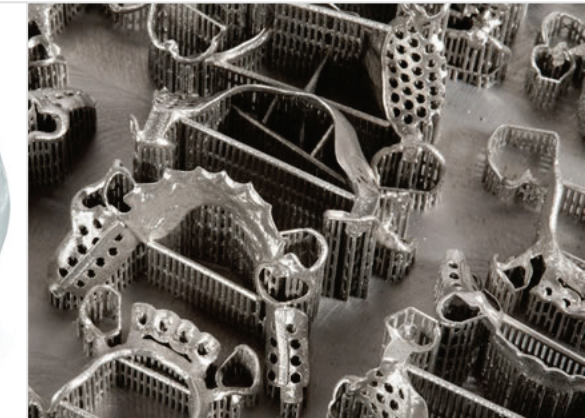
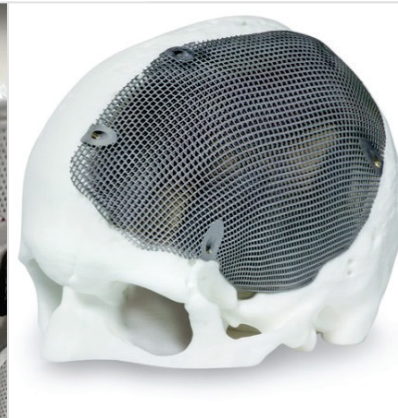
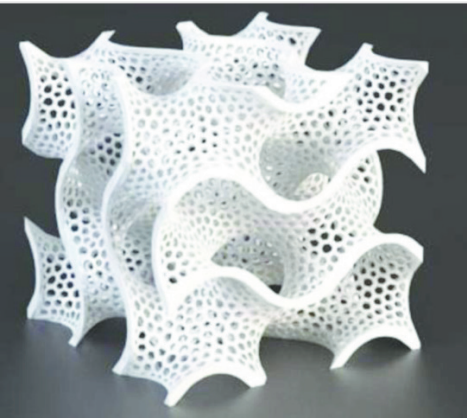


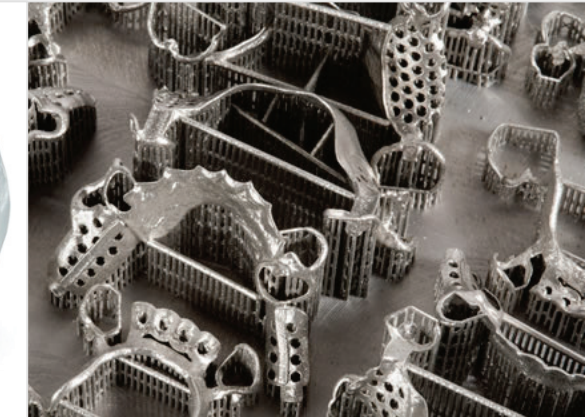
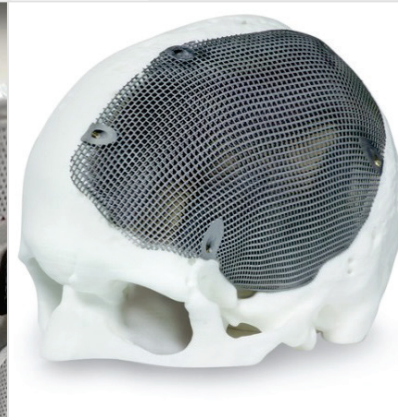
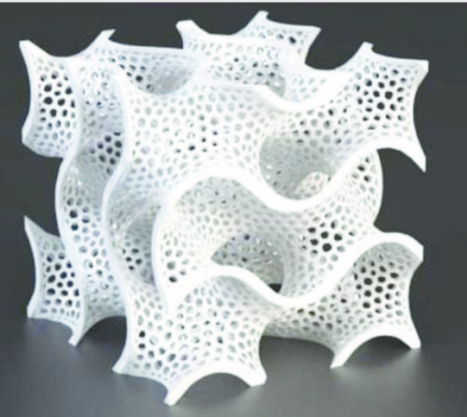
# ADDITIVE FERTIGUNG – EINFÜHRUNG



Sommersemester 2020

# ADDITIVE FERTIGUNG – EINFÜHRUNG II

## EINORDNUNG DER AF



Sommersemester 2020

# GLIEDERUNG

- 1. Einführung in das Thema additive Fertigungstechnik**
2. Produktentstehungsprozess
3. Modelle und Prototypen in der Produktentwicklung
4. Klassifizierung und Verfahrensablauf
5. Preprocessing (Datenaufbereitung, Datennutzung)
6. Additive Fertigungsverfahren
7. Postprocessing
8. Wirtschaftlichkeit

# EINFÜHRUNG - GLIEDERUNG

- 1. Einordnung und allgemeiner Verfahrensablauf der additiven Fertigungstechnik**
- 2. Entwicklung**
  1. Aktueller Hype
  2. Visionen
  3. Erwartungen
- 3. Möglichkeiten und Grenzen**
  1. Handlungsfelder
  2. Auslegung und Design
  3. Qualität der additiven Fertigung
  4. Standardisierung
- 4. (R)Evolution der Produktion!?**
- 5. Additive Fertigung am IMKF**

# DEFINITION (VDI 3405)

„Bei additiven Fertigungsverfahren erfolgt die **Fertigung** nicht materialabtragend aus einem massiven Körper wie beim Fräsen, sondern **materialzufügend**, also additiv.

Das heißt, **die Bauteile entstehen schichtweise** durch Hinzufügen von Ausgangsmaterial oder durch Phasenübergang eines Materials vom flüssigen oder pulverförmigen in den festen Zustand.

Die Fertigung erfolgt **ohne Verwendung von Formen und Werkzeugen.**“

## HYPE -> REALITÄT

**tct** THE MAGAZINE FOR DESIGN-TO-MANUFACTURING INNOVATION

NEWS | IMAGING | SOFTWARE | SERVICES | EVENTS | BLOGS | AWARDS | DIRECTORY | SUBSCRIBE

Home / News /  
10 March 2020 13:06

**There's "huge potential" for 3D printing inside aircraft cabins**  
by Laura Griffiths

RSS Print

ZAL Tech Center played host to this year's Red Cabin Aircraft Cabin AM Conference.

I've said it before, since working in additive manufacturing I've adopted a bit of a habit of playing "spot the additive application" whenever I board a plane. Great for editorial, but quite annoying, I would imagine, for my other half whenever we go on holiday.

NEWSLETTER SIGNUP | f | t | in | CONTINUING EDUCATION CENTER | FOCUS ON

**DesignNews**  
Serving the 21st Century Design Engineer

Automation & Motion Control | Design Hardware & Software | Electronics & Test | Materials & Assembly

Home

**How 3D Printing Is Helping in the Fight Against Coronavirus**  
The 3D printing community is stepping up to answer the call in a face of a shortage of essential medical devices.

by Chris Wiltz in Materials & Assembly, Sustainability, 3D Printing, Materials & Assembly, Gadget Freak, Medical on March 25, 2020

f | in | t | e

**METAL ADDITIVE**

HOME | MAGAZINE | ARCHIVE | NEWS

Learn How the SLM 280 Reduced Weight and Integrated Function in this Turist Chamber | Your Metal Additive Manufacturing Partner | SLM

**Relativity Space to metal additively manufacture rocket at new HQ**

March 5, 2020

Jordan Noone, Relativity's CTO and co-founder, stands beside the second version of the StarGate metal Additive Manufacturing system at the company's headquarters (Courtesy Relativity Space)

engineering.com NEW | ELECTRONICS | HARDWARE | MANUFACTURING | SOFTWARE | MORE

7 | HOME | 806 | 5 | 753

**Additive Manufacturing Research Center to Open in the Philippines**

Philippines to open AM research center.

PUBLISHED Mar 01, 2019 | LISTEN TO STORY

Department of Science and Technology (DOST)—the Philippine government's department responsible for the coordination of science and technology-related projects in the country—has announced plans to

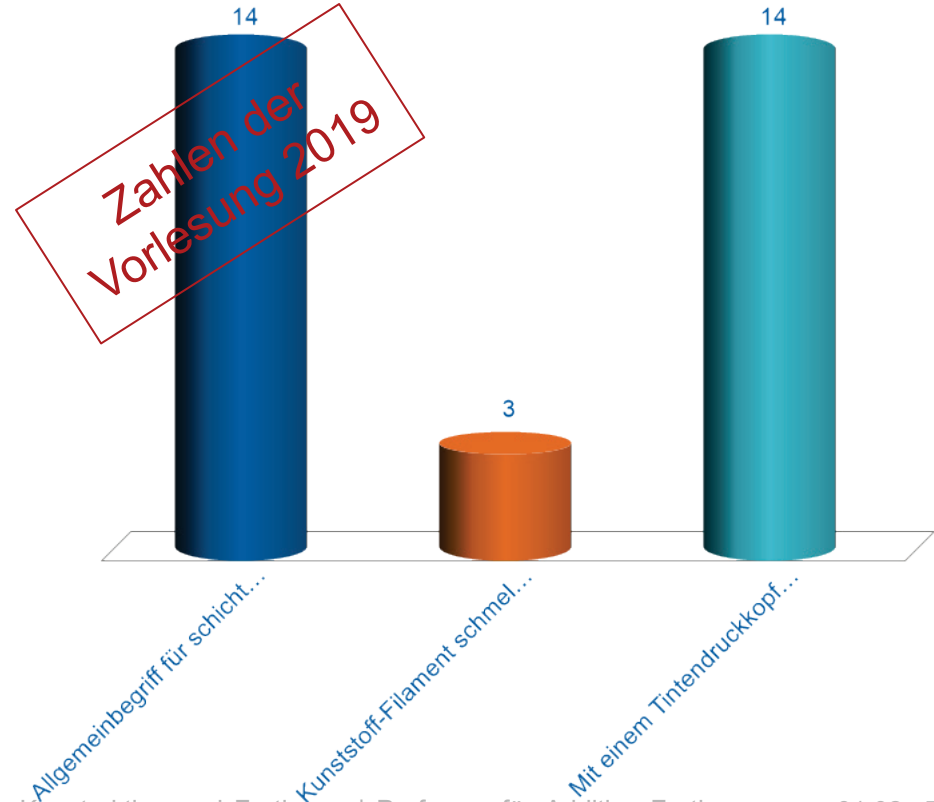
**Guhring UK reports 75% cost savings on AM tool steel milling cutter**

February 15, 2020

The additively manufactured H13 tool steel milling cutter was produced using a Markforged Metal X system (Courtesy Markforged)

# WAS IST „3D-DRUCKEN“?

1. Allgemeinbegriff für schichtweises Aufbauen von Bauteilen nach CAD-Daten
2. Kunststoff-Filament schmelzen, extrudieren und 3D-Ablegen
3. Mit einem Tintendruckkopf Binder in ein Pulver drucken und schichtweise 3D Bauteile erzeugen



# EXKURS: „3D DRUCK“ ≠ 3D DRUCK

Stereolithographie

Laser-Strahlschmelzen

Elektronen-Strahlschmelzen

Multi-Jet Modeling

Poly-Jet Modeling

Wire Arc Additive Manufacturing

Digital Light Processing

Laser Pulver Auftragschweißen

Laser-Sintern

## Fused Filament Fabrication



[Ultimaker]

## 3D-Drucken



[Z-Corporation]

# SYSTEMATIK DER ADDITIVEN FERTIGUNGSVERFAHREN

## Besondere Kennzeichen der additiven Fertigungsverfahren:

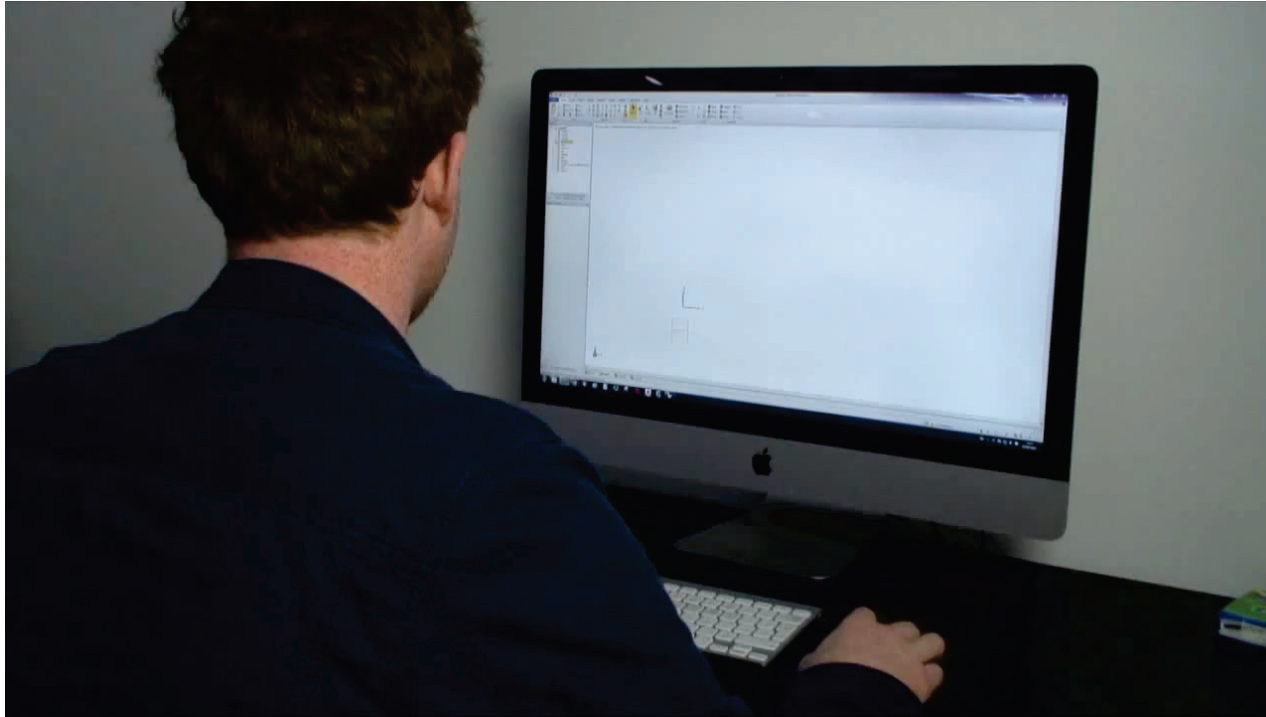
- es ist kein Einsatz von produktspezifischen Werkzeugen/Formen erforderlich
- die Generierung der Schichtgeometrie erfolgt direkt aus den 3D-CAD-Daten
- die Datensätze können prinzipiell in jeder beliebigen Orientierung gebaut werden (Entfall der Spannproblematik im Bauprozess)

Zudem können alle heute auf dem Markt befindlichen Maschinen grundsätzlich mit dem gleichen (STL)-Datensatz angesteuert werden.

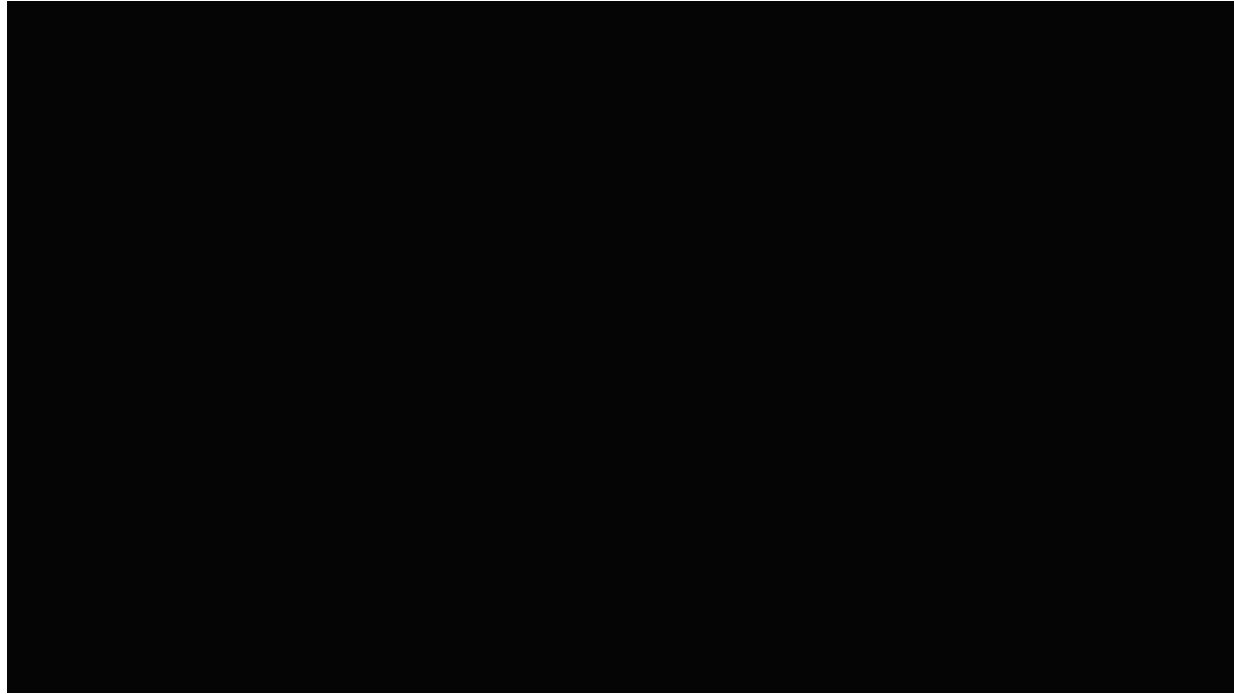
# TECHNOLOGISCHE PROZESSKETTE

1. CAD Modell
2. Modellaufbereitung
3. Prozessvorbereitung
4. Bauprozess
5. Nachbearbeitung
6. Anwendung

# SELEKTIVES LASER SINTERN (SLS)



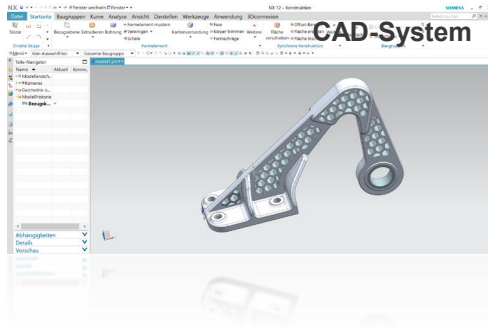
# SELEKTIVES LASER SINTERN (SLS)



# VERFAHRENSABLAUF

## 1. 3D-CAD-Modell

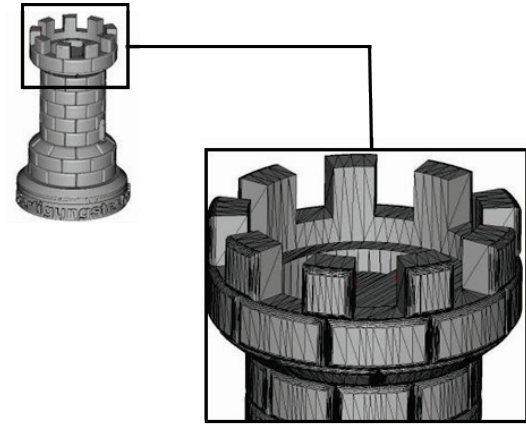
- Ausgangspunkt des Fertigungsprozesses
- Die 3D-CAD-Daten stammen aus der Konstruktion,
- dem Reverse Engineering oder aus der Medizin (Computertomographie)
- Formate z. B.: STL, IGES, STEP



# VERFAHRENSABLAUF

## 2. Triangulation

- Möglichst genaue Annäherung der Geometrieoberfläche durch Dreiecke
  - Triangulationsfehler treten verstärkt an stark gekrümmten Freiformflächen auf
- Anzahl der Dreiecke so **genau wie nötig**, aber nicht so genau wie möglich gestalten.
- Die Überprüfung der Geometrie des Bauteils ist nach der Triangulation unabdingbar



STL-Modell mit triangulierter Oberfläche

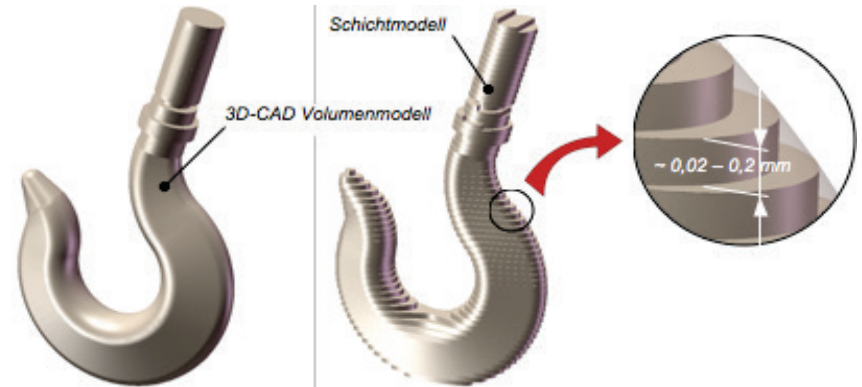
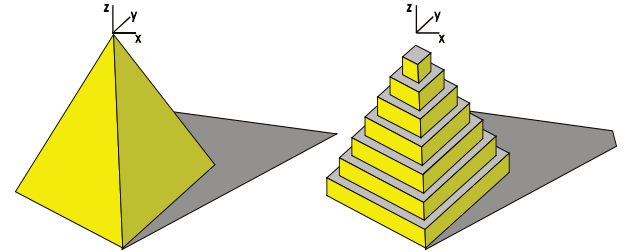


Gefertigtes Bauteil

# VERFAHRENSABLAUF

## 3. Modellaufbereitung

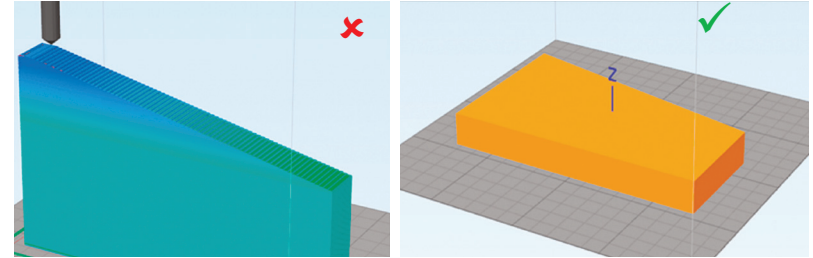
- Bauteil (STL-Modell) in Schichten „zerlegen“
- Für jede Schicht werden Geometrieinformationen für den Bauvorgang erzeugt
- „Stufeneffekt“ an Rundungen, Freiformflächen und stumpfen Winkeln  
→ geringe Oberflächenqualität.



# VERFAHRENSABLAUF

## 3. Modellaufbereitung

- Für gute Oberflächenqualität und -genauigkeit sollten gerade Bauteilflächen *möglichst vertikal oder horizontal* im Bauraum angeordnet sein  
 → Stufeneffekte werden minimiert.
- Je größer die Schichtdicke ist, desto kürzer die ist Bauzeit aber der Stufeneffekt wird größer.  
 → abwägen von Qualität und Produktivität

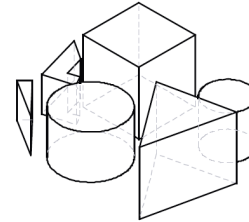


# VERFAHRENSABLAUF

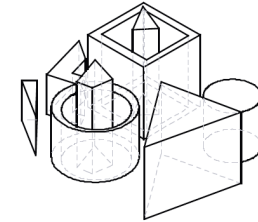
## 3. Modellaufbereitung

- Durch optimales *Verschachteln (nesting)* und *Packen (packing)* kann bei der Einhaltung der geforderten Qualität höhere Produktivität erzielt werden
- Die Verschachtelung bzw. das Packen haben verfahrensabhängig unterschiedliche Optionen

*Verschachteln (nesting)*

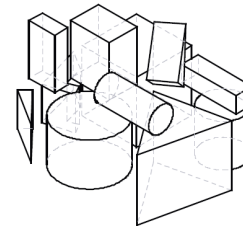


a) *nebeneinander*

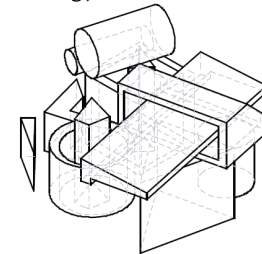


b) *nebeneinander, ineinander*

*Packen (packing)*



c) *nebeneinander, übereinander*

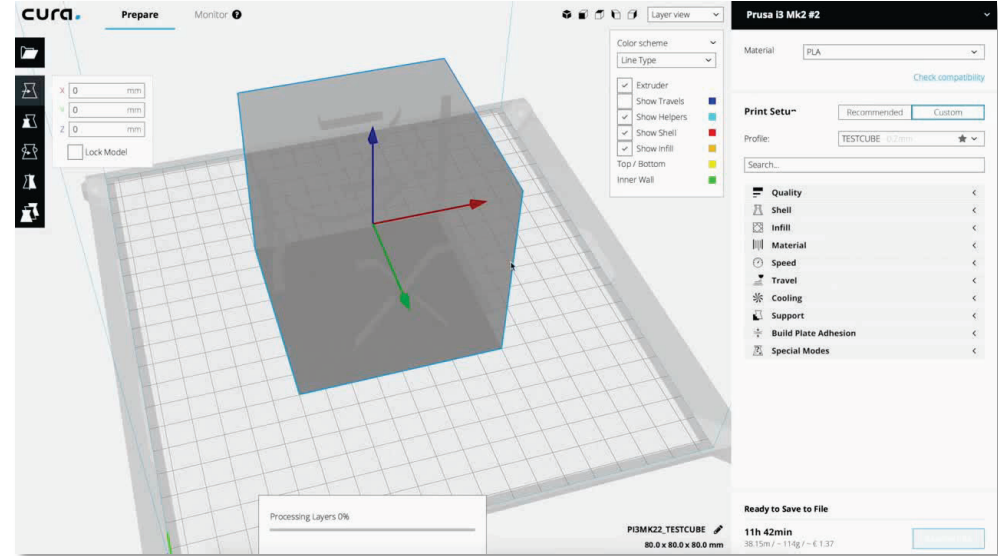


d) *nebeneinander, übereinander, ineinander*

# VERFAHRENSABLAUF

## 4. Prozessvorbereitung

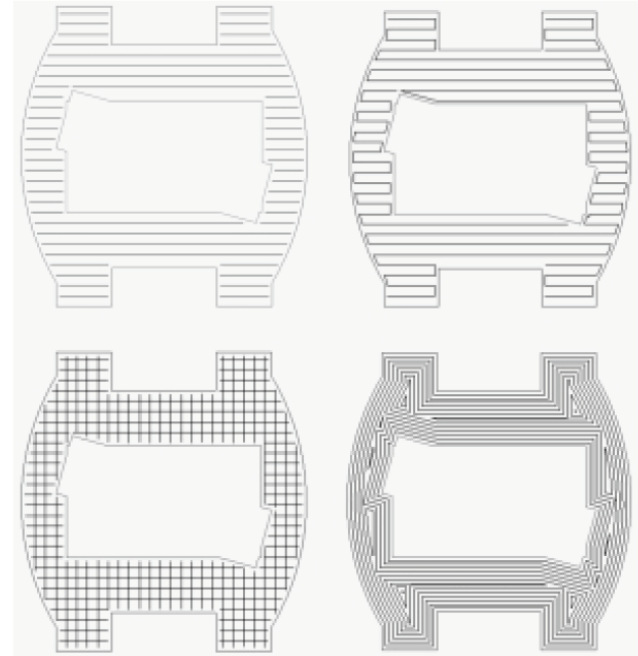
- Verfahrensunabhängig sind Informationen über die „Füllung“ (*infill*) des Bauteils anzugeben (im STL-Datensatz sind nur Informationen zur Oberfläche hinterlegt)
- Wirkt sich u.a. auf Materialbedarf, Bauteilgewicht, Bauzeit, Stabilität des Bauteils aus



# VERFAHRENSABLAUF

## 4. Prozessvorbereitung:

- Schichtinformationen werden in die Steuerinformationen der Anlage umgewandelt
- Materialspezifische Verarbeitungseigenschaften sind zu beachten
- Scannen: Pfade berechnen, die während des Bauprozesses abgefahren werden
  - Einfluss u.a. auf Bauzeit, Energie- und Temperaturverteilung auf der Bauplattform

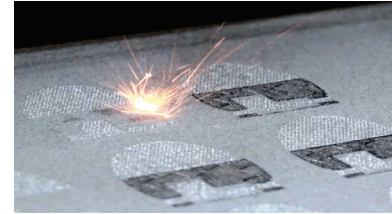


Unterschiedliche Scan-Strategien beim SLS

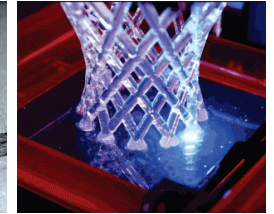
# VERFAHRENSABLAUF

## 5. Bauprozess:

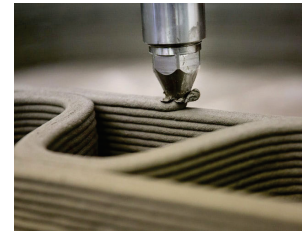
- Ausgangsmaterialschicht wird auf die Bauplattform aufgebracht (Pulver- und Flüssigbettprozesse)
- Ausgangsmaterial wird selektiv durch eine Energiequelle kurzzeitig geschmolzen oder einen chemischen Aktivator verfestigt
- Absenken der Plattform um eine Schichtdicke und Aufbringen einer neuen Materialschicht



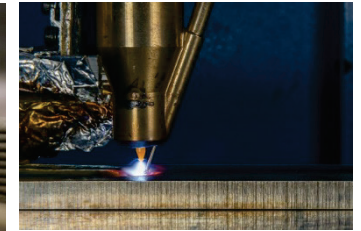
SLM-Prozess



DLP-Prozess



Material extrudieren



WAAM-Prozess

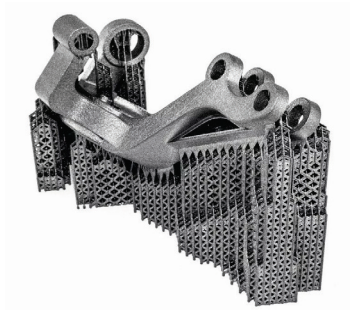
# VERFAHRENSABLAUF

## 6. Nachbearbeitung:

- Nicht verwendetes Material entfernen
- Stützkonstruktionen entfernen (verfahrensabhängig)
- Material aushärten (verfahrensabhängig)



Pulverentfernung



Metallbauteil mit Stützstruktur

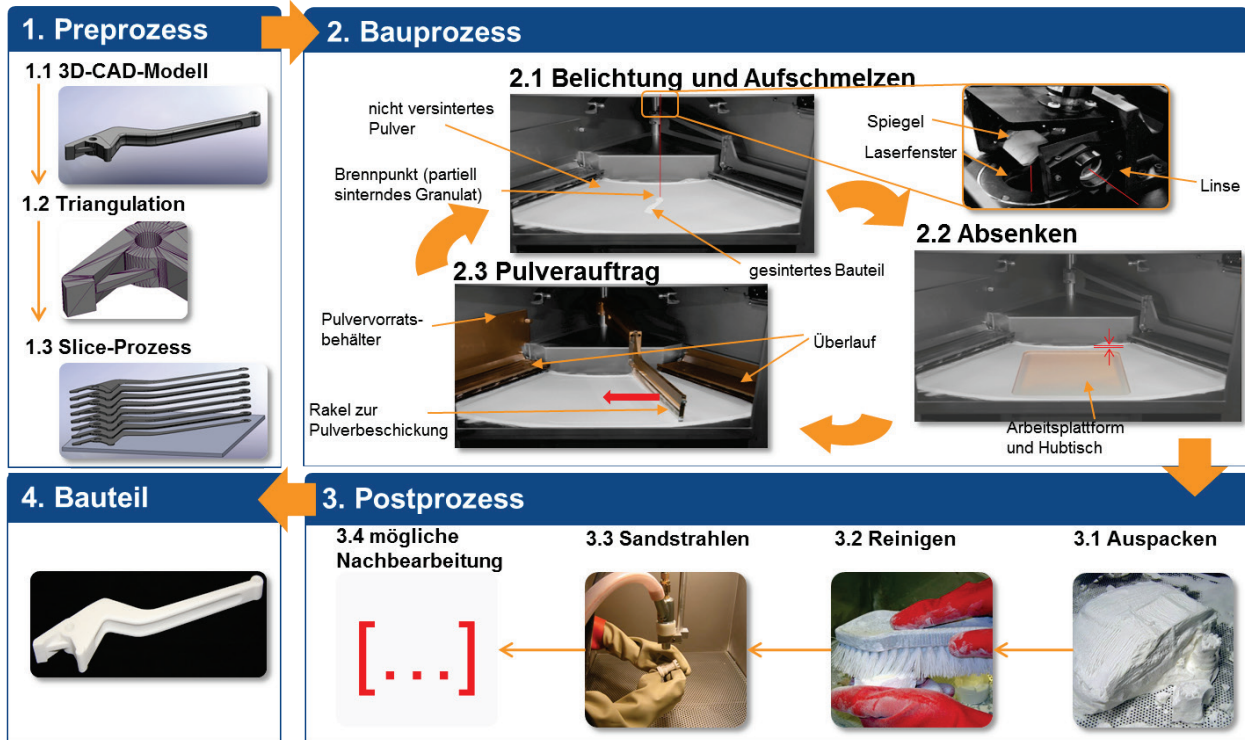


SLA-Bauteil

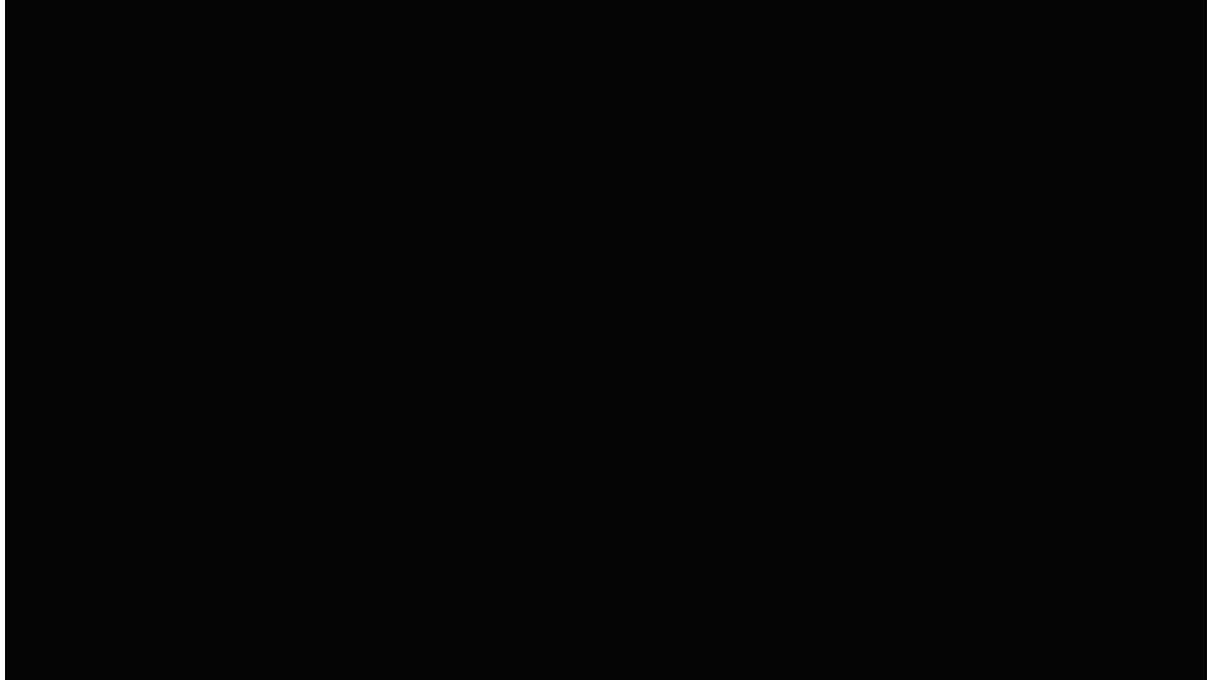


UV-Aushärtekammer

# PROZESSABLAUF AM BEISPIEL SLS



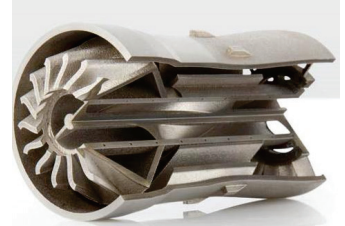
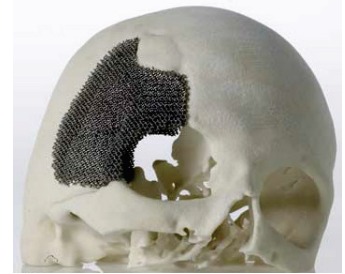
# SELEKTIVES LASERSCHMELZEN (SLM)



# INDUSTRIELLER EINSATZ

## Typische Einsatzgebiete:

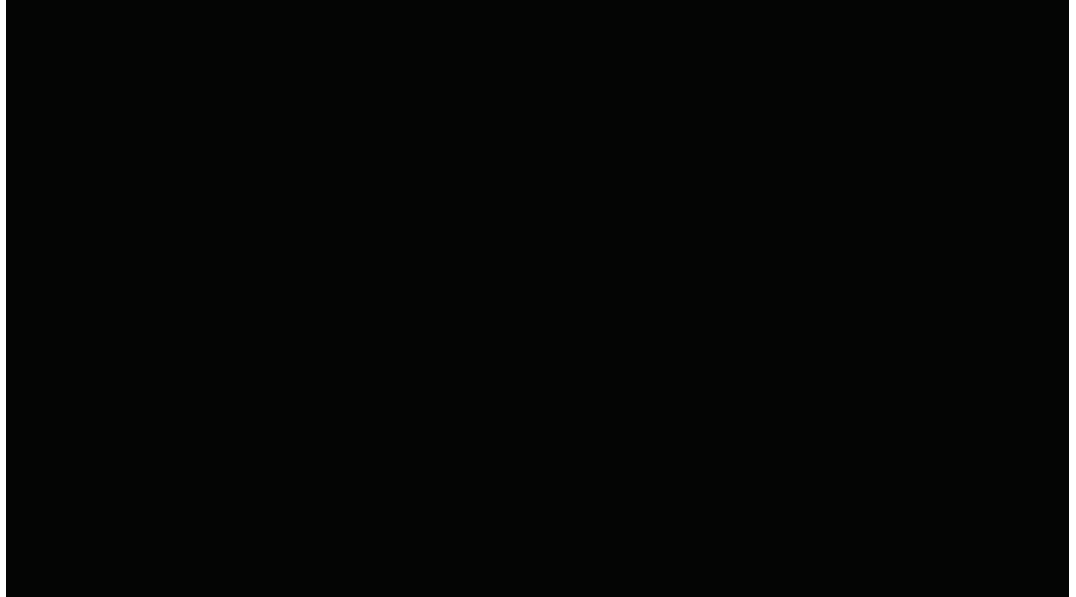
- Kleine Stückzahlen und/oder kundenspezifisch angepasste Produkte
- Komplexe Bauteile und Konstruktionen, die so nicht anders zu fertigen sind (Leichtbau, Funktionsintegration...)
- Verkürzung der Iterationszyklen bei der Produktentwicklung
- Fertigung nach Bedarf, z.B. Fertigung von Ersatzteilen (z.B. für ältere Serienprodukte oder Überbrückungen)
- Fertigung am Ort des Bedarfs bei zentraler Konstruktion



# INDUSTRIELLER EINSATZ

### Beispiel: Herstellung von Innenohr-Hörgeräten

- Über 10 Mio. Hörgeräte wurden bereits gefertigt
- Additive Fertigung wird mittlerweile bei über 90% aller Hörgeräteschalen eingesetzt





Additive Fertigung

# Additive Fertigung 20 – 01 – Einführung

## 02 - Einordnung

Technische Universität Bergakademie Freiberg  
IMKF - Additive Fertigung  
Agricolastraße 1, 09599 Freiberg, Germany

Prof. Dr.-Ing. Henning Zeidler  
Tel: +49 3731 39 30 66  
henning.zeidler@imkf.tu-freiberg.de



**imkf**  
INSTITUT FÜR MASCHINENELEMENTE  
KONSTRUKTION UND FERTIGUNG

