

Fertigungstechnik

Modul Produktionstechnik

Kapitel 5.2: Trennen
mit geometrisch unbestimmter Schneide



Gliederung:

5.2 Trennen mit geometrisch unbestimmter Schneide

- 5.2.1 Definition des Spanens mit geometrisch unbestimmter Schneide und Einteilung der Verfahren
- 5.2.2 Schleifen – Verfahrensvarianten und Eingriffsverhältnisse
 - Nomenklatur der Schleifverfahren
 - Eingriffsverhältnisse und Verfahrensvarianten beim Umfangs-Plan-schleifen
 - Kenngrößen zur Beschreibung der Produktivität des Schleifprozesses
- 5.2.3 Schleifen-Werkzeuge
 - Schleifwerkzeuge und deren Aufbau
 - Aufbau von Schleifscheiben
 - Schleifstoffe
 - Bindungssysteme
 - Verschleißmechanismen
- 5.2.4 Einsatzvorbereitung von Schleifscheiben
 - Begriffe der Einsatzvorbereitung
 - Auswuchten von Schleifscheiben
 - Abrichtverfahren und -werkzeuge



Gliederung:

5.2 Trennen mit geometrisch unbestimmter Schneide

- 5.2.5 Bearbeitungsbeispiele für das Schleifen
 - Innen- und Außen-Rundschleifen
 - Profilschleifen
 - Formschleifen von Keramik und Glas
- 5.2.6 Beispiele für Schleifmaschinenkonzepte
- 5.2.7 Beispiele aus Forschungsarbeiten
- 5.2.8 Weitere Verfahren mit geometrisch unbestimmter Schneide
 - Honen – Definition, Kinematik und Verfahrensvarianten
 - Besondere Merkmale des Honens
 - Läppen – Definition, Kinematik und Verfahrensvarianten
 - Oberflächenausbildung beim Läppen



Abstract:

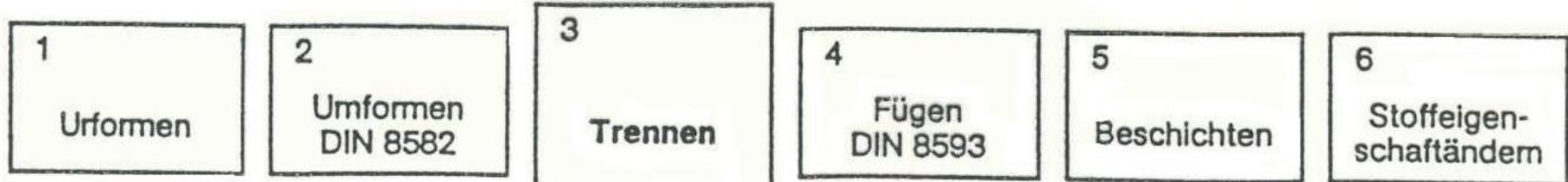
In dieser Vorlesungseinheit werden die Grundkenntnisse des Zerspanens mit geometrisch unbestimmter Schneide wie Schleifen, Honen und Läppen ausführlich vorgestellt. Nach der Definition und Verfahrenseinteilung werden die verschiedenen Varianten des Schleifens und die Eingriffsverhältnisse diskutiert. Schwerpunkt der Vorlesungseinheit bildet der Aufbau der Schleifwerkzeuge und die Charakterisierung der verschiedenen Schleifstoffe und Bindungssysteme. Aus dem Aufbau der Schleifkörper resultiert die Notwendigkeit der Einsatzvorbereitung, deren Techniken detailliert vorgestellt werden. Nachfolgend werden aktuelle Bearbeitungsbeispiele und Maschinenkonzepte der Schleiftechnik aufgezeigt. Ein weiterer Schwerpunkt der Lehreinheit ist die Darstellung der Feinbearbeitungsverfahren Honen und Läppen.

Literaturquellen

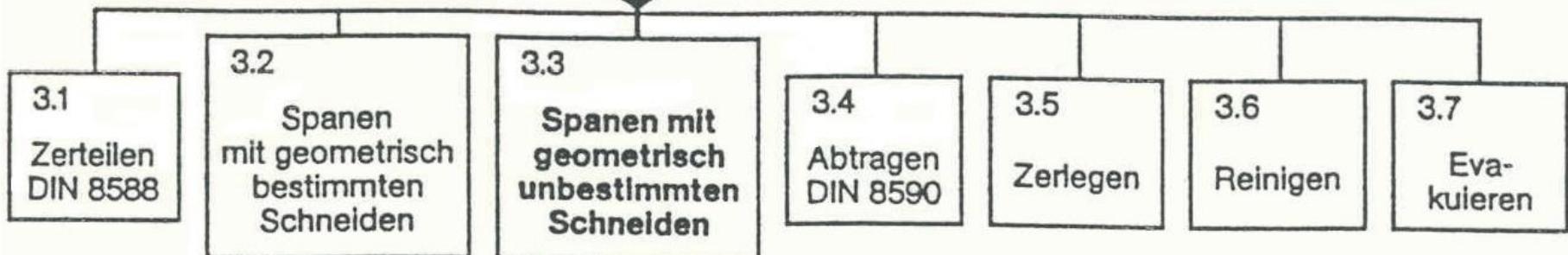
- Feldhusen, J/ Dubbel, H/ Grote, K.-H, Dubbel – Taschenbuch für den Maschinenbau, Springer-Verlag, Berlin 2011, 23. Auflage
- DIN 8589, Fertigungsverfahren Spanen: Bohren, Senken, Reiben. Beuth-Verlag GmbH, Berlin 1982
- König, W., Klocke, F., Fertigungsverfahren Band 1 – Drehen, Fräsen, Bohren. VDI-Verlag, Düsseldorf 2008, 8. Auflage
- Pauksch, E., Zerspantechnik. Vieweg-Verlag, 2008, 12. Auflage
- Tschaetsch, H, Praxiswissen Zerspantechnik. Vieweg-Verlag, Reichenhall 1991
- Spur, G.; Stöferle, T., Handbuch der Fertigungstechnik. Bd. 1/3. Hanser-Verlag, München/Wien, 1997
- Tönshoff, H.K., Spanen: Grundlagen. Springer-Verlag, Berlin 2004, 2. Auflage
- Warnecke, G., Spanbildung bei metallischen Werkstoffen. Technischer-Verlag Resch, München 1974



Hauptgruppen



Gruppen

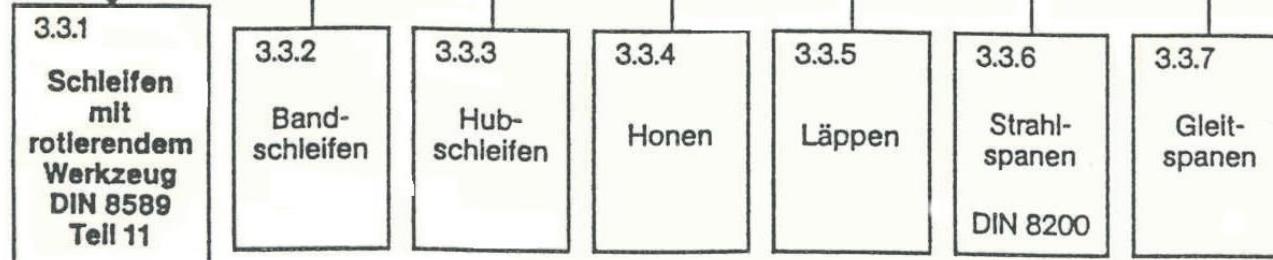


Untergruppen

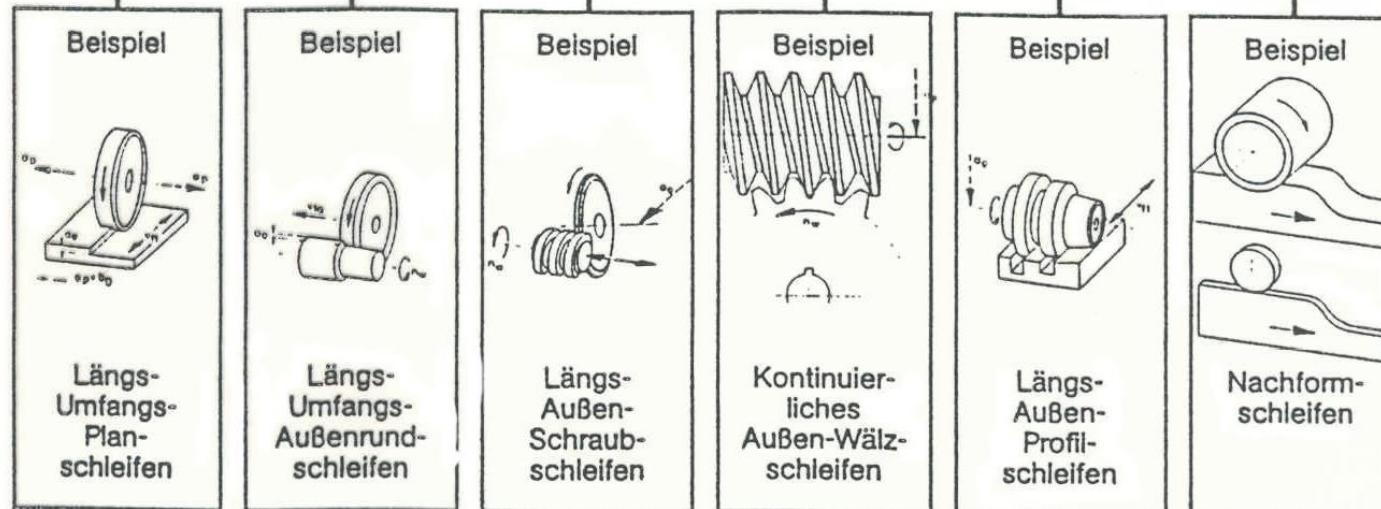
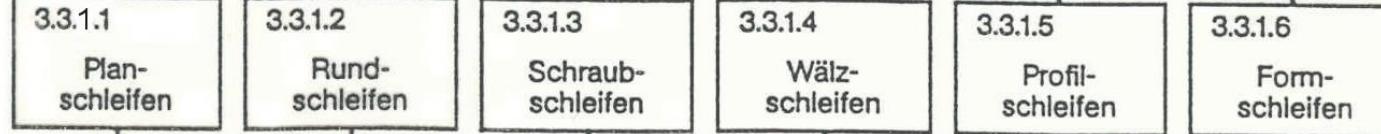
Br 1065a1



Untergruppen

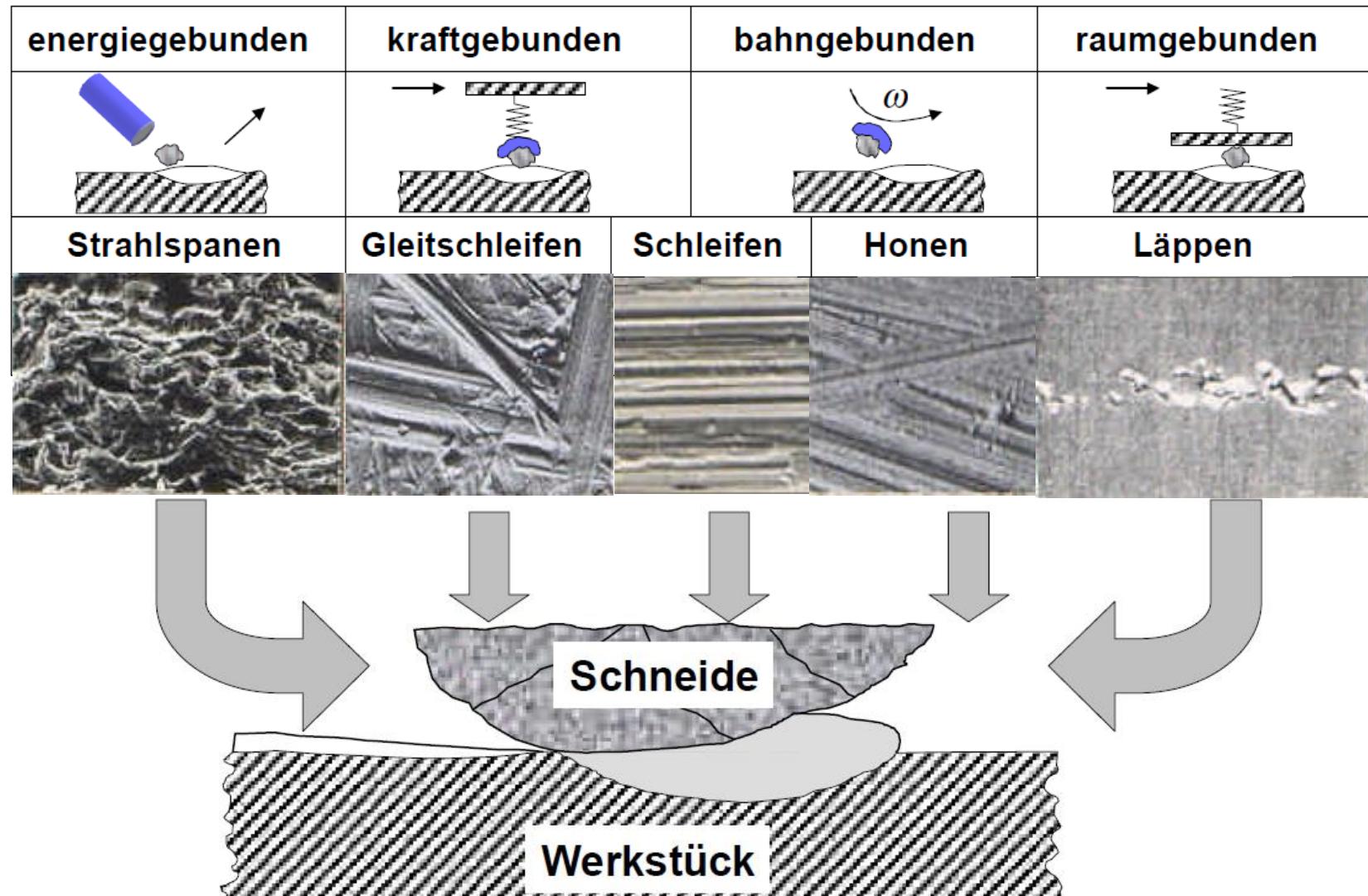


Gliederung nach DIN 8589 Teil 11



Br 1065a2





Quelle: WZL RWTH Aachen, Fraunhofer Institut Produktionstechnologie

Hue 0006

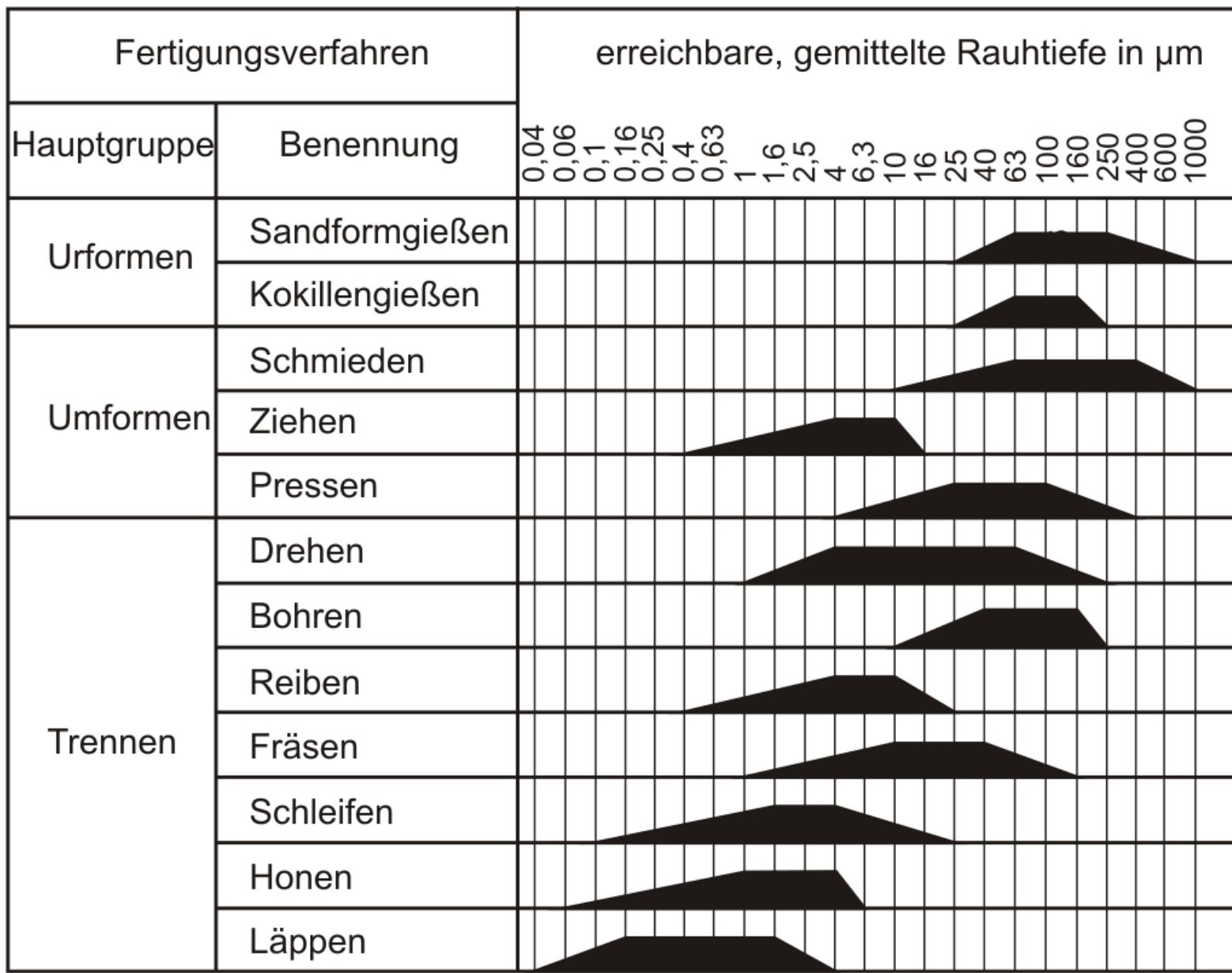


Universität Bremen
Fertigungsverfahren
Prof. E. Brinksmeier

Wirkprinzipien bei der Zerspanung mit geometrisch unbestimmten Schneiden

	Werkzeug	Besonderheiten
Schleifen	- gebundene Körner	<ul style="list-style-type: none"> - hohe Geschwindigkeit der Schneidkörner - meist keine ständige Berührung zwischen Werkstück und Schleifkorn
Honen	- gebundene Körner	<ul style="list-style-type: none"> - niedrige Geschwindigkeit der Schneidkörner - ständige Berührung zwischen Werkstück und Schleifkorn
Läppen	<ul style="list-style-type: none"> - loses Korn - Läppgemisch (Körner in Flüssigkeit oder Paste) 	<ul style="list-style-type: none"> - formübertragendes Gegenstück (Läppwerkzeug) - ungerichtete Schleifbahnen
Trommelspanen	- loses Korn	<ul style="list-style-type: none"> - Werkstücke und Schleifkörner in einem Behälter - unregelmäßige Relativbewegungen
Strahlspanen	- loses Korn	<ul style="list-style-type: none"> - Einsatz von Strahlmitteln





Br 0434



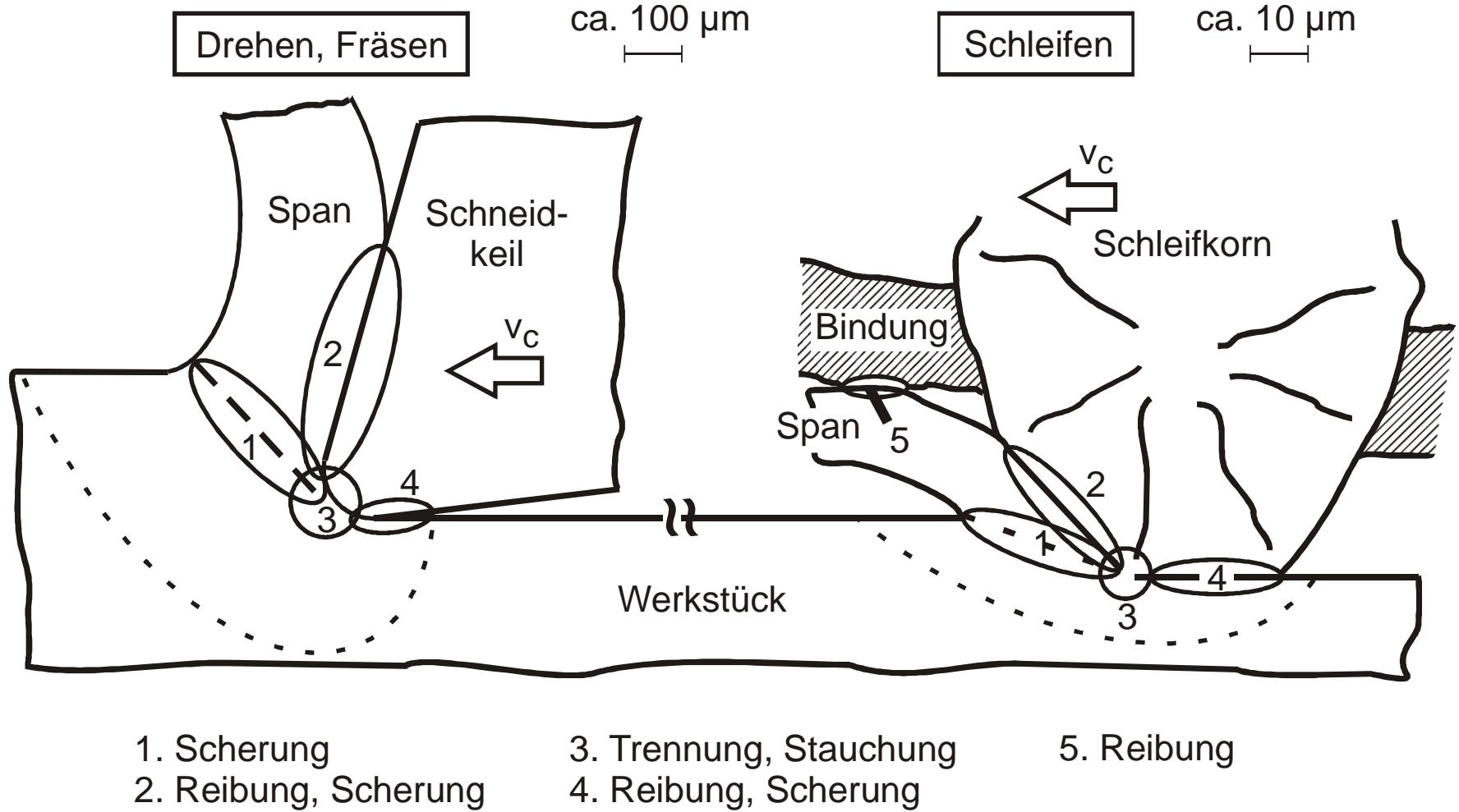
Schleifen mit rotierendem Werkzeug (Schleifen) ist ein spanendes Fertigungsverfahren mit vielschneidigen Werkzeugen, deren geometrisch unbestimmte Schneiden von einer Vielzahl gebundener Schleifkörner aus natürlichen oder synthetischen Schleifmitteln gebildet werden und mit hoher Geschwindigkeit, meist unter nichtständiger Berührung zwischen Werkstück und Schleifkorn den Werkstoff abtrennen.



- + feinbearbeitendes Verfahren, $R_a < 1 \mu\text{m}$
- + Form- und Oberflächengebung von harten Werkstoffen
- + hochpräzise Formgebung
- + Verfahrensbandbreite
 - > Ultrapräzisionsschleifen ($R_a \approx 10 \text{ nm}$)
 - > Hochleistungsschleifen (Zeitspanvolumen $Q_w' > 1000 \frac{\text{mm}^3}{\text{mm} \cdot \text{s}}$)
- zeitaufwendige Einsatzvorbearbeitung der Werkzeuge
- kostenintensive Maschinen
- hochqualifiziertes Personal erforderlich
- geringe Universalität der Werkzeuge
- Wärmeentwicklung im Prozess, daher immer KSS erforderlich

Lor 0012



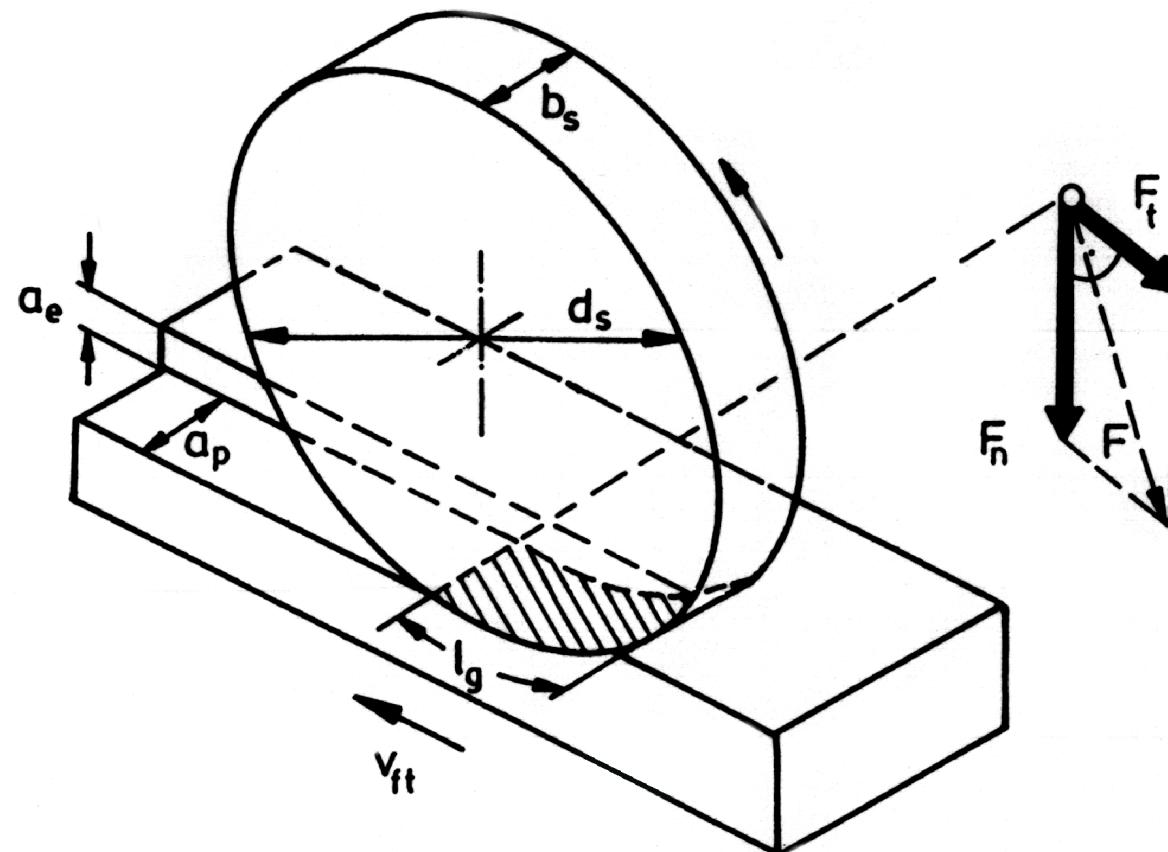


	Außenrund	Innenrund	Plan	Dreh
Umfang - Querschleifen				
Umfang - Längsschleifen				
Selten - Querschleifen				
Selten - Längsschleifen				

Quelle: DIN 8589

Giw 308





a_e = Zustellung[mm]

a_p = Eingriffsbreite[mm]

b_s = Schleifscheibenbreite[mm]

d_s = Schleifscheibendurchmesser[mm]

l_g = geom.Kontaktlänge[mm]

n_s = Schleifscheibendrehzahl[min⁻¹]

v_c = Schnittgeschwindigkeit[m·s⁻¹]

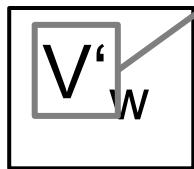
v_{ft} = Werkstück - Vorschubgeschwindigkeit[m·s⁻¹]

F_n = Normalkraft[N]

F_t = Tangentialkraft[N]

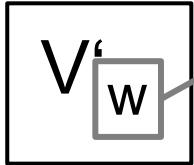
Br 0534





Formelz.	Dimension	Deutsch	Englisch
b	mm	Breite	width
d	mm	Durchmesser	diameter
f	mm	Vorschub	feed
F	N	Kraft	force
l	mm	Länge	length
n	min ⁻¹	Drehzahl	no. of revolutions
Q _w	mm ³ /s	Zeitspannungsvolumen	material removal rate
t	s	Zeit	time
U	-	Überdeckungsgrad	overlap ratio
v	m/s; mm/min	Geschwindigkeit	velocity
V	mm ³	Zerspanungsvolumen	material removal
q	-	Geschwindigkeitsquotient	speed ratio
F'	N/mm	Bezogene Kraft	specific force
V'	mm ³ /mm	Bezogenes Zerspanungsvolumen	specific material removal
Q _w '	mm ³ /s·mm	bezogenes Zeitspannungsvolumen	specific material removal rate
a _e	µm	Zustellung, Schnitttiefe	depth of cut
a _p	µm	Eingriffsbreite	width of cut
Δr _s	µm	Radialverschleiß	radial wear
G	-	Verschleißverhältnis = V _w /V _s	grinding ratio

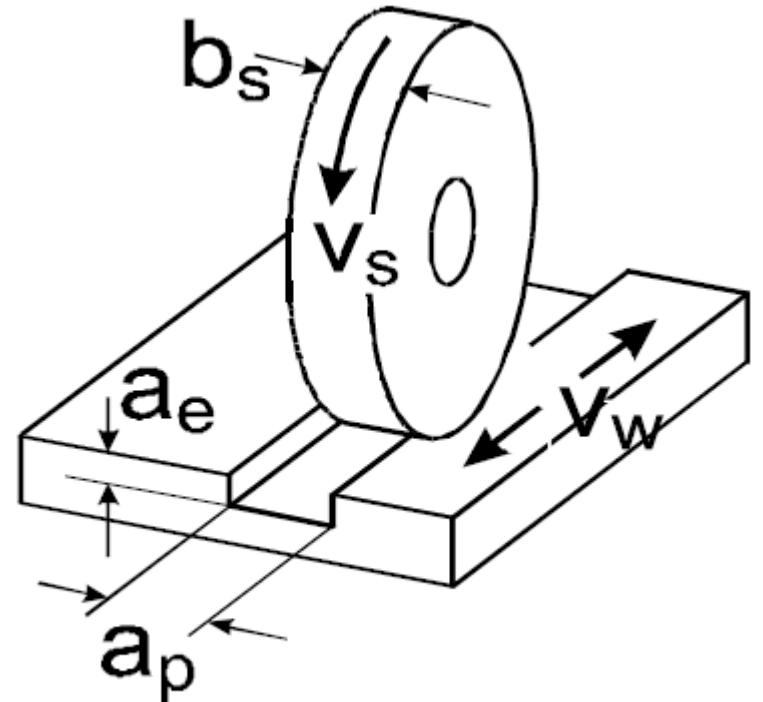




Index	Deutsch	Englisch
a	Axialrichtung	axial
c	Schnitt	cutting
d	Abrichten	dressing
f	Vorschub	feed
n	Normalenrichtung	normal
r	Radialrichtung	radial
R	Rotierendes Abrichtwerkzeug	roller
s	Schleifscheibe	grinding wheel
t	Tangentialrichtung	tangential
w	Werkstück	workpiece

Eigenschaften des Planschleifens

- Viele Verfahrensvarianten
- Herstellung von Nuten und Profilen, großen ebenen Oberflächen
- Bearbeitung im Tief- und Pendelschliff
- Schwierigkeiten:
 - Hohe Wärmeeinbringung beim Tiefschleifen
 - Je nach Geometrie schlechte Spanabfuhr



Quelle: WZL RWTH Aachen, Fraunhofer Institut Produktionstechnologie

Universität Bremen
Fertigungsverfahren
Prof. E. Brinksmeier

Eigenschaften des Planschleifens

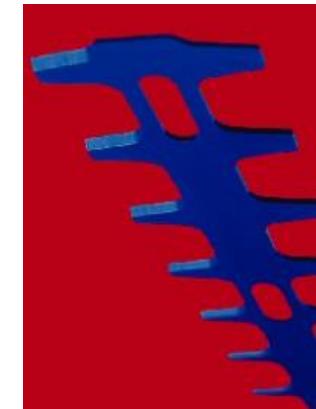
Hue 0007

Flach-/Planschleifen – Anwendungsbeispiele

- Führungsbahnen
- Turbinenschaufel
- Heckenscheren
- Pleuelstangen
- und vieles mehr...



Turbinenschaufel



Heckenscheren



Pleuelstange



Führungsbahnen

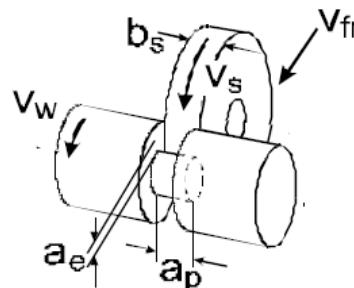
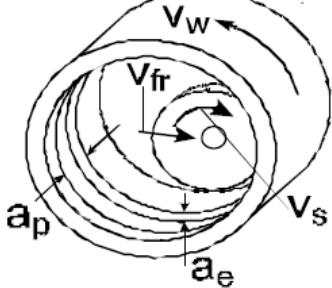
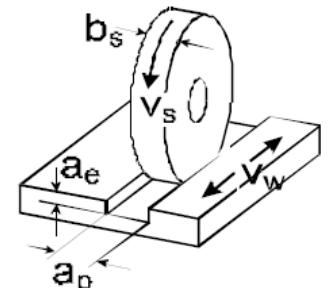
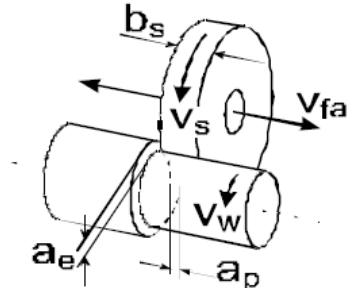
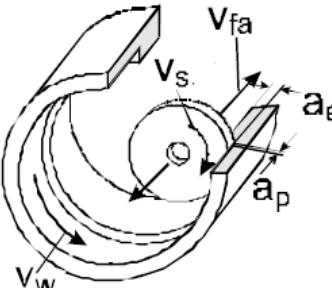
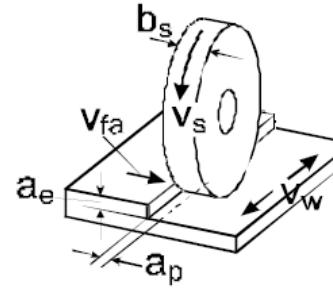


Quelle: Efesis, WZL RWTH Aachen, Fraunhofer Institut Produktionstechnologie

Universität Bremen
Fertigungsverfahren
Prof. E. Brinksmeier

Hue 0008

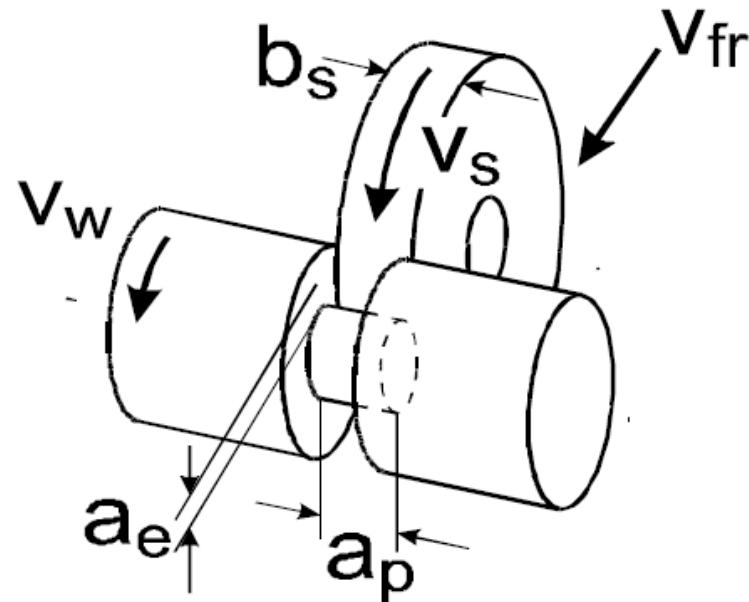
Flach-/Planschleifen - Anwendungsbeispiele

	Rund		Plan
	Außenrund	Innenrund	Plan
Umfangsschleifen	Umfangs-Quer-Schleifen 		
Umfangslängsschleifen	Umfangslängsschleifen 		



Quelle: WZL RWTH Aachen, Fraunhofer Institut Produktionstechnologie

- Erzeugung rotationssymmetrischer Werkstückkonturen
- Stirnseitige Zentrierung
- In der Regel Bearbeitung im Gegenlauf
- Einsatz von Lünetten, um hohe Werkstückdurchbiegungen zu vermeiden
- Schwierigkeiten:
 - Werkstückaufnahme: Zentrierung muss einwandfreien Rundlauf garantieren
 - Durchbiegung durch hohe Schnittkräfte bei langen dünnen Werkstücken
 - Rattern



Bearbeitung von:

- Lagersitzen, Wellenabsätzen, Nuten
- Druckwalzen, Walzen von Papierherstellern
- Stahlwalzwerken



Quelle: Efesis, WZL RWTH Aachen, Fraunhofer Institut Produktionstechnologie

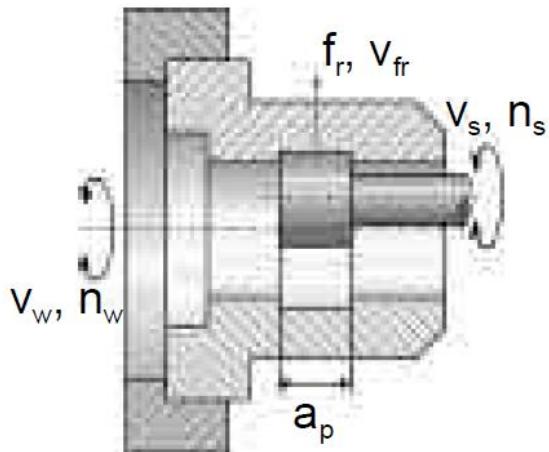
Hue 0011



Universität Bremen
Fertigungsverfahren
Prof. E. Brinksmeier

Anwendungsgebiete des Außenrundschleifens

Einstechschleifen

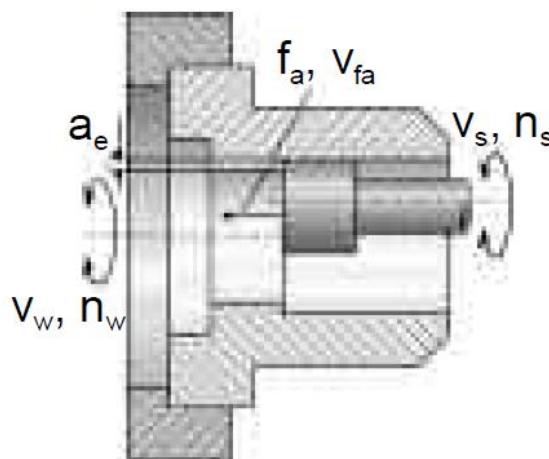


- **Kinematik entspricht der des Außenrundschleifens zwischen Spitzen**

- **Besonderheiten des Innenrundschleifens**

- große Kontaktlänge
 - schwieriger Abtransport der Späne
 - schlechte Zugänglichkeit für Kühlsmierstoff
 - hohe thermische Belastung
 - offenporige, grobkörnige Schleifscheiben

Längsschleifen



- kleiner Schleifscheibendurchmesser
 - hoher Radialverschleiß
 - nur geringe Zeitspannungsvolumina realisierbar
 - keine hohen Schnittgeschwindigkeiten erreichbar
 - Vorteile hoher v_s (geringe Kräfte, Rauheiten und Verschleiß) nicht realisierbar



Quelle: WZL RWTH Aachen, Fraunhofer Institut Produktionstechnologie

Universität Bremen
Fertigungsverfahren
Prof. E. Brinksmeier

Hue 0012

Kinematik und Eigenschaften des Innenrundschleifens

Innenrundschleifen – Anwendungen

- Wälzlagerringe
- Spindelaufnahmen
- Gangräder
- Kugelgewindemuttern
-



Gewindemutter



PKW-Gangrad



Lagerinnenring



Lageraußenring

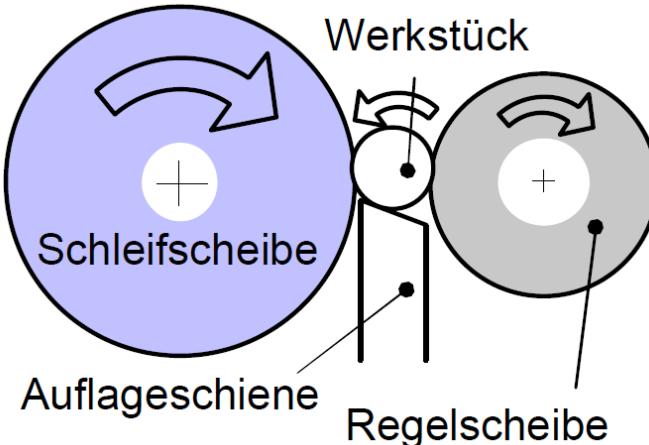
Quelle: WZL RWTH Aachen, Fraunhofer Institut Produktionstechnologie

Hue 0013



Universität Bremen
Fertigungsverfahren
Prof. E. Brinksmeier

Innenrundschleifen - Anwendungen



- Erzeugung rotationssymmetrischer zylindrischer, konischer oder balliger Werkstücke
- Werkstücke werden auf dem Umfang gelagert
- Vermeidung der Durchbiegung bei schlanken Bauteilen
- Werkstücke werden nicht gespannt/zentriert
- Leichter Werkstückwechsel, dadurch gut automatisierbar



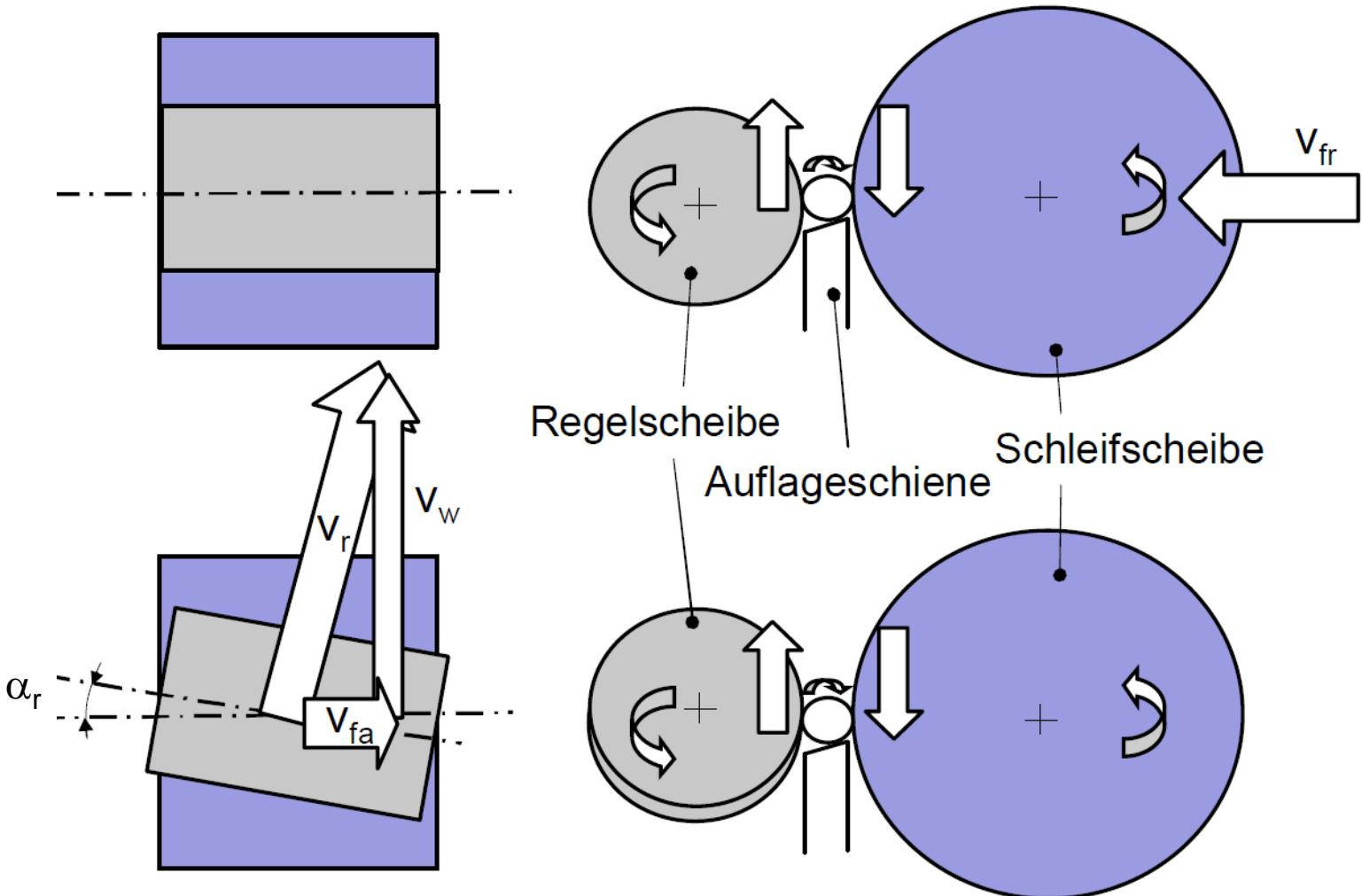
Quelle: WZL RWTH Aachen, Fraunhofer Institut Produktionstechnologie

Universität Bremen
Fertigungsverfahren
Prof. E. Brinksmeier

Hue 0014

Spitzenlossschleifen - Eigenschaften und Kinematik

- Einstechschleifen
Außenrund-
Querschleifen
- Durchlaufschleifen
Außenrund-
Längsschleifen



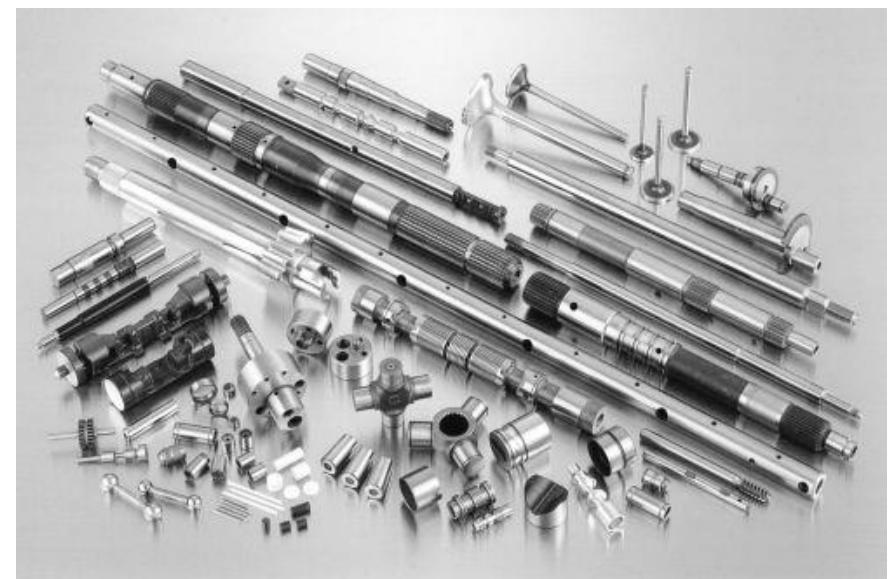
Quelle: WZL RWTH Aachen, Fraunhofer Institut Produktionstechnologie

Hue 0015



Spitzenlosschleifen - Anwendungen

- Hauptanwendungsgebiet:
Großserienfertigung
- Bolzen, Wellen, Wälzlagerelemente
- Lagersitze
- Düsenadeln, Rotorachsen, Kugelzapfen
- Stangen, Rohre, Schreibwalzen



Crystec Technology Trading GmbH

Hue 0016

Quelle: WZL RWTH Aachen, Fraunhofer Institut Produktionstechnologie



Universität Bremen
Fertigungsverfahren
Prof. E. Brinksmeier

Spitzenlosschleifen - Anwendungen

Anwendungsbeispiel: Schleifen von Nadellager-Nadeln

- Durchmesser 2,2 - 3,5 mm
- Länge 10 - 20 mm
- Aufmaß 0,06 - 0,15 mm
- Werkstoff 100Cr6, 60-62 HRC
- Schleifscheibe kunstharzgebundenes cBN
- Mengenleistung 100-180 Stück/min
- Rauheit $R_a = 0,2 \mu\text{m}$
- Lebensdauer SLS ca. 100 Mio. Stück



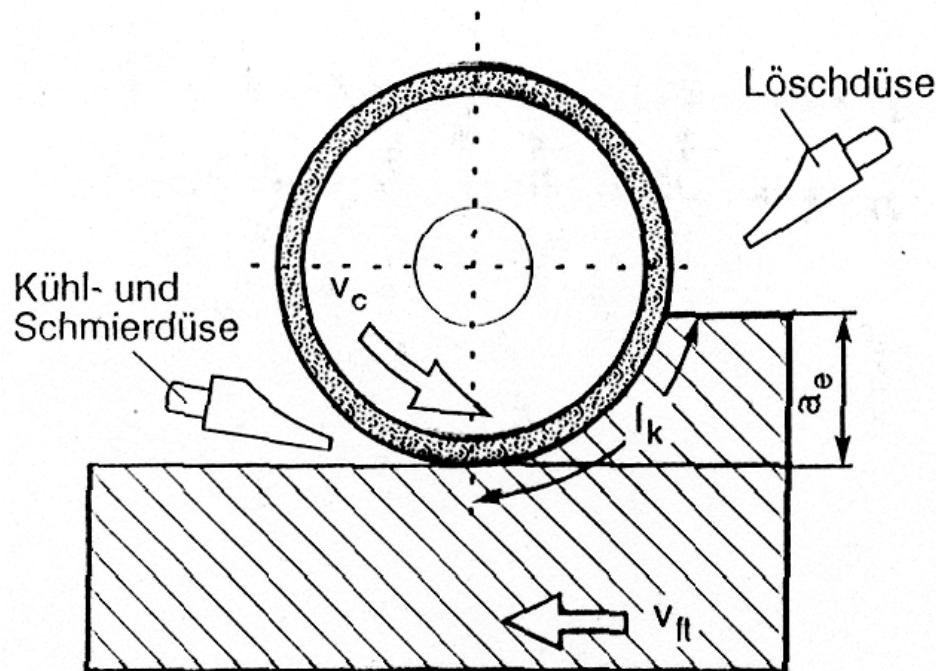
Quelle: WZL RWTH Aachen, Fraunhofer Institut Produktionstechnologie

Hue 0017

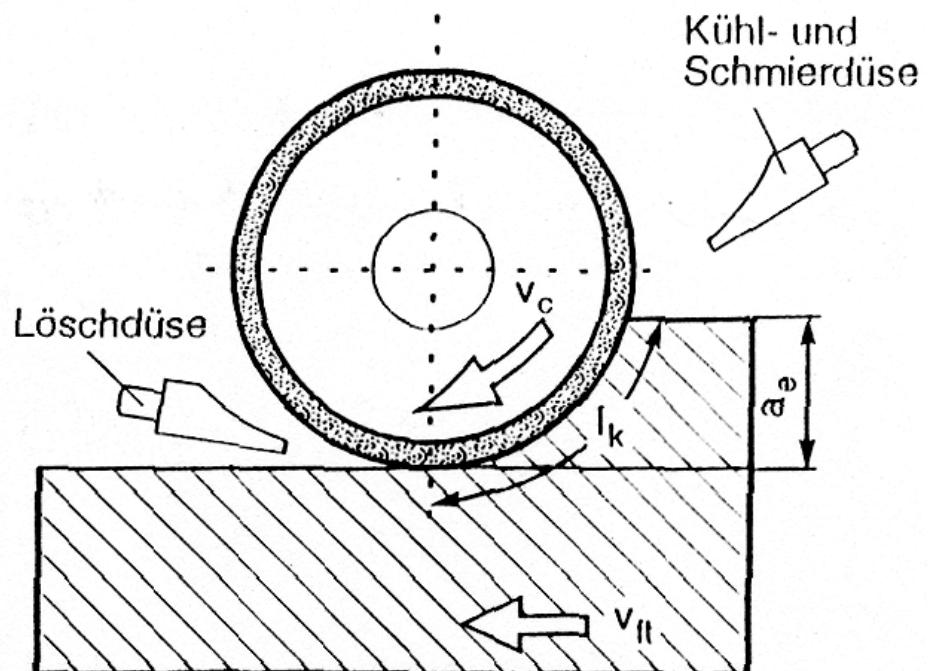
Universität Bremen
Fertigungsverfahren
Prof. E. Brinksmeier

Anwendungsbeispiel: Schleifen von Nadellager-Nadeln

Gegenlaufschleifen



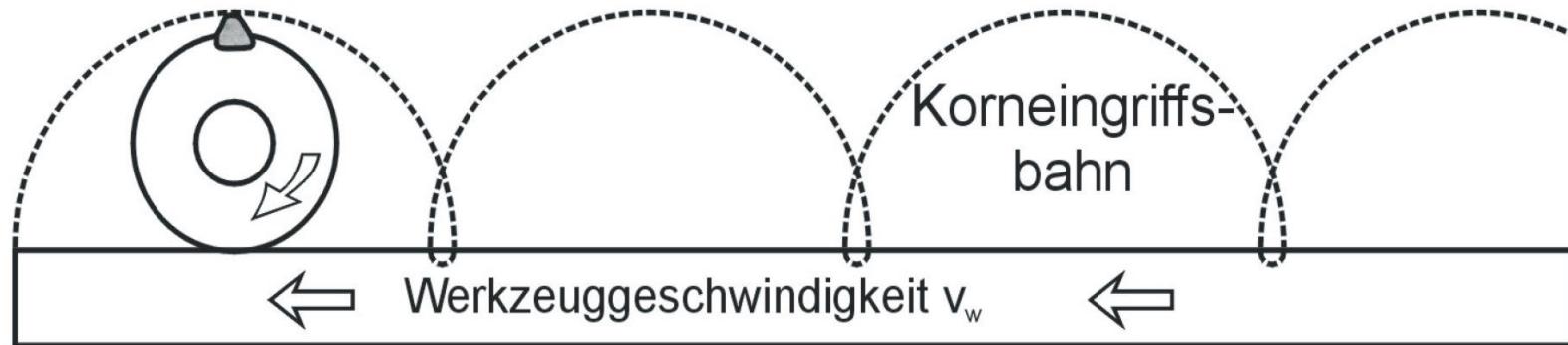
Gleichlaufschleifen



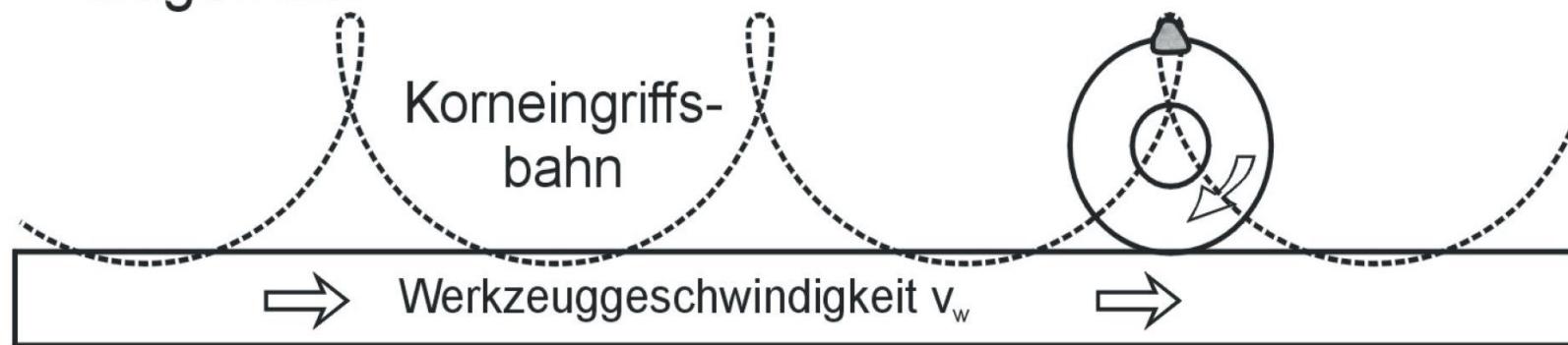
F 0230



Gleichlauf



Gegenlauf



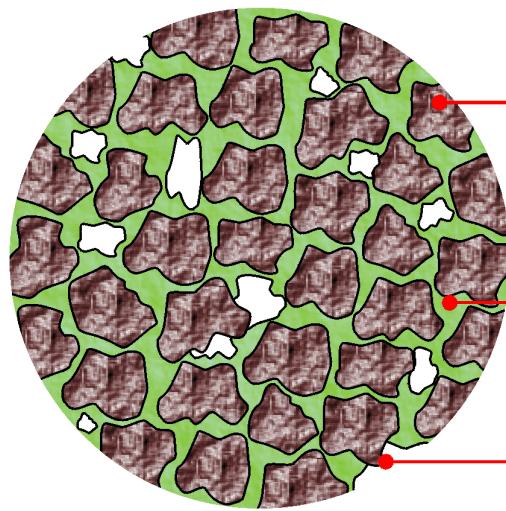
Quelle: Klocke, König

BI 0548

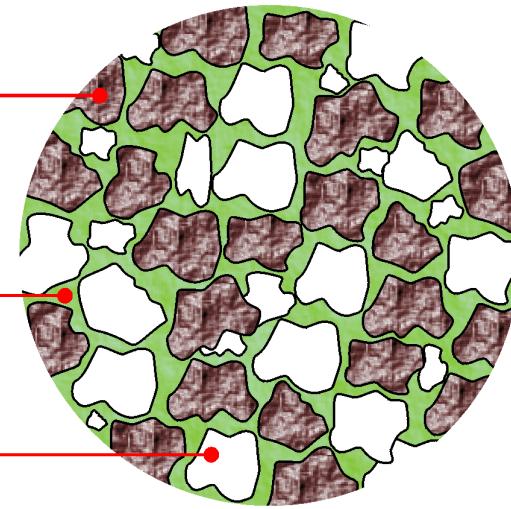


Universität Bremen
Fertigungsverfahren
Prof. E. Brinksmeier

Zykloidenbahnen eines Schleifkorns im Gleich- und Gegenlauf



geschlossene
Struktur



offene
Struktur

Schleifkörner

Bindungs-
brücken

Poren

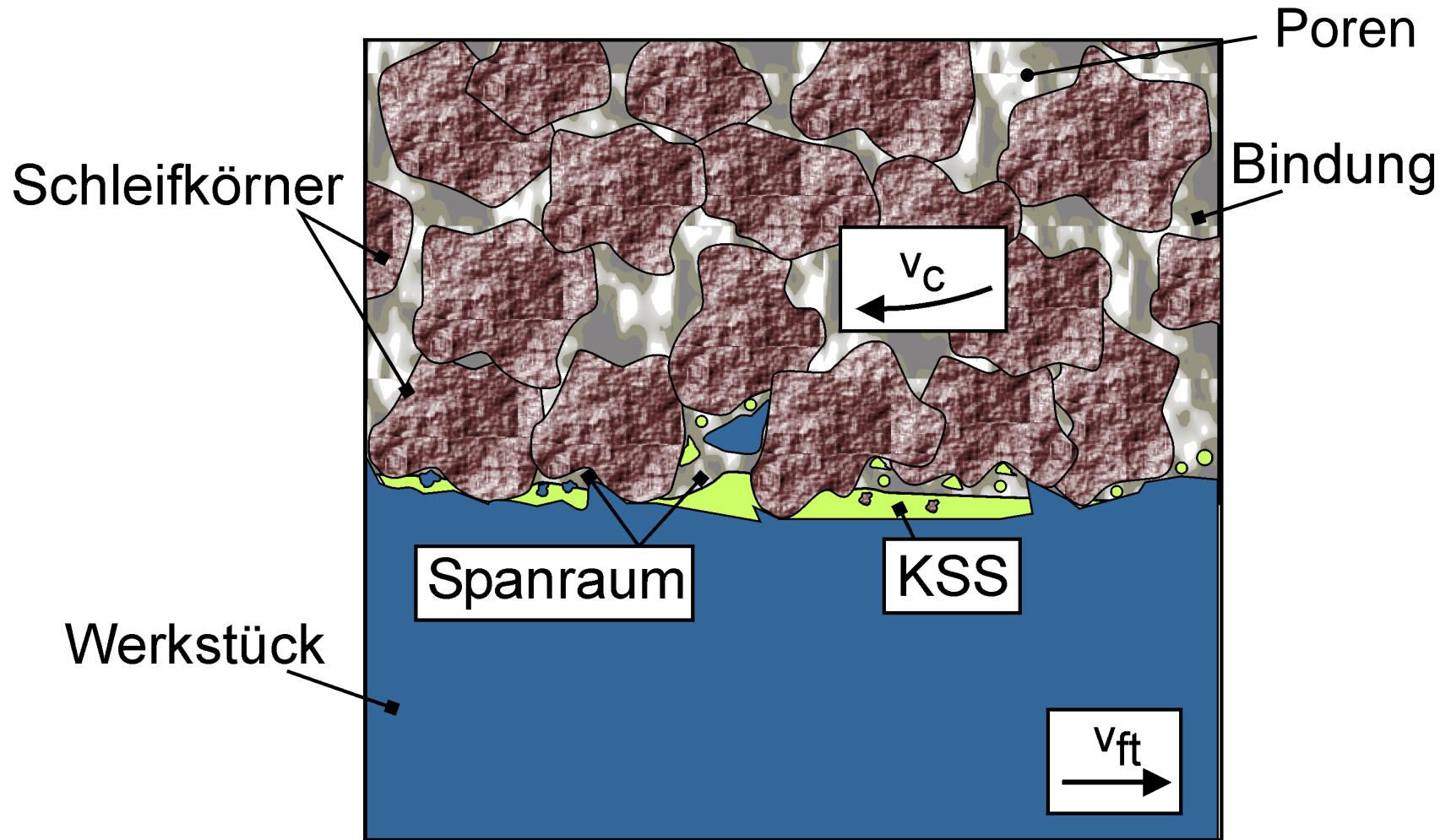
Quelle: Vieregge



Universität Bremen
Fertigungsverfahren
Prof. E. Brinksmeier

Boe459

Strukturformen von Schleifkörpern



Boe428



Natürliche und synthetische Kornwerkstoffe für das Spanen mit geometrisch unbestimmten Schneiden

Natürliche Kornwerkstoffe

- Quarz
- Korund
- Schmirgel
- Granat
- Naturdiamant

Synthetische Kornwerkstoffe

- Korunde
 - Normalkorund
 - Halbedelkorund
 - Edelkorund
- Siliziumkarbide
- Synthetischer Diamant
- Kubisches Bornitrid (CBN)
- Borkarbid

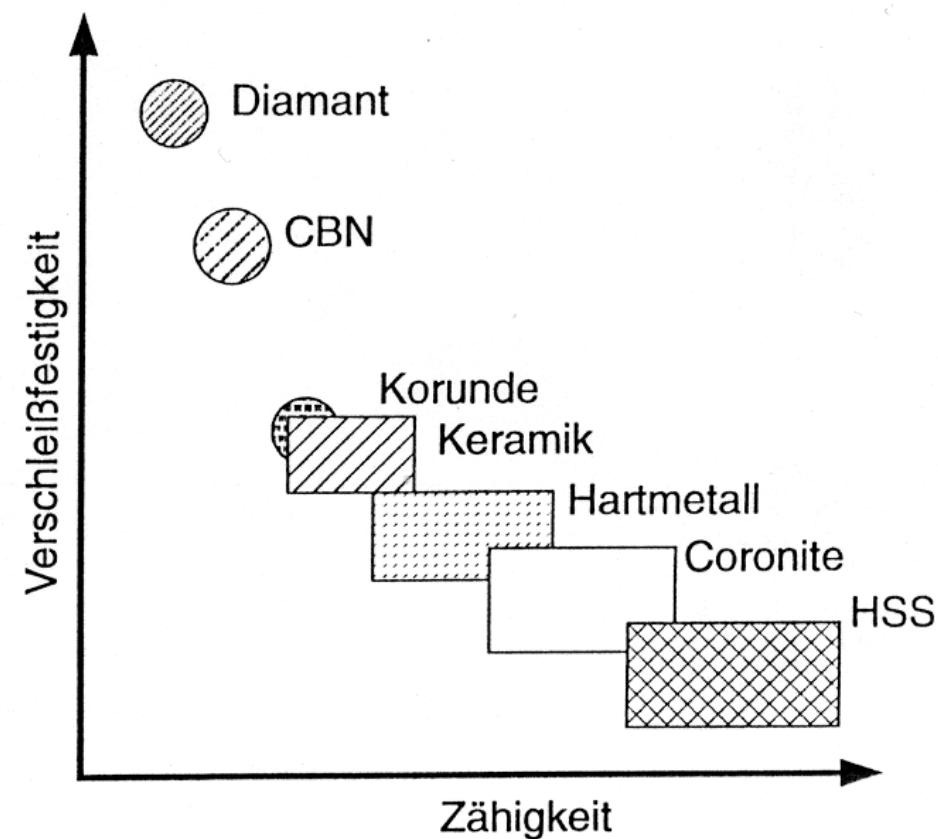
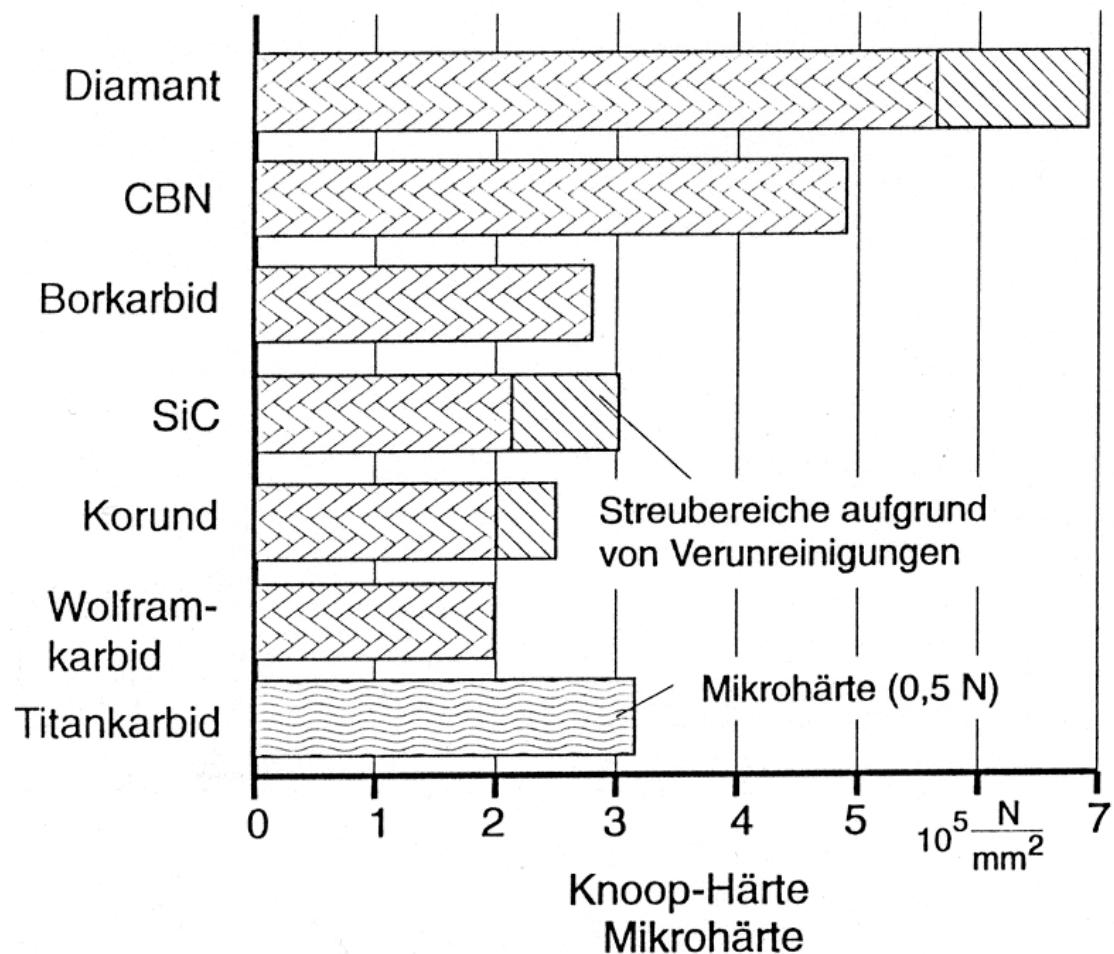
Quelle: Nach König



Universität Bremen
Fertigungsverfahren
Prof. E. Brinksmeier

Kornwerkstoffe

Gri 030



Quelle: König, Christoffel

F 0205

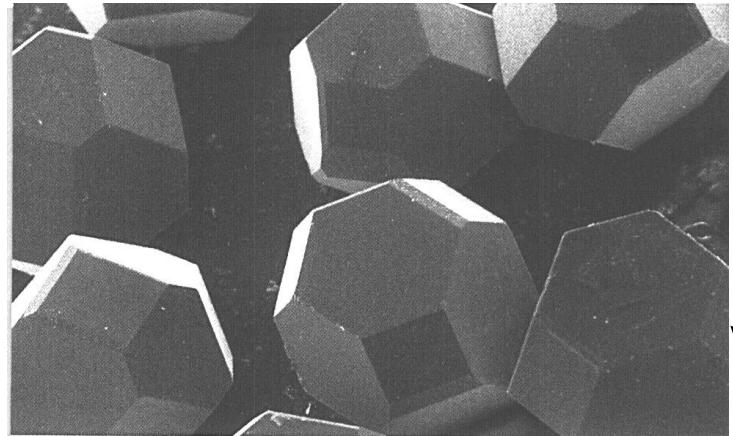


Typische chemische Analyse	Normalkorund [%]	Halbedelkorund [%]	Edelkorund [%]	Zirkonkorund [%]
Al_2O_3	95,83	97,69	99,50	72,65
ZrO_2	-	-	-	25,90
SiO_2	0,60	0,38	0,05	0,15
TiO_2	3,12	1,45	0,02	0,39
Fe_2O_3	0,10	0,15	0,05	0,64
Na_2O	-	-	0,30	0,12
CaO	0,05	0,03	0,05	0,06
MgO	0,20	0,15	0,01	0,09
Andere	0,10	0,15	0,02	-

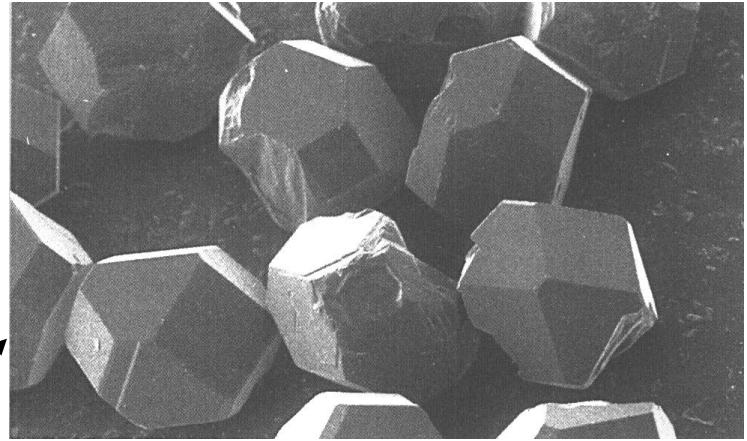
Quelle: Nach Lonza-Werke GmbH

Gri 031

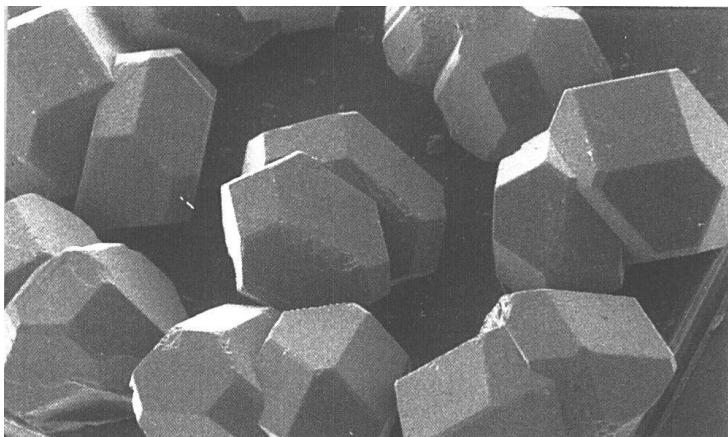




Kubisch-oktaedrische Kristallform

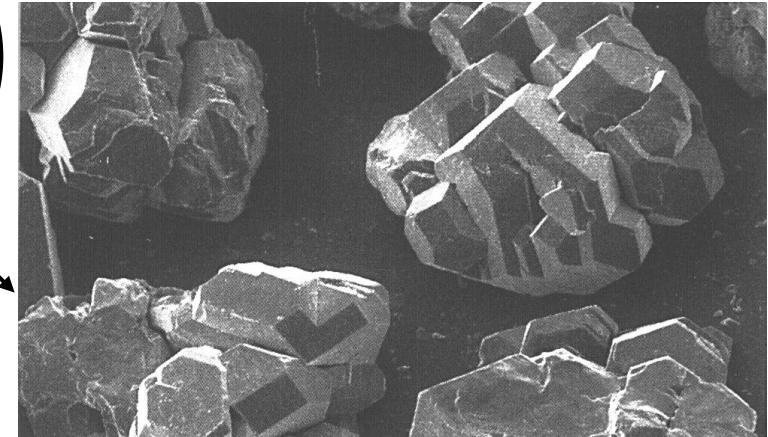


Eckige, blockige Kristallform



Zusammengewachsenes Kristallpaar

**Kristallit-
formen
synthetischen
Diamants**



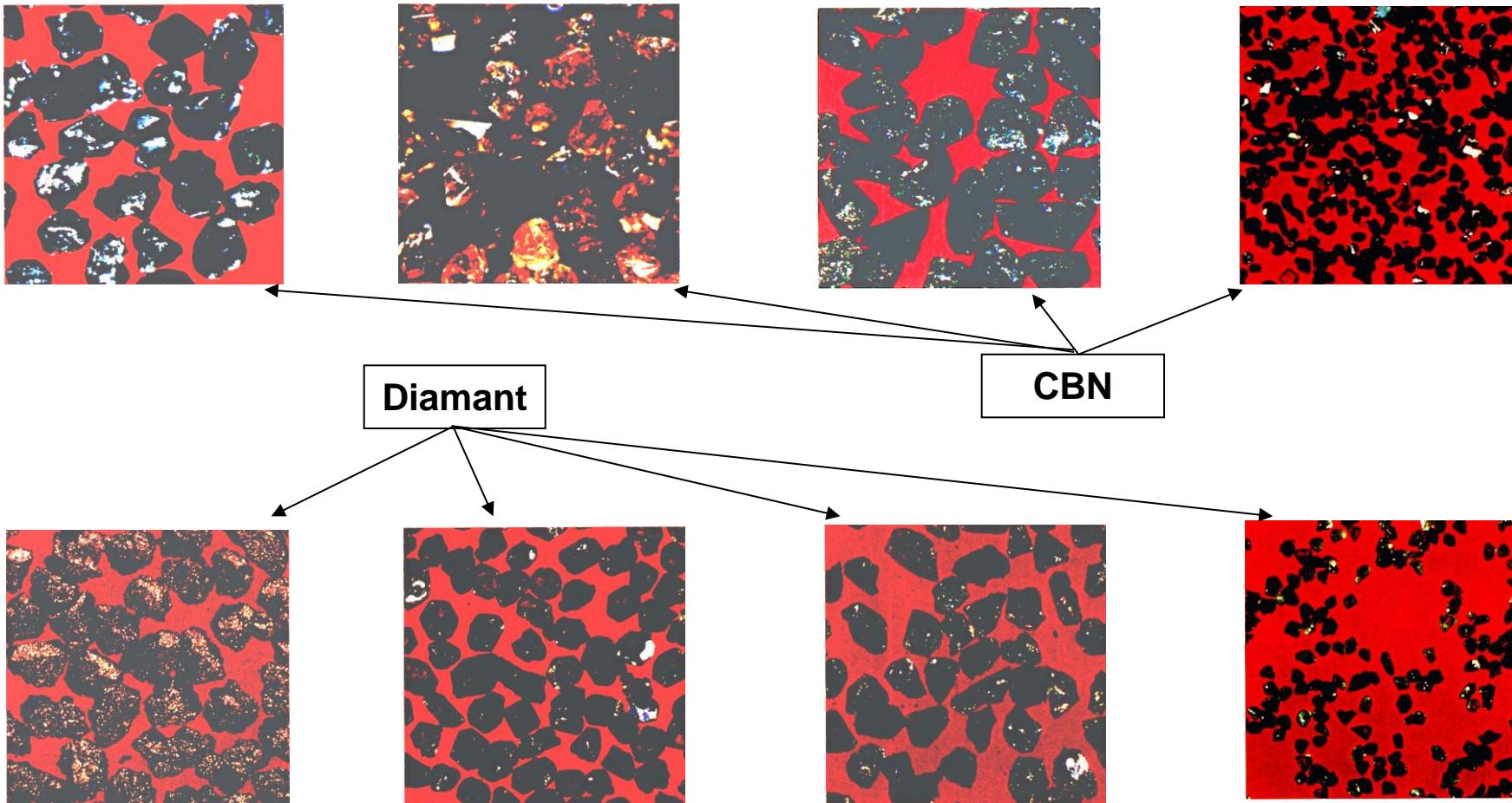
Quelle: GE Superabrasives



Universität Bremen
Fertigungsverfahren
Prof. E. Brinksmeier

Gri 013

Unterschiedliche Diamantkristallformen



Quelle: GE Superabrasives



Universität Bremen
Fertigungsverfahren
Prof. E. Brinksmeier

Gri 015

Unterschiedliche Diamant- und CBN-Modifikationen
für unterschiedliche Anwendungsfelder

A

Korund
aluminium oxide

C

Siliciumcarbid SiC
silicon carbide SiC

B

Kubisches Bornitrid CBN
cubic boron nitride CBN

D

Diamant
diamond



TYROLIT COLLEGE
THE WAY TO PERFECTION

© by TYROLIT

1.1
701

Kro 00011



Universität Bremen
Fertigungsverfahren
Prof. E. Brinksmeier

Schleifstoffe

Anwendungsgebiete der Schleifkörnungen

Application of abrasives



Korund
aluminium
oxide



langspanend
long chipping



CBN



SiC



kurzspanend
short chipping



Diamant
diamond



Stahl
steel



Ni-Basis
Ni-base



HM
CC



Gestein
stone



Glas
glass



TYROLIT COLLEGE
THE WAY TO PERFECTION

© by TYROLIT

1.2
701

Kro 00051



Vergleich von konventionellen und Superschleifmitteln Comparison of conventional and superabrasives

Kornbedarf, um $0,02m^2$

Beton zu schneiden:

*grain need for cutting
 $0,02m^2$ concrete:*

Diamant

diamond



↔
equivalent

0,008 gr

= 0,04 ct

SiC

150 gr

(= 1 Trennscheibe 230mm ø)

(= 1 cut-off wheel 230mm ø)



TYROLIT COLLEGE™
THE WAY TO PERFECTION

© by TYROLIT

4.3
701

Kro 00061



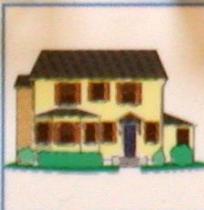
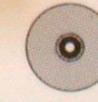
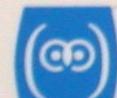
6

30

70

240

1200

Flugzeug
aeroplaneHaus
houseAuto
carWaschmaschine
washing machineCD
CDErbse
peaTYROLIT COLLEGE
THE WAY TO PERFECTION

© by TYROLIT

1.4
701

Kro 0003!

- Korngöße wichtig für Oberflächengüte
- Korngröße konventioneller Schleifmittel SiC und Al_2O_3 ist mit Kennzahlen in „mesh“ nach amerikanischem Standard ASTM bezeichnet
- Körnungskennzahl in „mesh“ entspricht der Maschenzahl je Zoll bei der Siebung des Schleifmittels
- Klassierung durch Siebung mit zunehmend engeren Öffnungen
- Körnung F60 wird mit Sieb von 60 Maschen je Zoll (Siebteilung 0,42 mm) aus Korngemisch abgezogen
- Schleifkörner liegen in Fraktionen mit typischen Korngrößenverteilungen (auch abhängig von Kornform) vor
- Körnungskennzahl in „mesh“ stellt daher Mittelwert dar
- Gröbste Körnung F4 ($d_{km} = 4550 \mu\text{m}$), feinste Körnung F1200 ($d_{km} = 3,0 \mu\text{m}$)
- Korngrößen bis F220 werden durch Siebung mit Drahtsieben, sehr feine Körnung > F220 durch optische Sedimentation aus Suspensionen

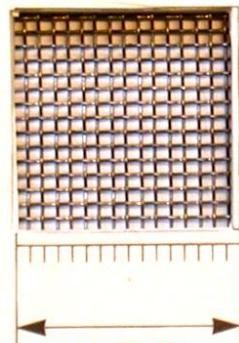
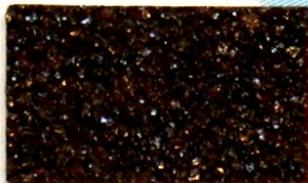


Quelle: König/Klocke, Tönshoff, DIN 69 100, DIN 69 101

Will 0882

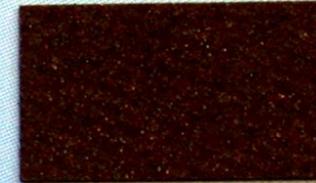
Definition mesh

16 mesh



16 Öffnungen/1Zoll
16 gaps/1 inch

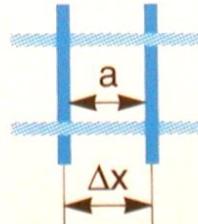
80 mesh



Verkleinerung der Sieböffnung
durch die Drahtstärke

mesh	Δx (mm)	a (mm)
16	1,59	1,18
80	0,32	0,18

*reduction of the sieve gap
by the wire thickness*



1 Zoll
1 inch

80 Öffnungen/1Zoll
80 gaps/1 inch



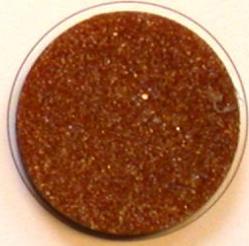
TYROLIT COLLEGE
THE WAY TO PERFECTION
1998
© by TYROLIT

1.3
898

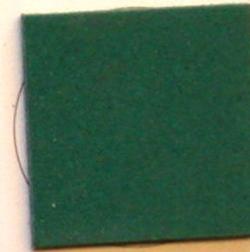


Gebundene Schleifwerkzeuge Bonded abrasives

Metall/metal

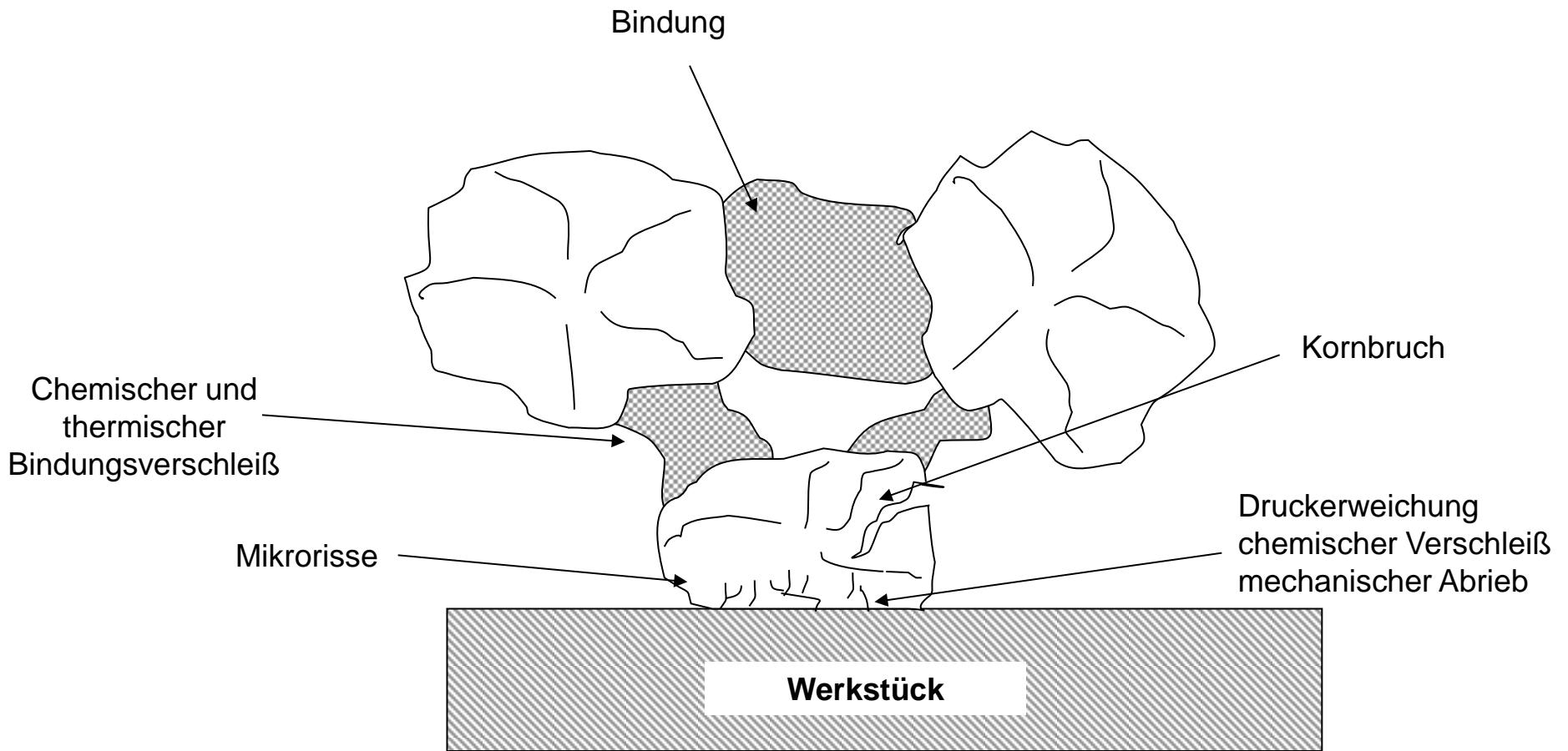
galvanisch
galvanicgesintert
sinteredKeramik
vitrifiedKunstharz
resin

Elastic

Profilhaltigkeit/*profile stability*Dämpfung/*damping*formgebend/*shape giving*formfolgend
*shape following*6.3
701TYROLIT COLLEGE™
THE WAY TO PERFECTION

© by TYROLIT





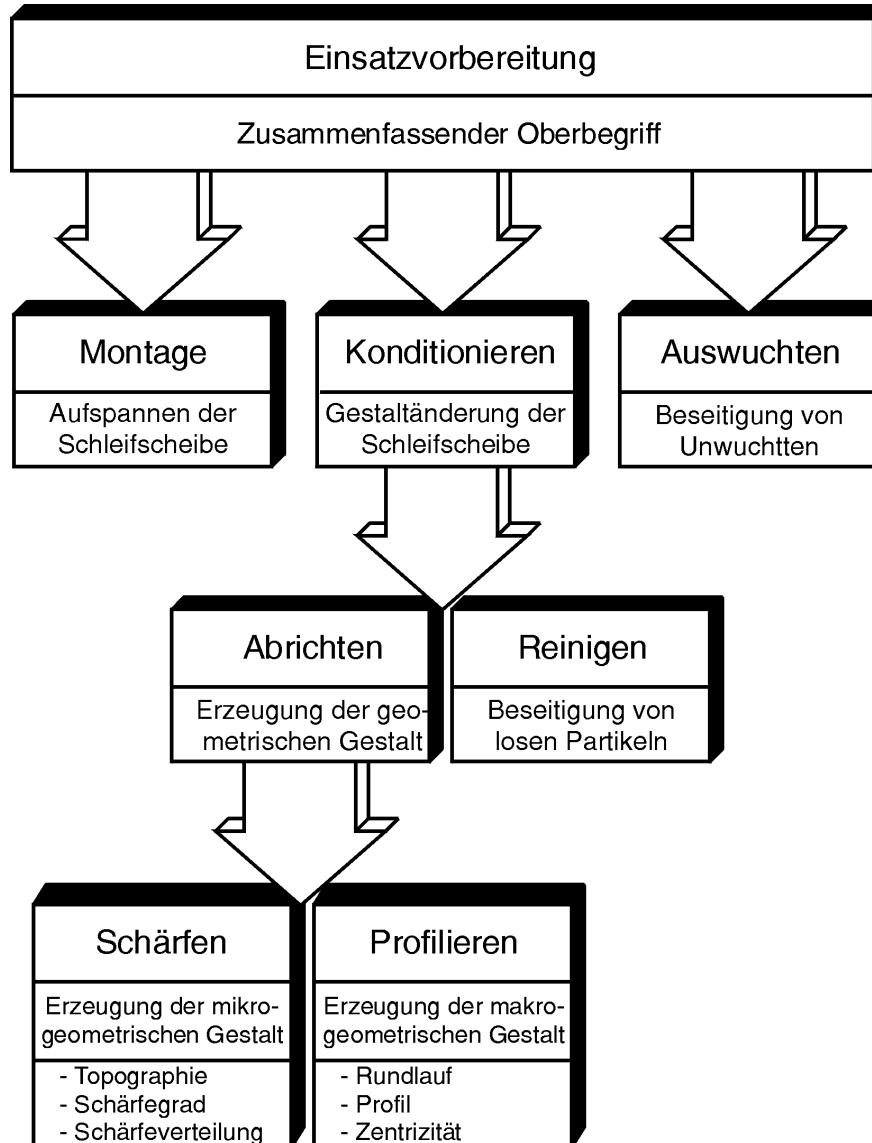
Quelle: Nach König



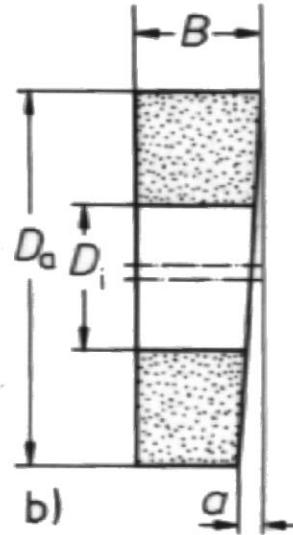
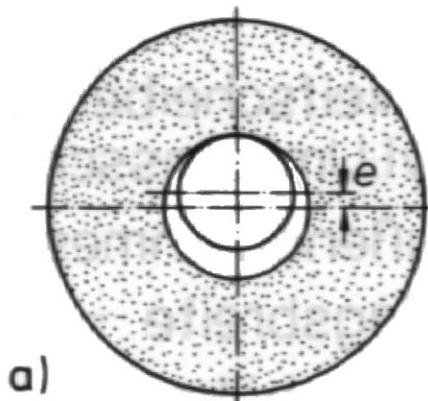
Universität Bremen
Fertigungsverfahren
Prof. E. Brinksmeier

Gri 032

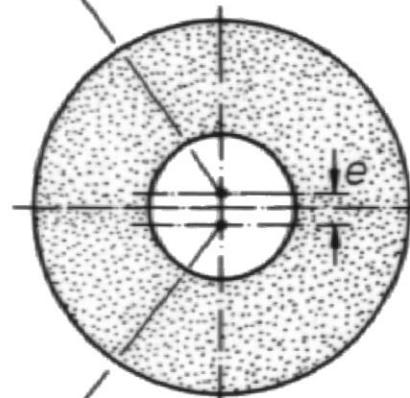
Beanspruchung und Verschleiß an Korn und
Bindung



Unwucht (formbedingt)

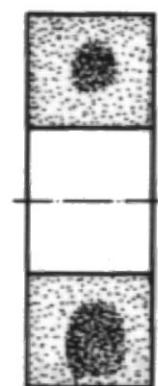
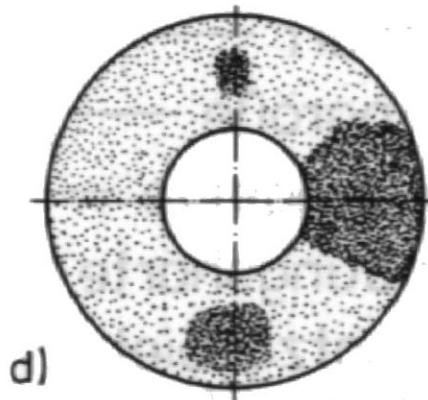


Schwerpunkt



Drehachse
c)

Unwucht (strukturbedingt)



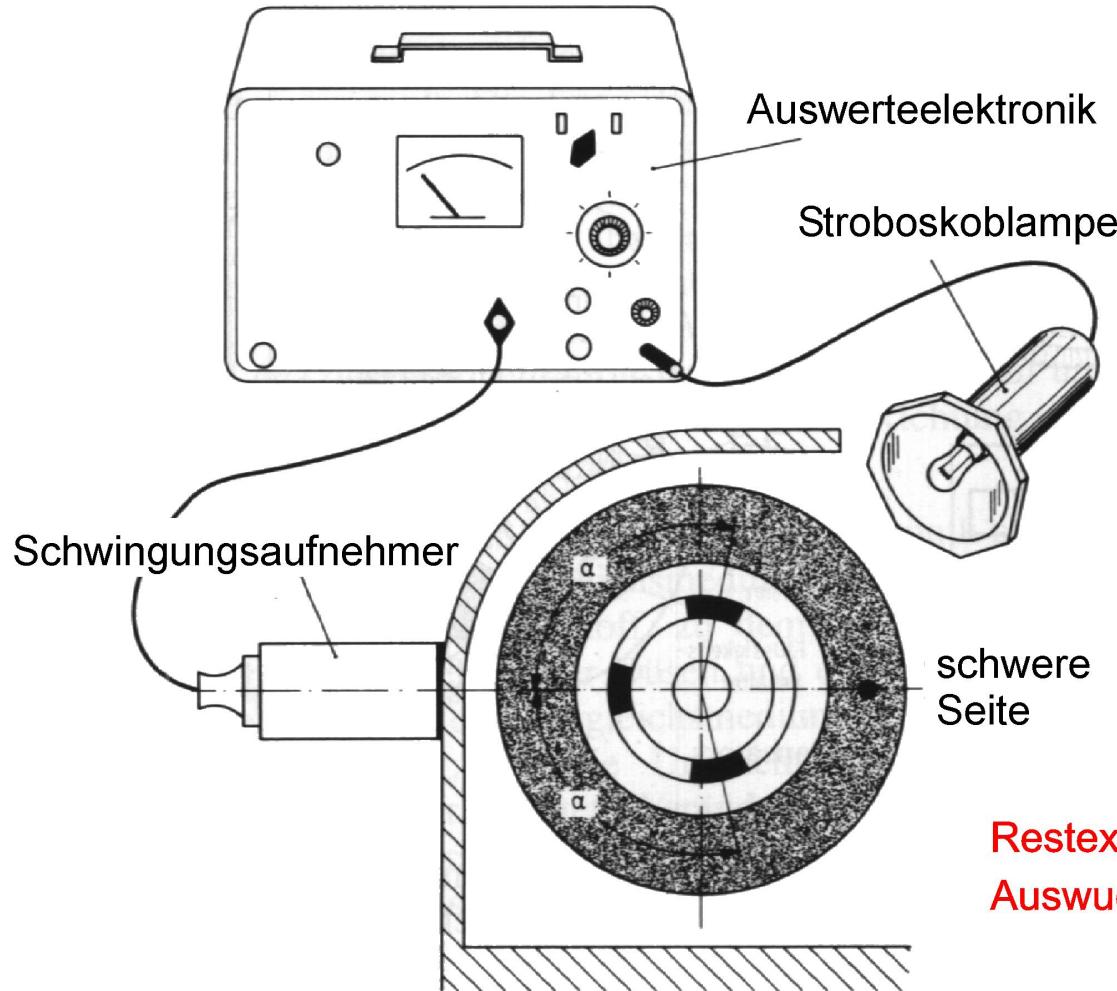
Quelle: Fritz, Schulze

Stö 0376



Universität Bremen
Fertigungsverfahren
Prof. E. Brinksmeier

Ursachen für Schleifscheibenunwuchten



Restexzentrizität: 3-6 μm
Auszugzeit mit Rüstzeit: 20 min

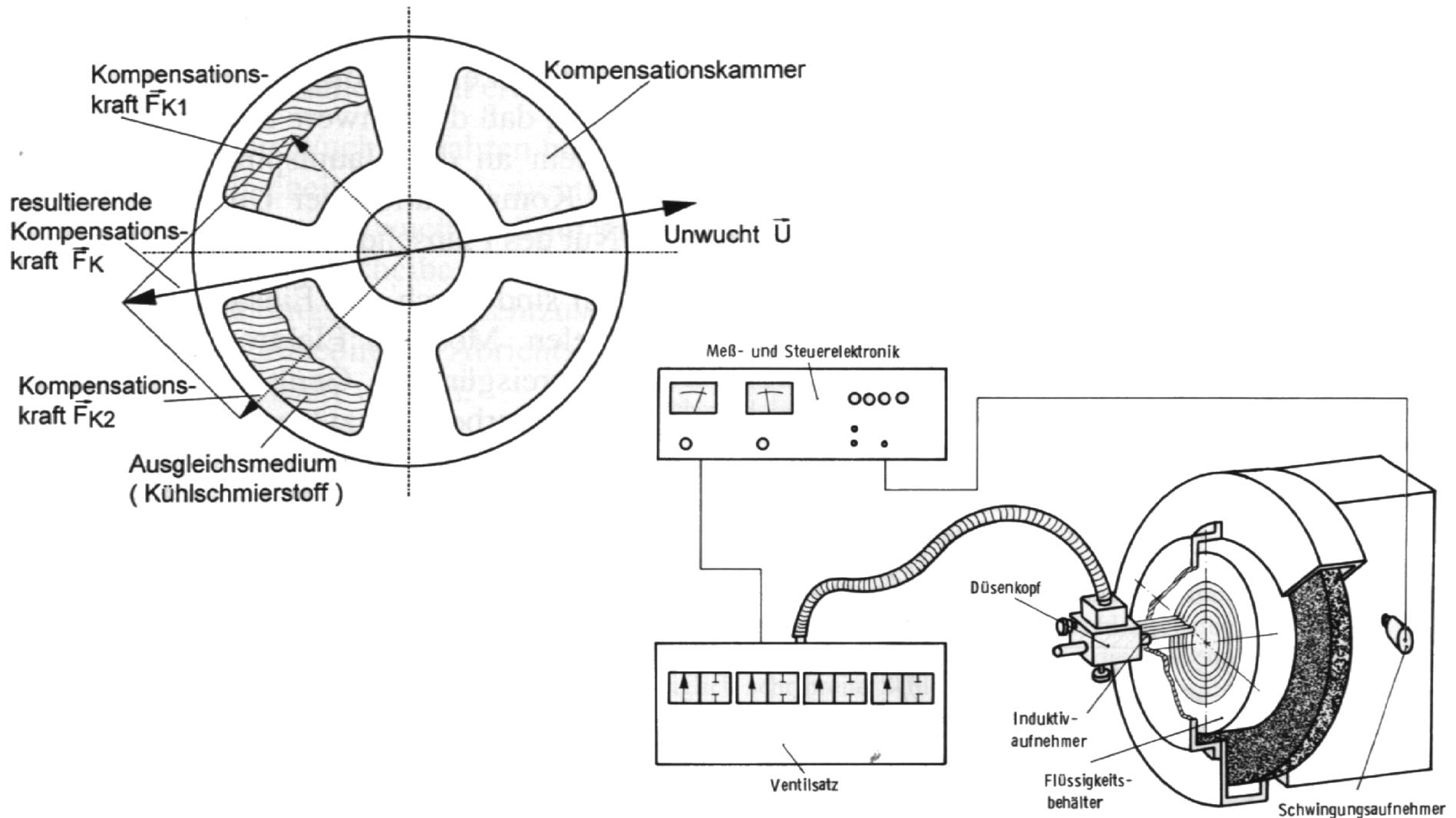
Quelle: König



Universität Bremen
Fertigungsverfahren
Prof. E. Brinksmeier

Stö 0377

Prinzip eines Stroboskopauswuchtgerätes



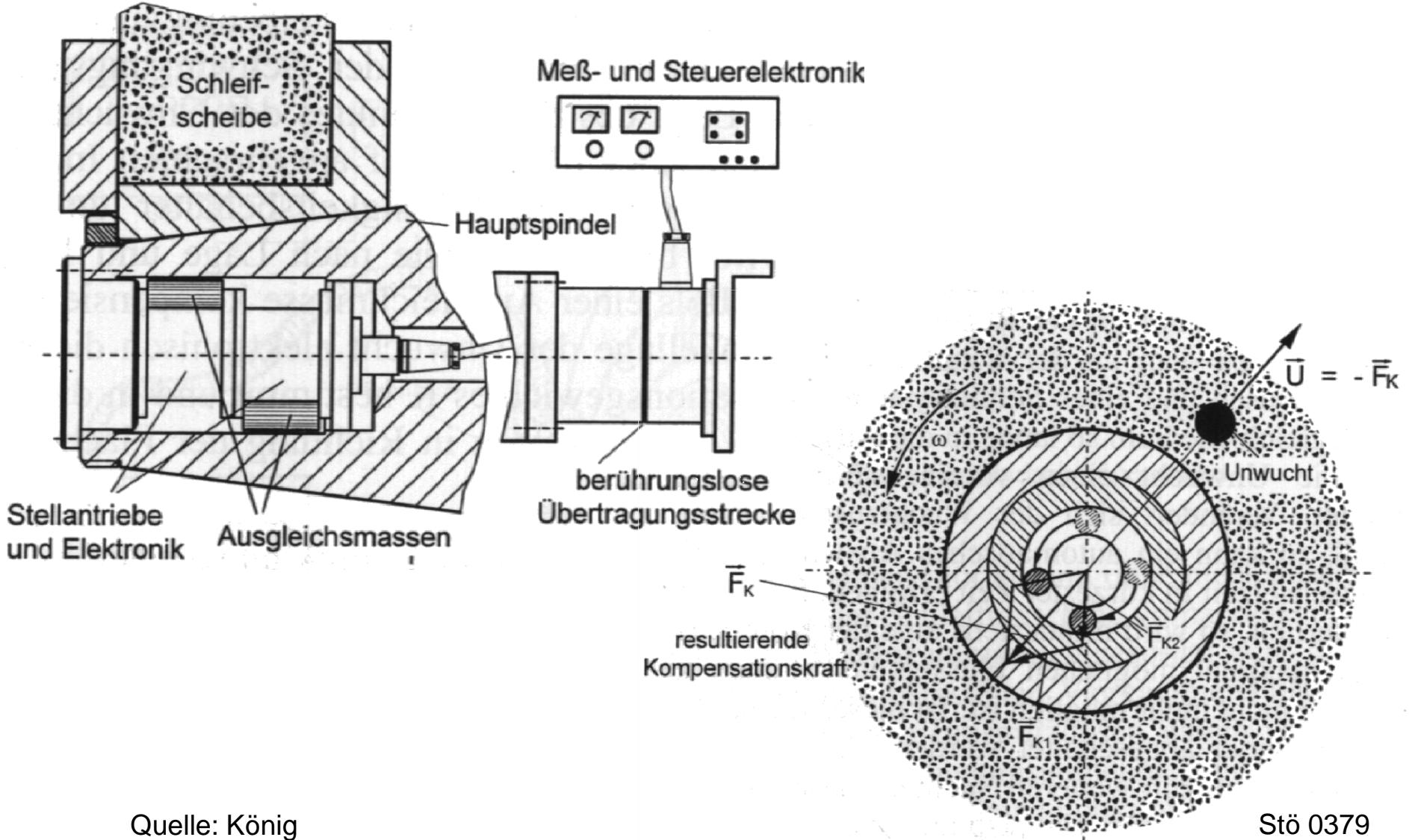
Quelle: König



Universität Bremen
Fertigungsverfahren
Prof. E. Brinksmeier

Aufbau eines Hydrokompenators

Stö 0378



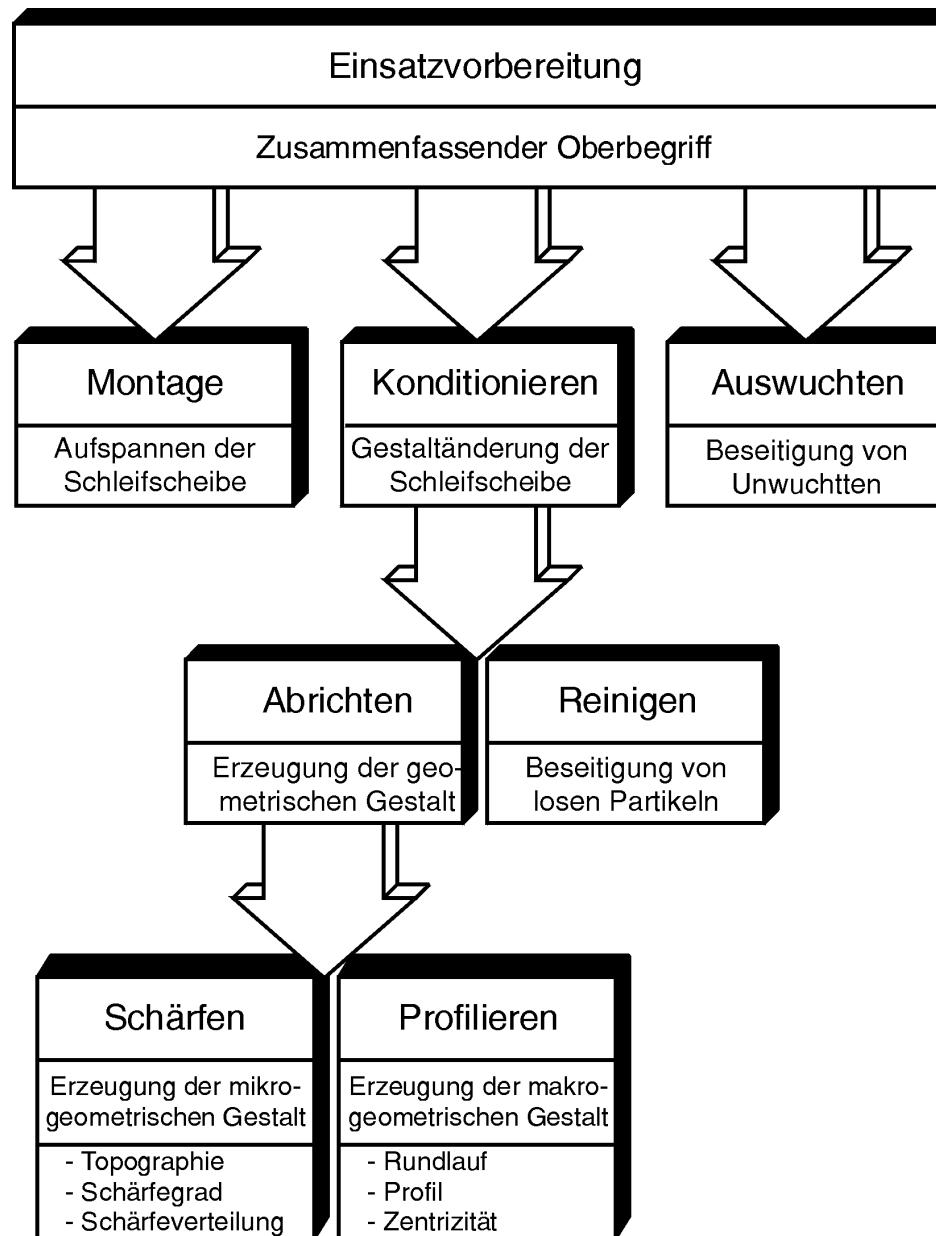
Quelle: König



Universität Bremen
Fertigungsverfahren
Prof. E. Brinksmeier

Aufbau und Funktionsweise eines elektromechanischen,
spindelintegrierten Wuchtsystems

Stö 0379

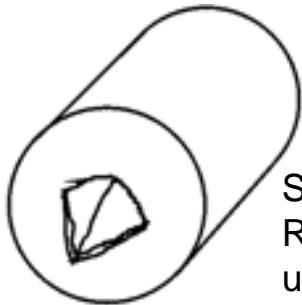


Quelle: Warnecke



Einschneidige Diamant-Abrichtwerkzeuge

Einkorndiamant



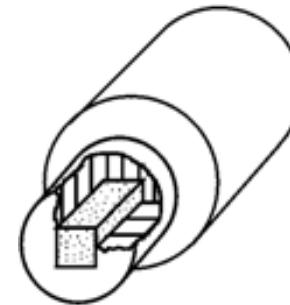
Schneidelement:
Rohdiamant,
ungeschliffen

Profilabrichter



Schneidelement:
Naht-Dreieck-
diamant, geschliffen

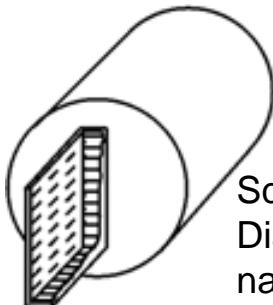
Blockdiamant



Schneidelement:
Diamant, geometrisch
bestimmt, geschliffen

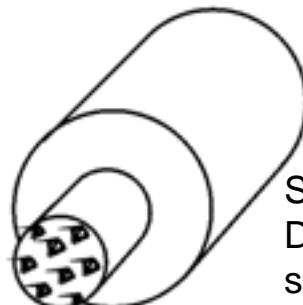
Mehrschneidige Diamant-Abrichtwerkzeuge

Nadelplatte



Schneidelemente:
Diamantnadeln,
nach Setzschemata

Vielkornabrichter



Schneidelemente:
Diamantkorn,
stochastisch verteilt

Blockplatte

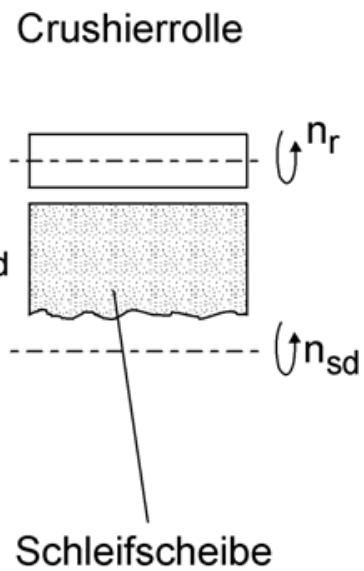
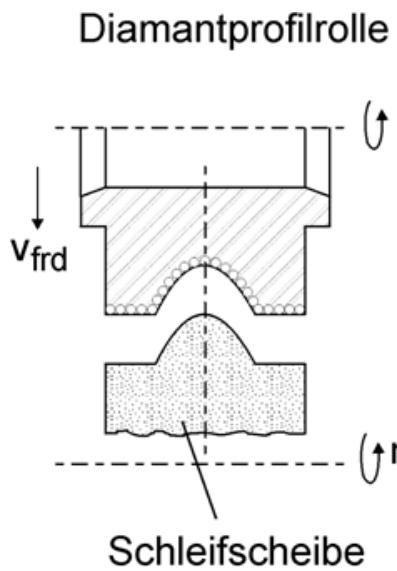


Schneidelemente:
Diamant, geom. best.,
nach Setzschemata

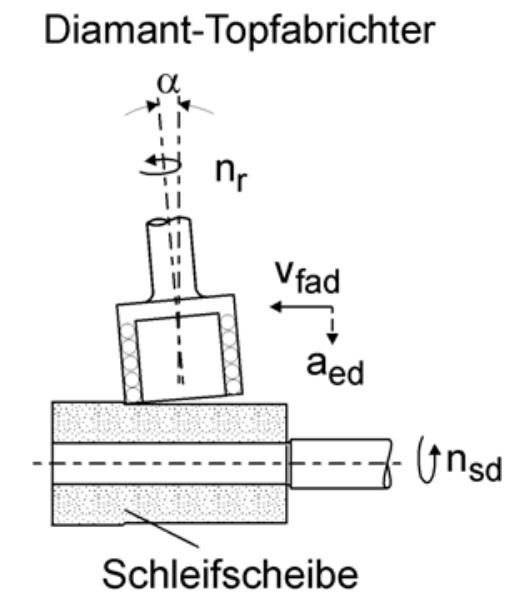
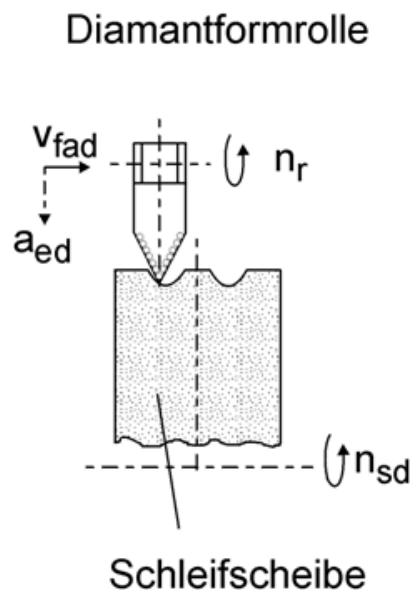
Mi 0516b



Profilieren



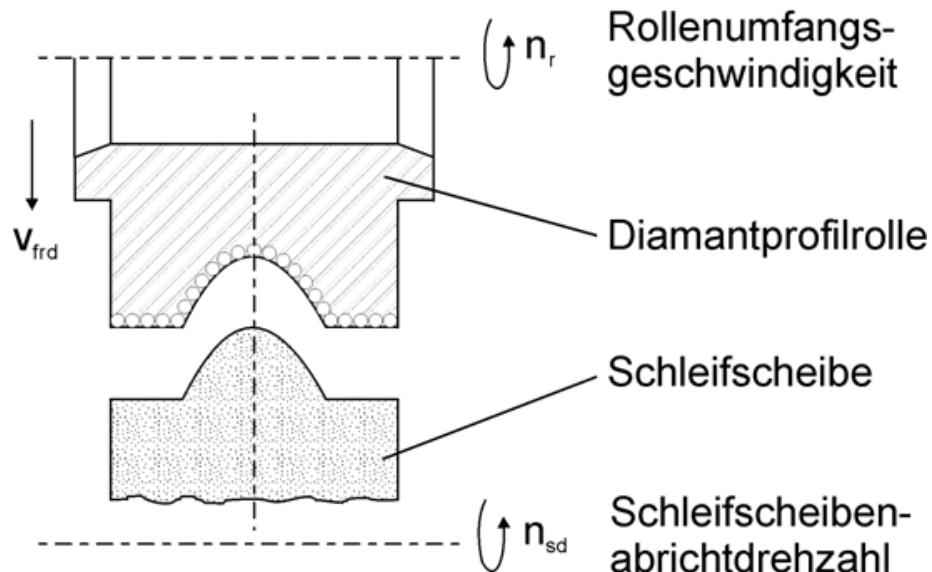
Formen



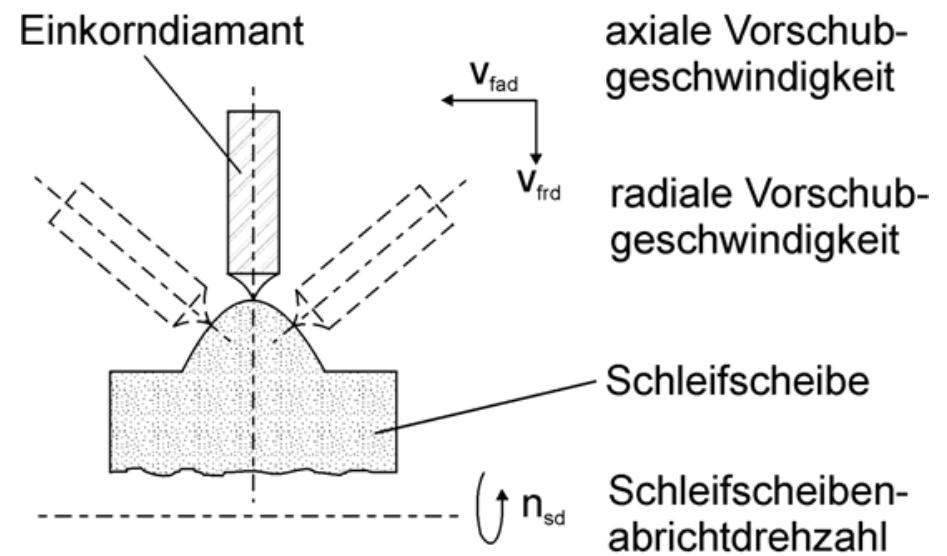
Mi 0505b

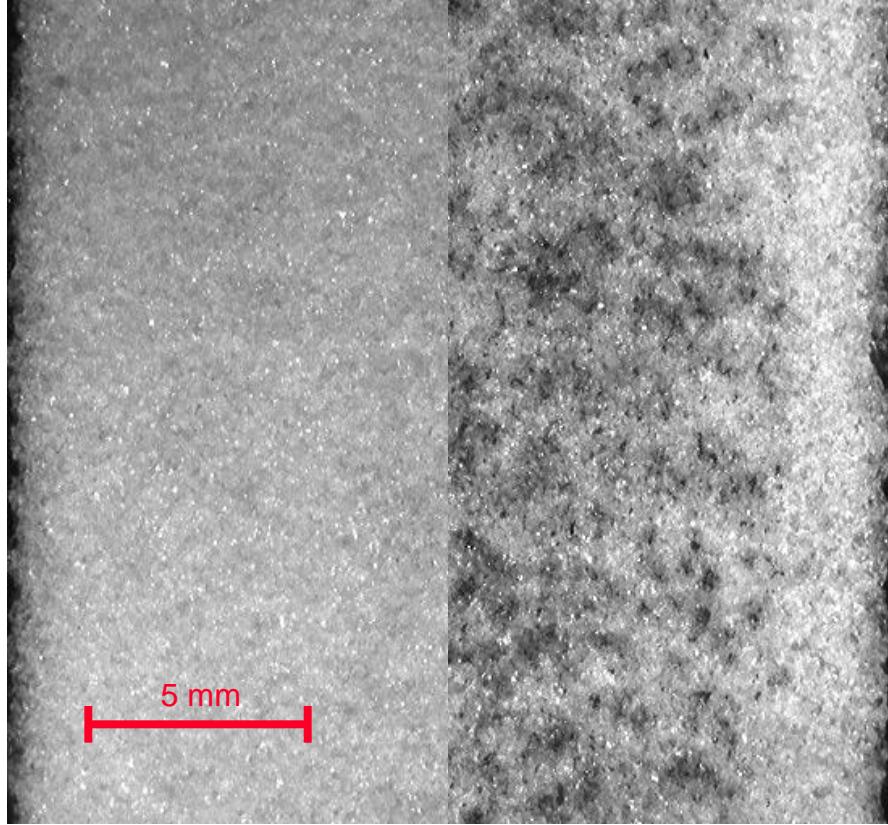


Profilieren



Formen

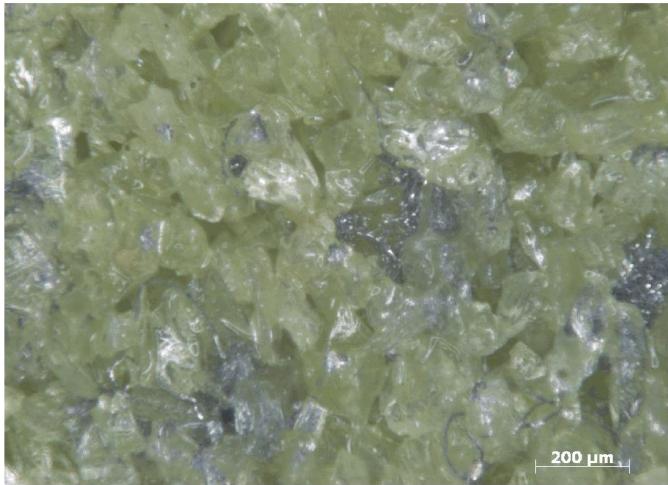




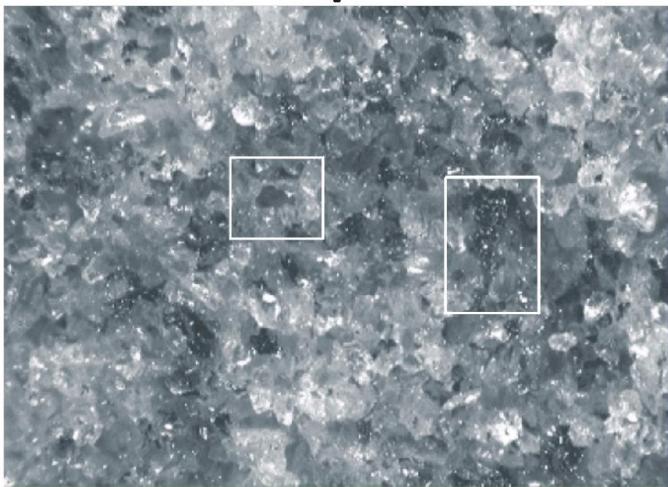
BI 0515h



Lichtmikroskop

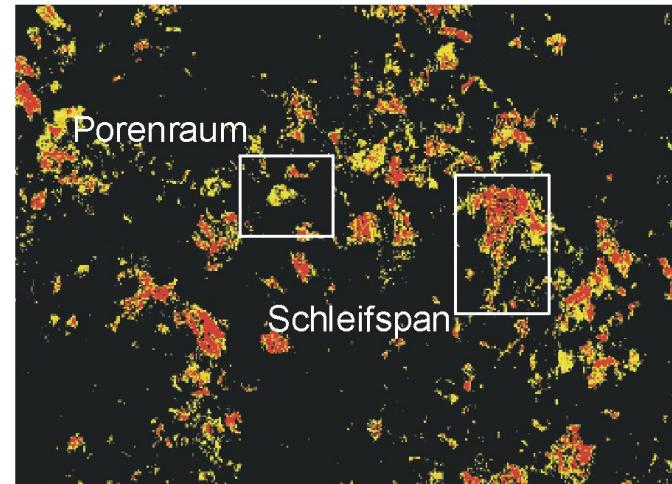


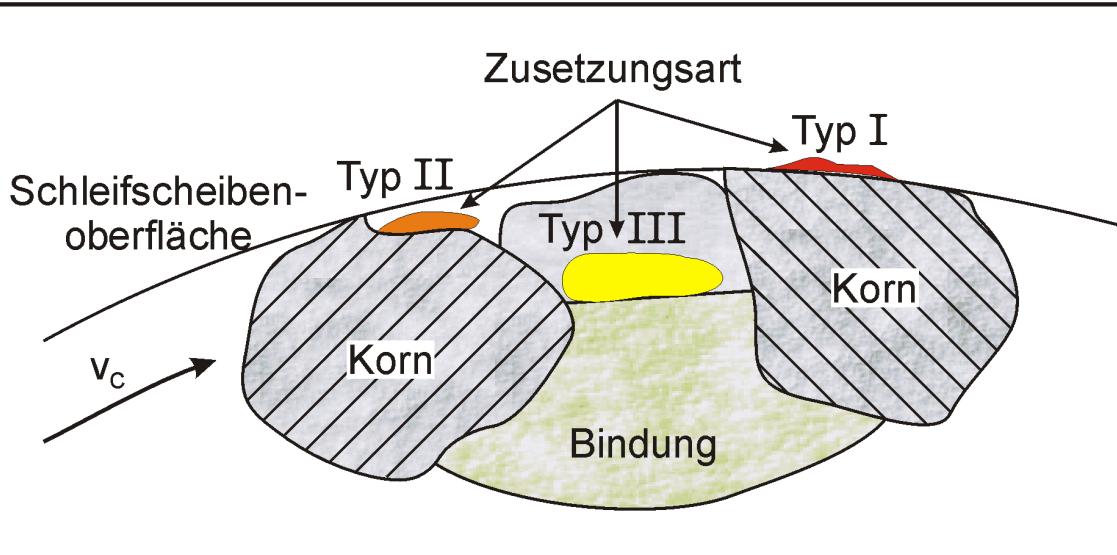
Vergleich
↔



Infrarot-Aufnahme

optische Analyse





Typ I: Aufschweißung



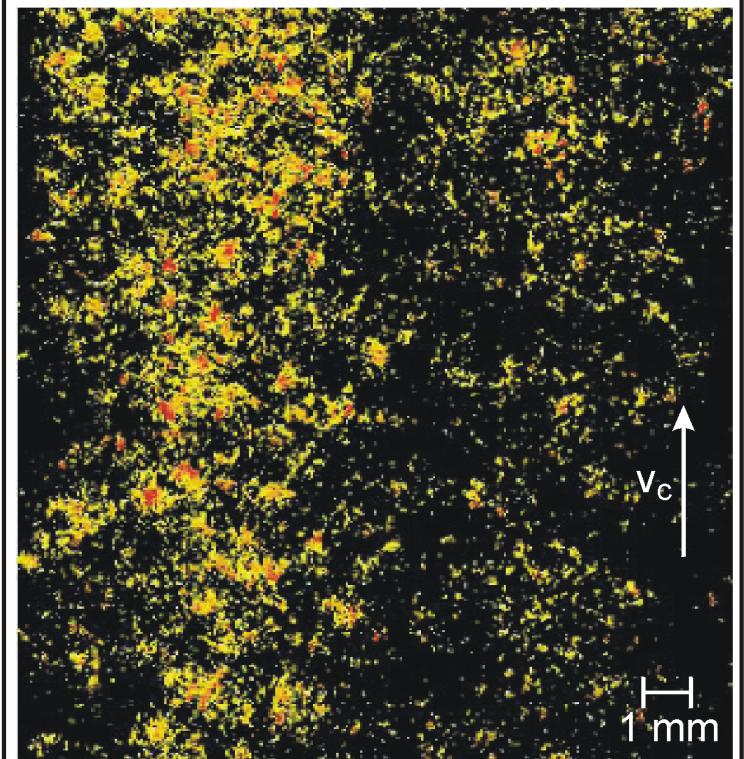
Typ II: oberflächennahe Spannester und Schleifspäne



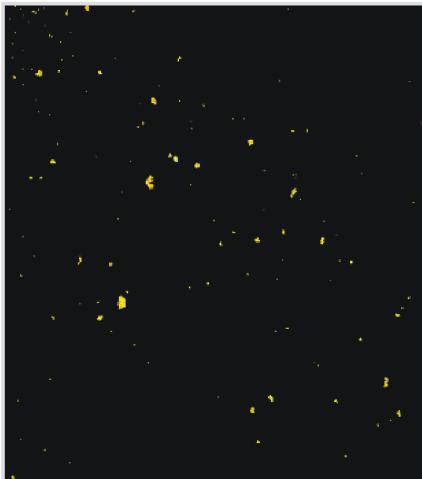
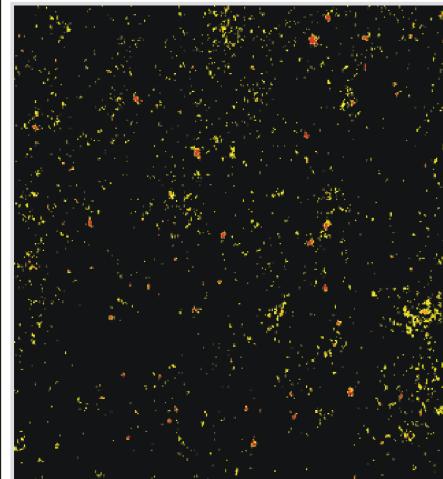
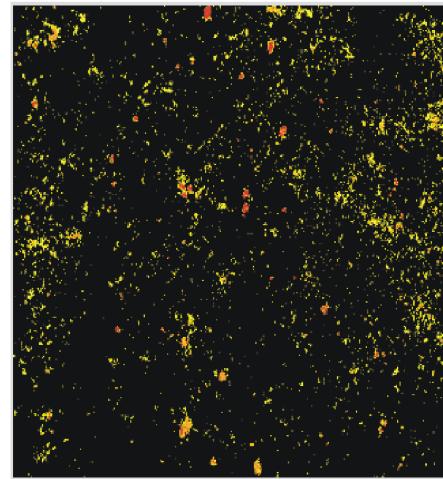
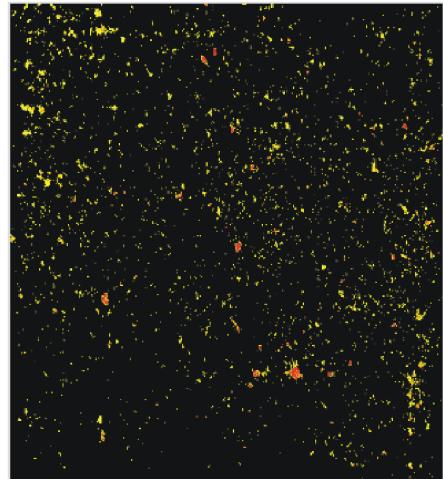
Typ III: tiefer in der Schleifscheibenstruktur liegende Spannester und Schleifspäne



nach Zusetzungsarten analysiertes Schleifwerkzeug nachdem Schleifbrand aufgetreten ist (Draufsicht)



mit der Auswertesoftware ermittelte Ergebnisse der Reinigungswirkung

Fall 1	Fall 2	Fall 3	Fall 4
			
$p = 28 \text{ bar}$ $a_{wz-d} = 29,5 \text{ mm}$ $Q_{KSS} = 20,9 \text{ l/min}$ $\text{Typ I} = 0,00 \%$ $\text{Typ II} = 0,08 \%$ $\text{Typ III} = 0,31 \%$ $a_{e, \text{ges}} = 2030 \mu\text{m}$	$p = 14 \text{ bar}$ $a_{wz-d} = 29,5 \text{ mm}$ $Q_{KSS} = 14,8 \text{ l/min}$ $\text{Typ I} = 0,15 \%$ $\text{Typ II} = 0,22 \%$ $\text{Typ III} = 2,14 \%$ $a_{e, \text{ges}} = 2030 \mu\text{m}$	$p = 7 \text{ bar}$ $a_{wz-d} = 29,5 \text{ mm}$ $Q_{KSS} = 10,5 \text{ l/min}$ $\text{Typ I} = 0,24 \%$ $\text{Typ II} = 0,77 \%$ $\text{Typ III} = 4,25 \%$ $a_{e, \text{ges}} = 1820 \mu\text{m}$	$p = 14 \text{ bar}$ $a_{wz-d} = 41 \text{ mm}$ $Q_{KSS} = 14,8 \text{ l/min}$ $\text{Typ I} = 0,13 \%$ $\text{Typ II} = 0,35 \%$ $\text{Typ III} = 3,68 \%$ $a_{e, \text{ges}} = 1830 \mu\text{m}$

BI 0565b





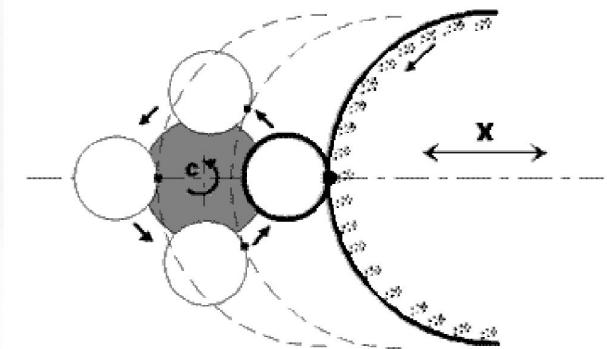
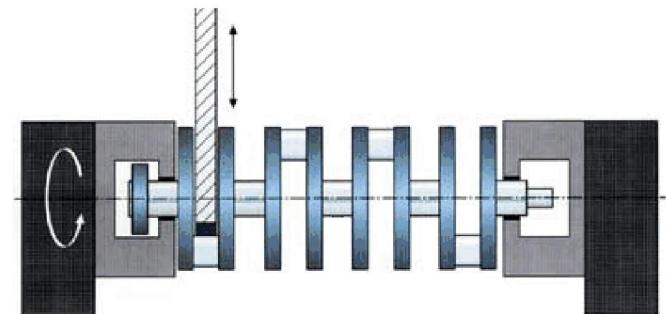
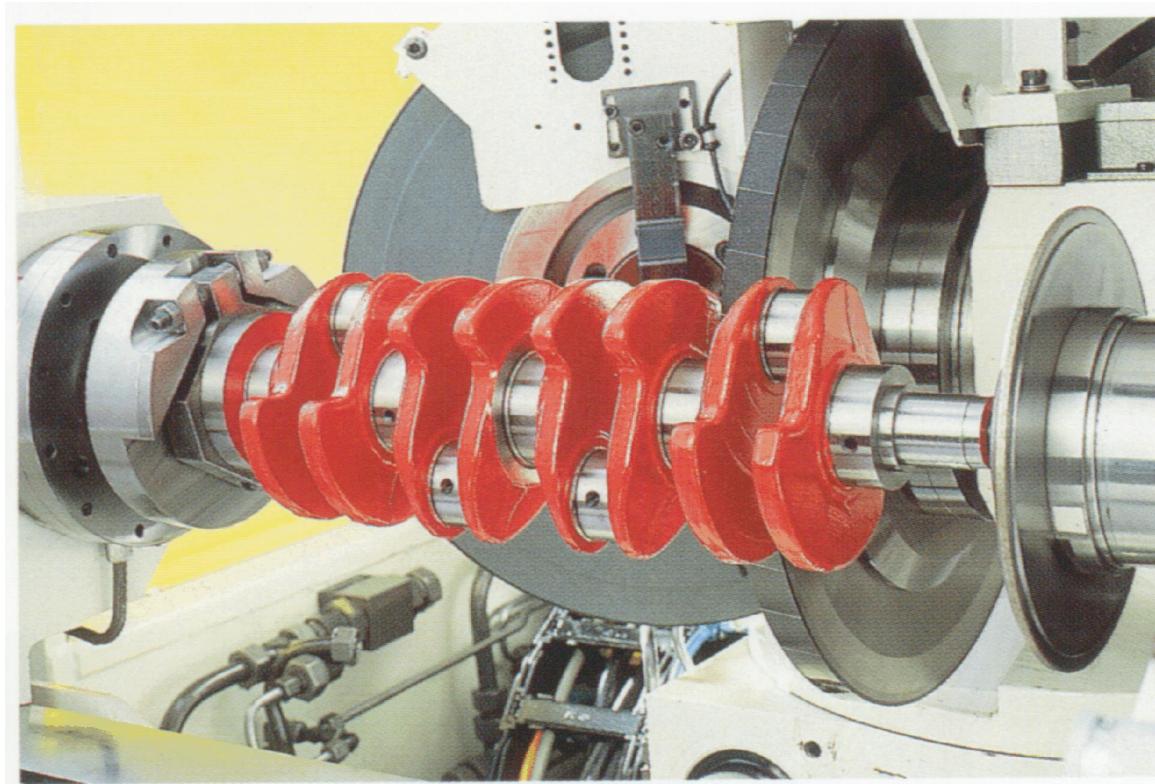
Quelle: Schaudt



Universität Bremen
Fertigungsverfahren
Prof. E. Brinksmeier

Giw 437b

Innenrund-Schleifen eines Getrieberades



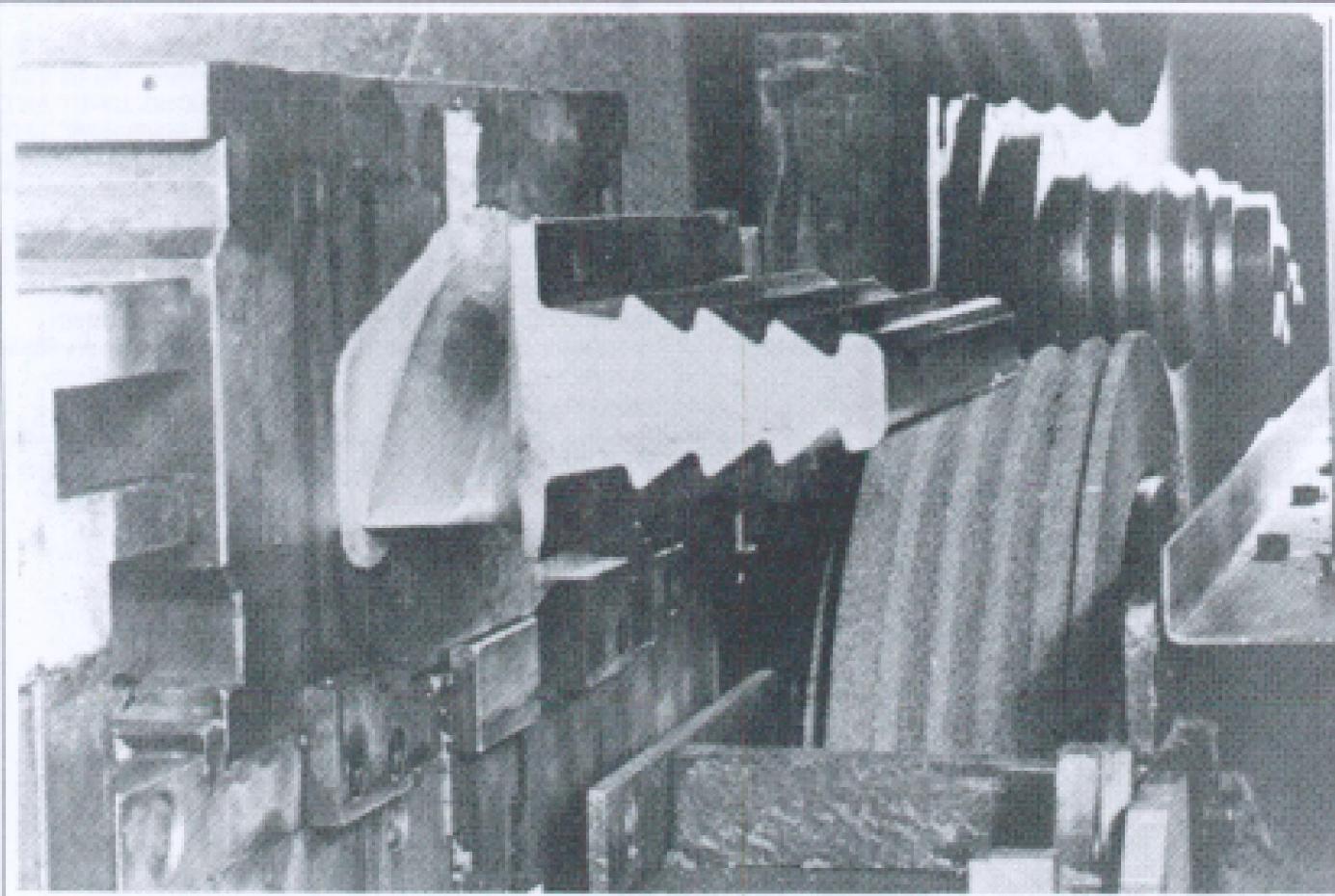
Quelle: Junker



Universität Bremen
Fertigungsverfahren
Prof. E. Brinksmeier

Stö 0381

Außenrund-Schleifen eines Kurbelwellenhubzapfens



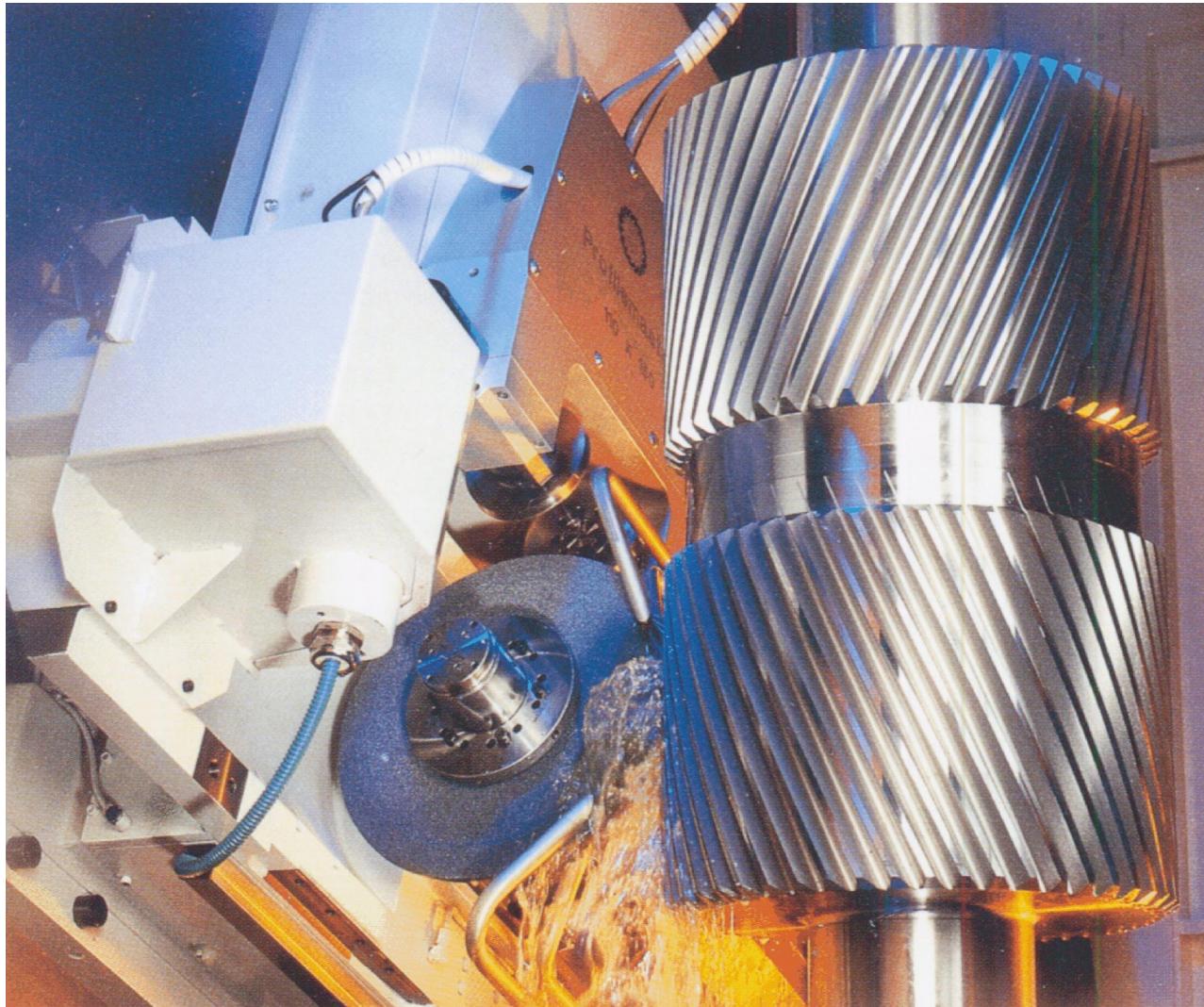
Quelle: Siemens / KWU

Giw 436b



Universität Bremen
Fertigungsverfahren
Prof. E. Brinksmeier

CD-Schleifen einer Turbinenschaufel



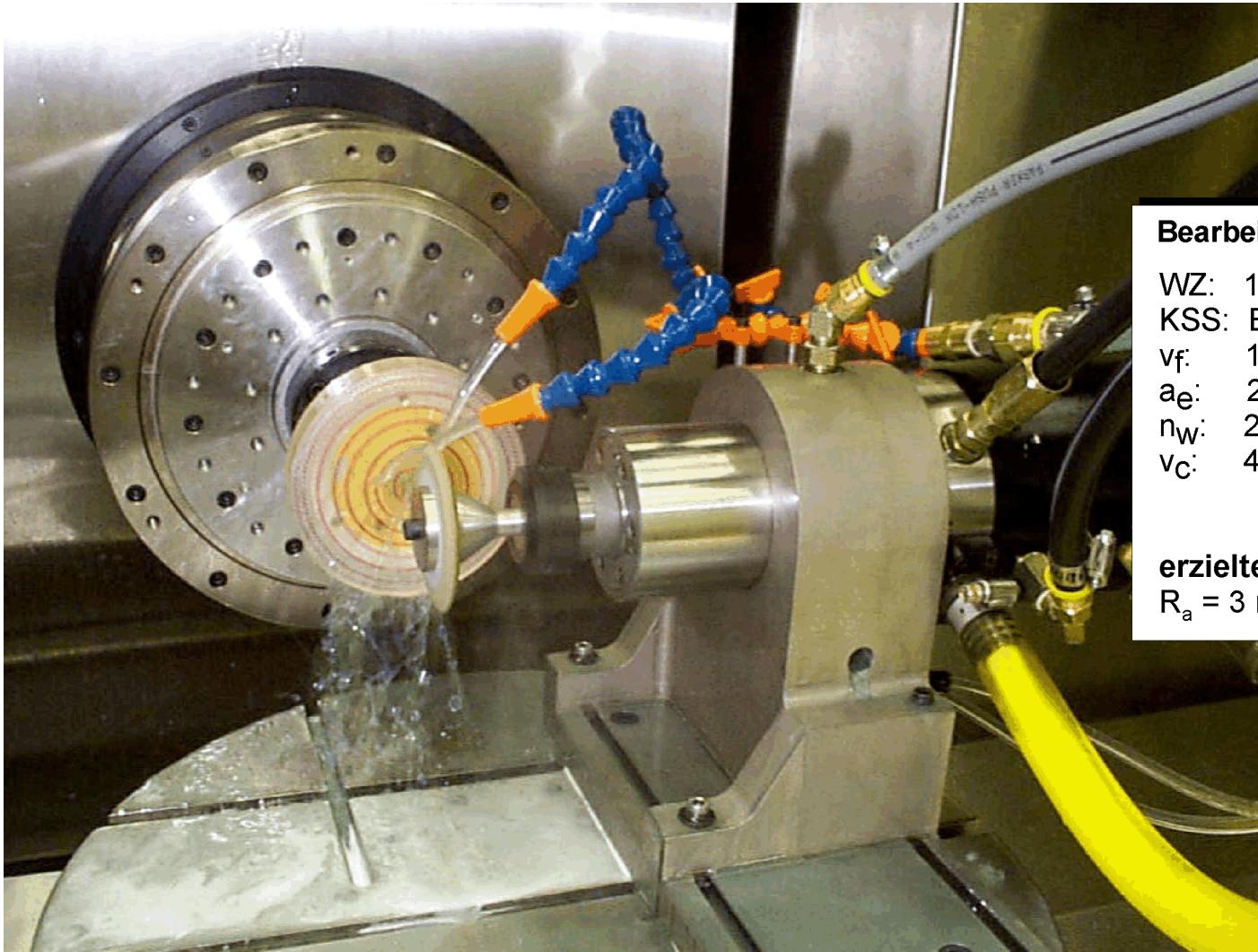
Quelle: Gleason-Pfauter

Giw 438



Universität Bremen
Fertigungsverfahren
Prof. E. Brinksmeier

Verzahnungsschleifen

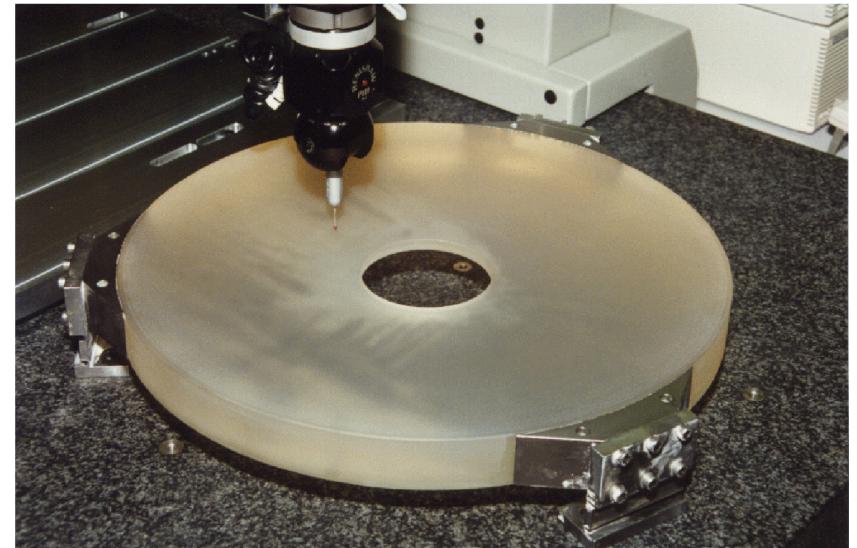
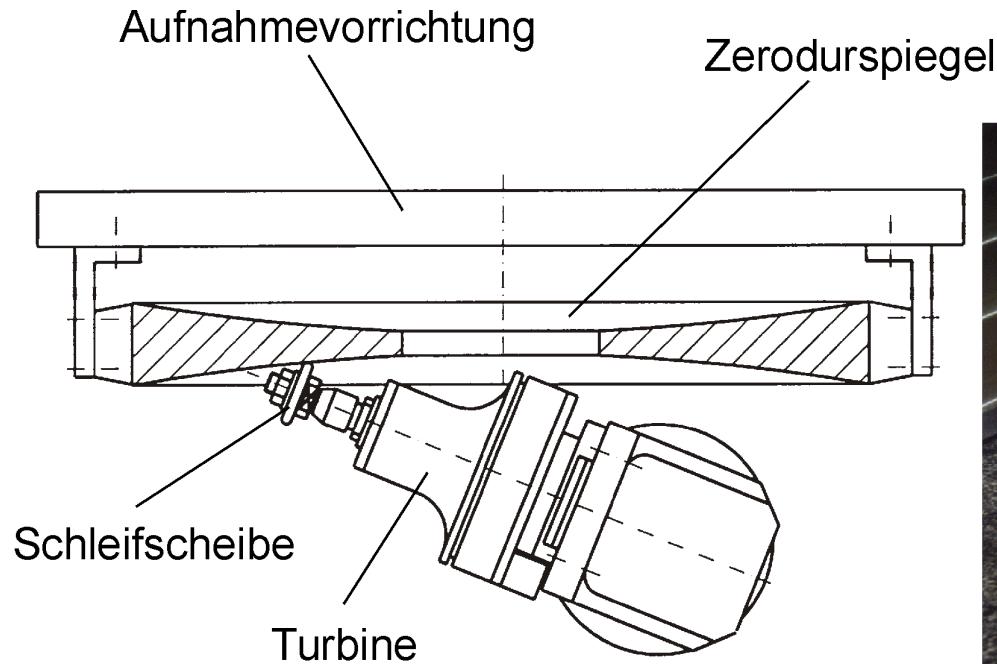


Bearbeitungsparameter

WZ: 14E1 D3 K-plus 888F C100
KSS: Emulsion 3%
 v_f : 1mm/min
 a_e : 2 µm
 n_w : 250 1/min
 v_c : 40 m/s

erzielte Oberflächengüte
 $R_a = 3 \text{ nm}$

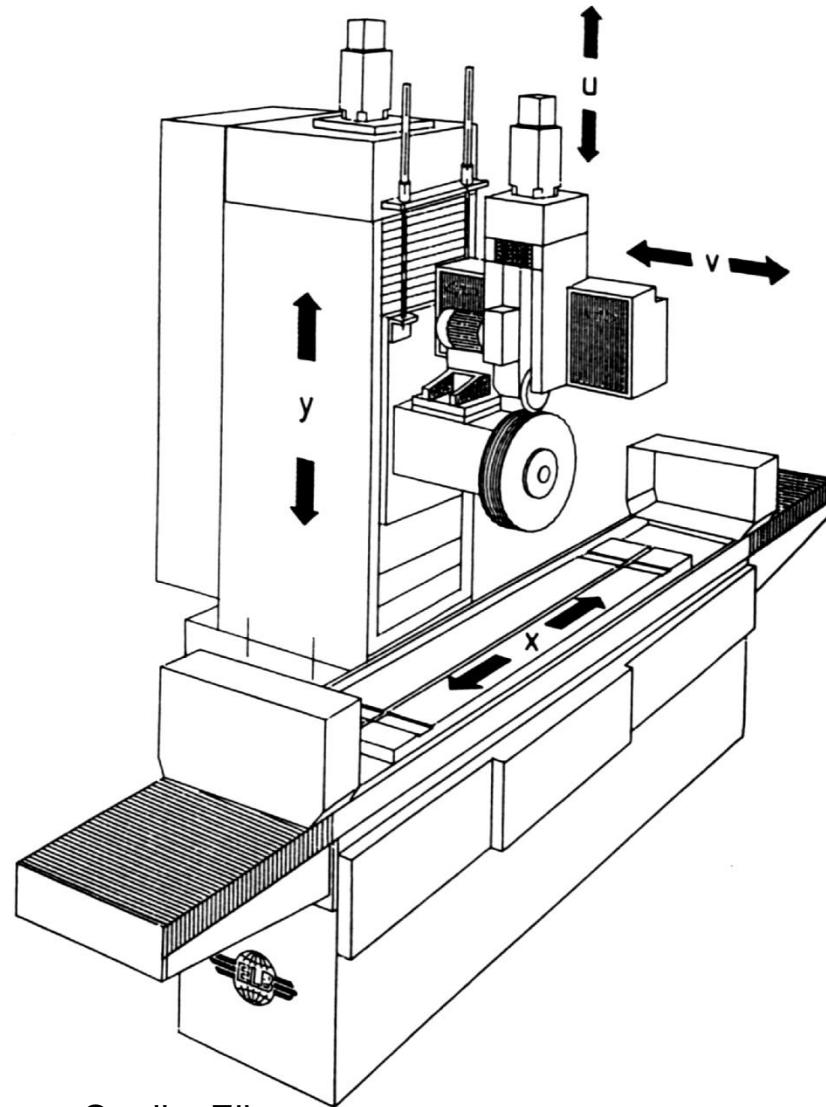




Spiegeldurchmesser: 450 mm
erzielte Formtreue: 2,9 µm
Fertigungszeit: 165 min

Ma 0127q





x, y: translatorische Bewegungen der Schleifscheibe

u, v: translatorische Bewegungen des Abrichtwerkzeugs

Quelle: Elb

Giw 307



Universität Bremen
Fertigungsverfahren
Prof. E. Brinksmeier

Aufbau einer Planschleifmaschine

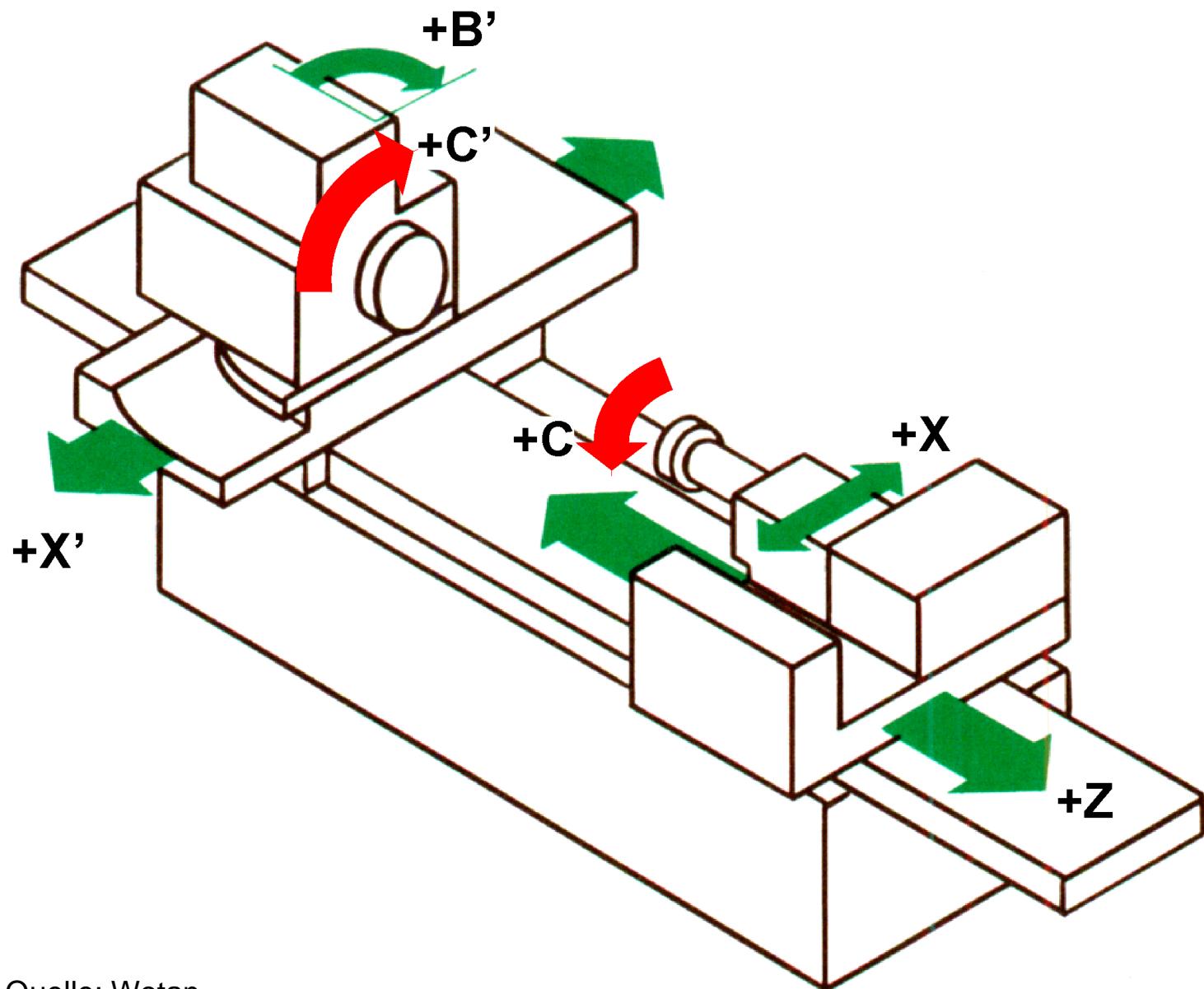


Ber 0150



Universität Bremen
Fertigungsverfahren
Prof. E. Brinksmeier

Maschinenbrand (2010)



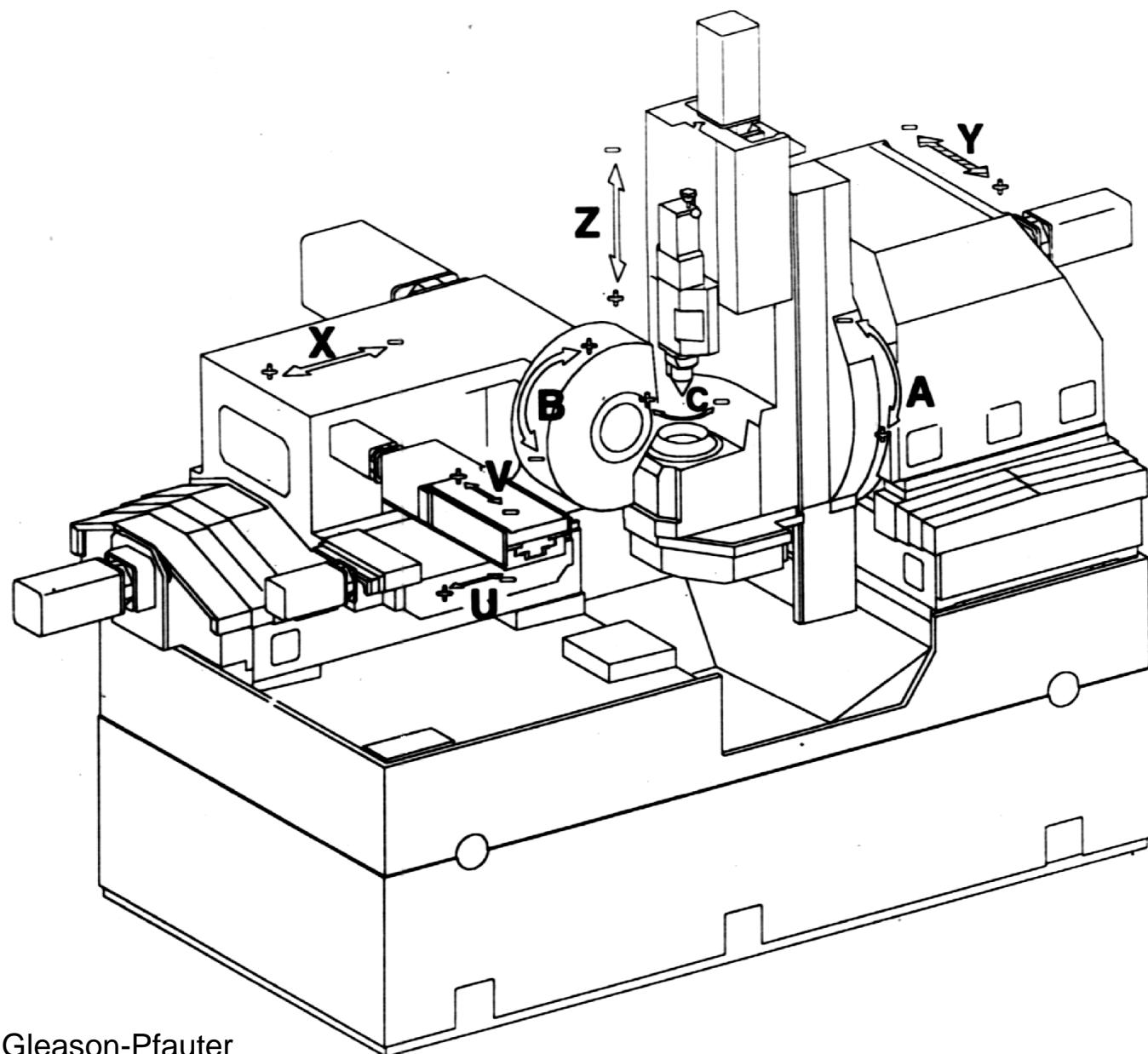
Quelle: Wotan



Universität Bremen
Fertigungsverfahren
Prof. E. Brinksmeier

Giw 440b

Konzept einer Werkzeugmaschine
zum Innenrund-Schleifen



Quelle: Gleason-Pfauter

Giw 439



Universität Bremen
Fertigungsverfahren
Prof. E. Brinksmeier

Konzept einer Werkzeugmaschine
zum Verzahnungsschleifen

Schleifbrand ist ein Sammelbegriff
für temperaturverursachte Schädigungen an geschliffenen Flächen.

Örtliche Temperaturen bis zu 1500°C

- Schädigungen bzgl. der Härte
- Schädigung bzgl. des Gefüges
- Ausbildung der Zug-Eigenspannung an der Oberfläche



Quelle: SCHAEFFLER GRUPPE

Lor 0013



Universität Bremen
Fertigungsverfahren
Prof. E. Brinksmeier

Schleifbrand – Was ist das?

Das lokale Einwirken hohen Temperatoren auf der Bauteiloberfläche

→ Volumenverringerung der überhitzen Zonen

Volumenausgleich durch Ausdehnen der obersten Schicht

→ Spannung-Zugspannung → Risse



Temperatureinwirkung → „Anlassen“

→ Härtereduktion / Gefügeänderung

→ „Neuhärten“ → „weiße Schicht“



Quelle: SCHAEFFLER GRUPPE



Universität Bremen
Fertigungsverfahren
Prof. E. Brinksmeier

Lor 0014

Schleifbrand - Ursachen

Möglichkeiten zur Vermeidung von Schleifbrand:

- Kühlschmierung

- schnelle und sichere Abfuhr der erzeugten Wärme
- Reduzierung der Reibung → Reduzierung der Wärmemenge

- Schleifscheibentopographie

- gute Splitterfähigkeit des Korns
- geeignetes Zurücksetzen der Bindung
- gute Haltekräfte der Bindung

→ Selbstschärfung → Abrichten

- Schleifvorschübe

zu hohe Vorschübe → überquellende Spanräume → erhöhte Reibung

- Schnittgeschwindigkeiten

hohe Umfangsgeschwindigkeit → Verringerung der Spanungstiefe

→ geringe Rautiefe ABER Anstieg der erzeugten Wärmemenge

Quelle: SCHAEFFLER GRUPPE

Lor 0015



Zerstörungsfreie Prüfmethoden:

- **Schleifbrandätzen mit verdünnter Salpetersäure**

Nachweis der Änderung der Gefügezustände

- **Magnetpulverprüfung**

Nachweis von Rissen an der Werkstückoberfläche

- **Wirbelstromprüfung**

Nachweis von Gefügeänderung

- **Barkhausen-Rauschen**

Nachweis von Zug-Eigenspannung und Gefügeänderung

Tiefätzen mit Salzsäure

- zerstörendes Prüfverfahren
- Nachweis von Zug-Eigenspannung

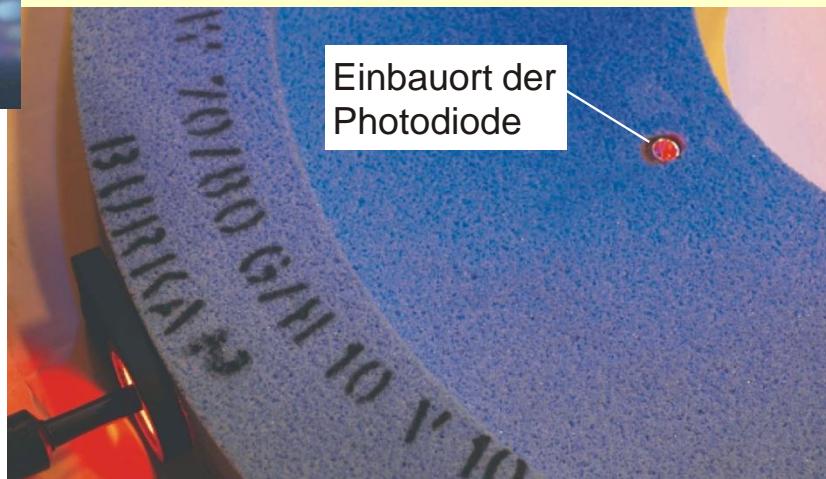
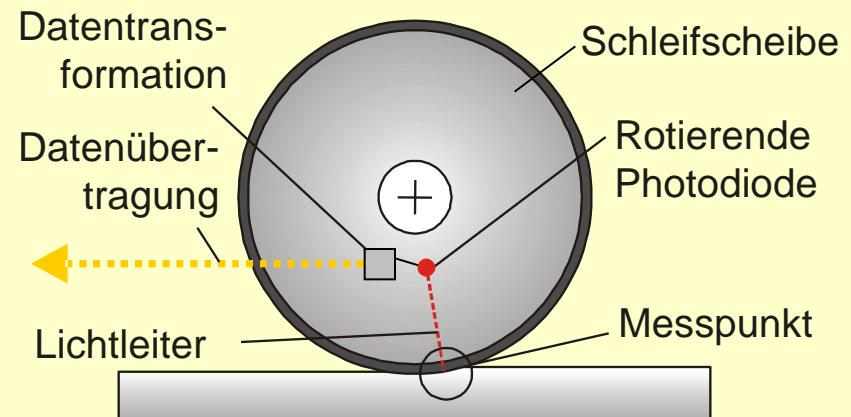
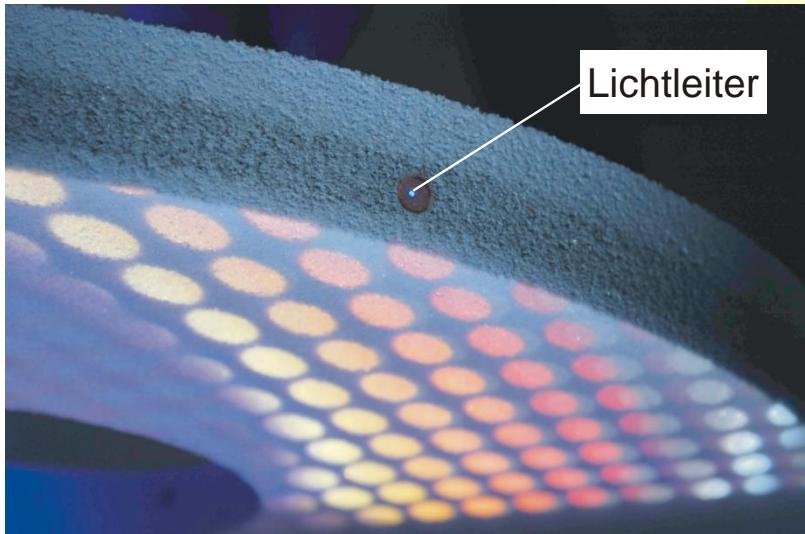
Quelle: SCHAEFFLER GRUPPE

Lor 0016



Universität Bremen
Fertigungsverfahren
Prof. E. Brinksmeier

Schleifbrand - Prüfmethoden



Schacht-Audorf
Schleswig-Holstein
Deutschland

Boh 0012

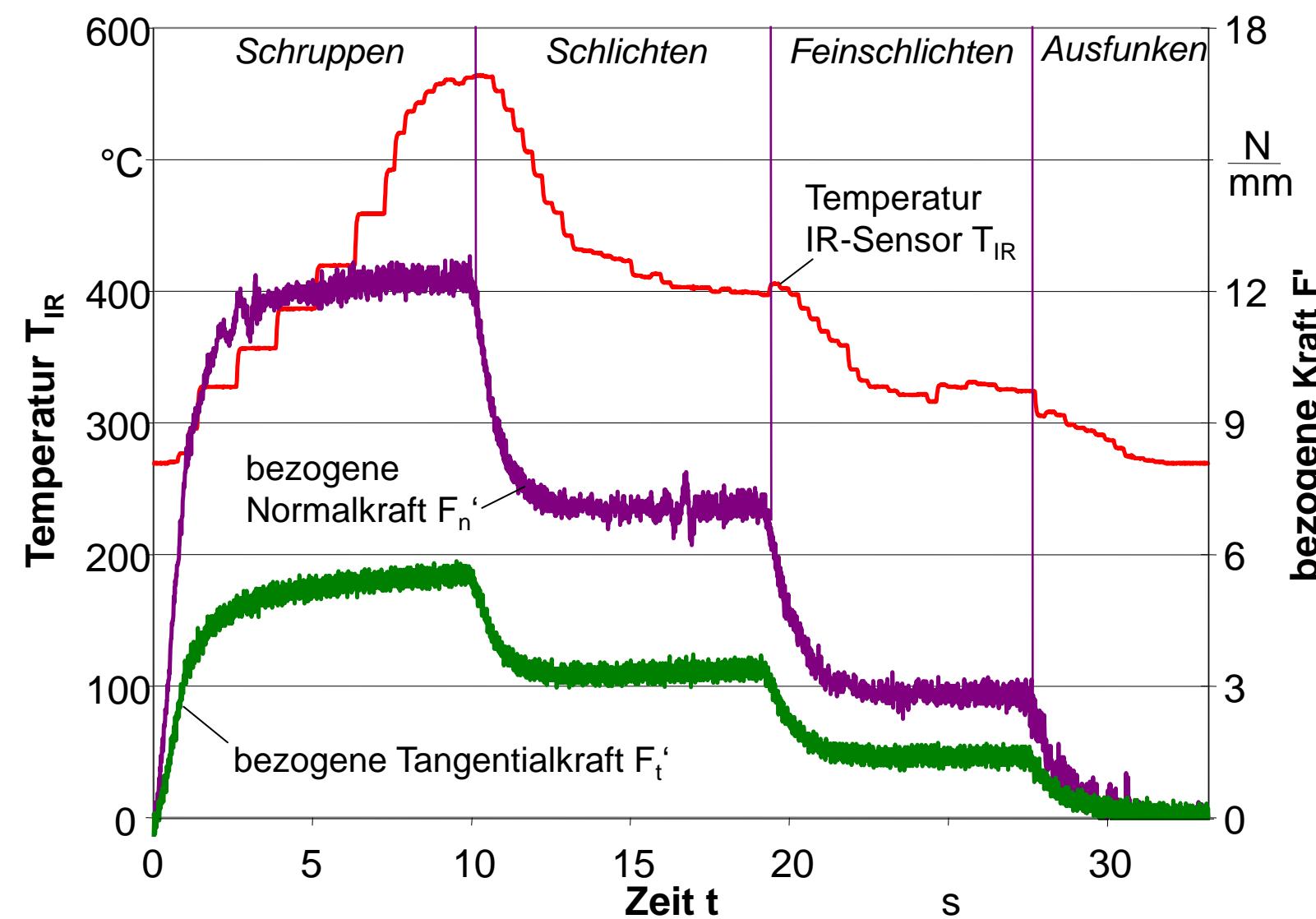


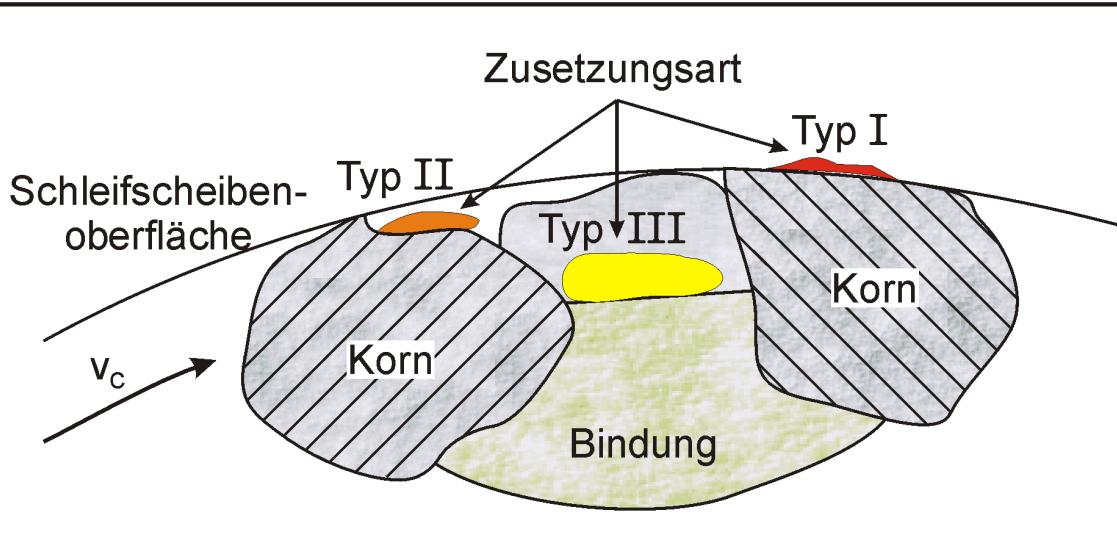
Universität Bremen
Fertigungsverfahren
Prof. E. Brinksmeier

Aufbau einer werkzeugintegrierten
Temperaturmessung mit Photodiode

Werkstück:
 18 CrNiMo 7-6
 $d_w = 96,22 \text{ mm}$
 $b = 15 \text{ mm}$
Schleifscheibe:
 EKw 80 K 8 V 10
Prozess:
 Außenrund
 $v_c = 30 \text{ m/s}$
 $n_w = 80 \text{ min}^{-1}$
Schruppen:
 $v_{fr} = 1,5 \text{ mm/min}$
 $a_{e.schr} = 0,40 \text{ mm}$
Schlitten:
 $v_{fr} = 0,8 \text{ mm/min}$
 $a_{e.schl} = 0,16 \text{ mm}$
Feinschlitten:
 $v_{fr} = 0,3 \text{ mm/min}$
 $a_{e.fschl} = 0,04 \text{ mm}$
Ausfunken:
 $t = 8 \text{ s}$
KSS:
 $Q_{KSS} = 8,5 \text{ l/min}$
Mineralöl

AWI0091





Typ I: Aufschweißung



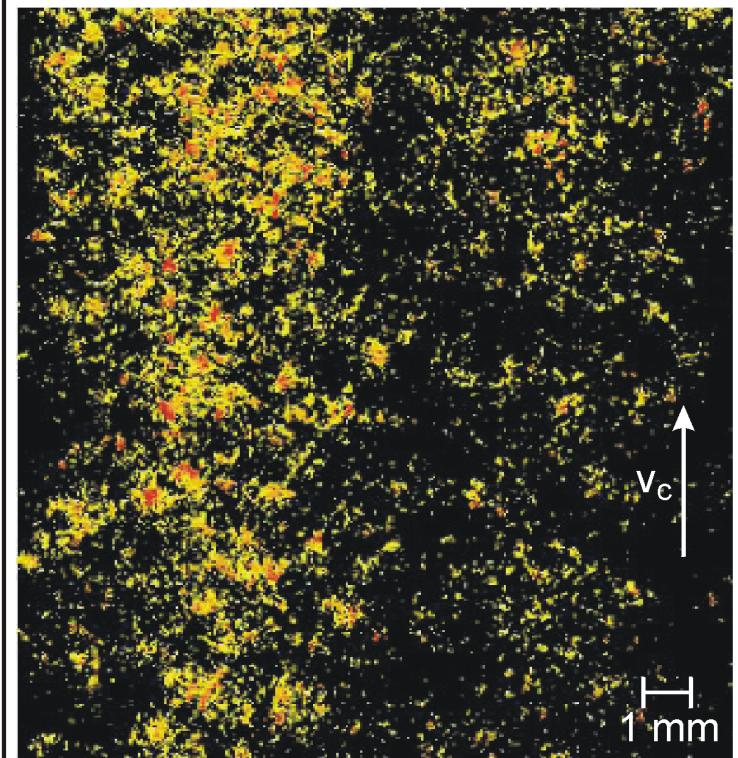
Typ II: oberflächennahe Spannester und Schleifspäne

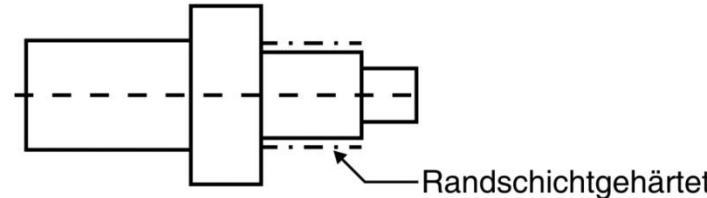


Typ III: tiefer in der Schleifscheibenstruktur liegende Spannester und Schleifspäne

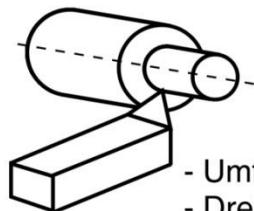


nach Zusetzungsarten analysiertes Schleifwerkzeug nachdem Schleifbrand aufgetreten ist (Draufsicht)





Weichbearbeitung



- Umformen
- Drehen
- Fräsen
- Verzahnen
- u. a.

Wärmebehandlung



- Lagern
- Transportieren



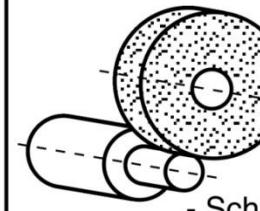
Hartbearbeitung



- Lagern
- Transportieren

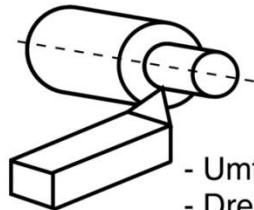


Hartbearbeitung



- Schleifen
- Honen
- Hartdrehen
- u. a.

Weichbearbeitung



- Umformen
- Drehen
- Fräsen
- Verzahnen
- u. a.

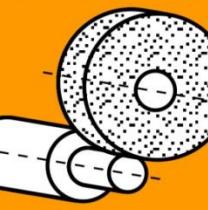
Schleifhärten



- Lagern
- Transportieren

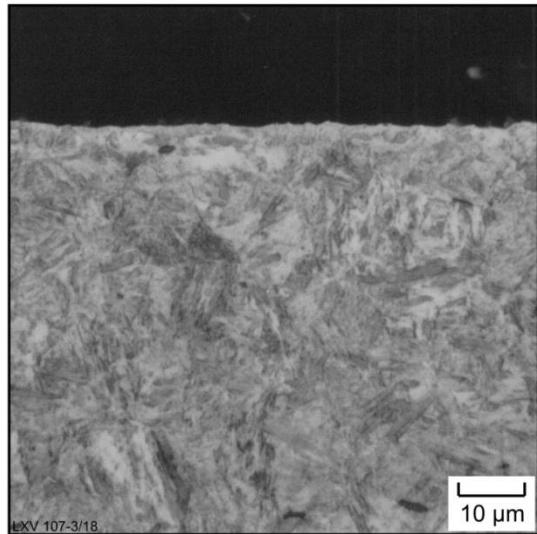
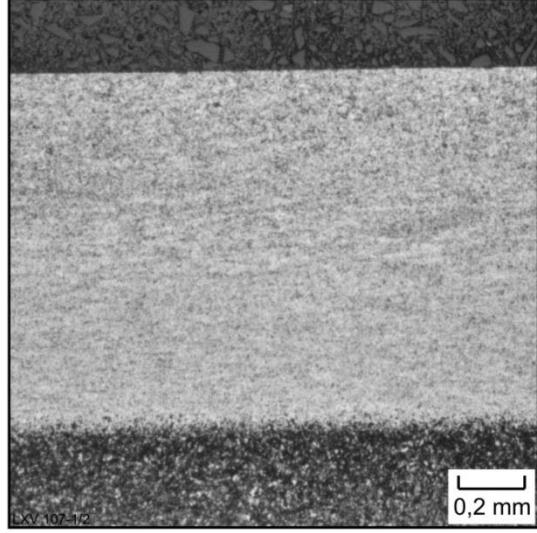


Schleifhärten



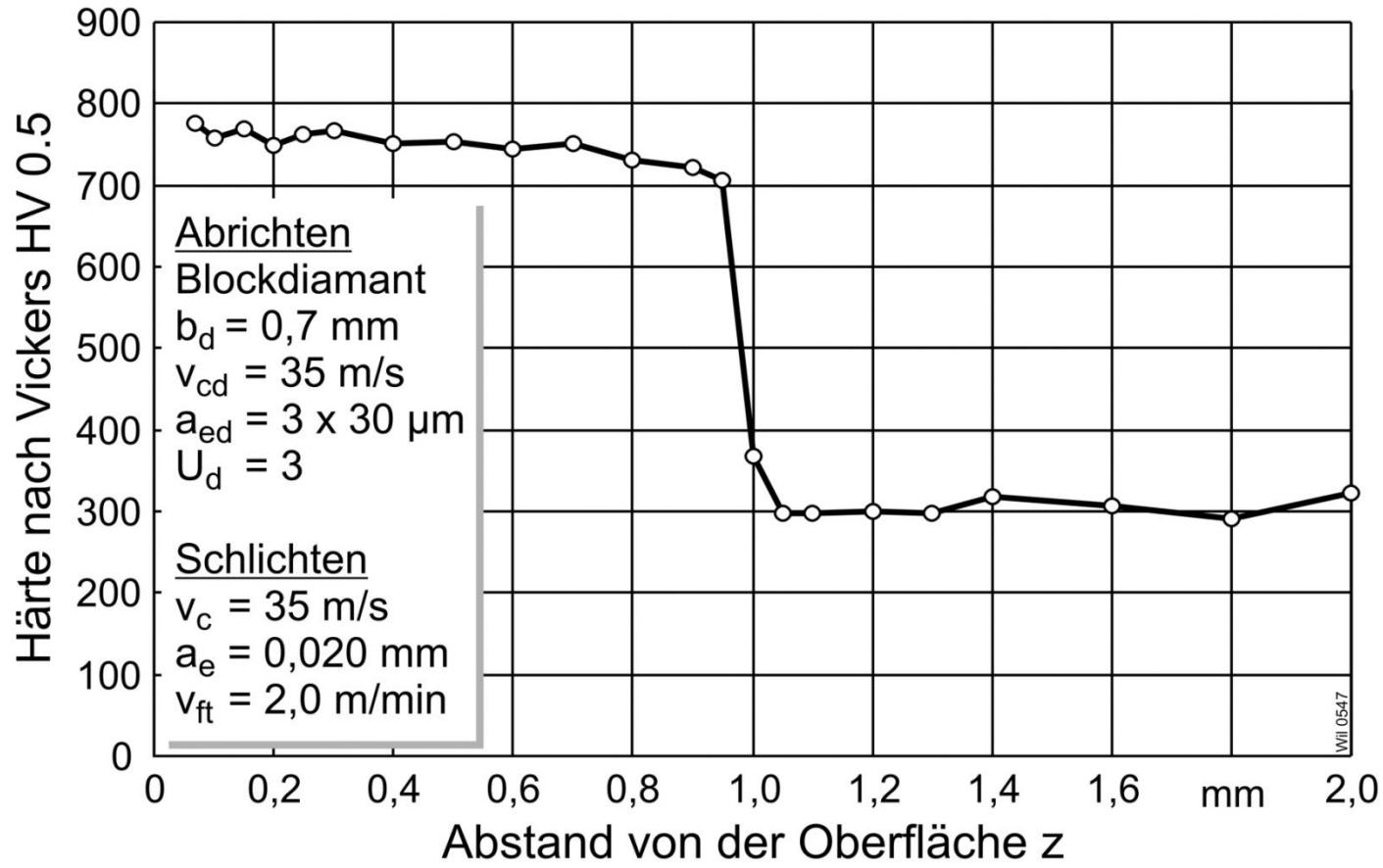
Schleifhärten,
und Finishen

Zeit- und Kostenreduzierung



Ätzmittel: 3%ige alk. HNO₃

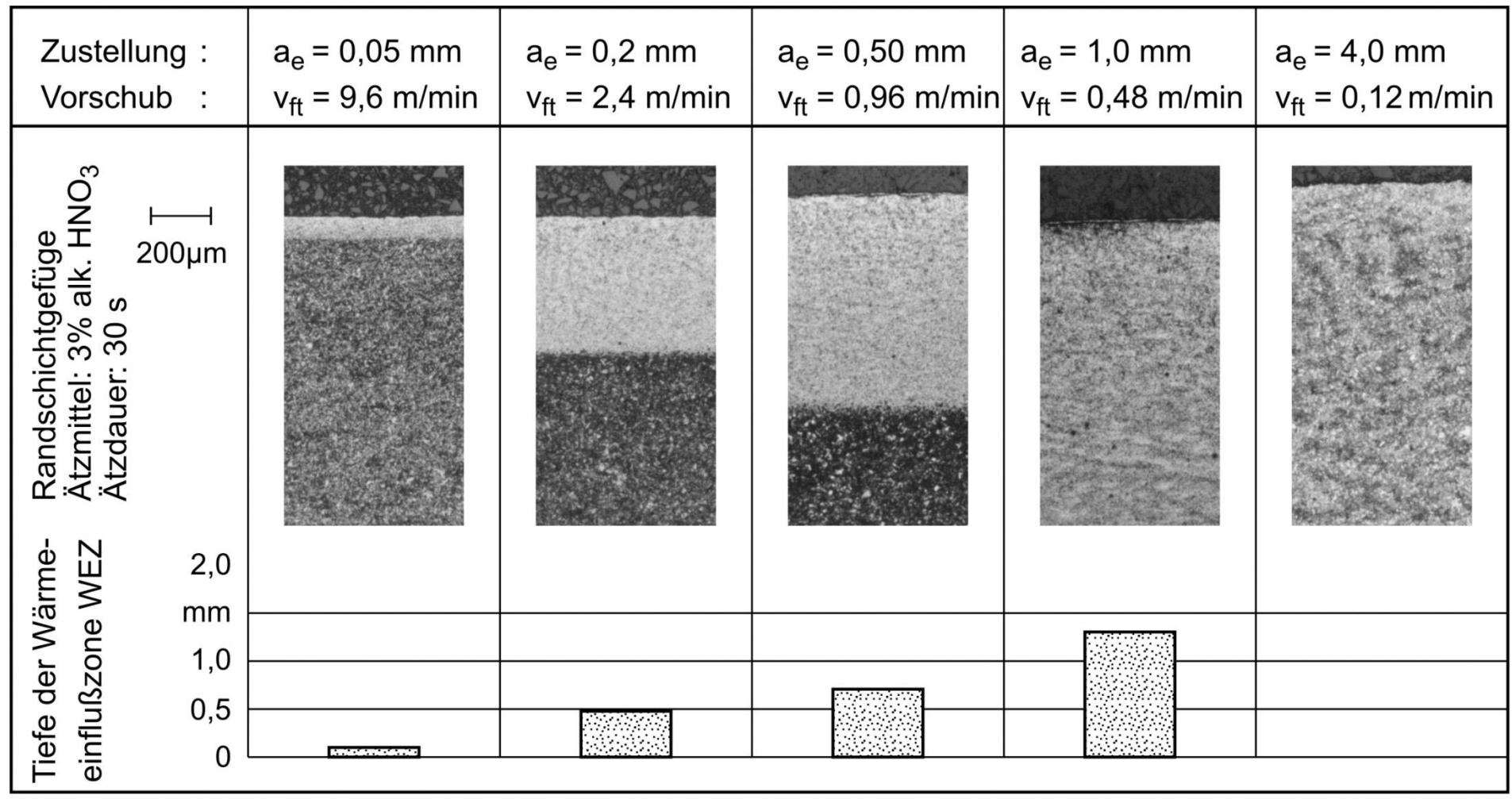
Prozeß: Plan-Umfangs-Querschleifen Werkstoff: 42CrMo4, 26 HRC
Schleifscheibe: HK 80 Jot9 V Schnittgeschw.: $v_c = 35 \text{ m/s}$
Kühlschmierstoff: Emulsion; 4,5% Zustellung: $a_e = 0,5 \text{ mm}$
KSS-Volumenstrom: $Q_{\text{KSS}} = 60 \text{ l/min}$ Vorschubgeschw.: $v_{ft} = 0,6 \text{ m/min}$



Wil 0547

Wil 0547



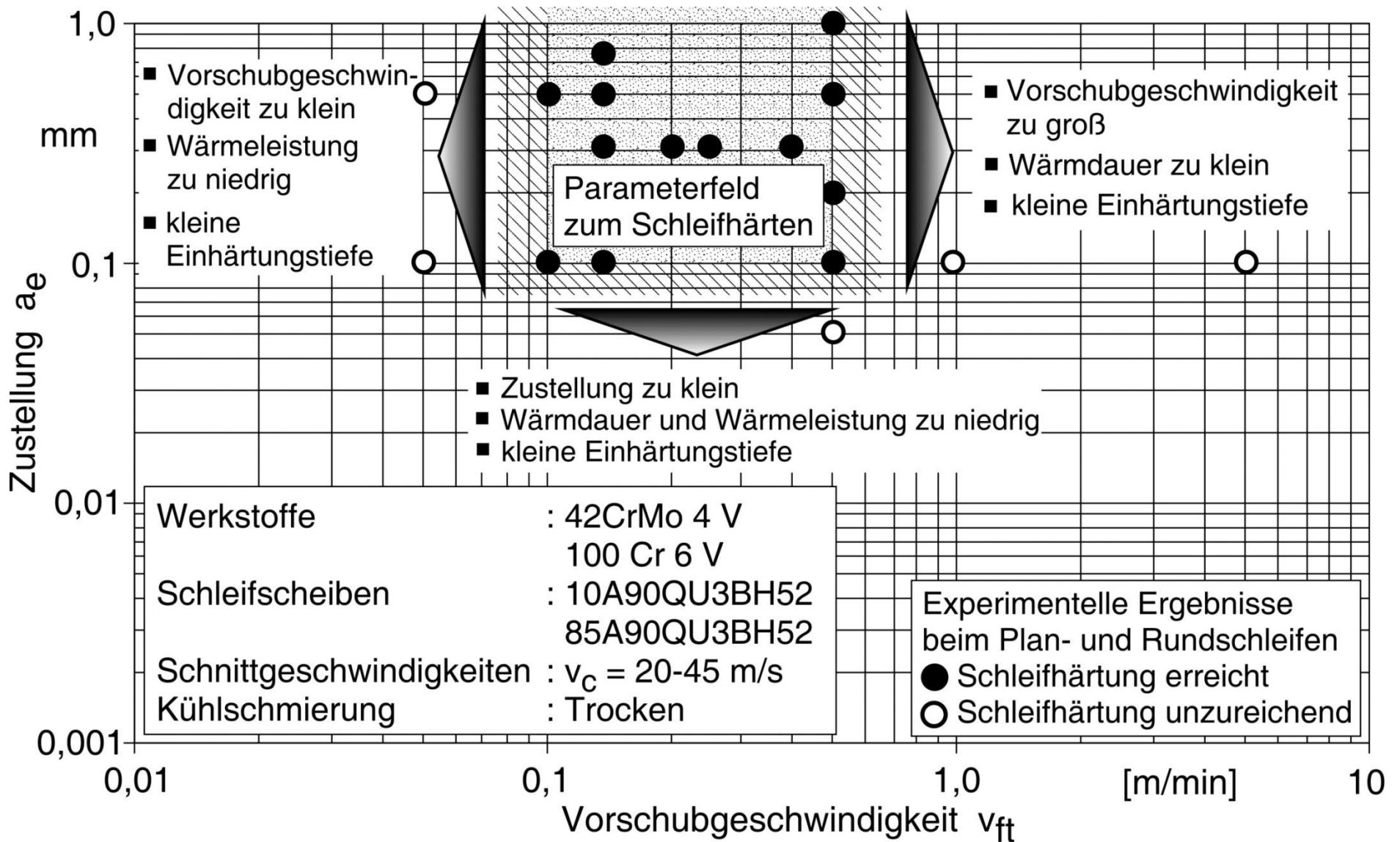


Prozeß : Planschleifen
 Werkstoff : 42CrMo4 (26 HRC)
 Schleifscheibe : A 1201 L5 B

Schnittgeschwindigkeit : $v_c = 35 \text{ m/s}$
 bez. Zeitspanvolumen : $Q'_w = 8,0 \text{ mm}^3/(\text{mm} \cdot \text{s})$
 Kühlsmierstoff : Emulsion 4,5 %

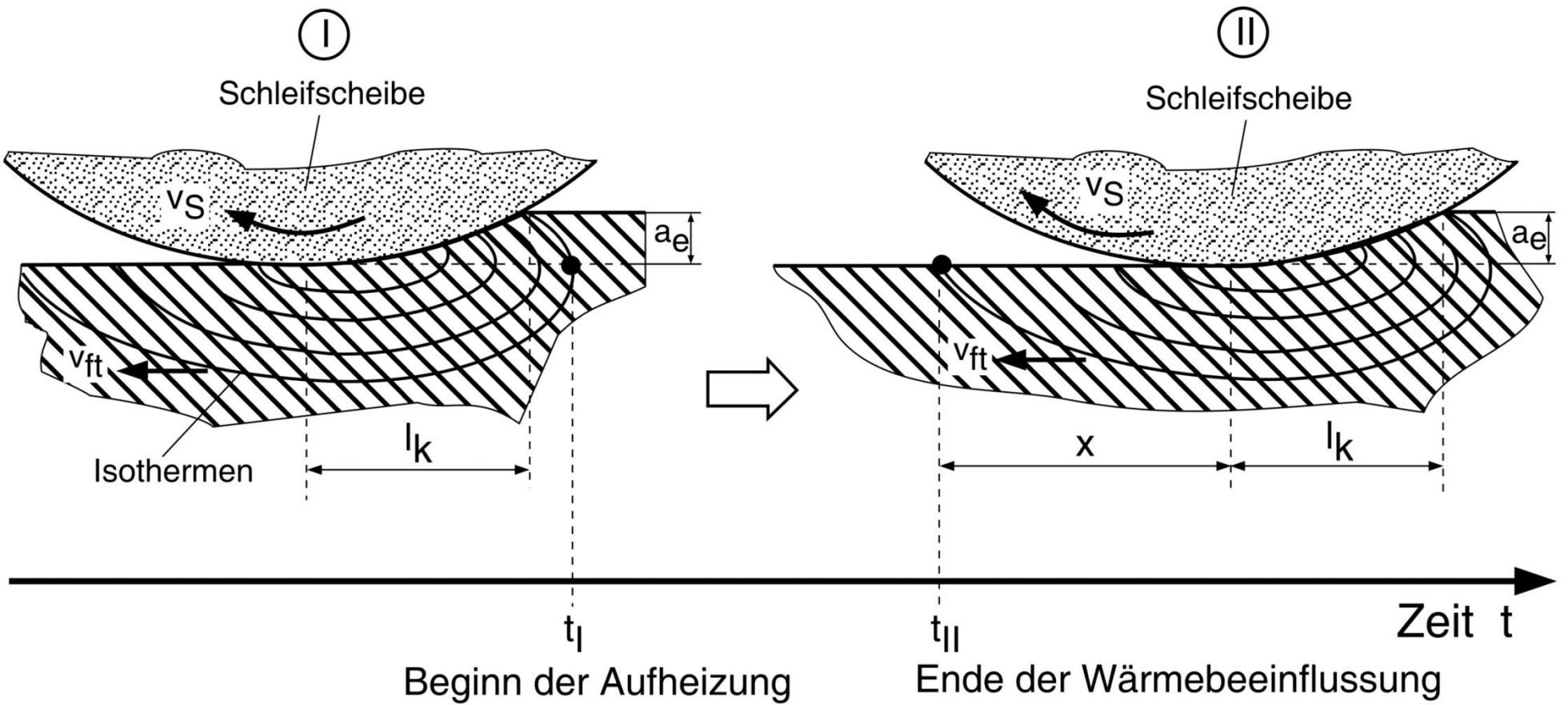
Wil 0328





Bro 0365





$$WD = t_{II} - t_I \approx \frac{l_k + x}{v_{ft}}$$

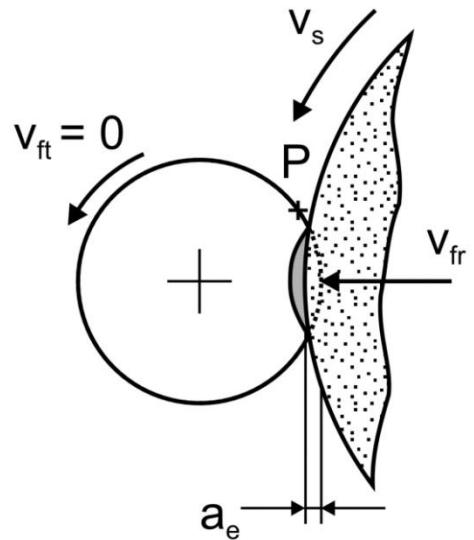
v_{ft} : Vorschubgeschwindigkeit [variabel]

l_k : Kontaktlänge, Fkt.(a_e , d_{eq}) [variabel]

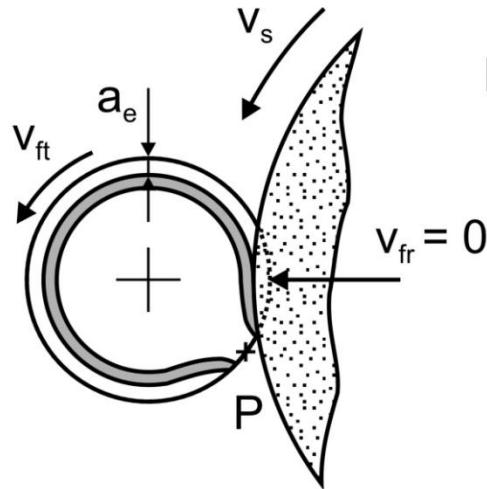
x = Fkt.(λ , c , a_e , v_{ft} , ...) [komplexer Zusammenhang]

Bro 0362

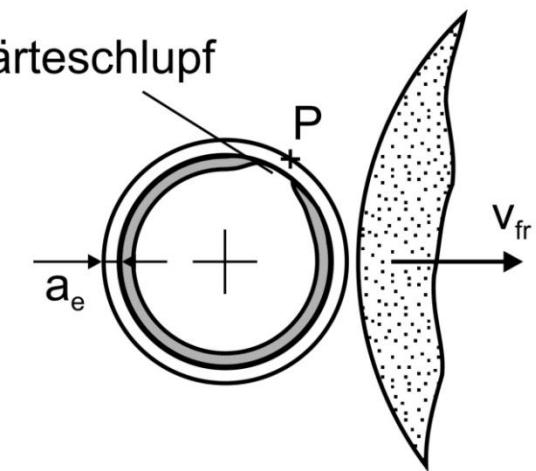




1. Einstechen



2. Schleifhärten
des Umfangs



3. Härteschlupf im
Überlappungsbereich



wärmebehandeltes
Gefüge

