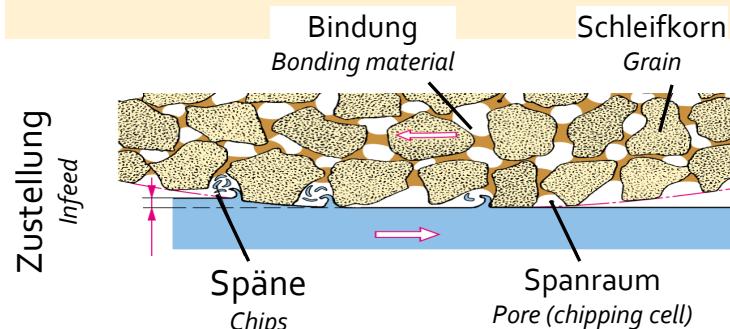
Spanendes Fertigungsverfahren mit vielschneidigen Werkzeugen, deren geometrisch unbestimmte Schneiden von einer Vielzahl gebundener Schleifkörner gebildet werden und mit hoher Geschwindigkeit den Werkstoff abtrennen

*Chipping manufacturing process with multicut tools, the geometrically undefined cutting edges of which are formed by a large number of bonded abrasive grains and which cut off the material at high speed*

### Eigenschaften:

Characteristics:

- Gute Bearbeitbarkeit von Hartmaterialien  
*Good machinability of hard materials*
- Hohe Genauigkeit bzgl. Maß und Form  
*High accuracy in dimension and shape (IT 5...6)*
- Geringe Welligkeit sowie Rauheit ( $Rz = 1...3 \mu m$ )  
*Low waviness and roughness ( $Rz = 1...3 \mu m$ )*
- Geeignet für schwerzerspanbare Werkstoffe  
*Suitable for hard-to-cut machinable materials*



$v_s$ : Schleifscheibenumfangsgeschwindigkeit *Peripheral surface speed*

$v_{ft}$ : Vorschubgeschwindigkeit *Feed speed*

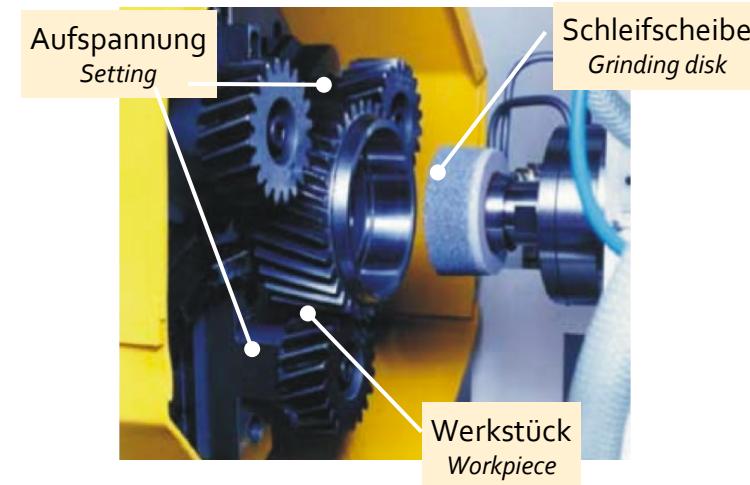
$a_e$ : Zustellung *Plunge depth*

# CNC Innenrundschleifen

## CNC-internal round grinding

### OKUMA GI 10N

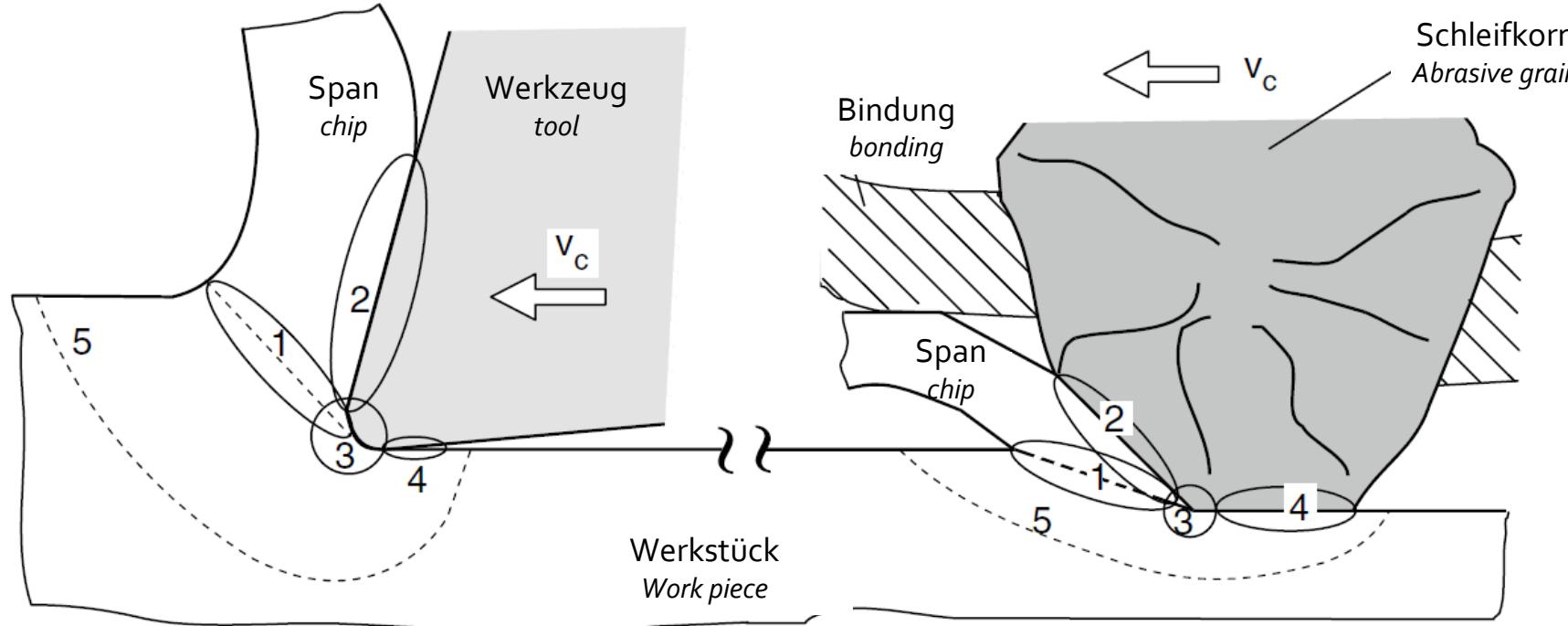
- max. Werkstückdurchmesser = 200 mm  
*max. work piece diameter*
- min. Werkstückdurchmesser = 3 mm  
*min. work piece diameter*
- automatisches Abrichten  
*Automatic dressing*



Quelle: OKUMA

# Vergleich des Schleif- und Drehprozesses

Comparison of grinding and turning



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*

# Schleifwerkzeuge sind in alternativen Zusammensetzungen verfügbar

*Grinding tools are available in alternative compositions*

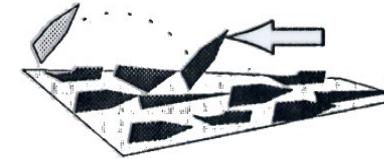
## Körnung *Graining*

- Größe des Schleifkorns  
*Dimension for the size of the abrasive grain*



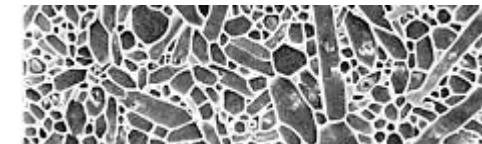
## Härtegrad *Degree of hardness*

- Widerstand des Bindemittels gegen Herausbrechen des Schleifkorns  
*Resistance against breaking out of the binder of the abrasive grain*



## Gefüge *Structure*

- Struktur der Schleifscheibe  
*Structure of the grinding wheel*
- Abstand der einzelnen Körner  
*Distance between the single grains*



### Schleifmittel *Abrasive medium*

#### Natürlich *Natural*

- Quartz ( $\text{SiO}_2$ )

- Schmirgel  
*Emery*

- Aluminiumoxid  
*aluminum oxide*

- Naturdiamant  
*Natural diamond (C)*

#### Synthetisch *Synthetic*

- Elektr. Aluminiumoxid  
*el aluminium oxide*

- Siliziumkarbid ( $\text{SiC}$ )  
*Carbon silicon*

- kub. Bornitrid  
*Cubic boron nitride*

- Kunstdiamant  
*Synthetic diamond*

### Bindungen *Bindings*

#### Anorganisch *Inorganic*

- Keramik  
*Ceramic*

- Minerale  
*Minerals*

- Metall  
*Metallic*

#### Organisch *Organic*

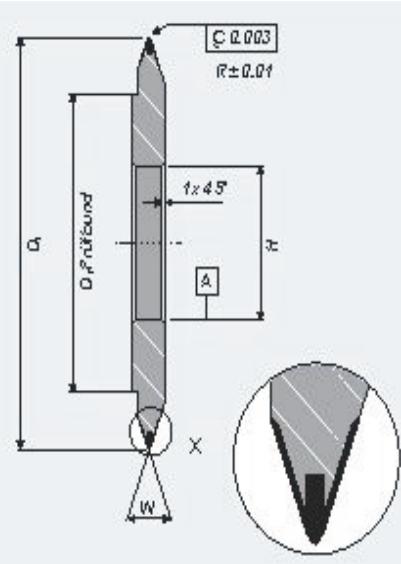
- Klebverbindung  
*Glue bond*

- Schellak  
*Shellac*

- Kunstharz  
*Synthetic resin*

# Durch das Konditionieren wird das Schleifwerkzeug regeneriert

*The grinding tool is prepared for the machining process by conditioning*



## Konditionieren ist das Abrichten, Profilieren, Schärfen und Reinigen der Schleifscheibe

*Conditioning is dressing, profiling, sharpening and cleaning of the grinding wheel*

### Ziel

*Intention*

- Rundlaufgenauigkeit  
*Concentricity*
- Entfernen der verunreinigten Schicht  
*Removal of the contaminated layer*
- Erzeugen einer definierten Scheibenkontur  
*Creating a defined outline*
- Entfernen stumpfer Schneidkörner  
*Removal of dull cutting grains*

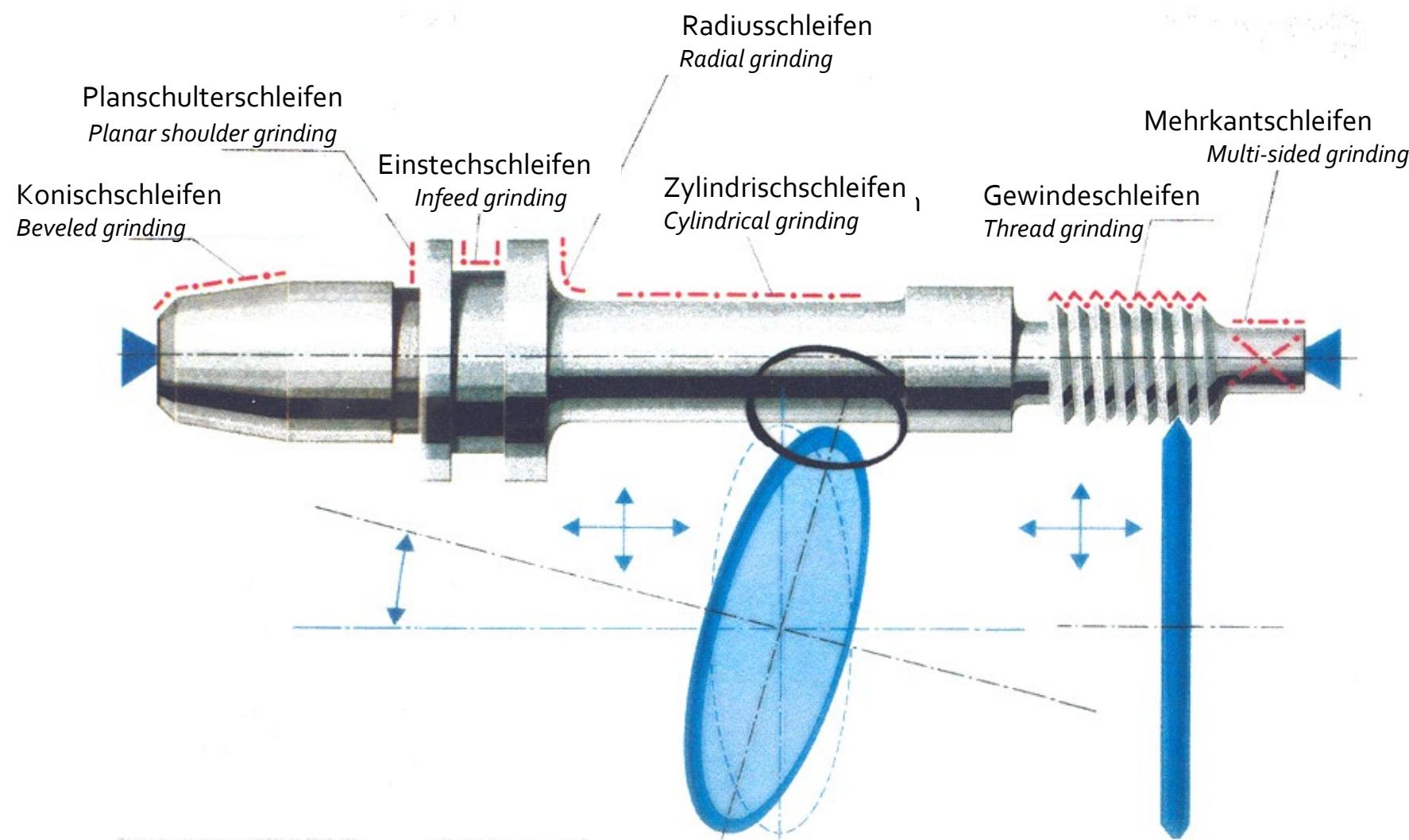
## Abrichtwerkzeuge

*Rotation dressing tools*

- Einkorndiamant  
*Single-grain diamond*
- Vielkornabrichter  
*Multi grain diamond dresser*
- Diamantprofilrollen  
*Profile diamond rollers*
- Stahlprofilrollen  
*Profile steel rollers*

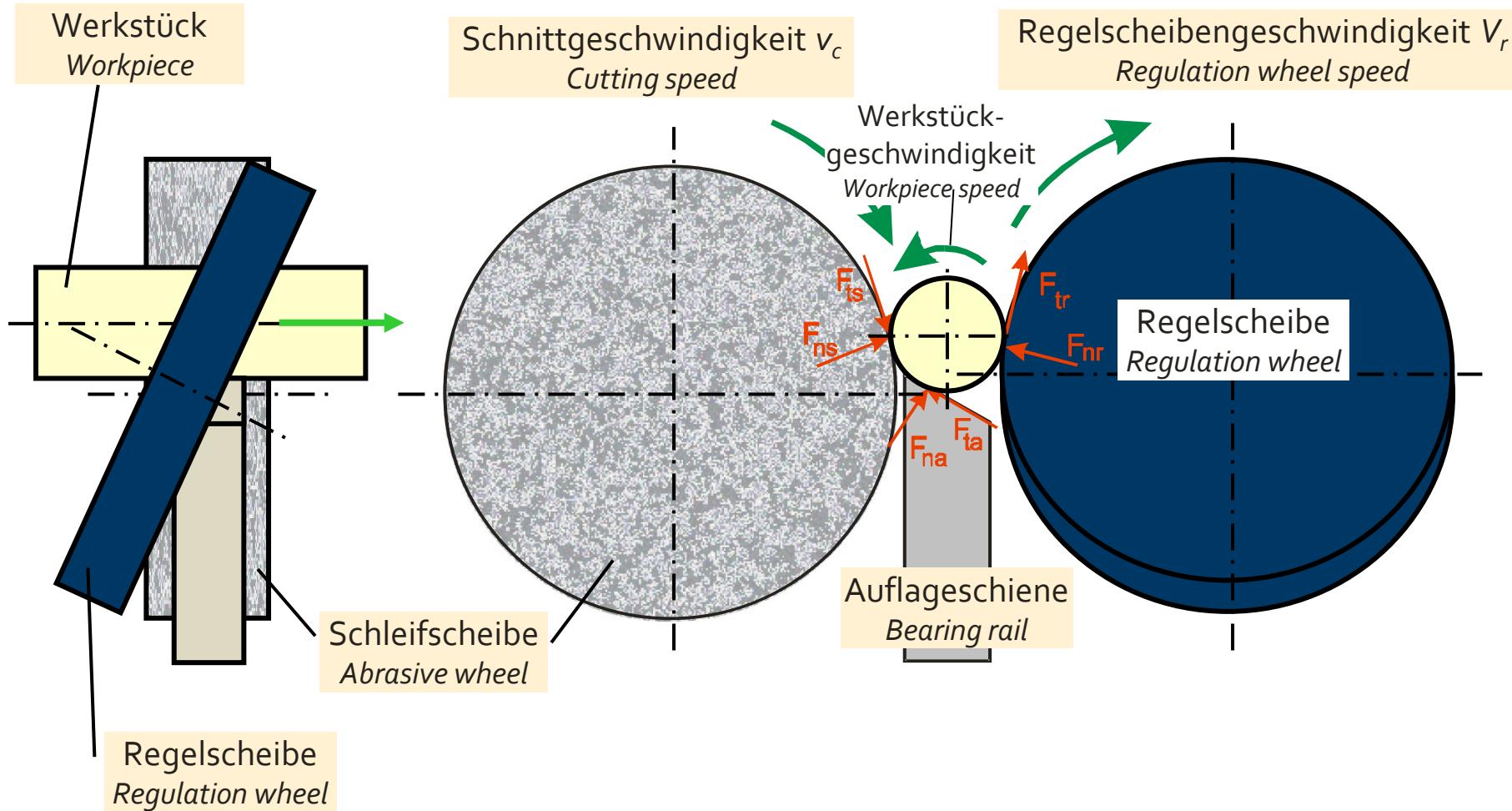
# Beim Außenrundschleifen stehen alternative Bearbeitungsmöglichkeiten zur Verfügung

*There are alternative treatment options available in external cylindrical grinding*



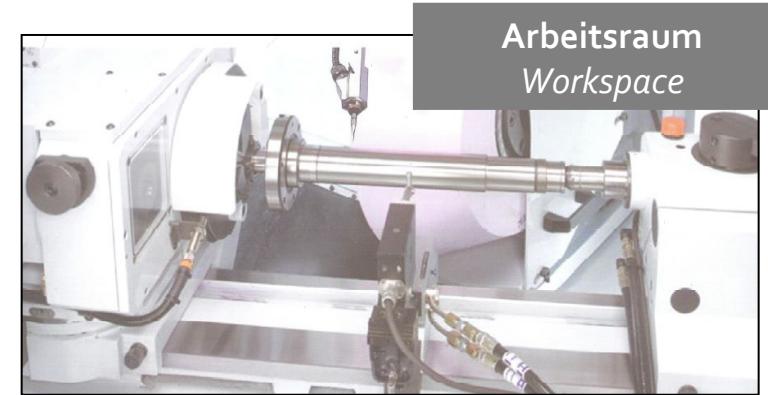
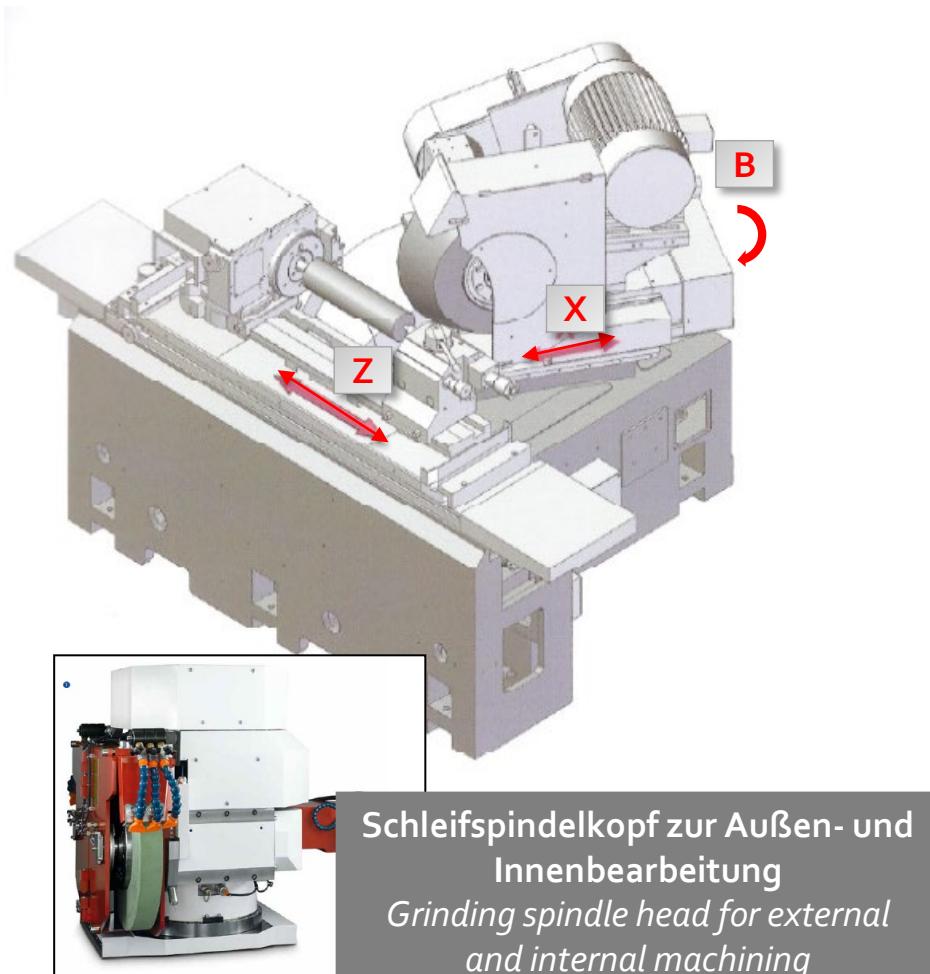
# Hauptbewegung und Kräfte beim spitzenlosen Außenrund-Umfangsschleifen

Main motion and forces during centerless external peripheral grinding



# Universal-Rundschleifmaschine

*Universal cylindrical gridding machine*



- Anwendung Längsschleifen, Mehrfacheinstechschleifen und Profilschleifen bis  $<0,1 \mu\text{m}$   
*Application longitudinal grinding, multiple plunge grinding and profile grinding up to  $<0.1 \mu\text{m}$*
- Temperierter Kugelgewindetrieb in z-Achse → Minimierung thermische Einflüsse auf Werkstückpräzision  
*Tempered ball screw in z-axis → Minimization of thermal influences on workpiece precision*
- Hydrostatisch-hydrodynamische Lagerung der Schleifspindel → hohe Steifigkeit  
*Hydrostatic-hydrodynamic bearing of the grinding spindle → high rigidity*

Quelle: Paragon, Studer

# Walzenschleifmaschine und Innenschleifmaschine

## Roll grinding machine and internal grinding machine

Dreipunkt-Messsystem  
Measuring System



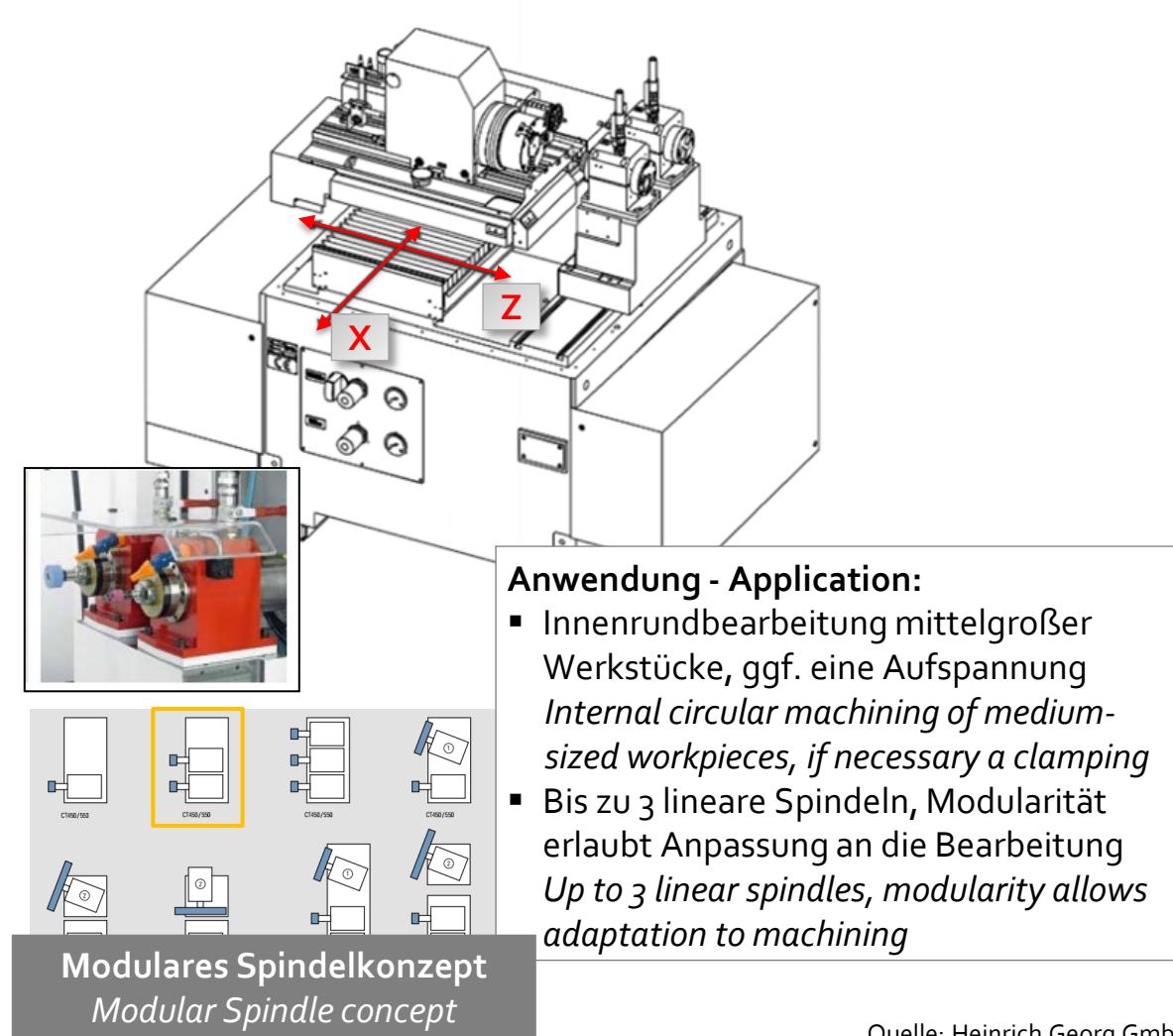
Schleifscheibe  
Grinding Wheel

Werkstück-  
spindelstock



Reitstock  
Tailstock

- Anwendung - Application:**
- Schleifen von Stütz- und Arbeitswalzen mit /ohne Einbaustücke  
*Grinding of support and work rolls with/without chocks*
  - Vollautomatisches Schleifen jeder beliebigen Kontur  
*Fully automatic grinding of any contour*



Modulares Spindelkonzept  
Modular Spindle concept

### Anwendung - Application:

- Innenrundbearbeitung mittelgroßer Werkstücke, ggf. eine Aufspannung  
*Internal circular machining of medium-sized workpieces, if necessary a clamping*
- Bis zu 3 lineare Spindeln, Modularität erlaubt Anpassung an die Bearbeitung  
*Up to 3 linear spindles, modularity allows adaptation to machining*

Quelle: Heinrich Georg GmbH

# Werkzeugschleifmaschinen

## Tool grinding machines

### Aufgabe

- Herstellung und Nachschärfen von Dreh- und Hobelmeißeln, Bohrern, Sägen und Fräsen  
*Manufacture and re-sharpening of turning and planing chisels, drills, saws and milling machines*
- Komplexe Geometrie erfordern mehrachsige Konzeption  
*Complex geometry requires multi-axis conception*

Anwendungsfelder -  
Applications



### Kinematiksystem

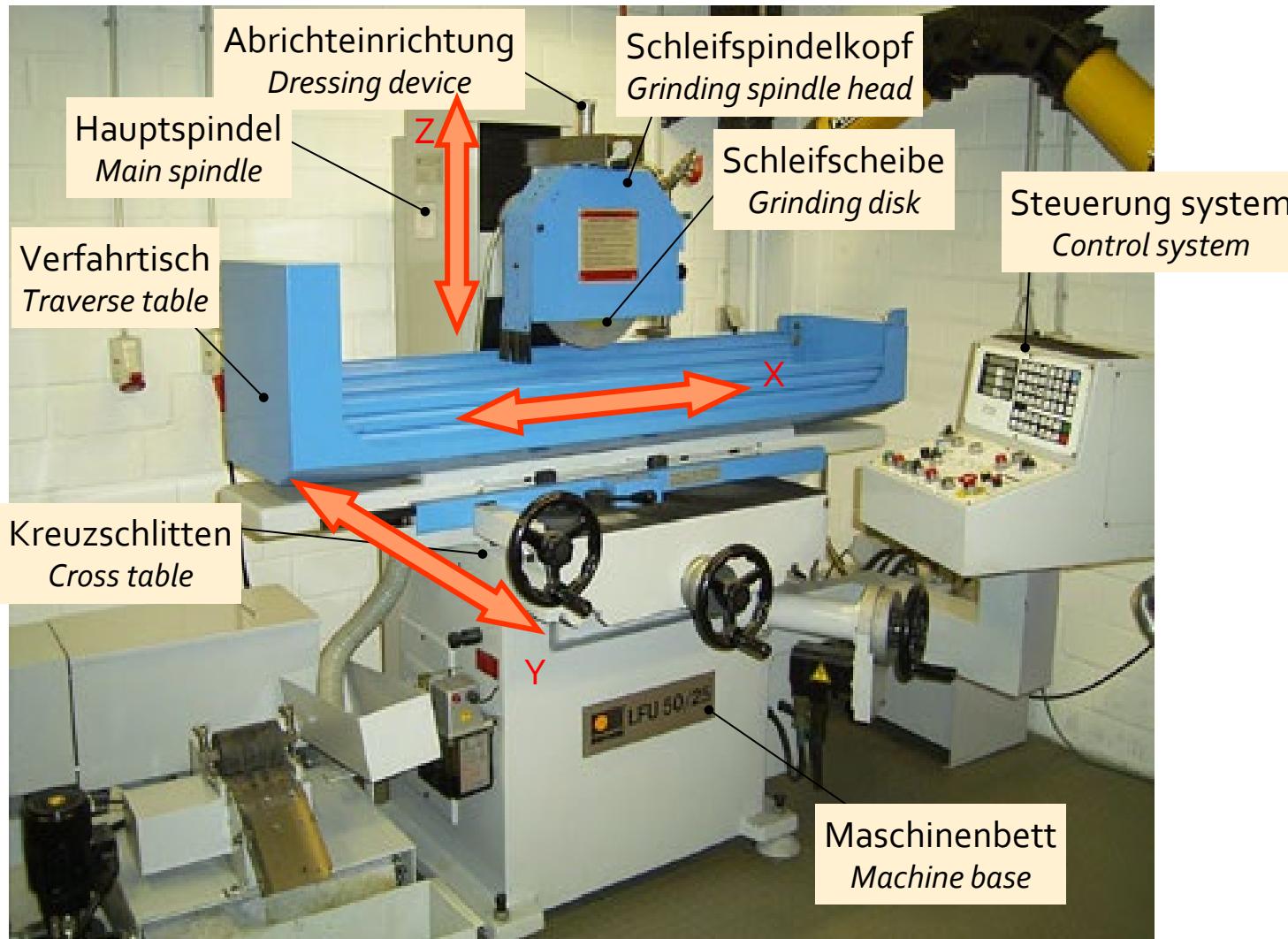
*Kinematics*



Quelle: Seile und Bitterling GmbH

# Flach- und Profilschleifmaschinen

## Oscillating traverse table

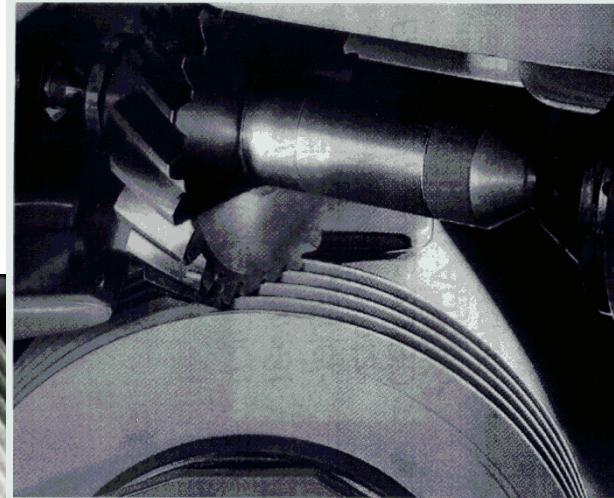


# CNC-Schleifmaschinen

## *CNC grinding machines*



Quelle: Reishauer





# Honen

# *Honing*

# Honen

## Honing

### Definition (DIN 8589 T14):

Definition (DIN 8589 T14):

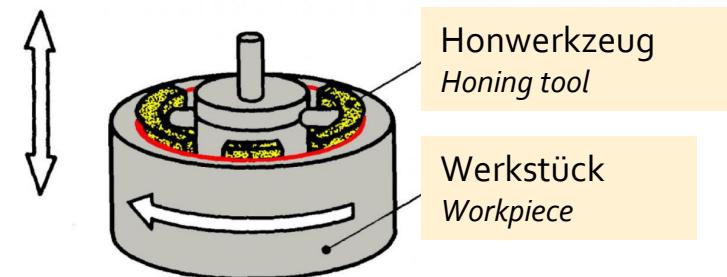
Spanen mit geometrisch unbestimmten Schneiden, wobei die vielschneidigen Werkzeuge eine aus 2 Komponenten bestehende Schnittbewegung ausführen, von denen mindestens eine Komponente hin- und hergehend ist, so dass die bearbeitete Oberfläche sich definiert überkreuzende Spuren aufweist.

*Machining with geometrically undefined cutting edges, whereby the multi-bladed tools perform a cutting movement consisting of two components, at least one of which is reciprocating, so that the machined surface has defined, intersecting traces.*

### Eigenschaften:

Characteristics:

- bahngebundenes Fertigungsverfahren  
*Tack conducted production process*
- kontinuierlicher Flächenkontakt von Werkstück und Werkzeug durch formgebundenes Werkzeug  
*Continuous surface contact between workpiece and tool*
- meist im Anschluss an eine vorhergehende Feinbearbeitung (z.B. Schleifen)  
*Usually: previous finishing (e.g. grinding)*
- Hohe Schnittgeschwindigkeit, häufig ohne ständigen Kontakt zw.  
Werkstück und Abriebpartikel  
*high cutting speed, usually without constant contact between work piece and abrasive particles*

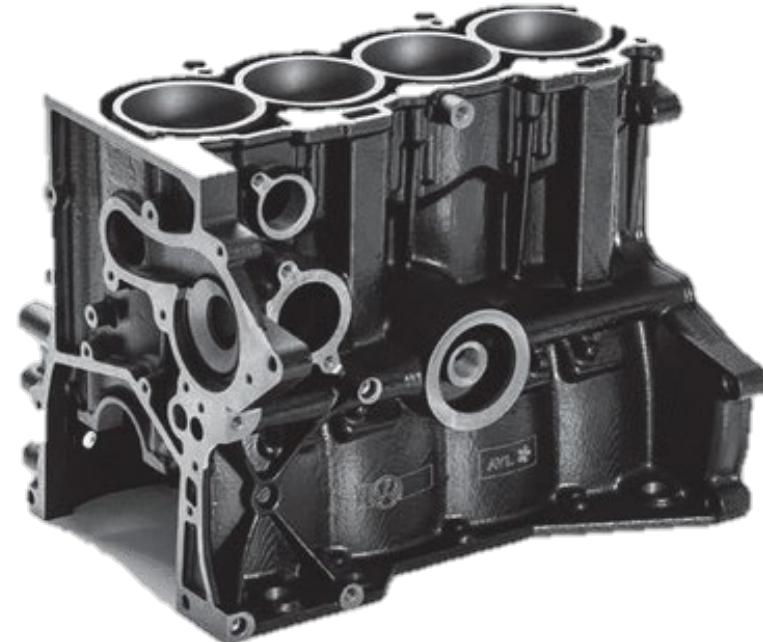


# Beispiele gehonter Bauteile

*Examples of honed parts*



Pleuel  
*Con rod*



Motorblock  
*block*



Zylinderlaufbuchse  
*Cylinder liner*

# Honverfahren

*Video clip - Honing process*

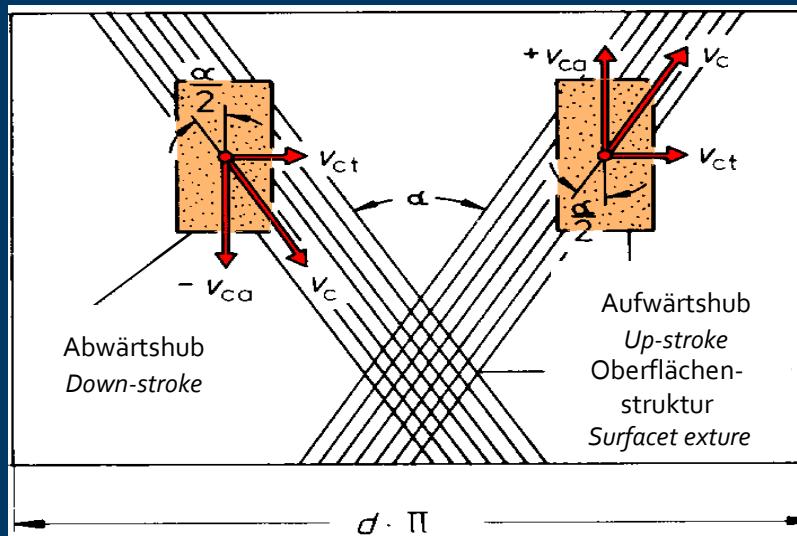
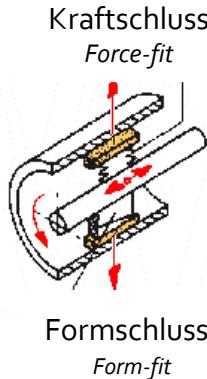


# Oberflächenstrukturen in Abhängigkeit des Honverfahrens

Surface structures as a function of the honing process

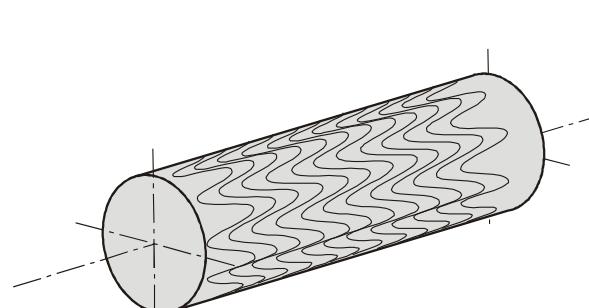
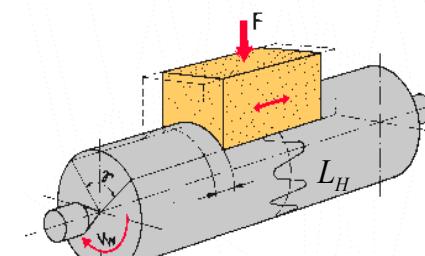
## Langhubhonen Long-stroke honing

- stark oszillierende Amplitude  
*High oscillation amplitude*
- geringe Frequenzschwingungen  
*Low oscillating frequency*
- angemessene Umfangsgeschwindigkeit  
*Appropriated designed circumferential speed*



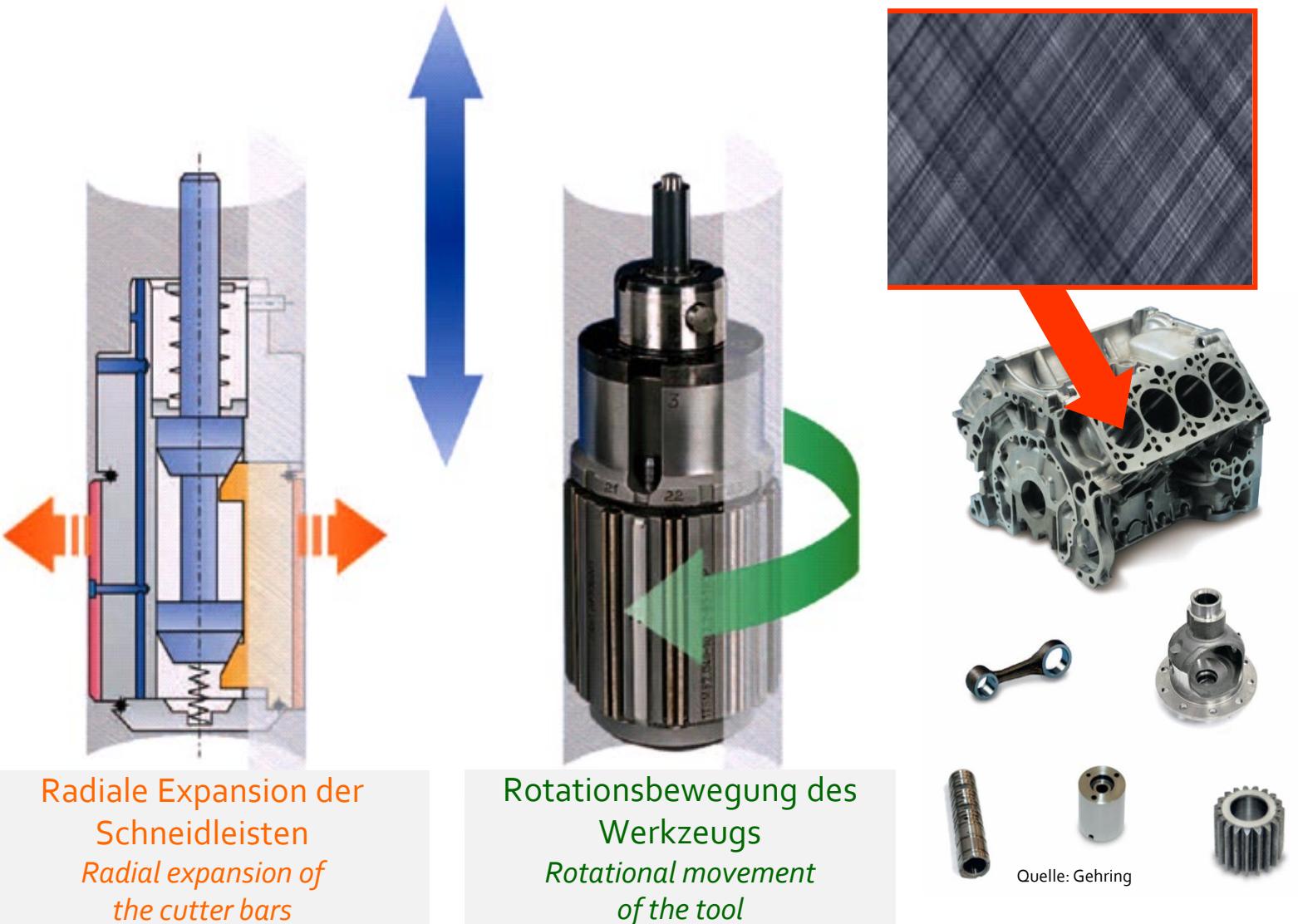
## Kurzhubhonen Short-stroke honing

- gering oszillierende Amplitude  
*Low oscillating amplitude*
- hohe Frequenzschwingungen  
*High oscillating frequency*



# Prinzip des Langhubhonens

Principle of long-stroke honing



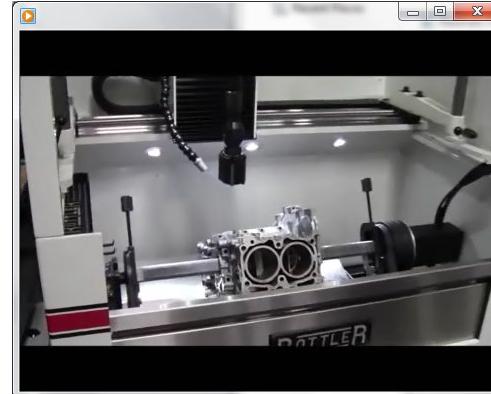
# Beispiele für Honmaschinen

*Examples for honing machines*

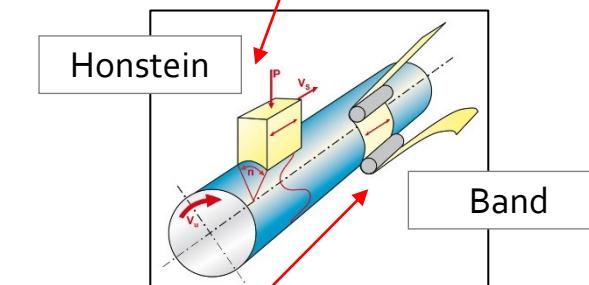
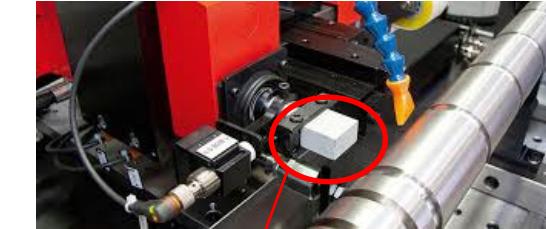
Langhub-  
Innenhonmaschine – *Long  
Stroke Honing Machine*



Langhubhonen-  
Zylinderblock – *Long Stroke  
Honing – Cylinder Block*



Superfinish-  
Aufsatzgeräte  
*Superfinish Processing*

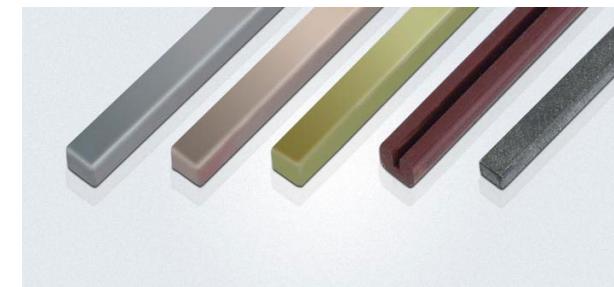


Quelle: Supfina, TU Berlin

# Zusammensetzung gebräuchlicher Honsteine

*Composition of conventional honing stones*

Körner <i>Grains</i>	Bindung <i>Binding</i>	Temperaturbe -ständigkeit <i>Temperature resistance</i>	Korngröße <i>Grain size</i>
Siliziumcarbid <i>Carbon silicon</i>	Kunststoffe <i>Plastics</i>	< 1400 °C	46-1000 µm
Aluminiumoxid <i>Aluminum oxide</i>	Keramiken <i>Ceramics</i>	< 2000 °C	320-1200 µm
kub. Bornitrid <i>cubic bornitride</i>	Metalle <i>Metals</i>	< 1200 °C	320-800 µm
Diamant <i>Diamond</i>		< 800 °C	5-250 µm





Läppen  
*Lapping*

# Läppen

## Lapping

### Definition (DIN 8589):

Definition (DIN 8589):

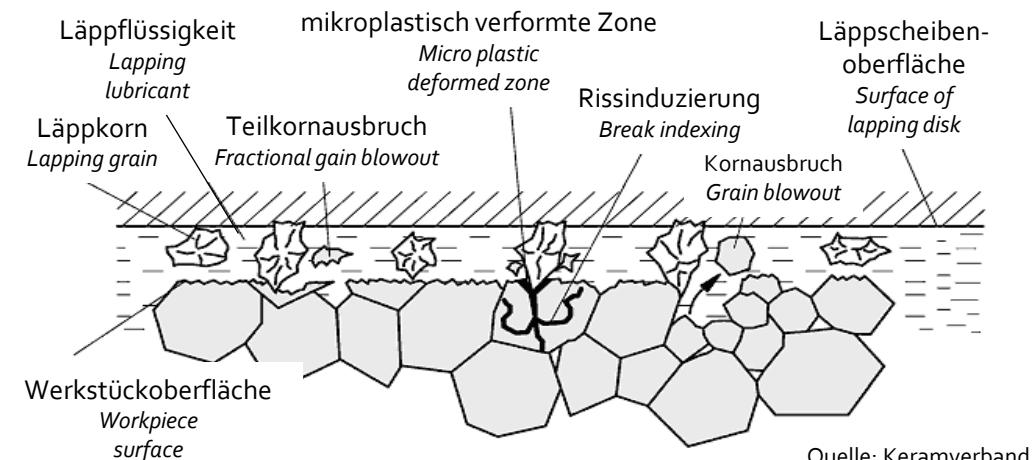
Spanen mit ungebundenem, in einer Paste oder Flüssigkeit verteilem Korn, dem Läppgemisch, dass auf einem meist formübertragenden Gegenstück bei möglichst ungeordneten Schneidbahnen der einzelnen Körner geführt wird.

*Machining with unbound grain distributed in a paste or liquid, the lapping mixture that is guided on a mostly shape-transferring counterpart with the cutting paths of the individual grains being as disordered as possible.*

### Eigenschaften:

Characteristics:

- Fein- bzw. Feinstbearbeitungsverfahren (hohe Oberflächengüte, extreme Formgenauigkeit, enge Maßtoleranzen)  
*Fine finish/microfinish machining (high surface quality, extreme dimensional accuracy, narrow tolerances)*
- raumgebundenes Fertigungsverfahren mit losem Korn in einer Suspension  
*space bound process with loose grain in a suspension*
- meist Bearbeitung planer Flächen  
*Mostly machining of flat surfaces*
- Bearbeitung meist ohne Einspannung oder Fixierung  
*Processing usually without clamping or fixing*
- geringe thermische und mechanische Belastung  
*Low thermal or mechanical stress*



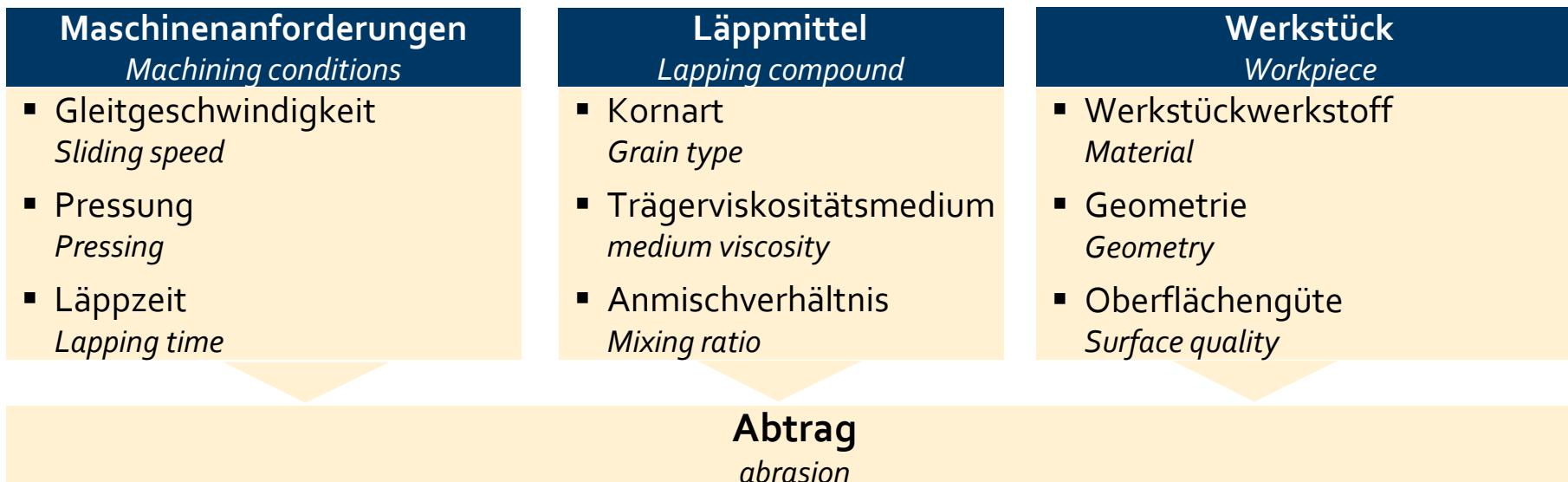
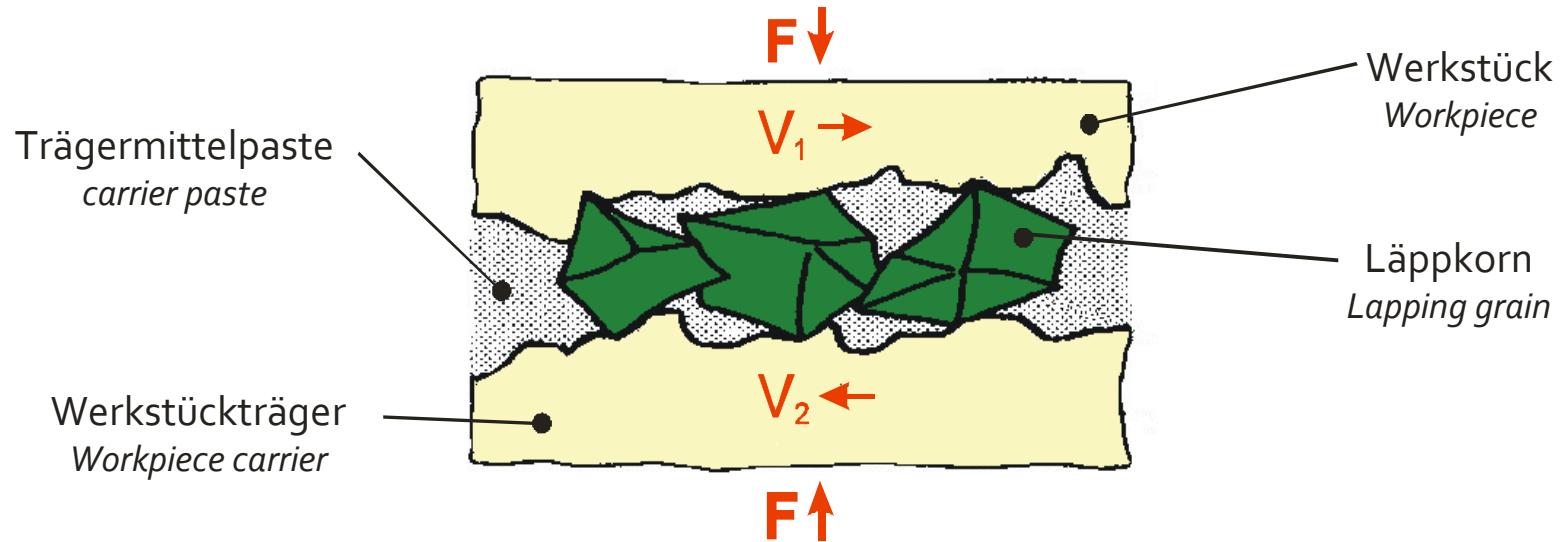
Quelle: Keramverband



Quelle: Kiffe

# Materialabtrag wird bestimmt durch Bearbeitungsbedingungen, dem eingesetzten Läppmitteln und das Werkstück

material removal is determined by the processing conditions, workpieces properties and lapping compound



# Beispiel Läppprozess

*Example Lapping Process*



[www.STAHLI.com](http://www.STAHLI.com)

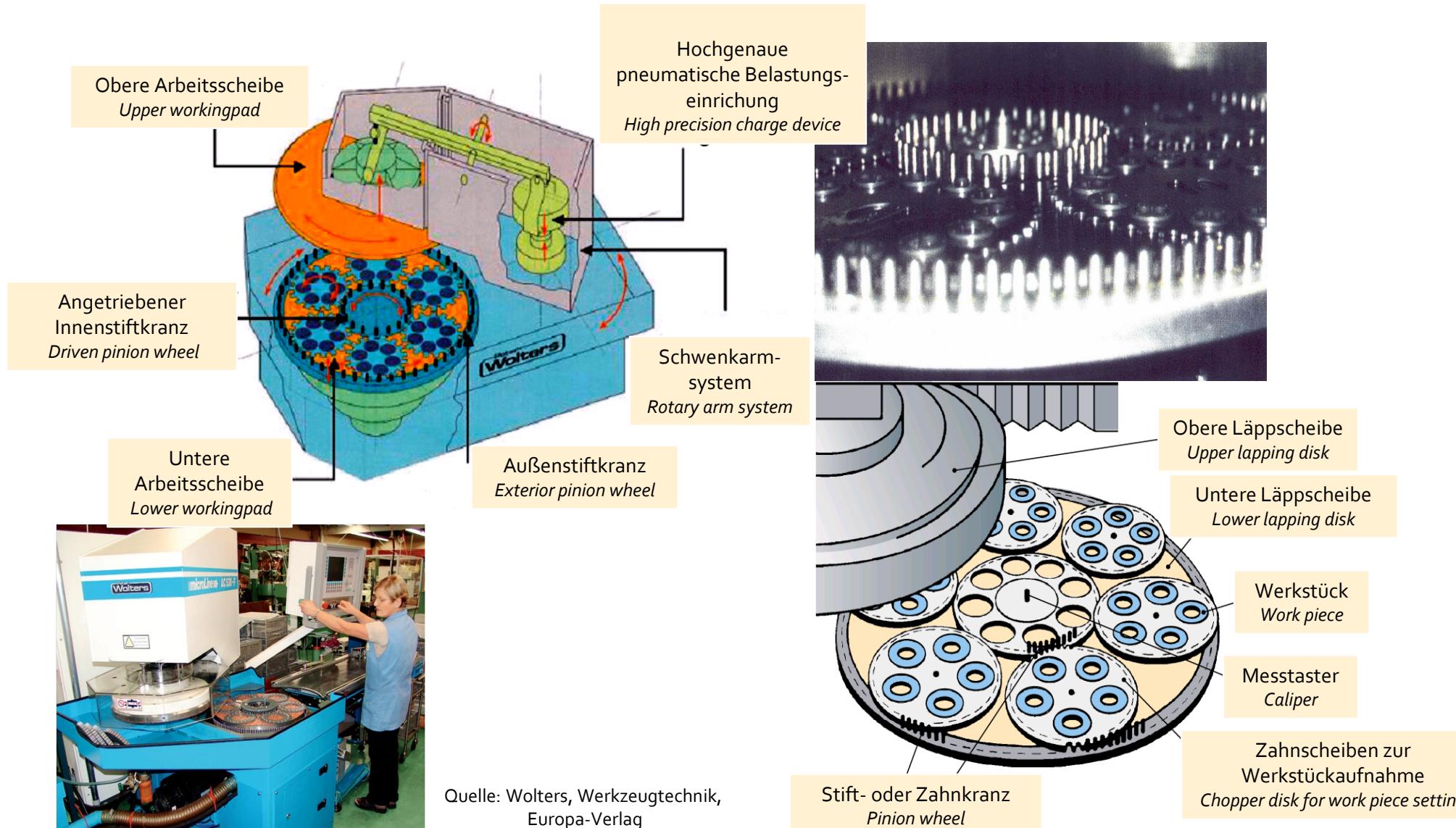
# Gebräuchliche Läppmittel

## Common lapping abrasives

Läppen <i>Lapping</i>	Korngröße <i>Grain size</i>	Zum läppen <i>for lapping</i>	Oberflächengüte Rp in µm <i>Surface quality</i>
<b>Siliziumkarbide</b> <i>Silicon carbide</i>	180	Hartmetall <i>Hard metal</i>	0,3...0,6; 1...4
	250	Messingstahl <i>Steel brass</i>	1,5...6; 2...8
	320	Kunstharz <i>Synthetic resin</i>	
	400	Hartmetall <i>Hard metal</i>	0,15...0,3; 0,8...1,6
	500	Messingstahl <i>Steel brass</i>	0,2...0,5; 0,2...0,8
	600	Kunstharz <i>Synthetic resin</i>	
	700	Messingstahl	0,25...0,6
	800	<i>Steel (hard) Brass</i>	0,2...0,5; 0,2...0,8
	1300	Kunstharz <i>Synthetic resin</i>	
<b>Aluminiumoxide</b> <i>Aluminum oxide</i>	1800	Messingstahl	0,1...0,25
	2000	<i>Steel (hard) brass</i>	0,1...0,3; 0,2...0,5
	2500	Kunstharz <i>Synthetic resin</i>	
<b>Polierrot (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)</b> <i>Jeweller's red</i>	---	(harter) Stahl	0,1 und kleiner <i>0.1 and less</i>
	---	<i>(hard) steel;</i> Messing <i>Brass</i>	
<b>Chromgrün (Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)</b> <i>Chromic oxide</i>	---	0,1 und kleiner <i>0.1 and less</i>	
	---		
<b>Borkarbide</b> <i>Boron carbide</i>	320	Hartmetall	
	400	<i>Hard metal</i>	
	600		0,1...1
	800		
<b>Diamant</b> <i>Diamond</i>	3 µm	Hartmetall	0,1 und kleiner <i>0.1 and less</i>
	1 µm	<i>Hard metal</i>	
	0,7 µm	(harter) Stahl <i>Steel (hard)</i>	0,15 und kleiner <i>0.15 and less</i>

# Planläppmaschinen

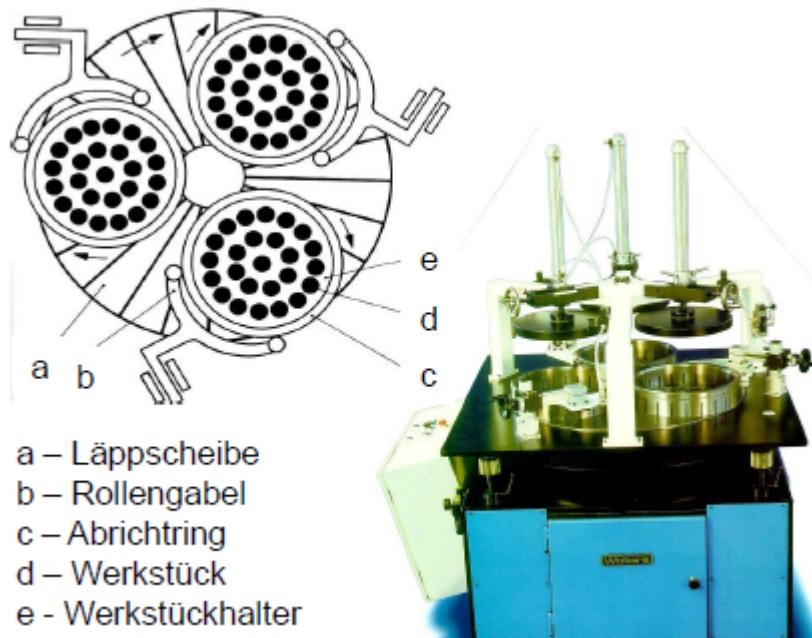
## Planar lapping machines



# Ein- und zweiseitiges Planläppen

*One- or two-sided planar lapping machines*

Einscheiben-Läppmaschinen – *Lapping Machine for one surface*



Zweischeiben-Läppmaschinen – *Lapping Machine for both Surfaces*





# Strahlspanen *Blasting*

# Strahlspanen

## Blasting

### Definition (DIN 8589):

*Definition (DIN 8589):*

Abtrennen von Spänen mit Hilfe von Strahlmitteln, die durch die Energieträger im Druck- oder Schleuderverfahren auf die zu behandelnde Oberfläche gestrahlt werden.

*Separation of chips with the help of blasting media, which are blasted by the energy carriers onto the surface to be treated in a pressure or centrifugal process.*

### Eigenschaften:

*Characteristics:*

- Reinigen von verzunderten Flächen  
*Cleaning of scaled surfaces*
- Entspiegeln von blanken Flächen  
*antireflection coating of bare surfaces*
- Entgraten und Abrunden von Kanten  
*Deburring and rounding od edges*
- Strahlmittel: Siliziumcarbid, Quarz oder Korund  
*Blasting medium: silicon carbid, quartz or corrundum*

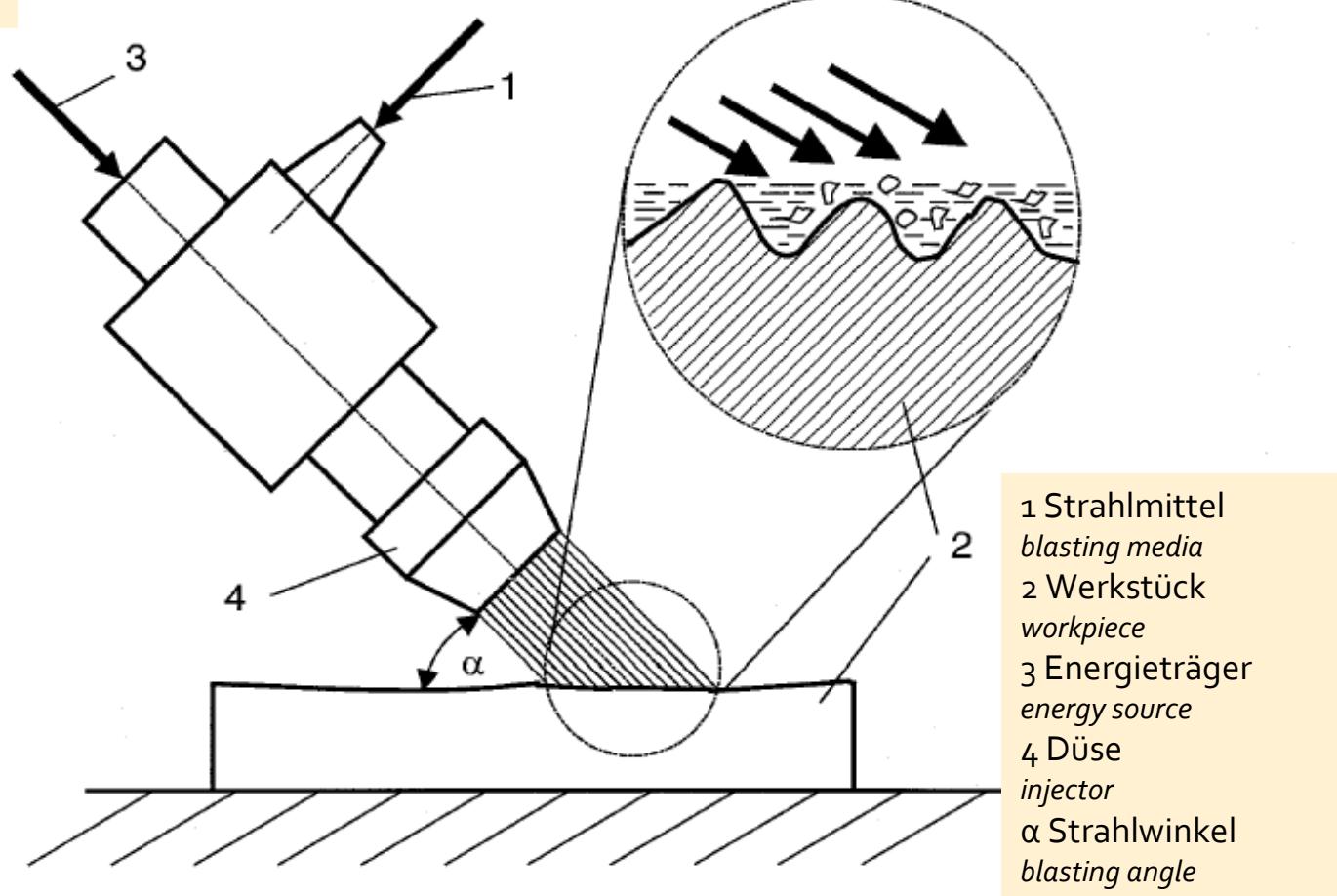


Quelle: ibu-gmbh, sec-metall

# Strahlspanen

## Blasting

Strahlprinzip:  
*Blasting principle:*





# Gleitspanen

## *Vibratory grinding*

# Gleitspanen

## Vibratory grinding

### Definition (DIN 8589):

*Definition (DIN 8589):*

Spanen, bei dem zwischen Werkstücken und einer Vielzahl von losen Schleifkörpern bzw. einem Schleifmittel unregelmäßige Relativbewegungen stattfinden, die die Spanabnahme bewirken.

*Cutting in which irregular relative movements take place between workpieces and a large number of loose grinding wheels or an abrasive, which cause chip removal.*

### Eigenschaften:

*Characteristics:*

- Vorbehandlung von Oberflächen von einer galvanischen Metallbeschichtung  
*Pretreatment of surfaces of an electroplated metal coating*
- Entgraten, Entzunder, Entrostern, Reinigen, Grob- und Feinschleifen  
*Deburring, descaling, derusting, cleaning, rough and fine grinding*
- Glätten und Polieren  
*Smoothing and polishing*
- Bearbeitung von Metalle, Kunststoffe und Holz  
*Processing of metals, plastics and wood*

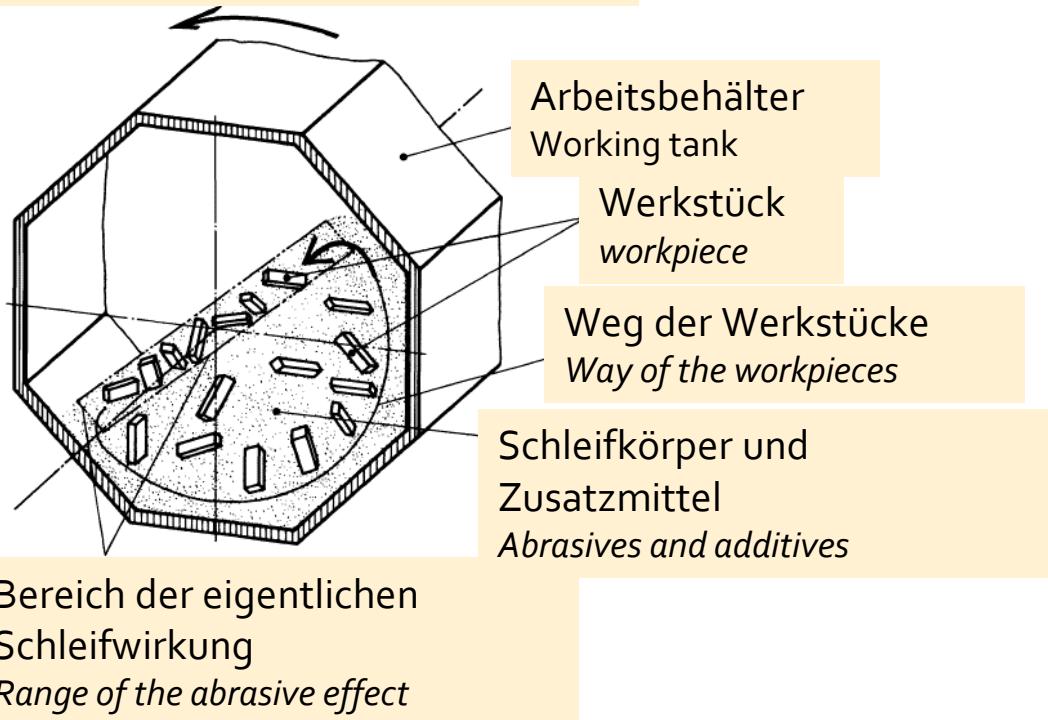


# Gleitspanen - Verfahrensbeispiele

## Vibratory grinding examples

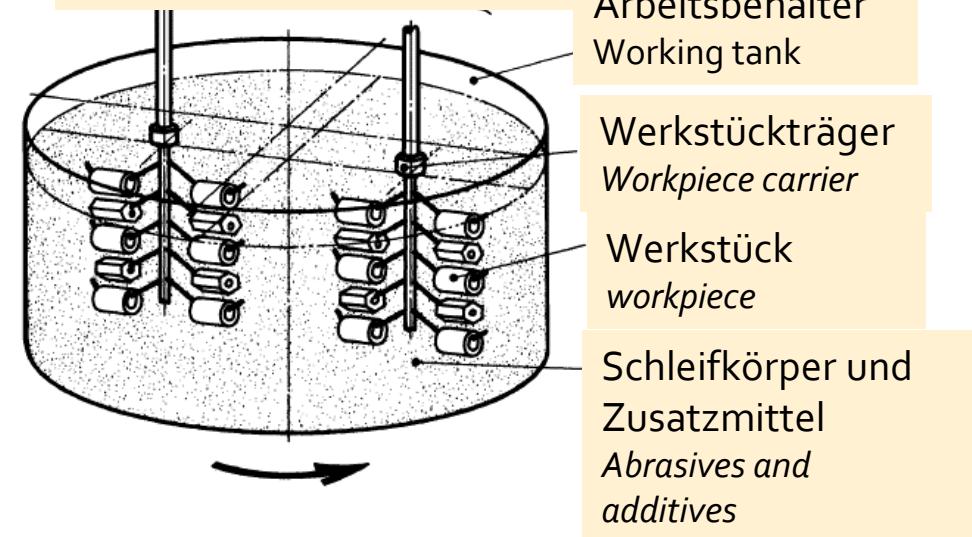
Trommel-Gleitschleifen:  
*Trommel grinding:*

Drehbewegung des  
Arbeitsbehälters  
*Rotary movement of the working tank*



Tauch-Gleitschleifen:  
*Dive grinding:*

Drehbewegung des  
Werkstückträgers  
*Rotary movement of the workpiece carrier*



# Verständnisfragen

## *Question of understanding*

---

1. Welche Eigenschaften sollte der ideale Schneidstoff besitzen?  
*What are the characteristics of the ideal cutting material*
  
2. Welche Verschleißarten treten bei Schneidwerkzeugen auf und durch welche Verschleißmechanismen werden sie bestimmt?  
*Which type of wear are typical for cutting tools and by what wear mechanisms are these determined?*
  
3. Was sind die Hauptaufgaben von Kühlschmierstoffen?  
*What are the main tasks of metal working fluids?*
  
4. Durch was unterscheidet sich das Schleifen vom Läppen?  
*What are the main differences between grinding and lapping?*



**Vielen Dank!**  
*Thank you!*