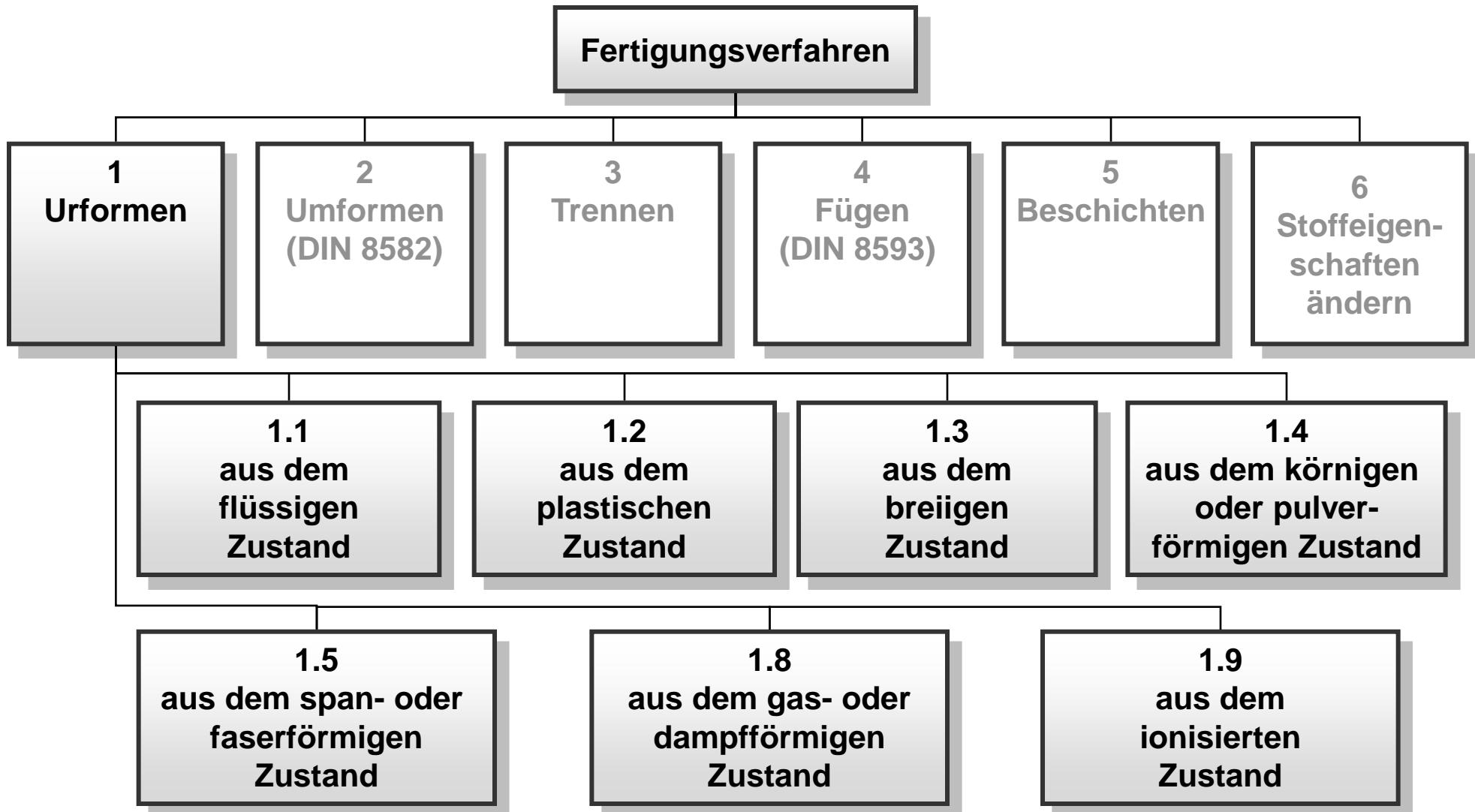


# Grundlagen der Fertigungstechnik

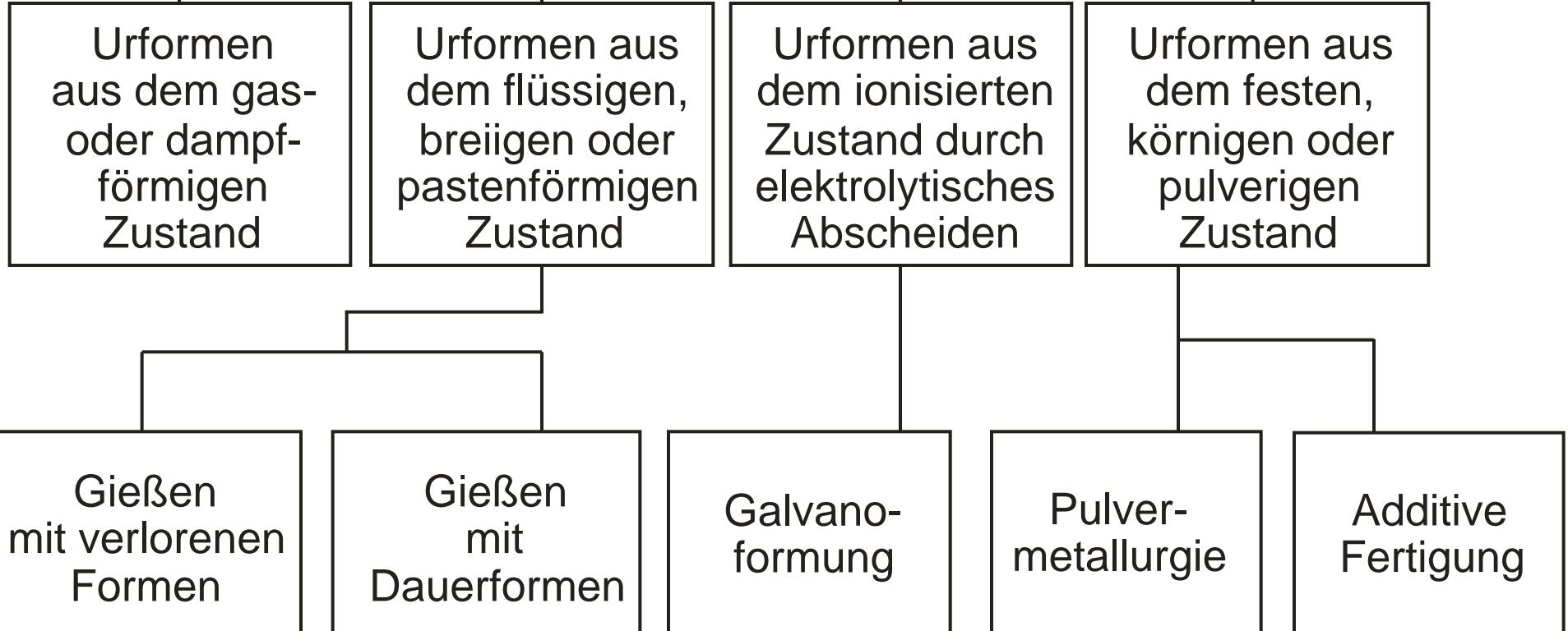
Modul Produktionstechnik

Kapitel 3: Urformen





# ***Urformen***



Quelle: VDI

Universität Bremen  
Fertigungsverfahren  
Prof. E. Brinksmeier

Dör 1101

Einteilung der urformenden Fertigungsverfahren

- Extrem weitgehende Freiheit der konstruktiven Gestaltung.
- Leichte Anpassung der Konturen (auch im Inneren) an die Bauteilfunktion und die auftretenden Beanspruchungen.
- Berücksichtigung lokaler Beanspruchungen durch gezieltes Einstellen von Gefügeunterschieden.
- Integration vieler Funktionen in einem Bauteil.
- Formgebung von Werkstoffen, die sich sonst weder umformen noch spanend bearbeiten lassen.
- Herstellung von Großserienprodukten mit hoher Reproduzierbarkeit.
- Hohe Wirtschaftlichkeit, Schonung von Rohstoff- und Energieressourcen.

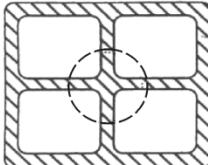
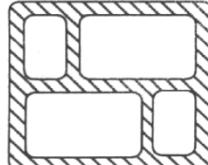
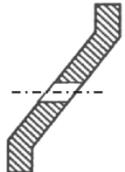
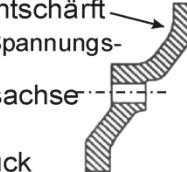
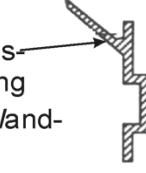
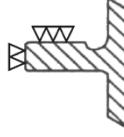
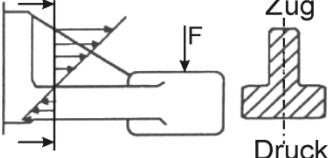
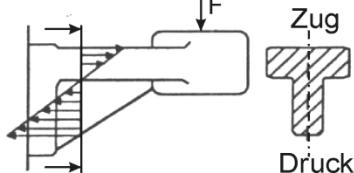


Quelle: nach konstruieren + gießen

Universität Bremen  
Fertigungsverfahren  
Prof. E. Brinksmeier

Bri 0478

Vorteile des Gießens

ungünstig	günstig
	
	
	
Ein- und Auslauf für Werkzeuge vorsehen	
	

Quelle: Warnecke



## Gießen in verlorene Formen

Hohl- und Vollform-gießen

Modellausschmelz-verfahren

Maskengießen

Keramikformen

## Gießen in Dauerformen (ohne Modelle)

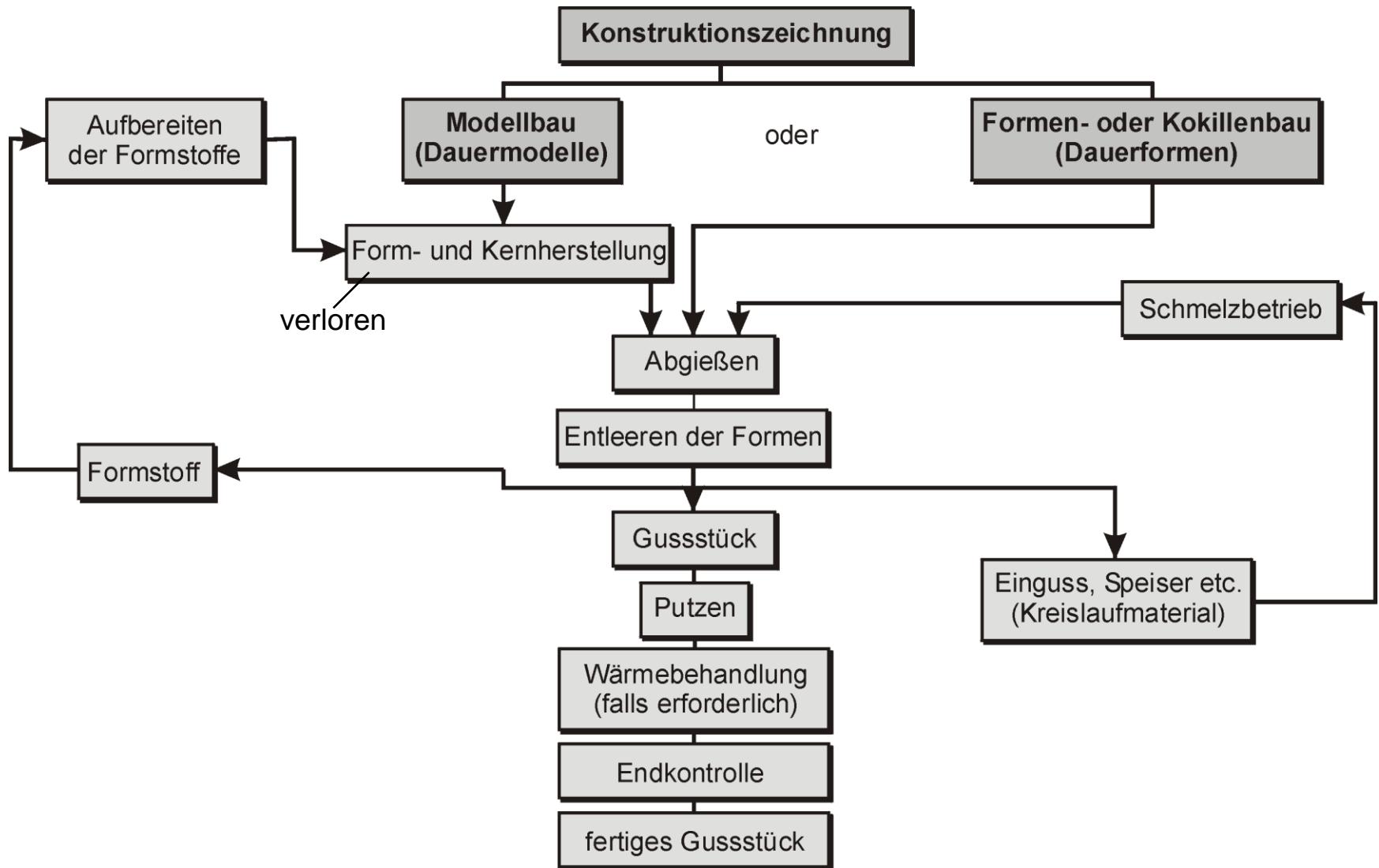
Druckgießen

Schleudergießen/  
Zentrifugalkraft-gießen

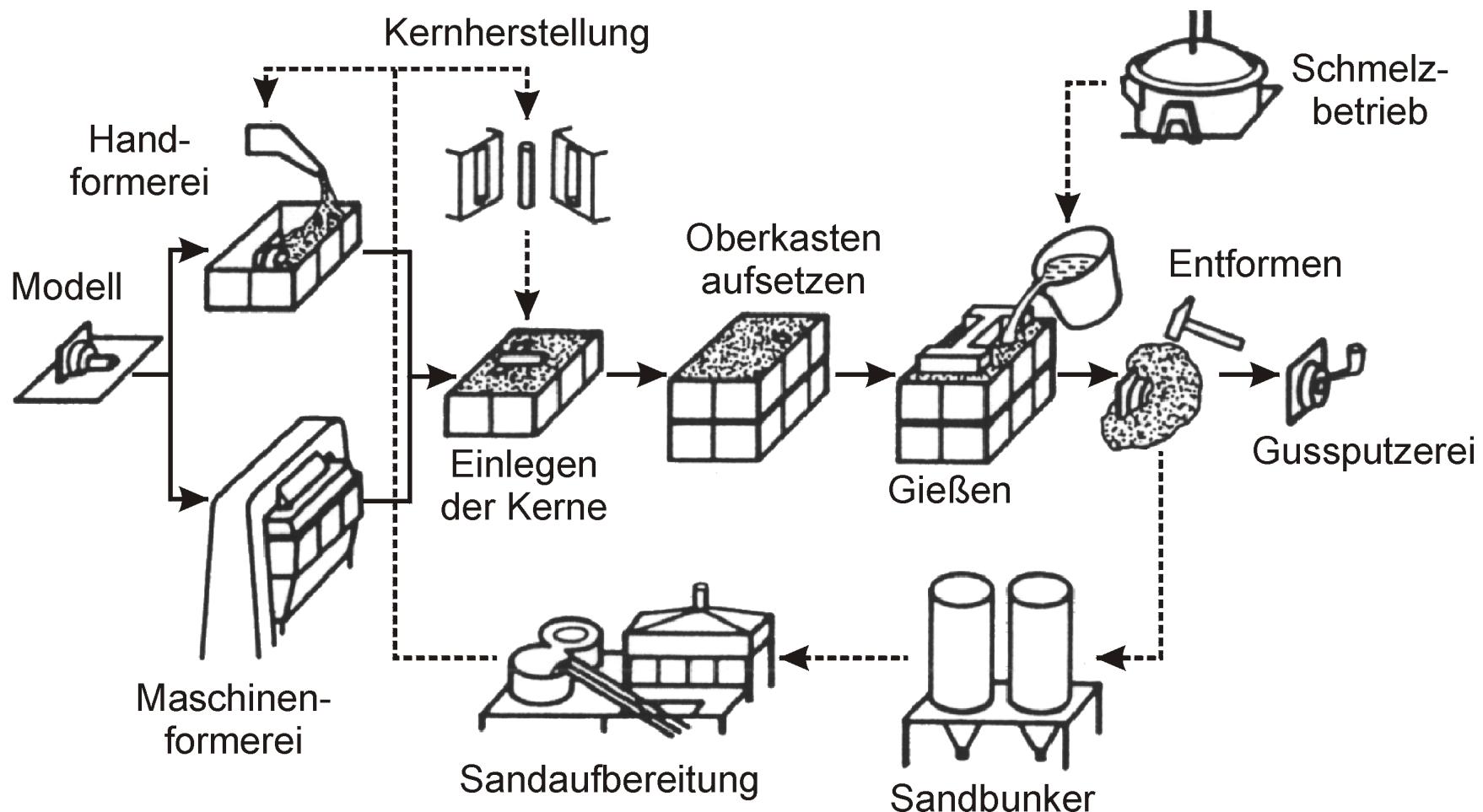
Kokillengießen/  
Schwerkraftgießen

Stranggießen



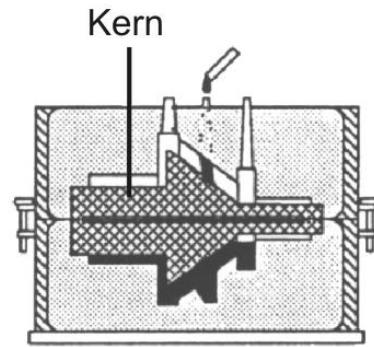
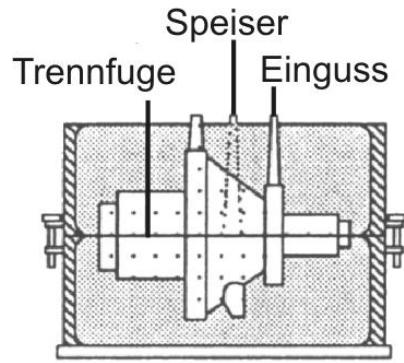
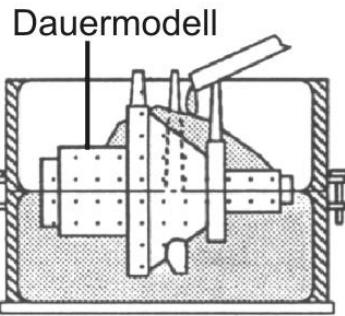


Quelle: nach ZGV

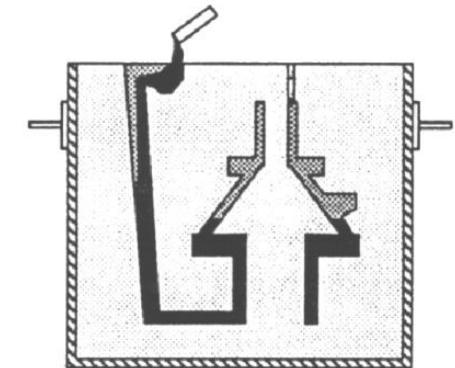
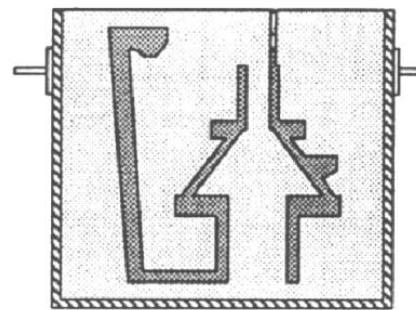
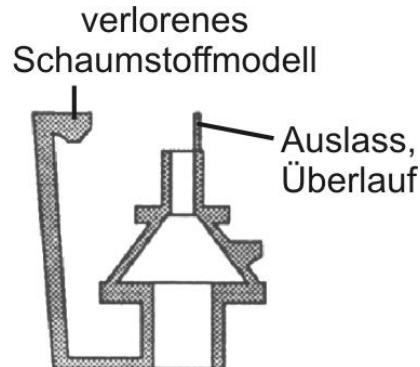
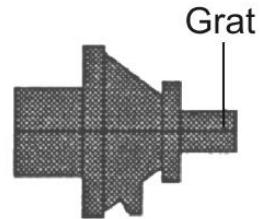


Quelle: Spur, Stöferle





Hohlformgießen



Vollformgießen



Quelle: Spur, Stöferle



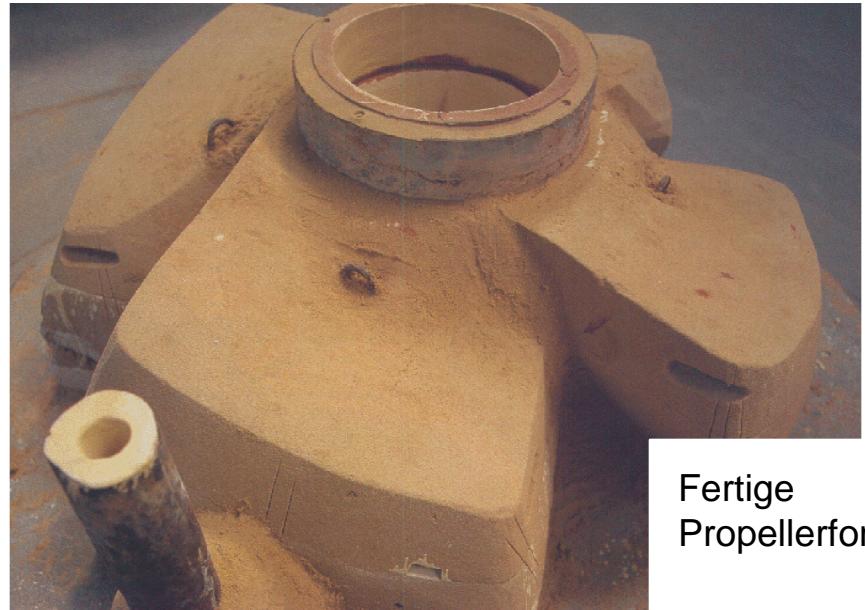
Universität Bremen  
Fertigungsverfahren  
Prof. E. Brinksmeier

Ma 0059

Hohl- und Vollformgießen



Herstellung  
der Gussform  
aus Nasssand



Fertige  
Propellerform



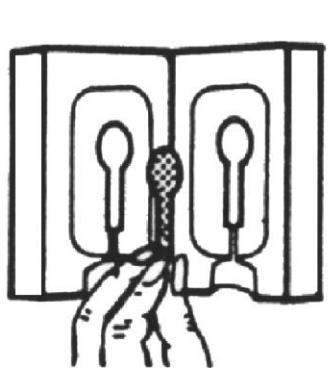


Feinschliff zur  
Profil-  
abstimmung

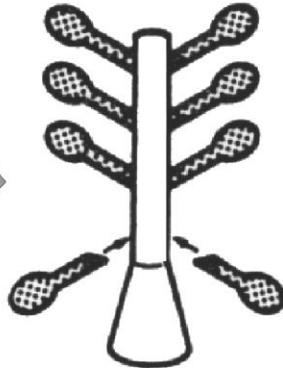


Fertiger  
Propeller

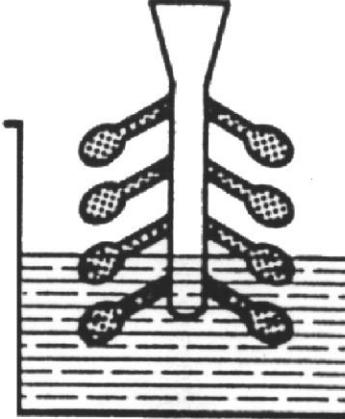




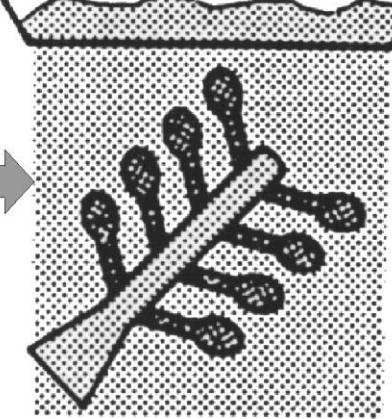
Gießen der  
Wachsmodelle



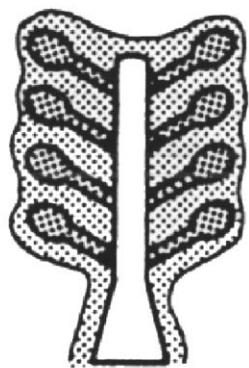
Zusammensetzen  
der Modelle



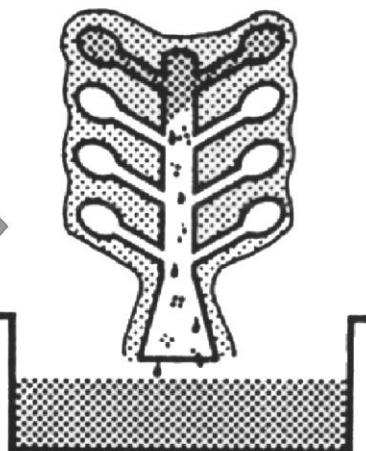
Tauchen in Keramik



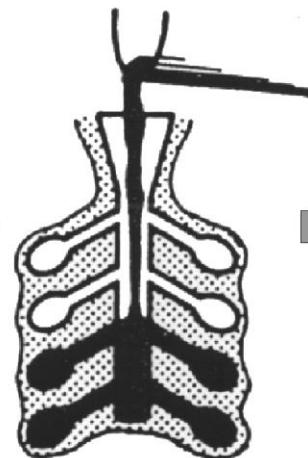
Besanden



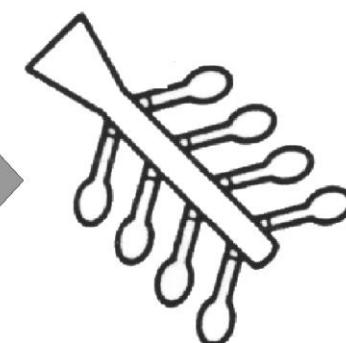
Hinterfüllen



Ausschmelzen



Gießen



Trennen

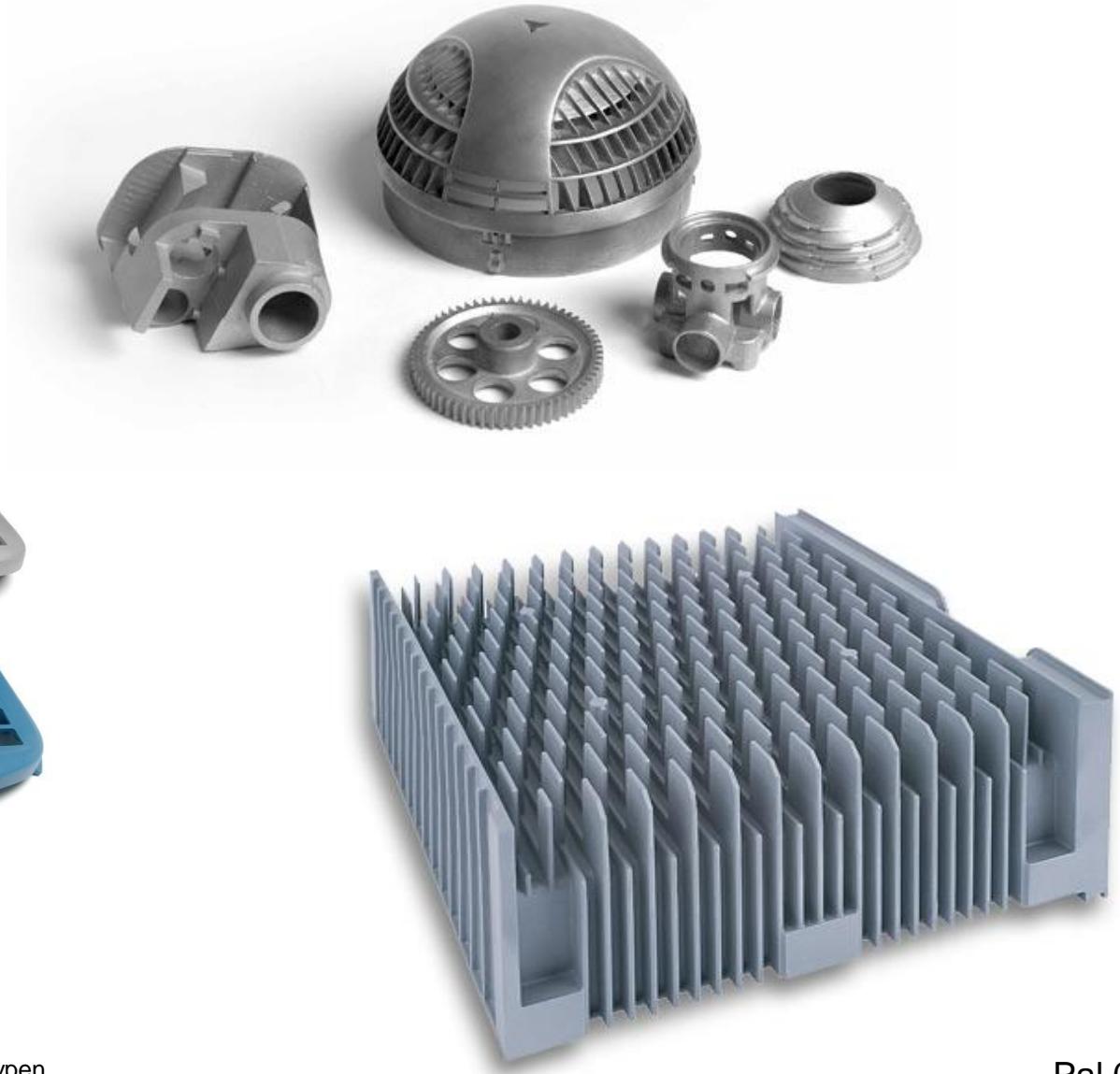


Quelle: Warnecke

Universität Bremen  
Fertigungsverfahren  
Prof. E. Brinksmeier

Ma 0061

Fertigungsablauf beim Modellausschmelzverfahren



Quelle: Feinguss Blank, PTZ Prototypen

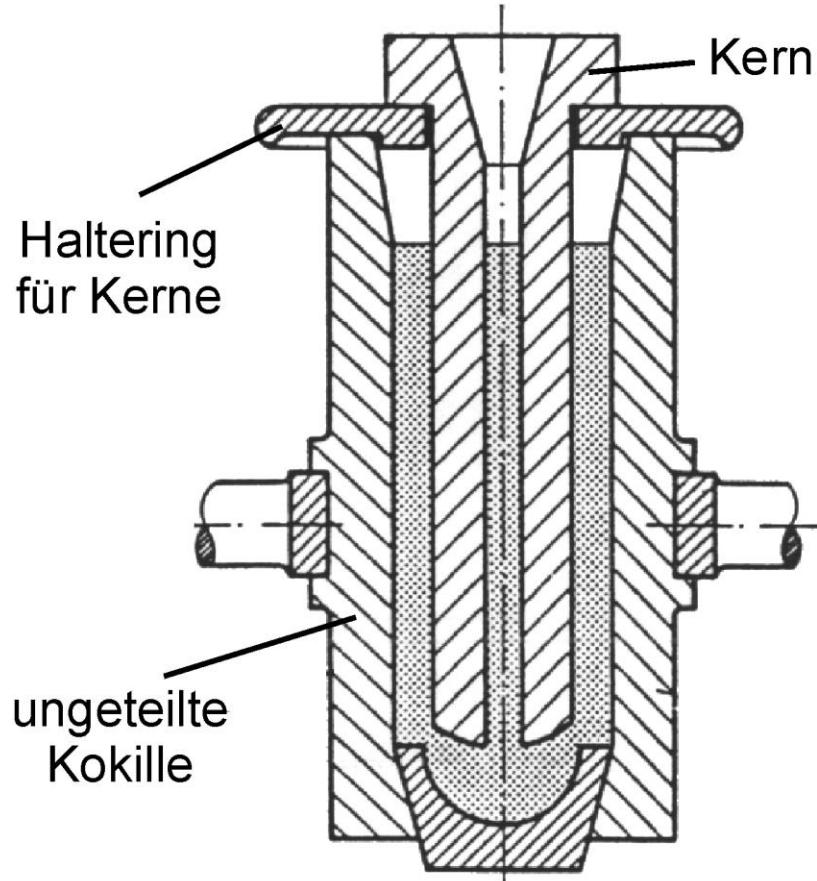
Pal 0121



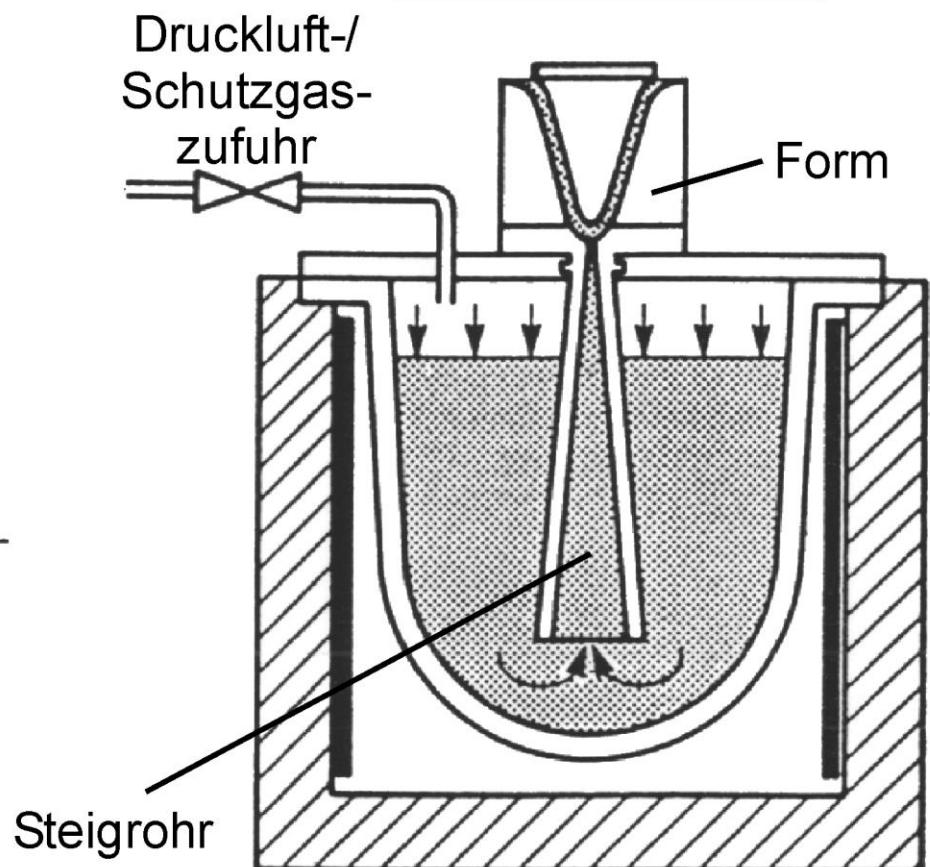
Universität Bremen  
Fertigungsverfahren  
Prof. E. Brinksmeier

Beispiele für Feingussbauteile

## Schwerkraft-Kokillengießen



## Niederdruck-Kokillengießen



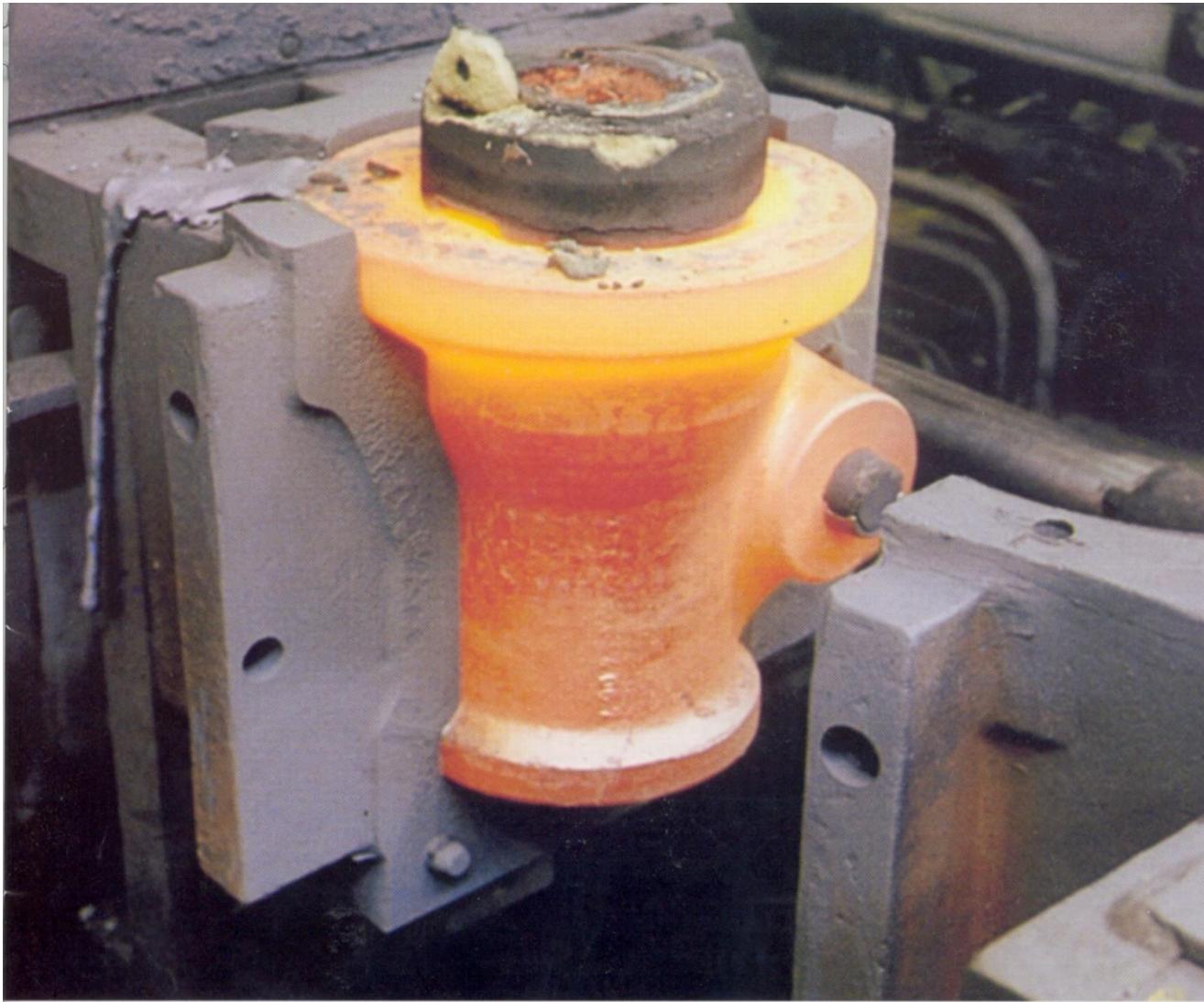
Quelle: Warnecke



Universität Bremen  
Fertigungsverfahren  
Prof. E. Brinksmeier

Ma 0062

Schwerkraft- und Niederdruck-Kokillengießverfahren



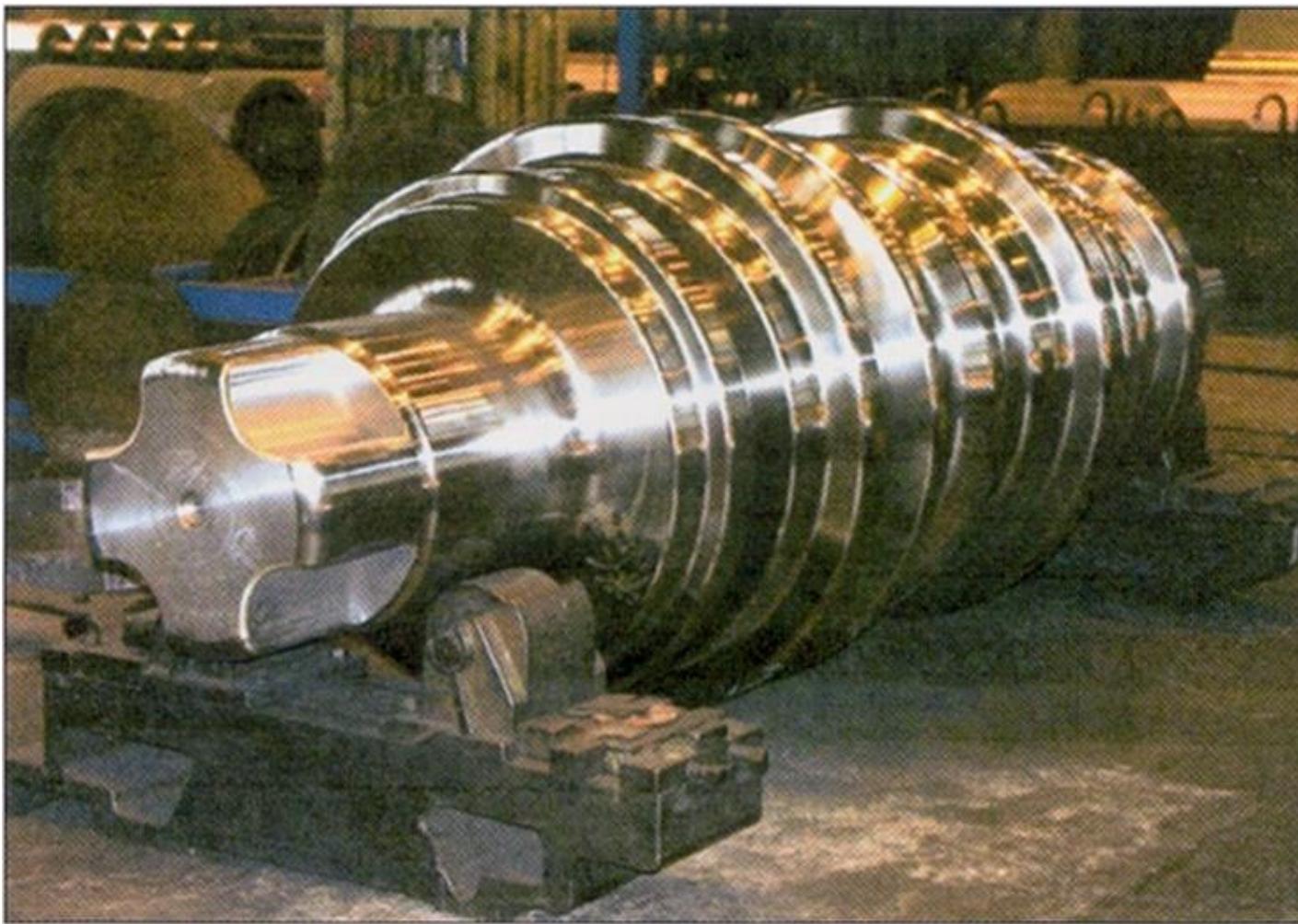
Quelle: konstruieren + gießen

Schoe 0001



Universität Bremen  
Fertigungsverfahren  
Prof. E. Brinksmeier

Kokillengießen von Leichtmetall



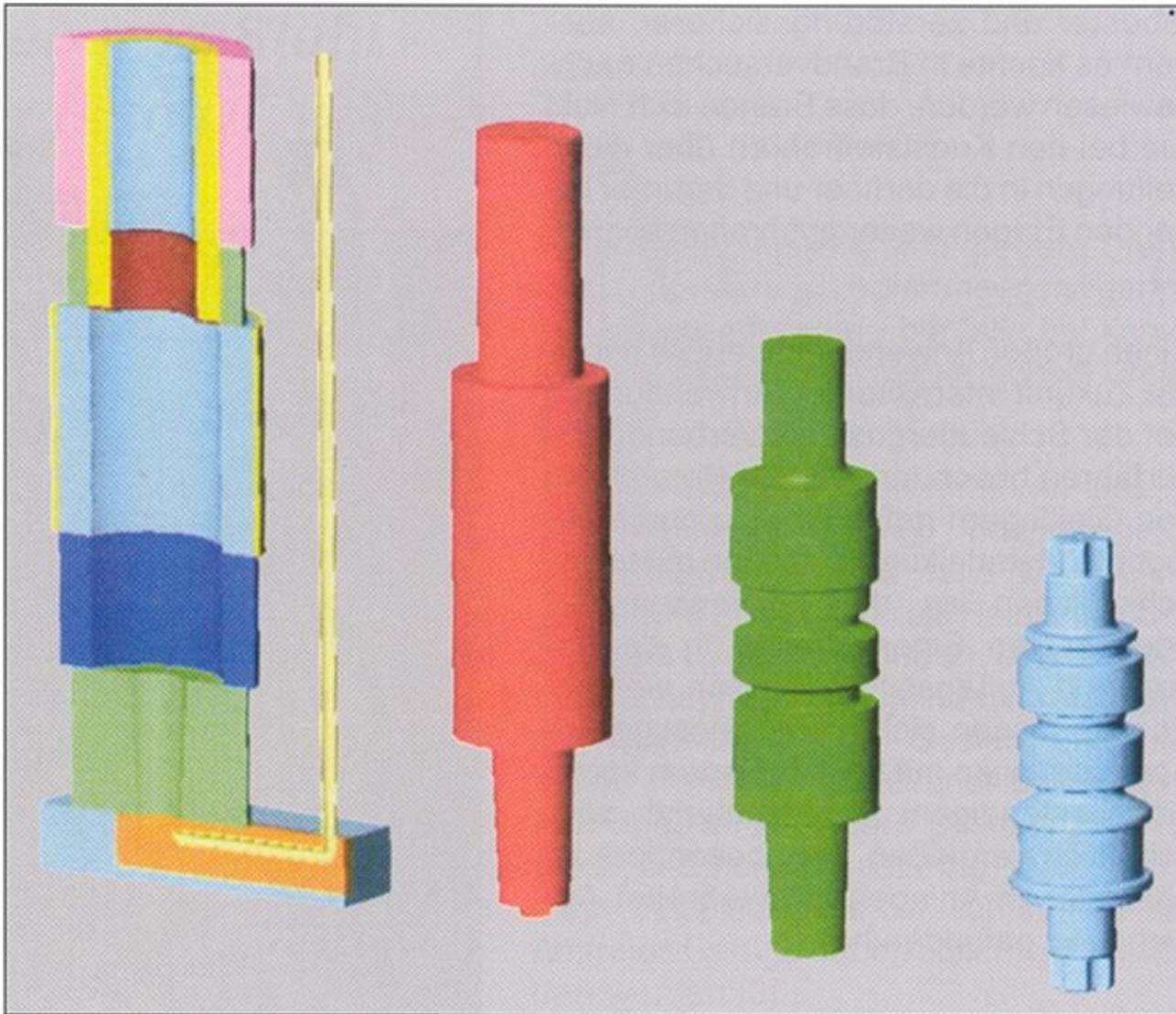
Quelle: konstruieren + giessen

Schoe 0004



Universität Bremen  
Fertigungsverfahren  
Prof. E. Brinksmeier

Gegossene Schienenwalze



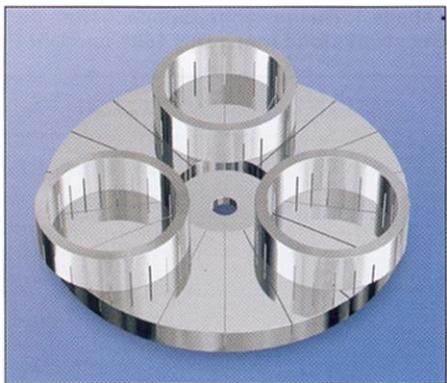
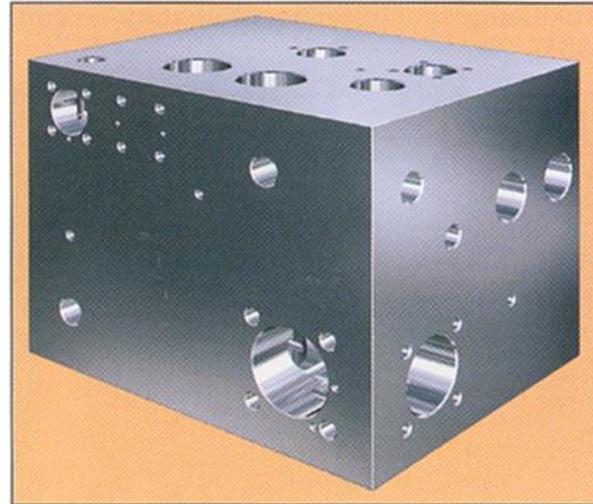
Quelle: konstruieren + giessen

Schoe 0005



Universität Bremen  
Fertigungsverfahren  
Prof. E. Brinksmeier

Herstellungsstufen einer Walze



Quelle: konstruieren + giessen

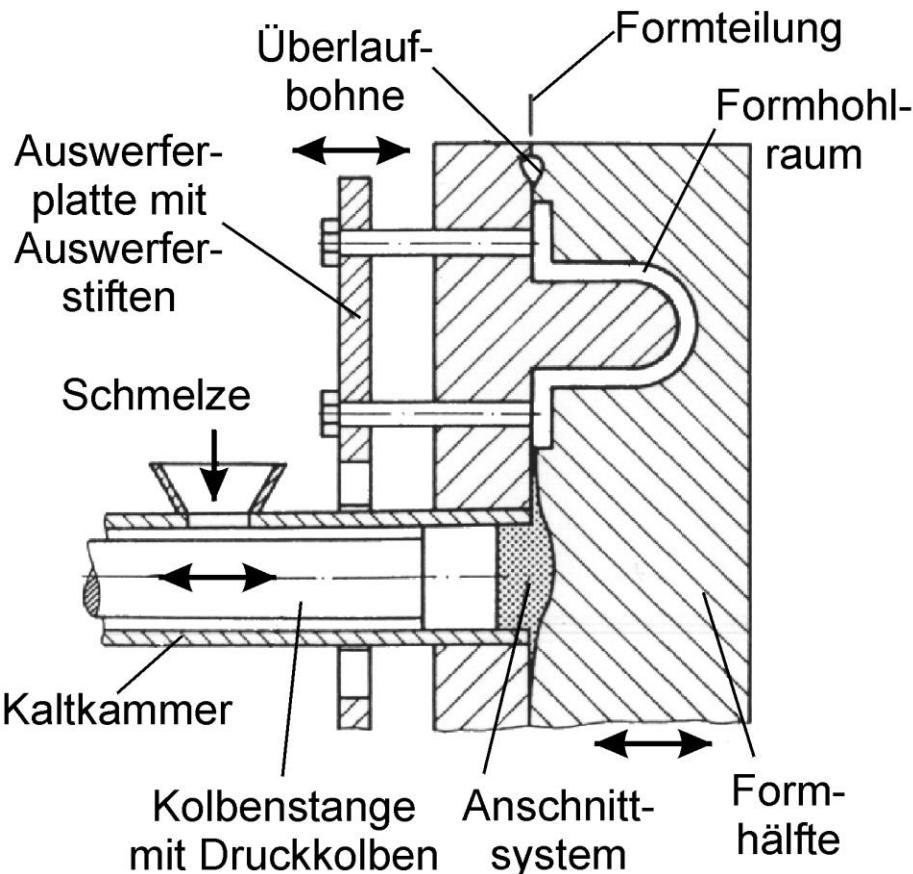


Universität Bremen  
Fertigungsverfahren  
Prof. E. Brinksmeier

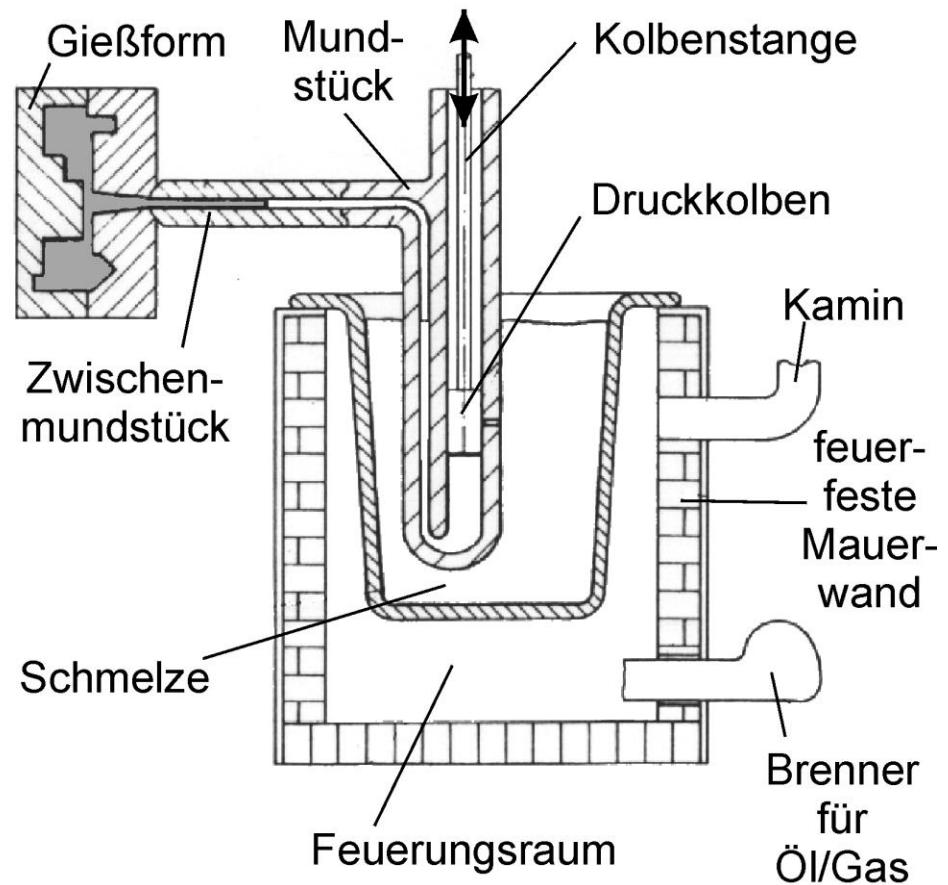
Schoe 0002

Beispiele für Kokillenguss-Bauteile

## Kaltkammergießen



## Warmkammergießen



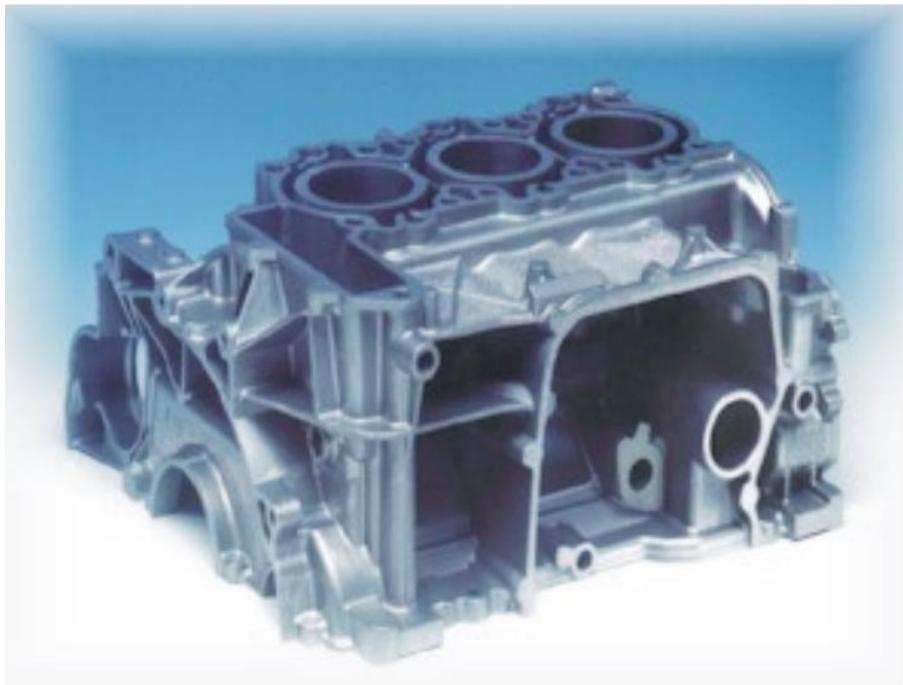
Quelle: Fritz/Schulze



Universität Bremen  
Fertigungsverfahren  
Prof. E. Brinksmeier

Br 0509

Vergleich von Druckgießverfahren



Kurbelgehäuse Porsche Boxster



Bauteil aus PKW-Automatikgetriebe



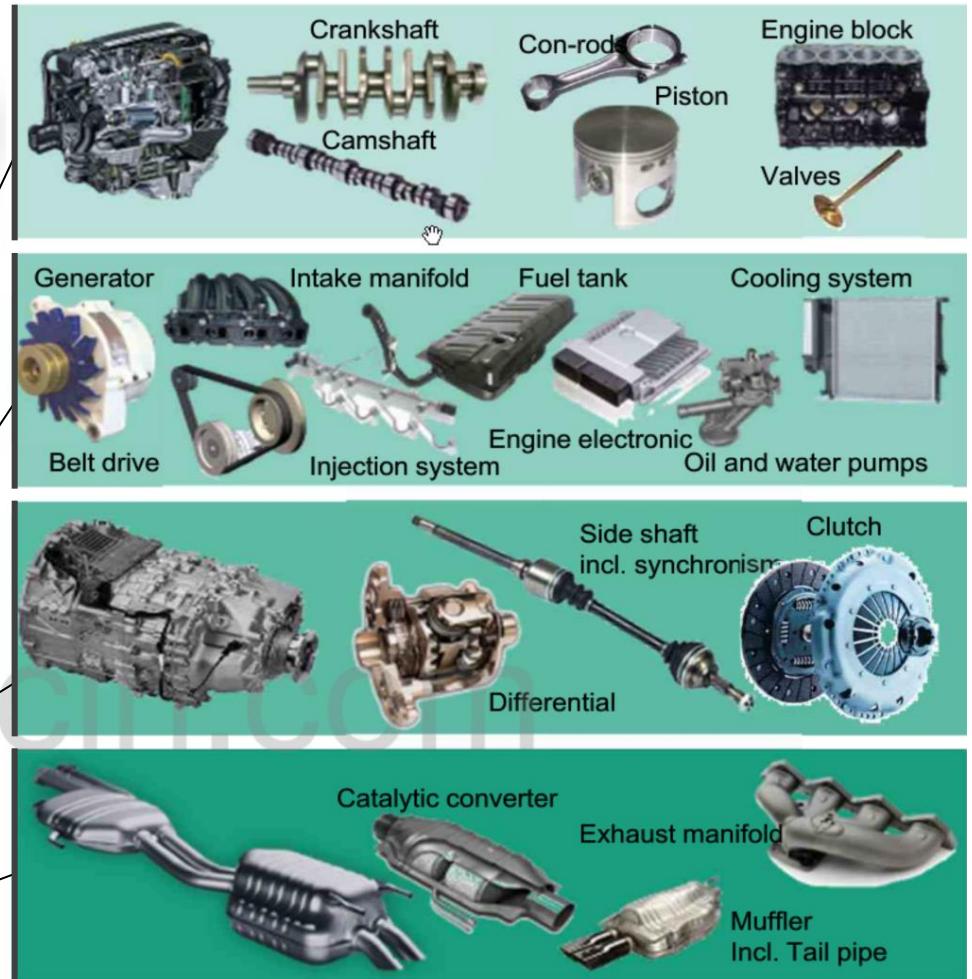
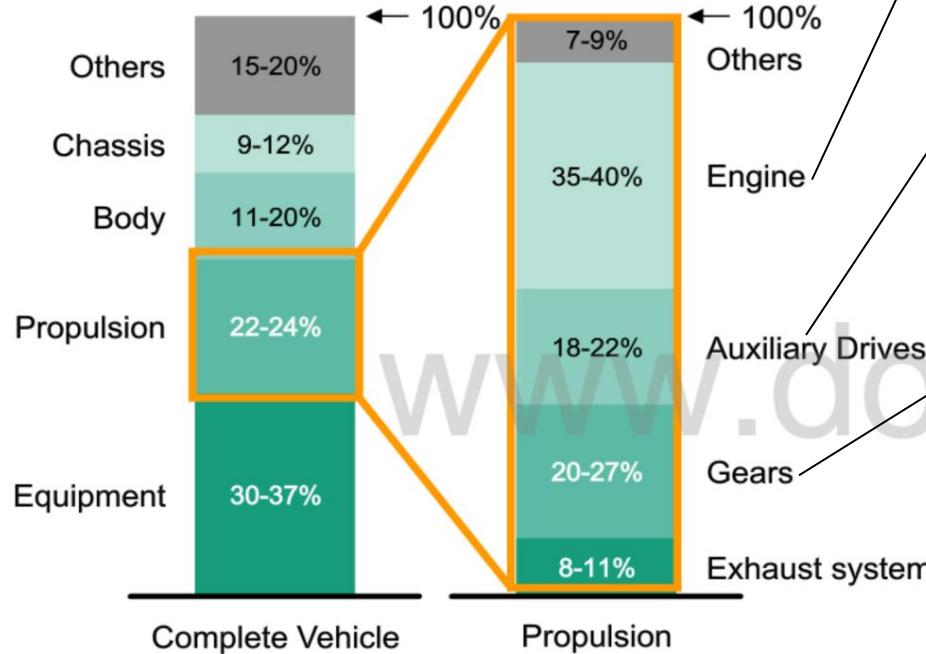
Quelle: AE Druckgusstechnik

Universität Bremen  
Fertigungsverfahren  
Prof. E. Brinksmeier

Ma 0301

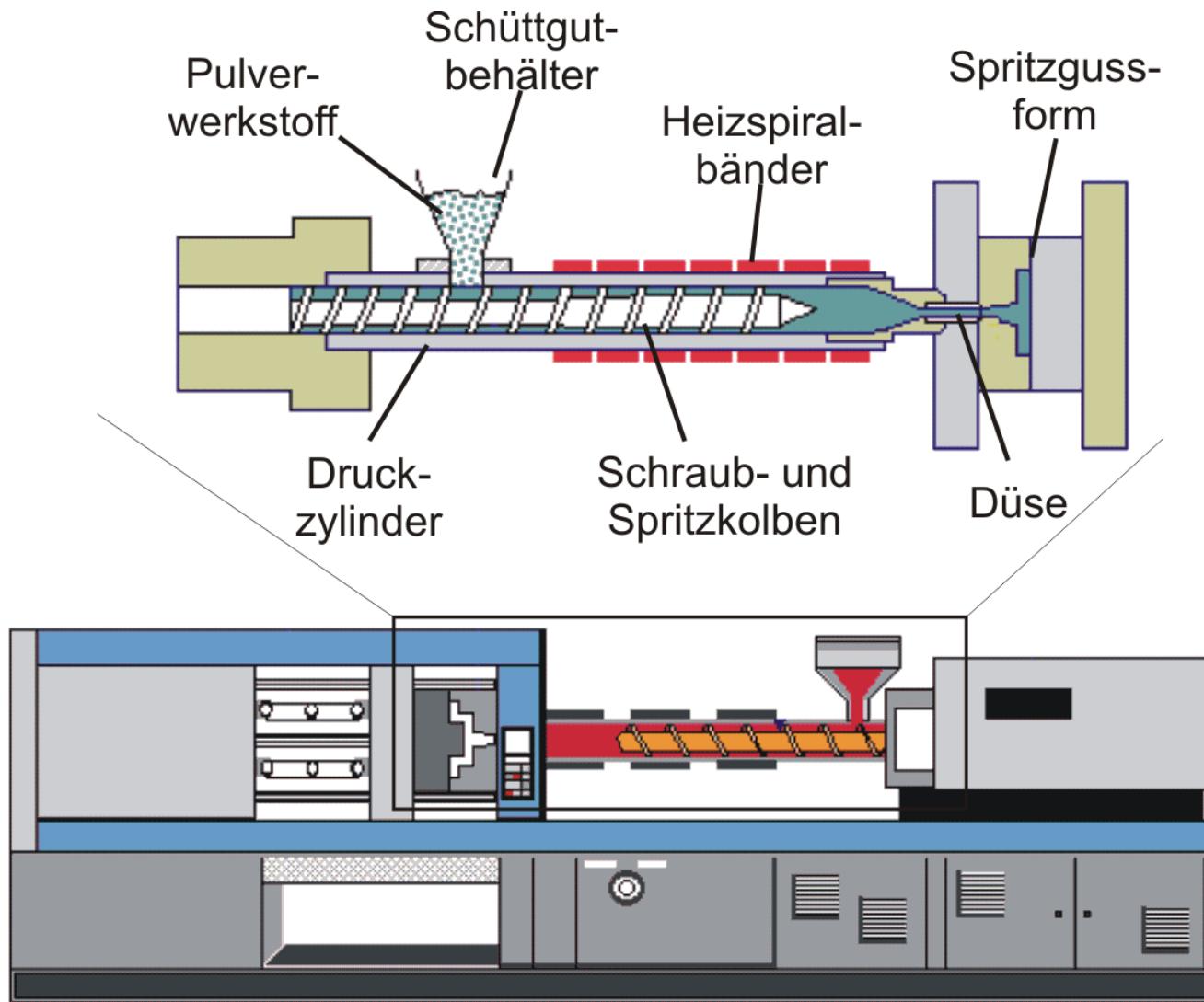
Beispiele für Druckgussteile

## Cost structure of a conventional vehicle



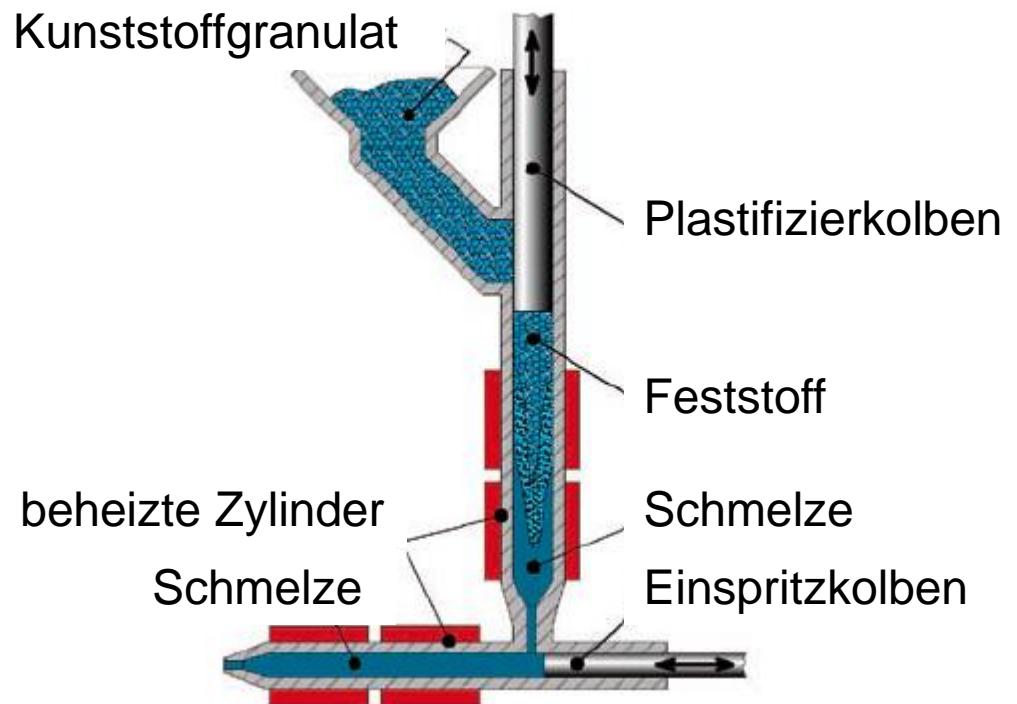
Quelle: BMW, ZF, WLZ, Fraunhofer IPT, docin.com





Rick 034





Quelle: Desma Tec



Universität Bremen  
Fertigungsverfahren  
Prof. E. Brinksmeier

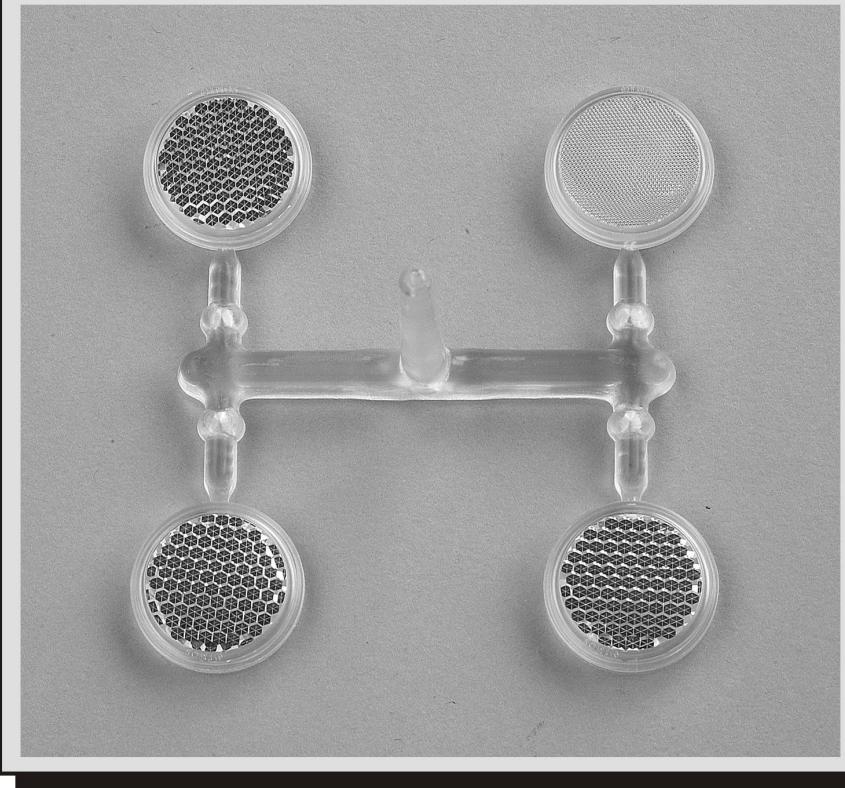
Wag0050

DESMA TEC formicaPlast Mikrospritzgussanlage (LFM)

## Negativ eines mikrozerspanten Spritzgusswerkzeugs



## Spritzgussteile mit Anguss und Steiger



Quelle: IMOS

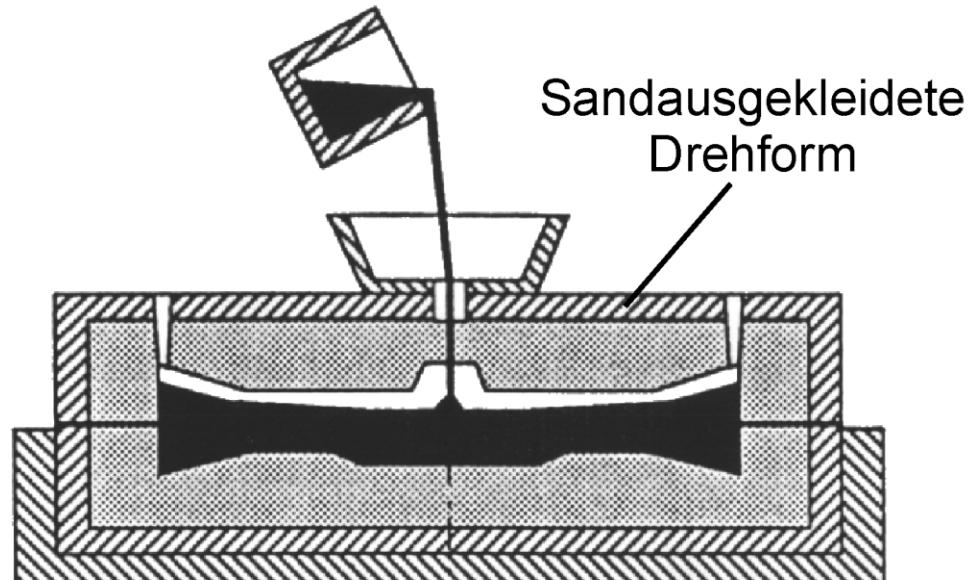


Universität Bremen  
Fertigungsverfahren  
Prof. E. Brinksmeier

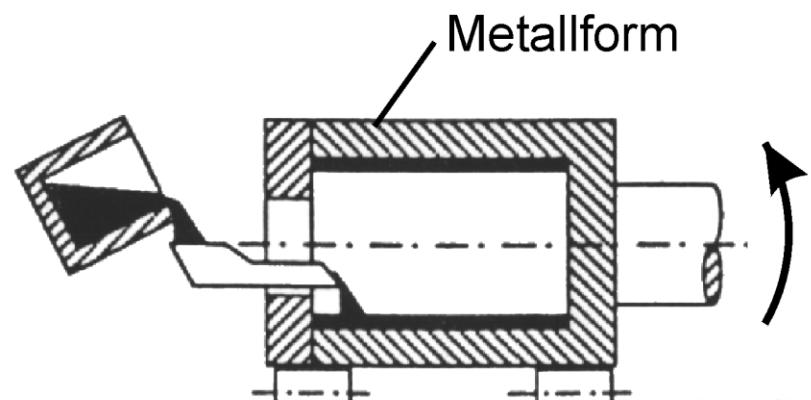
Rick 035

Beispiele für Spritzgusswerkzeuge  
und abgeformte Spritzgussteile

## vertikales Schleudergießen



## horizontales Schleudergießen



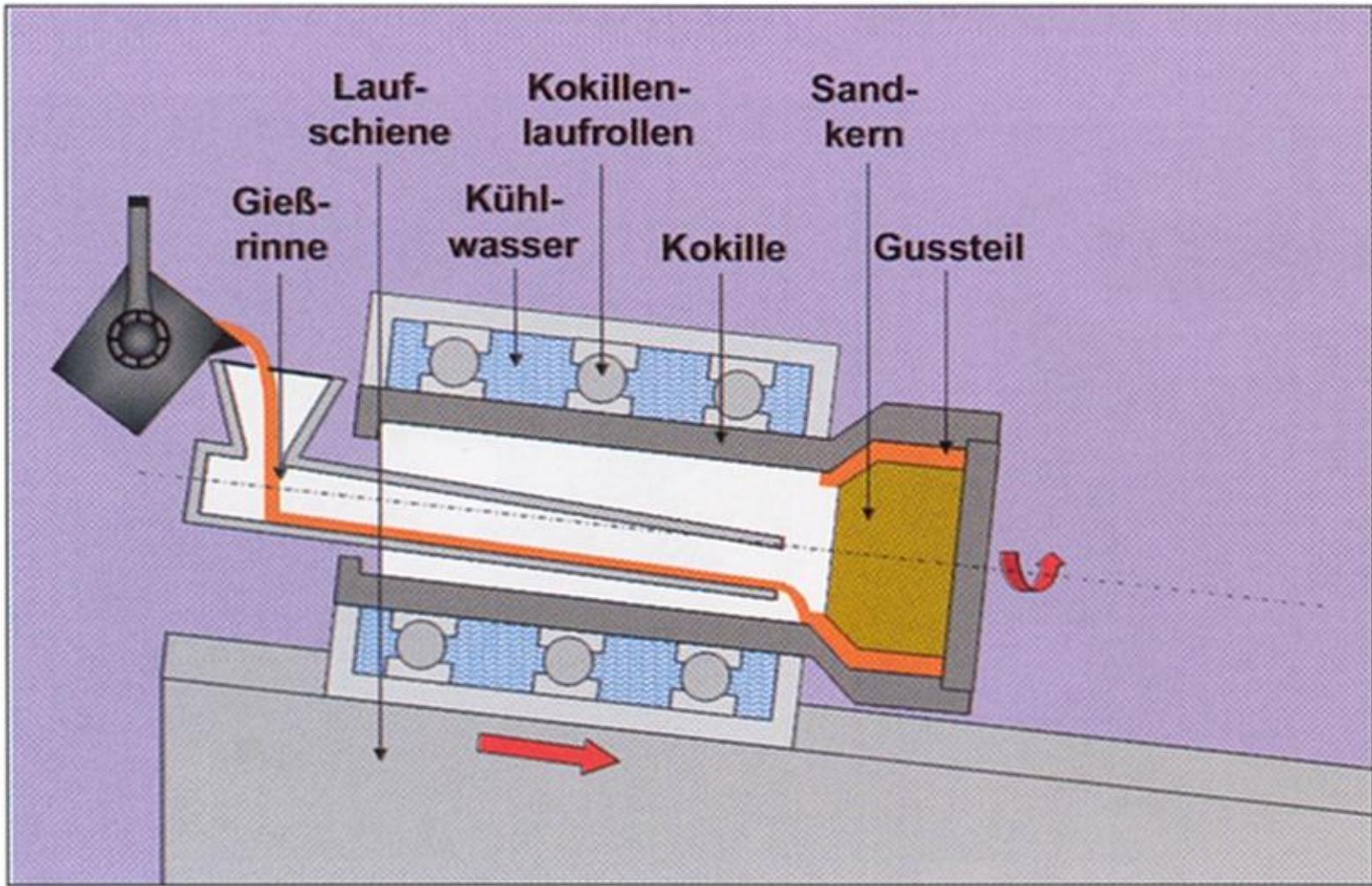
Quelle: Spur, Stöferle



Universität Bremen  
Fertigungsverfahren  
Prof. E. Brinksmeier

Ma 0063

Schleudergießverfahren mit vertikaler  
und horizontaler Drehachse



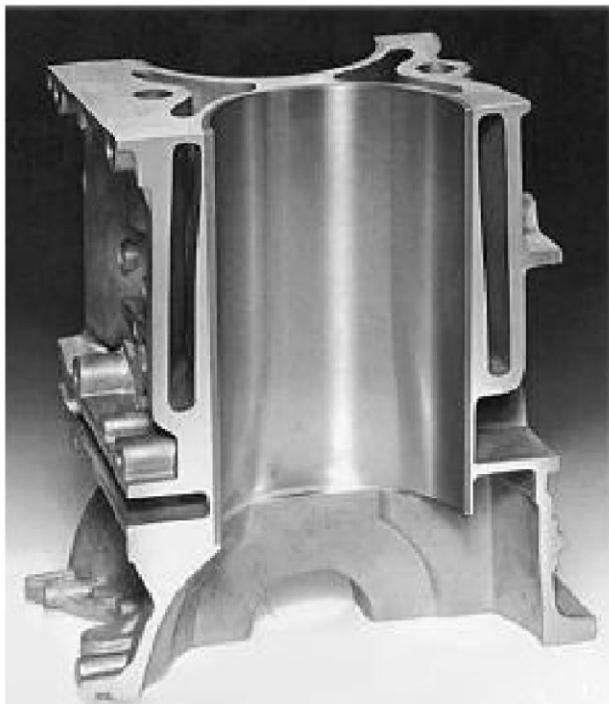
Quelle: konstruieren + giessen

Schoe 0003



Universität Bremen  
Fertigungsverfahren  
Prof. E. Brinksmeier

Prinzip des Schleudergießens von Gusseisenrohren



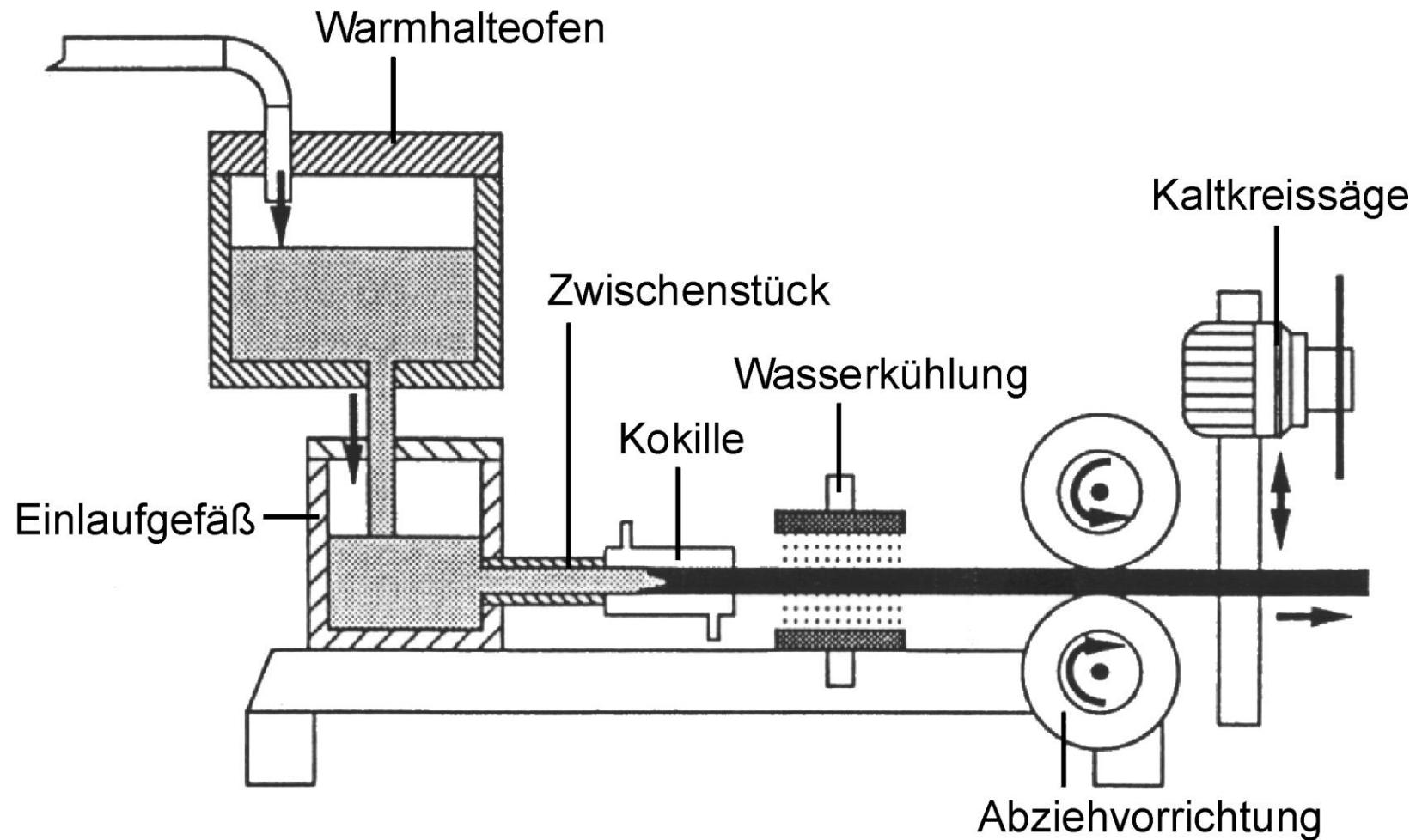
Zylinderlaufbuchsen



Maschinenkolben



Ventildichtringe



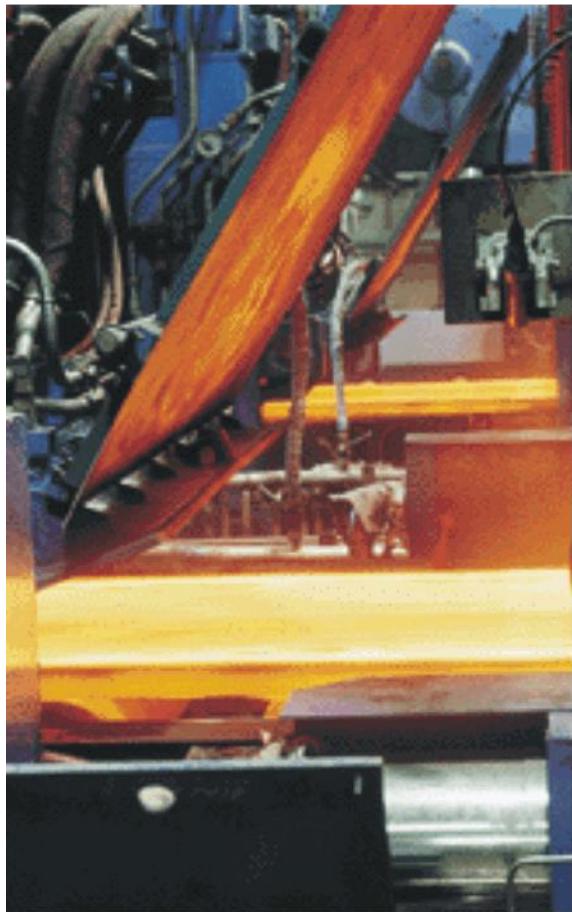
Quelle: Spur, Stöferle

Ma 0064



Universität Bremen  
Fertigungsverfahren  
Prof. E. Brinksmeier

Prinzip einer horizontalen kontinuierlichen  
Stranggießanlage



Gießwalzanlage



Stranggießanlage

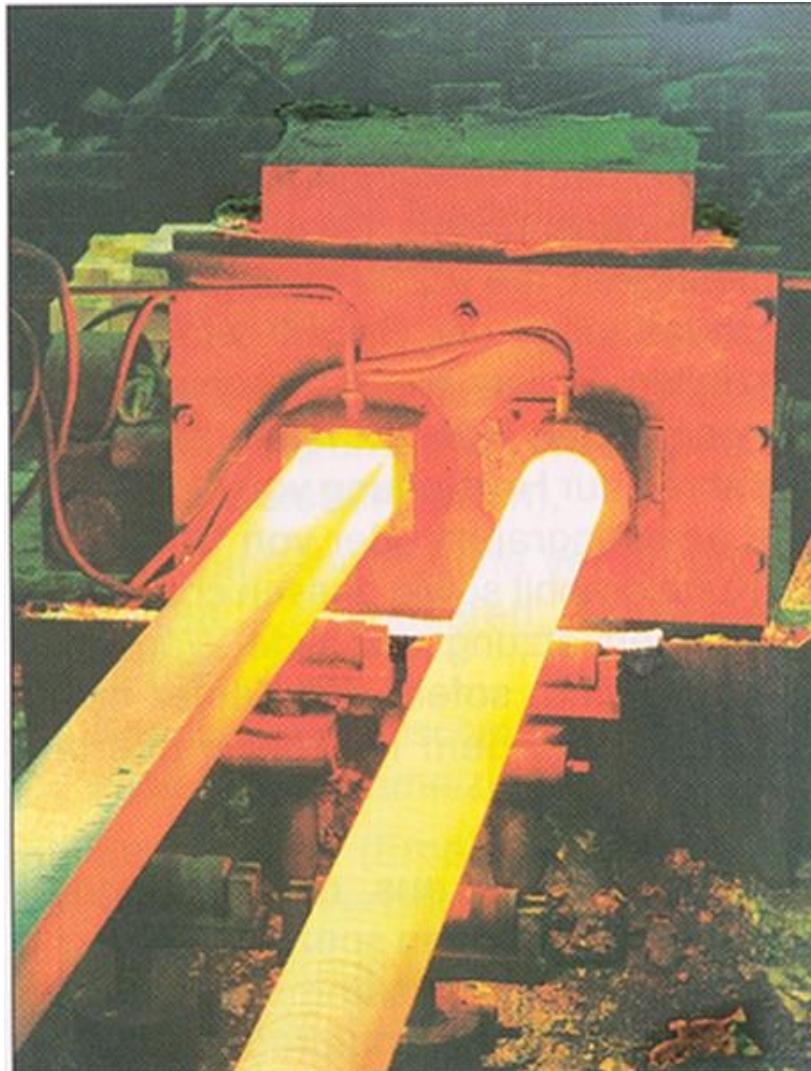
Quelle: Thyssen-Krupp Stahl AG



Universität Bremen  
Fertigungsverfahren  
Prof. E. Brinksmeier

Rick 019

Beispiele für Stranggießanlagen



Quelle: konstruieren + giessen

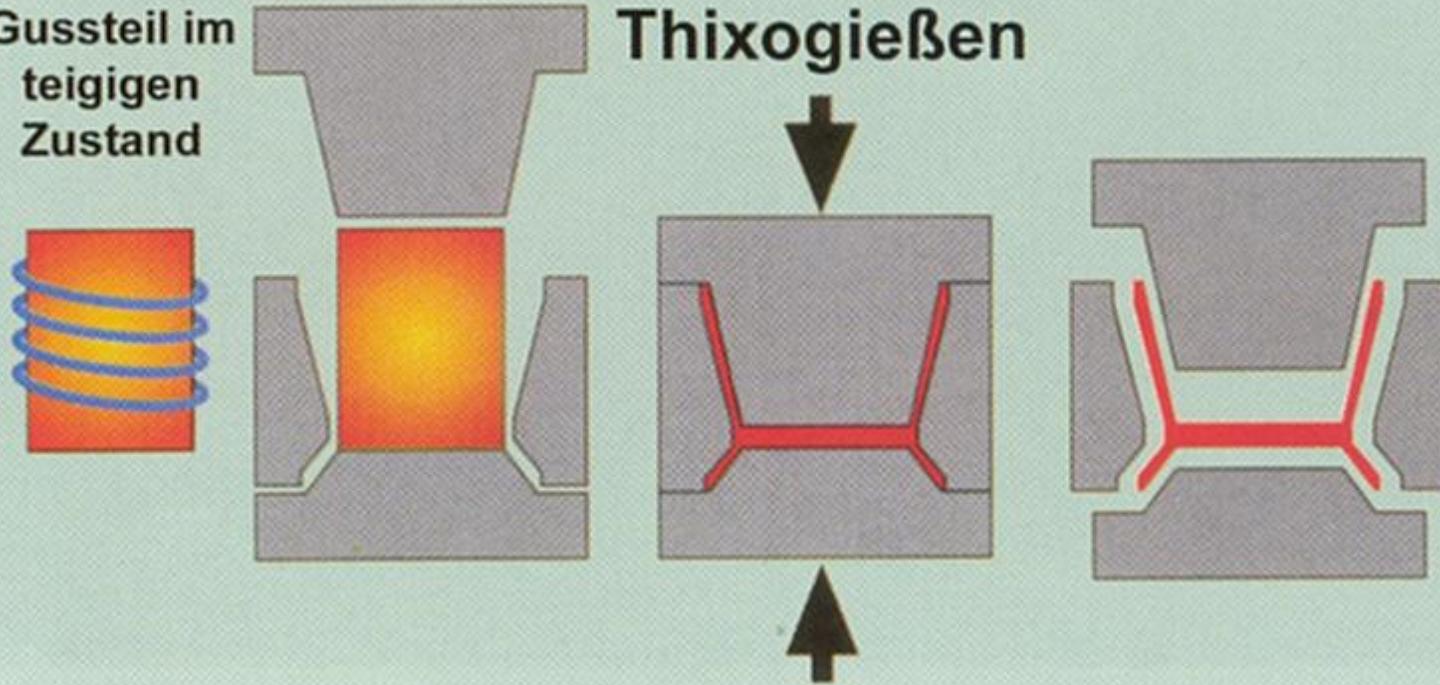
Schoe 0007



Universität Bremen  
Fertigungsverfahren  
Prof. E. Brinksmeier

Stranggusskokille mit austretenden Strängen

Gussteil im  
teigigen  
Zustand



Quelle: konstruieren + giessen

Schoe 0013



Universität Bremen  
Fertigungsverfahren  
Prof. E. Brinksmeier

Prinzipdarstellung des Umformens aus dem teigigen  
Erstarrungszustand (Thixocasting)

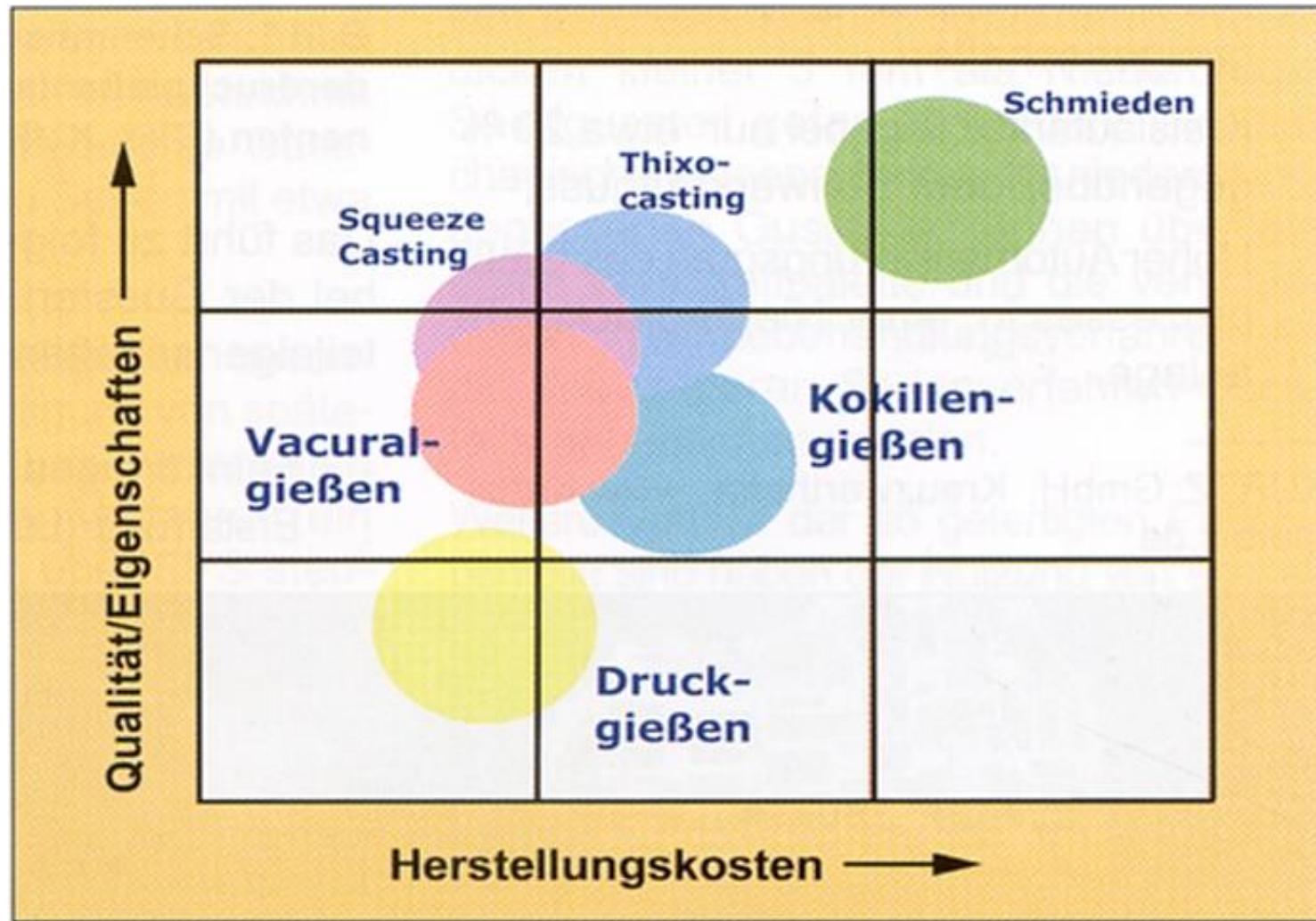
Formart	Verlorene Formen					
Modellart	Dauermodelle				verlorene Modelle	
Verfahren	Hand-formen	Maschinen-formen	Masken-formen	Keramik-formen	Feingießen (Wachsau- schmelz- verfahren)	Vollform- gießen
zu verar- beitende Werkstoffe	alle Metalle	alle Metalle	alle Metalle	alle Metalle	alle Metalle	alle Metalle
Gewichts- bereich	keine Be- schränkung, (Transport- und Kapazitäts- grenze)	bis zu mehreren Tonnen	bis 150 kg	bis 1000 kg	1 kg bis mehrere kg (Sonderfälle bis 100 kg)	keine Be- schränkung, (Transport- und Kapazitäts- grenze)
Mengen- bereich	Einzelteile, kleine Serien	kleine bis große Serien	mittlere und große Serien	Einzelteile, kleine Serien	kleine bis große Serien	Einzelteile, kleine Serien
Toleranz- bereich	2% - 5%	1,5% - 3%	1% - 3%	0,3% - 0,8%	0,3% - 0,7%	3% - 5%



Quelle: Gießen heute

Formart	Dauerformen			
Modellart	ohne Modell			
Verfahren	Druckgießen	Kokillengießen	Schleudergießen	Stranggießen
<b>zu verarbeitende Werkstoffe</b>	Druckgusslegierungen auf Al-, Mg-, Zn-, Cu-, Sn- oder Pb-Basis (Fe in Entw.)	Leichtmetalle, spez. Kupferleg., Feinzink, Gusseisen (GG und GGG)	Gusseisen (GG und GGG), Stahlguß, Leichtmetall- und Kupferleg.	Gusseisen (GG und GGG), Stahlguß, Aluminium- und Kupferleg.
<b>Gewichtsbereich</b>	Al-Leg.: bis 45 kg Zn-Leg.: bis 20 kg Mg-Leg.: bis 15 kg Cu-Leg.: bis 5 kg (Begrenzung durch Druckgießmaschine)	bis 100 kg (in Sonderfällen auch mehr)	bis 5000 kg	abhängig vom Querschnitt, bis zu mehreren Tonnen
<b>Mengenbereich in der Serienfertigung</b>	Haltbarkeit: Zn = 500000 Mg = 100000 Al = 80000 Cu = 10000	Haltbarkeit der Kokille: Al = 100000	Haltbarkeit der Kokille: 5000 - 100000 je nach Werkstückgröße und Gusswerkstoff	Länge des Gießstrangs ist maschinen-abhängig
<b>Toleranzbereich</b>	0,1% - 0,4%	0,3% - 0,6%	1%	0,8%





Quelle: konstruieren + giessen

Schoe 0014



Universität Bremen  
Fertigungsverfahren  
Prof. E. Brinksmeier

Vergleich verschiedener Gießverfahren

Gusswerkstoff	Gießtemperatur [°C]	Abkühlungsschwindung [%]	Dichte bei Raumtemperatur [g/cm³]
GG	1300 - 1500	ca. 1	7,0 - 7,3
GGG	1300 - 1400	0 - 2,0	7,1 - 7,3
GS	1500 - 1700	ca. 2	7,8
GAI	650 - 800	0,5 - 1,5	2,6 - 2,8
GMg	630 - 750	0,4 - 1,4	ca. 1,8
GCu	920 - 1300	1,0 - 2,0	7,7 - 9,6
GZn	390 - 420	0,6 - 1,1	6,5 - 6,7



Quelle: Goch

### EN-GJL-200C

- aus dem Strang entnommenes Probestück
- Mindestzugfestigkeit 200 N/mm<sup>2</sup>
- Lamellengraphit
- Eisen, anstelle I für Iron
- Gusswerkstoff
- Europäische Norm

### EN-GJS-600-3C

- aus dem Strang entnommenes Probestück
- Mindestbruchdehnung 3 %
- Mindestzugfestigkeit 600 N/mm<sup>2</sup>
- Kugelgraphit
- Eisen, anstelle I für Iron
- Gusswerkstoff
- Europäische Norm

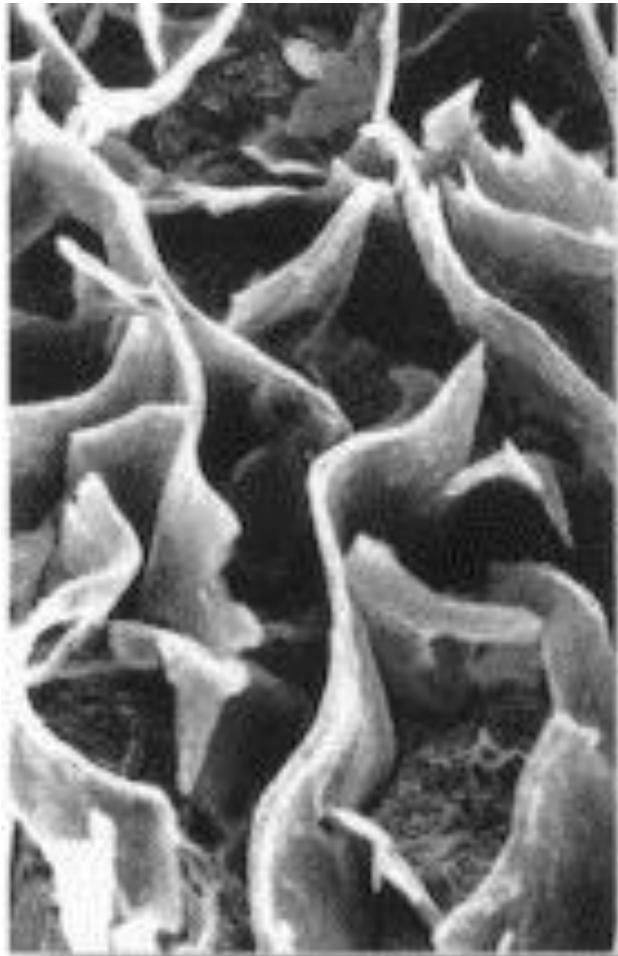


Quelle: konstruieren + giessen

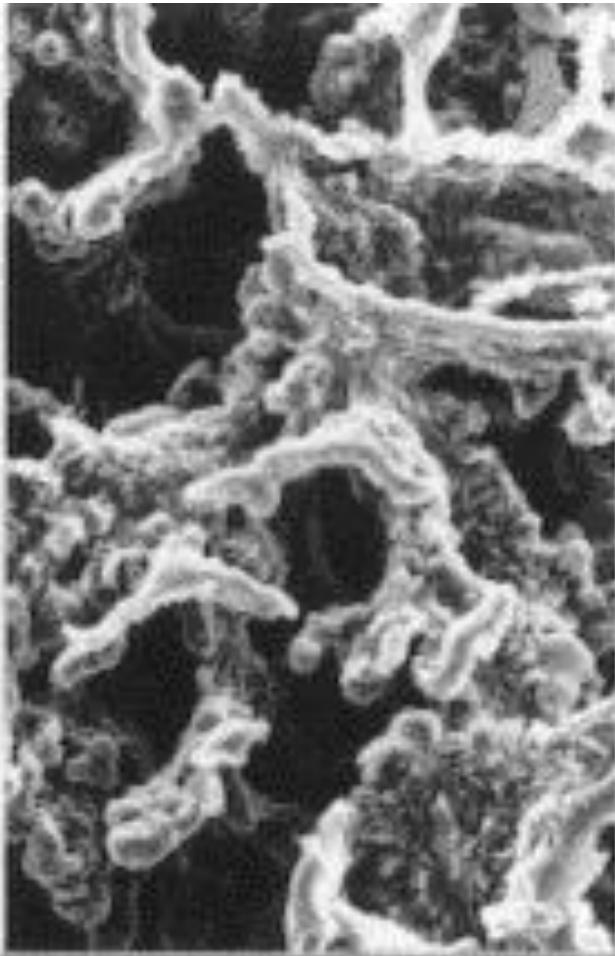
Universität Bremen  
Fertigungsverfahren  
Prof. E. Brinksmeier

Schoe 0009

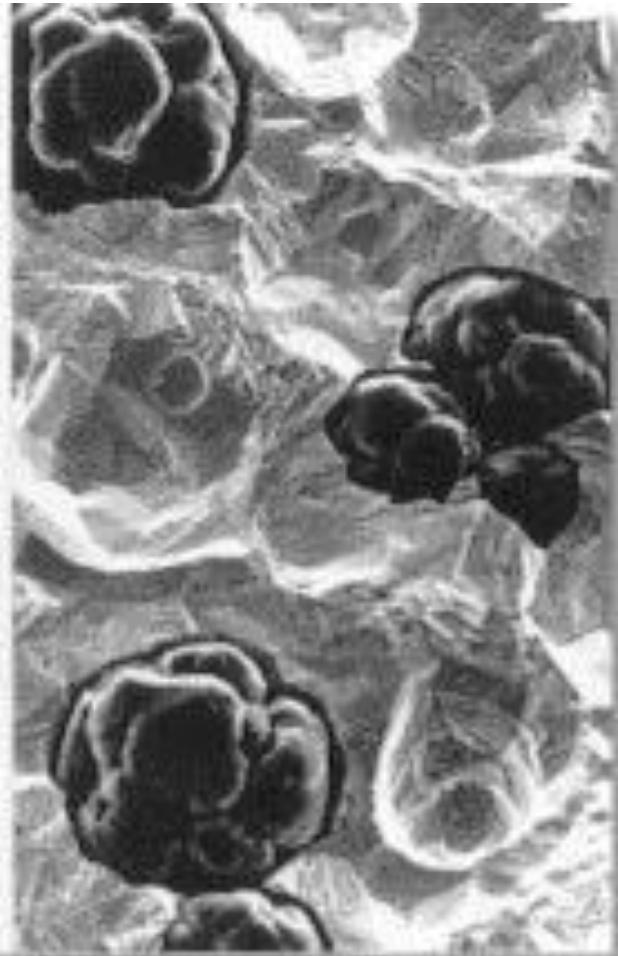
EU-Normgerechte Bezeichnungen der  
Gusseisen-Stranggusssorten



GJL – Gusseisen mit  
lamellarem Graphit



GJV – Gusseisen mit  
vermicularem Graphit



GJS – Gusseisen mit  
kugelförmigen Graphit

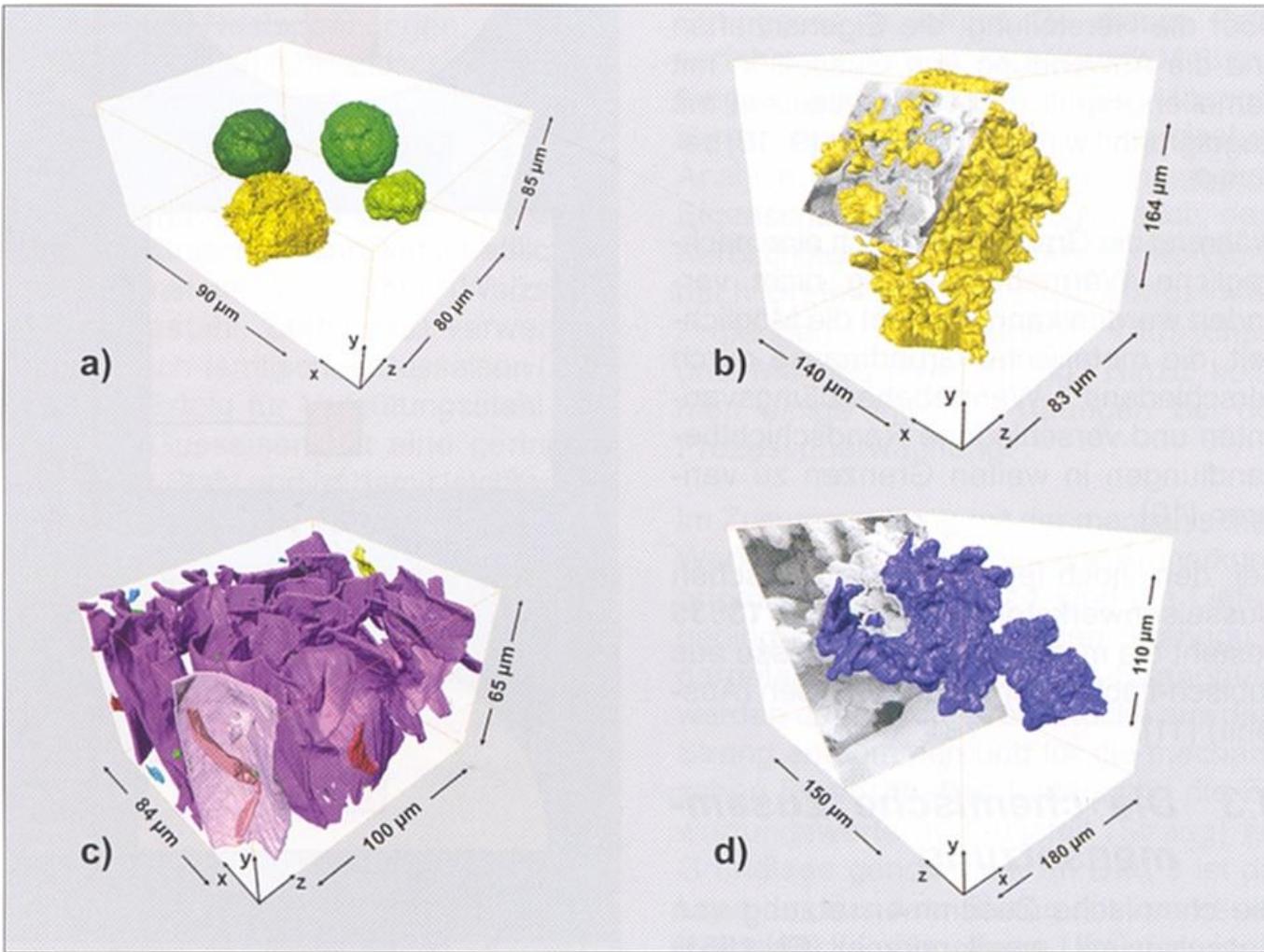
Quelle: wikimedia commons



Universität Bremen  
Fertigungsverfahren  
Prof. E. Brinksmeier

Schoe 0015

Gusseisen mit verschiedenen Graphitarten



- a) Kugelgraphit
- b) Temperkohle
- c) Lamellengraphit
- d) Vermiculargraphit

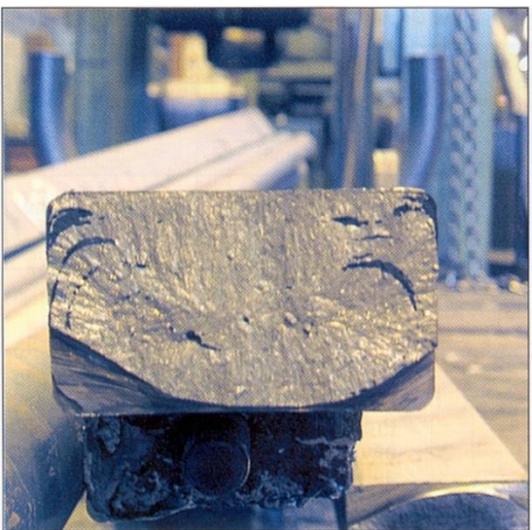


Quelle: konstruieren + giessen

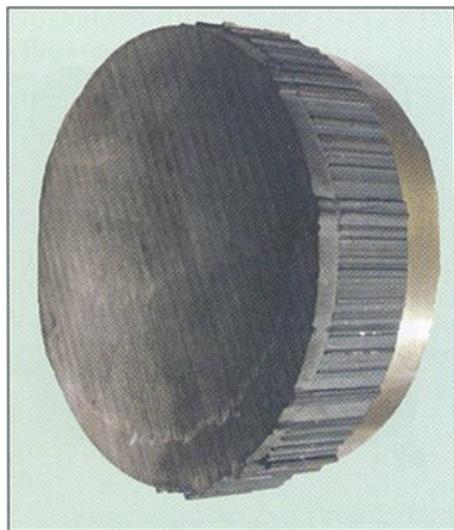
Universität Bremen  
Fertigungsverfahren  
Prof. E. Brinksmeier

Schoe 0008

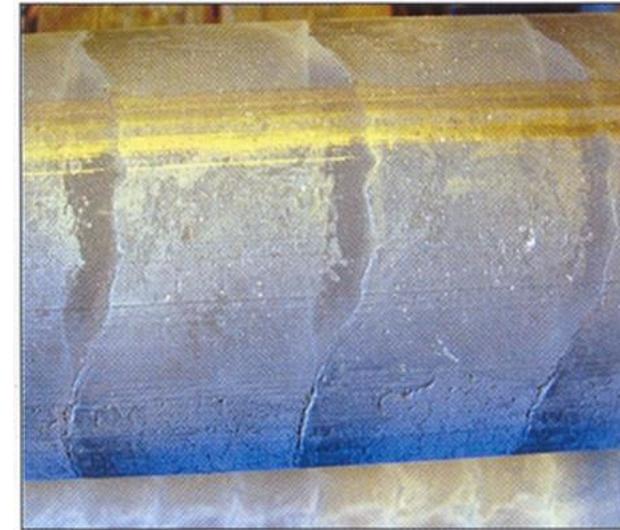
FIB-Nanotomographie: Raumformen von Graphit



Bruchfläche mit  
Weißerstarrung



Längsstreifen durch  
Kokillenverschleiß



Querrisse



a)  
Überlappung an  
einer Quadratstange



b)

Überlappung an  
einer Rundstange



Quelle: konstruieren + giessen

Universität Bremen  
Fertigungsverfahren  
Prof. E. Brinksmeier

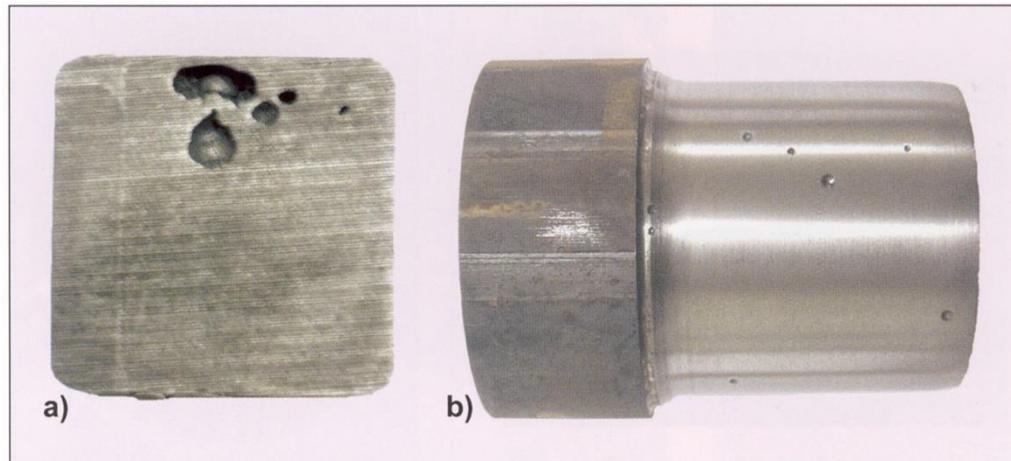
Schoe 0010

Beispiele zu Gießfehlern beim Strangguss 1

Schlackeneinschlüsse



Blasen im  
Strangquerschnitt



Blasen auf einer  
bearbeiteten  
Oberfläche

Quelle: konstruieren + giessen

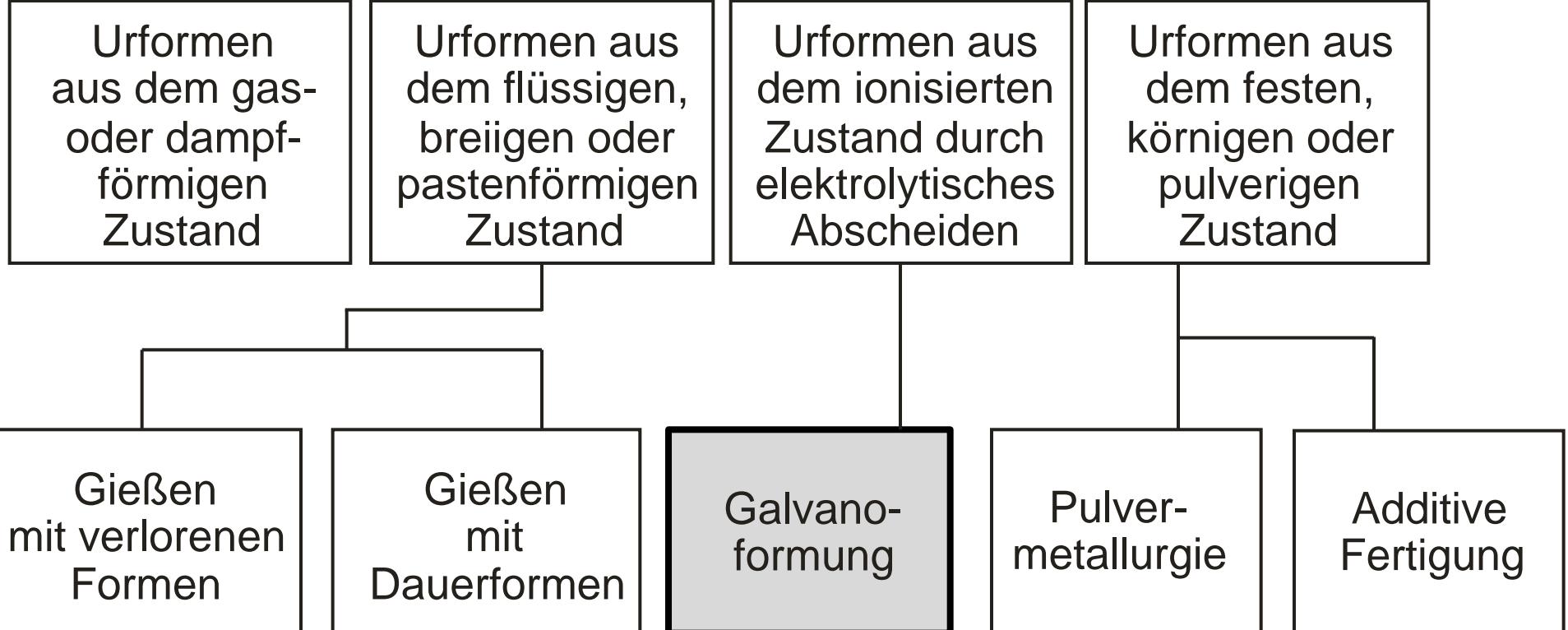
Schoe 0011



Universität Bremen  
Fertigungsverfahren  
Prof. E. Brinksmeier

Beispiele zu Gießfehlern beim Strangguss 2

# ***Urformen***

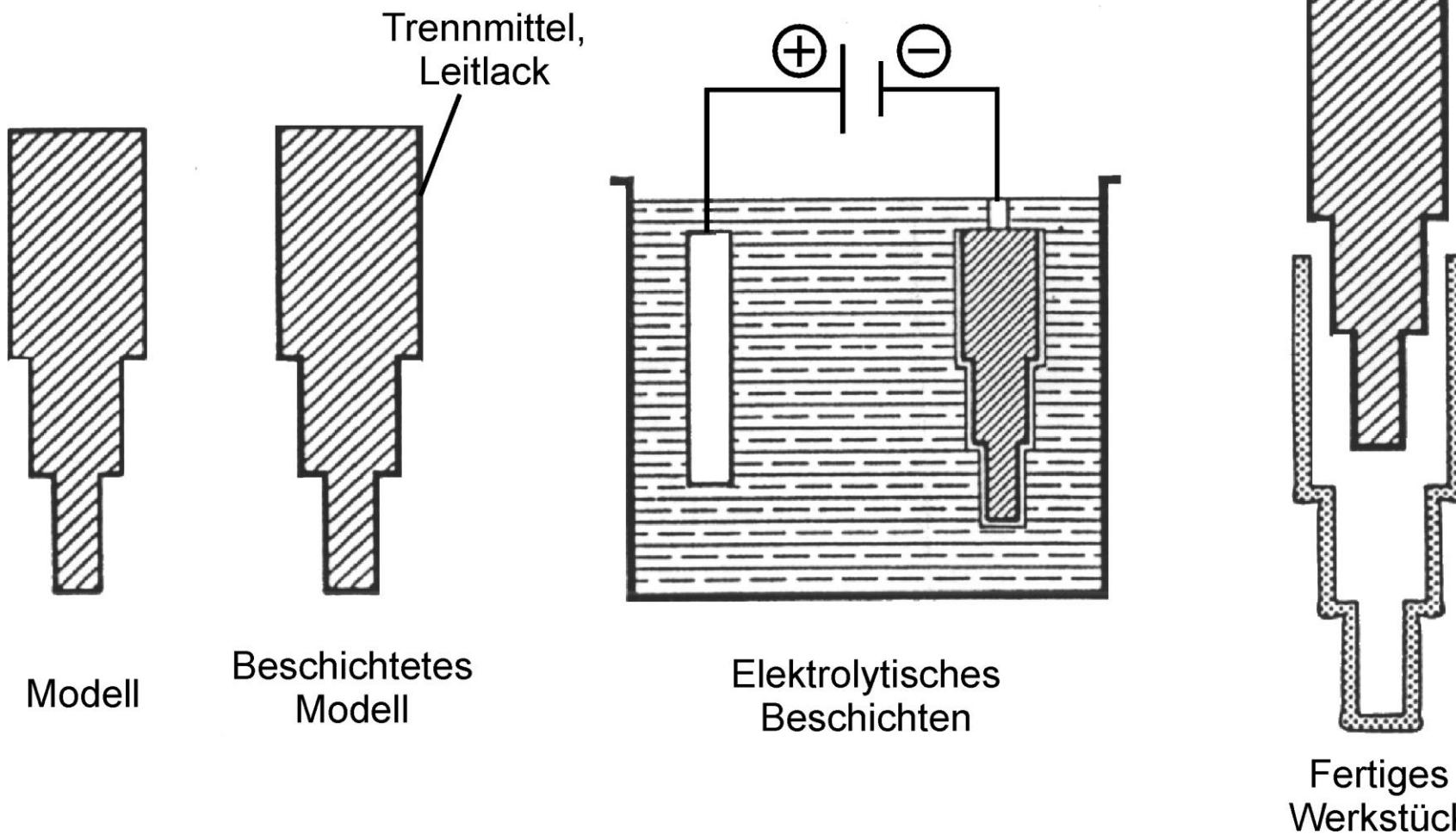


Quelle: VDI

Universität Bremen  
Fertigungsverfahren  
Prof. E. Brinksmeier

Dör 1102

Einteilung der urformenden Fertigungsverfahren



Quelle: Warnecke

Universität Bremen  
Fertigungsverfahren  
Prof. E. Brinksmeier

Arbeitsweise der Galvanoformung

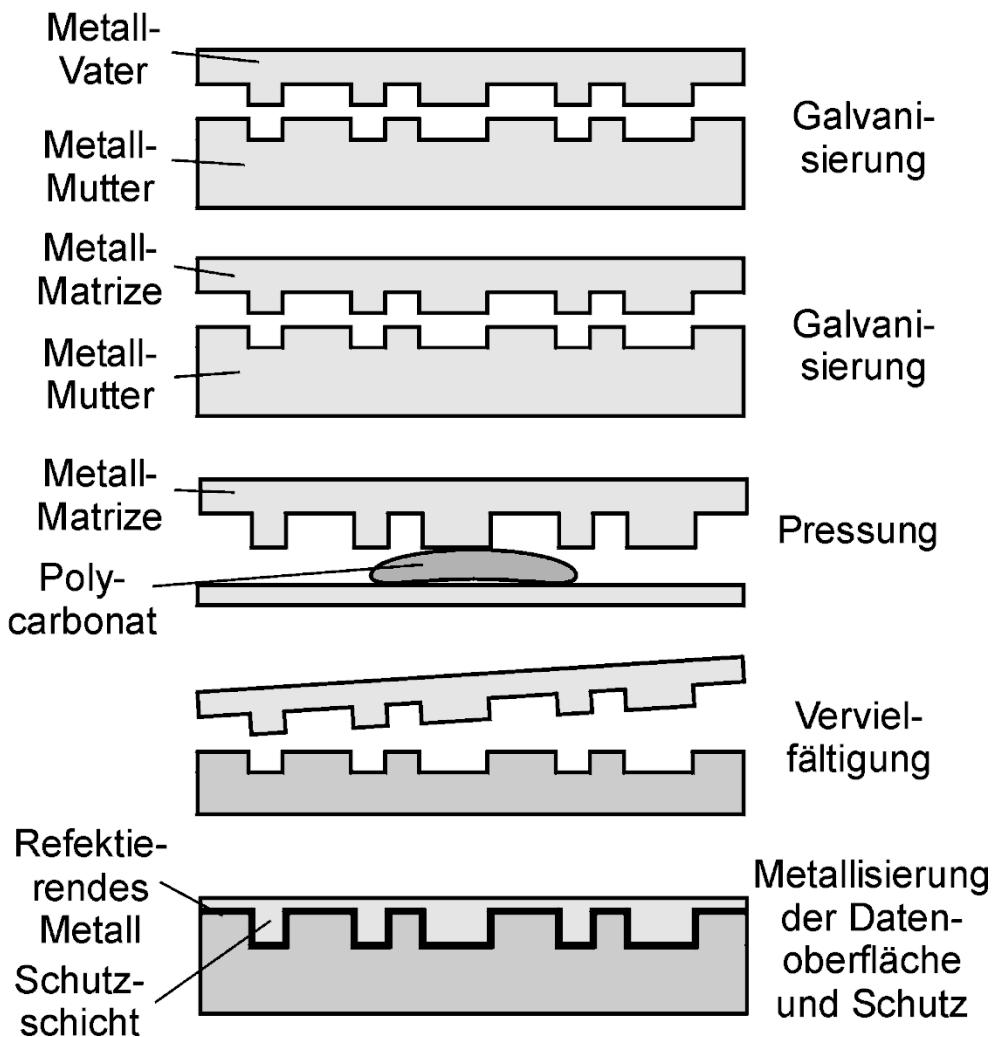
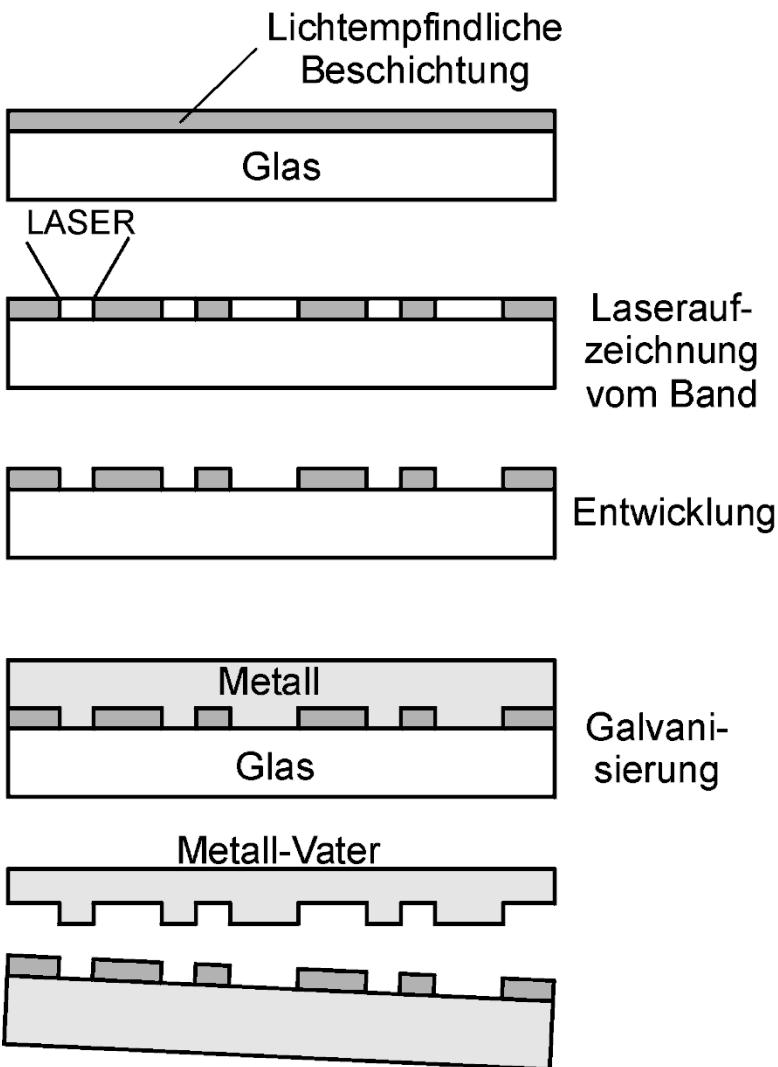
Ma 0065

<b>Industrie- oder Anwendungsgruppe</b>	<b>Art der Anwendung</b>	<b>Werkstoff</b>
Chemische Industrie (auch Lebensmittelverarbeitung)	Siebe für analytische Zwecke, Filter, Speiseeisformen	Nickel, Gold
Elektro- und Elektronik-Industrie	Folien zum Fertigen mikro-elektrischer Schalt- und Bau-elemente, Scherblätter, elektronenmikroskopische Gitter	Nickel, Eisen, Kupfer, Kupfer-Nickel, Gold, Silber
Musikindustrie	CD-Pressmatrizen	Nickel, Kupfer
Luft- und Raumfahrt-Industrie	Schutzbeschläge für Hubschrauberpropellerblätter, Raketenbrennkammern	Nickel
Maschinenbau, Werkzeugbau	nahtlos Endlos-Bänder, Spritz- und Gießformen für die Kunststoffverarbeitung, Erodierelektroden	Nickel, Nickel-Kobalt, Kupfer
Haushaltswaren-Industrie	Siebeinsätze für Entsafter, Fertigprodukte (Kannen, Salzstreuer, usw.)	Nickel

Quelle: Spur

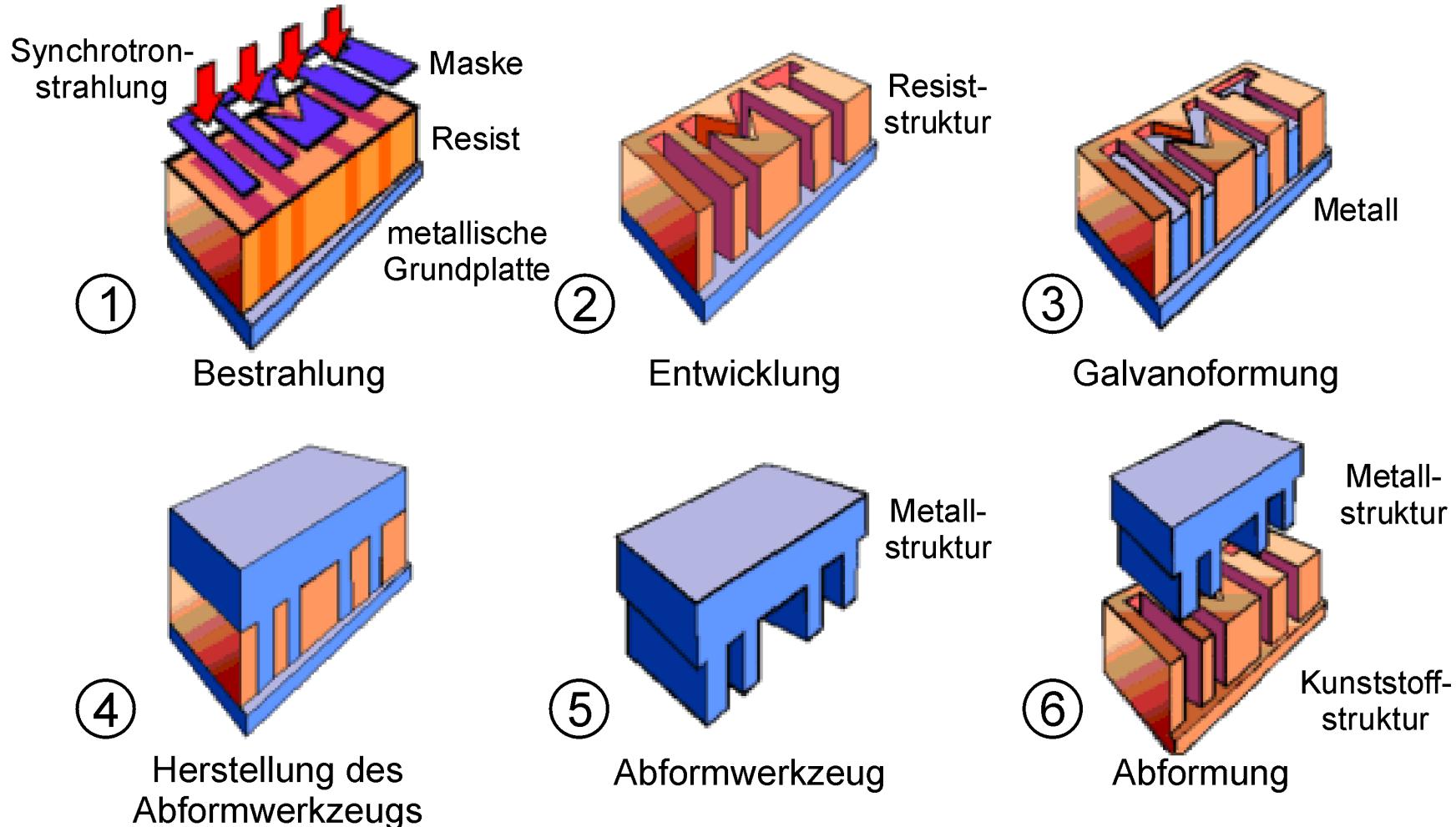
Br 1213





Quelle: Bacher





(LIGA = Röntgentiefen-Lithographie, Galvanik und Kunststoff-Abformtechnik)



Quelle: IMT

Universität Bremen  
Fertigungsverfahren  
Prof. E. Brinksmeier

Br 1214

Herstellung von Mikrostrukturen nach dem  
LIGA-Verfahren



Quelle: [www.anka-online.de](http://www.anka-online.de); Forschungszentrum Karlsruhe

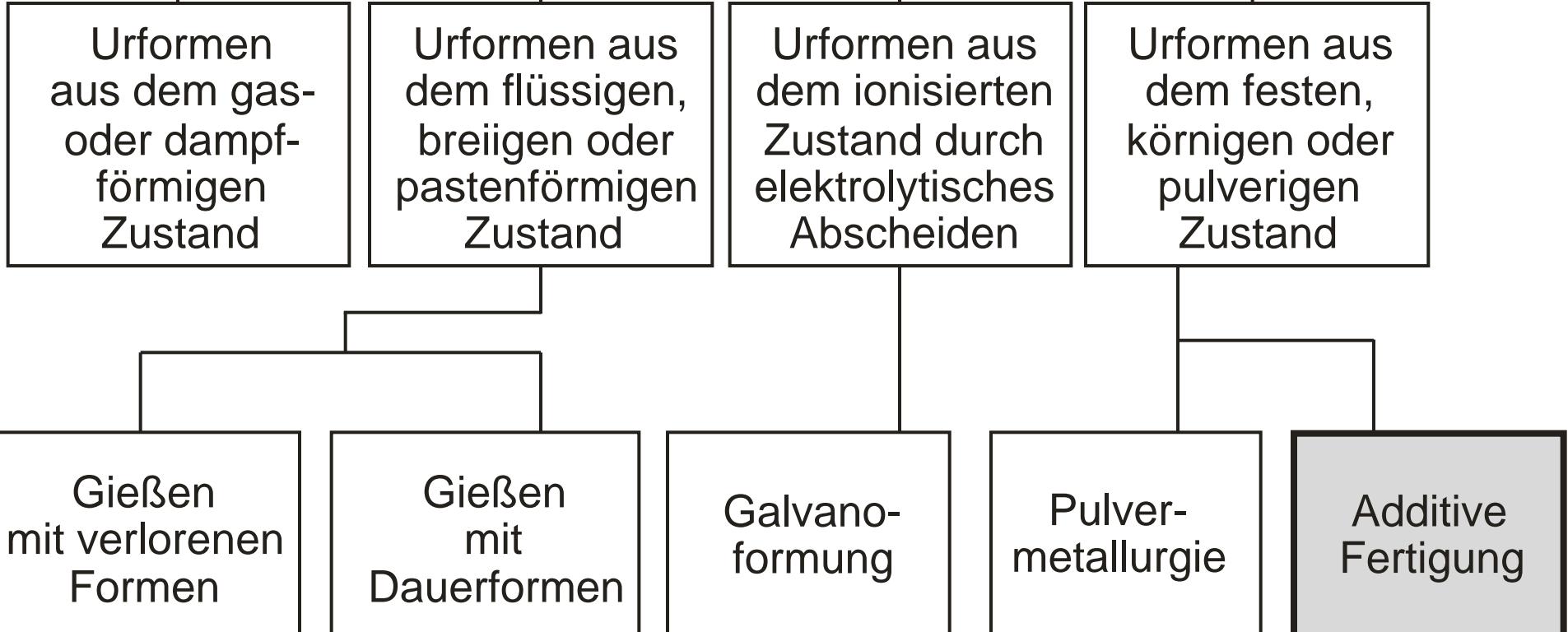
Schoe 0045



Universität Bremen  
Fertigungsverfahren  
Prof. E. Brinksmeier

Beispiele für LIGA-Teile

# ***Urformen***



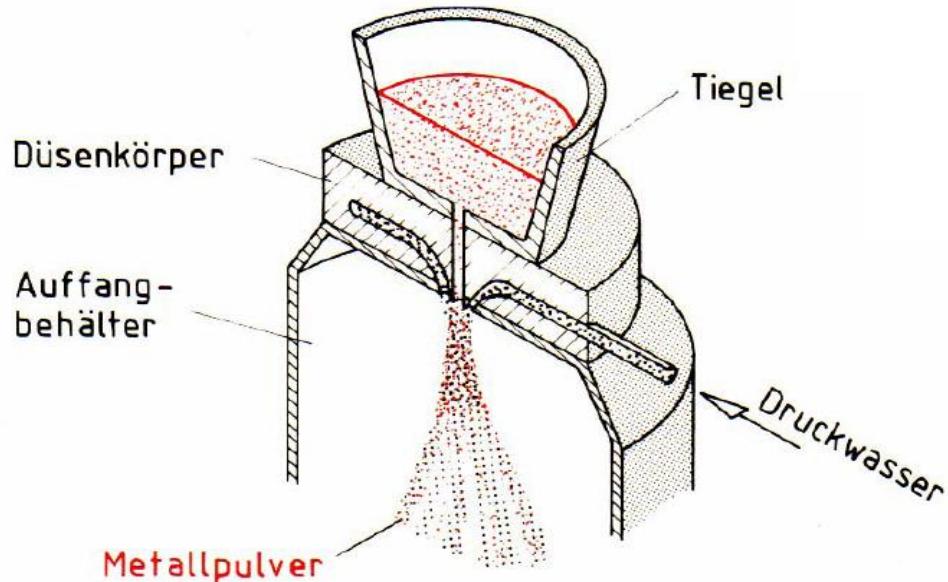
Quelle: VDI

Universität Bremen  
Fertigungsverfahren  
Prof. E. Brinksmeier

Dör 1103

Einteilung der urformenden Fertigungsverfahren

## Verdüsungsanlage



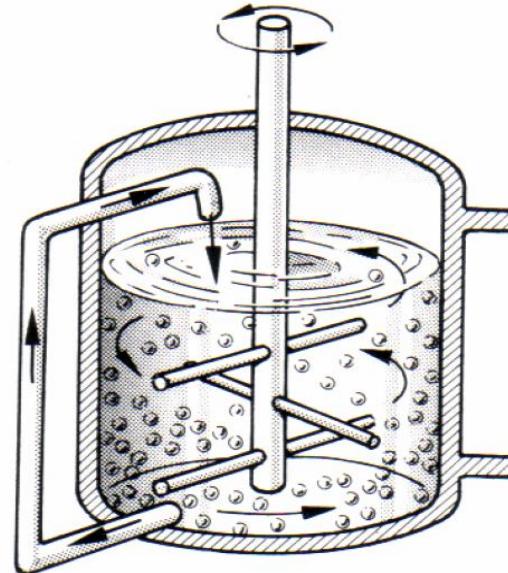
Einflussfaktoren: Korngröße

Wasserdruck

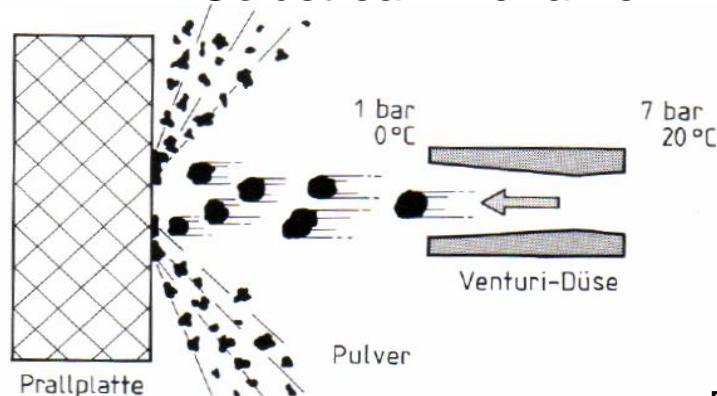
Temperatur der Schmelze

Durchflussgeschwindigkeit der Schmelze

## Hochenergiemühle



## Coldstream-Verfahren



Quelle: nach Scheibers



Universität Bremen  
Fertigungsverfahren  
Prof. E. Brinksmeier

Ego 0092

## Pulverherstellung

## Pyronverfahren

Ausgangsprodukt:

- Eisenoxide ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ )
- Wolframoxid ( $\text{WO}_2$ )
- Molybdänoxid ( $\text{MoO}_3$ )

Verfahrensablauf:

- Mahlen
- Magnetisches Trennen  
(Entfernen von Verunreinigungen)
- Glühung in oxidischer Atmosphäre
- Reduktion im Durchlaufofen  
(Reduktionskuchen)
- Mahlen und Sieben

Ergebnis:

- Reduktionspulver
- Eisen-Wolfram-Molybdän

Eigenschaften:

- mikroporös
- Fülldichte  $2,3 - 2,5 \text{ g/cm}^3$
- gut zu verdichten

## Höganäs-Verfahren

Ausgangsprodukt:

- reine Eisenerze

Verfahrensablauf:

- Mahlen
- Thermische Reduktion der Eisenerze (20 - 40 h bei  $1200^\circ\text{C}$ )
- Mahlen
- Magnetisches Trennen
- Mahlen und Sieben

Ergebnis:

- Reduktionspulver  
(Schwammeisenpulver)



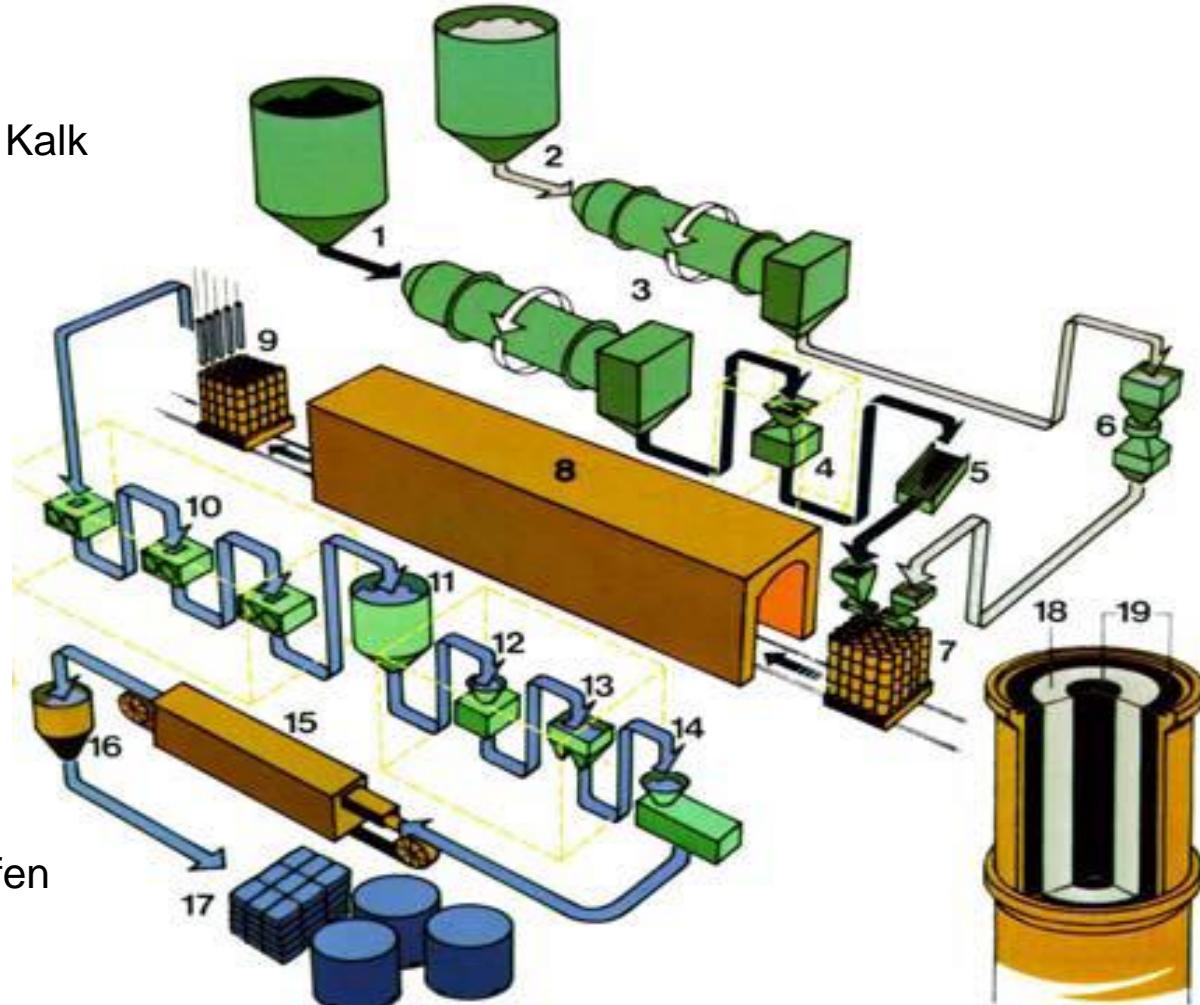
Quelle: PtU Darmstadt

Universität Bremen  
Fertigungsverfahren  
Prof. E. Brinksmeier

Rick 022

Chemische Reduktionsverfahren zur Pulverherstellung

1. Eisenschliff (Magnetit)
2. Reduktionsgemisch aus Koksgruß und Kalk
3. Trocknen in Rotieröfen
4. Mahlen
5. Sichten
6. Magnetabscheidung
7. Füllen der keramischen Retorten
8. Reduktion im Tunnelofen (30 h)
9. Entnahme der Eisenschwammrohre
10. Brechen und Grobmahlen
11. Zwischenlagern in Silos
12. Mahlen
13. Magnetabscheidung
14. Feinmahlen und Sieben
15. Nachglühen bei 800-900°C im Bandofen
16. Egalisieren
17. Automatisches Verpacken
18. Reduktionsgemisch
19.  $\text{Fe}_2\text{O}_3$



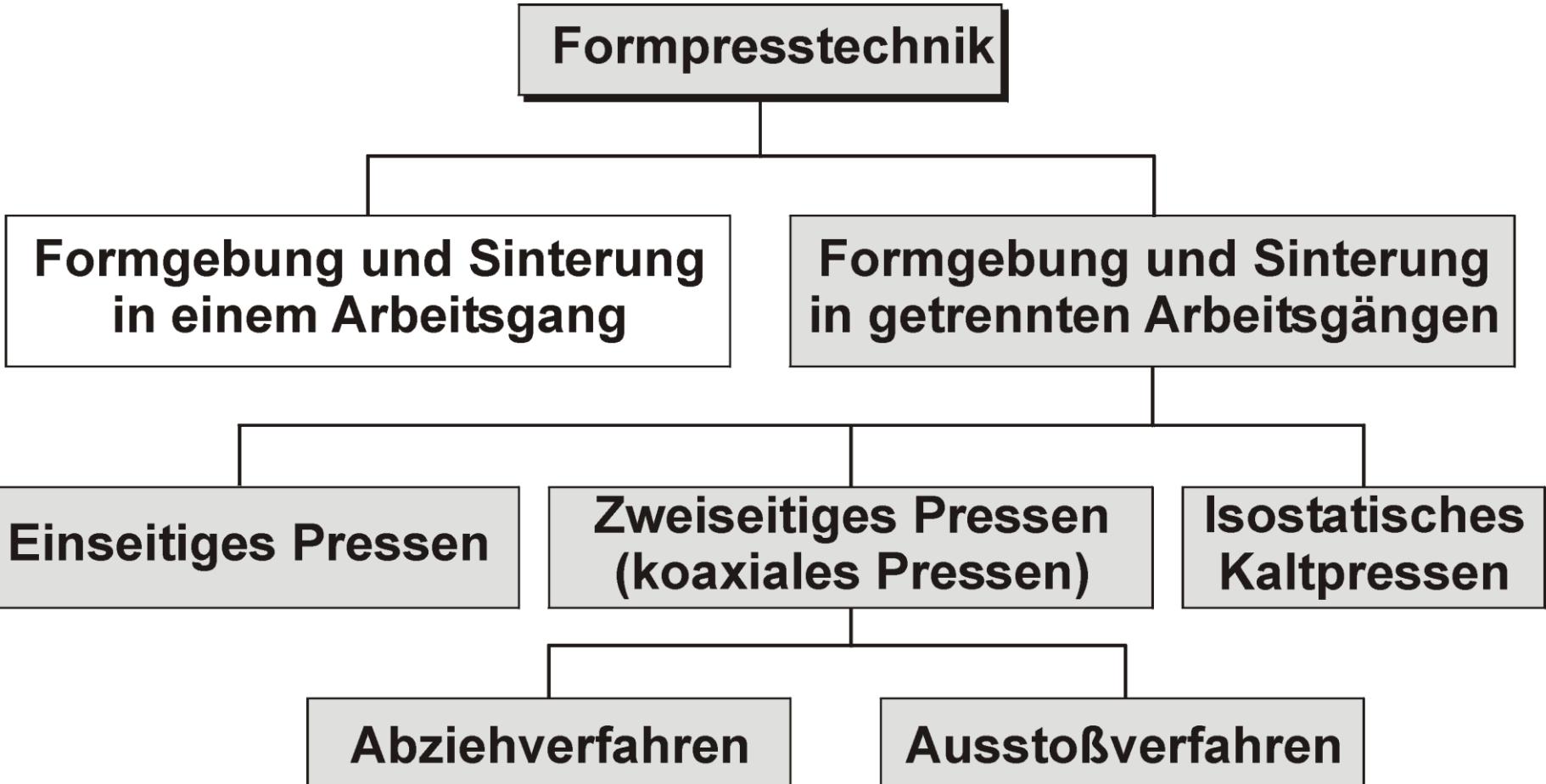
Quelle: Höganäs, WZL/Fraunhofer IPT

Ego 0101

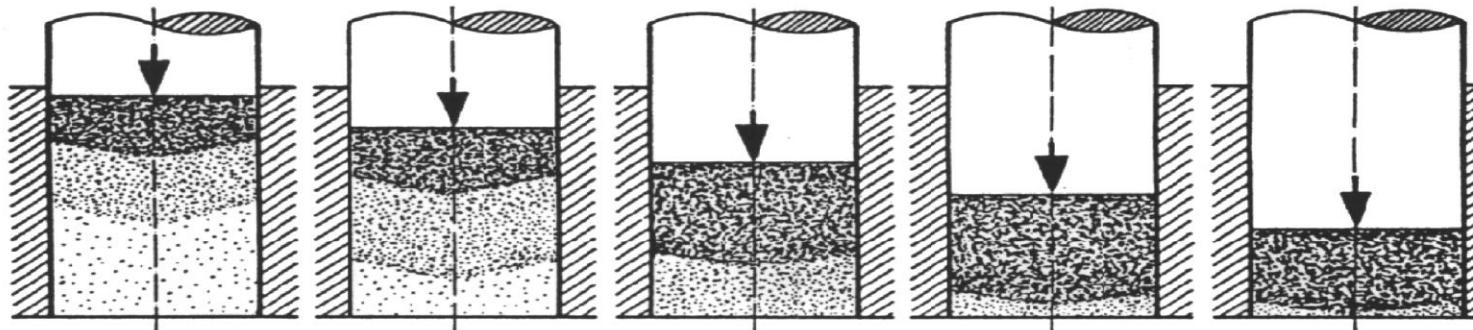


Universität Bremen  
Fertigungsverfahren  
Prof. E. Brinksmeier

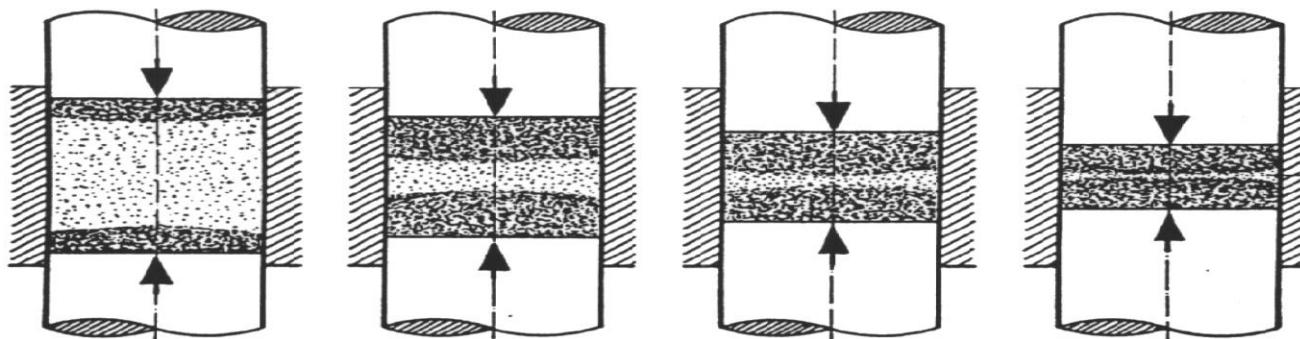
Pulverherstellung, Reduktionsverfahren



## einseitige Druckwirkung



## zweiseitige Druckwirkung



Quelle: Spur, Stöferle

Ma 0067



Universität Bremen  
Fertigungsverfahren  
Prof. E. Brinksmeier

Pulververdichtung bei ein- bzw. zweiseitiger Druckwirkung

# Einkomponentensysteme

Teilvorgänge:

1. Adhäsion

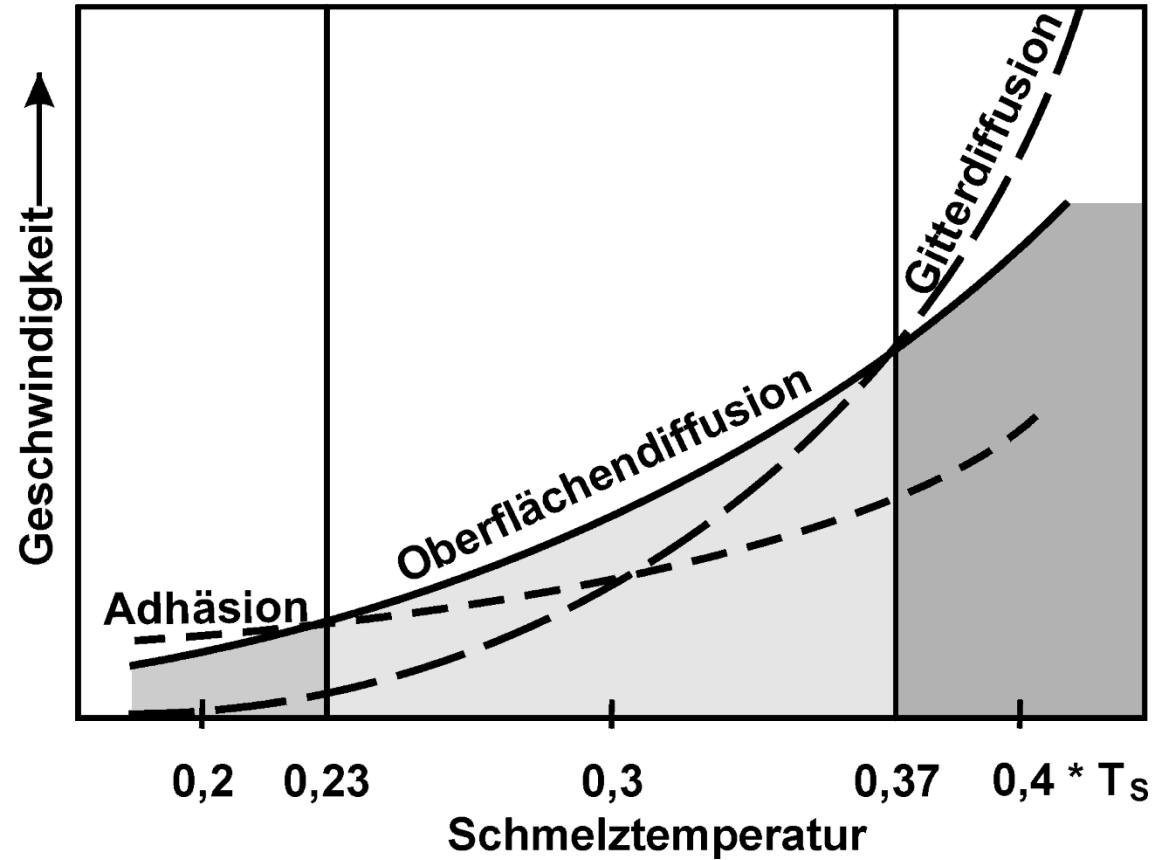
$$T < 0,23 * T_s$$

2. Oberflächendiffusion

$$T < 0,37 * T_s$$

3. Gitterdiffusion

$$T > 0,37 * T_s$$



Quelle: PtU Darmstadt

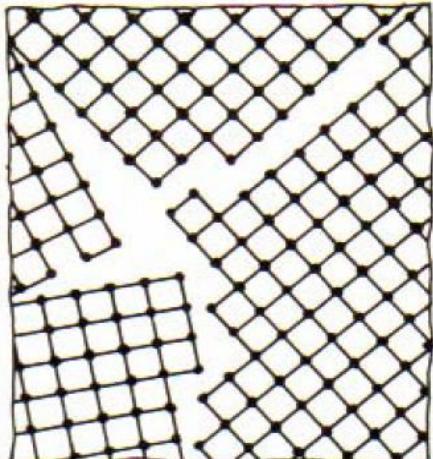


Universität Bremen  
Fertigungsverfahren  
Prof. E. Brinksmeier

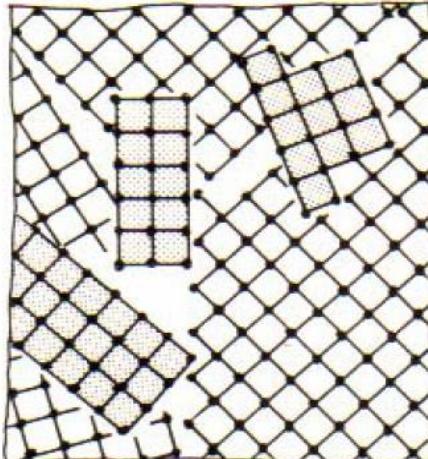
Rick 024

Sintern von Einkomponentensystemen

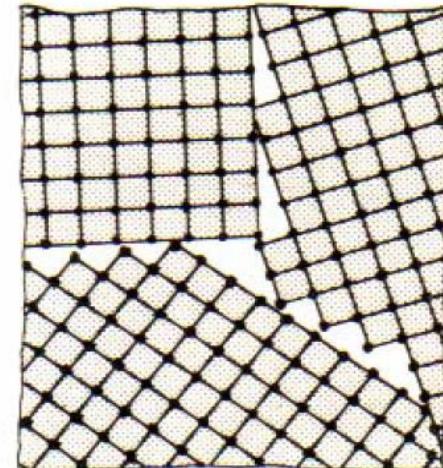
Verklammerte,  
ungesinterte  
Pulverteilchen



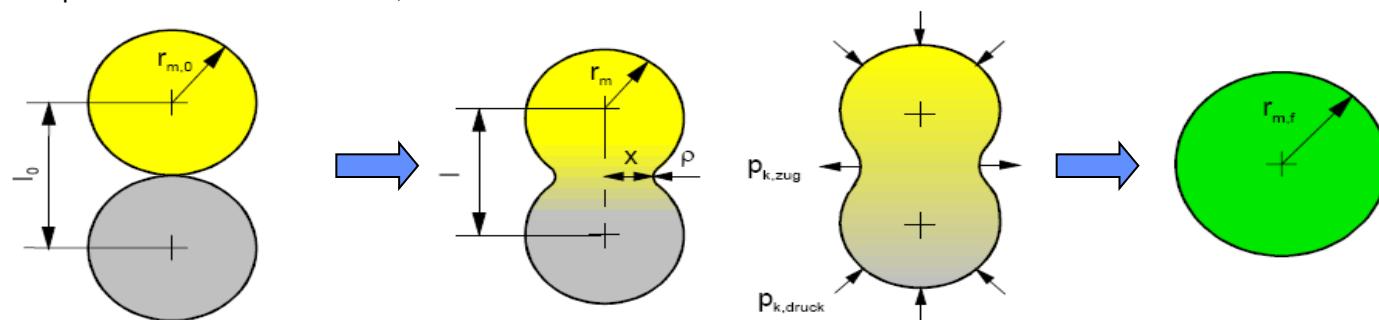
Beginn der  
Kornneubildung



festes Gefüge aus  
neuen Körnern



Bildquelle: Dr. rer. nat. P. Zeißler, Universität Potsdam



Quelle: Prof. Dr. h. c. Dr.-Ing. E. Uhlmann, Technische Universität Berlin

Ego 0094

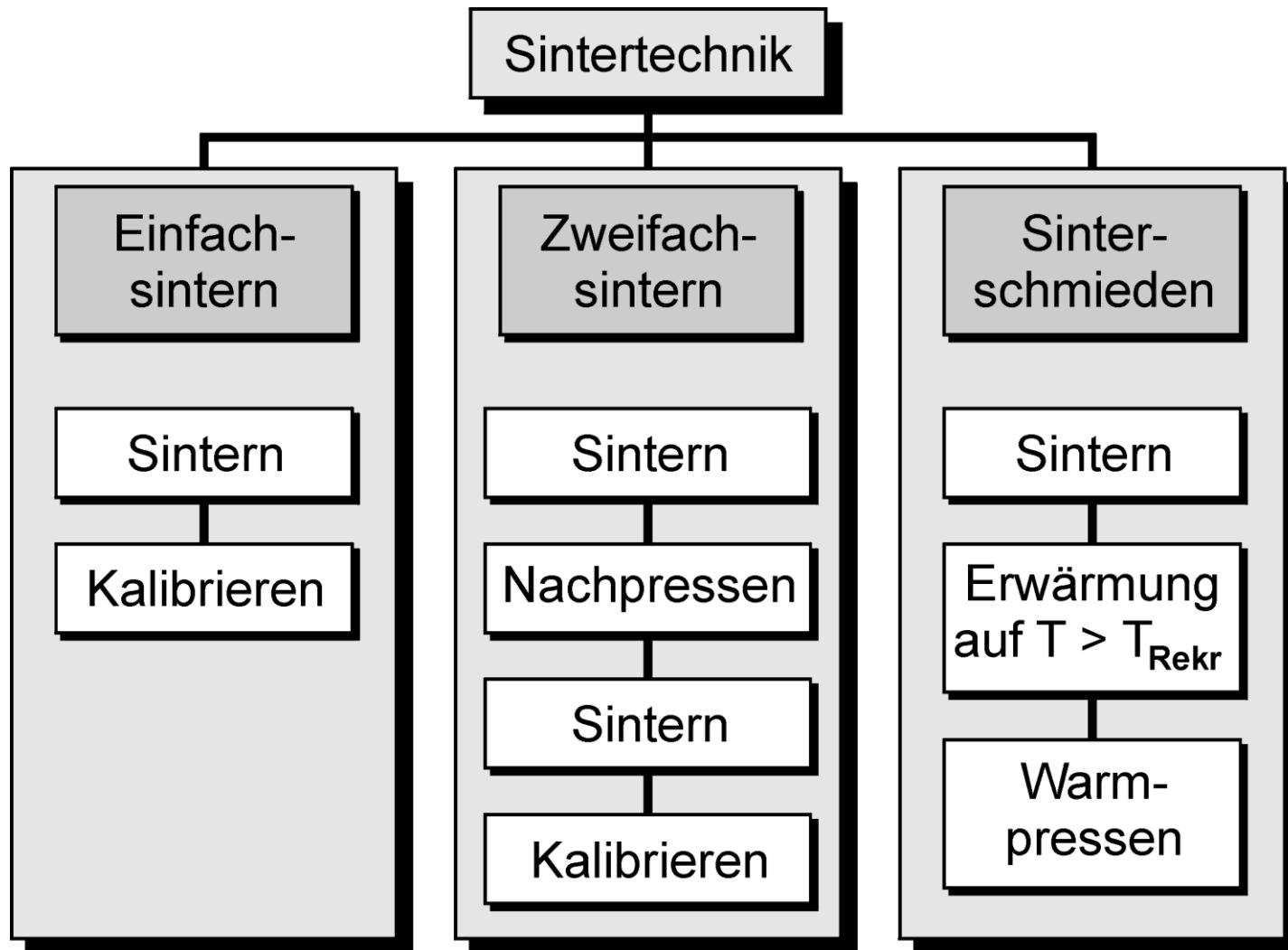


Universität Bremen  
Fertigungsverfahren  
Prof. E. Brinksmeier

Kornbildung beim Sintern

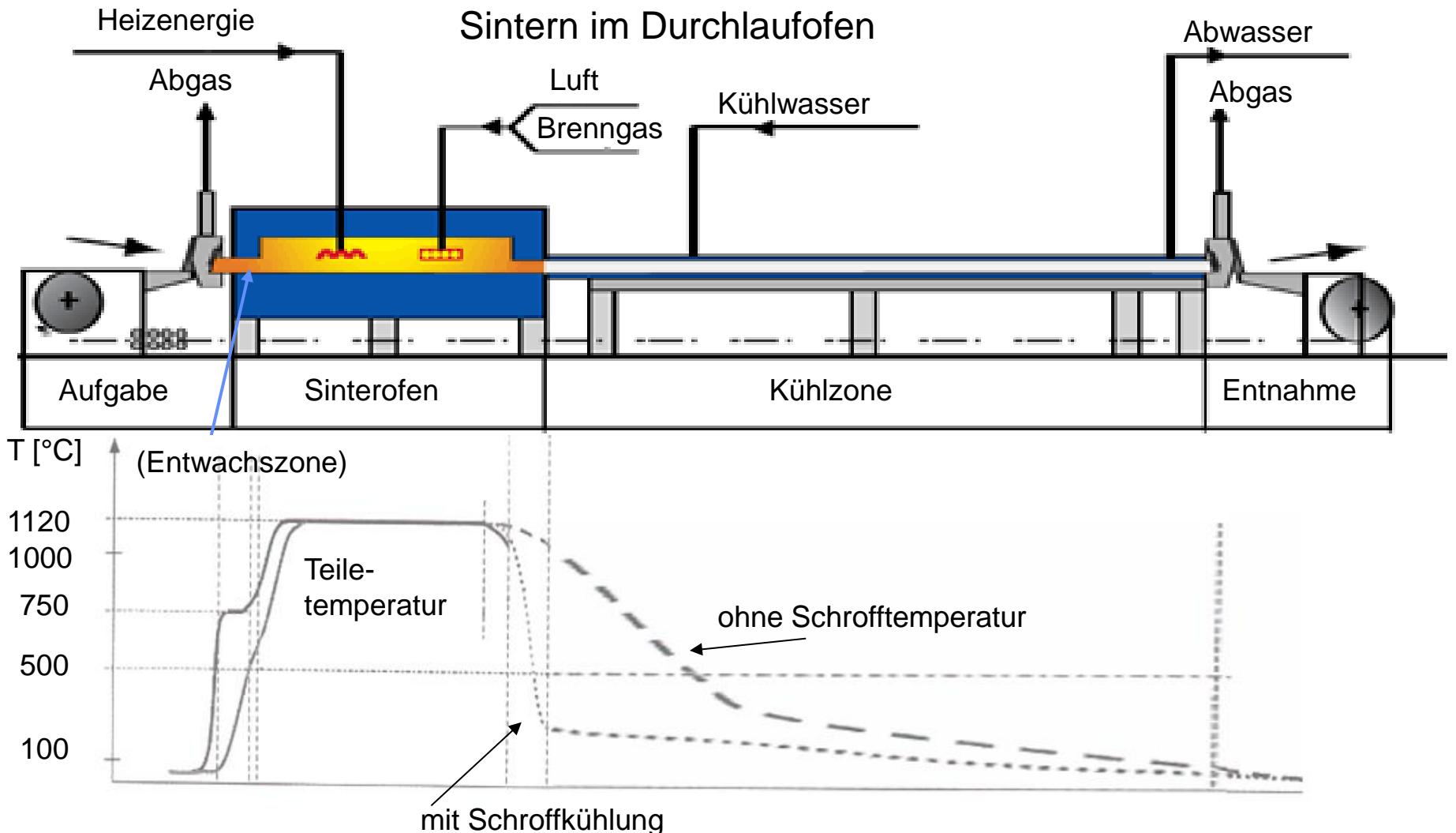
<b>Werkstoff</b>	<b>Sintertemperatur</b>
Aluminium-Legierungen	590 - 620°C
Bronze (Kupfer-Zinn)	740 - 780°C
Messing (Kupfer-Zink)	890 - 910°C
Eisen-Kohlenstoff	1120°C
Eisen-Chrom	1200 - 1280°C
Eisen-Kupfer	1120 - 1280°C
Hartmetall	1200 - 1400°C





Quelle: PtU Darmstadt





Quelle: Mahler Industrieofenbau GmbH

Ego 0093



## Sinterschmieden

Nachverdichtung gesinterter Formteile bei erhöhten Temperaturen in geschlossenem Gesenk

Umformtemperatur                     $T = 800 - 1100^\circ\text{C}$   
vorgewärmtes Gesenk                 $T = 200 - 300^\circ\text{C}$

Eisen-Pulver: Raumerfüllung      100%  
theoretische Dichte     $7,85 \text{ g/cm}^3$



## Vorteile:

- hohe Maßhaltigkeit der Sinterfertigteile durch mechanisierte Fertigungsabläufe
- nahezu 100%-Ausnutzung des Pulverwerkstoffes durch Wegfall von Anschnitten, Speiser, Graten, usw.
- hohe Reinheit der Sinterteile, da keine Schlackeentstehung
- Herstellung von Werkstoffen ohne Mischungslücken
- Erzeugung von Verbundwerkstoffen und nichtlegierbaren, sogenannten Pseudo-legierungen aus Metallen und Nichtmetallen möglich
- keine Seigerungen in Sinterwerkstoffen beobachtbar
- Energieeinsparungen von ca. 50% möglich gegenüber spanend hergestellten Teilen aus Profilen, Schmiede- oder Gussstücken

## Nachteile:

- Pulver und Pulvergemische sind verhältnismäßig teuer
- Beim Pressen sind große Kräfte, große Pressen und hochwertige Presswerkzeuge erforderlich, daher nur für große Serien wirtschaftlich
- einfache Grundkörper ohne Hinterschneidungen und mit möglichst geringem Aspektverhältnis gut pressbar (Prismen, Kegel, Quader)
- porenfrei und schwindungsarme Sinterteile mit bestimmten Pulverwerkstoffen und Pulvermischungen nicht herstellbar



Werkstoffklasse	Porosität	Typische Anwendungsgebiete
Sint AF	> 27%	Filter, Flammensperren, Drosseln
Sint A	22% - 28%	Gleitlager, Filter, Drosseln, vorwiegende Verwendung von Chrom-Nickel-Stahl, Bronze und Kunststoff
Sint B	18% - 22%	Gleitlager, Dichtungen und Formteile mit guten Gleiteigenschaften für niedrige Belastungen
Sint C	12% - 17%	Gleitlager, Gleitsteine, Bauteile mittlerer Festigkeit für stat. und dyn. Belastung (Stoßdämpferteile, Ölpumpenzahnräder)
Sint D	7% - 12%	Bauteile mit sehr guter Festigkeit für stat. und dyn. Belastung (Kupplungssteile, Fliehgewichte, Fliehkraftregler)
Sint E	4% - 7%	Bauteile mit sehr hoher Festigkeit und mit besonderen elektrischen und magnetischen Eigenschaften (Polschuhe, Relaisteile)
Sint F	< 4,5%	Bauteile mit guter Korrosionsbeständigkeit und hoher Biegefestigkeit, galvanisierbar, zum Löten geeignet (KFZ-Getriebeteile)
Sint G	< 8%	Mit Kunststoff oder Metall getränkte Bauteile guter Korrosionsbeständigkeit, undurchlässig für Öl und Wasser
Sint S	< 10%	Warm gepresste Gleitlager und Gleitelemente mit eingelagerten Festschmierstoff



Quelle: Warnecke

Universität Bremen  
Fertigungsverfahren  
Prof. E. Brinksmeier

Rick 030

## Klassifizierung von Sinterwerkstoffen

Typische Anwendungsbeispiele sind Schneidstoffe (z. B. Hartmetalle, Cermets), Lagerteile (z. B. Lagerschalen für Gleitlager) und metallische Formteile (z. B. Zahnräder, Wälzlagerkäfige, Beschläge, Kohlebürsten).



Sinterfertigteile

Quelle: Osterwalder AG Lyss/Schweiz



Universität Bremen  
Fertigungsverfahren  
Prof. E. Brinksmeier

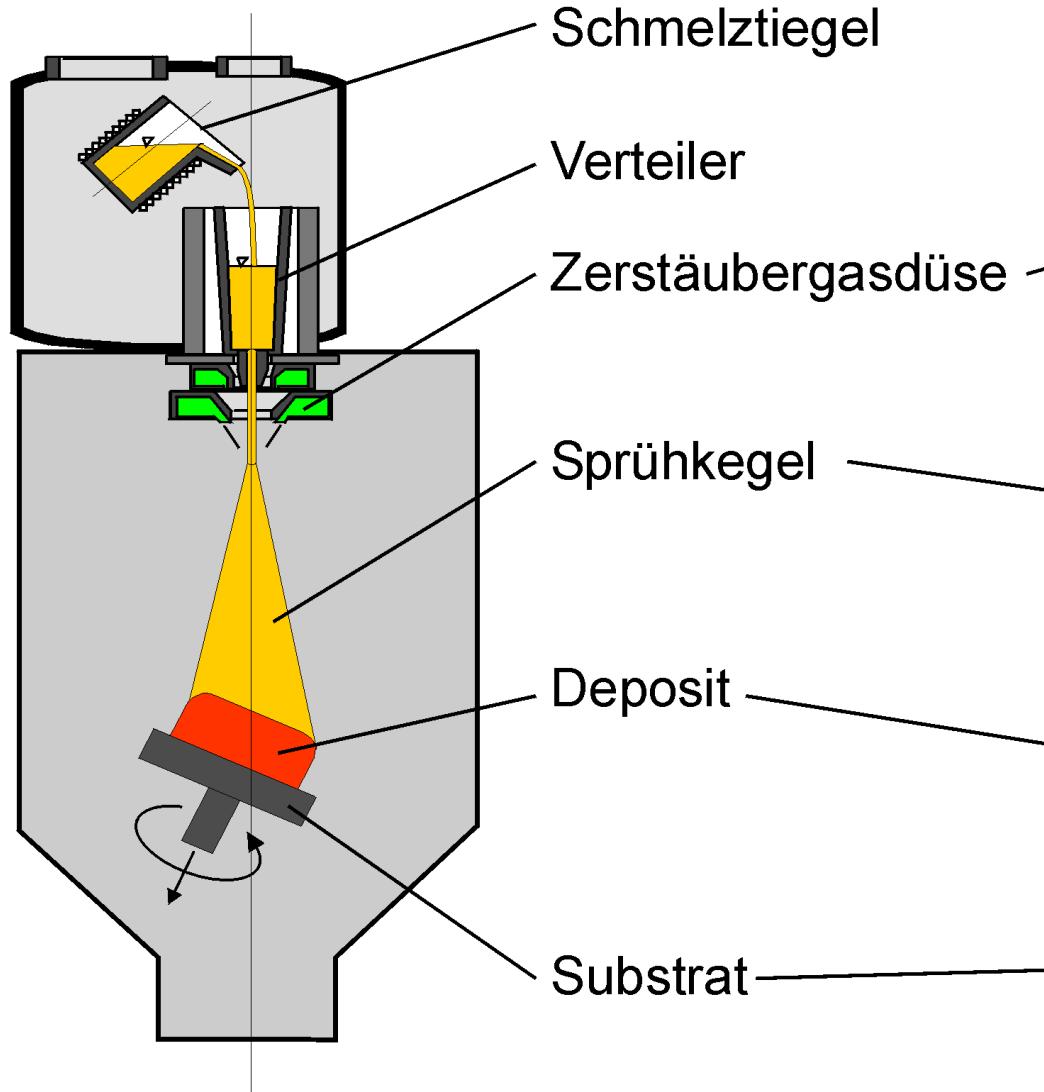
Pulverpressen und Sintern

<b>Werkstoffgruppe</b>	<b>Anwendungsgebiet</b>	<b>Beispiele</b>
Hartmetalle und Hartstoffe, Carbide von W, Ta, Ti mit Co	Zerspanung auf Werkzeugmaschinen, Werkzeugbau	Schneid- und Wendeplatten, Gewindebohrer, Schneideisen, Messbügel
Sinterisen und Sinterstahl: unlegiert, niedriglegiert, hochlegiert	Fahrzeug- und Maschinenbau, Werkzeugbau, Elektrotechnik, Feinmechanik und Optik	Stoßdämpferkolben, Zahnriemenräder, Einspritzpumpenkeile, Schnecken, Ventilführungen
Reibwerkstoffe aus Eisenpulver mit nichtmetallischen Zusätzen, wie z.B. Asbest, Glas, Graphit	Motorräder und Fahrzeuge, allgemeiner Maschinenbau	Bremsbeläge, Bremsklötze, Kupplungsscheiben, Synchronringe
poröse Sinterteile aus Eisen- und NE-Pulvern ohne oder mit Gleitmittel wie z.B. Öl, Graphit	Maschinenbau, Fahrzeugbau, Haushaltstechnik, chemischer Apparatebau	Gleitlager, Führungsringe, Stoßdämpferkolben, Filter, Düsen, Sinterelektroden, Kolbenringe
Metallkohlen-Magnetwerkstoffe für Dauermagneten und Weich-eisenteile	Elektrotechnik und Elektromaschinenbau, Feinwerktechnik	Schleifkontakte, Polschuhe, Messgeräte, Kleindynamos, Anker, Spulenkerne
hochschmelzende Reinmetalle, wie z.B. W, Ta, Mo, Co und Ni, Kontaktwerkstoffe Ag, Cu	elektronische Bauteile, allgemeine Elektrotechnik, Textiltechnik und Vakuumtechnik	Kondensatoren, Elektronenröhren, Schleif- und Gleitkontakte, Schalterteile
Sinteraluminium und Aluminium-Silizium-Pulver mit und ohne Zusatz von Aluminiumoxid	Maschinen- und Fahrzeugbau, Hochleistungsmotorenteile, Luft- und Raumfahrt	Gleitlager, Getriebeteile, warmfeste und aushärtbare Pleuelstangen und Kolben

Quelle: Fritz, Schulze

Ma 0066



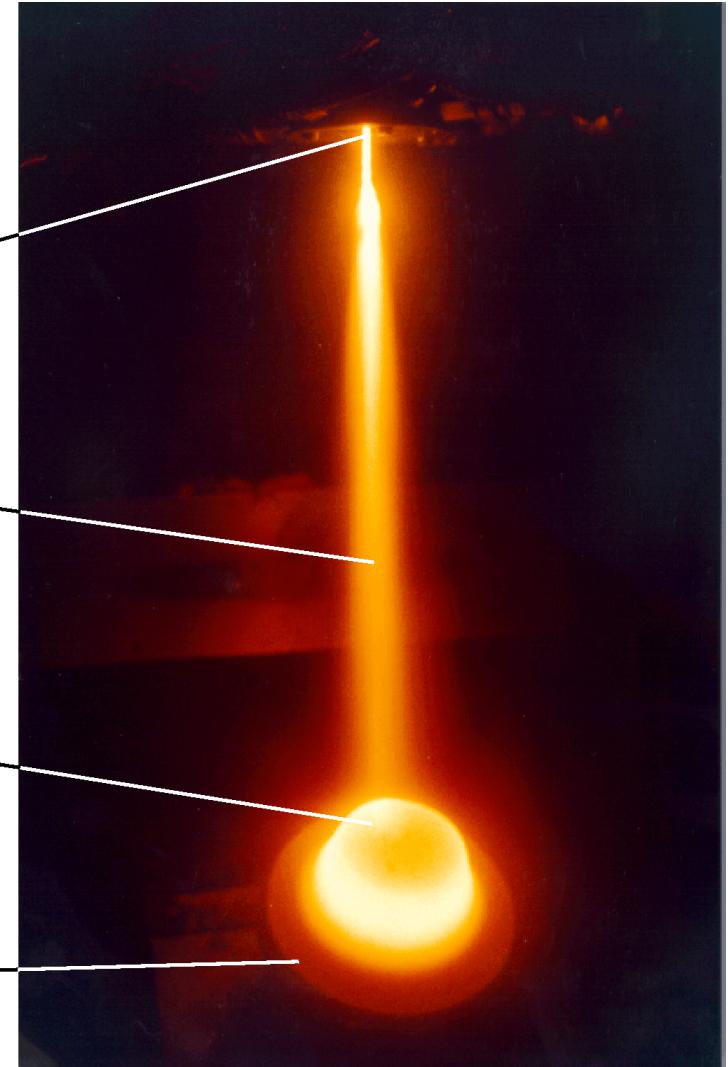


Schmelz- und Sprüheinrichtung

Quelle: SFB 372



Universität Bremen  
Fertigungsverfahren  
Prof. E. Brinksmeier

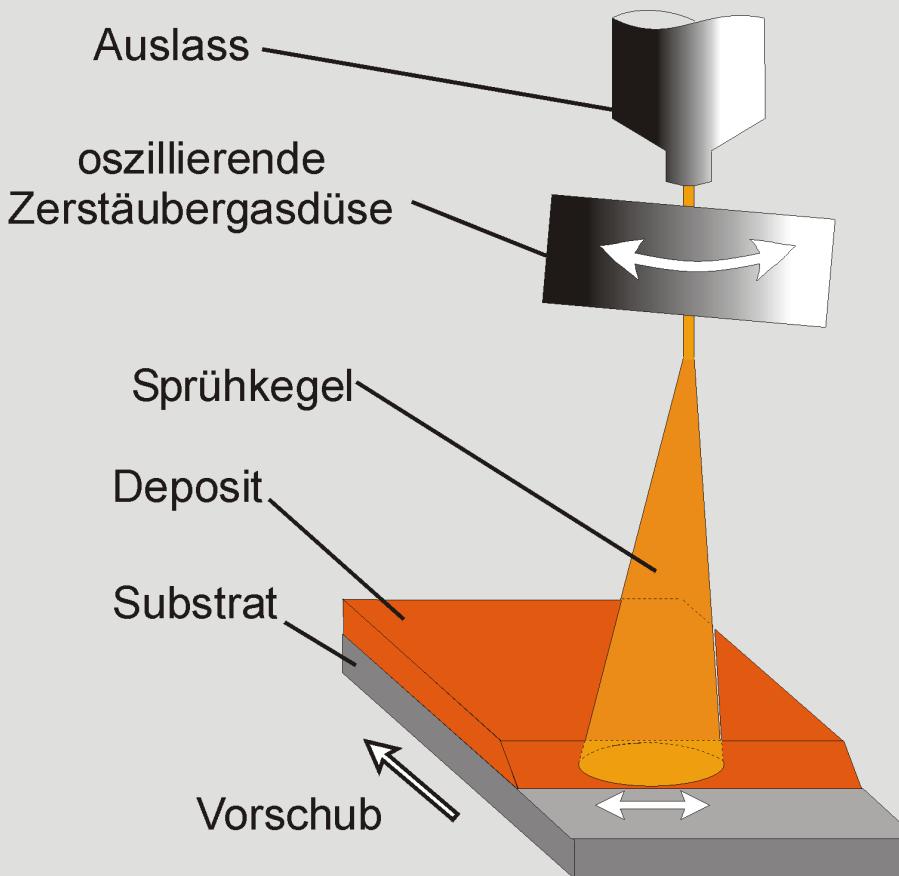


Bolzensprühvorgang

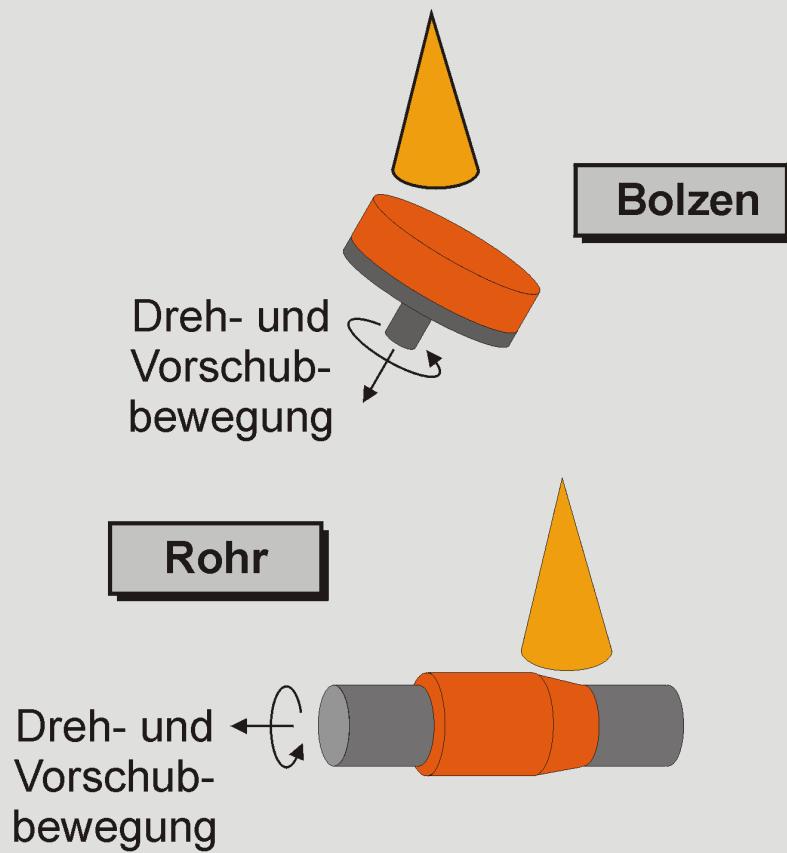
MSch 0057

Sprühkompaktieren im SFB 372

## Flachprodukte



## Rotationssymmetrische Produkte



Quelle: SFB 372



Universität Bremen  
Fertigungsverfahren  
Prof. E. Brinksmeier

MSch 0023

Erzeugung unterschiedlicher Depositgeometrien

# Fertigungstechnik

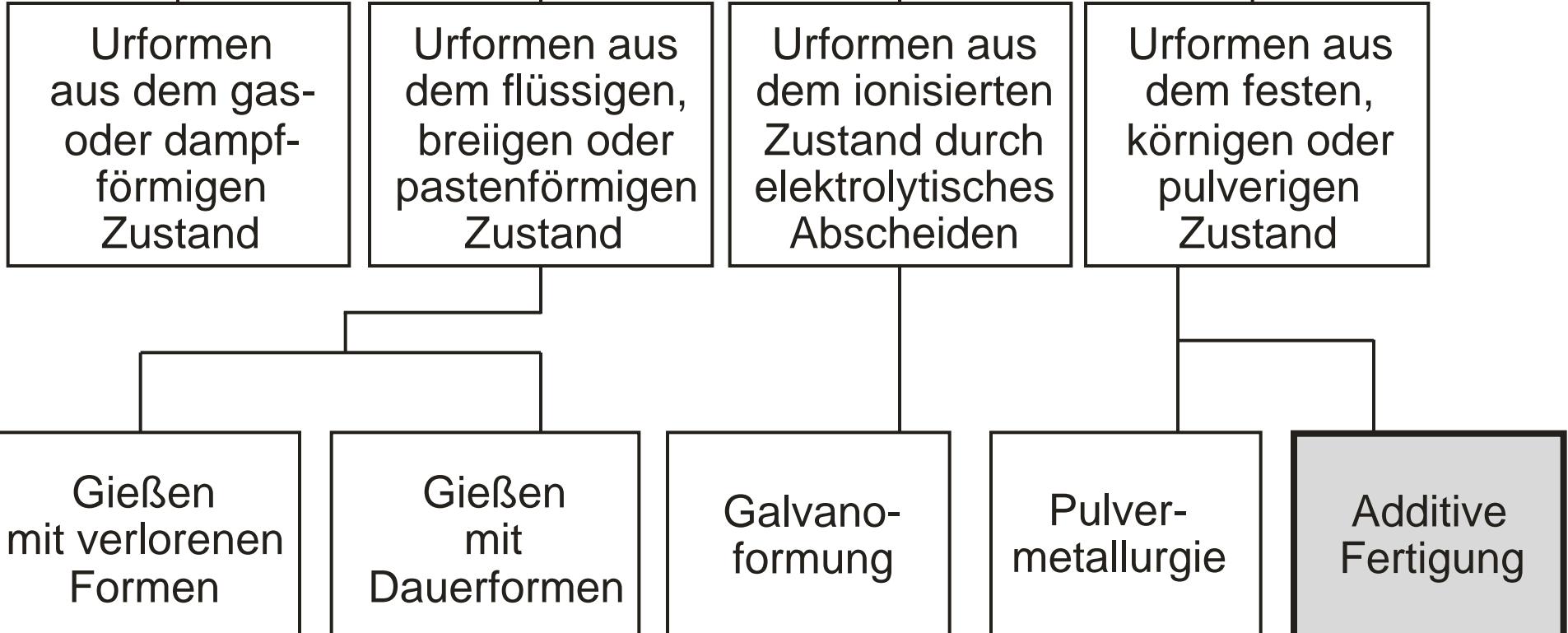
Modul Produktionstechnik

Kapitel 3.6: Additive Fertigung

**Kapitel 3.6.1 Definition und Einteilung**



# ***Urformen***



Quelle: VDI

## Definition nach VDI Statusreport „Additive Fertigungsverfahren“ (September 2014):

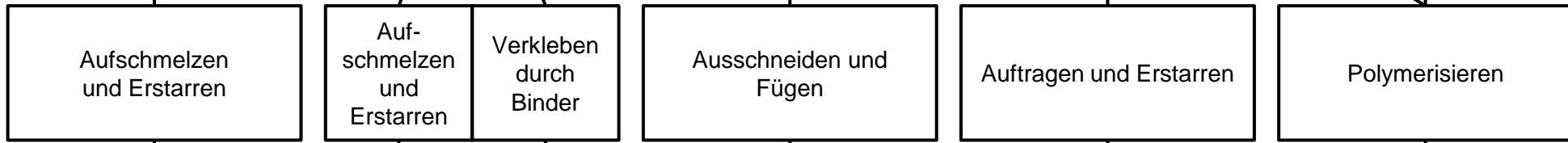
„Unter „additiv“ werden alle Herstellverfahren zusammengefasst, bei denen der Werkstoff zur Erzeugung eines Bauteils schichtweise hinzugefügt wird. Das steht im Gegensatz zu den klassischen subtraktiven Fertigungsverfahren wie Fräsen, Bohren und Drehen, bei denen Material abgetragen wird, um das endgültige Bauteil zu erzeugen. Das Schichtbauprinzip ermöglicht es, geometrisch komplexe Strukturen herzustellen, die mit konventionellen Fertigungsverfahren nicht oder nur aufwendig realisiert werden können.“



Ausgangsmaterial



Verarbeitung



Fertigungsverfahren



Quelle: Gebhardt

Universität Bremen  
Fertigungsverfahren  
Prof. E. Brinksmeier

Ber 0142

Übersicht Additive Fertigung

## Einsatzgebiete:

- Kleine Stückzahlen und/oder kundenspezifisch angepasste Produkte
- Fertigung nach Bedarf
- Fertigung vor Ort
- Fertigung von Ersatzteilen für ältere Serienprodukte
- Verkürzung der Iterationszyklen bei der Produktentwicklung
- Leichtbau

## Branchen:

- Luft und Raumfahrtindustrie/Rüstungsindustrie
- Automotive-Industrie
- Werkzeug- und Formenbau
- Automatisierungstechnik, Maschinen- und Anlagenbau
- Medizintechnik, Prothetik, Dentaltechnik, medizinische Hilfsmittel
- Elektronik
- Möbelindustrie
- Nahrungsmittelindustrie
- Sportgeräteindustrie
- Bekleidungsindustrie
- Spielwarenindustrie und Fertigung von Sammlerstücken



Quelle: VDI

Universität Bremen  
Fertigungsverfahren  
Prof. E. Brinksmeier

Ber 0144

Typische Einsatzgebiete & Branchen

<b>Keramische Materialien</b>	<b>Polymer Materialien</b>	<b>Metallische Materialien</b>
Aluminiumoxid	ABS (thermoplastischer Kunststoff)	Inconel
Zirkoniumoxid	Polyamide (z.B. Nylon)	Titan
Wolframcarbid	PLGA	Aluminium
Hydroxyapatit	PMMA	Kupfer
Tricalcium Phosphat (TCP)	Duroplastische Epoxidharze	Werkzeugstahl
Epoxide mit Keramik & Carbon Nanotubes		Edelstahl
Siliziumdioxid	Polycarbonat	Cobalt Chrom
Siliziumcarbid	Polyphenylsulfone	Gold / Platin
Mullite	ULTEM	Hastelloy
PLA		



Quelle: nach SIMTech

Universität Bremen  
Fertigungsverfahren  
Prof. E. Brinksmeier

Materialien für 3D Additive Fertigung

Pal 0132

# Fertigungstechnik

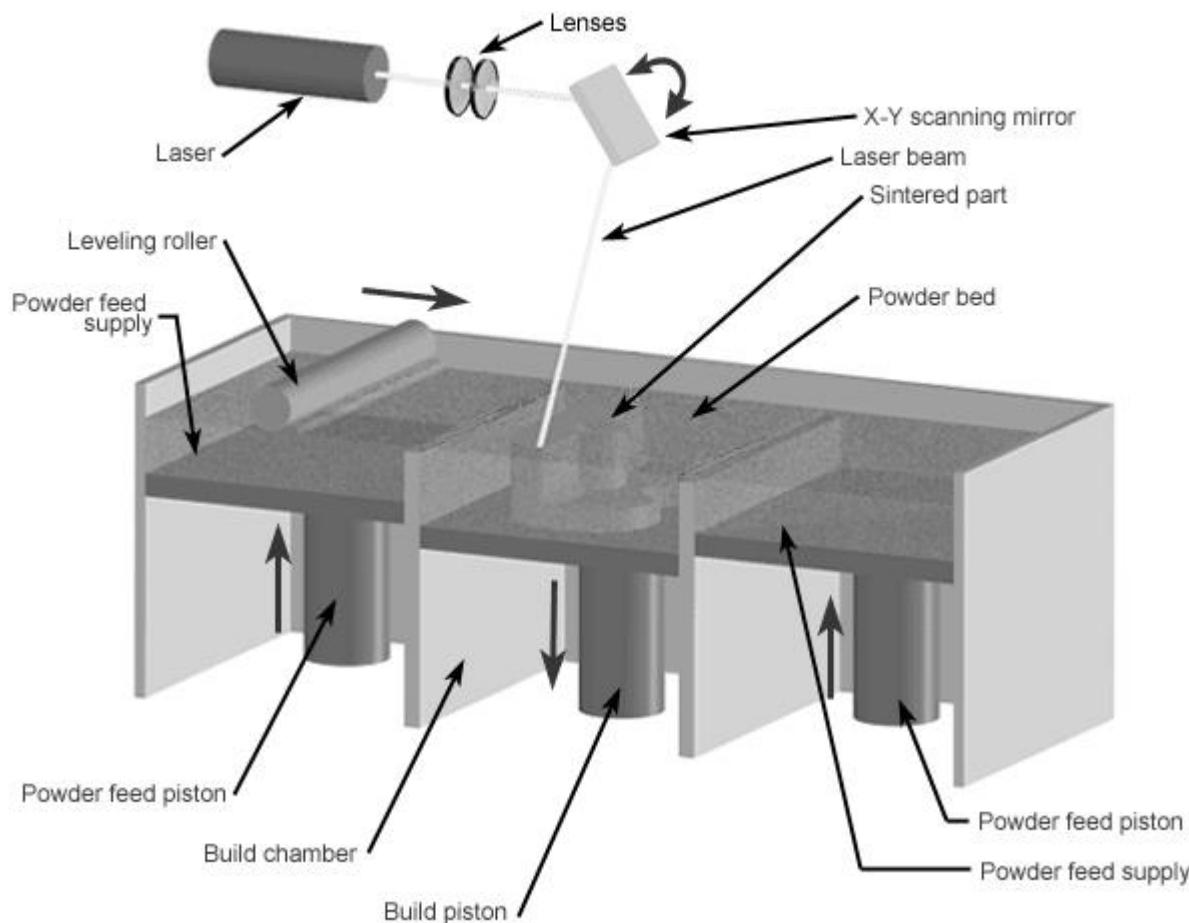
Modul Produktionstechnik

## Kapitel 3.6.2 Ausgewählte Verfahren



- LOM – Laminated Object Modelling/Manufacturing
- FDM – Fused Deposition Modelling
- EBM – Elektronenstrahlschmelzen
- LMD – Laser Metal Deposition
- SHS: Selektives Hitze Sintern
- SLM - Laserstrahlschmelzen
- SLA - Stereolithographie
- Direct Wax Printing
- Z-corp 3D Printing
- Sand 3D Printing
- PolyJet
- EnvisionTEC
- Mask Sintering
- SLS - Lasersintern
- Laser Sand Sintering





Quelle: Festo

Lasergesinterter Greifarm vom Pneumatik-Spezialisten Festo.

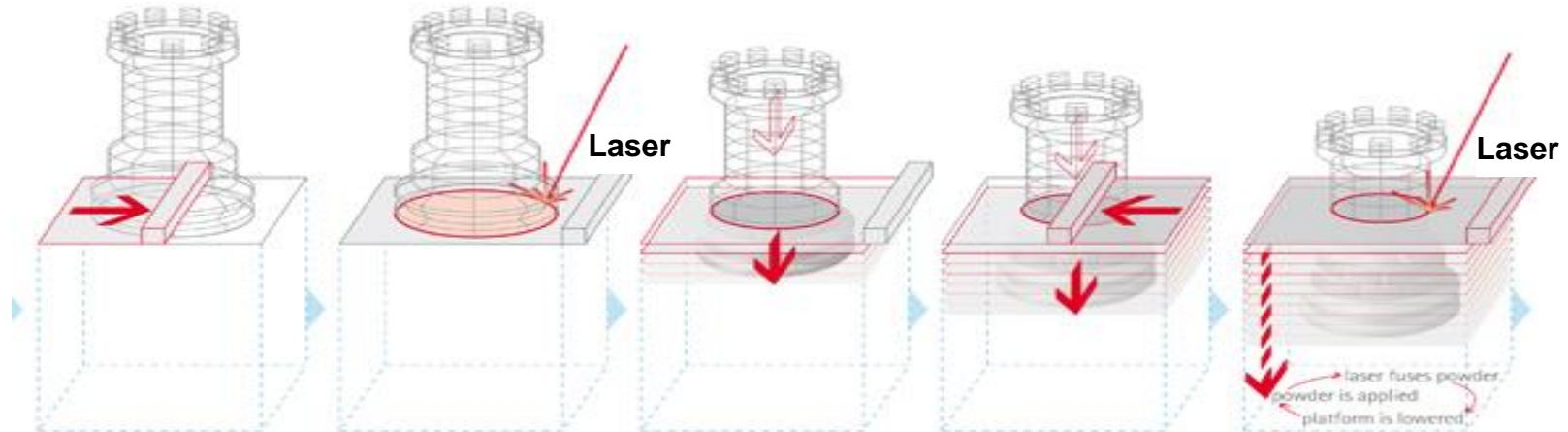


Quelle: CEDIFA, Uni Würzburg

Universität Bremen  
Fertigungsverfahren  
Prof. E. Brinksmeier

Funktionsprinzip Lasersintern  
SLS

Ber 0145



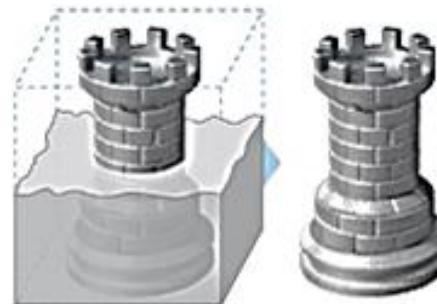
Dünne Lage  
pulverförmigen  
Materials wird  
aufgebracht

Laser schmilzt Pulver  
in einem  
determinierten  
Bereich zu festem  
Material zusammen

Die Grundplatte wird  
abgesenkt,...

...die nächste  
Schicht Pulver  
wird aufgebracht...

...und der Laser  
fügt die nächste  
Schicht des  
Bauteils  
zusammen.



Lockeres Pulver      Bauteil ist fertig  
wird entfernt

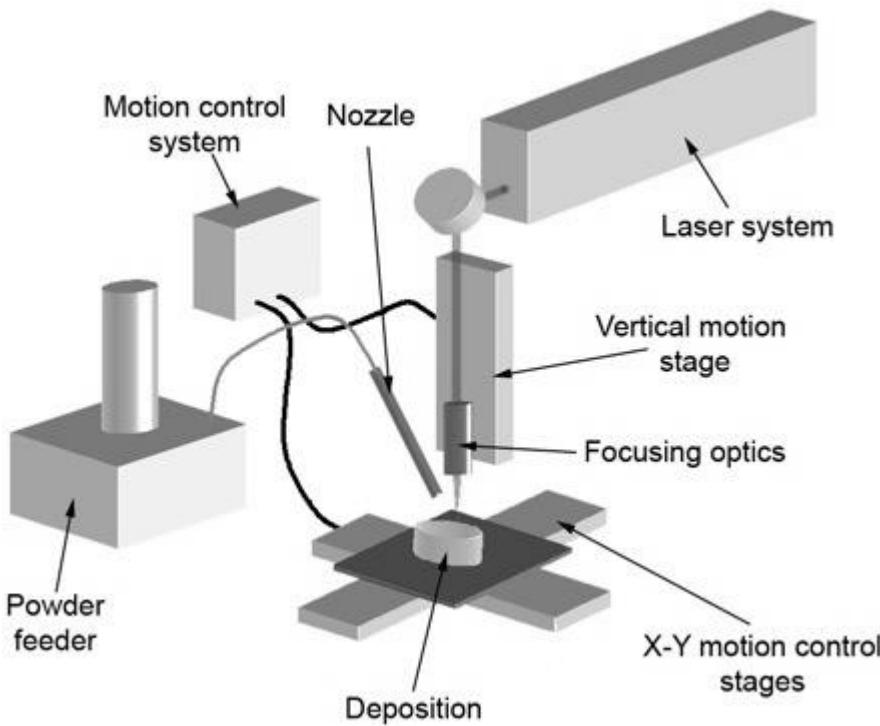


Quelle: eos.info

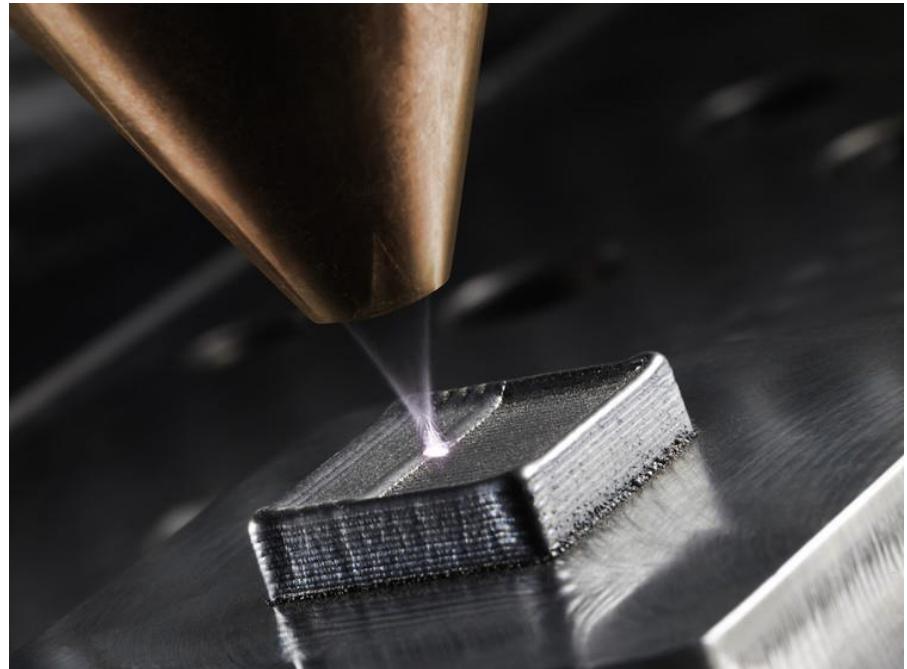
Universität Bremen  
Fertigungsverfahren  
Prof. E. Brinksmeier

Bauteilherstellung durch Lasersintern

Pal 0130a



Prinzip Laserauftragschweißen



Laserauftragschweißen auf einem Werkstück

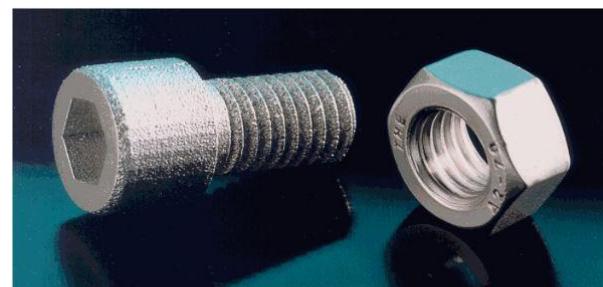
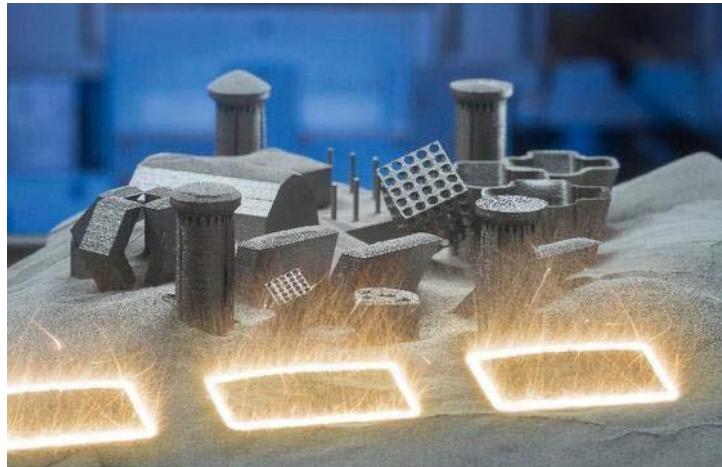
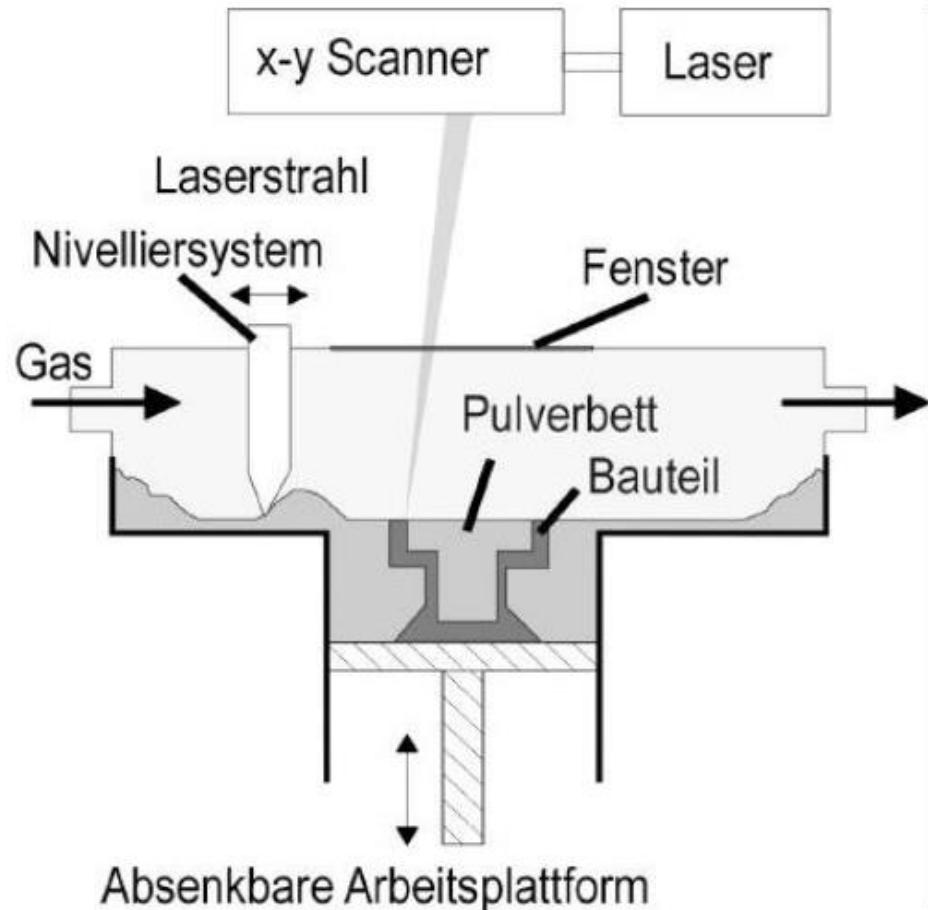


Quellen: Mechanical Engineering, Trumpf

Universität Bremen  
Fertigungsverfahren  
Prof. E. Brinksmeier

Funktionsprinzip Laserauftragsschweißen

Ber 0146

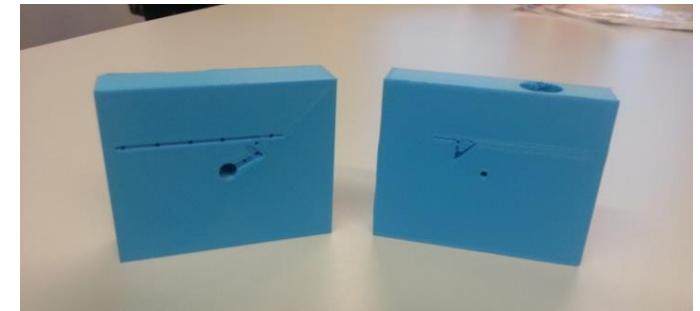
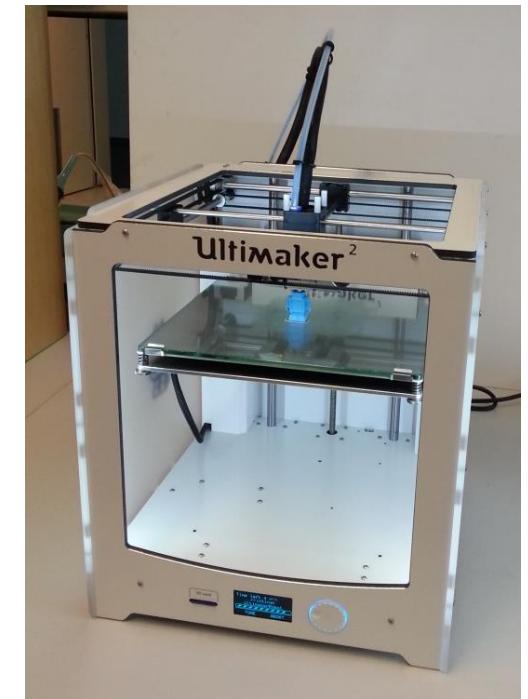
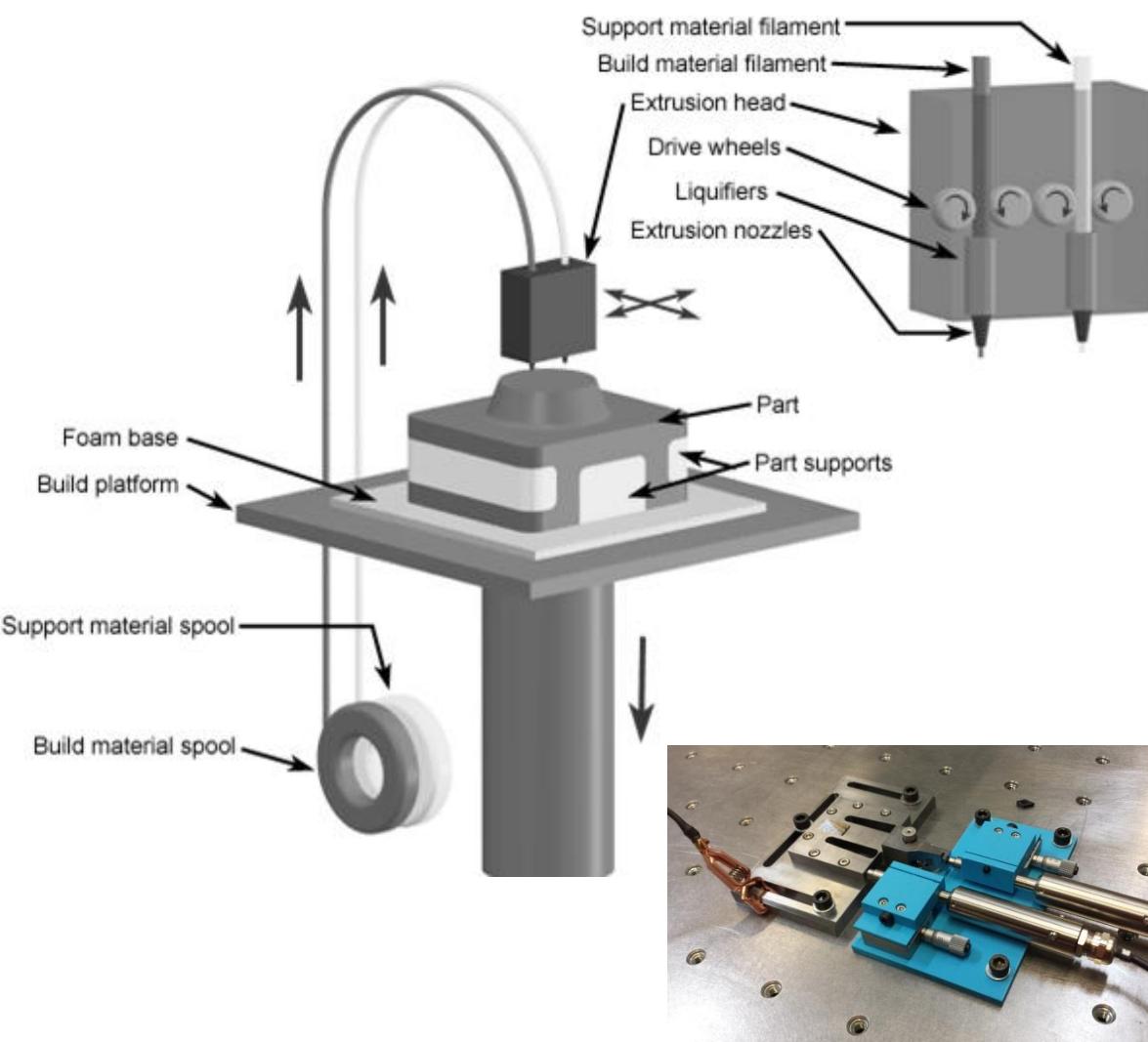


Quellen: Siemens, MCP-HEK Tooling GmbH

Universität Bremen  
Fertigungsverfahren  
Prof. E. Brinksmeier

Ber 0147

Funktionsprinzip Selective Laser Melting (SLM)



Quelle: CustomPartNet

Universität Bremen  
Fertigungsverfahren  
Prof. E. Brinksmeier

Funktionsprinzip Fused Deposition Modeling (FDM)  
„3D-Druck“

Ber 0148



Universität Bremen  
Fertigungsverfahren  
Prof. E. Brinksmeier

[janweingand.de](http://janweingand.de)

Beispielbauteile 3D Additive Fertigung

Pal 0134

## Local Motors - LM3D

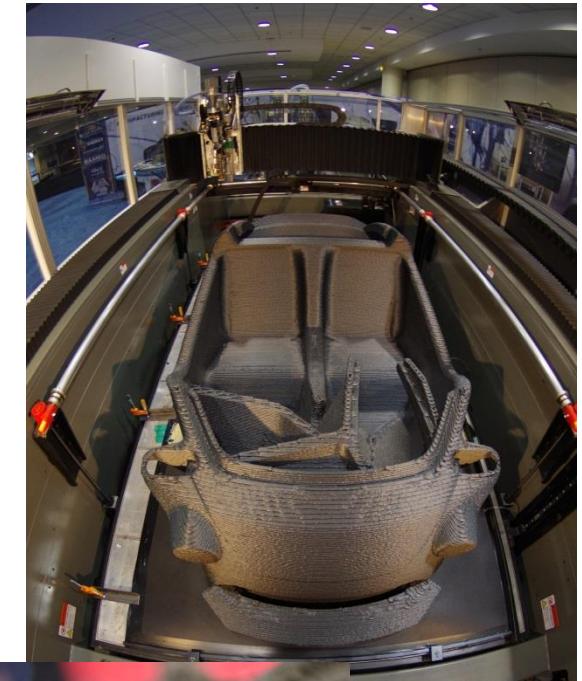
75 % des Autos kommen aus dem 3D Drucker

➤ Ziel: 90 %

Material: 80 % ABS Kunststoff, 20 % Kohlefaser

Kosten für Endverbraucher: ab 53.000 \$

Vom Design zum fertigen Auto in ca. 2 Monaten!



Quelle: <https://localmotors.com/3d-printed-car/>



Universität Bremen  
Fertigungsverfahren  
Prof. E. Brinksmeier

Dör 0204

Auto aus dem 3D Drucker von Local Motors

# wirtschaft

in Bremen und Bremerhaven

Das Magazin der Handelskammer



Universität Bremen  
Fertigungsverfahren  
Prof. E. Brinksmeier

## BIOZOON GmbH

### **Schüttling-Preis 2016 für Innovation im Mittelstand**

Entwicklung eines 3D-Druckverfahrens für die industrielle Produktion von pürierter und passierter Kost in Form (smoothfood 2.0)

#### **Funktionsprinzip:**

Durch ein neuartiges Texturierungssystem und ein spezielles Geliermittel kann aus jedem Lebensmittel (Flüssigkeit, passiert, püriert) gelierte Kost erzeugt werden, die bis 100 °C regenerierbar ist.

#### **Zielgruppe:**

Personen mit Kau- oder Schluckstörungen (Dysphagie)

Dör 0203

## Vorteile:

- **große Werkstoffauswahl**
- **Funktionen (z.B. Leichtbaustrukturen) können bereits im additiven Fertigungsprozess in Produkte integriert werden**
- **Kein bzw. geringer Materialverlust**
- **Schnelle Realisierung von Prototypen**
- Keine speziellen Werkzeuge erforderlich
- Fertigung vor Ort/nach Bedarf reduziert Lagerhaltung(skosten)
- Geometrische Restriktionen konventioneller Fertigungsverfahren (z.B. Hinterschnitte) entfallen → komplexe Strukturen realisierbar
- Energetisch günstiger als spanende Verfahren

## Nachteile:

- **Erreichbare Festigkeiten der Bauteile vergleichsweise gering**
- **Erreichbare Formgenauigkeiten & Oberflächenrauheiten ebenfalls geringer**  
→ Nacharbeit nötig
- **Verhältnismäßig hohe Investitions- und Bauteilkosten**



Quelle: VDI

Universität Bremen  
Fertigungsverfahren  
Prof. E. Brinksmeier

Ber 0143

Vor- und Nachteile additiver Fertigung