



Institut für Werkzeug- und Fertigungstechnik

Prof. Dr.-Ing. S. Mader

Prof. Dr.-Ing. M. Reuber

Prof. Dr.-Ing. W. Saxler

Generative Fertigungsverfahren

Prof. Dr.-Ing. Martin Reuber

Direktor des Instituts für Werkzeug- und Fertigungstechnik

Professor für Werkzeugmaschinen und Produktionstechnik an der RFH

Studiengangsleiter Master of Engineering

10. Medienkongress der RFH Köln

am 17.11.2014



Produktion

Herstellung von Produkten



Airbus



AMG



Bosch



Hilti



ebay

Fertigung

Herstellung von Einzelteilen / Bauteilen

Montage

Zusammenbau der Einzelteile zu Baugruppen / Fertigprodukten



Produktion

Herstellung von Produkten



Airbus



AMG



Bosch



Hilti



ebay

Fertigung

Herstellung von Einzelteilen / Bauteilen

Fertigungsverfahren

Urformen, Umformen, Trennen, Fügen, Beschichten, Stoffeigenschaft ändern

Montage

Zusammenbau der Einzelteile zu Baugruppen / Fertigprodukten



Kombination von Fertigungsverfahren zu Fertigungsfolgen

Künstliches Kniegelenk



Feinguss



Fräsen



Schleifen



Polieren



Bilder: Schütte

Auswahl und Bewertung

- Sicherstellung eines geeigneten und optimierten Herstellungsprozesses
- bezogen auf die Produkthanforderungen
- vor dem Hintergrund technischer Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit



Kombination von Fertigungsverfahren zu Fertigungsfolgen

Künstliches Kniegelenk



Feinguss



Fräsen



Schleifen



Polieren



Bilder: Schütte

Aufgaben von Fertigungsverfahren

Stoffeigenschaften bilden
Material gestalten

Gestalterzeugung
geometrische Form geben



Urformende Fertigungsverfahren

Gießen

Verflüssigung
und Erstarrung



Erstarrung ohne
Formgebung



Abbildende Formgebung
Erstarren in einer Form

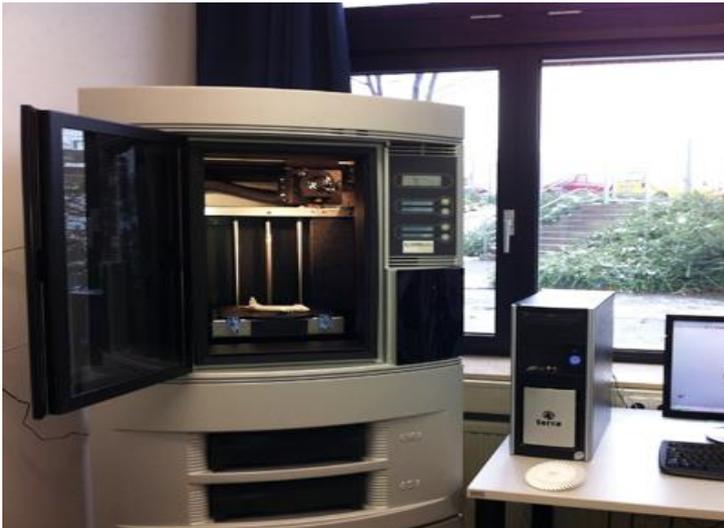




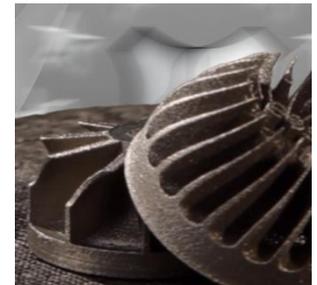
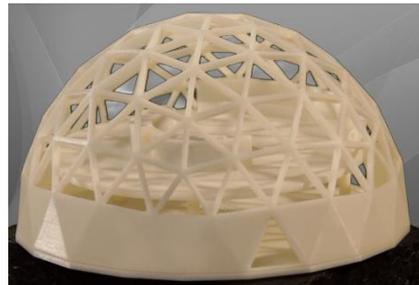
Gestalterzeugung ohne Form

- Herstellung eines volumetrischen Körpers durch schichtweisen Aufbau aus flüssigen, pulverförmigen oder drahtförmigen Grundwerkstoffen
- Lokale Verfestigung des Materials mit verfahrensabhängigen Verfestigungsmechanismen

3D-Drucker an der RFH



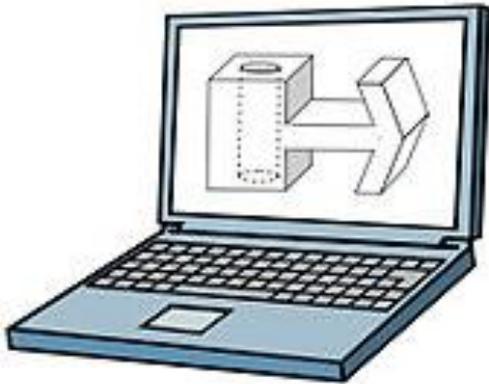
Beispiele



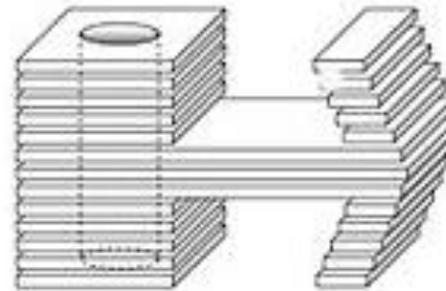


Ablauf der generativen Fertigung vom CAD-Modell bis zum fertigen Bauteil

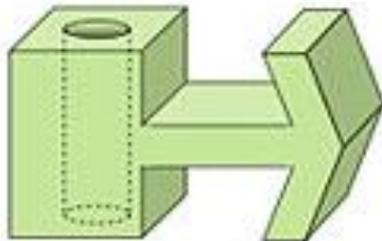
Konstruktion des Bauteils
(3D CAD Modell)



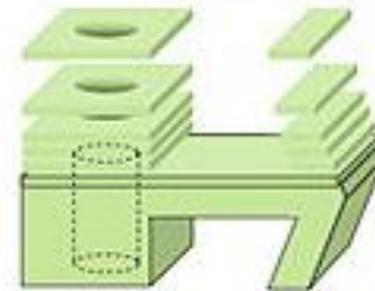
Zerlegen des CAD Modells
in Einzelschichten (Slicen)



Schichtdaten plus
Prozessparameter
zur Anlagensteuerung



Nachbehandlung (z.B.
Reinigung, mech. Bearb.)



Schichtweiser Aufbau
des Realbauteils

nach: Junior & Tacke GbR



Ablauf eines 3D-Drucks im FDM-Verfahren vom CAD-Modell bis zum gedruckten Bauteil





Generativer Verfahren – erste Bewertung



Vorteile

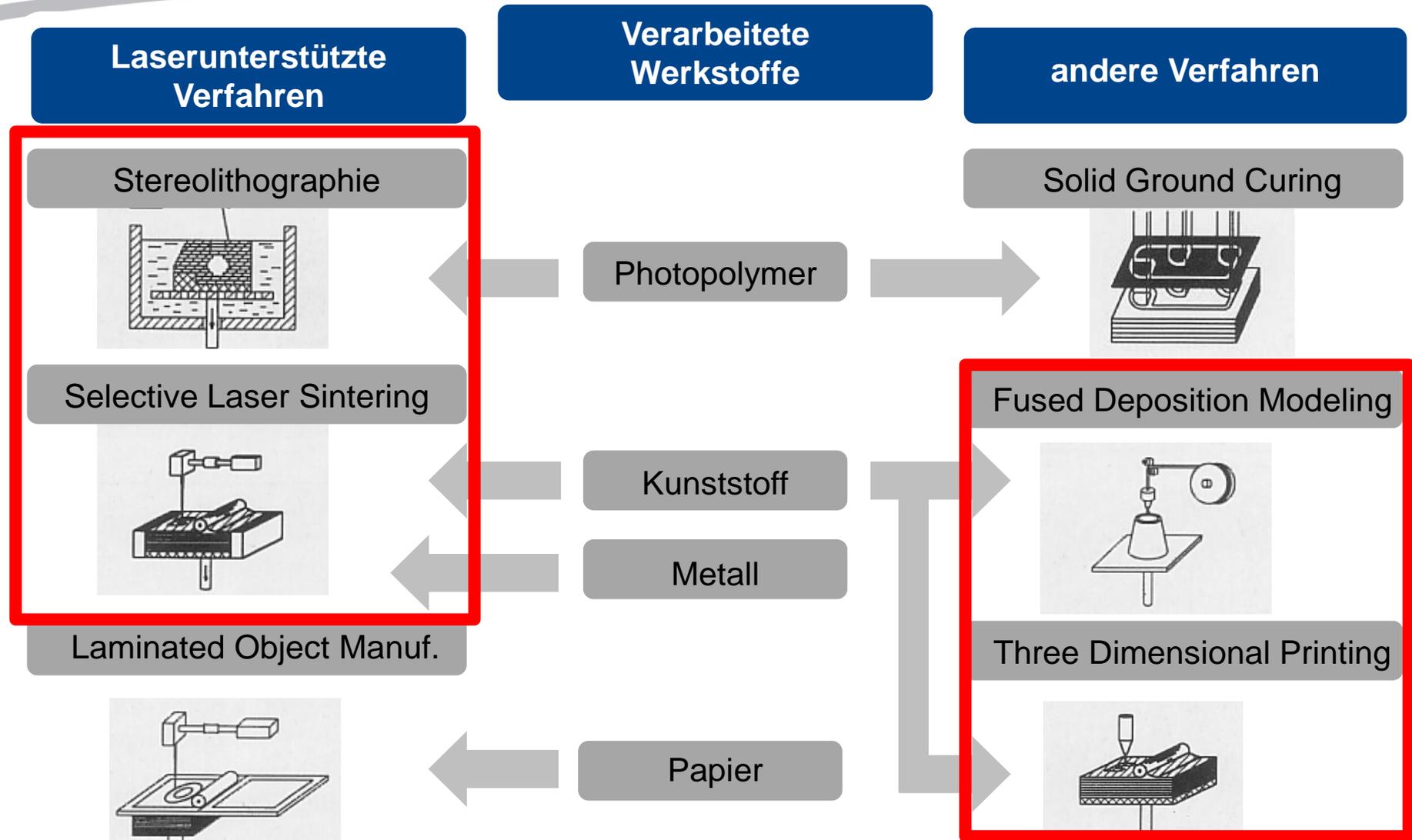
- Herstellung komplexer Strukturen (z.T. mit klassischer Fertigung nicht möglich bzw. aufwändig)
- Fertigung direkt aus dem CAD-Modell ohne Werkzeug bzw. Form
- Für individualisierte Produkte, Prototypen und kleine Stückzahlen geeignet

Nachteile

- Treppenstufeneffekte und verminderte Oberflächenqualität
- Je nach Verfahren geringe Festigkeit durch fehlenden Schichtzusammenhalt



Generative Fertigungsverfahren - Übersicht



nach: Klocke



Generative Fertigungsverfahren - Stereolithographie -

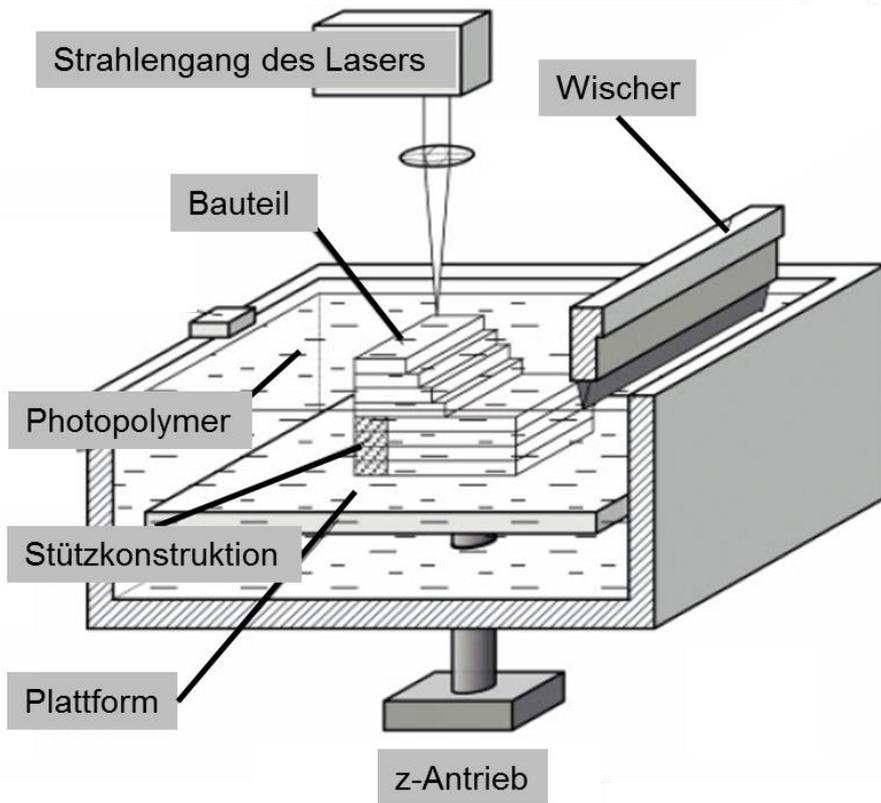


Bild: Klocke

- **Werkstoff**
 - Photopolymer
- **Ausgangsmaterial**
 - Polymer flüssig
- **Verfahrensprinzip**
 - Aushärten des flüssigen lichtempfindlichen Polymers durch punkt- bzw. zeilenförmige Einwirkung eines Laserstrahls
 - lokale schichtweise Verfestigung
- **Haupteinsatzgebiete**
 - Designmodelle, Geometrie-prototypen
 - Haptische Modelle



Generative Fertigungsverfahren - Stereolithographie -



Bilder: prototyp.de, rpm-factories.de

■ Werkstoff

- Photopolymer

■ Ausgangsmaterial

- Polymer flüssig

■ Vorteile

- Hohe Genauigkeiten in Maß und Form
- geringe Schichtstärken
- Geringer Treppeneffekt durch Abbau der Oberflächenspannung

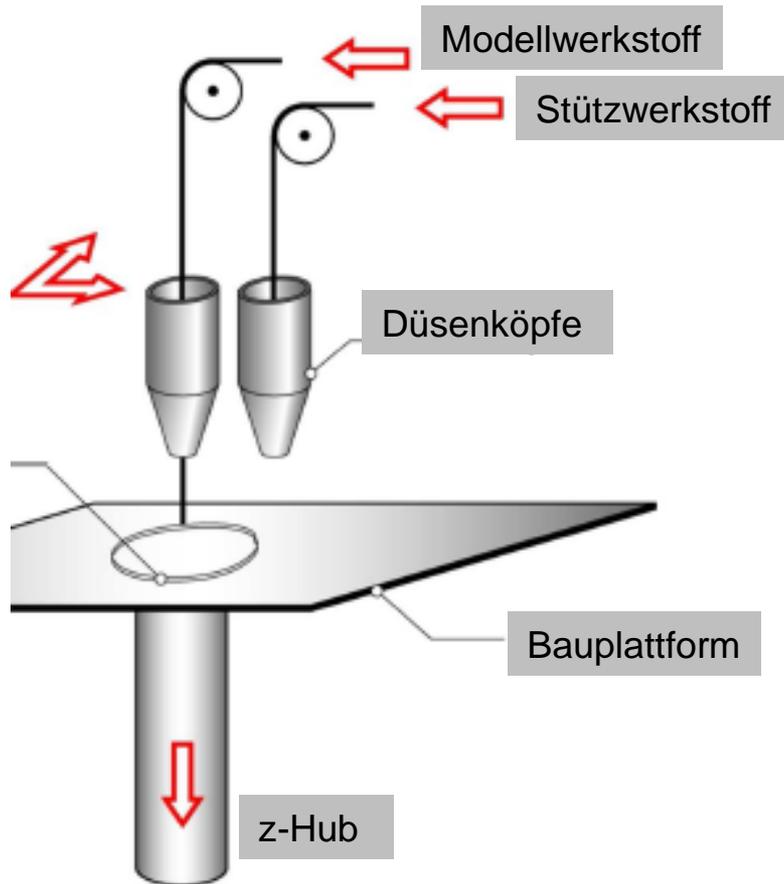
■ Nachteile

- Aufwändige Stützkonstruktion inkl. Nacharbeit zum Entfernen
- Bauteile transparent, Festigkeit eingeschränkt



Generative Fertigungsverfahren

- Fused Deposition Modelling -



■ Werkstoff

- Kunststoffe (Thermoplaste)

■ Ausgangsmaterial

- Kunststoffdraht

■ Verfahrensprinzip

- Aufschmelzen des drahtförmigen Ausgangsmaterials mittels einer durch einen Plottermechanismus geführten Düse
- Erstarren des aufgetragenen Materials

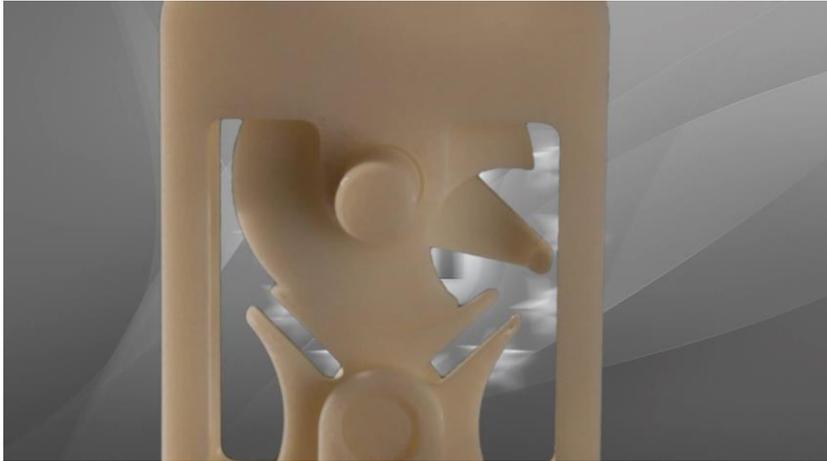
■ Haupteinsatzgebiet

- Design- und Geometriemodell
- Gebrauchsmuster bei Kunststoffbauteilen



Generative Fertigungsverfahren

- Fused Deposition Modeling -



■ Werkstoff

- Kunststoffe (Thermoplaste)

■ Ausgangsmaterial

- Kunststoffdraht

■ Vorteile

- Geringe Investitionen und kostengünstige Herstellung
- Herstellung großer Bauteile
- Vergleichsweise hohe Festigkeiten

■ Nachteile

- Begrenzte Schichtauflösung (hohe Schichtdicken)
- Treppenstufeneffekt



Generative Fertigungsverfahren - 3D-Printing -

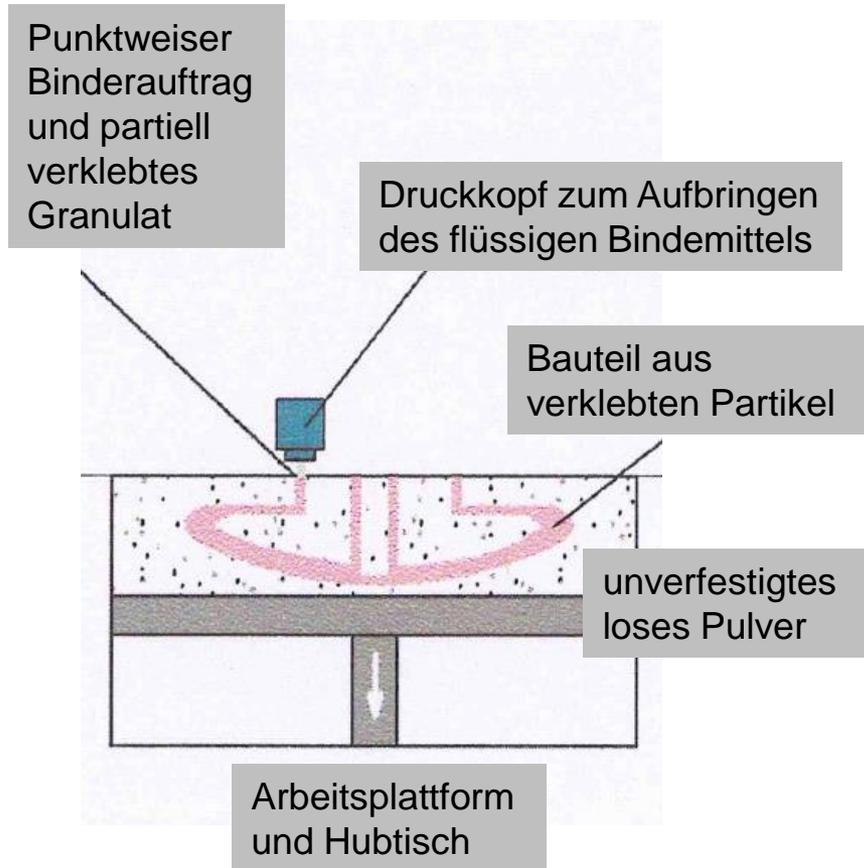


Bild nach VDI 3404

■ Werkstoff

- Cellulose (Keramik, Metall)

■ Ausgangsmaterial

- Pulver

■ Verfahrensprinzip

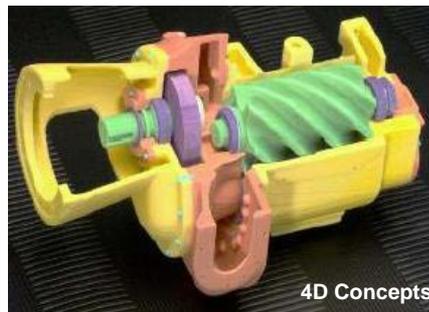
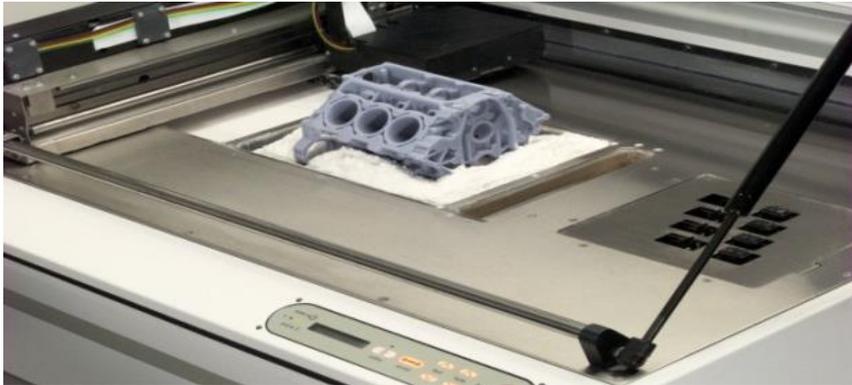
- schichtweiser Pulverauftrag mittels Wischer
- örtliche Verfestigung des Cellulosepulvers durch Auftrag eines Binders
- ggf. anschließende Infiltration

■ Haupteinsatzgebiet

- Proportionalmodell
- Designmodell



Generative Fertigungsverfahren - 3D-Printing -



Bilder: Gebhardt, Klocke

■ Werkstoff

- Cellulose (Keramik, Metall)

■ Ausgangsmaterial

- Pulver

■ Vorteile

- sehr hohe Geschwindigkeit
- Mehrfarbendruck
- einfache Handhabung
- ideal für schnelle Visualisierung

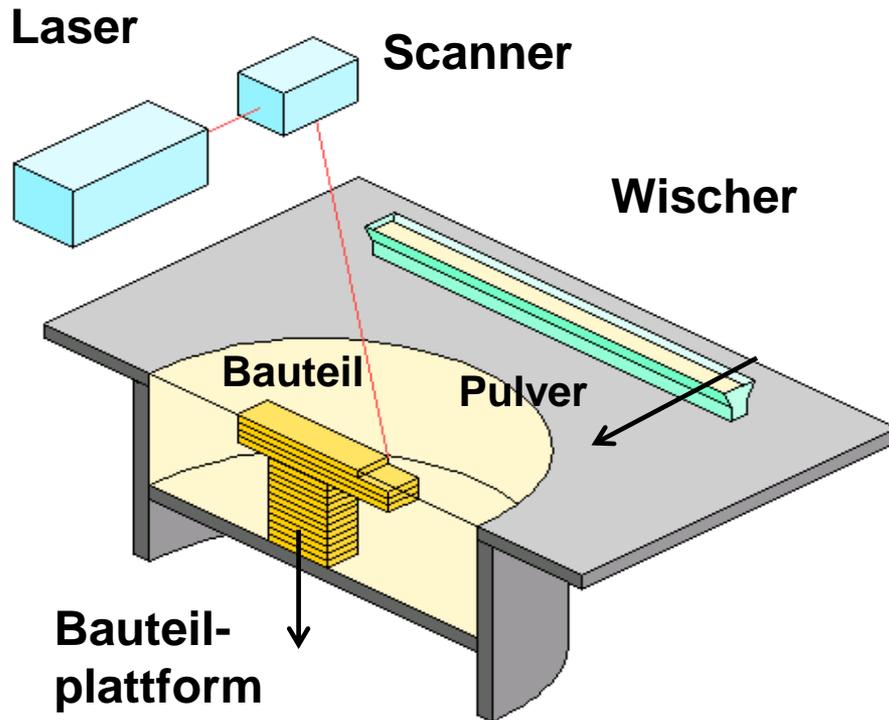
■ Nachteile

- Einschränkung auf Designmodell
- geringe Festigkeit



Generative Fertigungsverfahren

- Selective Laser Sintering SLS/SLM -



- **Werkstoff**
 - Metall, Kunststoff
- **Ausgangsmaterial**
 - Pulver
- **Verfahrensprinzip**
 - Schichtweiser Pulverauftrag mittels Wischer
 - örtliche Verfestigung des Pulvers durch den Energieeintrag des scannenden Laserstrahls
- **Haupteinsatzgebiete**
 - Rapid Prototyping
 - Rapid Tooling
 - Rapid Manufacturing

Bild: Klocke



Generative Fertigungsverfahren - Verfahrensprinzip SLS/SLM -



Quelle: US-Departement of Energy



Generative Fertigungsverfahren

- Selective Laser Sintering SLS/SLM -



■ Werkstoff

- Metall, Kunststoff

■ Ausgangsmaterial

- Pulver

■ Vorteile

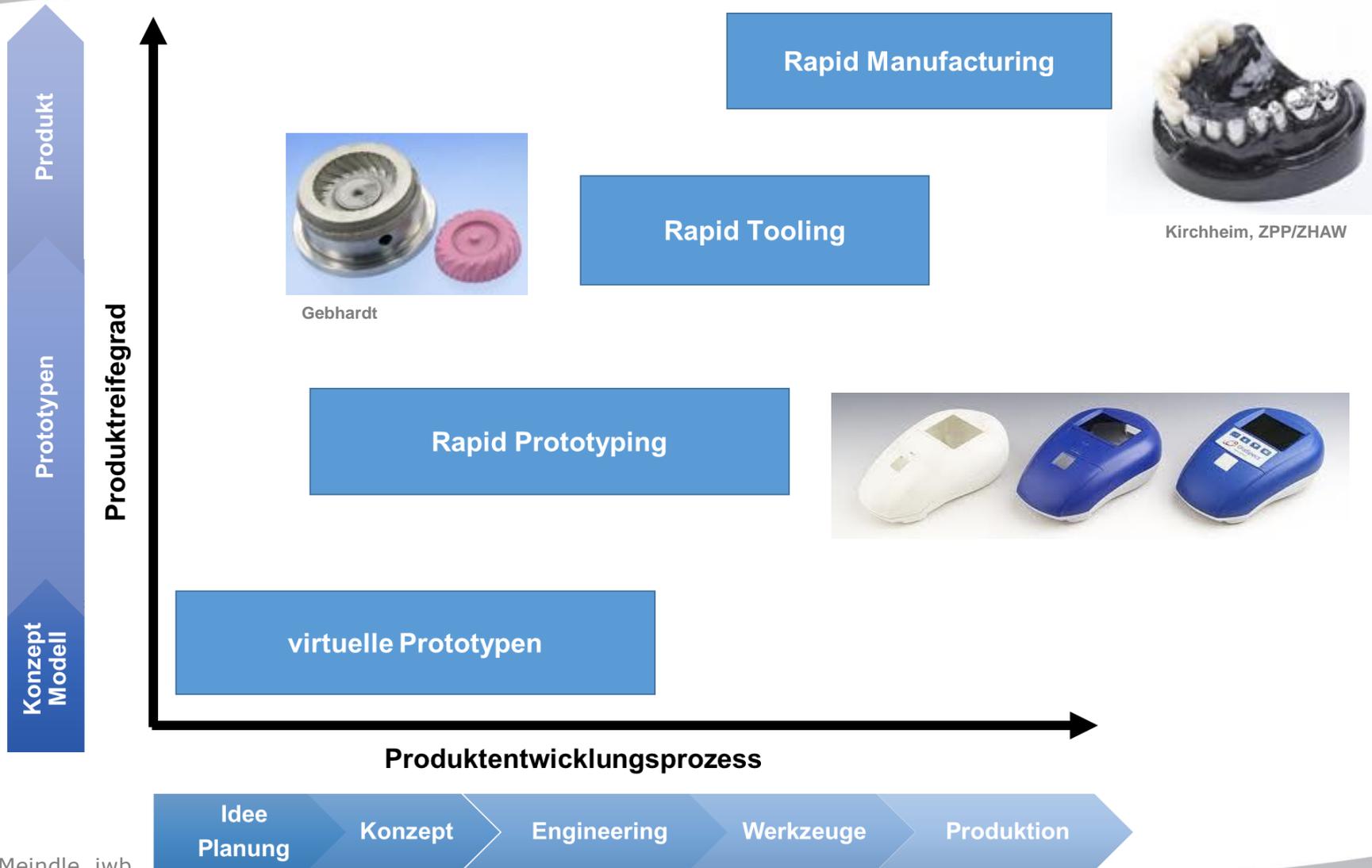
- Verarbeitung von metallischen Werkstoffen
- Funktionsbauteile hoher Festigkeit und komplexer Geometrie (Geometrische Freiheitsgrade)

■ Nachteile

- kostenintensive Anlagentechnik
- aufwändige Sicherheitstechnik
- anspruchsvolle Technologie und aufwändige WS-qualifizierung



Anwendungsgebiete generative Fertigungsverfahren



nach: Meindle, iwB



Anwendungsfeld individualisierte Serienfertigung

■ Produkte der Dentalmedizin

- Zahnkronen oder -Brücken

■ Werkstoff

- Co/Cr- oder Titan-Legierungen

■ Merkmale

- Biokompatible Werkstoffe
- dauerbelastbare Bauteile

■ Nachbearbeitung

- manuelles Entfernen der Stützkontur
- Reinigung durch Strahlen
- ggf. Verblendung mit Keramik





Anwendungsfelder mit Nutzung spezieller Verfahreneigenschaften

■ Produkte aus der Medizintechnik

- Schädelplatten, Implantate

■ Werkstoff

- Co/Cr- oder Titan-Legierungen

■ Merkmale

- tragfeste, leichte Implantate
- spezielle Oberflächenporösität
- aus CT-Daten individualisiert

■ Nachbearbeitung

- Strahlen, ggf. Elektropolieren
- Fräsen von Funktionsflächen





Anwendungsfelder mit Nutzung spezieller Verfahreneigenschaften

■ Produkte aus dem Turbinenbau

- Turbinenräder und -schaufeln

■ Werkstoff

- Inconel, Ti6Al4

■ Merkmale

- Hochkomplexe Geometrien
(Aerodynamik, Kühlkanäle)
- Material-/Gewichtseinsparung
- Funktionsprototypen und
Kleinserien kostengünstig und
in kurzen Fertigungszeiten

■ Nachbearbeitung

- Fräsen, Schleifen, Strahlen



eos/ Morris Technologies, Inc



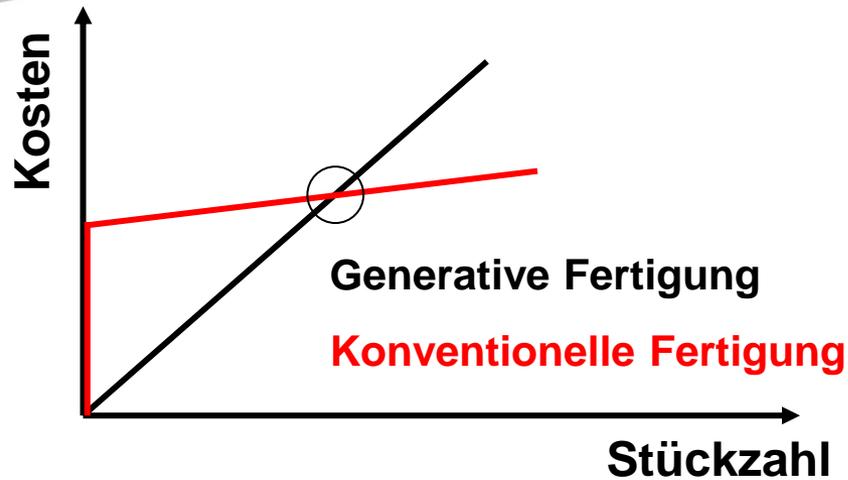
Renishaw



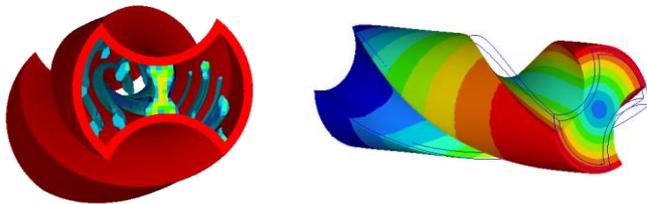
Kirchheim, ZPP/ZHAW



Generative Fertigung in der industriellen Produktion



Optimierte Zerspanwerkzeuge für anspruchsvolle Anwendungen



Selektives Lasersintern von Hartmetall

- **Anwendungsfelder - Wirtschaftlichkeit**
 - Prototypenbau (Zeit und Kosten)
 - Herstellung hochwertiger individualisierter Produkte
- **Potenziale – technische Machbarkeit**
 - Zusatznutzen durch Freiheitsgrade in der geometrischen Gestaltung von Bauteilen und Produkten
- **Entwicklungsbedarf**
 - Qualifizierung neuer Werkstoffe
 - Kreativität bei der Erschließung von Nutzenpotenzialen



Institut für Werkzeug- und Fertigungstechnik

Prof. Dr.-Ing. S. Mader

Prof. Dr.-Ing. M. Reuber

Prof. Dr.-Ing. W. Saxler

Vielen Dank für Ihr Interesse!

Prof. Dr.-Ing. Martin Reuber
Rheinische Fachhochschule Köln