



**Internationale Ringvorlesung 2005
Industrial Ecology**

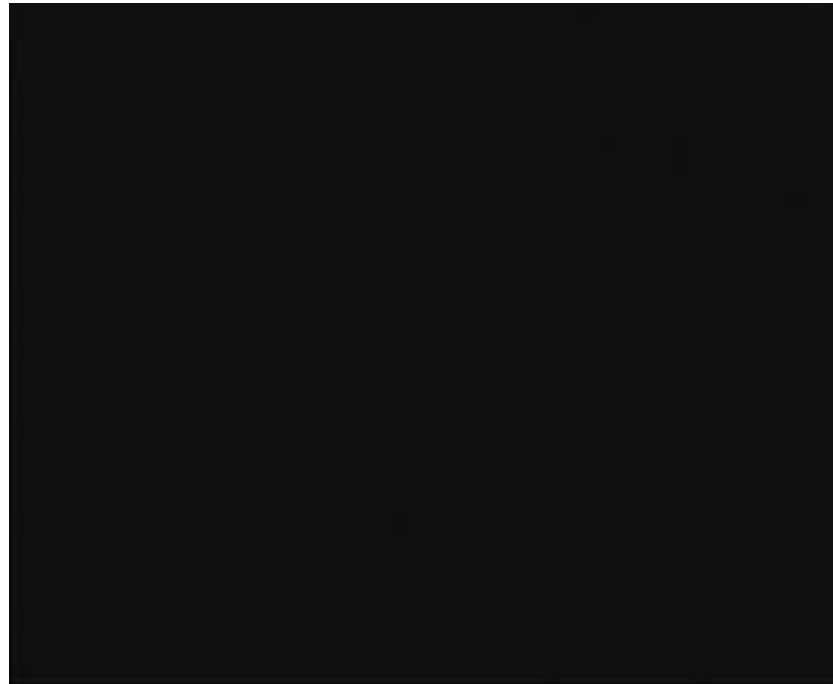
**Wieviel Schmierstoff ist notwendig? - Effizienter Einsatz
von Kühlschmierstoffen in Zerspanprozessen
Prof. Dr.-Ing. habil. E. Brinksmeier**

**Universität Bremen,
Fachgebiet Fertigungsverfahren**



Universität Bremen
Fertigungsverfahren
Prof. E. Brinksmeier

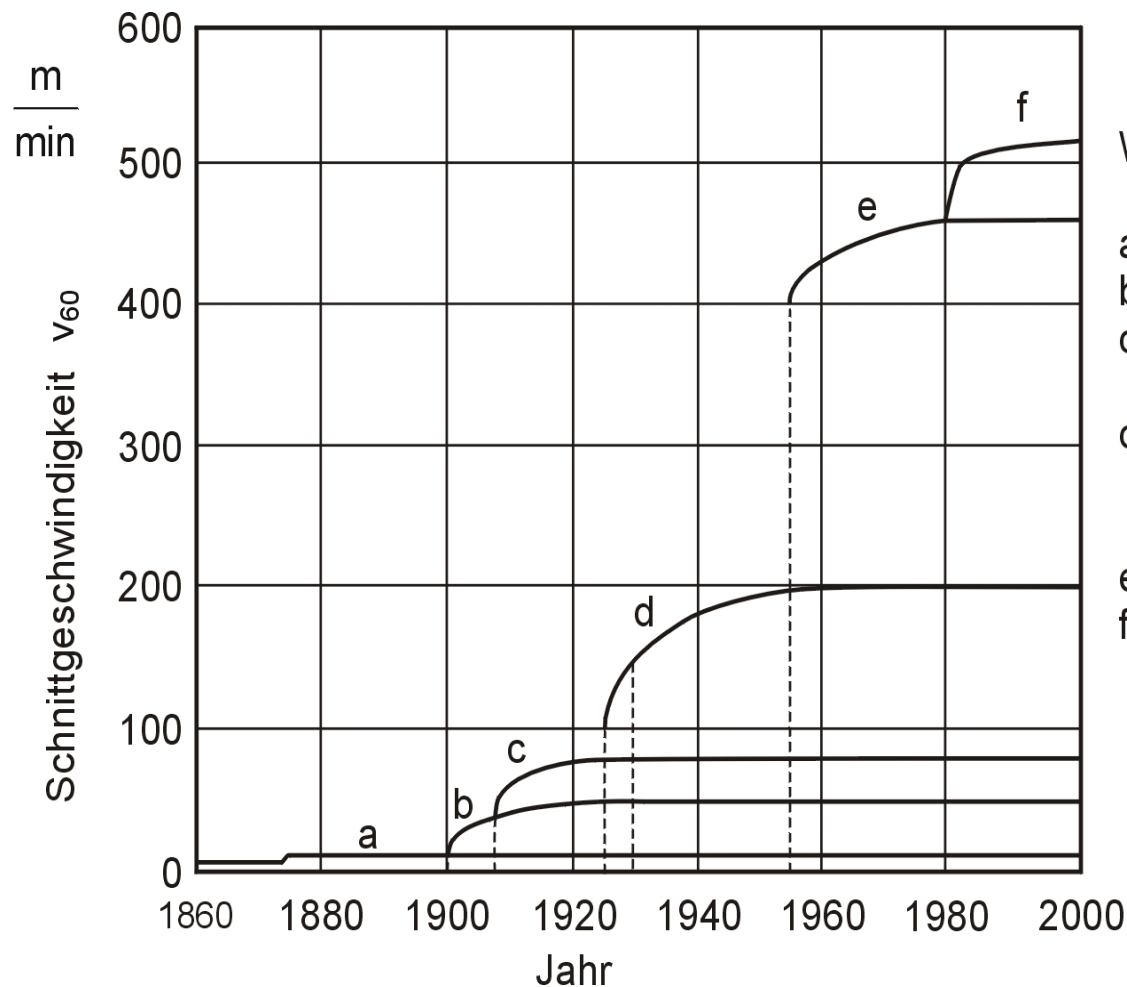
**Internationale Ringvorlesung 2005
Industrial Ecology**



Quelle: NSU 1961

Universität Bremen
Fertigungsverfahren
Prof. E. Brinksmeier

Trockenbearbeitung beim Drehen



Weiterentwicklung der Schneidstoffe:

- a Werkzeugstahl (1875 Mushet)
- b Schnellarbeitsstahl (1900 Taylor)
- c gegossenes Hartmetall (Stellit) (1907 Haynes)
- d Sinterhartmetall (1925 Wolfram-Karbide, 1930 Wolfram- Titan-Karbide)
- e Schneidkeramik (1955)
- f CBN

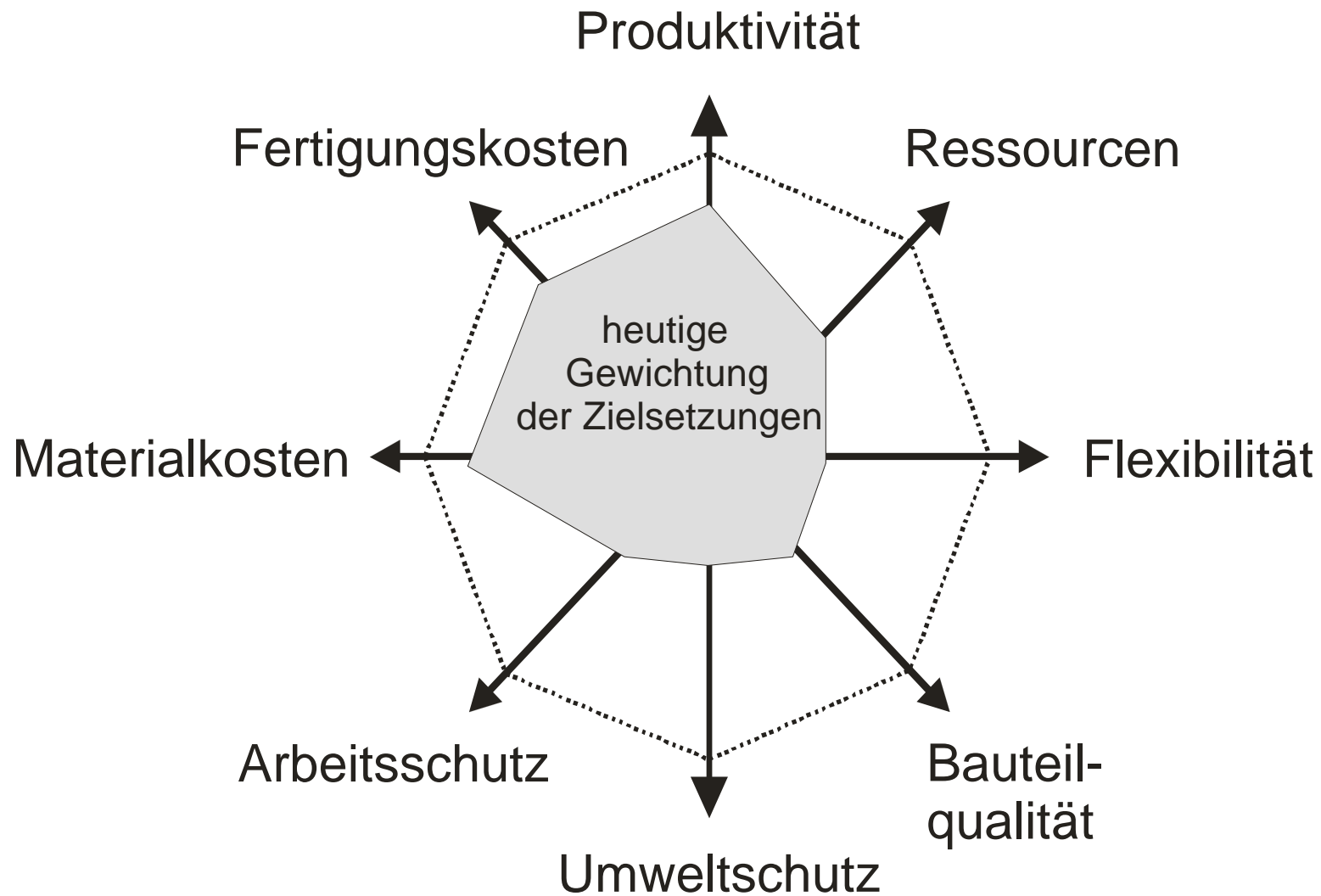


Quelle: Spur

Universität Bremen
Fertigungsverfahren
Prof. E. Brinksmeier

Br 0726

Steigerung der Schnittgeschwindigkeiten
beim Drehen

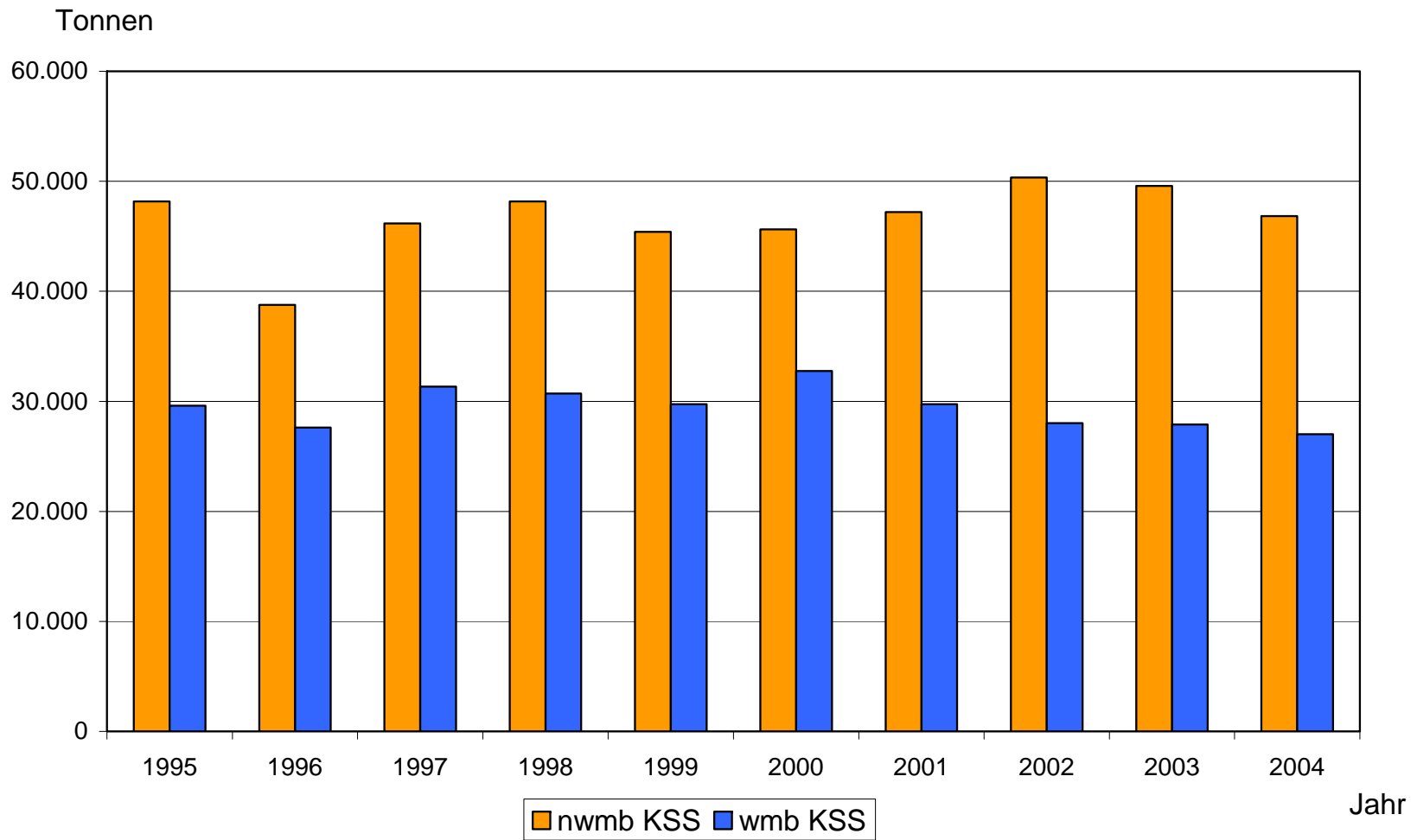


WA 1227/ECK 0524



Universität Bremen
Fertigungsverfahren
Prof. E. Brinksmeier

Spannungsfeld bei der spanenden Metallbearbeitung



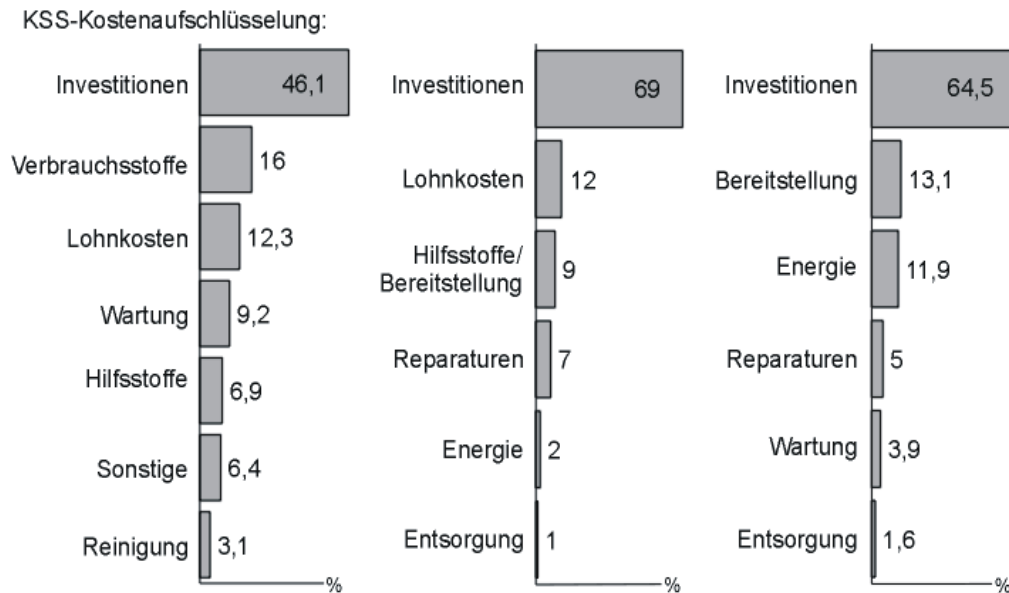
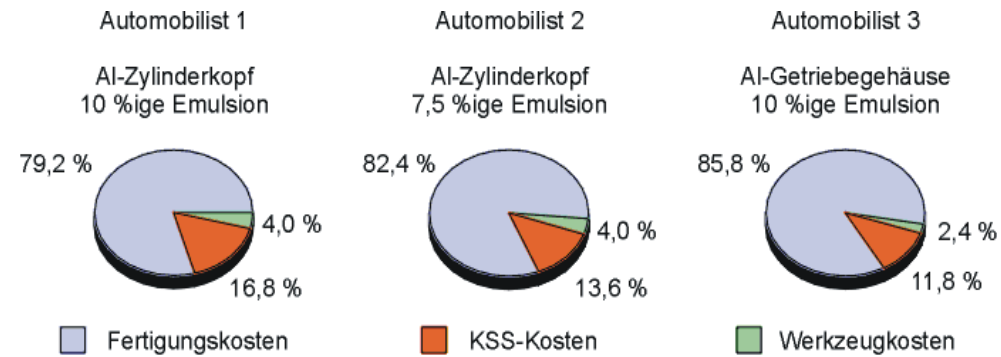
Quelle: Statistisches Bundesamt

WA 1425



Universität Bremen
Fertigungsverfahren
Prof. E. Brinksmeier

Verbrauch von Kühlschmierstoffen in Deutschland



Quelle: Daimler Chrysler AG, BMW AG, VW AG

Quelle: DaimlerChrysler, VW, BMW

WA 1307/Eck 0610



Universität Bremen
Fertigungsverfahren
Prof. E. Brinksmeier

Kostenstruktur der KSS-Technik

- EU-Richtlinien (ECC Guidelines), ATP
- Chemikaliengesetz (ChemG)
- Gefahrstoffverordnung (GefStoffV)
- Technische Regeln für Gefahrstoffe, TRGS

Für Kühlschmierstoffe gelten (u.a.)

TRGS 220, 402, 420, 440, 531, 540, 552, 611, 900/901, lfd. Nr. 72, Teil 1+4, 907

- EU-Biozid-Verordnung
- BG-Richtlinie BGR 143
- BiostoffVO
- Wasserhaushaltsgesetz (WHG)
- Verordnungen und Vorschriften der Länder über das Lagern, Abfüllen und Umschlagen (LAU-Anlagen) sowie Herstellen, Behandeln, Verwenden (HBV- Anlagen), VAwS

Quelle: nach Müller, Oemeta

WA 1281



Universität Bremen
Fertigungsverfahren
Prof. E. Brinksmeier

Rechtsbasis für den Einsatz und Umgang mit KSS
(Auswahl von Gesetzen, Verordnungen, Regelwerken)

Durch KSS ausgelöste Berufskrankheiten im Zuständigkeitsbereich der Metall-BG (Stand 2001/02):

- ca. 80 % Hauterkrankungen (BK 5101).
- ca. 10 % Atemwegserkrankungen (BK 4301/02).
- ca. 10 % sonstige Erkrankungen.

Auswertung spezifisch auf alle Hauterkrankungen ergibt als Auslöser:

- ca. 35 % Kühlschmierstoffe.
- ca. 20 % Metalle/ -salze.
- ca. 15 % weitere Mineralölprodukte.
- ca. 30 % sonstige Ursachen.



Quelle: VDI 3397-1 Überarbeitung im Entwurf 2003

WA 1283



Universität Bremen
Fertigungsverfahren
Prof. E. Brinksmeier

Berufskrankheiten im Zuständigkeitsbereich
der Metall-BG



Anwendung innovativer Bauteile

- Fahrzeugbau
- Maschinenbau
- Luft- u. Raumfahrttechnik
- Automotive



- Leichtbau
- Präzisionstechnik
- Kostenreduzierung
- Wirtschaftlichkeit



Anforderungen an die Fertigungstechnik

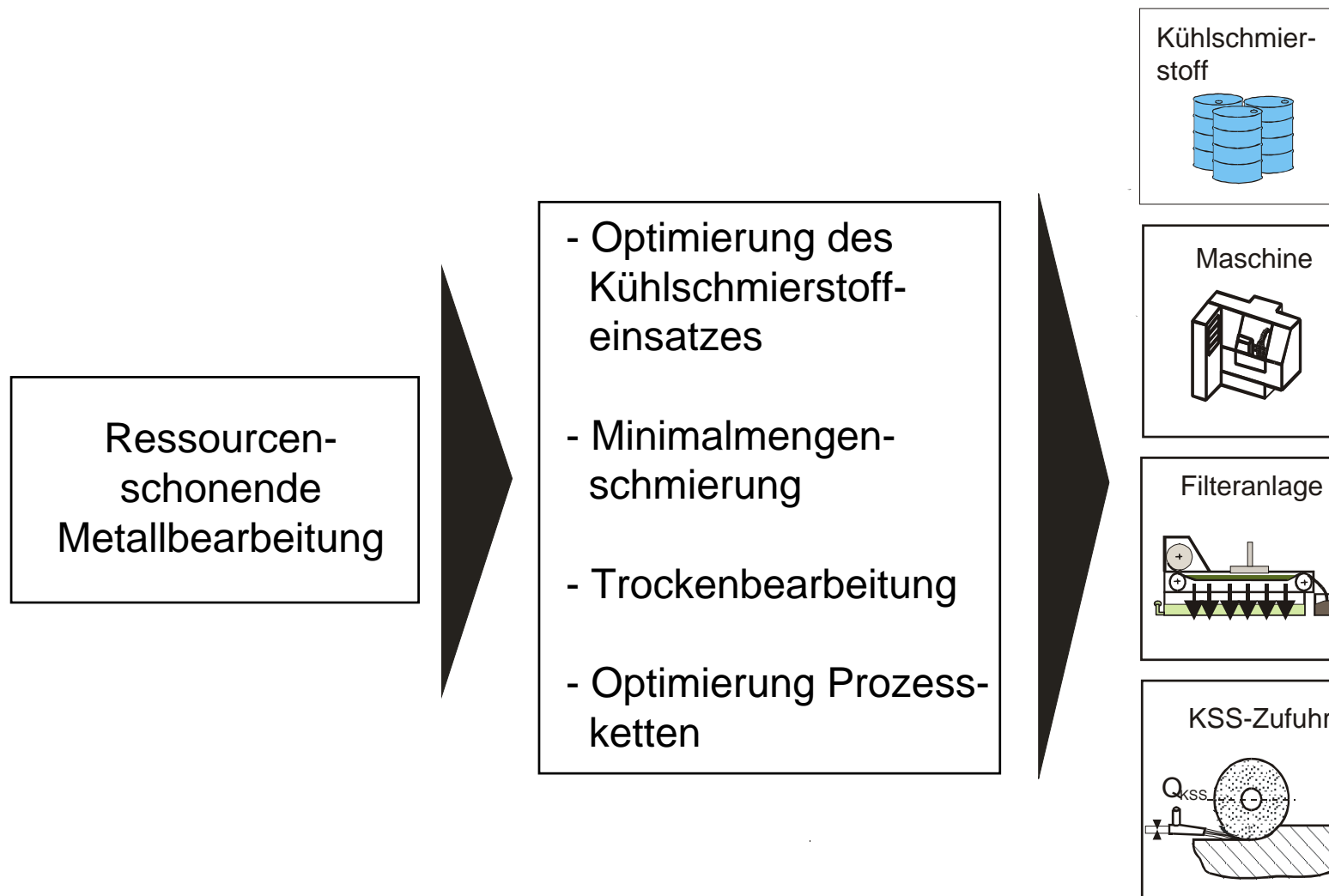
- Einsatz von neuen Werkstoffen
- Beherrschung von Prozessketten
- reduzierte Fertigungstoleranzen
- verbesserte Oberflächenqualität
- stabile Fertigungsprozesse
- Reduzierung der Prozesszeiten

WA 1316



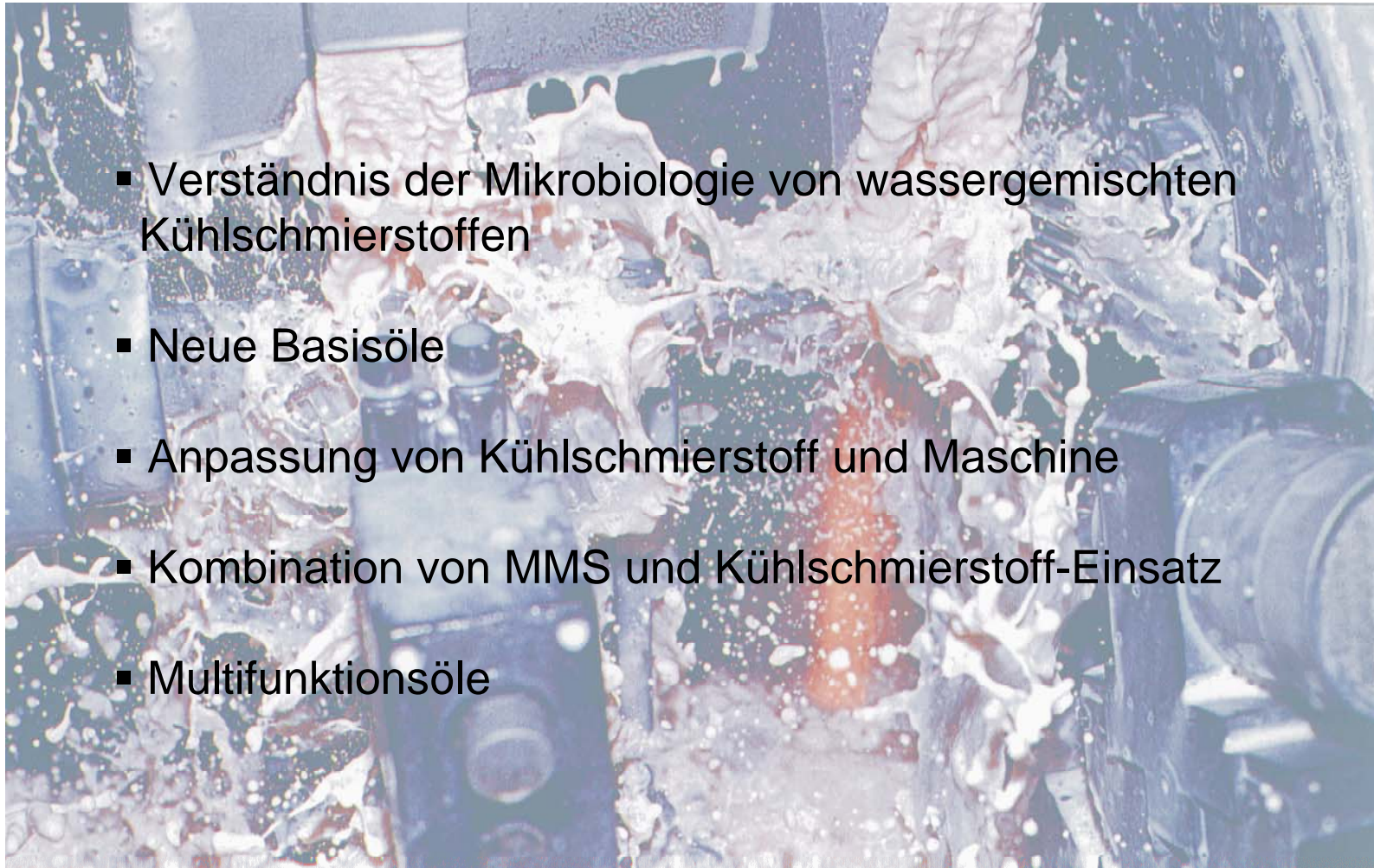
Universität Bremen
Fertigungsverfahren
Prof. E. Brinksmeier

Neue Trends in der Fertigungstechnik



WA 1399





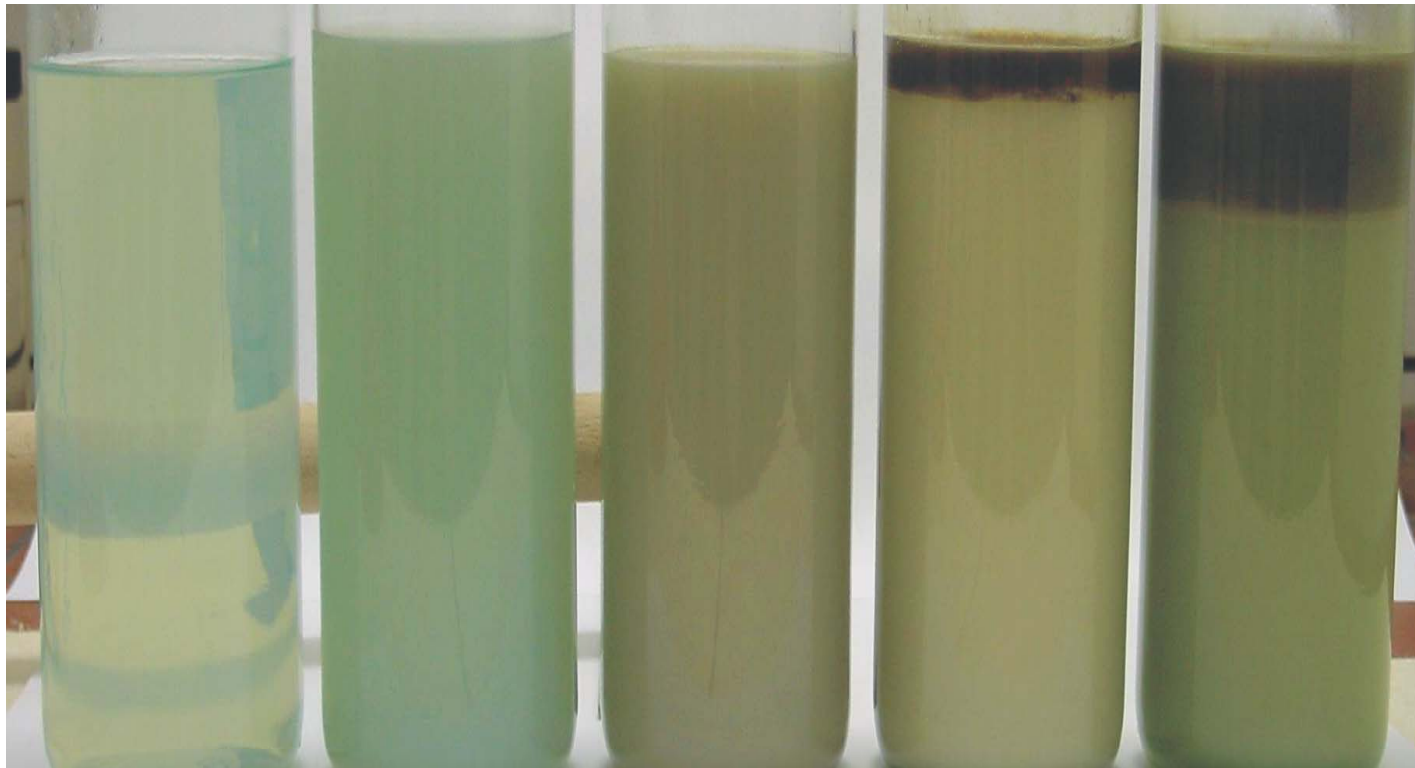
- Verständnis der Mikrobiologie von wassergemischten Kühlschmierstoffen
- Neue Basisöle
- Anpassung von Kühlschmierstoff und Maschine
- Kombination von MMS und Kühlschmierstoff-Einsatz
- Multifunktionsöle

WA 1407



Universität Bremen
Fertigungsverfahren
Prof. E. Brinksmeier

Alternative Kühlschmierstofftechnologien



1. Monat

2. Monat

3. Monat

4. Monat

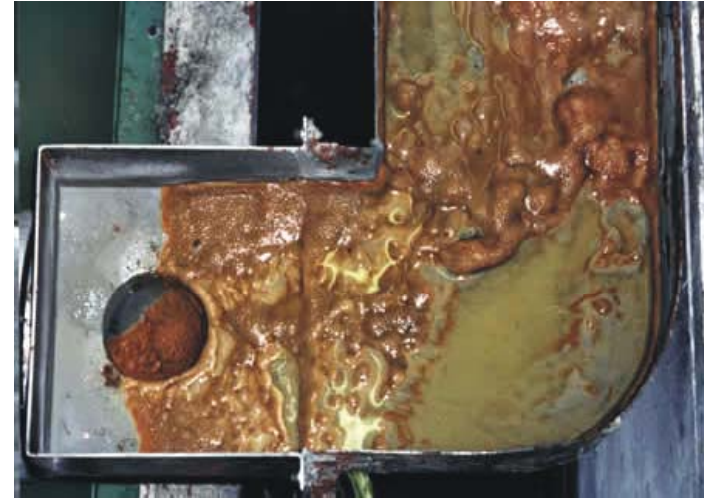
5. Monat



Quelle: ACMOS

Universität Bremen
Fertigungsverfahren
Prof. E. Brinksmeier

Alterung einer KSS-Emulsion:
Proben aus der Praxis

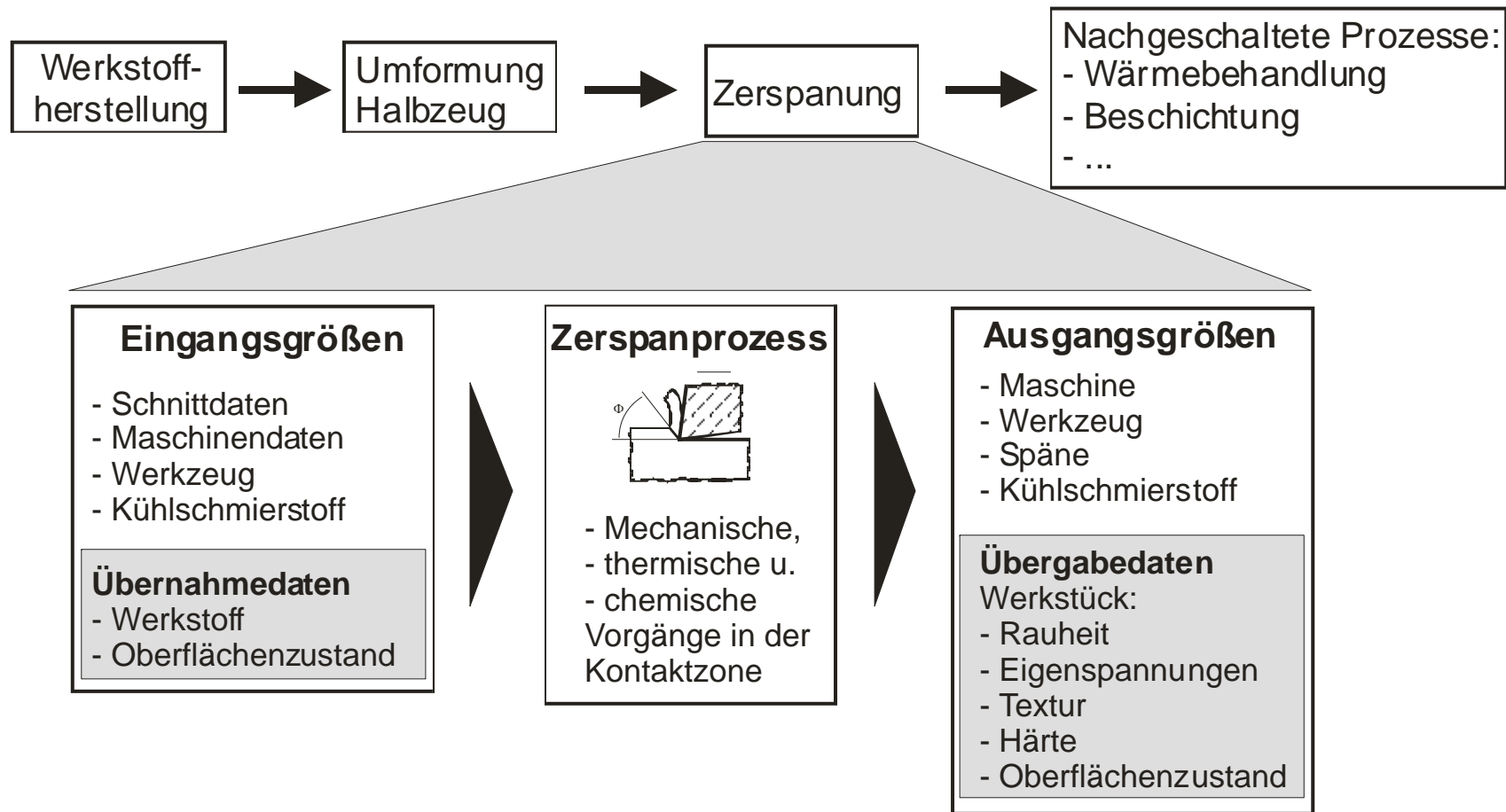


Quelle: SMBG, Schülke & Mayr



Universität Bremen
Fertigungsverfahren
Prof. E. Brinksmeier

Beispiele für Biofilmauflagerungen
in KSS-Systemen



WA 1076



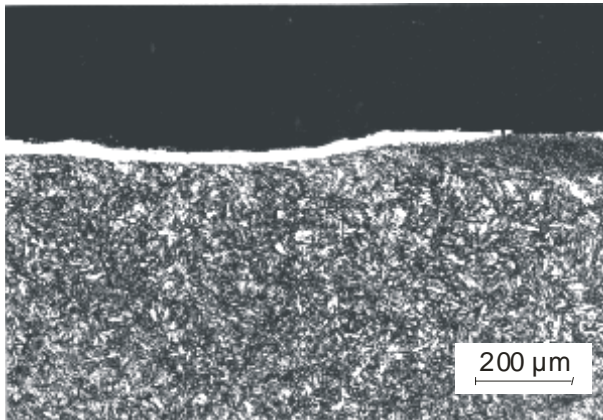
Universität Bremen
Fertigungsverfahren
Prof. E. Brinksmeier

Übernahme- und Übergabedaten in der Fertigungskette

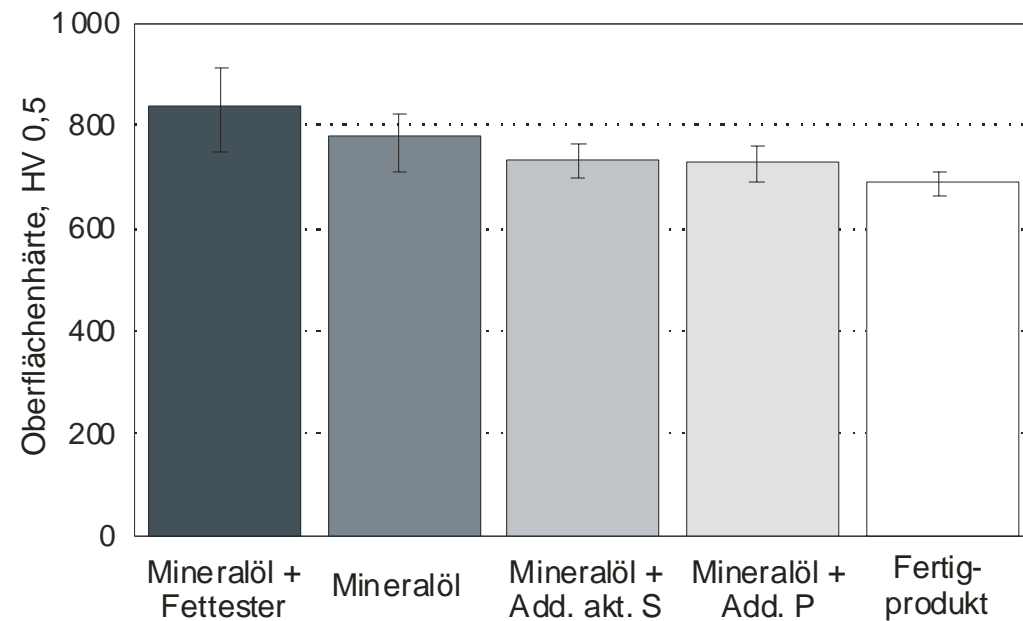
Prozess: Schaftfräsen
Werkstoff: 42 Cr Mo 4
Schnittgeschw.: $v_c = 30$ m/min
Vorschub pro Zahn: $f_z = 0,05$ mm
Schnitttiefe: $a_p = 5$ mm

Gasnitrieren: 520 °C, 10 min, $k_n = 10$

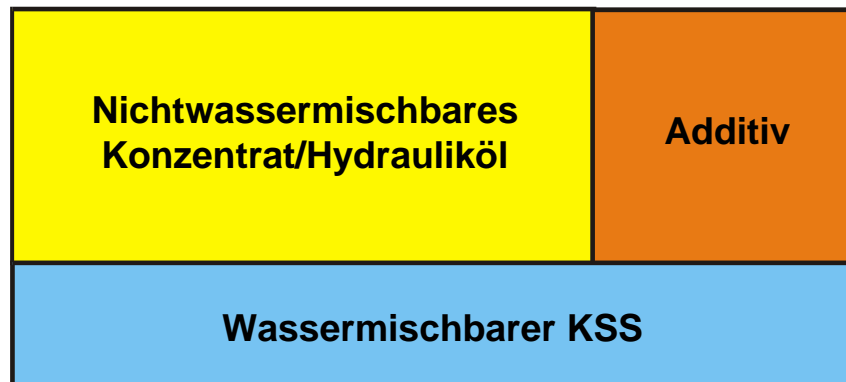
Eingriffsbreite $a_e = 20$ mm
KSS: Mineralöl
+ 3/5/7 Vol.-% Add.
akt. Schwefel
Schneidstoff: HSS, unbesch.
 $D = 20$ mm, $z = 4$



gefräst, gereinigt, nitriert

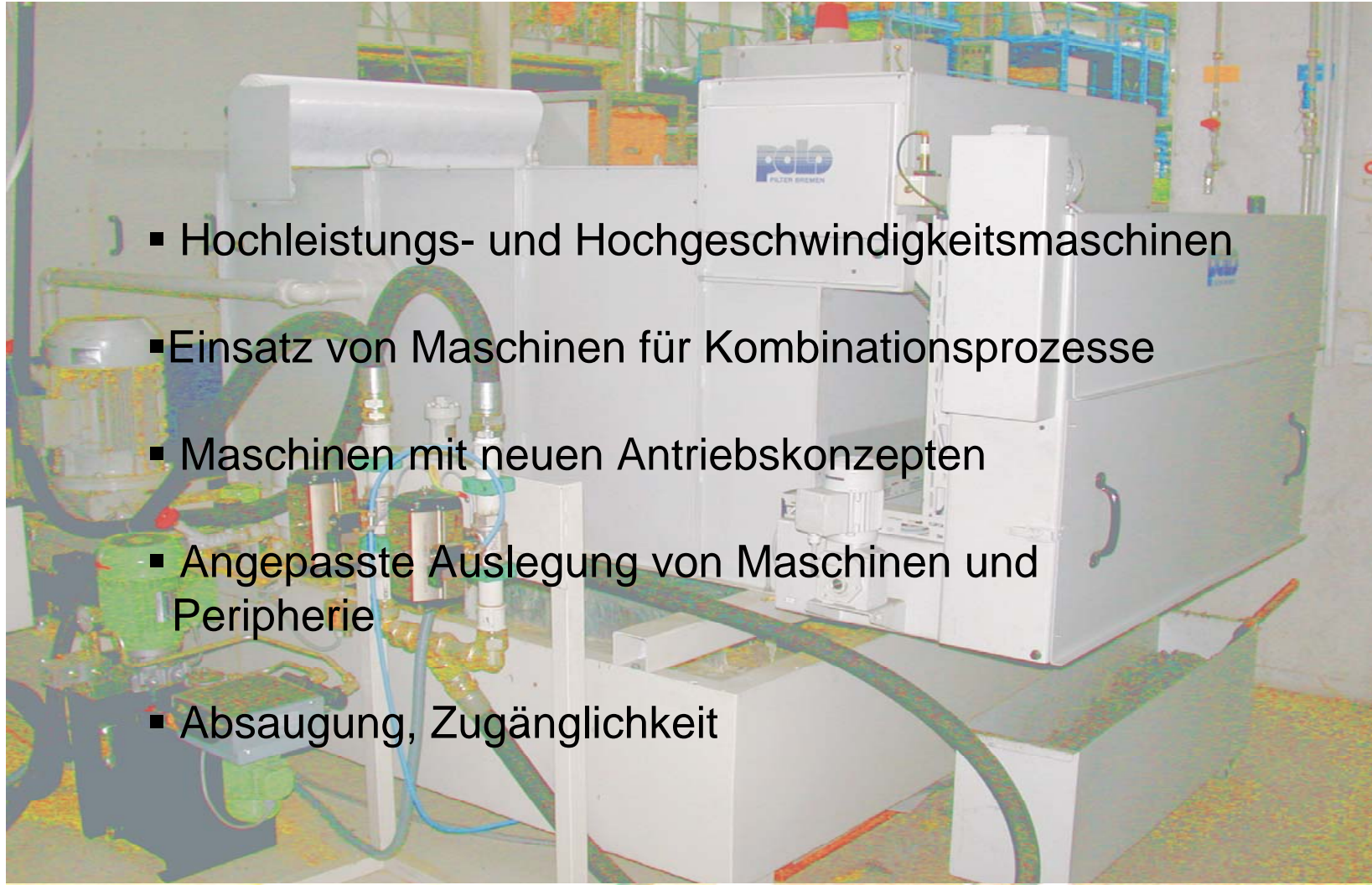


- Fertigungslinie muss darauf abgestimmt werden, sonst „produziert man Emulsionen“
- Esterprodukte: Dichtungen und Lacke müssen Ester tauglich sein
- Kosten-/Nutzenrechnung
- Prinzip der Multifunktionsprodukte:



WA 1406





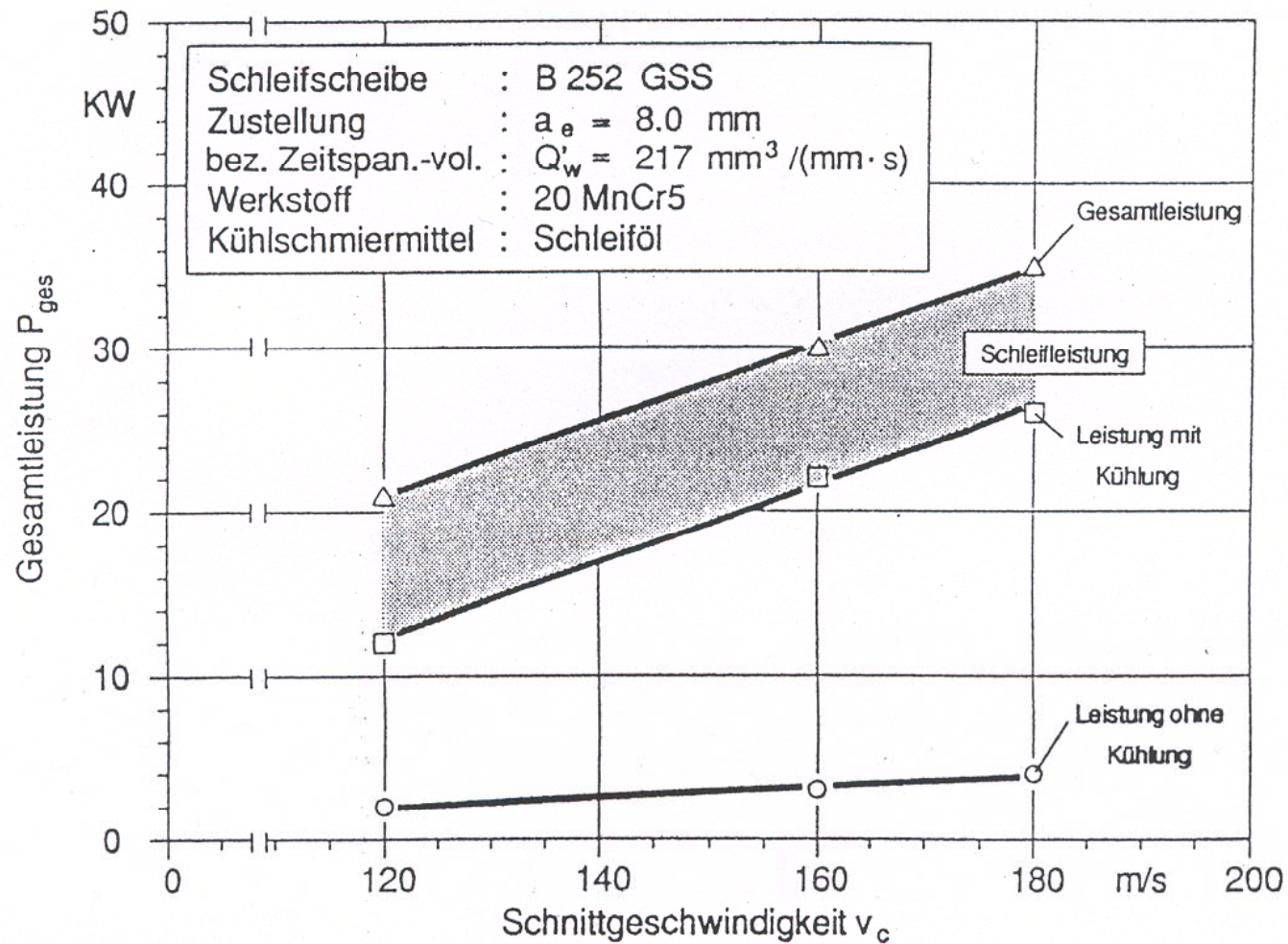
- Hochleistungs- und Hochgeschwindigkeitsmaschinen
- Einsatz von Maschinen für Kombinationsprozesse
- Maschinen mit neuen Antriebskonzepten
- Angepasste Auslegung von Maschinen und Peripherie
- Absaugung, Zugänglichkeit

WA 1408



Universität Bremen
Fertigungsverfahren
Prof. E. Brinksmeier

Anforderungen an die Werkzeugmaschine und die
Peripherie



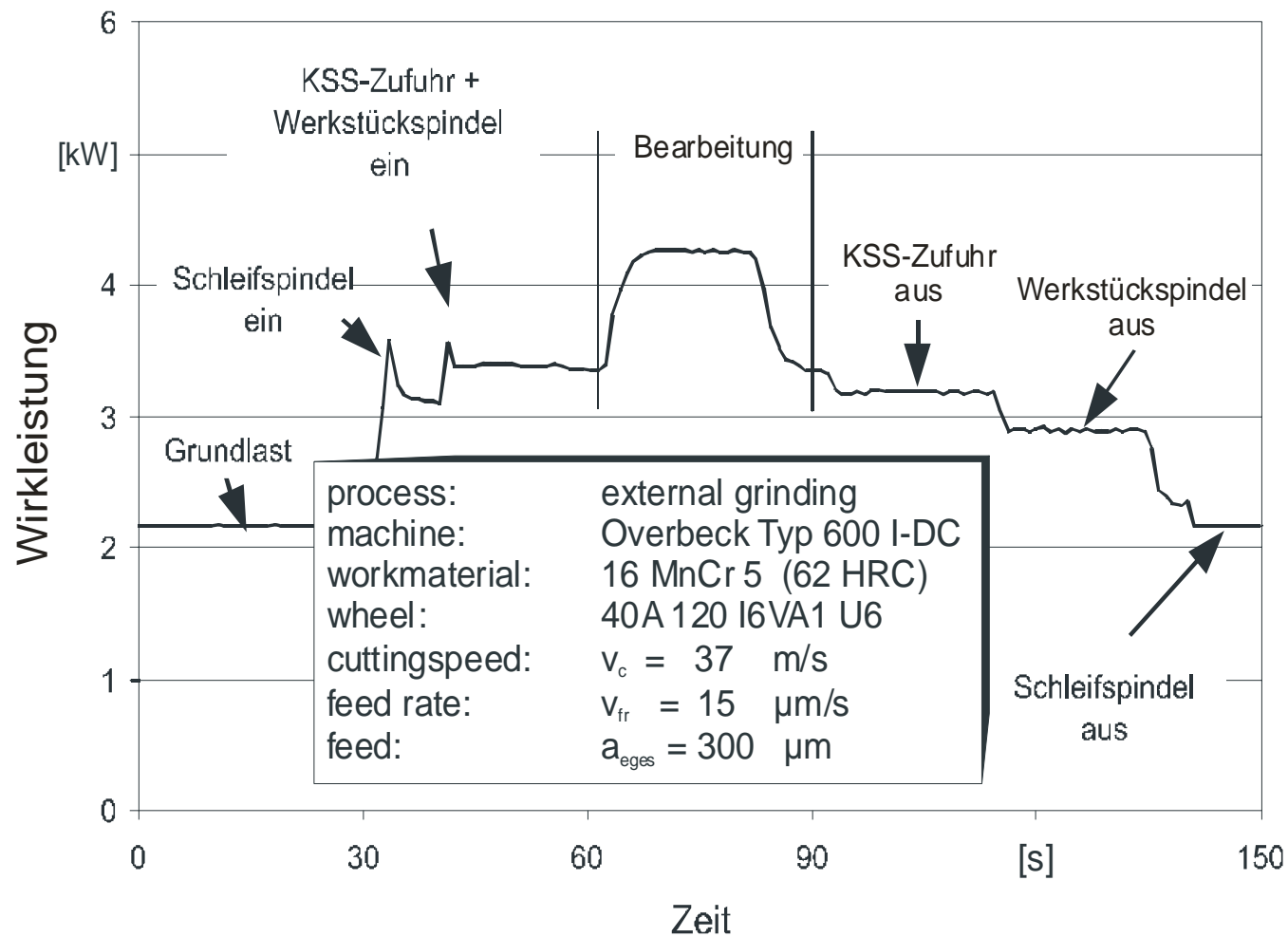
Quelle: Diss. Tawakoli

Bri 0203



Universität Bremen
 Fertigungsverfahren
 Prof. E. Brinksmeier

Einfluss der Schnittgeschwindigkeit auf die elektrische
 Leistungsaufnahme beim Hochleistungsschleifen

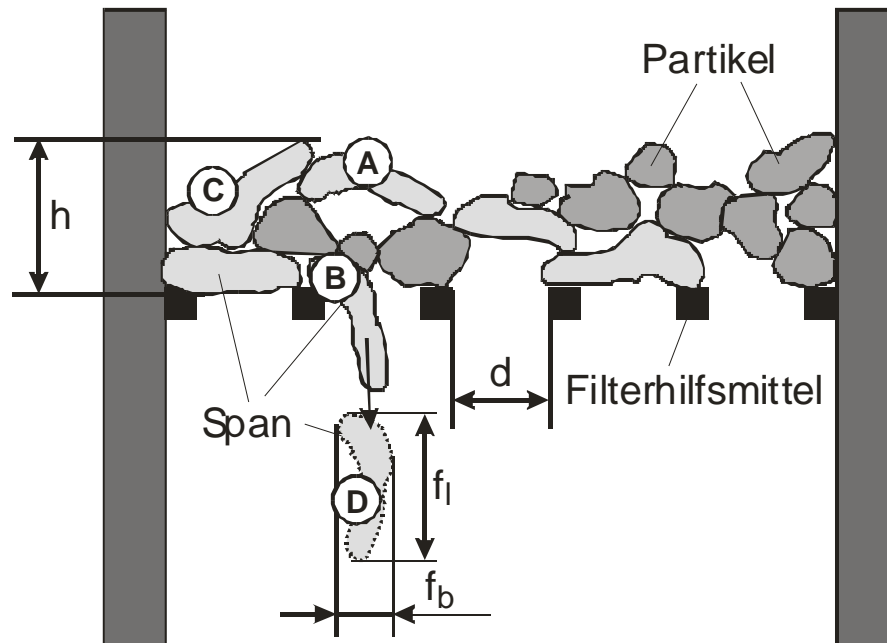


WA 1232/ECK 0569



Universität Bremen
Fertigungsverfahren
Prof. E. Brinksmeier

Leistungsverlauf einer Schleifmaschine



Filterkuchenhöhe h

Porenweite des Filtermittels d

Flächenspanlänge f_l

Flächenspanbreite f_b

$f_b < d < f_l$

A: Brückenbildung

B: Verhaken

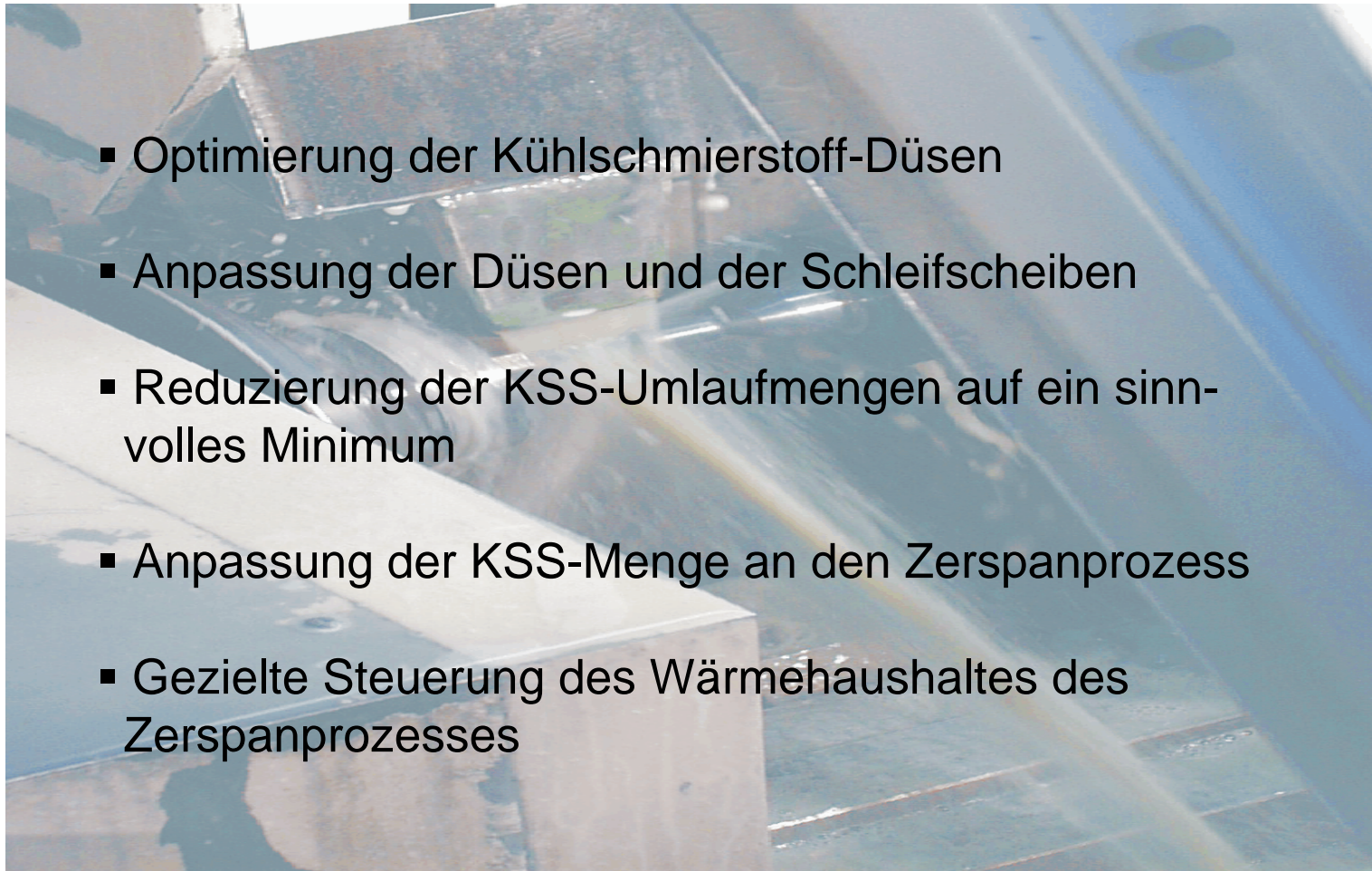
C: Anlagerung

D: nicht zurückgehaltenes Partikel



Universität Bremen
Fertigungsverfahren
Prof. E. Brinksmeier

Spanorientierung über dem Filterhilfsmittel



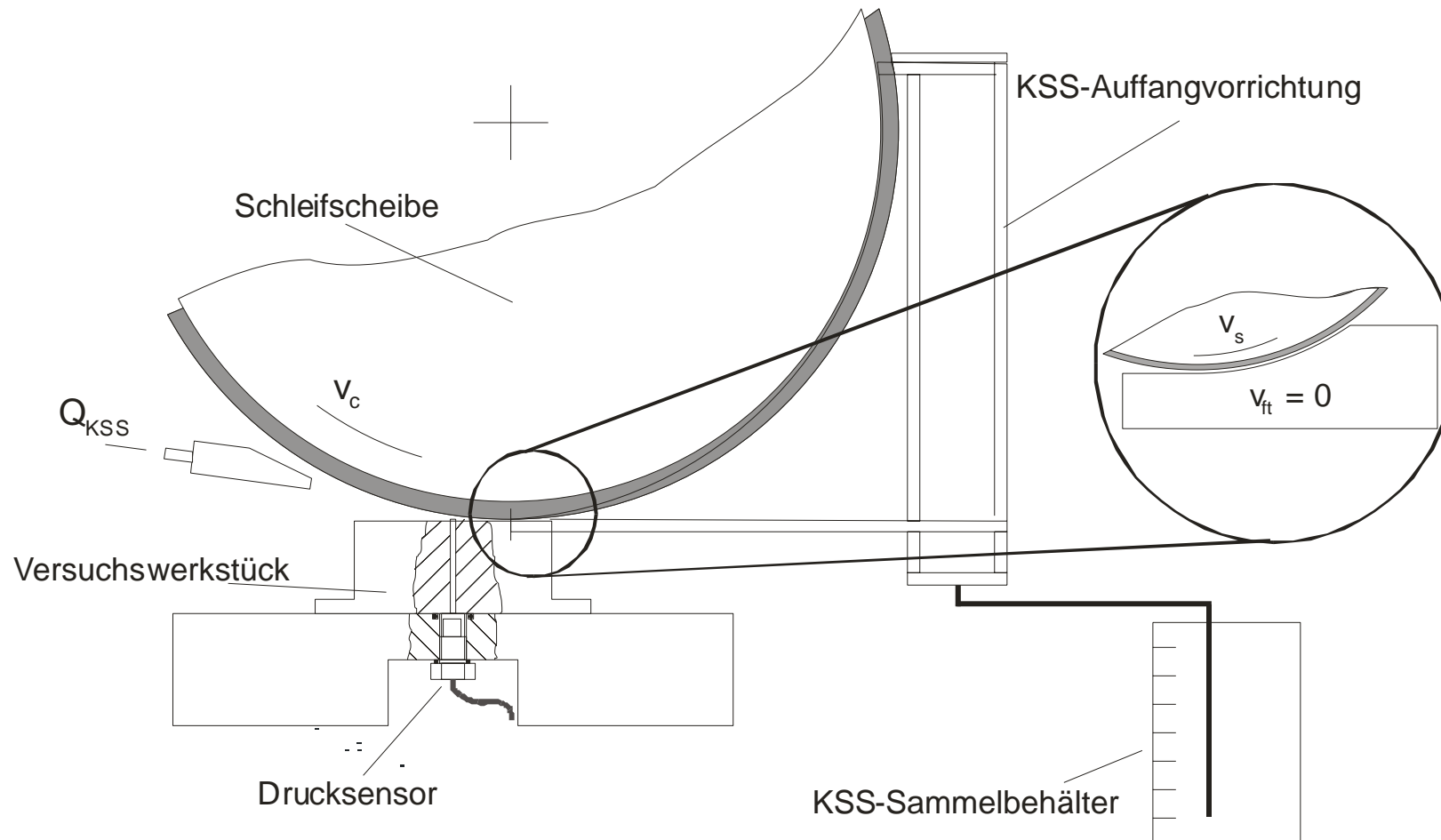
- Optimierung der Kühlschmierstoff-Düsen
- Anpassung der Düsen und der Schleifscheiben
- Reduzierung der KSS-Umlaufmengen auf ein sinnvolles Minimum
- Anpassung der KSS-Menge an den Zerspanprozess
- Gezielte Steuerung des Wärmehaushaltes des Zerspanprozesses

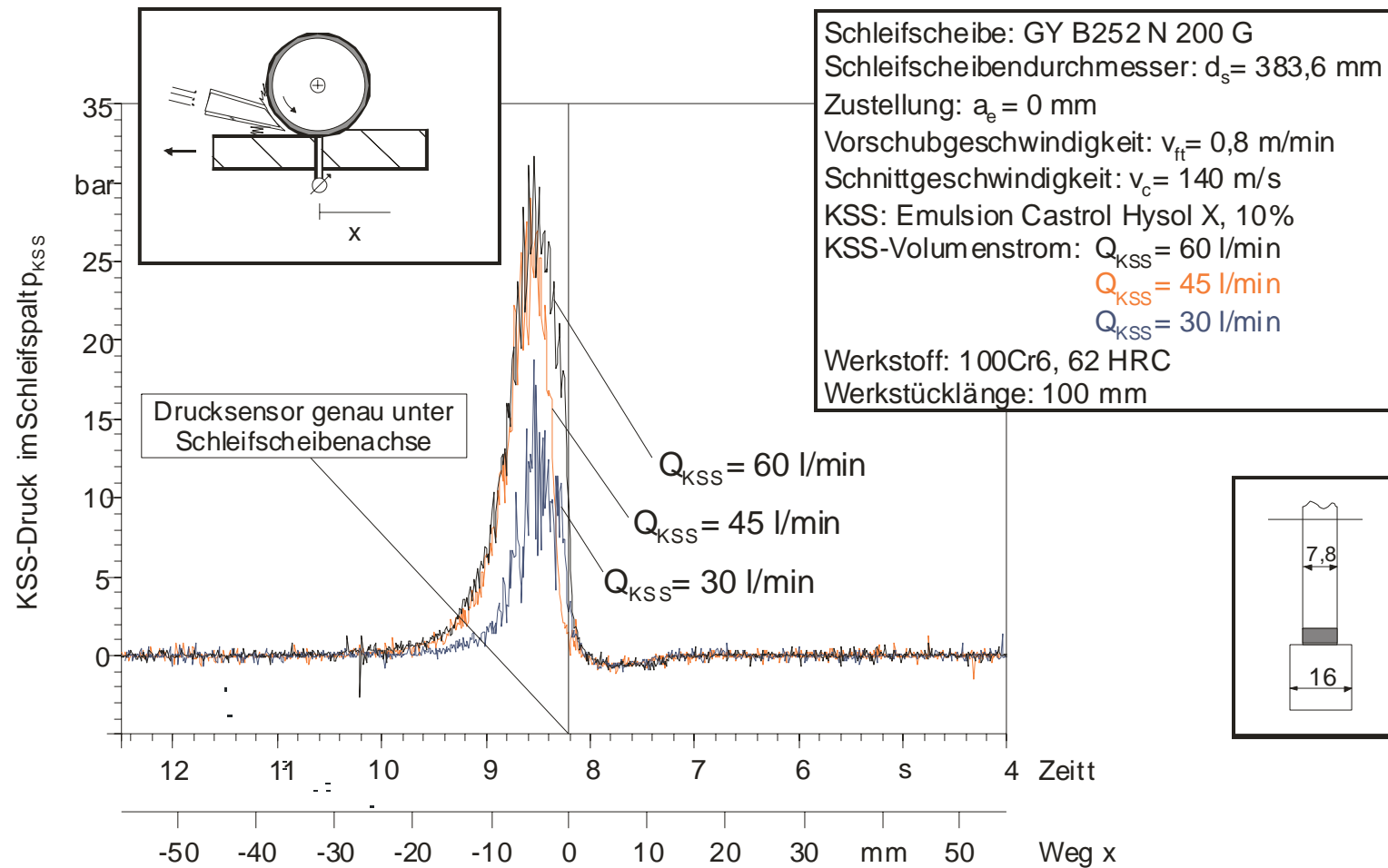
WA 1409

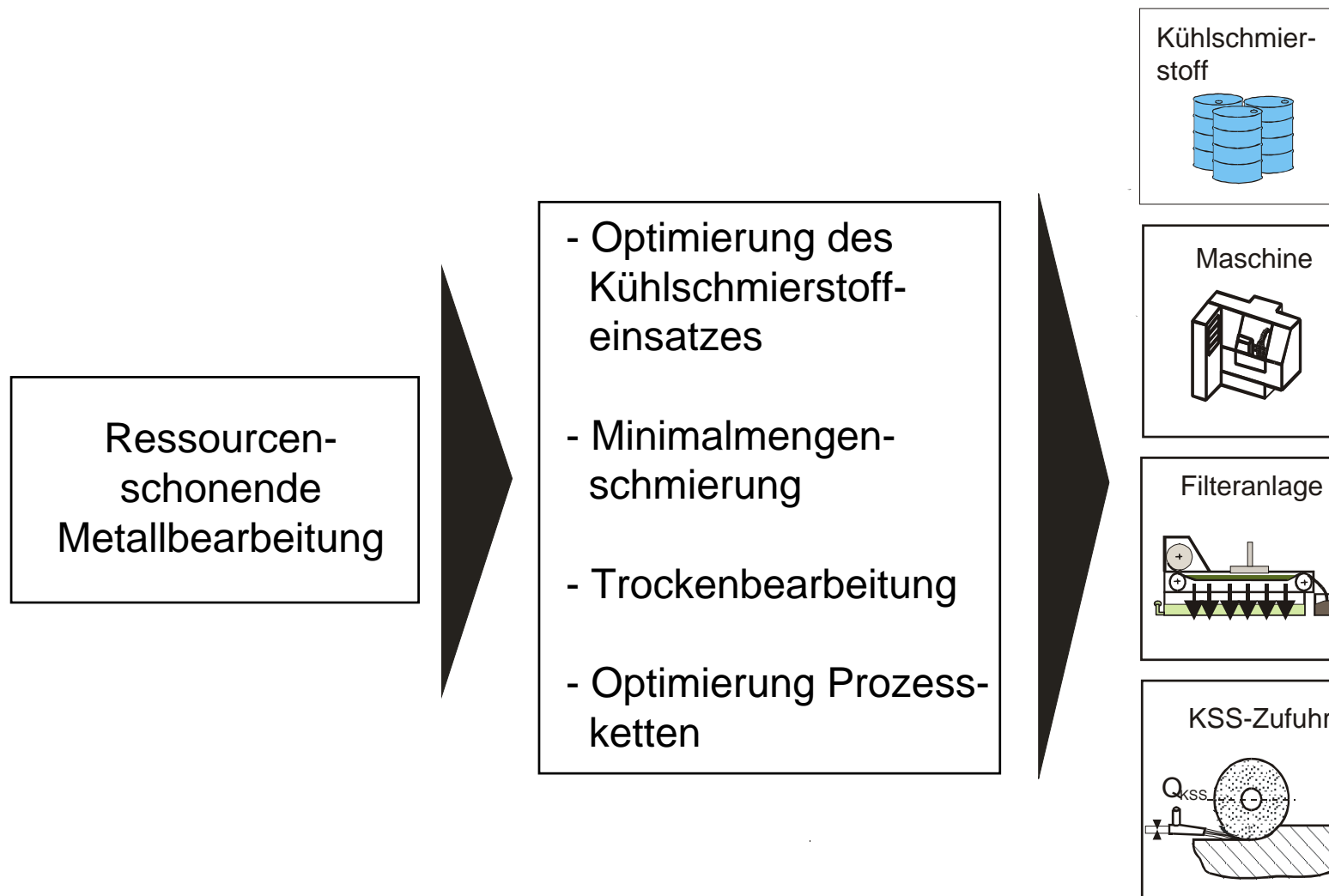


Universität Bremen
Fertigungsverfahren
Prof. E. Brinksmeier

Anforderungen an die KSS-Zufuhr





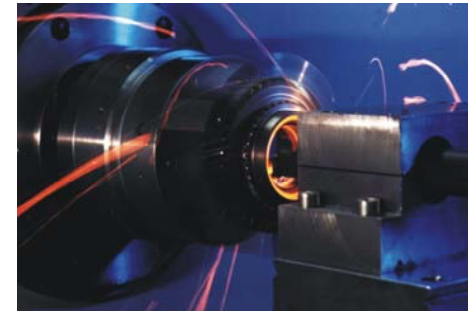


WA 1399



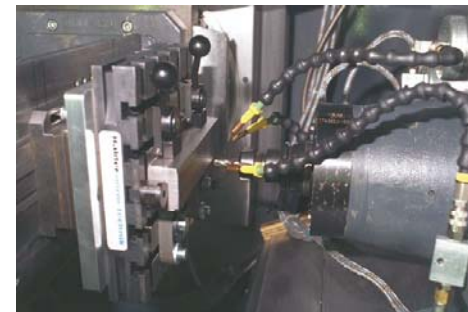
Trockenbearbeitung

- Schneidstoffe anpassen
- Verzug der Bauteile beachten
- Zerspanprozess anpassen
- Spantransport und Temperaturgang der Maschine problematisch



Minimalmengenschmierung

- KSS gezielt auswählen
- Werkzeuge und Prozess anpassen
- Gekapselte Maschinen mit Absaugung
- Aerosolbildung beachten



WA 1405



Universität Bremen
Fertigungsverfahren
Prof. E. Brinksmeier

Ansätze für die Trockenbearbeitung und
Minimalmengenschmierung

Die Minimalmengenschmierung ist eine Verlust- oder Verbrauchsschmierung, d.h. der eingesetzte Kühlschmierstoff wird im Prozess nahezu vollständig verdampft.

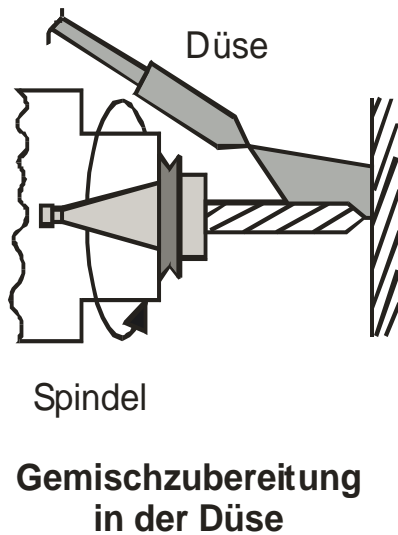
Definition nach GFT-Arbeitsblatt:

Minimalmengenschmierung (MMS): Bis zu 50 ml Schmierstoff je Prozessstunde (Dabei können dem Prozess kurzzeitig bei einzelnen Operationen durchaus mehr als 150 ml/h Schmierstoff zugeführt werden.)

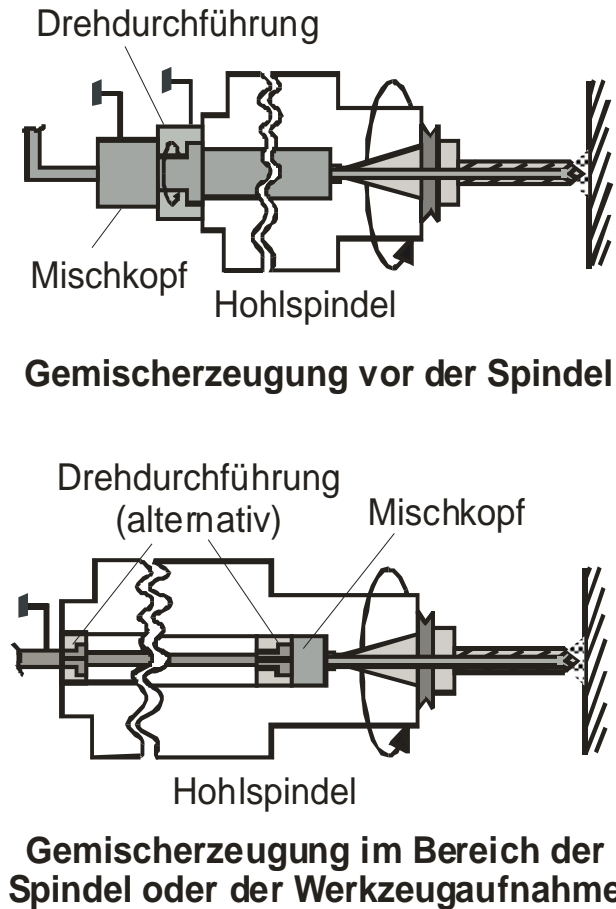
Mindermengenkühlschmierung (MKS): Reduzierung der Umlaufmengen von heutigen Kühlschmierstoffsystemen durch eine gezielte Zufuhr geringerer Mengen KSS steht (bis 2l/h) im Vordergrund.



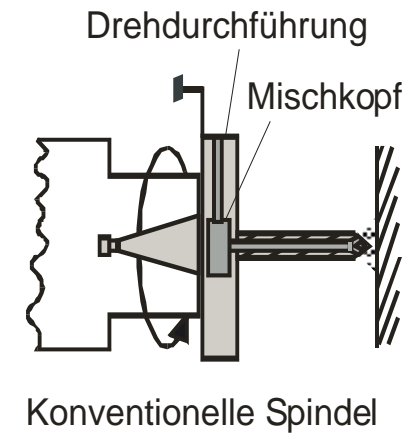
Äußere Zuführung



Innere Zuführung



Innere Zuführung (externe Drehdurchführung)





KSS-Drehdurchführung

Werkstück

Kraftmessplatte

MMS-Anlage

WA 1137/Ja 0663



Universität Bremen
Fertigungsverfahren
Prof. E. Brinksmeier

Installation einer MMS-Anlage

Überschlagsrechnung zum Einsatz der MMS:

Fall 1: MMS

MMS-Anlage: 30 ml/h, 2 Düsen, 10 h/d

MMS-KSS: 5,50 €/l

MMS-Verbrauch: $600 \text{ ml/d} * 250 \text{ d/a} = 150 \text{ l/a}$

MMS-Kosten: 825,-- €/a

Fall 2: Kühlschmierstoff

KSS-Anlage: 300 l, 25 % Ausschleppung,
4 Monate Standzeit, 5 % Konzentration

KSS: 1,85 €/l

KSS-Verbrauch: $3 * 300 \text{ l} * 1,25 = 1125 \text{ l}$

bei 5 % entspricht das 56,25 l Konzentrat

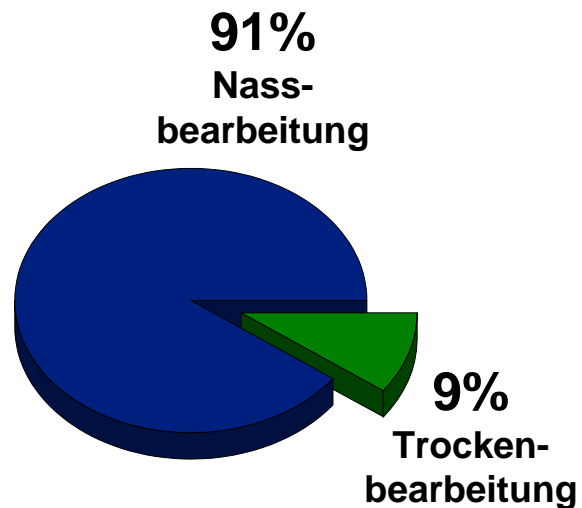
KSS-Kosten: 104,-- € + Entsorgung von 1125 l (250,-- €/t) = 385,25 €

WA 1313



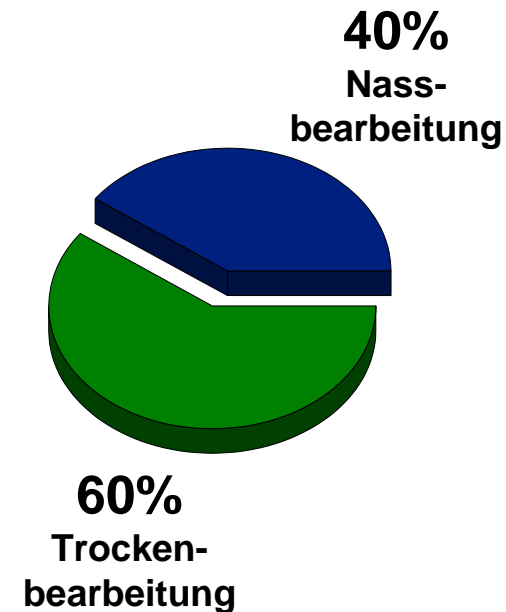
2004:

- 108 von 1200 Maschinen



Prognose 2010:

- 510 von 850 Maschinen

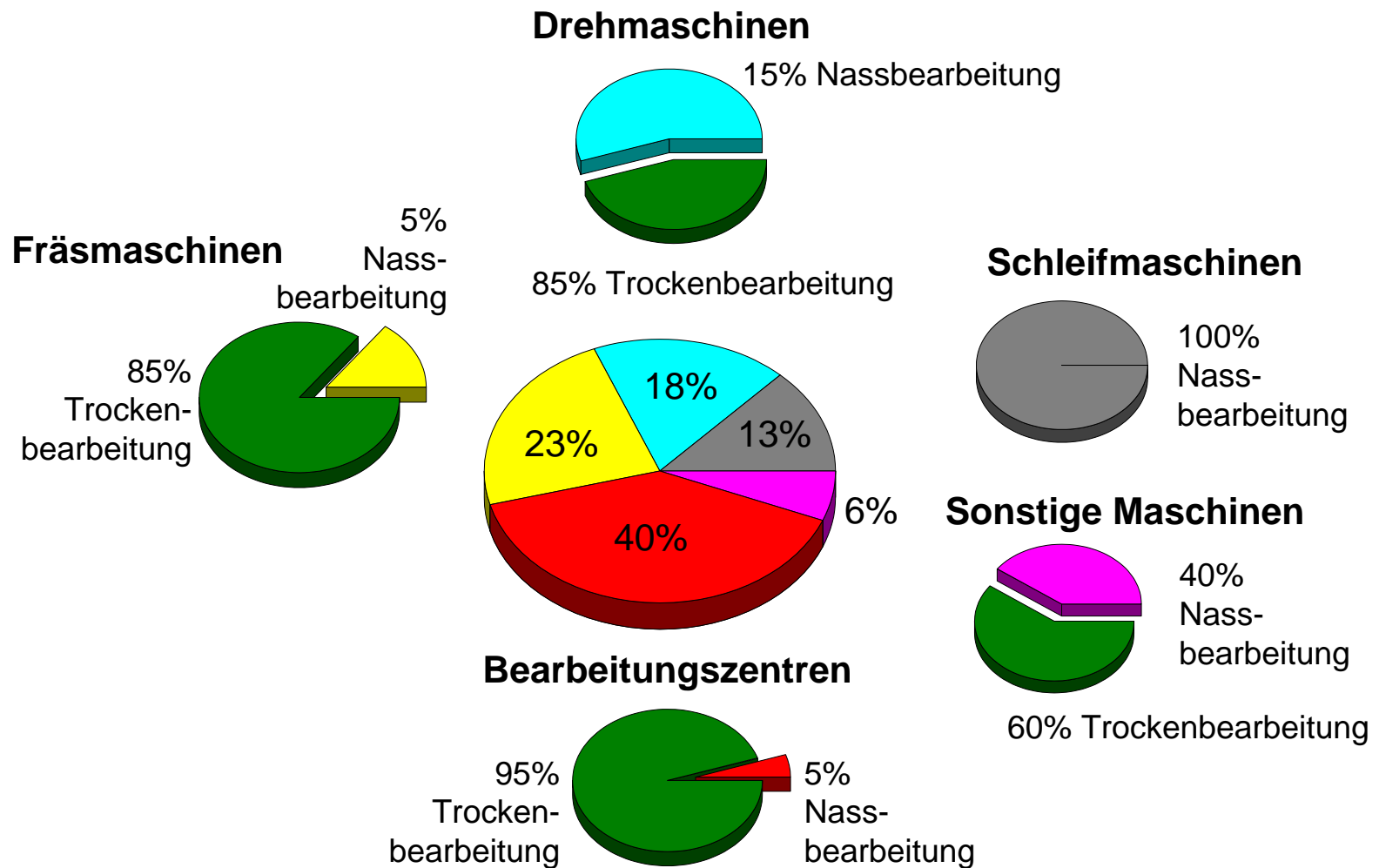


Universität Bremen
Fertigungsverfahren
Prof. E. Brinksmeier

Quelle: Palm, Fuchs, Heidelberger Druckmaschinen 2005

WA 1400

Anteile an Nass- und Trockenbearbeitung
in einem Industrieunternehmen




Quelle: Palm, Fuchs, Heidelberger Druckmaschinen 2005

WA 1401



Universität Bremen
Fertigungsverfahren
Prof. E. Brinksmeier

Anteile an Nass- und Trockenbearbeitung
nach Maschinentyp im Jahre 2010

- 
- HSC (High Speed Cutting) und HPC (High Performance Cutting)
 - Hartbearbeitung
 - TMA (Trockenbearbeitung, Minimalmengenschmierung, Alternative Kühlschmierstoffe)
 - Verkürzung der Prozessketten

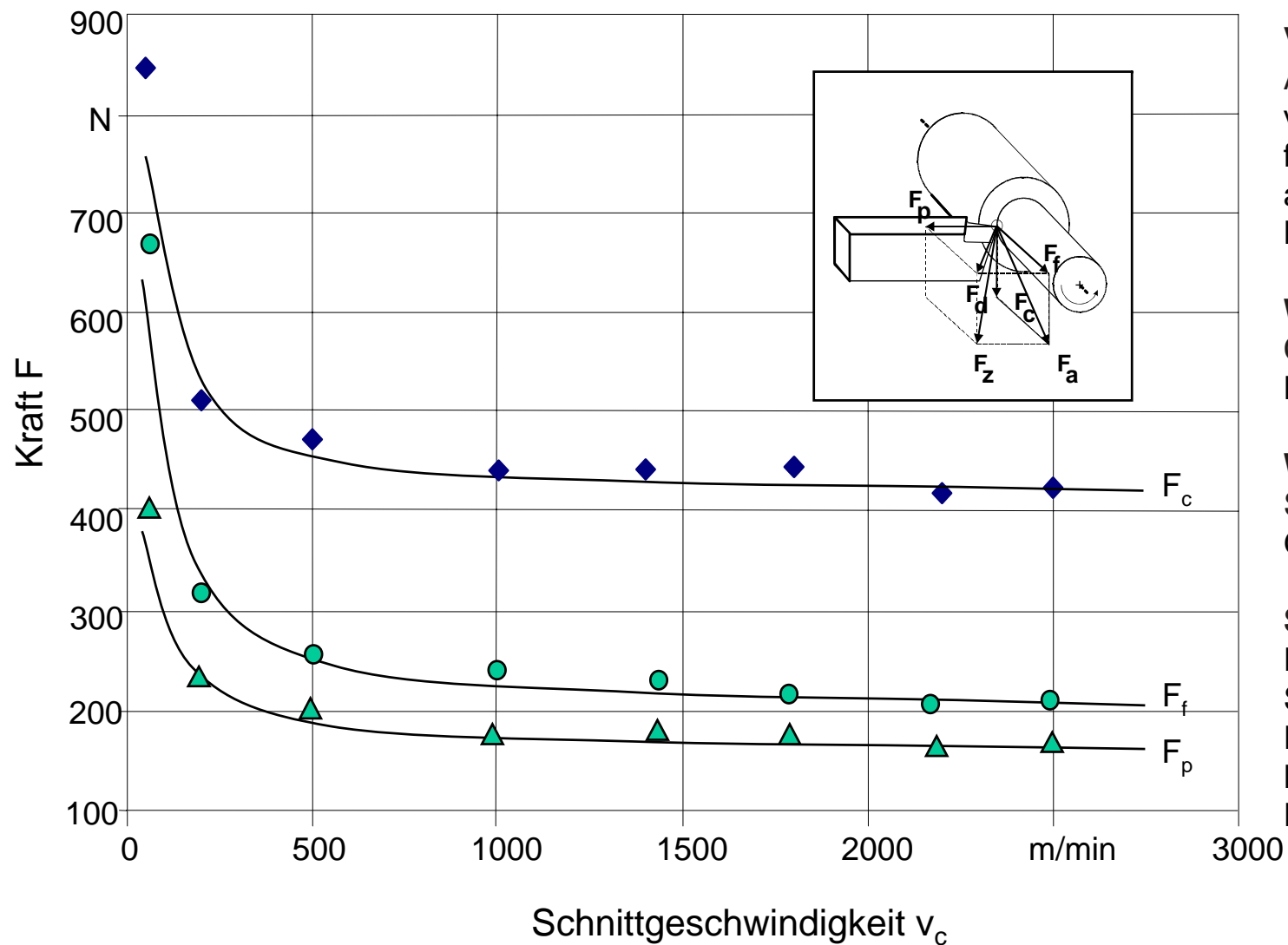
Quelle: In Anlehnung an Palm, Fuchs, Heidelberger Druckmaschinen 2005

WA 1402



Universität Bremen
Fertigungsverfahren
Prof. E. Brinksmeier

Trends auf dem Weg zur
ressourcenschonenden Metallbearbeitung



Verfahren:

Außenlängsdrehen

v_c variiert

$f = 0,2 \text{ mm}$

$a_p = 1 \text{ mm}$

Kühlung: trocken

Werkstück:

C15

Härte: 105 HV10

Werkzeug:

Schneidstoff: CM

Geometrie: PCLNL1616H1

Schneidengeometrie:

Einstellwinkel $\chi = 95^\circ$

Spanwinkel $\gamma = 3^\circ$

Freiwinkel $\alpha = 7^\circ$

Neigungswinkel $\lambda = -7^\circ$

Eckenradius $r_\epsilon = 0,8$

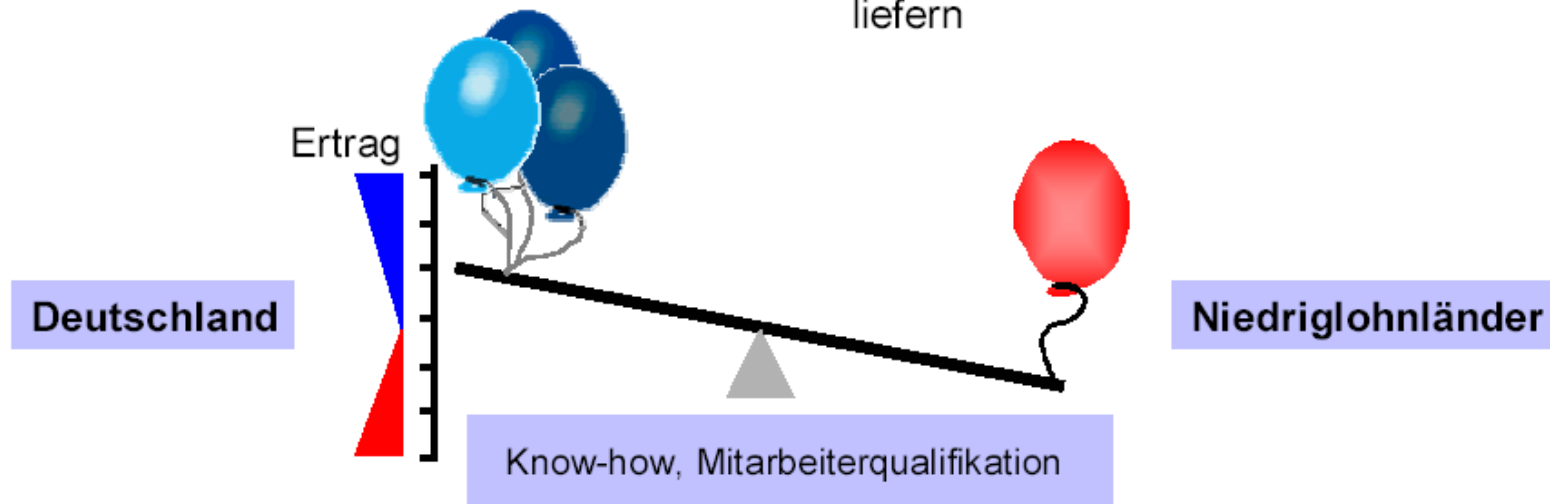


Alleinstellungsmerkmal: Produktqualität

➔ In Deutschland Bauteile höherer Qualität produzieren

Alleinstellungsmerkmal: Innovative Lösungen

➔ In Deutschland innovative Lösungen liefern



Qualität und innovative Lösungen müssen als Alleinstellungsmerkmale für die zukünftige Produktion genutzt werden!



Quelle: WZL/IPT2005

Universität Bremen
Fertigungsverfahren
Prof. E. Brinksmeier

WA 1424

**Standort Deutschland: Alleinstellungsmerkmale
Kosten, Qualität und innovative Lösungen**