

Grundlagen der Fertigungstechnik

Modul Produktionstechnik

Kapitel 2: Geschichte und Einteilung der
Produktionstechnik



Institutionell

12.-15. Jh. Errichtung der ersten Universitäten zur Ausbildung wesentlich der Geistlichkeit

Ab 16. Jh. Wandlung des Weltbilds führt zur Gründung eigener ingenieurwissenschaftlicher Institutionen

1663 Gründung der *Royal Society of London*:

„Es obliegt der Royal Society, das Wissen um die Dinge in der Natur zu vervollkommen und alle nützlichen Künste, Herstellungsweisen, mechanische Verfahren, Maschinen und Erfindungen durch Experimente zu verbessern...“

1795 *Ecole Polytechnique Paris* (erste Technische Hochschule neuen Typs)

Im 19. Jh. Gründung polytechnischer Hochschulen in Deutschland (Karlsruhe, Stuttgart, Darmstadt, Braunschweig, München, Hannover, Berlin)

Anfang 20. Jh. Einrichtung der ersten Institute für Werkzeugmaschinen, Fertigungstechnik, Betriebslehre (*Schlesinger* in Berlin, *Wallichs* in Aachen, *Schwerdt* in Hannover, *Sachserberg* in Dresden, *Gottwein* in Breslau)

1937 Gründung „*Hochschulgruppe*

Betriebswissenschaft“

1984 Umbenennung in „*Hochschulgruppe Fertigungstechnik*“

1987 Gründung der „*Wissenschaftlichen Gesellschaft für Produktionstechnik WGP*“

2008 Konstituierung von acatech, Deutsche Akademie der Technikwissenschaften

Inhaltlich

15.-18. Jh. Entstehungszeit der Ingenieurwissenschaften. Energieerzeugung mittels Muskel-, Wind und Wasserkraft (Tretrad, Pferdegöpelantrieb, Turbinenrad), Übergang von Holz- auf Steinkohle zur Roheisen- und Stahlerzeugung. Erste Werkzeugmaschinen wie Drehbänke (*Plumier*), Bohrwerke (*da Vinci*).

Ende 18. Jh. Erfindung der Dampfmaschine (*Newcomen*) war nur durch den erreichten Stand der Fertigungstechnik möglich. Wichtige Impulse für den Werkzeugmaschinenbau, Guss- ersetzt Holzbauweise: Erhöhung der Produktionsleistung und Arbeitsgenauigkeit. Erste Metalldrehmaschine mit Support (*Maudslay*)

19. Jh. mit Verbreitung der Dampfmaschine beginnt industrielles Zeitalter. Erste Fabrikgründungen, Schnellarbeitsstahl (*Taylor*)

2. Hälfte 19. Jh. Entwicklung der Elektrotechnik und damit Wandel der Antriebstechnik für Werkzeugmaschinen, Steigerung der Arbeitsgenauigkeit, Produktivität, Serien-, Fließbandfertigung (*Ford*)

20. Jh. Entwicklung zur industriellen Gesellschaft, Produktionssteigerung, Rationalisierung, Einführung der EDV in die Fertigungstechnik, ständige Verbesserung der Fertigungstechniken, Werkstoffe, Produktionsabläufe

Geschichte der Produktions- technik

Quelle: Spur



Universität Bremen
Fertigungsverfahren
Prof. E. Brinksmeier

Red 0016

Geschichtliche Entwicklung der Produktionstechnik

Hochschulgruppe für
Betriebswissenschaft

(HBW) 1937



Wissenschaftliche
Gesellschaft für
Produktionstechnik

(WGP) 1987

Aufgaben und Ziele

- Weiterentwicklung und Reformierung der Ingenieursausbildung
- Förderung des ingenieurwissenschaftlichen Nachwuchses
- Innovation durch Forschung, Entwicklung und Wissenstransfer
- Kommunikation und Kooperation im wissenschaftlichen und industriellen Umfeld
- Beratung und Mitgestaltung bei der Initiierung von Forschungsprojekten
- Darstellung der Bedeutung der Produktionswissenschaft in Politik und Gesellschaft

Zusammenfassung
wissenschaftlicher
Kräfte



- Austausch / Zusammenarbeit
- Abstimmung der Forschungsgebiete
- Vermeidung der Überschneidungen

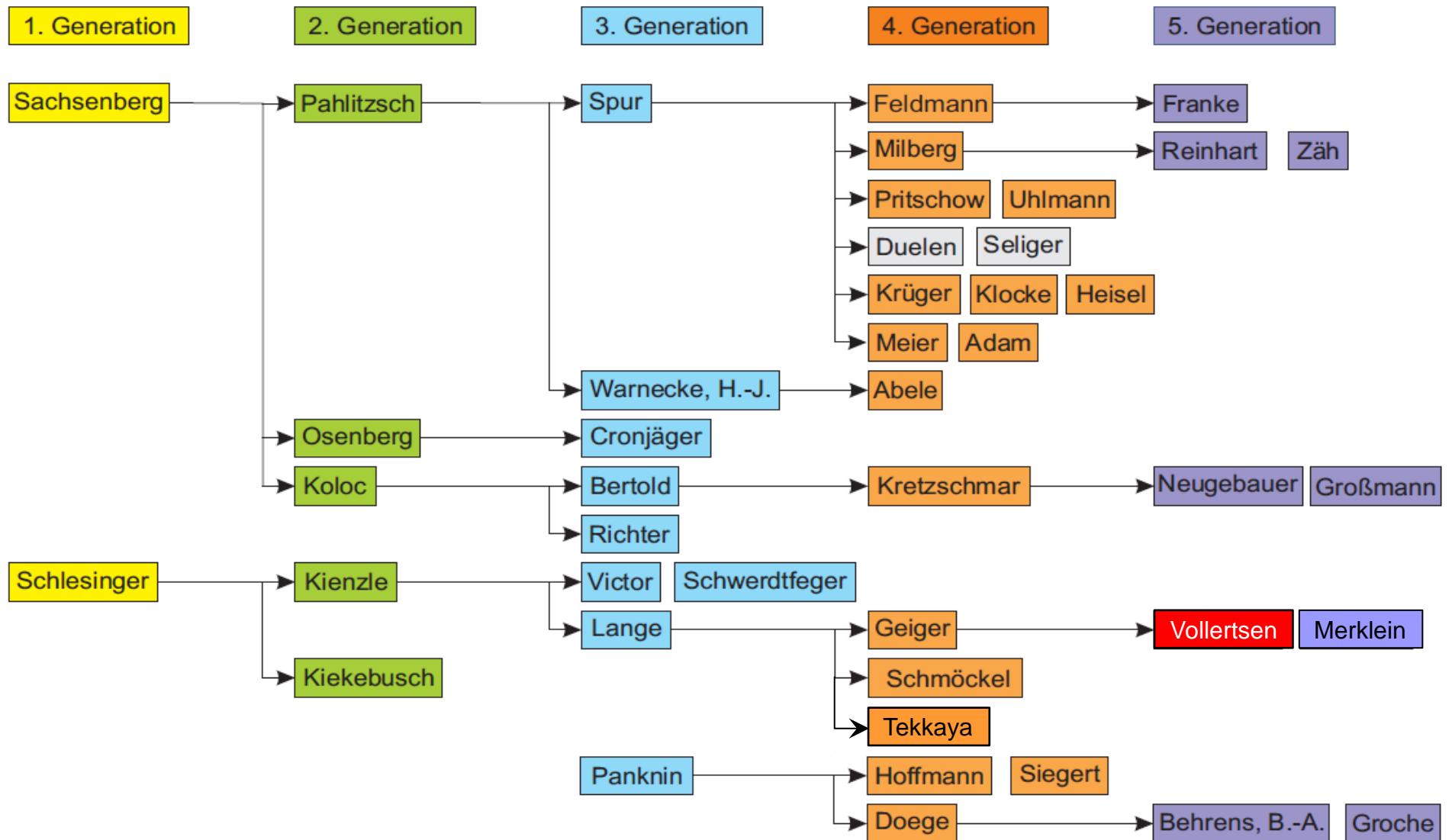


wirtschaftliche
Anwendung der
Forschungsmittel



Universität Bremen
Fertigungsverfahren
Prof. E. Brinksmeier

Wissenschaftliche Gesellschaft für Produktionstechnik



Quelle: nach Spur, 2009



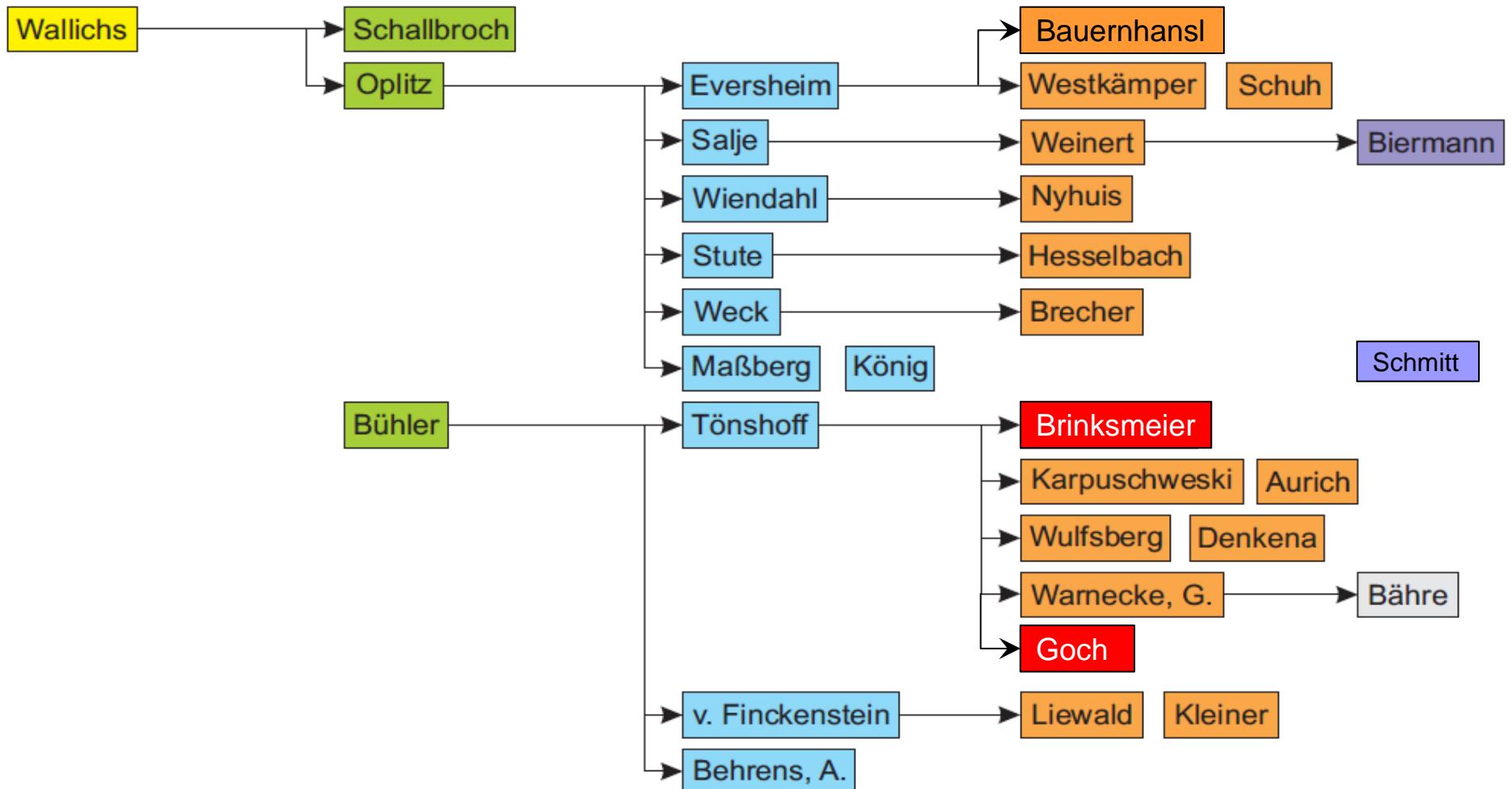
1. Generation

2. Generation

3. Generation

4. Generation

5. Generation



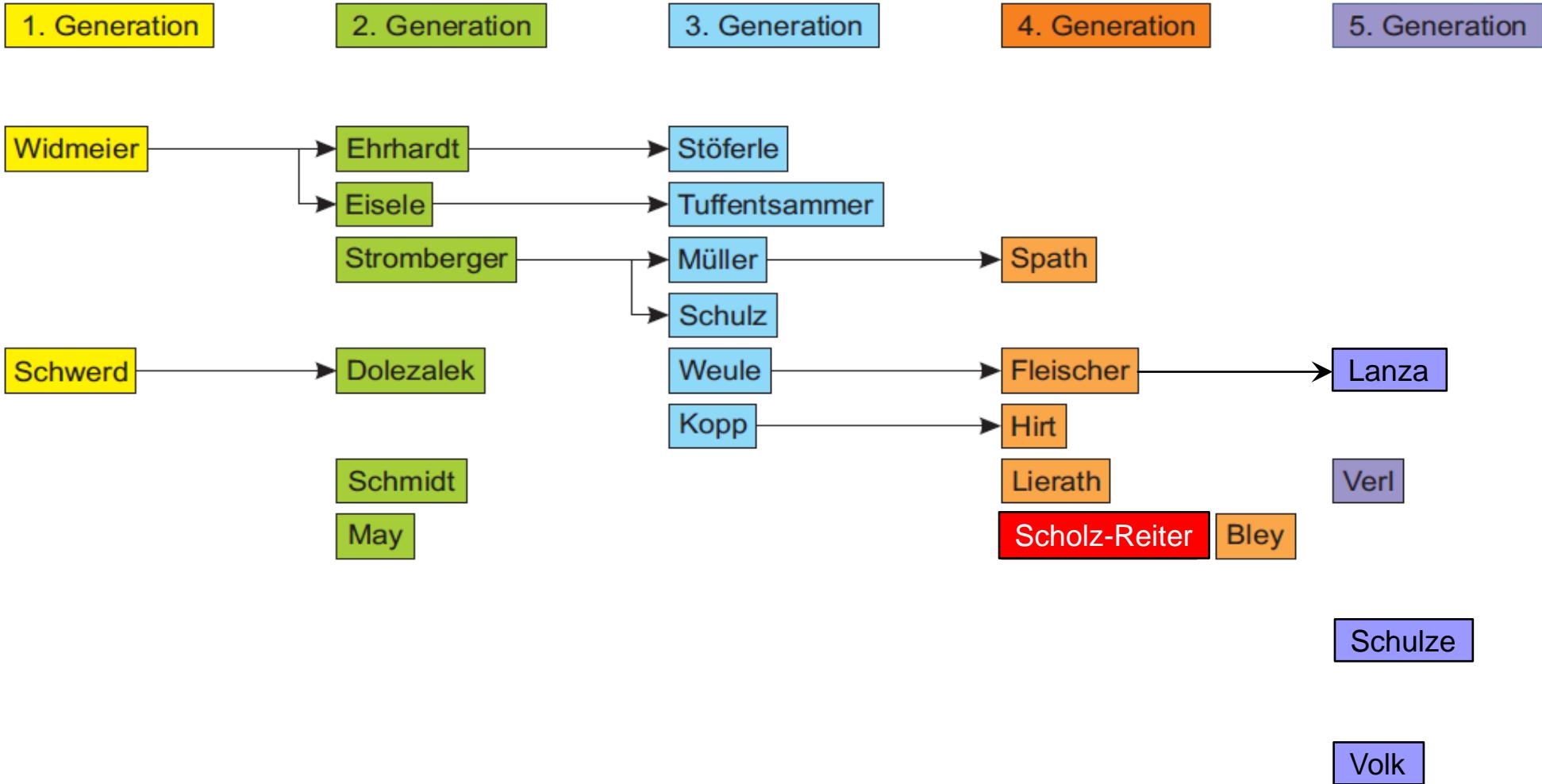
Quelle: nach Spur, 2009

Schoe 0091-2



Universität Bremen
Fertigungsverfahren
Prof. E. Brinksmeier

Professoren der
Wissenschaftlichen Gesellschaft für Produktionstechnik



Quelle: nach Spur, 2009



Universität Bremen
Fertigungsverfahren
Prof. E. Brinksmeier

Schoe 0091-3

Professoren der
Wissenschaftlichen Gesellschaft für Produktionstechnik

1899 Riedlersche Denkschrift zur Gründung einer Akademie der technischen Wissenschaften.
Promotionsrecht → Dr.-Ing.

1900 Einrichtung von drei technischen Fachstellen an der Königlich Preußischen Akademie der Wissenschaften in Berlin.



1997 Gründung des Konvents für Technikwissenschaften (KTW)

2002 Auflösung des KTW und Gründung des gemeinnützigen Vereins *akatech – Konvent für Technikwissenschaften der Union*
(seit 2003 acatech)



2008 acatech - Deutsche Akademie der Technikwissenschaften

Mitglieder:

renommierte Wissenschaftler (421) aus den Ingenieurwissenschaften, angewandte Naturwissenschaften sowie Teilbereiche der Geistes- und Sozialwissenschaften.

Finanzierung:

Zahlreiche Unternehmen mit Technikbezug
BMBF

Aufgaben

- Beratung der Politik und Gesellschaft in technikwissenschaftlichen und technologiepolitischen Zukunftsfragen
- Plattform für den Austausch von Wissenschaft und Wirtschaft
- Engagement für den technikwissenschaftlichen Nachwuchs
- Vertretung der Interessen der Technikwissenschaften auf nationaler und auf internationaler Ebene

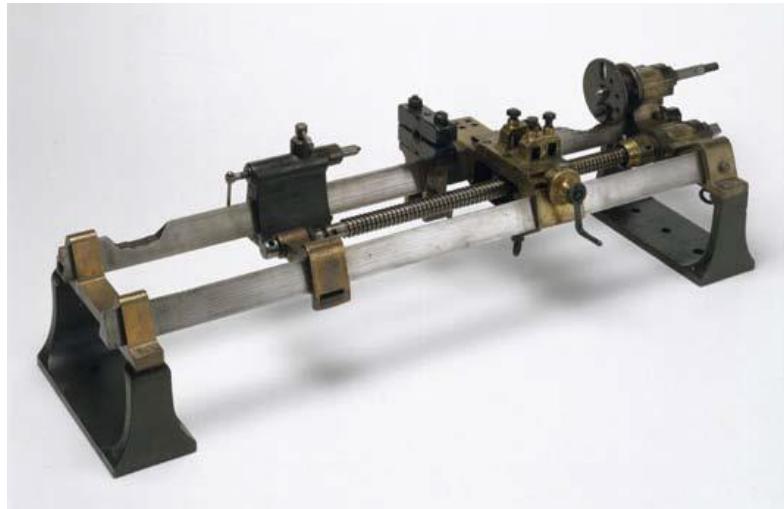
Quelle: acatech



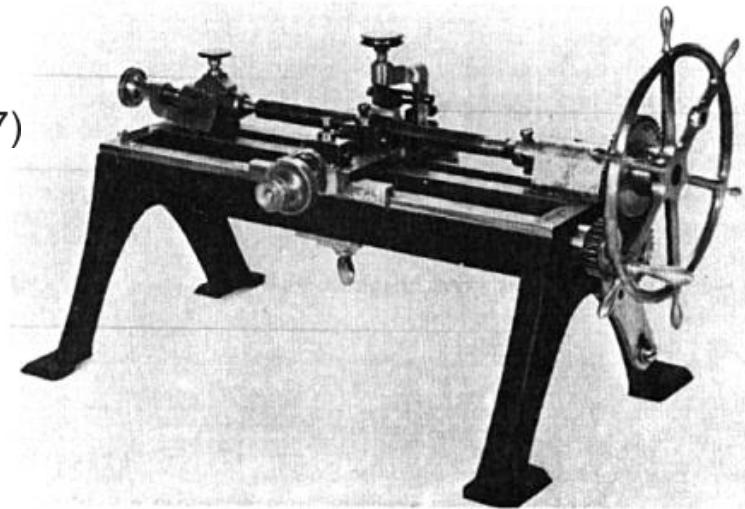
Universität Bremen
Fertigungsverfahren
Prof. E. Brinksmeier

Lor 0003

acatech
Deutsche Akademie der Technikwissenschaften



Erste Leitspindeldrehmaschine von *H. Maudslay* (ca. 1797)



Verbesserte Leitspindeldrehmaschine von *H. Maudslay*
(ca. 1800)

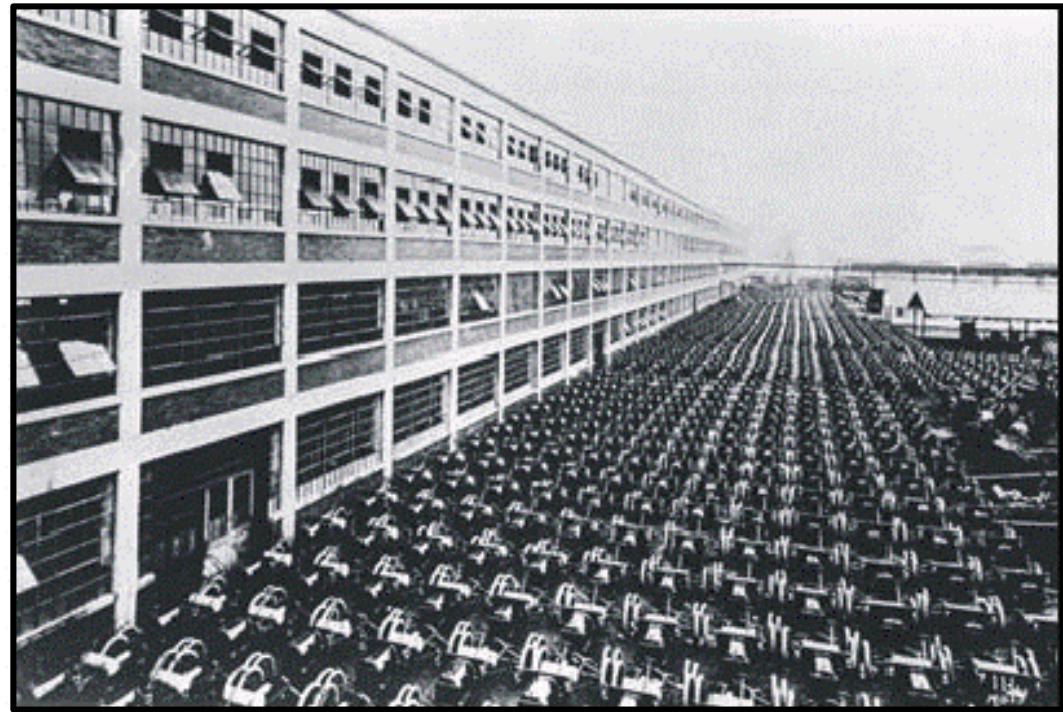
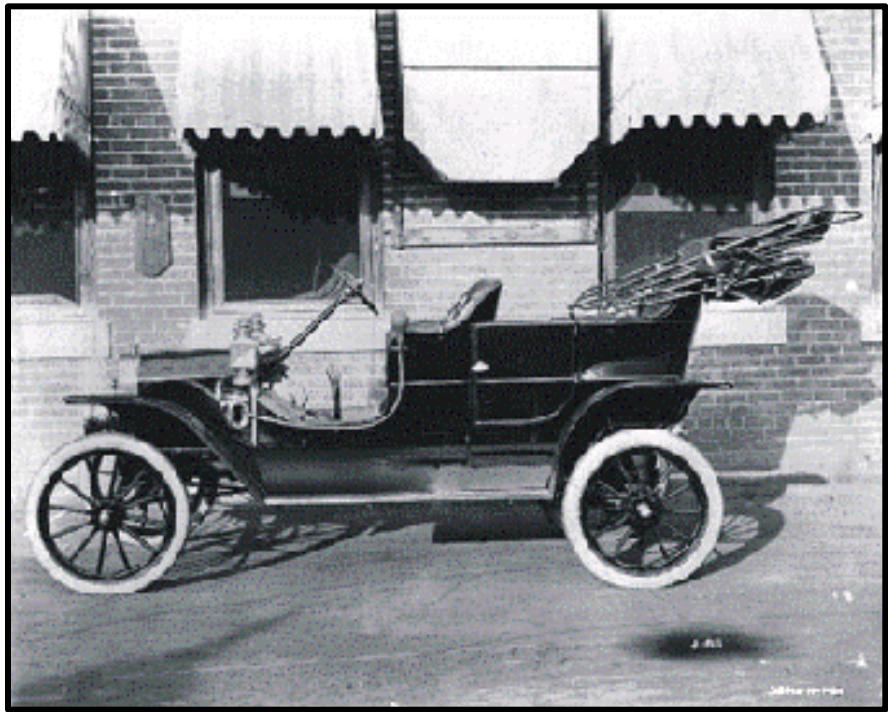
Quelle: Spur

Ges 0023



Universität Bremen
Fertigungsverfahren
Prof. E. Brinksmeier

Geschichte der Produktionstechnik



Fließbandfertigung des Ford-Modells T (1913)

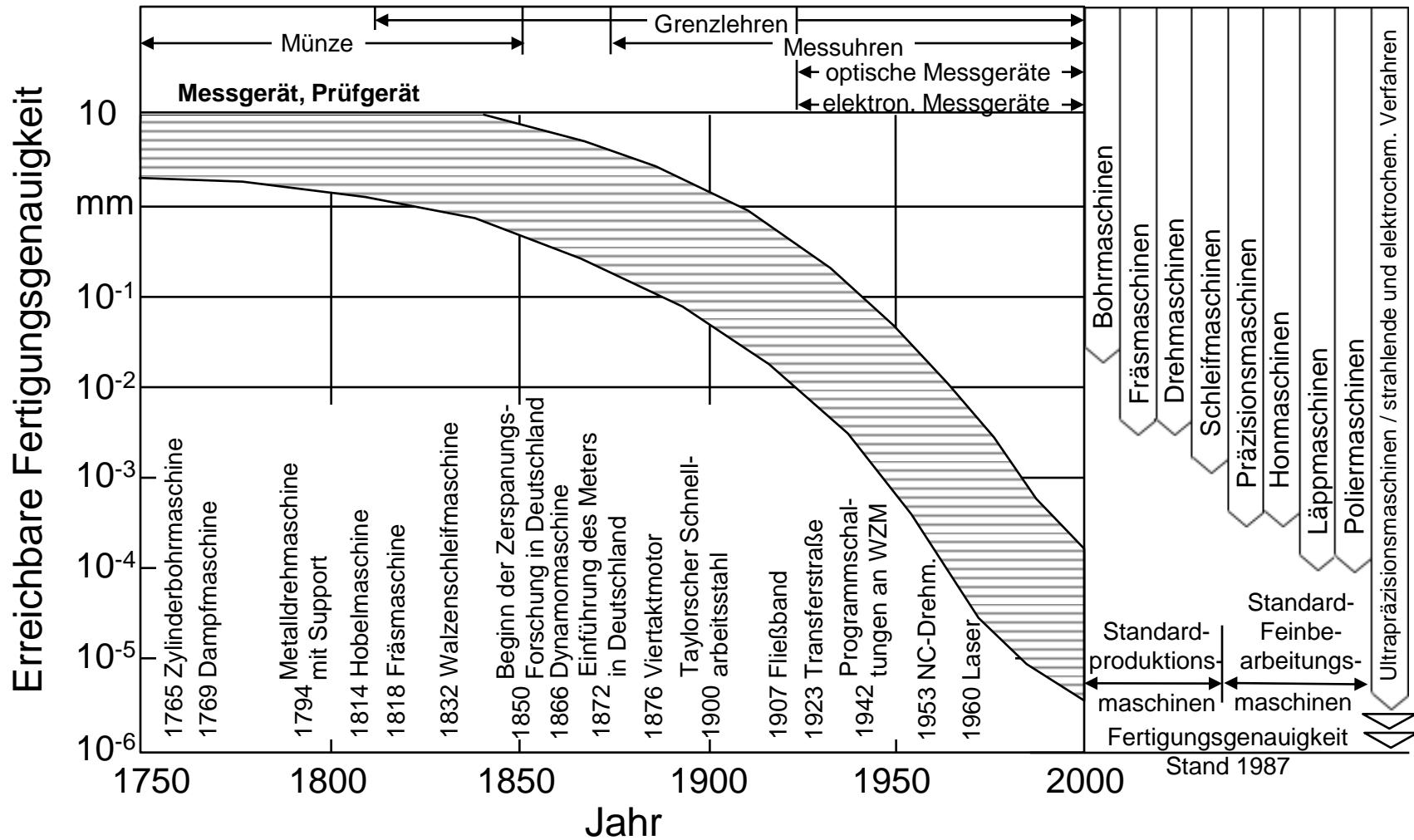
Quelle: Ford



Universität Bremen
Fertigungsverfahren
Prof. E. Brinksmeier

Ges 0199

Geschichte der Produktionstechnik

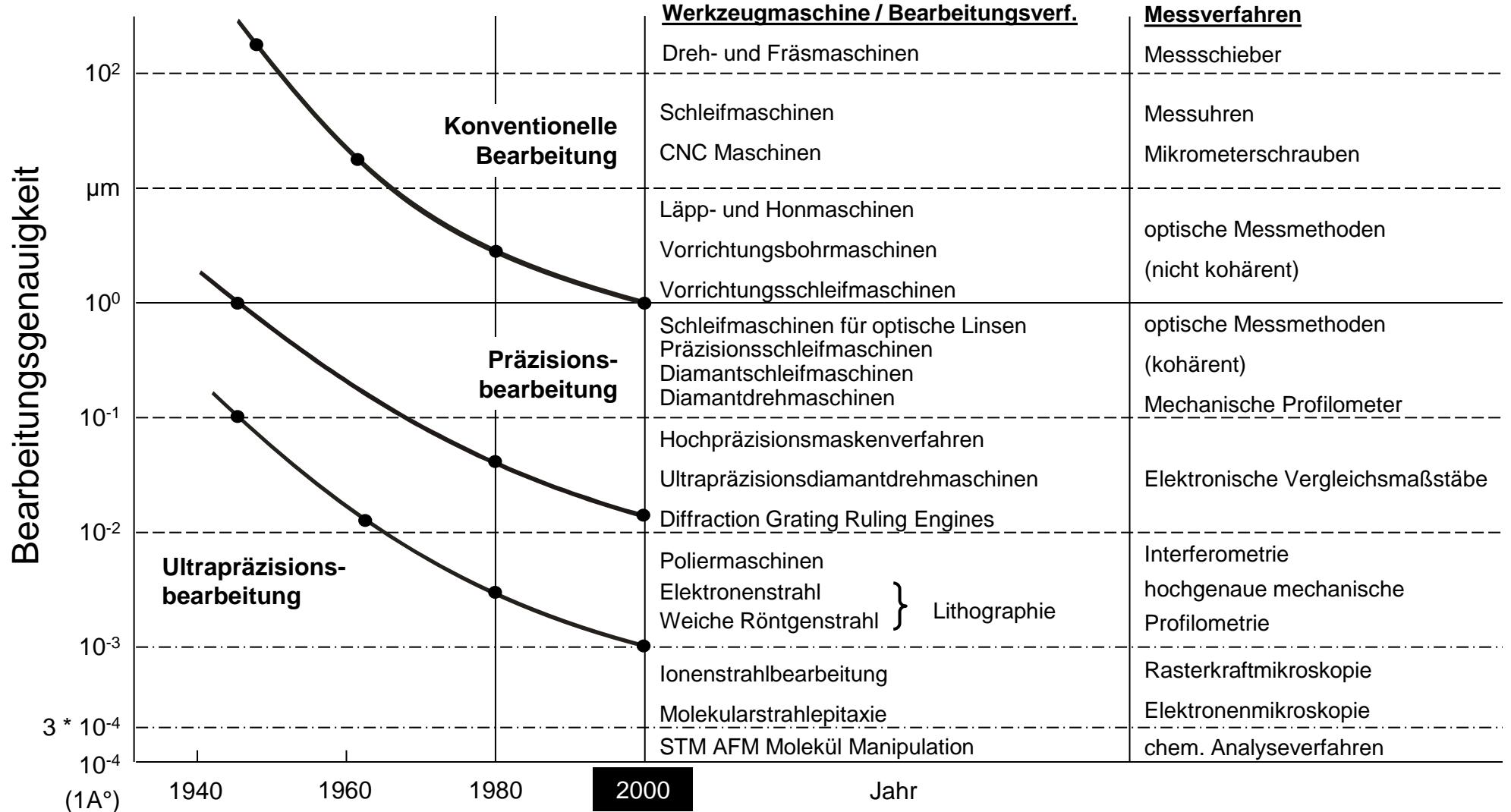


Entwicklung der Fertigungsgenauigkeiten spanender Werkzeugmaschinen

Quelle: Weck

Red 0017





Quelle: nach Taniguchi, Annals CIRP, 1983

Ges 0121 a





Leistungsdaten

Verfahrtsweg x-Achse	300 mm
y-Achse	200 mm
z-Achse	300 mm
Bearbeitungsvolumen	500x200x300mm
Führungsgenauigkeit	0,3 µm
Radial- und Axialschlag der Rundachsen	(B) 100 nm (C) 50 nm
Winkelauflösung der Rundachsen	(B) 0,65" (C) 0,65"
Auflösung der Steuerung	10 nm
Tragkraft der Werkstückspindel	90 kg

Quelle: Nanotech



Universität Bremen
Fertigungsverfahren
Prof. E. Brinksmeier

Ges 0223

Ultrapräzisionsmaschine Moore Nanotech 500 FG

Fertigungstechnik ist die *Herstellung* von
Bauteilen aus vorgegebenen
Werkstoffeigenschaften und *geometrischen*
Bestimmungsgrößen sowie das *Fügen* dieser
Bauteile zu *funktionsfähigen Erzeugnissen*.

Quelle: Spur



Universität Bremen
Fertigungsverfahren
Prof. E. Brinksmeier

Br 1661

Deutung der Fertigungstechnik

Schaffen der Form	Zusammenhalt schaffen	Urformen
Ändern der Form	Zusammenhalt beibehalten	Umformen
	Zusammenhalt vermindern	Trennen
	Zusammenhalt vermehren	Fügen
		Beschichten
Ändern der Stoffeigenschaften		Stoffeigenschaftändern

Quelle: Spur



Fertigungsverfahren

Urformen

Fertigen eines festen Körpers aus formlosem Stoff durch Schaffen des Zusammenhalts

Umformen

Fertigen durch bildsames (plastisches) Ändern der Form eines festen Körpers

Trennen

Fertigen durch Ändern der Form eines festen Körpers durch Aufheben bzw. Vermindern des Zusammenhalts

Fügen

Zusammenbringen von zwei oder mehr Werkstücken oder Werkstücken mit formlosem Stoff

Beschichten

Aufbringen einer fest haftenden Schicht aus formlosem Stoff auf ein Werkstück

Stoffeigenschaft ändern

Fertigen eines festen Körpers durch Umlagern, Aussondern oder Einbringen von Stoffteilchen

Quelle: Spur



Haupttechnologie

Mit einem Fertigungsverfahren herstellbare Größen, Formen und die bearbeitbaren Werkstoffe

Fehlertechnologie

Durch die Fertigung bedingte Fehler des Maßes, der Form, der Lage und der Oberfläche

Aktuelles bzw. anzustrebendes Optimum in der Fertigung

Wirtschaftlichkeit

Die mit einem Fertigungsverfahren einschließlich seiner Mengen- und Umstellflexibilität verbundenen Kosten

Anpassung der Arbeit an den Menschen

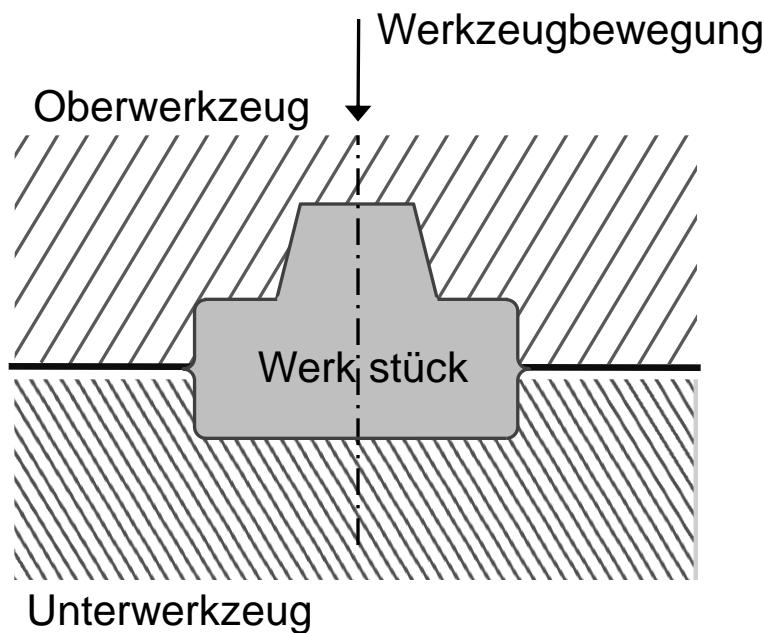
Gestaltung der Fertigungsverfahren und Fertigungsmittel, so daß Mensch und Umwelt möglichst wenig belastet werden

Quelle: Kienzle, Tönshoff

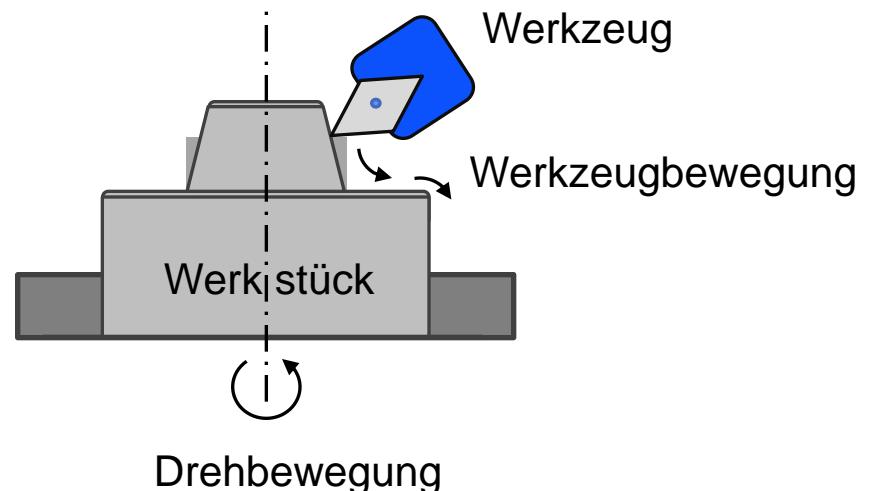
Schn 004



Abbildendes Formen



Gesteuertes Formen



Quelle: Werkzeugmaschinen, Grundlagen, H.K: Tönshoff

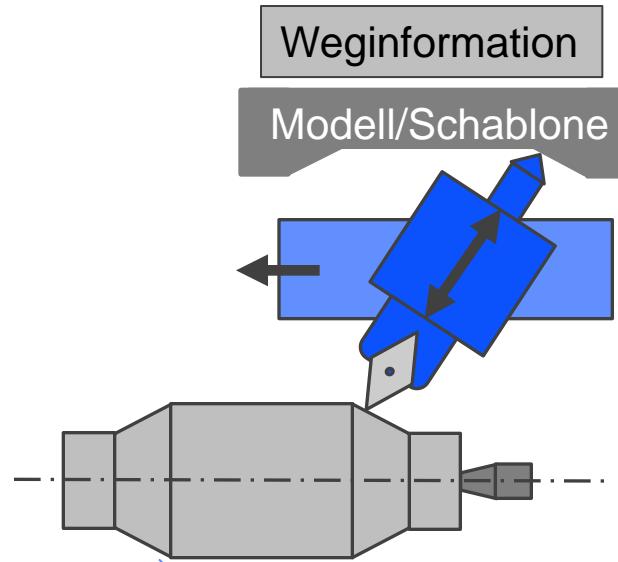
Hue 0001



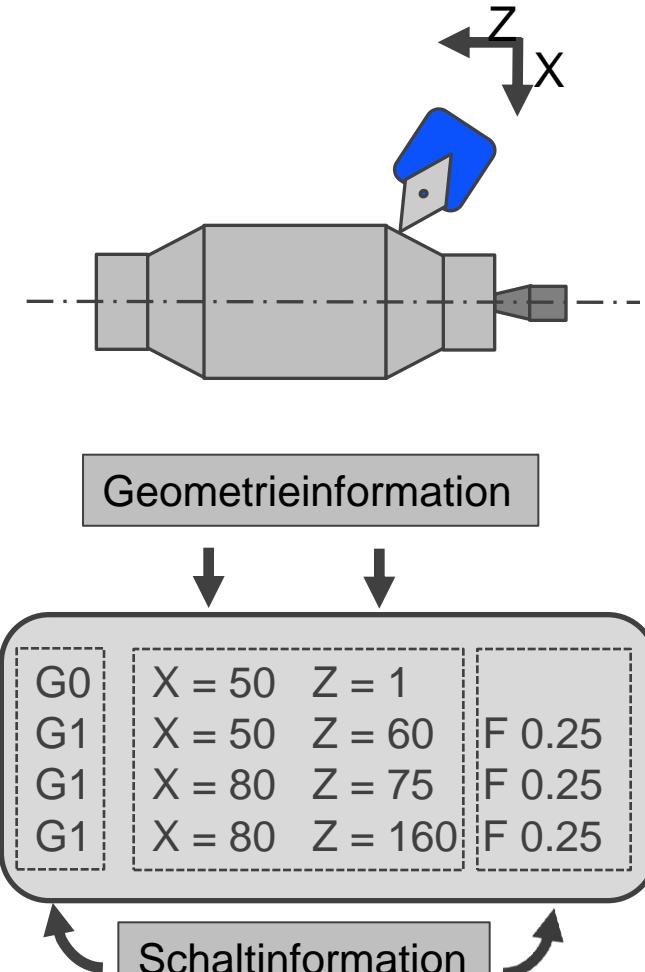
Universität Bremen
Fertigungsverfahren
Prof. E. Brinksmeier

Prinzipien der Formerzeugung

Nachformsteuerung



Numerische Steuerung



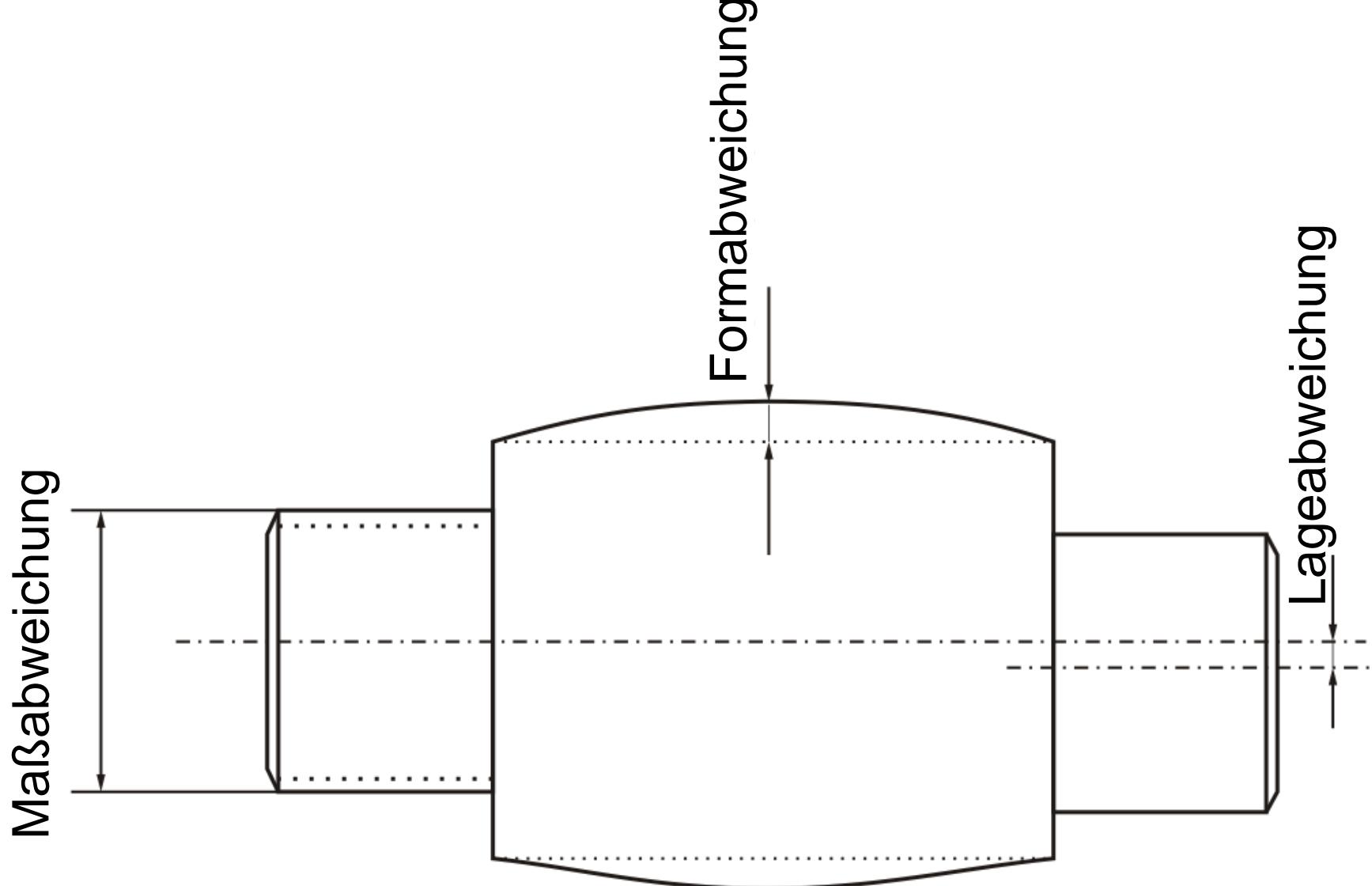
Quelle: Werkzeugmaschinen, Grundlagen, H.K: Tönshoff

Hue 0002



Universität Bremen
Fertigungsverfahren
Prof. E. Brinksmeier

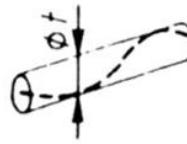
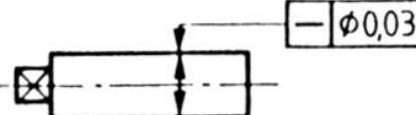
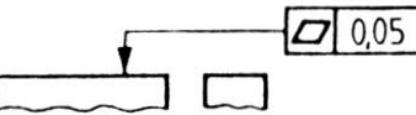
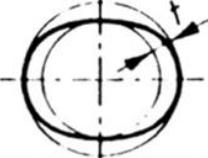
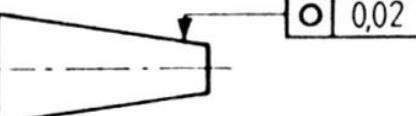
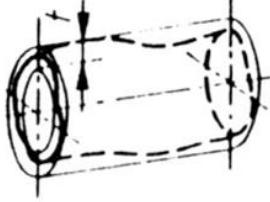
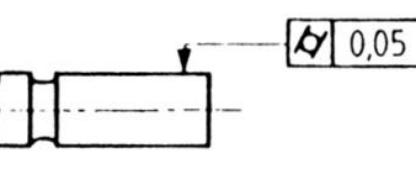
Analoge und digitale Informationsspeicherung



Quelle: Werkzeugmaschinen, Grundlagen, H.K: Tönshoff

Br 1672



Symbol und tolerierte Eigenschaft	Toleranzzone	Anwendungs-Beispiele	
		Zeichnungsangabe	Erklärung
—	Geradheit		 Die Achse d. zylindr. Tls. des Bolzens muss innerhalb eines Zylinders vom Durchmesser $t = 0,03$ mm liegen.
□	Ebenheit		 Die tolerierte Fläche muss zwischen zwei parallelen Ebenen vom Abstand $t = 0,05$ mm liegen.
○	Rundheit		 Die Umfangslinie jedes Querschnittes muss in einem Kreisring von der Breite $t = 0,02$ mm enthalten sein.
◎	Zylinderform		 Die tolerierte Fläche muß zwischen zwei koaxialen Zylindern liegen, die einen radialen Abstand von $t = 0,05$ mm haben.

Quelle: DIN 7184, ersetzt durch DIN EN ISO 1101

Br 0380



Gestaltabweichung (als Profilschnitt überhöht dargestellt)	Beispiele für die Art der Abweichungen	Beispiele für die Entstehungsursache	
1. Ordnung: Formabweichung	Unebenheit Unrundheit	Durchbiegung Werkstück/ Maschine, Einspannung, Eigenspannungen	
2. Ordnung: Welligkeit	Wellen	Schwingung Werkzeug/ Maschine	
3. Ordnung	Rillen	Form der Schneide, Vorschub, Zustellung	
4. Ordnung	Rau- heit	Riefen Schuppen Kuppen	Spanbildung
5. Ordnung: nicht mehr einfach darstellbar		Gefügestruktur	Korrosion, Kristallisation
6. Ordnung: nicht mehr einfach darstellbar		Gitteraufbau des Werkstoffes	Spannungen u. Gleitungen im Kristallgitter
	Beispiel für eine technische Oberfläche Überlagerung der Gestaltabweichung 1. bis 4. Ordnung		



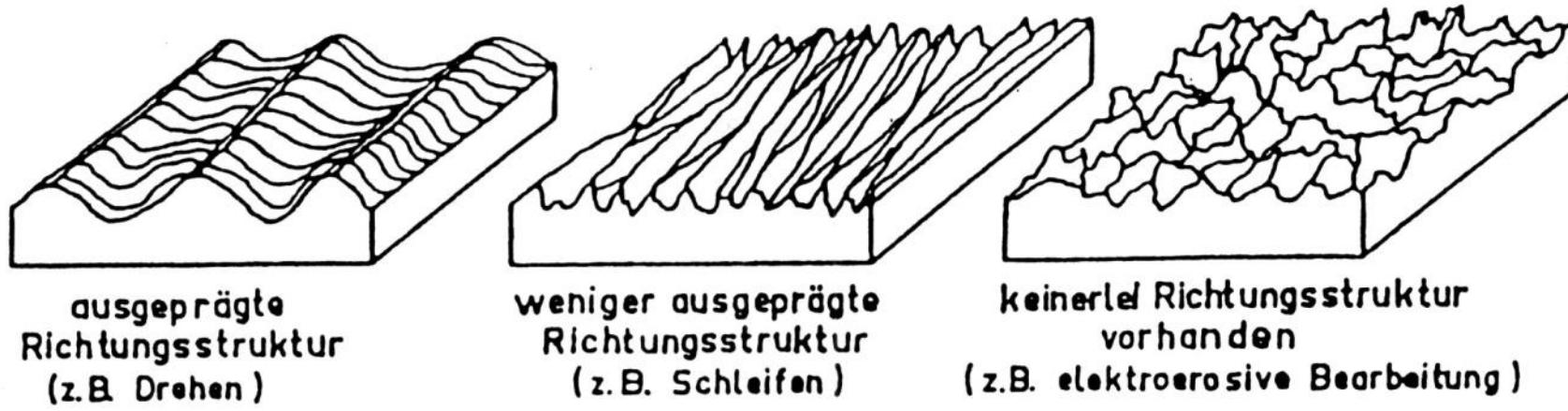
Quelle: DIN 4760, DIN 4761



Universität Bremen
Fertigungsverfahren
Prof. E. Brinksmeier

Br 0156

Das Ordnungssystem für Gestaltabweichungen
und Beispiele für technische Oberflächen



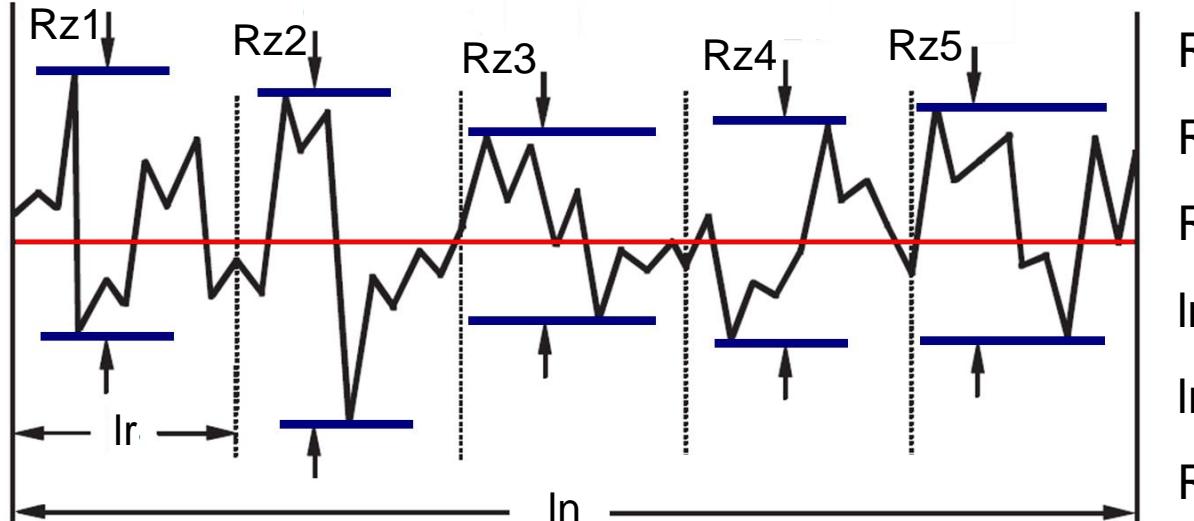
Quelle: DIN 4760



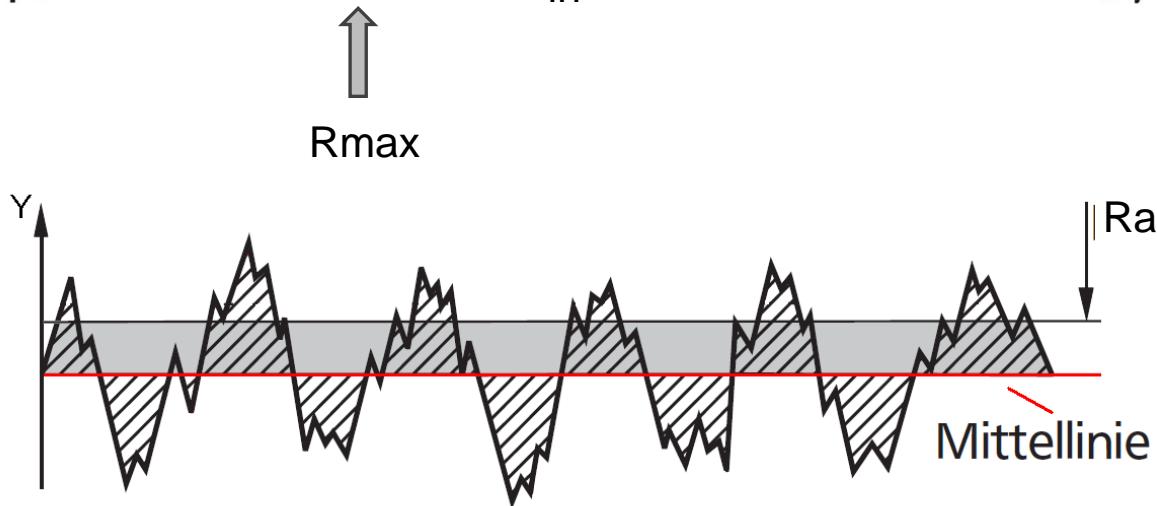
Universität Bremen
Fertigungsverfahren
Prof. E. Brinksmeier

Br 0430

Dreidimensionale Charakterisierung der Oberflächenstruktur



Rzi	Einzelrautiefe
Rz	gemittelte Rautiefe
Rmax	max. Einzelrautiefe
In	Messstrecke
Ir	Einzelmessstrecke
Ra	arithmetischer Mittenrauwert



$$Rz = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 Rzi$$

$$Ra = \frac{1}{In} \int_0^{In} |Y| dx$$

Quelle: DIN EN ISO 4287, Mahr GmbH

Hue 0003



Norm für flächenhafte Rauheitsmessung: DIN EN ISO 25178-2

Sa - Mittlere arithmetische Höhe:

$$Sa = \frac{1}{A} \int_A |z(x, y)| dx dy$$

Sq - Mittlere quadratische Höhe:

$$Sq = \sqrt{\frac{1}{A} \iint_A z^2(x, y) dx dy}$$

Weitere Kennwerte:

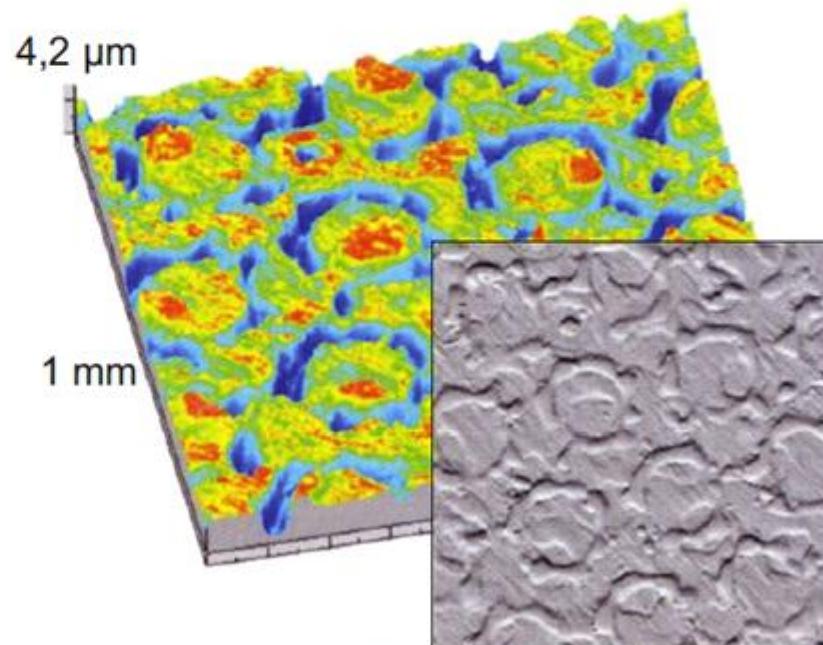
Sz – maximale Höhe

Sp – maximale Spitzenhöhe

Sv – maximale Senkenhöhe

Notwendigkeit flächenhafter Rauheitsmessung:

- ⇒ Beschreibung komplexer und unregelmäßiger Oberflächen
- ⇒ Breitere Verfügbarkeit von geeigneten (optischen) Messgeräten
- ⇒ Taktile Messverfahren durch Tastspitze in Genauigkeit begrenzt



Quelle: Beuth - Rauheitsmessung

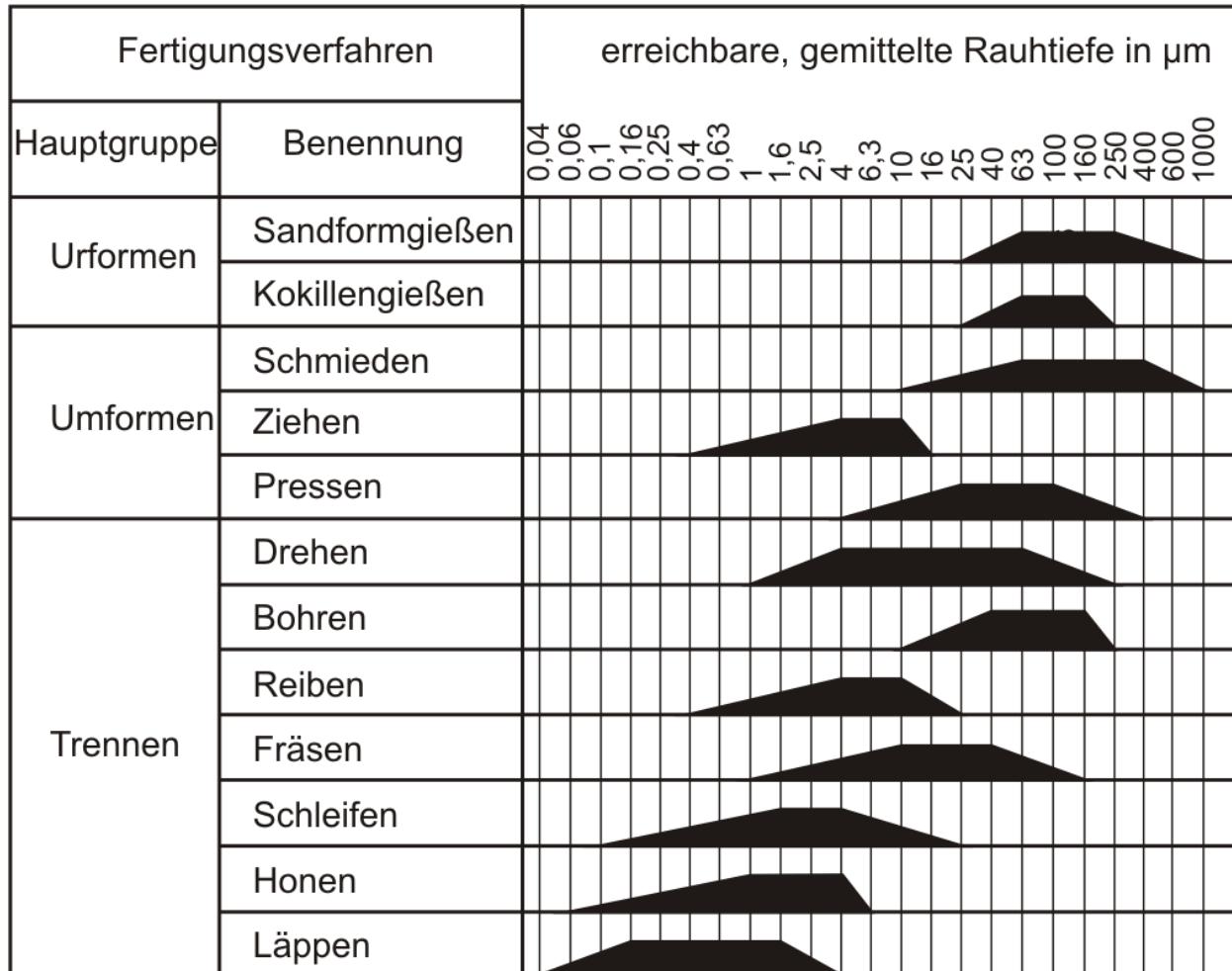
Quelle: DIN EN ISO 25178-2

AMEI 0001



Universität Bremen
Fertigungsverfahren
Prof. E. Brinksmeier

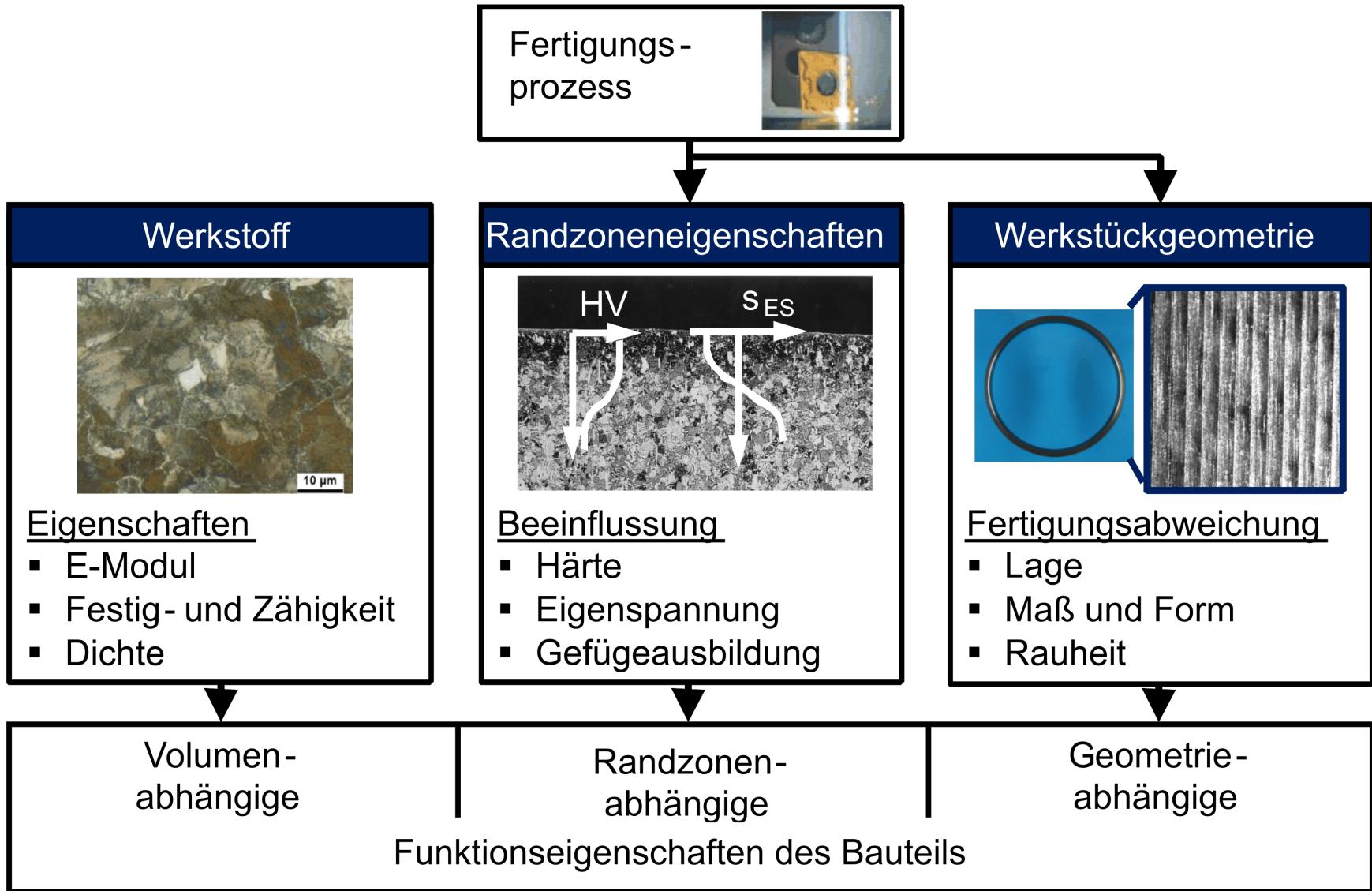
Flächenhafte Rauheitsmessung



Quelle: DIN 4760

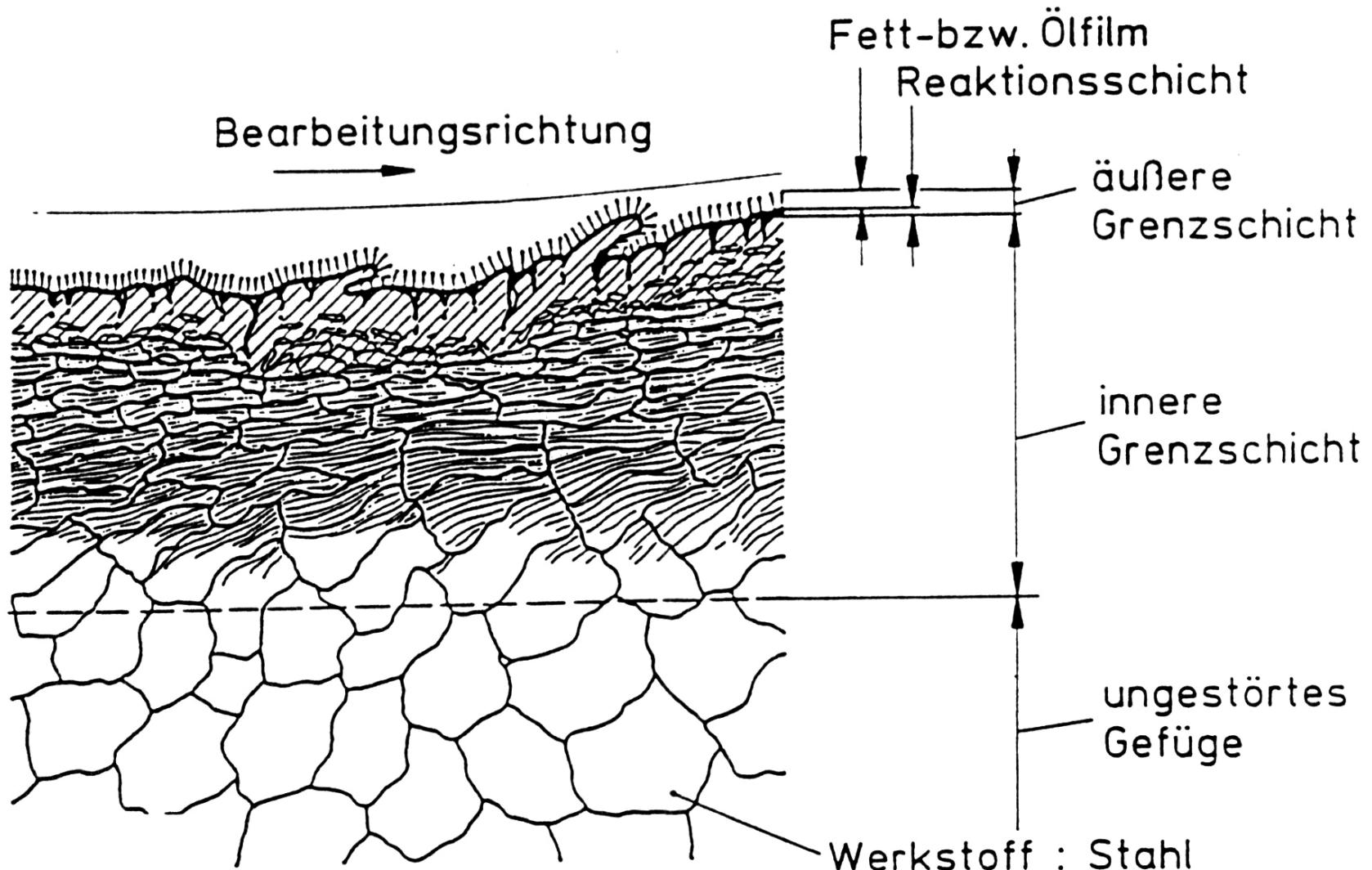
Br 0434





Rob 0068





Quelle: v. Weingraber

Br 0138



Universität Bremen
Fertigungsverfahren
Prof. E. Brinksmeier

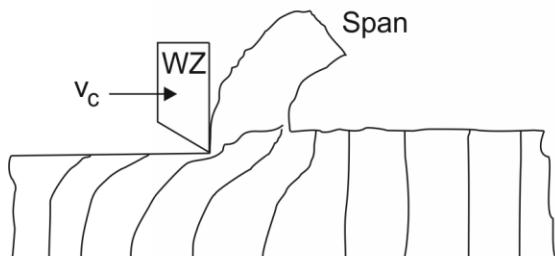
Grenzschichten eines bearbeiteten Werkstücks



a) $f = 0,21 \text{ mm/Hub}$
 $\gamma = 20^\circ, \lambda = -11^\circ$



b) $f = 0,43 \text{ mm/Hub}$
 $\gamma = -9^\circ, \lambda = 3^\circ$



Werkstückstoff: Stahl C45
 $v_c = 45 \text{ m/min}$
 $a_p = 2,5 \text{ mm}$
Hartmetall
 $\chi = 53^\circ$
 $r = 1 \text{ mm}$
Ätzmittel: HNO_3 1%ig

50 μm

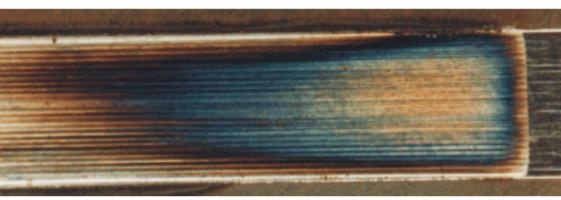
Quelle: vgl. Diss. Tönshoff, 1966

Pal 0107



Universität Bremen
Fertigungsverfahren
Prof. E. Brinksmeier

Kornverformung in Oberflächennähe durch Hobeln

Abbildung	Charakterisierung
	<ul style="list-style-type: none"> - Keine Verfärbung im Nutauslauf
	<ul style="list-style-type: none"> - Gelblich, goldene Verfärbung im Nutauslauf
	<ul style="list-style-type: none"> - Braune Verfärbung im Nutauslauf
	<ul style="list-style-type: none"> - Blaue bis schwarze Verfärbung im Nutauslauf
Beeinflussungsgrad 0 Beeinflussungsgrad 1 Beeinflussungsgrad 2 Beeinflussungsgrad 3 	

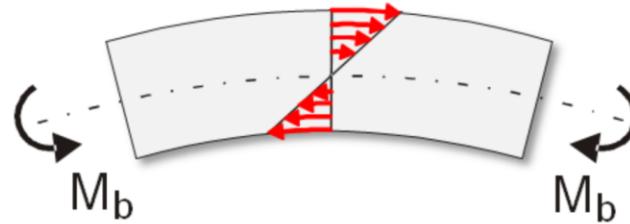
Pal 0108



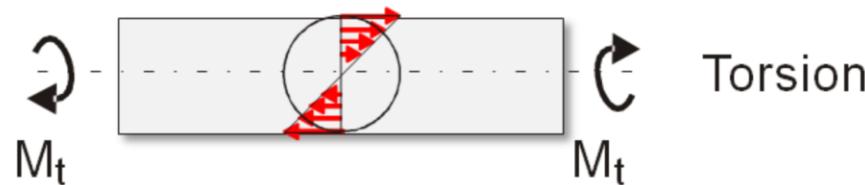
Zugbelastung



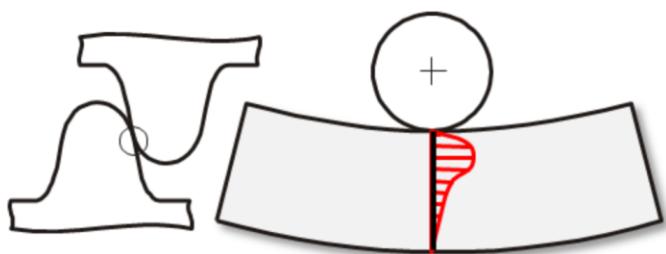
Biegung



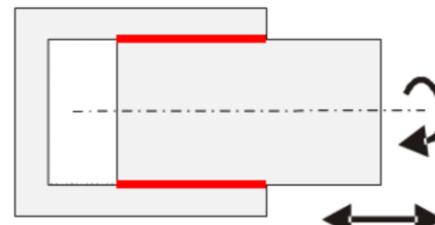
Torsion



Wälzfestigkeit



tribologische Beanspruchung

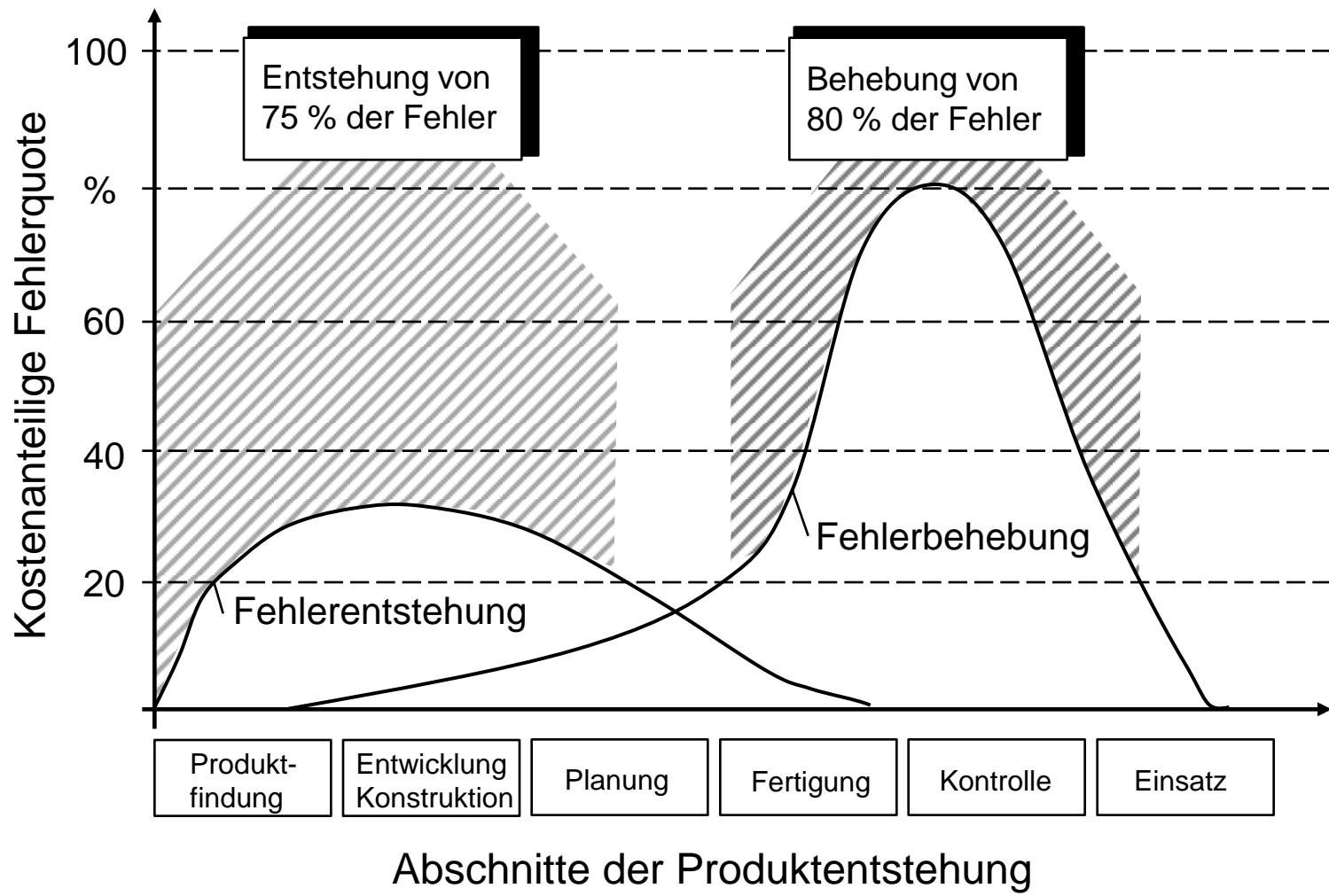


Korrosion,
chem. Reaktionen



Pal 0109





Red 0018



$$K = K_E + \frac{K_{AW}}{L} + \frac{K_{VOR}}{A \cdot L} + K_{FO} \left[\frac{\epsilon}{\text{Stück}} \right]$$

K Fertigungskosten je Werkstück

K_E	Fertigungseinzelkosten	Zeitproportionale Lohn- und Maschinenkosten, Werkzeugkosten
K_{AW}	Auftragswiederholungskosten	Kosten für das Einrichten der Maschine und Fertigungssteuerung
K_{VOR}	Vorbereitungskosten	Kosten werkstückgebundener Lehren und Vorrichtungen, NC-Programme etc.
K_{FO}	Folgekosten	Lagerkosten, Anpassarbeiten

L: Losgröße, A: Auftragswiederholzahl, A*L: Gesamtstückzahl

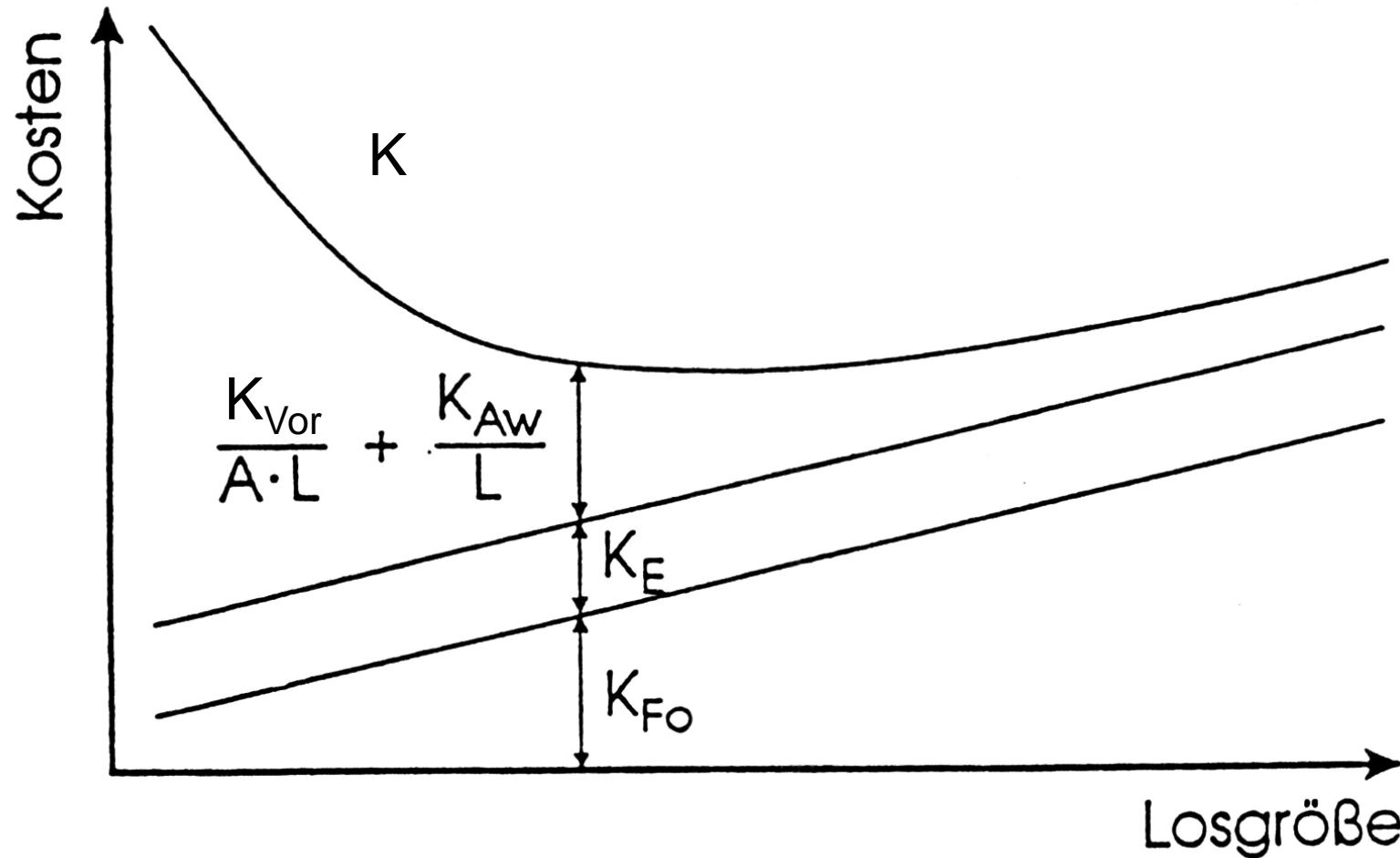
für n Teilvorgänge gilt:

$$K = \sum_{i=1}^n \left(K_{Ei} + \frac{K_{AWi}}{L} + \frac{K_{VORi}}{A \cdot L} + K_{FOi} \right) \left[\frac{\epsilon}{\text{Stück}} \right]$$

Quelle: VDI - Richtlinie 3221

Br 0424

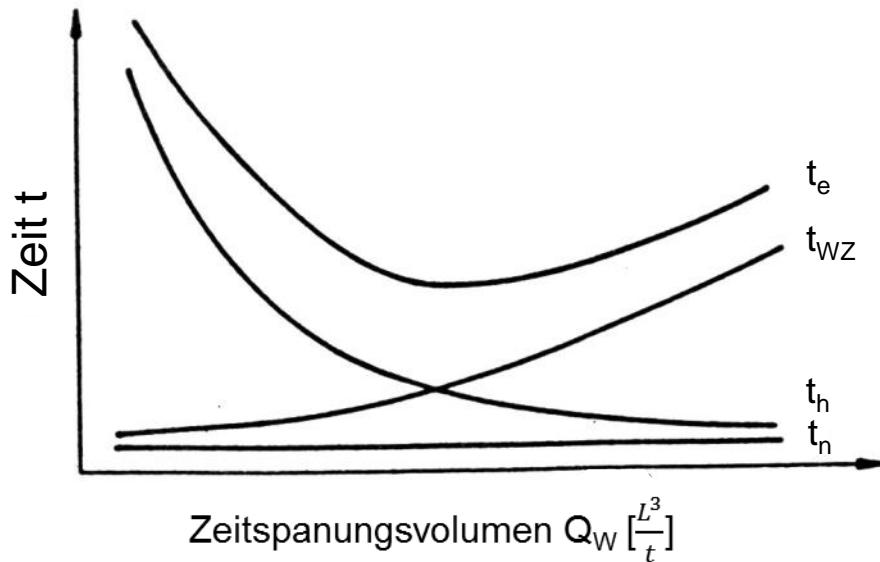




Br 0436



Hochkonjunktur

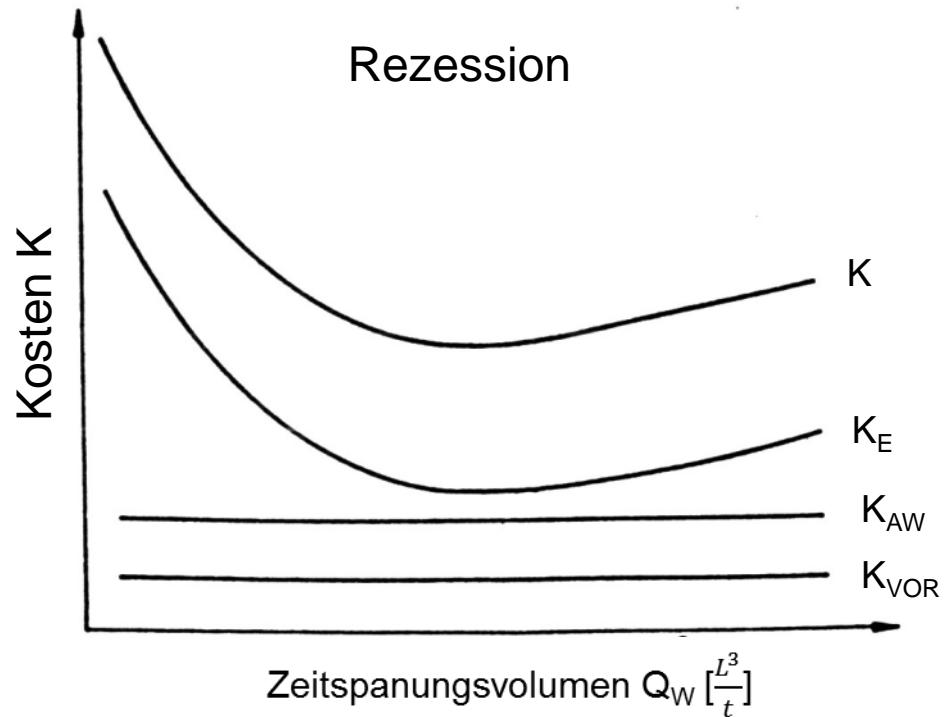


- | | |
|----------|---|
| t_e | Zeit je Werkstück |
| t_h | Hauptnutzungszeit |
| t_n | Nebennutzungszeit |
| t_{wz} | anteilige Werkzeugwechselzeit
infolge Standzeitendes |

$$t_e = t_h + t_n + t_{wz}$$

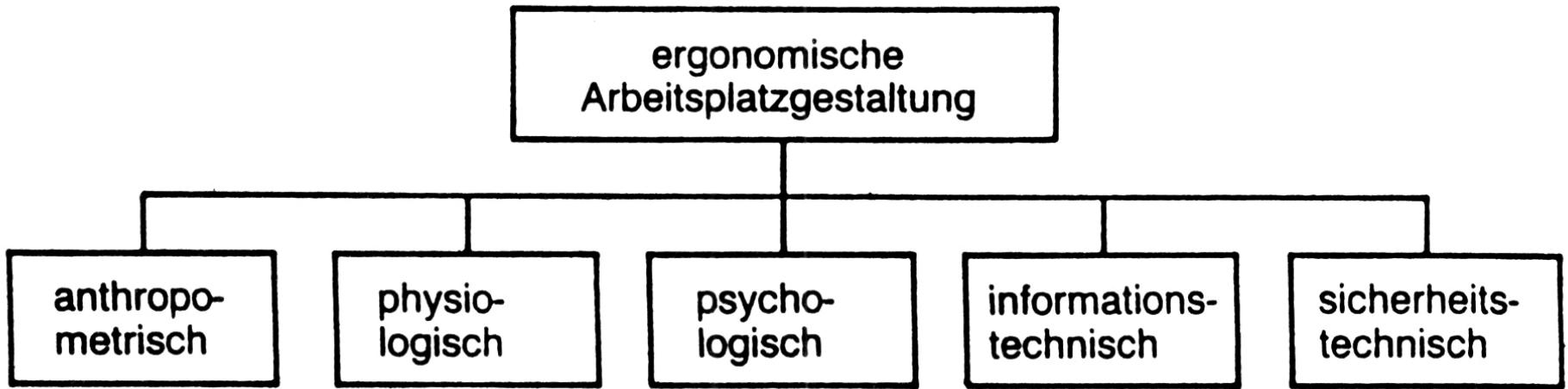
Quelle: Saljé

Rezession



- | | |
|-----------|-------------------------------|
| K | Fertigungskosten je Werkstück |
| K_E | Fertigungseinzelkosten |
| K_{AW} | Auftragswiederholkosten |
| K_{VOR} | Vorbereitungskosten |





Quelle: REFA



Universität Bremen
Fertigungsverfahren
Prof. E. Brinksmeier

Br 0385

Aspekte ergonomischer Arbeitsplatzgestaltung

So sitzen Sie richtig

Ergonomie am PC-Arbeitsplatz

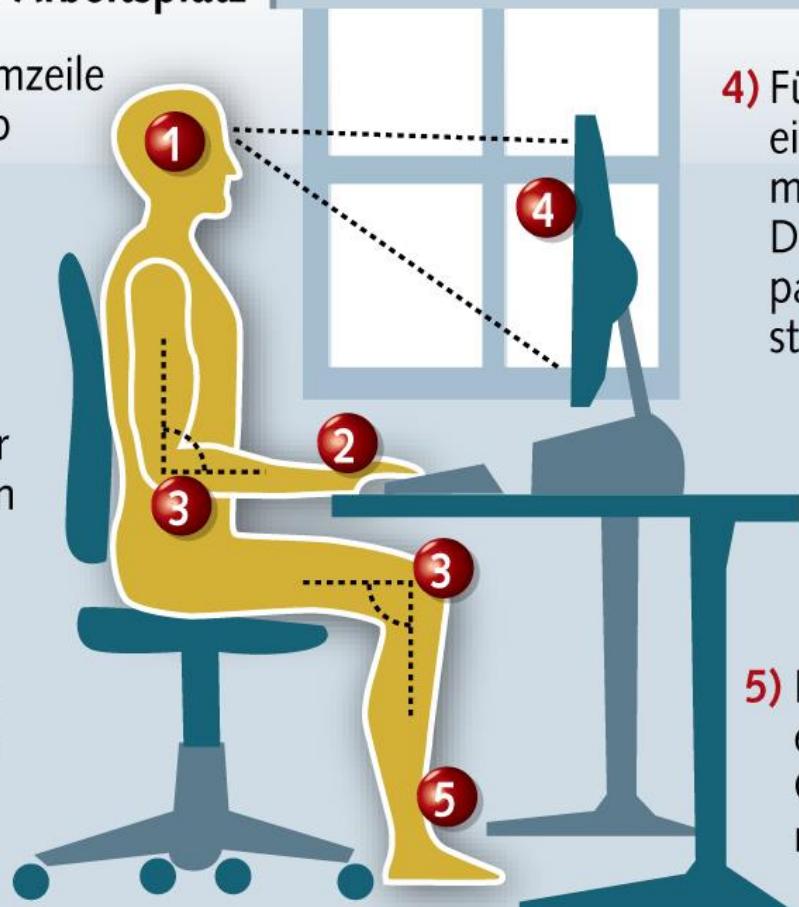
1) Die oberste Bildschirmzeile sollte leicht unterhalb der waagerechten Sehachse liegen.

2) Tastatur und Maus befinden sich in einer Ebene mit Ellenbogen und Handflächen.

3) 90° Winkel zwischen Ober- und Unterarm sowie Ober- und Unterschenkel

4) Für den Monitor gilt ein Sichtabstand von mindestens 50 cm. Der Bildschirm sollte parallel zum Fenster stehen.

5) Die Füße benötigen eine feste Auflage. Ggf. Fußhocker nutzen.



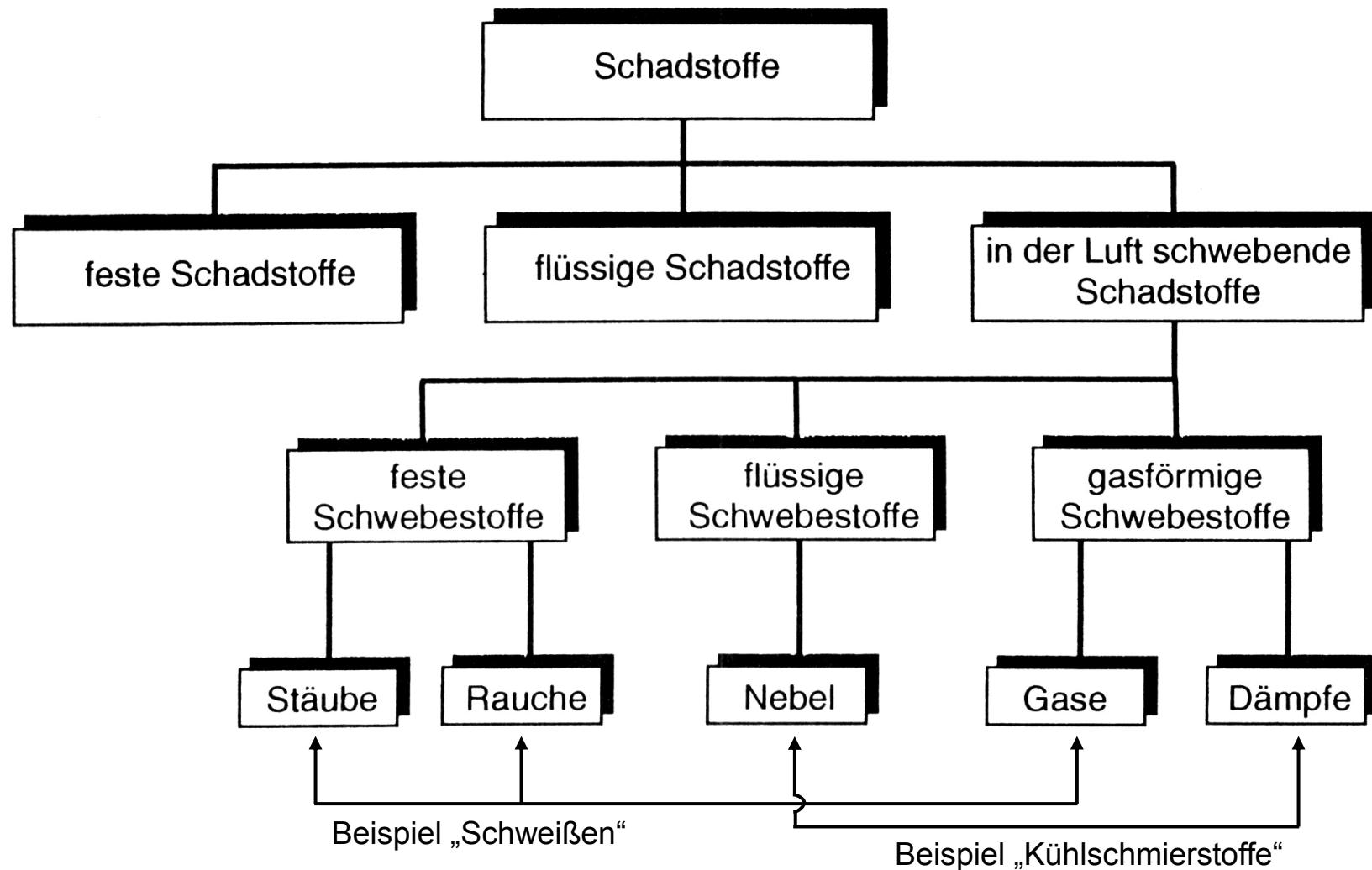
Quelle: BITKOM

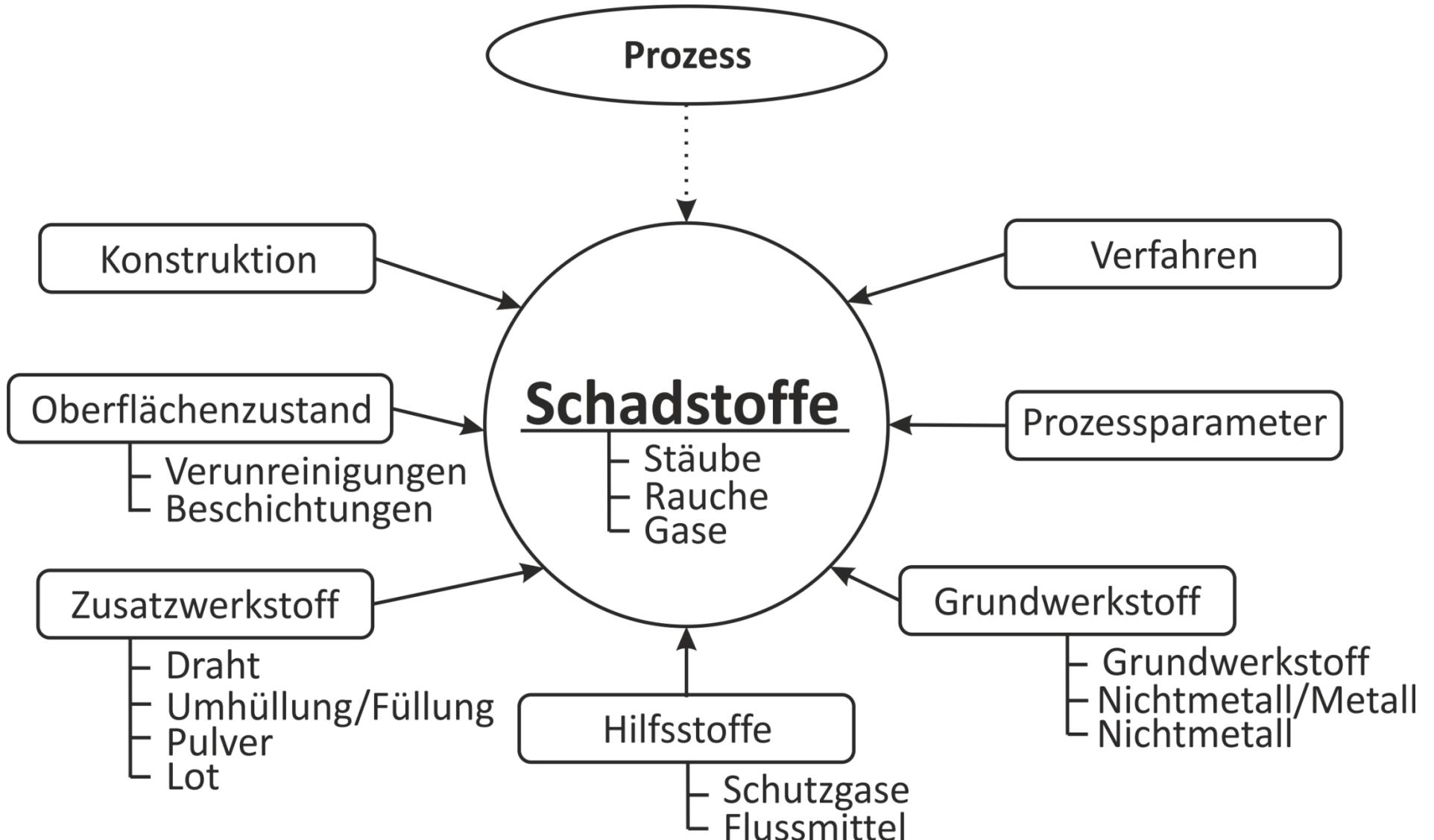
BITKOM



Universität Bremen
Fertigungsverfahren
Prof. E. Brinksmeier

Ergonomische Gestaltung eines PC-Arbeitsplatzes

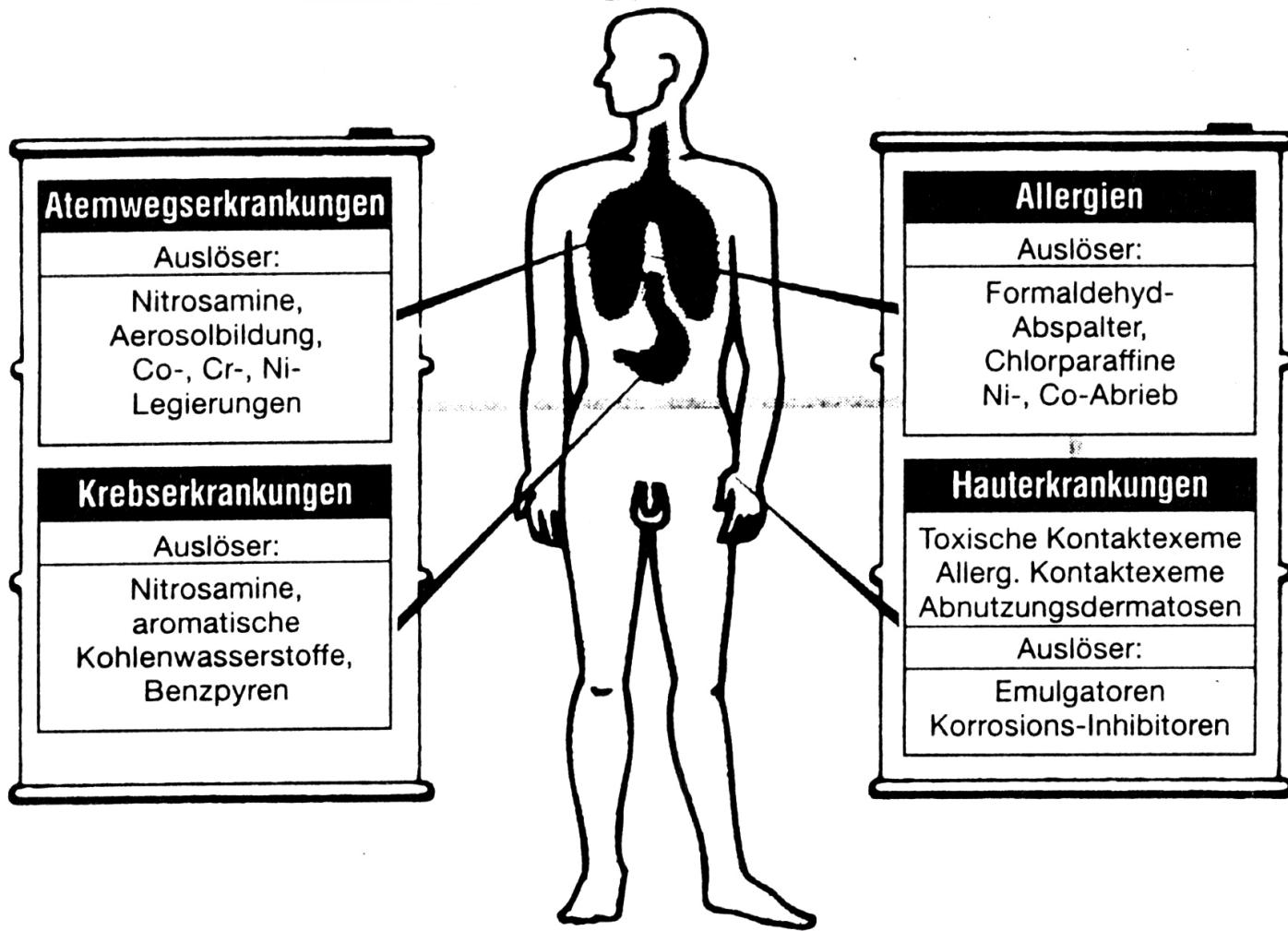




Quelle: Länderausschuss für Arbeitsschutz und Sicherheitstechnik, 2005

Pal 0104





Quelle: Gühring

Wa 0122



Universität Bremen
Fertigungsverfahren
Prof. E. Brinksmeier

Gesundheitsschädliches Gefährdungspotenzial
von Kühlenschmierstoffen