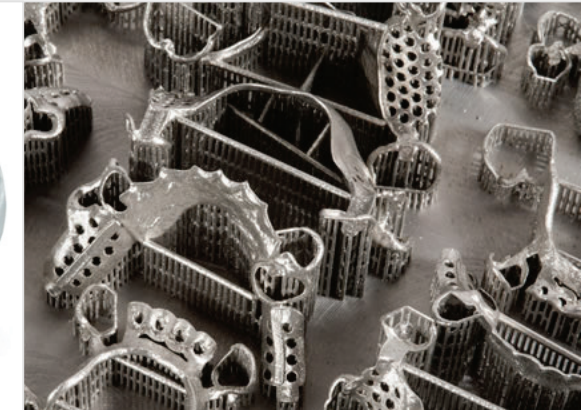
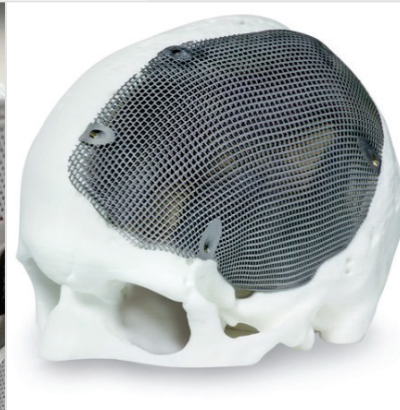


DESIGN FÜR DIE ADDITIVE FERTIGUNG



Wintersemester 2021/22

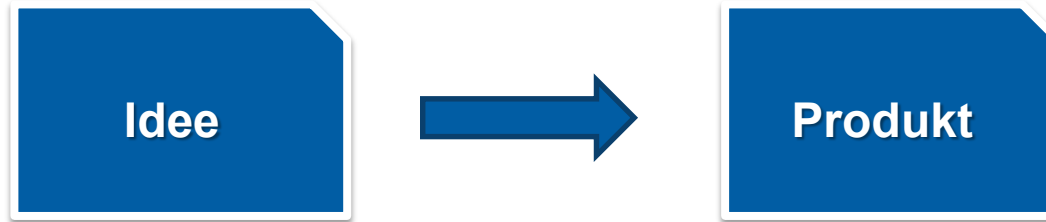


Design für die Additive Fertigung

GLIEDERUNG

1. Motivation (I): Einführung in das Thema Fertigung und Fertigungsplanung

ZIELSTELLUNG



HERAUSFORDERUNGEN

Zielstellung: funktionales Bauteil zu optimalen Kosten

1. Zu erzielende Bauteileigenschaften **kennen**
2. Bauteileigenschaften gezielt **einstellen**
3. Optimal **fertigen**

Voraussetzung: Verständnis

- Material
- Prozess
- Prozesskette

HEUTE:

3D Printing Industry
THE AUTHORITY ON ADDITIVE MANUFACTURING

MARKET INSIGHTS

3D HUBS AM TRENDS REPORT REVEALS 3D PRINTING GREW DESPITE COVID-19
HAYLEY EVERETT - APRIL 26TH 2021 - 9:22PM
The global 3D printing market grew by 21 percent in 2020 compared to an estimated value of \$12.6 billion despite the effects of the COVID-19 pandemic, according to on-demand manufacturing platform.

SCULPTEO PUBLISHES STATE OF 3D PRINTING 2021 SURVEY PRINTING SHOWS RESILIENCE AMID COVID-19
HAYLEY EVERETT - APRIL 23RD 2021 - 10:43AM
Paris-headquartered 3D printing service bureau Sculpteo has published its seventh edition of its annual international survey, "The State of 3D Printing 2021". The report provides a comprehensive overview of the 3D printing market.

WTO, SIEMENS, PROTO LABS ON HOW ADDITIVE MANUFACTURING BOLSTERS GLOBAL SUPPLY CHAIN RESILIENCE
HAYLEY EVERETT - APRIL 19TH 2021 - 9:00AM
From the Covid-19 pandemic to the recent Suez canal blockage, global supply chains have experienced significant challenges. Additive manufacturing is seen as a key technology to help build more resilient supply chains across the globe over the past year.

AMPOWER PROJECTS RAPID POST-PANDEMIC METAL 3D PRINTING RECOVERY
PAUL MANSFORTH - APRIL 01ST 2021 - 10:21AM
Industrial 3D printing consultancy specialist AMPOWER has predicted that metal additive manufacturing will achieve annual growth of more than 25% over the next four years. In the advisory firm's...

WOLTERS ASSOCIATES PUBLISHES 2021 ANNUAL STATE OF 3D PRINTING REPORT
HAYLEY EVERETT - MARCH 17TH 2021 - 10:46AM

tct 3D PRINTING & ADDITIVE MANUFACTURING INTELLIGENCE

Home AM Technology News Industry Insights 3D Printing & AM Resource Center Events

Top Additive Manufacturing & 3D Printing News

Formlabs raises \$150 million in Series E round
Formlabs has announced a \$150m Series E funding round led by Softbank Vision Fund 2, which it says has doubled its valuation to \$2B.
19 MAY 2021

Desktop Metal acquires 3D printing elastomer materials firm Adaptive3D
Desktop Metal has increased its play in the polymer additive manufacturing market through the acquisition of elastomer materials provider Adaptive3D.
18 MAY 2021

Daimler Buses deploys mobile 3D printing centre to produce spare parts
Daimler Buses and its Omnibus service brand have set up a 36m-squared mobile 3D printing centre for the decentralised additive manufacture of spare parts.
19 MAY 2021

TCT Approved White Papers

Xometry Design Guide: Direct Metal Laser Sintering

Featured Industry Insight

Chips Challenge: Could 3D

Gautzsch looks to the future of distribution with Sinterit SLS 3D printing
11 October
Euro PN
18 October

Must Read

Forecast 3D helped produce Syng's Cell Alpha trisomic speaker using MJP
3D Printer
03 May 2021

HumabioIntelligence Introduces First commercial native human collagen biotink
03 May 2021

Officer Dettlert is the new President of Personalization & 3D Printing at HP
03 May 2021

Stratus 3D printed in resin bridge set to awe visitors at Venice Biennale
03 May 2021

Irradiation resistant titanium and other uses of AM in the nuclear industry
03 May 2021

METAL AM

Hyde Aero Products expands into metal Additive Manufacturing

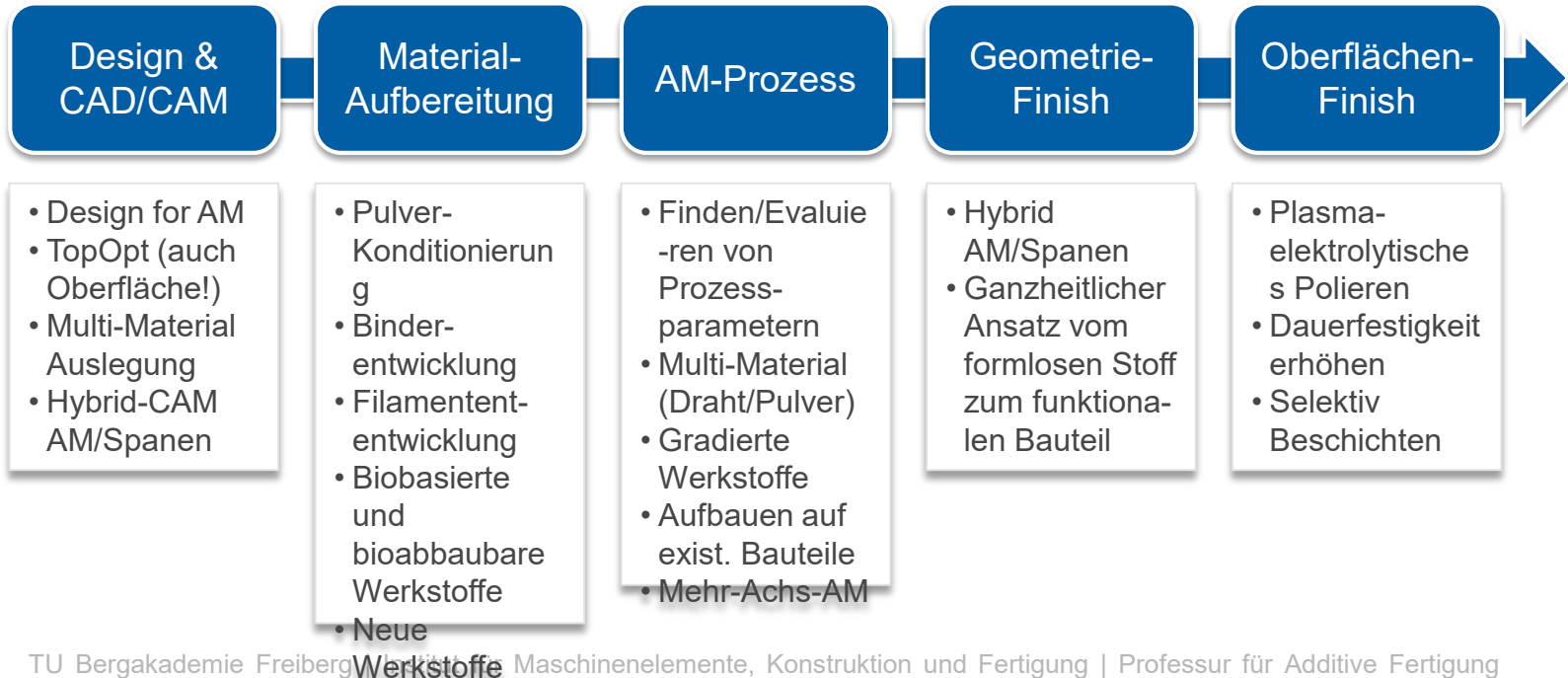
May 26, 2021

Download a Metal AM

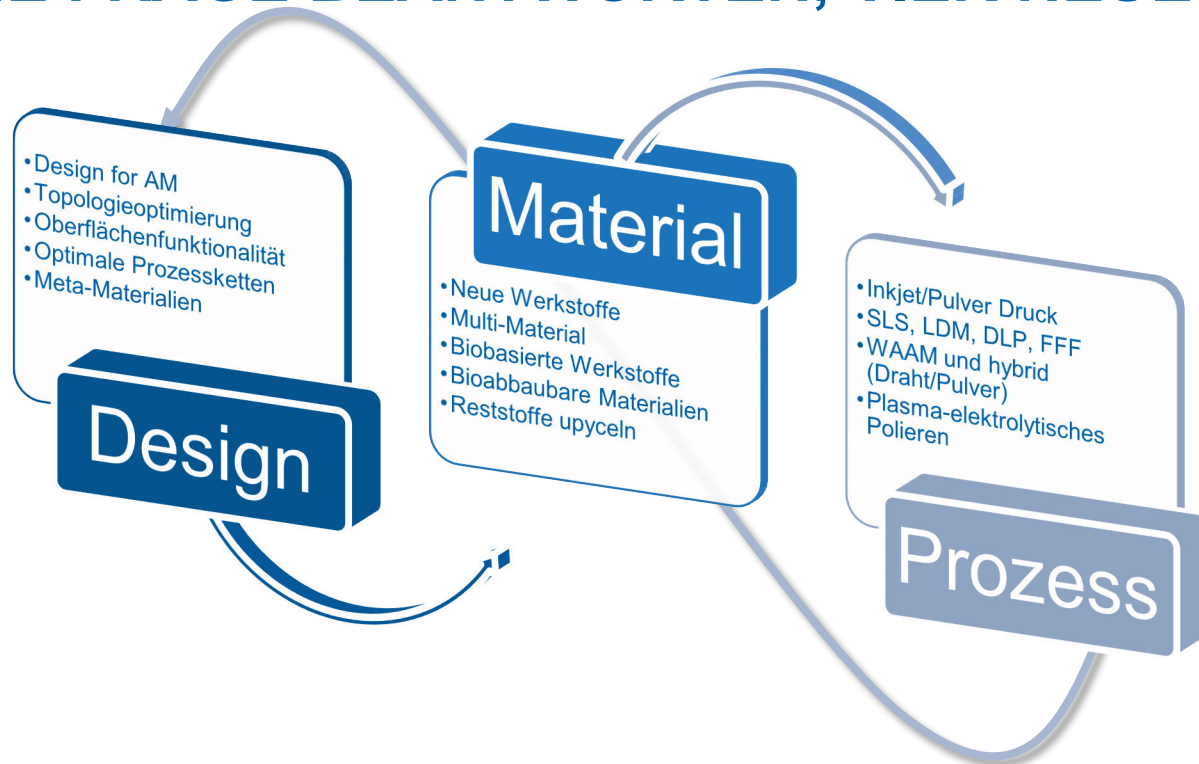
As metal additive manufacturing continues to grow, the industry is looking for ways to improve efficiency and reduce costs.

Part of the Hyde Group of companies, aerospace design and manufacturing solutions provider Hyde Aero Products (HAP), Dubuque, IA, has established a new Additive Manufacturing industry. Hyde Additive Technology, recognizing that AM will play an increasingly important role in future aerospace components, the company has begun investing in the

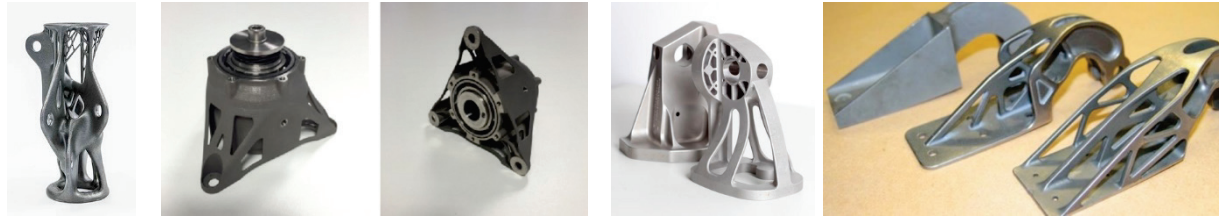
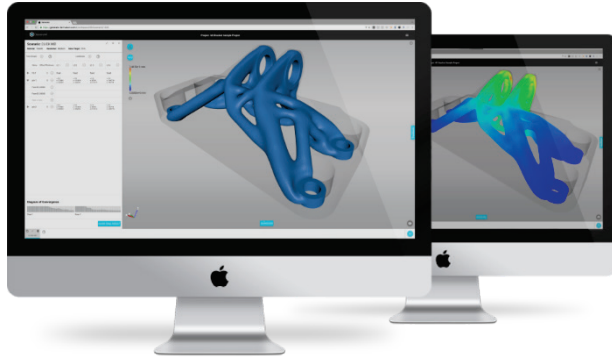
PROZESSKETTE DER AM



EINE FRAGE BEANTWORTEN, VIER NEUE STELLEN



MATERIAL (NUR) AN DER RICHTIGEN STELLE

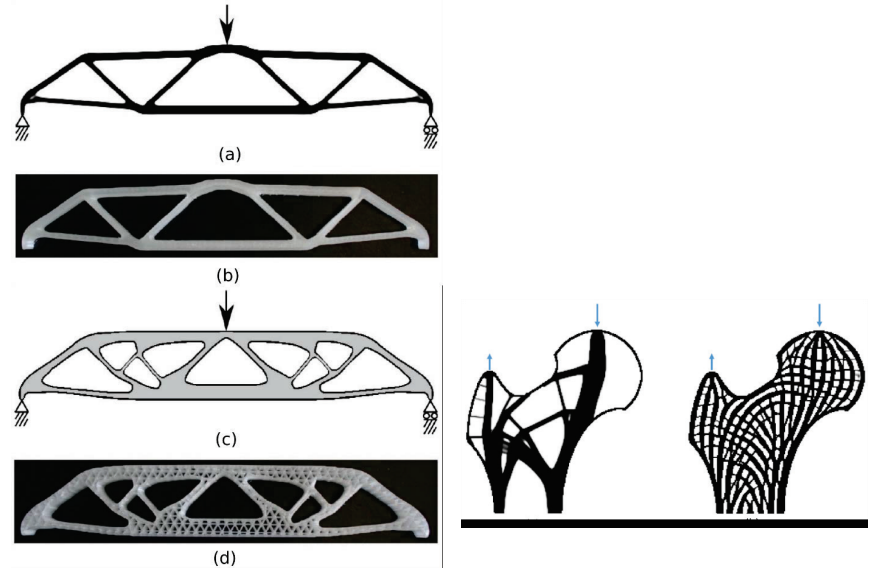


TOPOLOGIEOPTIMIERUNG FÜR AM

Aage: Structural optimisation & AM – the perfect marriage?

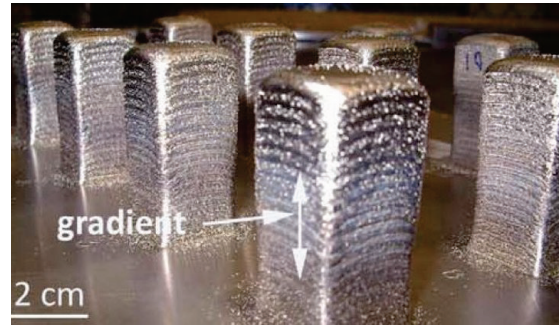
- ➔ Einbeziehung der Verfahrensrandbedingungen
- ➔ Spezielle Pfade für AM Verfahren
- ➔ „Design for AM“

- ➔ Oberflächeneinfluss bislang unbeachtet

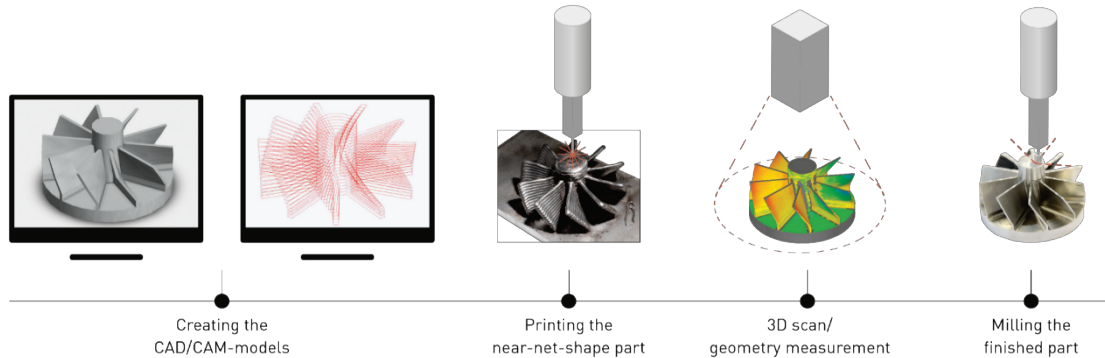


FUNCTIONALLY GRADED MATERIAL

- Graduelle Anpassung der Eigenschaften möglich
- Weiterentwicklung der core/shell (Beschichtung) Technologie

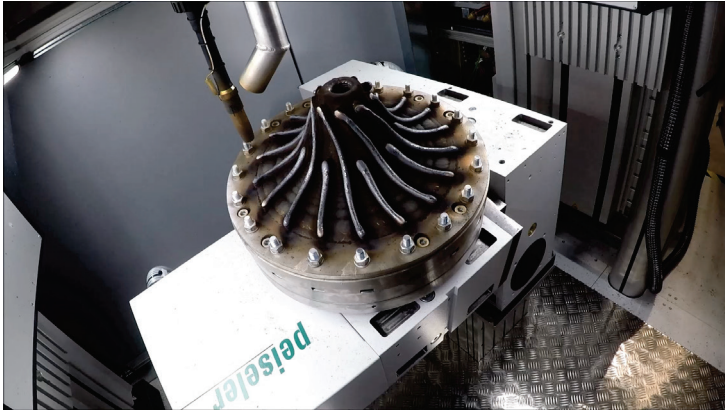


PROZESSINTEGRATION / HYBRIDE WZM



- AM via Werkzeugwechsler
- ➔ Mobile Bearbeitung von großen Bauteilen
- ➔ Materialvielfalt

PROZESSINTEGRATION / HYBRIDE WZM



- ➔ Hohe Aufbaurate
- ➔ Spanende Endbearbeitung

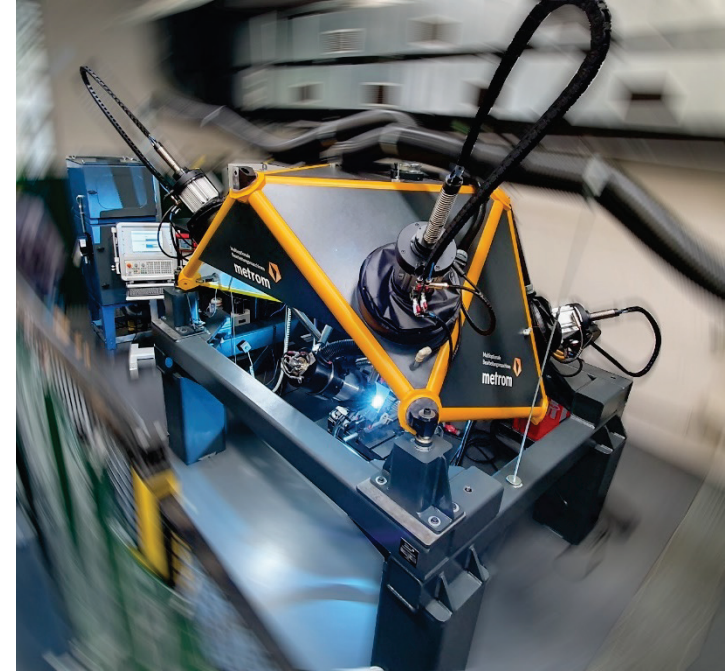
WAAM+Milling

Wire Arc Additive Manufacturing

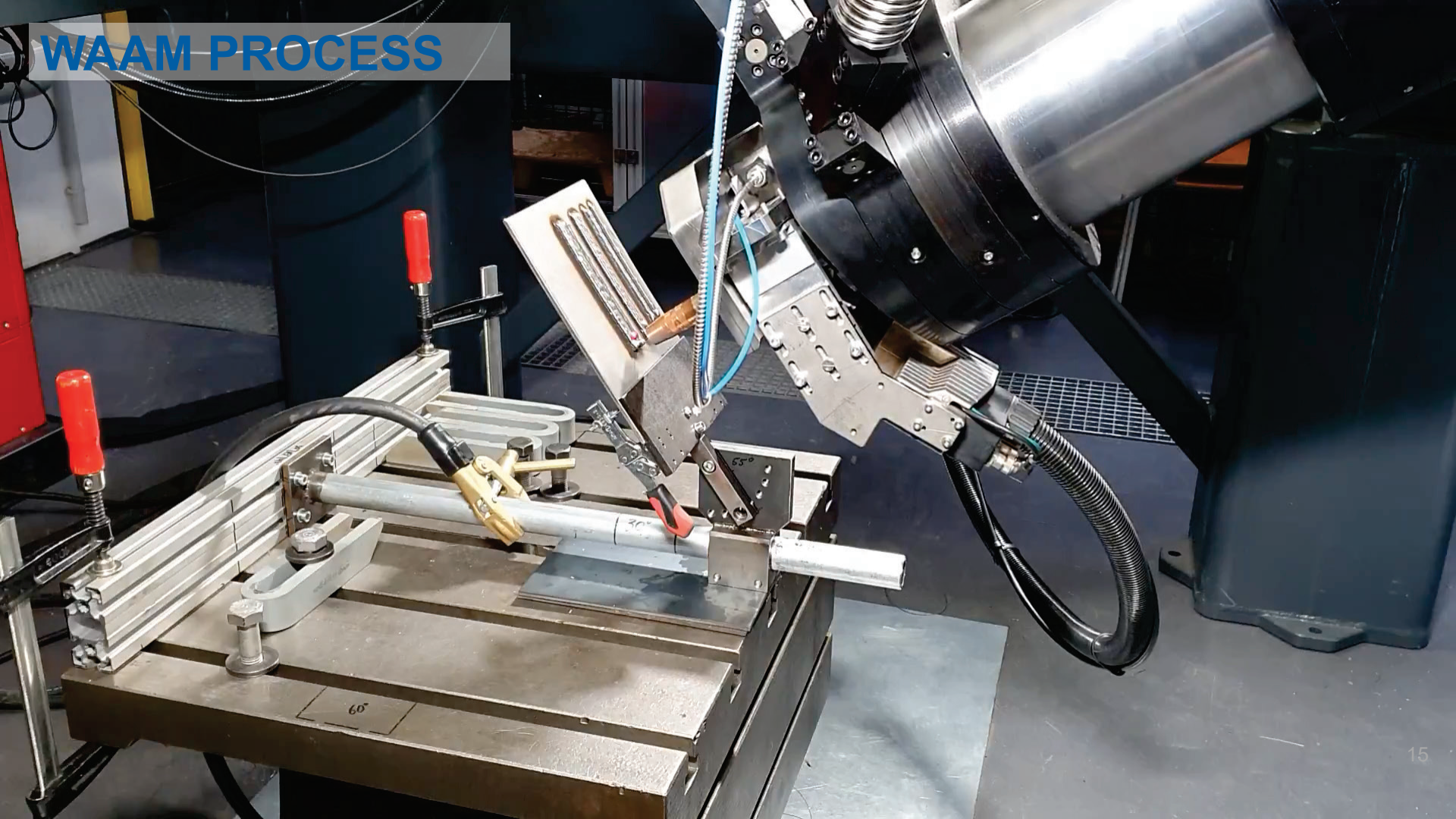
- ➔ Plasma-Draht-Auftragschweißen
- ➔ Auf hybrider, parallelkinematischer, mobiler Maschine
- ➔ Hohe Aufbauraten und große Bauteile möglich
- ➔ Aufbauen auf existente Bauteile möglich

Parallelkinematische, mobile (Fräs-)Maschine

- ➔ Einwechseln des WAAM-Brenners oder eines Fräasers
- ➔ Sequentielles Additives&Subtraktives Fertigen von metallischen Bauteilen

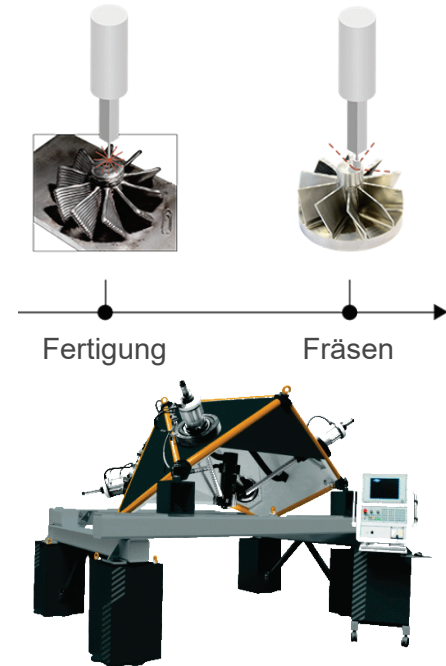


WAAM PROCESS



HYMOON Mobile Hybridmaschine für On-Site-Bearbeitung mittels additiver und subtraktiver Fertigung

- **Ziel:** Vereinen von additiver und subtraktiver Bearbeitung großvolumiger Bauteile in einer Maschine
- Umsetzung: 3DMP-Anlage wird Werkzeug in WZM (HSK A63) → hybride Bearbeitung bei feststehenden Werkstück
- Werkzeugbewegung (**Fräsen und Auftragschweißen**) vollständig abgebildet durch Werkzeugträger
- **Problem:** Schweißen – Verlassen der idealen senkrechten Schweißposition PA hin zu wechselnden Positionen
Forschungsauftrag: Parameteranalyse zur Gewährleistung der Schweißbarkeit
- **Vorteil:** Verkürzung der Prozesskette (weniger Maschinen, geringere Rüstzeiten, Kostenersparnis)



HLW-S

KMS GmbH & Co. KG



edmos industrielle Baugruppen

imkf INSTITUT FÜR MASCHINENELEMENTE
KONSTRUKTION UND FERTIGUNG
PROFESSUR FÜR ADDITIVE FERTIGUNG

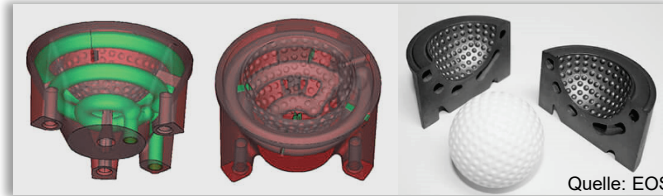
Gefördert durch:



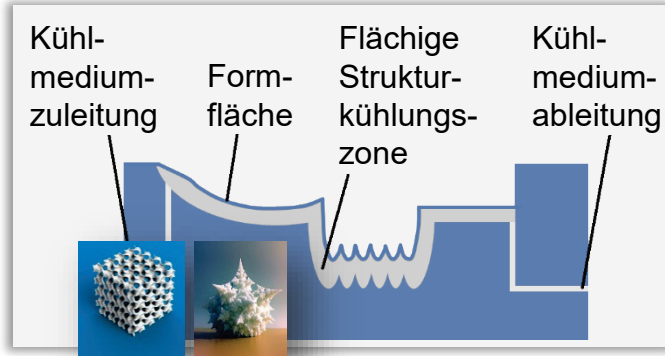
Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie



Konventionell ausgestaltete Kühlkanäle: → **Probleme** bei der Herstellung **extrem dünnwandiger** oder **komplexer** Strukturen



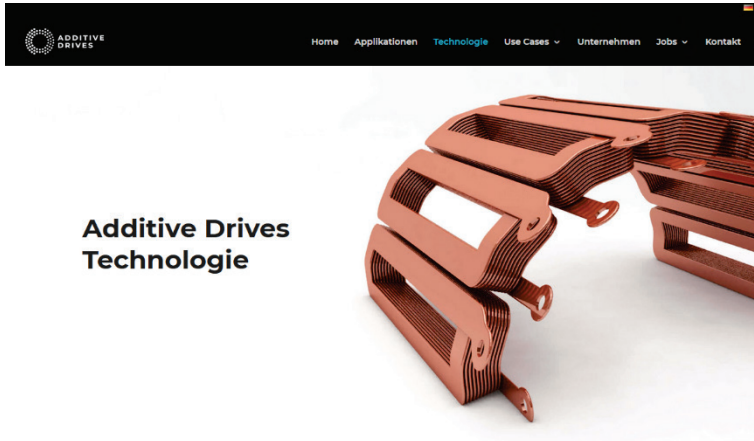
Neuer Ansatz flächiger Strukturkühlung: → **Schnellere** Temperierung



→ **Homogene** oder **funktionale** Temperierung

→ Integration einer **optimierten Entlüftung**

AM VON KUPFER: EXIST - ADDITIVE DRIVES



**Additive Drives
Technologie**

Einzigartige E-Maschinen durch 3D-Drucktechnologie und dedizierte Isolierverfahren – mit 100% elektrischer Leitfähigkeit gemäß IACS (International Annealed Copper Standard, 58 MS/m).
Unser Fertigungsansatz gestattet komplett neue EE-Systeme: weniger Bauraum, bessere Thermik, höherer Wirkungsgrad.



www.additive-drives.de



AM VON GLAS: „Shaping glass in the 21st century“

M-era.net Projekt (Israel/DE)

- IMKF/AF, IGT, HUJI
- Binder Jetting, DLP und DMP
- Transparente und stabile Glasbauteile



Anpassung und Entwicklung von Werkstoff und Maschine

- Adaption von AM-Maschinen für Binder Jetting, DLP und DMP
- Sol-Gel und direct glass
- Microwave-assisted sintering

Flexible Düsen im MEX: „VaWaDü“

Internationales ZIM Projekt (DE+SK)

- 6 Partner
- FFF/MEX
- Komponenten, Steuerung, Anwendung

Anpassung und Entwicklung von Düse und Maschine

- Adaption von Extrusionssystem für variable Düsenquerschnitte
- In-process adaption
- Komplexes System
Achsen/Düse/Heizung/Kühlung

MOTIVATION: BIOBASIERTE RESTSTOFFE...

...und deren sinnvolle Nutzung, die über die energetische Verwertung hinausgeht...

➔ „neue“ Technologien für „neue“ Werkstoffe?



3DP MIT NACHWACHSENDEN ROHSTOFFEN

- Nutzung von biologischen und bioabbaubaren Materialien
- Upcycling von Reststoffen
- Lokal spezifisch vorhandene Rohstoffe
- ➔ Entwicklung von Pulver/Binder Kombinationen
- ➔ Entwicklung von Maschinenteknik (Materialvarianz/Bauteilgröße/Portabilität)
- ➔ Auslegung von Anwendungen

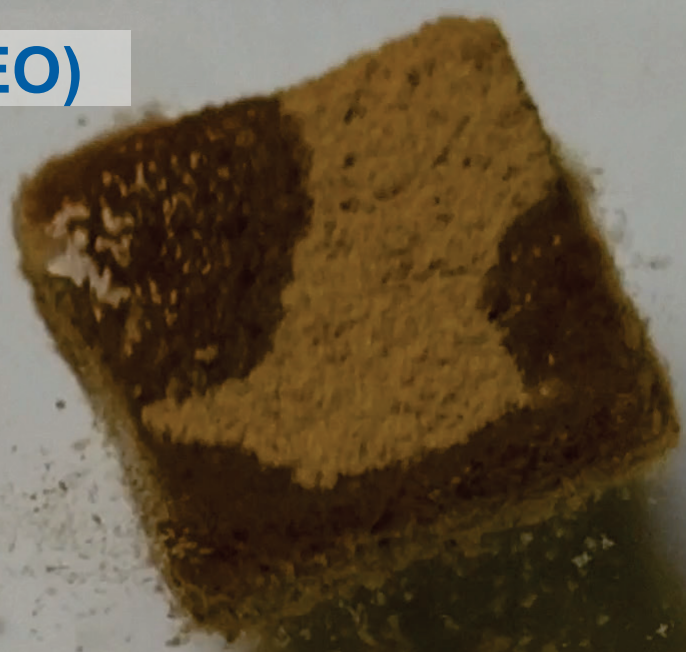


3D Printing mit nachwachsenden Rohstoffen (© BTE)

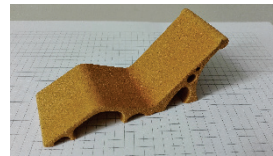
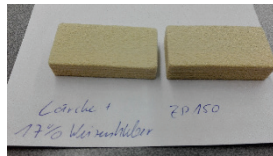
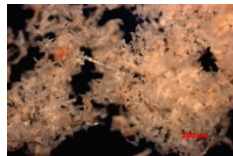
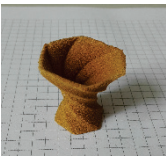
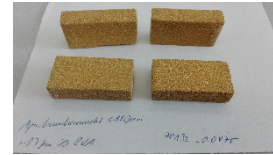
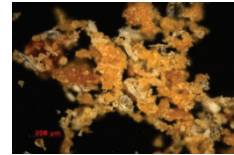
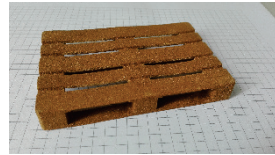
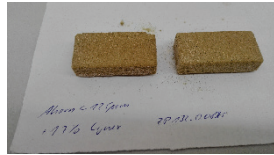
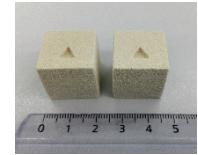
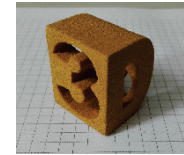
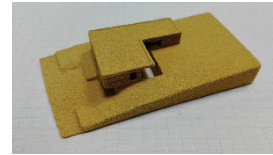
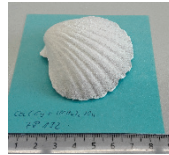
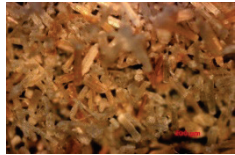


Miscanthusgras als Rohstoff für AM, Bauteil

AUFLÖSUNG (ECHTZEIT-VIDEO)



MATERIALAUSWAHL (3DP)



AM VON VERPACKUNGSRESTEN: „3DBioFiberPrint“

VD/VDE ZIM Projekt (Germany)

- ➔ IMKF/AF, TUC/SLK, Richter&Heß Verpackungs-Service, Robert Krämer
- ➔ Verpackungsmaschinen aus Wellpappe-Schnittresten und -Staub
- ➔ Binder Jetting & FFF

Entwicklung der Materialaufbereitung (Pulver, Binder, Filament) und AM Parametern

- ➔ Materialerschließung
- ➔ Pulverherstellung und -anpassung
- ➔ Binder und Matrix Entwicklung, Filamentextrusion
- ➔ Binder Jetting und FFF Parameter



AM VON LANDWIRTSCHAFTLICHEN RESTSTOFFEN: „SustainAM“

BMBF/DAAD Projekt (Germany, Kenya)

- IMKF/AF, JKUAT Nairobi
- AM Nutzung von upgecyclten Reststoffen aus der Landwirtschaft (Kaffee, Tee, Kokosnussschale, invasive Pflanzen)
- Binder Jetting, FFF, SLS

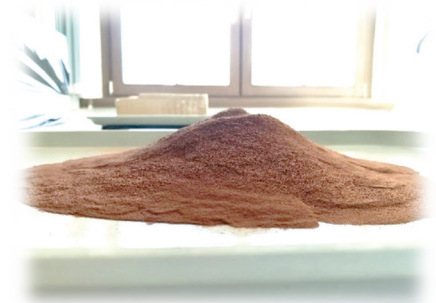
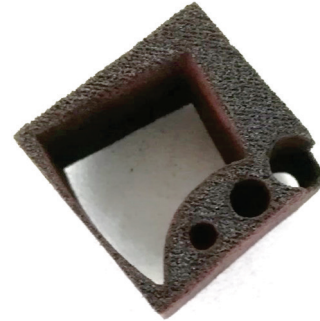
Analyse und Entwicklung von Werkstoffaufbereitungsstrategien und Anwendungen

- Materialauswahl und Erschließung
- Pulver&Filament Erzeugung und Anpassung
- Binder Jetting, FFF & SLS Parameter
- Anwendungen und ökonomische use cases
- Qualifikation und Bildung



LIGNIN IM SELEKTIVEN LASERSINTERN

- Lignin: große Mengen verfügbar, wenig Verwendungen
 - Relevante Pulvereigenschaften im SLS-Prozess:
Fließfähigkeit und Sinterfähigkeit
 - Lignin im Bereich der ausreichenden Fließfähigkeit
 - Probekörper mit geringer Bauteildichte herstellbar
-
- ➔ Entwicklung von Prozessparametern
 - ➔ Entwicklung von Maschinenteknik
(Temperaturkontrolle, Rakelung)
 - ➔ Entwicklung der Materialvorbereitung (Entfernung der
Feinfraktion durch Sichten → verbesserte
Fließfähigkeit)



FFF: STEIGERUNG DER AUFBAURATE

- Erhöhung der Vorschubgeschwindigkeit
 - Angepasste Erhöhung der Heiz- und Abkühlraten
 - Angepasste Drahtvorschubgeschwindigkeiten
 - Optimierte Verfahrenswege...
- Aufbau und Verwendung von FFF-Düsen mit variablen Querschnitt
 - Konstruktion und Bau variabler Düsen
 - Anpassung der Slice- und G-Code-Algorithmen
 - Optimierung von Verfahrenswegen...

FILAMENTERZEUGUNG



FILAMENTE

5 Gew.-% Pfirsichkern



10 Gew.-% Pfirsichkern



20 Gew.-% Pfirsichkern



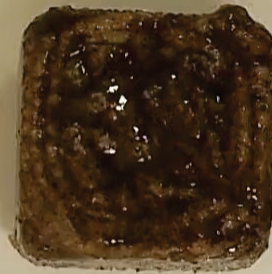
30 Gew.-% Pfirsichkern



40 Gew.-% Pfirsichkern

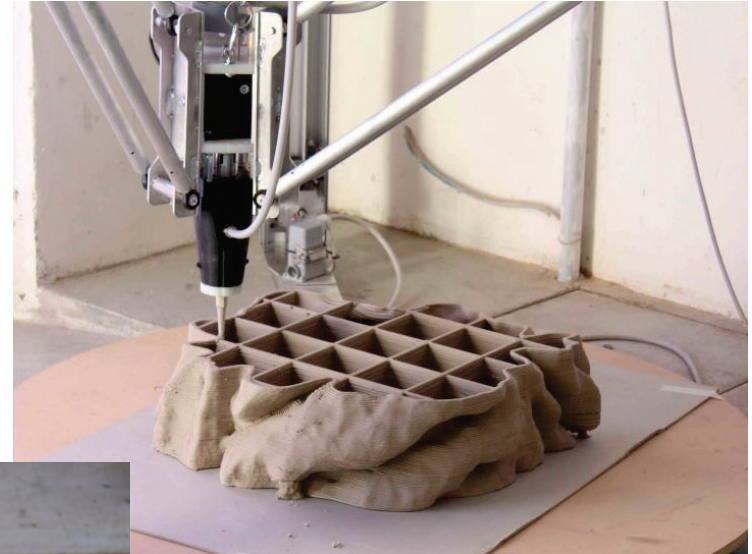


AUFLÖSUNG (10 h ZEITRAFFER)



PASTENEXTRUSION (LDM)

- 3-dimensionale Teile **ohne** Schmelzprozess
- kein Wärmeeintrag bei Druck
- Supportstrukturen ggf. notwendig
- knetbare Paste als Ausgangsstoff
- relativ hohe mechanische Belastbarkeit
- Grünlinge -> Trocknen, Brennen notwendig



STAND UND PERSPEKTIVEN



FFF



<https://eu.3dfuel.com>

~ 20 %

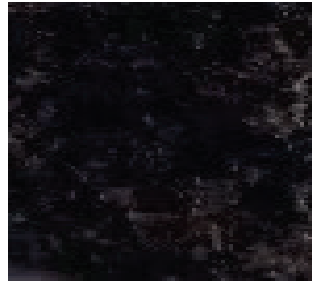
Kunststoff-
spritzguss



www.kaffeeform.com

? %

SLS



77,5 %

3DP



85 %

LDM



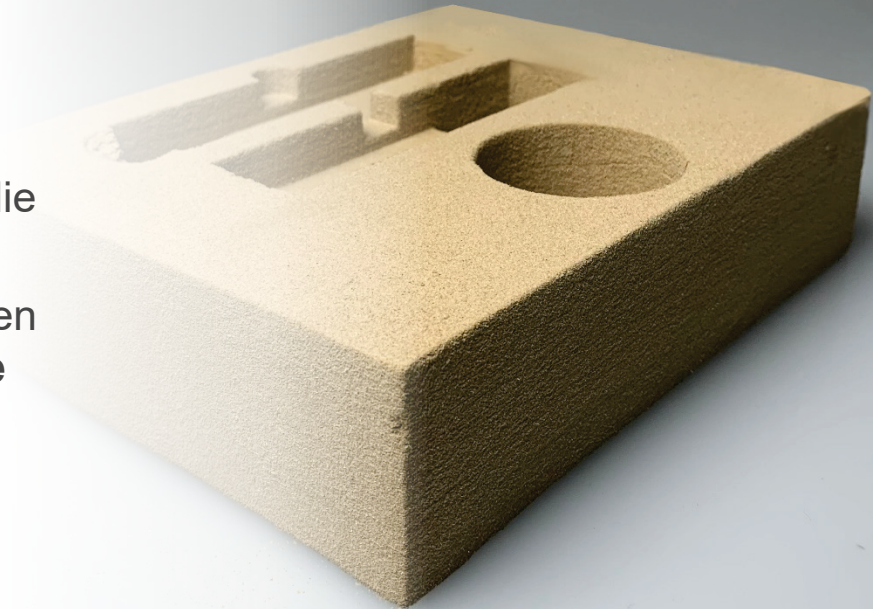
87 %



Materialanteil des Reststoffes

AUSBLICK

- Biologische Reststoffe bieten ein großes Potential für “4D”-Anwendungen
- Additive Fertigungstechnologien können die Werkstoffe prinzipiell verarbeiten
- Neue Herausforderungen an die Maschinen und Technologien entstehen -> “**resiliente Prozesse**”
- Interdisziplinäre Zusammenarbeit ist unersetzlich!





Design für die Additive Fertigung

Design für die Additive Fertigung 2021 - 02

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

