

3D-Druck in der Anwendung

7. Mitteldeutsches Forum Rapid Technologien

Hochschule Merseburg

26. Oktober 2020

digital

T A G U N G S B A N D



3D-Druck in der Anwendung – 7. Mitteldeutsches Forum Rapid Technologien

Hochschule Merseburg, 26. Oktober 2020

Veranstalter



Mitteldeutsches Netzwerk Rapid Prototyping



Partner



Für die Redebeiträge und die freundliche Unterstützung der Veranstaltung bedanken sich die Organisatoren

Jens Bliedtner

Kathrin Schaper-Thoma

Günther Ganß

Bernd Schmidt

Dietmar Glatz

Peter Schulze

Marco Götze

Hartmut Stabler

Jörg Matthes

Matthias Zaha

bei allen Referenten und Unterstützern, die zum Gelingen der Veranstaltung beigetragen haben.



Ein besonders herzlicher Dank gilt Dietmar Glatz, der das Rapid-Prototyping-Forum entwickelt und seit 2006 sehr engagiert begleitet hat.

Die Veranstaltung wurde aufgrund der mit der Corona-Pandemie verbundenen Einschränkungen als rein digitales Format durchgeführt.



PLENARVERANSTALTUNG

6

Moderation: Dietmar Glatz, FBZ e.V. Hochschule Merseburg

Grußworte

Prof. Dr. Valentin Cepus

Dekan Fachbereich INW, Hochschule Merseburg

Prof. Dr. Jörg Kirbs

Rektor Hochschule Merseburg

Ministerium für Wirtschaft, Wissenschaft und Digitalisierung des Landes Sachsen-Anhalt 7
Andreas Höfflin, Abteilung Innovation, Wirtschaftsförderung und Digitalisierungsprojekte

Prototyping im Regionalmaßstab - 3D-Druck, Grüne Gase & Co. als Potenzialträger für Innovation & Wertschöpfung im Strukturwandel 10
Henning Mertens, Metropolregion Mitteldeutschland Management GmbH

Ultraschneller 3D-Druck unter Einsatz von Kunststoffgranulat 19
Martin Kausch, Fraunhofer IWU Chemnitz
Marcus Witt, METROM Mechatronische Maschinen GmbH

SEKTION 1: KERAMIK UND METALL

33

Moderation: Peter Schulze, HTWK Leipzig

3D-Druck: Umdenken beginnt im Kopf! 34
Joachim Kasemann, Mark3D GmbH Angelburg

Metall-3D-Druck mit dem Cold spray Verfahren 49
Anwendungsteile in dreifacher Schallgeschwindigkeit zu Serienkosten
Stefan Ritt, Spee3d GmbH Lübeck

3D-Druck von Hochleistungskeramiken: Mit Materialentwicklung, Formgebung und Bearbeitung zum fertigen Produkt 58
Albert Kerber, SiCeram GmbH Jena

TinkerToys - Kinderleicht in 3D konstruieren 71
Sebastian Friedrich, TinkerToys GmbH Magdeburg und Leipzig

Parameteroptimierung und Materialuntersuchung von additiv gefertigten Metallbauteilen 85
Hans-Werner Theobald, 3D-Metall Theobald e. K. Leipzig

SEKTION 2: FASERN UND WERKZEUGE

96

Moderation: Dietmar Glatz, FBZ e.V. An-Institut der Hochschule Merseburg

Integration of Endless Fibers in additive Manufacturing 97
Alexander Matschinski, Technische Universität München

Der kunststoffbasierte 3D-Druck auf dem Weg in die strukturelle Anwendung 121
Ralf Schlimper, Fraunhofer IMWS Halle
Dietmar Glatz, FBZ e.V. An-Institut der Hochschule Merseburg

Entwicklung von elektrochemisch aktiven Polymerfüllkörpern mittels 3D-Druckverfahren 131
Andreas Krombholz, Fraunhofer-Institut für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen (IMWS) Halle

Qualitätssicherung in der additiven Fertigung 142
Einfluss von Material und Prozessparametern am Beispiel des Schmelzschichtverfahrens
Oliver Neudert und Robin Mäder, GMBU e.V. Halle

Konturnahe 3D-gedruckte Kühlung im Kunststoffspritzguss
Tobias Flath, HTWK Leipzig (Manuskript nicht veröffentlicht)

SEKTION 3: FOLGEVERFAHREN 152

Moderation: Jens Bliedtner, Ernst-Abbe-Hochschule Jena

Print-to-Product: Industrielle Finishing-Lösungen ermöglichen additive Serienfertigung 153
Maximilian Kraus, DyeMansion GmbH Planegg

Oberflächenbearbeitung additiv gefertigter Bauteile 171
Valentin Schulz, Rösler Oberflächentechnik GmbH Untermerzbach

Erfahrungsbericht aus dem Projekt FunkFin: 183
Funktionales Oberflächenfinishen 3D-gedruckter Kunststoffteile
Lukas Eckhardt, Ernst-Abbe-Hochschule Jena

Oberflächenfunktionalisierung von additiv gefertigten Bauteilen
Sebastian Spange, INNOVENT e.V. Jena (Manuskript nicht veröffentlicht)

SEKTION 4: ANWENDUNGSFÄLLE 194

Moderation: Jörg Matthes, Hochschule Mittweida

Additiv gefertigte Sensoren auf technischen Textilien 195
Hagen Bankwitz, Hochschule Mittweida

Aktuelle 3D-Druck-Anwendungen in der Dentaltechnik 209
Uwe Brick, BURMS 3D Druck Jena GmbH & Co.KG

Use Cases - additiv gefertigte individualisierte Anwendungsfälle 216
Sven Ohlmeyer, ModellTechnik Rapid Prototyping GmbH Waltershausen

Entwicklungstrends in der Konstruktion für die additive Fertigung 223
Jerome Billhardt, Rapidobject GmbH Leipzig

Lassen sich Serien im 3D-Druck-Verfahren wirtschaftlich darstellen? 237
Sophia Röder, Rapidobject GmbH Leipzig

PLENARVERANSTALTUNG

Moderation: Peter Schulze, HTWK Leipzig

Grußwort

Andreas Höfflin

Leiter Abteilung Innovation, Wirtschaftsförderung und Digitalisierungsprojekte im Ministerium für Wirtschaft, Wissenschaft und Digitalisierung Sachsen-Anhalt

Sehr geehrte Damen und Herren,

ich danke Ihnen, insbesondere dem Mitteldeutsches Netzwerk Rapid Prototyping „enficos“ sehr herzlich dafür, dass ich für das Ministerium für Wirtschaft, Wissenschaft und Digitalisierung des Landes Sachsen-Anhalt die Grüße des Ministers überbringen kann.

Das zwischenzeitlich 7. Mitteldeutsche Forum Rapid Technologien „3D-Druck in der Anwendung“ findet heute unter den Vorzeichen der CORONA Pandemie als rein virtuelle Tagung statt.

Dies ist schade, da der direkte Austausch auf einer Tagung mehr Möglichkeiten des Kontaktes bietet und durch virtuelle Formate nicht vollständig ersetzt werden kann.

Andererseits wissen wir nicht wie lange wir unter diesen besonderen Bedingungen arbeiten müssen und so ist es richtig virtuelle Formate auszuprobieren. Auch ist es notwendig, den wissenschaftlichen Austausch über ein industriepolitisch so bedeutsames Thema wie den 3D-Druck in der mitteldeutschen Region weiter voranzutreiben.

Additiven Fertigungsverfahren wird in einschlägigen Studien für die nächsten Jahre ein großes Wachstum vorausgesagt.

Neben der Herstellung von Prototypen und Einzelwerkzeugen wird mit der Weiterentwicklung und Verbreitung des 3D-Drucks zunehmend die Herstellung von Serienteilen in der Massenfertigung wirtschaftlich relevant.

Damit entwickeln sich die Verfahren im 3D-Druck aus der Nische in die Breite der industriellen Fertigung und werden damit auch vorherrschende oder auch traditionelle Fertigungsverfahren verdrängen.

Somit werden die in dem Konzeptpapier für den Aufbau eines Anwenderzentrums zum 3D-Druck in Mitteldeutschland gestellten Fragen hoch relevant:

- ➔ Wie wirken sich die neuen additiven Fertigungsverfahren auf die Produktionsstrukturen in den verschiedenen Branchen aus?
- ➔ Bekommen wir es mit einer schleichenden Veränderung in bestehenden Strukturen oder mit einem radikalen Wechsel im Produktionsregime zu tun?
- ➔ Welche Chancen und Risiken bestehen für die im mitteldeutschen Raum vorherrschenden kleinen und mittleren Unternehmen in den strukturbestimmenden Branchen?

Insofern messen wir den langjährigen und vielfältigen Aktivitäten des Netzwerkes „enficos“ rundum das Thema des 3D-Druck eine große Bedeutung bei.

Strukturelle Veränderungen aufgrund eines technologischen Wandels können wir nur dann erkennen und beeinflussen, wenn wir in der Region Forschungskapazitäten haben, die sich mit diesen Fragen auseinandersetzen – sonst wären wir bzw. die KMU in der Region dem Wandel weitgehend hilflos ausgeliefert.

Letztlich enthält jeder technologische Wandel Chancen und Risiken – dies erstmal eine recht platte Wahrheit. Entscheidend aus regionaler Perspektive ist es, frühzeitig Kompetenzen aufzubauen und den überwiegend kleinen und mittleren Unternehmen die Perspektiven und Möglichkeiten des Wandels aufzuzeigen.

Dazu braucht es einerseits diese Foren; andererseits habe ich in der Konzeption für den Aufbau eines regionalen Anwenderzentrums für den 3D-Druck eine wichtige Grundlage für die Mitgestaltung des Strukturwandels in der Region.

Wie sehen wir das Thema aus der Perspektive der Innovationspolitik des Landes im Rahmen der Regionalen Innovationsstrategie?

Das Thema 3D-Druck als modernes additives Fertigungsverfahren ist grundsätzlich geeignet einen Beitrag zum regionalen Strukturwandel etwa den Einsatz neuer Materialien oder durch die Steigerung der Ressourceneffizienz zu leisten.

Sie erlauben den Einsatz und die breitere Durchdringung von digitalen Werkzeugen und vermögen einen Beitrag zum gesellschaftlichen Wandel in der Region etwa durch bessere und qualifiziertere Arbeit zu leisten.

Als Anwendungsgebiete mit Wertschöpfungspotenzialen in Sachsen-Anhalt wurden unter anderem die Medizin-technik und der Maschinen- und Vorrichtungsbaubau identifiziert. Damit werden bereits relevante Leitmärkte in der regionalen Innovationsstrategie angesprochen.

In der innovationspolitischen Arbeit des Landes findet die additive Fertigung seit Jahren bereits entsprechende Würdigung etwa in Kombination mit weiteren Schlüsseltechnologien wie dem Leichtbau. Diese beiden Innovationsfelder ergänzen sich ideal, da besondere Leichtbaustrukturen zumeist sehr komplexe Anforderungen an ihren inneren Aufbau haben.

Im letzten Monat haben wir gerade dazu einen themenspezifischen Austausch der zentral betroffenen Leitmarkt-arbeitskreise unter Beteiligung des Bundes vorgenommen.

In der **Regionalen Innovationsstrategie (RIS)** hat sich das Land Sachsen-Anhalt zur Verstärkung der marktorientierten Forschungs- und Entwicklungsförderung, zur Konzentration der Förderung auf identifizierte wissenschaftliche und wirtschaftliche Schwerpunkte in Leitmärkten sowie zur Verstärkung der Aktivitäten zur Ansiedlung von Unternehmen mit eigenen Forschungskapazitäten bekannt.

Das Land begleitet und unterstützt das Innovationsgeschehen mit den verschiedenen zur Verfügung stehenden Instrumenten. Programme, wie der F&E-Förderung für die gewerbliche Wirtschaft oder die in der jüngeren Vergangenheit erfolgreich umgesetzte Förderrichtlinie „Digital Innovation“ oder auch im Rahmen des Kompetenznetzwerkes für angewandte und transferorientierte Forschung (KAT). Das KAT leistet einen signifikanten Beitrag zur Verwirklichung der innovationspolitischen Ziele des Landes, indem es mit seinen **leistungsfähigen KAT-Kompetenzzentren** die Steigerung der Innovationsrate in regionalen KMU, erfolgreiche Unternehmensgründungen sowie die Weiterbildung und Personalentwicklung in KMU wirksam unterstützt.

Insbesondere sollen Innovationspotenziale in mittelständischen Betrieben stärker ausgeschöpft werden. Dazu bedarf es einer engen Vernetzung von Wissenschaft und Wirtschaft und der Unternehmen untereinander.

Hier wäre auch genau der Platz eines Anwenderzentrums Qualitätssicherung und Digitalisierung im 3D-Druck im Süden Sachsen-Anhalt zu verorten.

Mit dem Projekt „Modellregion 3D-Druck in der Anwendung“ des Saalekreises gefördert im Rahmen der BMWi-Initiative „Unternehmen Revier“, soll die 3D-Druck-Technologie und deren umfangreiche Anwendungsmöglichkeiten für Anbieter und Anwender gezielt in der Region Mitteldeutschland vorangebracht werden.

Über die Umsetzung des Anwenderzentrums im Rahmen der Fördermittel aus dem Strukturwandel oder aus bestehenden Programmen des Landes sollten wir zeitnah ins Gespräch kommen.

Der direkte Erfahrungsaustausch zwischen denen, die tatsächlich im Zentrum des Geschehens sind, wird nie an Wert verlieren. Austauschformate wie das heute hier stattfindende Forum „3D-Druck in der Anwendung“ schaffen diesen Wert. Eben solche Foren können Potenziale freisetzen, neue Innovationsräume zu schaffen und dadurch wichtige innovationsgetriebene Wertschöpfungseffekte für unsere Region entfalten.

Die Entwicklungen im 3D-Druck, die Anwendungen und Ansätze, die Sie hier zeigen, stellen eine wichtige Grundlage für die Gestaltung des Strukturwandels dar und unterstützen die wirtschaftliche Entwicklung des Landes.

In diesem Sinne wünsche ich Ihnen für die Veranstaltung heute einen guten Verlauf und gute Ergebnisse.

Prototyping im Regionalmaßstab - 3D-Druck, Grüne Gase & Co. als Potenzialträger für Innova- tion & Wertschöpfung im Strukturwandel

Henning Mertens

Metropolregion Mitteldeutschland Management GmbH

PROTOTYPING IM REGIONALMAßSTAB

3D-Druck, Grüne Gase & Co. als Potenzialträger für Innovation & Wertschöpfung im Strukturwandel

3D-Druck in der Anwendung – 7. Mitteldeutsches Forum Rapid Technologien

26.10.2020 | Webkonferenz | 3D-Druck in der Anwendung | Henning Mertens

Inhalt

- ▶ Innovationsregion Mitteldeutschland
- ▶ Strategieentwicklung für den Strukturwandel
- ▶ Technologiefeldanalyse
- ▶ Weitere Förderprogramme

Vom Mitteldeutschen Braunkohlenrevier zur Innovationsregion Mitteldeutschland



Die Innovationsregion Mitteldeutschland als länderübergreifende Zusammenarbeit



7 Landkreise und
2 Städte in
3 Bundesländern mit
2 Mio. Menschen

- ▶ **Gemeinsamer Wirtschaftsraum** mit enger Verflechtung
- ▶ **Gemeinsame Gestaltung** des Strukturwandels
- ▶ **Gemeinsame Strategie** zur Regionalentwicklung
- ▶ **Gemeinsame Entwicklung** zentraler Handlungsfelder

Strategie für den Strukturwandel

Gefördert aus Mitteln der Bundesrepublik Deutschland, des Freistaates Sachsen, des Landes Sachsen-Anhalt und des Freistaates Thüringen im Rahmen der Gemeinschaftsaufgabe "Verbesserung der regionalen Wirtschaftsinfrastruktur".



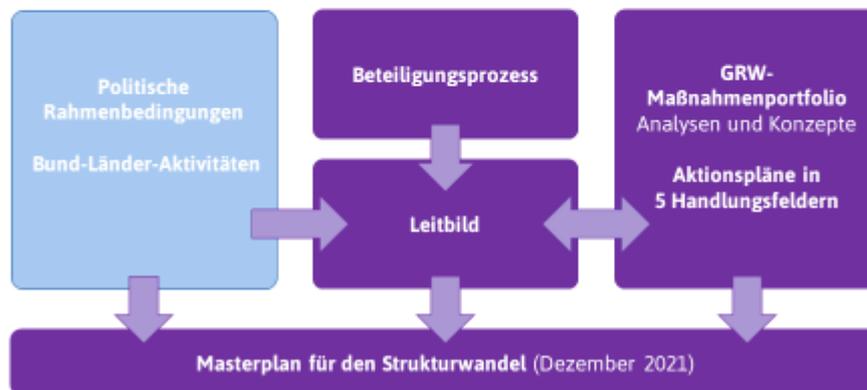
STATUMINISTERIUM
FÜR WIRTSCHAFT
ARBEIT UND VERKEHR

Freistaat
SACHSEN

Freistaat
Thüringen



GRW-Strategieprozess im Mitteldeutschen Revier: Entwicklung der **Perspektive 2040** als strategische Leitplanke zur Regionalentwicklung im Strukturwandelprozess der Innovationsregion Mitteldeutschland



26.10.2020

Forum 3D-Druck

6

Handlungsfelder und Leitthemen



WERTSCHÖPFUNG UND INNOVATION

- › Fachkräfte
- › Digitalisierung
- › Wettbewerbs- & Innovationsfähigkeit
- › Innovationslabore
- › Flächenmanagement

26.10.2020

Forum 3D-Druck



RESSOURCEN

- › Kohlenstoffe & Chemie
- › Synthetische Kraftstoffe
- › Clean Tech
- › Biokraftstoffe



ENERGIE

- › Erneuerbare Energien
- › Dezentrale Stromerzeugung
- › Innovative Speicherprojekte
- › Sicherung der Wärmeerzeugung



MOBILITÄT UND LOGISTIK

- › ÖPNV / Intermodale Verkehre
- › Autonomes Fahren
- › E-Mobilität
- › Alternative Antriebe



TOURISMUS UND KULTUR

- › Touristische Vermarktung
- › Kulturregion
- › Lebensqualität
- › Regionale Identität

7

Studien / Maßnahmen (Auszug)



26.10.2020

Forum 3D-Druck

8

Technologiefeldanalyse (abgeschlossen)

43 Zukunftsthemen für den Strukturwandel im Mitteldeutschen Revier



Quelle: Technologiefeldanalyse IRMD 2020, Conomic GmbH

26.10.2020

Forum 3D-Druck

Ergebnisse: www.innovationsregion-mitteldeutschland.com → Downloadbereich

Fünf zentrale Handlungsfelder:

- ▶ Power-to-X
- ▶ Bioökonomie und alternative Rohstoffe
- ▶ Anbindung des ländlichen Raums
- ▶ Digitalisierung als Querschnittsthema
- ▶ Wissens- und Technologietransfer durch Scouting



Additive Fertigung

Zukunftsthemen

- ▶ Erschließung neuer Märkte durch die chemische Industrie
- ▶ Innovationen und Kooperationen im Bereich der additiven Fertigung
- ▶ Weiterentwicklung der Anwendungstechnik und der Kombinierbarkeit von Materialien
- ▶ Ausbau des Materialportfolios und Entwicklung nachhaltiger Rohmaterialien

Zentrale Empfehlungen für das Heben der Potenziale

- ▶ Fokus auf Materialforschung (regionale Forschungskompetenzen nutzen)
- ▶ Aufbau eines Qualitätszentrums für additive Fertigung, Entwicklung von Normen und Standards

26.10.2020

Forum 3D-Druck

10

„Gute Forschungs-, Netzwerk- und Anwendungsstruktur in Mitteldeutschland“

„Potenzial zur Diversifizierung und nachhaltigen Stärkung des Wirtschaftsstandortes“

Technologiefeldanalyse IRMD 2020

Weitere Förderprogramme

- ▶ Bundesmodellvorhaben Unternehmen Revier
- ▶ Fördermittel aus dem Strukturstärkungsgesetz (beschlossen 07/2020)



Unternehmen
Revier



infolgedessen werden Bestehende mit Erneuerungsmitteln

Eckdaten

Förderprogramm	Fördervolumen für das Mitteldeutsche Revier	Umsetzung/Abwicklung des Förderprogramms
BMW i Modellvorhaben „Unternehmen Revier“	2018: 0,8 Mio. € ab 2019: 1,6 Mio. €	

Antragsberechtigt: Natürliche und juristische Personen (z. B. Unternehmen, Verbände, Vereine, Netzwerke, Kommunen) mit Sitz oder Standort in der Innovationsregion

Projektrahmen: Einzelprojekte bis zu 200.000 Euro, Verbundprojekte bis zu 800.000 Euro als nicht rückzahlbare Zuschüsse – bei einer Förderquote für Unternehmen bis zu 60 % und für Antragssteller mit Ausübung nicht-wirtschaftlicher Tätigkeit bis zu 90 %

Förderung von: Investiven und nicht-investiven Projekten, die umsetzungsorientiert sind, mit Modellcharakter und innovativen Ansätzen, Beitrag zur wirtschaftlichen Entwicklung

→ Keine Machbarkeitsstudien, keine Konzepte

Bundesmodellvorhaben für die Braunkohlereviere UNTERNEHMEN REVIER

Jüngster Call
18.05. bis 17.07. 2020
74 Einreichungen

Bisherige Förderung im Mitteldeutschen Revier 2018 - 2020

- ▶ 34 Projekte
- ▶ 4,4 Mio. € Projektbudget
- ▶ 3,3 Mio. € Fördermittel

PROJEKT FÖRDERUNG



www.innovationsregion-mitteldeutschland.com

26.10.2020

Forum 3D-Druck

33

3D-Druck Anwender-Modellregion

Projektträger: Saalekreis (in Kooperation mit der Stadt Leipzig)

Laufzeit: 10/2018 – 12/2019

Ziele:

Stärkung des 3D-Drucks als Zukunfts- und Querschnittstechnologie für neue Wertschöpfungsketten und Geschäftspotenziale sowie innovative Arbeitsplätze

Einrichtung einer koordinierenden Netzwerkstelle

Ansätze für vernetzte Anwenderzentren an Konzentrationspunkten

- ▶ Leipzig: Dienstleistungs- und Wirtschaftsstandort
- ▶ Halle: Qualitätsmanagement
- ▶ Merseburg: Weiterbildung, Materialien und Technologie

Anschluss:

Projektantrag für
Anwenderzentren im Rahmen
der Strukturstärkung des
Mitteldeutschen Reviers

26.10.2020

Forum 3D-Druck

Projektwebseite: www.3d-druck-leipzig-halle.de

34



INNOVATIONSREGION
MITTELDEUTSCHLAND



metropolregion
mitte | deutschland
WIRTSCHAFT, ANLEGENHEIT & KULTUR IN DER REGION

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Innovationsregion Mitteldeutschland
c/o Metropolregion Mitteldeutschland Management GmbH
Schillerstraße 5 ▶ 04109 Leipzig
Tel.: 0341/600 16-0 ▶ Fax: 0341/600 16-13
innovationsregion@mitteldeutschland.com

www.innovationsregion-mitteldeutschland.com

Ultraschneller 3D-Druck unter Einsatz von Kunststoffgranulat

Martin Kausch

Fraunhofer Institut für Werkzeugmaschinen und Umform-
technik (IWU) Chemnitz

Marcus Witt

METROM Mechatronische Maschinen GmbH

7. Mitteldeutsches Forum Rapid Technologien
26. Oktober 2020, Hochschule Merseburg

Ultraschneller 3D-Druck unter Einsatz von Kunststoffgranulat

Dr. Martin Kausch
Leiter der Abteilung Systeme und Technologien für textile
Strukturen (STEX)
Fraunhofer IWU in Chemnitz

Marcus Witt
Technischer Vertrieb
METROM Mechatronische Maschinen GmbH in
Hartmannsdorf



SEAM-3D-Druck

© Fraunhofer IWU
1



Ausgewählte Maschinensystem pellet extrusion

LSAM - Large Scale Additive Manufacturing



LSAM 1010
http://www.thermwood.com/lsam_home.htm#whatislsam

BAAM (Big Area Additive Manufacturing)



<https://www.e-ci.com/baam>

THE BOX



<https://bibindustries.se/the-box-medium-2/>

CEAD



<https://cead-am.com/home/solutions/#RobotExtruder>

TITAN PRODUCTION ADDITIVE MANUFACTURING SOLUTIONS



<https://titan3drobotics.com/atlas/>

INGERSOLL Machine Tools



<https://en.machinetools.camozzi.com/>

YIZUMI GERMANY



<https://www.yizumi-germany.de/produkte/additive-fertigung/>

CMS Kreator Large-Sized Additive Manufacturing + Milling Hybrid System



<https://www.scmgroup.com/it/cms/>

© Fraunhofer IWU
2



Anwendungsbeispiele pellet extrusion



Quelle: BLB



Quelle: Additive Engineering Solutions



RISE Research Institutes of Sweden



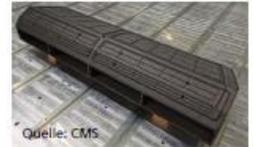
DuraSense® compound of 51% of wood fibers and PP



Quelle: Acetalia



<https://news.camozzi.com/new-products/ingersoll-3d-printer-enters-the-guinness-book-of-world-records.kl>



Quelle: CMS

© Fraunhofer IWU
3

Multistatorale
Bearbeitungsmaschinen
metrom

Fraunhofer
IWU

Screw Extrusion Additive Manufacturing (SEAM)-Verfahren

SEAM Unit (Plastifiziereinheit)



- Kompakte Plastifiziereinheit zur Verarbeitung von Standard-Kunststoff-Granulat
- Patentiert geregelter Materialaustrag von 0,25 bis 7 kg/h
- Temperaturen bis 350°C → Hochtemperaturkunststoffe
- Druck bis 350 bar, zwischen Düse und Substrat bis 100 bar
- Wechselbare Austragsdüse (z. B. Ø 1 mm)

SEAMHex



High-Speed 3D-Drucker

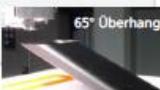
- 1100 x 800 x 600 mm
- PentaPrint^{2D} - 45°
- 1000 mm/s

Unterstützt durch  TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN

Verfahrensvorteile

3D-Druckprozess

- Bauzeitverkürzung ca. 70% durch
 - hohe Plastifizierleistung 250 ... 7000 g/h
 - hohe Ablegegeschwindigkeiten bis 1 m/s
 - variable Strangbreiten realisierbar, kein Infill
- Geregelter Materialaustrag durch patentierte Bypassdüse
- 5-Achs-3D-Druck
- Überhänge bis 65°



Materialien

- Kostenreduktion bis zu 95%
- Serienmaterialien in Granulatform
- Teilkristalline Thermoplaste mit Faserverstärkung verarbeitbar (PA 6 GF / CF; PP GF; ...)
- Thermoplastische Elastomers TPE (71...90 Shore A) verarbeitbar
- Füllstoffanteil bis 80%



Bauteil

- Hohe mech. Eigenschaften (PA6 CF40: E1= 25.000 MPa, s11=170 MPa, E3= 4.800 MPa, s33= 55 MPa)
- Dicht für Vakuum und Flüssigkeiten
- Gleiche Oberflächenqualitäten wie Standard-FLM-Verfahren



© Fraunhofer IWU
4

Multistatorale
Bearbeitungsmaschinen
metrom

Fraunhofer
IWU

Screw Extrusion Additive Manufacturing (SEAM)-Verfahren



SEAM Unit (Plastifiziereinheit)

- Kompakte Plastifiziereinheit zur Verarbeitung von Standard-Kunststoff-Granulat
- Patentierte geregelter Materialaustrag von 0,25 bis 7 kg/h
- Temperaturen bis 350°C → Hochtemperaturkunststoffe
- Druck bis 350 bar, zwischen Düse und Substrat bis 100 bar
- Wechselbare Austragsdüse (z. B. Ø 1 mm)

SEAMHex

High-Speed 3D-Drucker



Bewegte Bauplattform

1100 x 800 x 600 mm
PentaPrint^{3D} – 45°
1000 mm/s

Unterstützt durch TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN

PentaSEAM

High-Speed 3D-Drucker + Fräsen



Bewegte SEAMUnit

1500 x 1500 x 1500 mm
PentaPrint^{3D} – 90° + Drehtisch
600 mm/s

In Kooperation mit

SEAMPortal

3D-Drucken von Großstrukturen + Fräsen



> 3000 x 2000 x 1000 mm
3-Achs-Kinematik
500 mm/s

In Kooperation mit

RoboSEAM

Individuell in der Produktionstechnik und Prozesskombination



1500 x 1500 x 1500 mm
PentaPrint^{3D}
300 mm/s

In Kooperation mit

© Fraunhofer IWU
5



Technologiedemonstrator SEAMHex

Anlage:

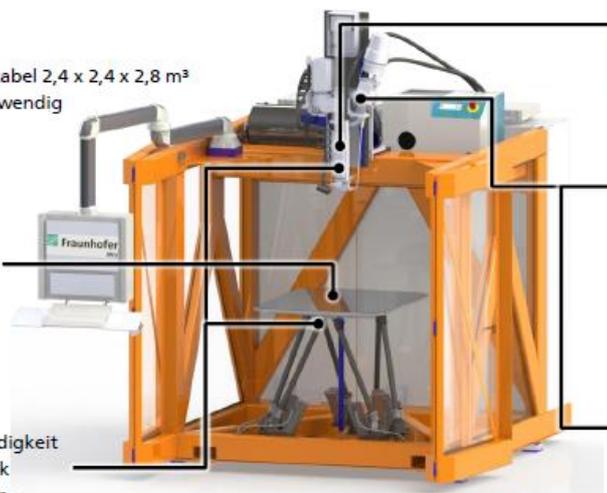
- Kompakt und transportabel 2,4 x 2,4 x 2,8 m³
- nur Stromanschluss notwendig

Arbeitsraum:

- 1100 x 800 x 600 mm³
- Schwenkwinkel ±45°
- Torsionswinkel ±20°
- Verzicht auf Stützstruktur möglich

Kinematik:

- bis 1 m/s Tischgeschwindigkeit
- 6-Achs-Parallelkinematik
- Z-Verstellung Plastifizieraggregat (7. Achse)

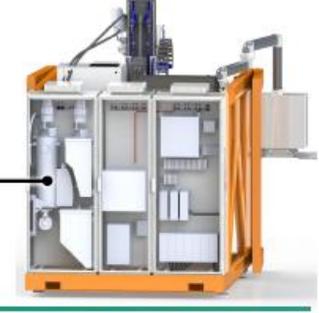


Plastifiziereinheit :

- Massestrom bis 7 kg/h
- Volumenstromregelung
- Schmelztemperaturen bis 400°C
- Strangbreiten 1 ... 8 mm
- austauschbare Schnecken

Materialmanagement:

- Vortrocknung
- autom. Förderung
- Rückgewinnung



© Fraunhofer IWU
6



KTM-Racing SEAT

REITER ENGINEERING

Fraunhofer IWU

KTM TECHNOLOGIES

SEAMHex

REITER RACING SEAT

Gesamtdruckzeit ca. 8 h
Bauteilmasse ca. 12 kg

© Fraunhofer IWU

Multipolare Bearbeitungsmaschinen
metrom

Fraunhofer IWU

Materialien und Materialkombinationen

SEAM Materialien und Materialkombinationen

- Verarbeitung von thermoplastischen Kunststoffen als Standard-Granulat (Kosten ca. 5% im Vgl. zu Filament)
- Schwindungsarme amorphe Kunststoffe oder teilkristalline Kunststoffe mit Kurzfaserverstärkung
- Polymerblends / -compounds bspw. Funktions- und Füllstoffe

Thermoplaste	Elastomere/TPE	Feedstocksysteme	Bedrucken von Bauteilen und Halbzeugen
<p>Hochsteife und feste Strukturbauteile</p> <ul style="list-style-type: none"> • Standard und Hochleistungs-kunststoffe • Hochtemperaturkunststoffe • Faserverstärkte Kunststoffe • Naturfaserverstärkte Kunststoffe 	<p>Weichelastische Bauteile, Dichtungen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verarbeitung von thermoplastischen Elastomeren von 71...90 Shore A • 3D-Druck von Bauteilen mit recyklierten Elastomeren mit nachfolgender Vulkanisation 	<p>Metalle, Keramiken, ...</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verarbeitung von hochgefüllten Feedstocksystemen (80%) • Faserkeramische Bauteile • Metallpulvergefüllte Materialien 	<p>Multimaterialverbunde</p> <p>Textilien, Holz, Kunststoffe, Organobleche, Metallbleche,...</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bedrucken einer ebenen oder gekrümmten Oberfläche (Halbzeug oder eingelegtes Bauteil) • genaues Abfahren durch Positionsüberwachung • Hohe Haftkräfte durch hohe Extrusionsdrücke & Temperaturen

© Fraunhofer IWU

Multipolare Bearbeitungsmaschinen
metrom

Fraunhofer IWU

Anwendungen

SEAM Anwendungsgebiete, Beispiele



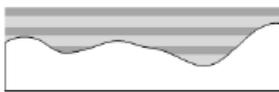
© Fraunhofer IWU
10

Multipotentielle Bearbeitungsmaschinen
metrom  

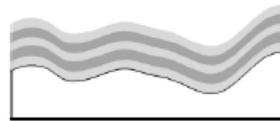
Baustrategien und 5-Achs-3D-Druck

- Drucken auf einer gekrümmten Oberflächen (Aufdrucken auf Blechform- oder Spritzgießbauteile)

konturfolgendes 3-Achs-Drucken, Standard-Slicing, kein kippen der Bauplattform



5-Achs-Drucken normal zur Oberfläche

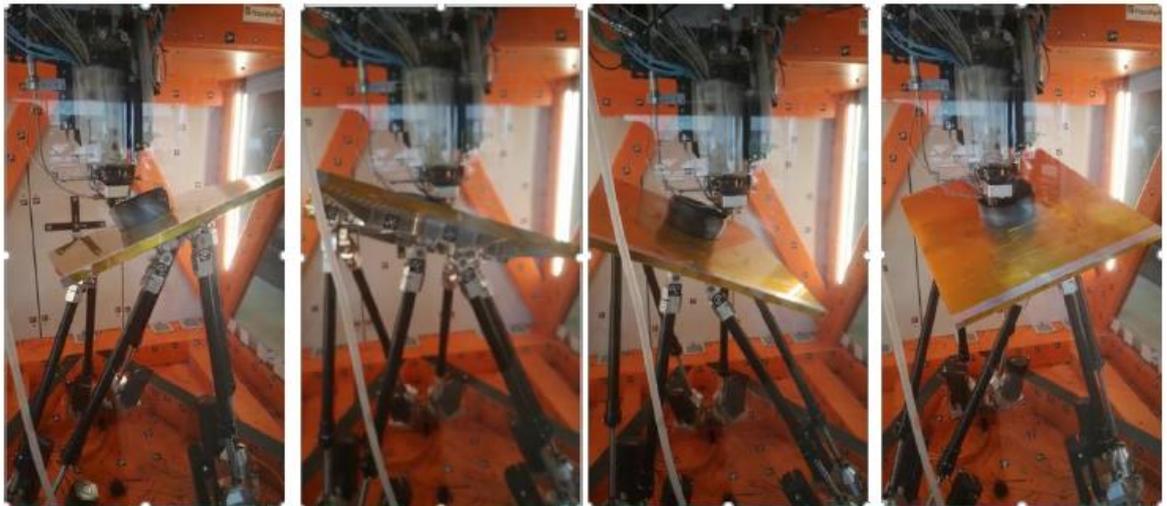


- Drucken ohne Stützstruktur (Supporte)
 - Überhänge größer 45° ⇒ Kippen der Bauplattform
- Lastpfadgerechte Strangablage



© Fraunhofer IWU
11

Multipotentielle Bearbeitungsmaschinen
metrom  



© Fraunhofer IWU
12

Multiaxiale
Bearbeitungsmaschinen
metrom **Fraunhofer
IWU**

Hybride Bauweisen

- Direkte Applizierung auf verschiedene Oberflächen durch:
 - verschweißen → stoffschlüssige Verbindungen
 - Materialpaarung kompatibel
 - Prozessparameter (v.a. Fügetemperatur)
 - imprägnieren → formschlüssige Verbindungen
 - Imprägnierfähigkeit (Viskosität, Permeationskoeff.)
 - Prozessparameter (Fügetemperatur, Prozessdruck)

Kohlenstofffaser-Tapes



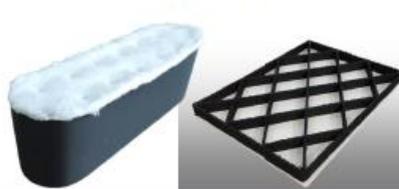
Textilien / Kunstleder



Aluminiumschaum



Vliesstoffe



Holz / Spanplatte



© Fraunhofer IWU
13

Multiaxiale
Bearbeitungsmaschinen
metrom **Fraunhofer
IWU**

Screw Extrusion Additive Manufacturing (SEAM)-Verfahren



SEAM Unit (Plastifiziereinheit)

- Kompakte Plastifiziereinheit zur Verarbeitung von Standard-Kunststoff-Granulat
- Geregelter Materialaustrag von 0,25 bis 7 kg/h
- Temperaturen bis 350°C → Hochtemperaturkunststoffe
- Druck bis 350 bar, zwischen Düse und Substrat bis 100 bar
- Wechselbare Austragsdüse (z. B. Ø 1 mm)

SEAMHex

High-Speed 3D-Drucker

Bewegte Bauplattform

1100 x 800 x 600 mm
PentaPrint^{3D} – 45°
1000 mm/s

Unterstützt durch TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN

PentaSEAM

High-Speed 3D-Drucker + Fräsen

Bewegte SEAMUnit

1500 x 1500 x 1500 mm
PentaPrint^{3D} – 90° + Drehtisch
600 mm/s

In Kooperation mit metrom

SEAMPortal

3D-Drucken von Großstrukturen + Fräsen

> 3000 x 2000 x 1000 mm
3-Achs-Kinematik
500 mm/s

In Kooperation mit Cms

RoboSEAM

Individuell in der Produktionstechnik und Prozesskombination

1500 x 1500 x 1500 mm
PentaPrint^{3D}
300 mm/s

In Kooperation mit Fraunhofer IWU

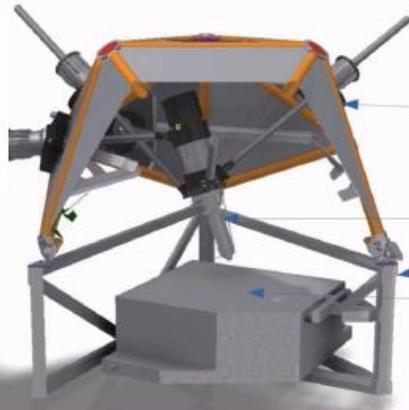
© Fraunhofer IWU
14



PentaSEAM

Versuchsanlage Metrom 5-Achs-Parallelkinematik

- Hybride Bearbeitung: Technologieintegration – additiver Prozess mit Kunststoff



© Fraunhofer IWU
15

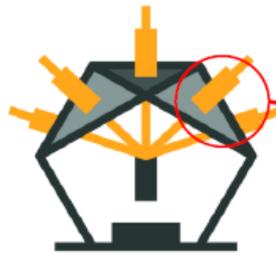


Optimale Lösung - Ikosaeder + Pentapodkinematik

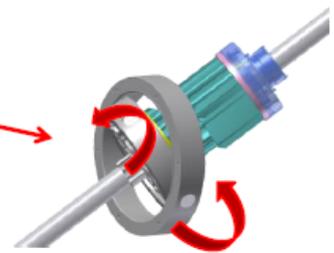
Struktursteifigkeit



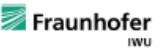
Präzisionsdirektantriebe
bewegen nur geringes Gewicht
der Spindel



Genauigkeit durch spielfreie
Kardangeln und Kalibrierung



© Fraunhofer IWU
16

Multipolnationale
Bearbeitungsmaschinen
metrom 

Pentapod - Kinematik



Vorteile:

- Direktantriebe mit Dynamik von 10m/s^2
- 5 identische Kugelgewindetriebe
- Nur Längskräfte in den Kugelgewindetrieben
- Eigensteifer Rahmenaufbau
- Modularer Baukasten
- Temperierung der Gesamtmaschine

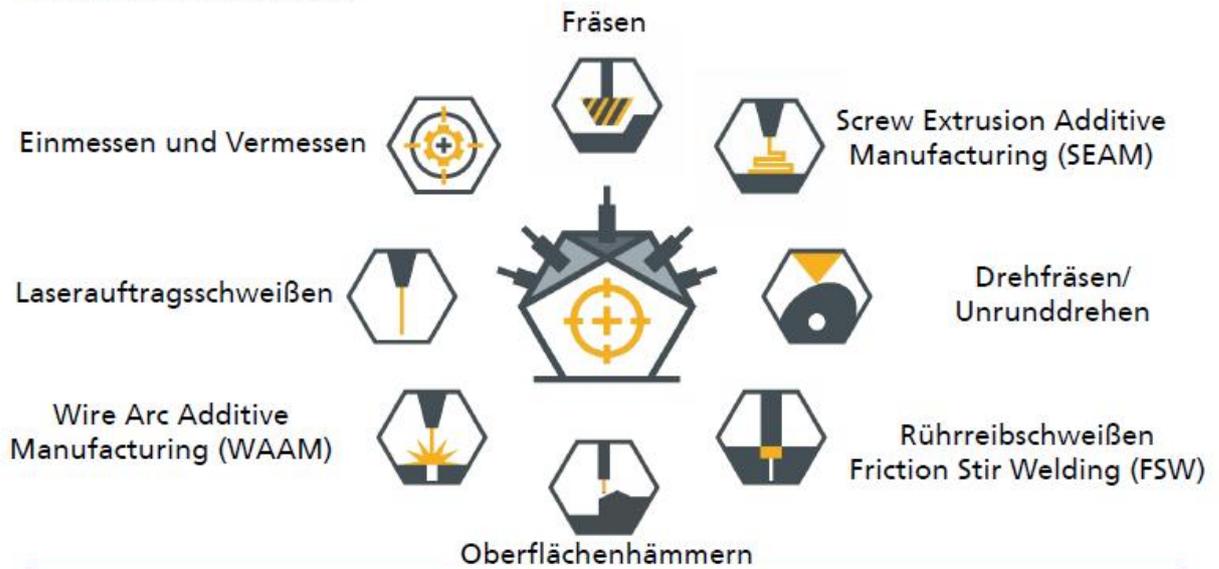


Hohe Dynamik mit der Steifigkeit und Genauigkeit von
Bearbeitungszentren

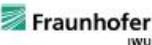
© Fraunhofer IWU
17

Multipolnationale
Bearbeitungsmaschinen
metrom 

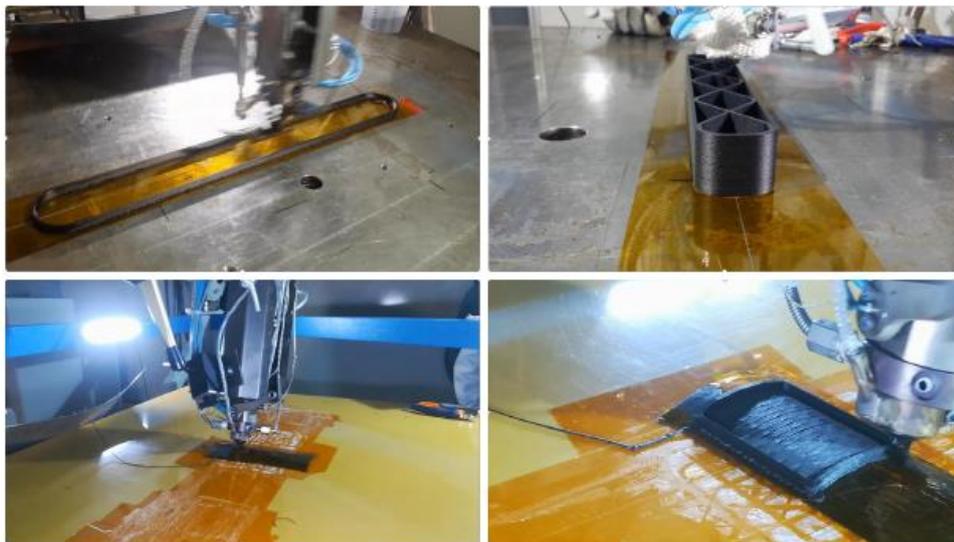
Integrationslösungen



© Fraunhofer IWU
18

Multiprozesstechnologien
metrom  

Penta **SEAM** Versuchsanlage Metrom 5-Achs-Parallelkinematik



© Fraunhofer IWU
19

Multiprozesstechnologien
metrom  

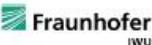
Penta SEAM Neue Metrom 5-Achs-Parallelkinematik Hybridmaschine



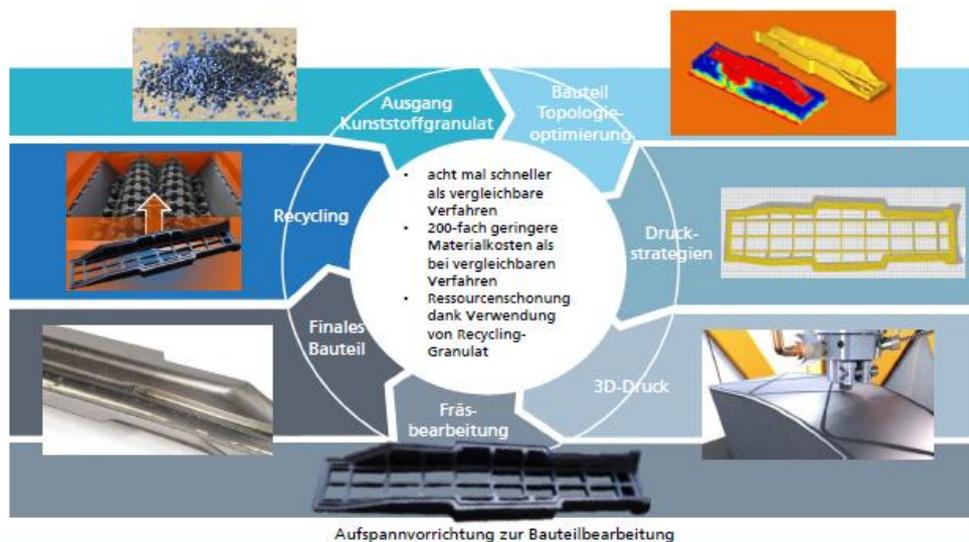
- 5-Achs-Parallelkinematik
- Zusätzliche Linear-Achse und Drehtisch 1,5 m
- Baumraum ca. 1,5 x 1,5 x 1 m
- Automatischer Wechsel von 3D-Druckeinheit zu Fräser



© Fraunhofer IWU
20

Multiprozentrale
Bearbeitungsmaschinen
metrom 

Highspeed-3D-Druck, ressourcenschonend und preiswert



© Fraunhofer IWU
21

Multiprozentrale
Bearbeitungsmaschinen
metrom 

Screw Extrusion Additive Manufacturing (SEAM)-Verfahren



SEAM Unit (Plastifiziereinheit)

- Kompakte Plastifiziereinheit zur Verarbeitung von Standard-Kunststoff-Granulat
- geregelter Materialaustrag von 0,25 bis 7 kg/h
- Temperaturen bis 350°C → Hochtemperaturkunststoffe
- Druck bis 350 bar, zwischen Düse und Substrat bis 100 bar
- Wechselbare Austragsdüse (z. B. Ø 1 mm)

SEAMHex

High-Speed 3D-Drucker

Bewegte Bauplattform

1100 x 800 x 600 mm
PentaPrint^{3D} – 45°
1000 mm/s

Unterstützt durch TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN

PentaSEAM

High-Speed 3D-Drucker + Fräsen

Bewegte SEAM Unit

1500 x 1500 x 1500 mm
PentaPrint^{3D} – 90° + Drehtisch
600 mm/s

In Kooperation mit metrom

SEAM Portal

3D-Drucken von Großstrukturen + Fräsen

> 3000 x 2000 x 1000 mm
3-Achs-Kinematik
500 mm/s

In Kooperation mit Cms

RoboSEAM

Individuell in der Produktionstechnik und Prozesskombination

1500 x 1500 x 1500 mm
PentaPrint^{3D}
300 mm/s

In Kooperation mit Fraunhofer IWU

© Fraunhofer IWU
22

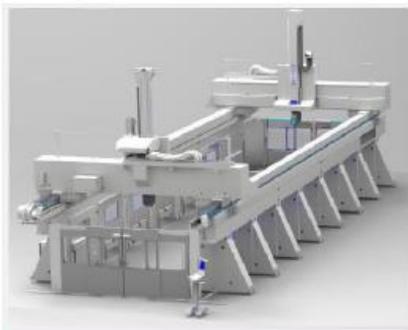


SEAM Portal – 3D-Drucken von Großstrukturen + Fräsen

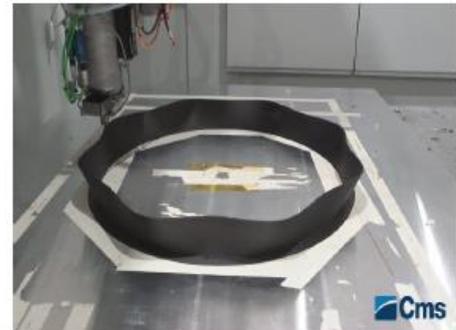
- Zusammenarbeit mit der Fa. CMS Industries in Italien



CMS Kreator
Large-Sized Additive Manufacturing + Milling Hybrid System



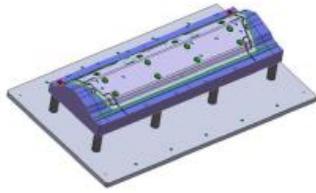
HSK-CONNECTED EXTRUDER
•
Screw Ø: 20 mm
•
Mass flow: 1 + 7 Kg/h



© Fraunhofer IWU
23



■ Herstellung einer Vakuum-Spannvorrichtung (jig)



Standard Spannvorrichtung (jig)

- ca. 114 kg + 8 kg Anbauteile
- 8 Tage Herstellungszeit



← Mechanische Nachbearbeitung

SEAM-3D-Druck Spannvorrichtung

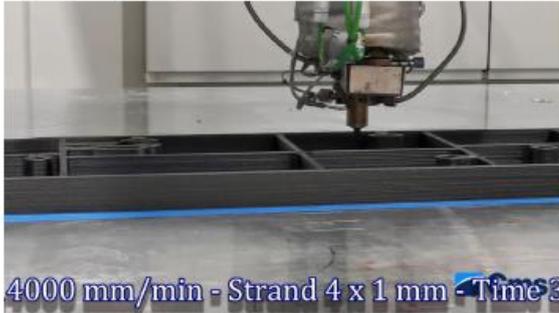
- ca. 12 kg PA6 CF 40
- Druckzeit ca. 3 h bei 230 mm/s

3D-Druck gerechtes Design

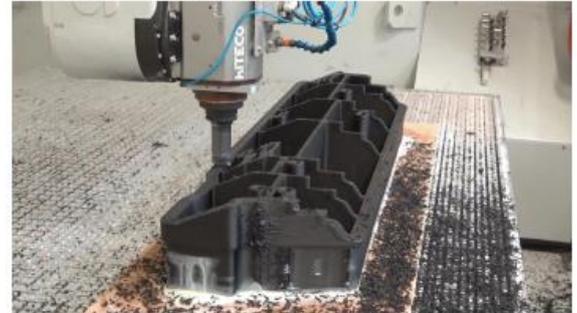


■ Herstellung einer Vakuum-Spannvorrichtung (jig)

SEAM-3D-Druck



Spanende Nachbearbeitung



Vakuum-Spannvorrichtung



machining jig, 1200x338x183 mm and 14,6 kg
3D printed in 3h hours 24 minutes,



Quelle: CMS-Industries

© Fraunhofer IWU
26

Multioptionale
Bearbeitungsmaschinen
metrom

Fraunhofer
IWU



Kontakt

Dr.-Ing. Martin Kausch

Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU
Reichenhainer Str. 88, 09126 Chemnitz

Telefon +49 371 5397-1020
Mobil +49 172 7471973
martin.kausch@iwu.fraunhofer.de

Dipl.-Ing. IWE Marcus Witt

METROM Mechatronische Maschinen GmbH
Schönaicher Straße 6, D-09232 Hartmannsdorf

Telefon +49 3722 59 863-12
Mobil +49 151 5075 39 34
marcus.witt@metrom.com

Fraunhofer
IWU

Multioptionale
Bearbeitungsmaschinen
metrom

© Fraunhofer IWU
27

Multioptionale
Bearbeitungsmaschinen
metrom

Fraunhofer
IWU

SEKTION 1: KERAMIK UND METALL

Moderation: Peter Schulze, HTWK Leipzig

3D-Druck: Umdenken beginnt im Kopf!

Joachim Kasemann

Mark3D GmbH Angelburg

3D-Druck: Umdenken beginnt im Kopf!

1 25.11.2020



Investoren und Partner von Markforged



2 25.11.2020

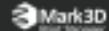


MARKFORGED



- **2013:** Gründung
- **2014:** 3D Drucker Mark One
- **2015:** 3D Drucker Mark Two
- **2016:** 3D Drucker Mark X
- **2017:** 3D Drucker Metal X
- **2018:** weltweit #2 für Industrie 3D Drucker
- **2018:** weltweit #1 für installierte Metall 3D Drucker
- **2018:** Umsatz 75 Mio US\$
- **2019:** Blacksmith – DIE Fertigungssoftware mit KI

3 25.11.2020



**Verfügbarke
it**



**Unabhängigke
it**



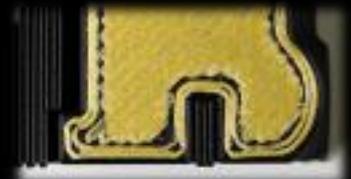
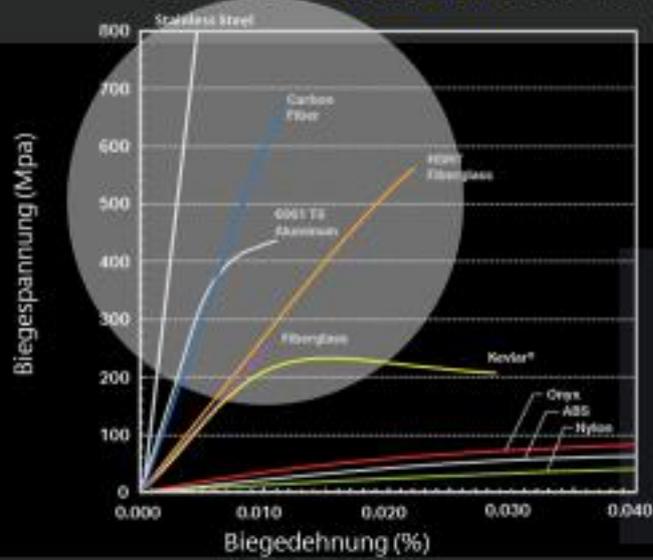
Innovation



4 25.11.2020



Carbon – **stabiler** als Aluminium



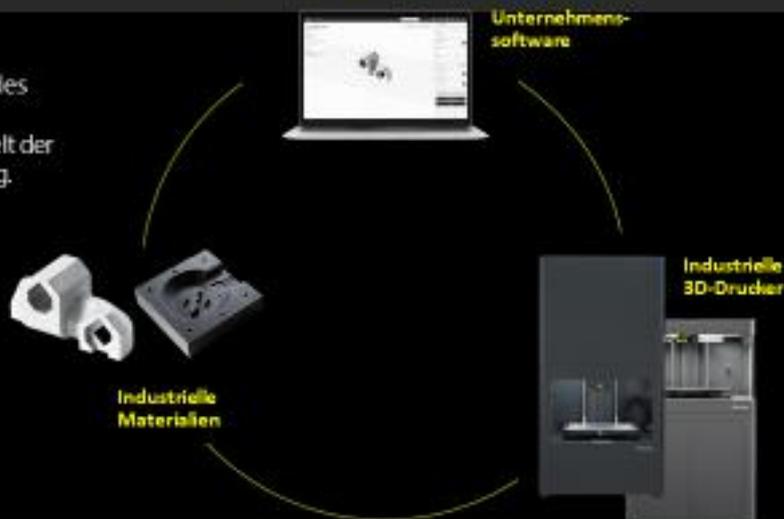
5 25.11.2020

Markforged

Mark3D
Print Storage

The Digital Forge

Bringen Sie die Kraft des agilen Software-Engineering in die Welt der industriellen Fertigung.



6 25.11.2020

Markforged

Mark3D
Print Storage

Der Metal X

Bauraum 300 mm x 220 mm x 180 mm

Materialien:

1.4542 Edelstahl
1.4305 Edelstahl coming soon
1.2344 Werkzeugstahl
1.2363 Werkzeugstahl
1.2379 Werkzeugstahl
1.7744 Inconel 625
Ti-6AL-4V Titan coming soon
Kupfer (99,8 %)



7 25.11.2020

Markforged

Mark3D
Post Storage

ADAM

Atomic Diffusion Additive Manufacturing – der neue Weg um Metallteile zu fertigen!



Konstruieren

Drucken

Waschen

Sintern

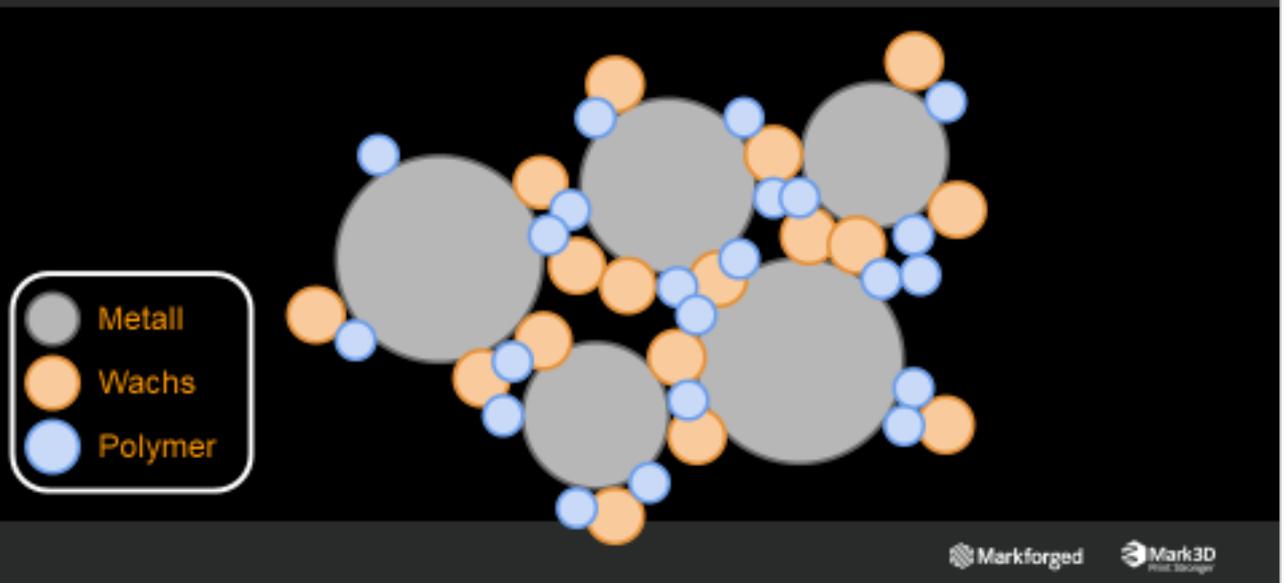
Fertig

8 25.11.2020

Markforged

Mark3D
Post Storage

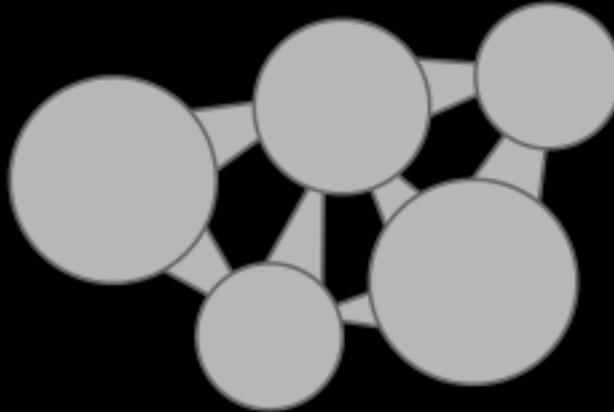
Nach dem Druck: **Grünling**



Nach dem Entbindern: **Braunling**



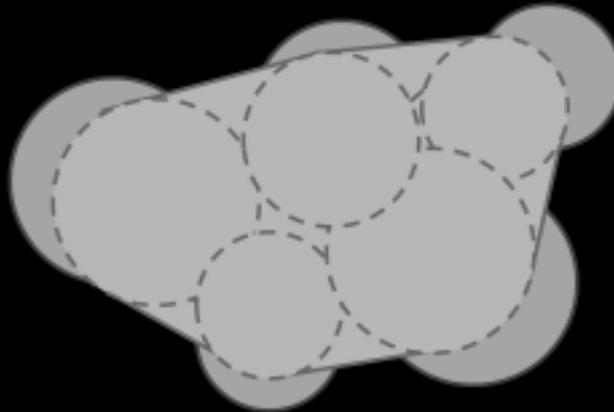
ADAM-Teil während des **Sinterns**



Markforged

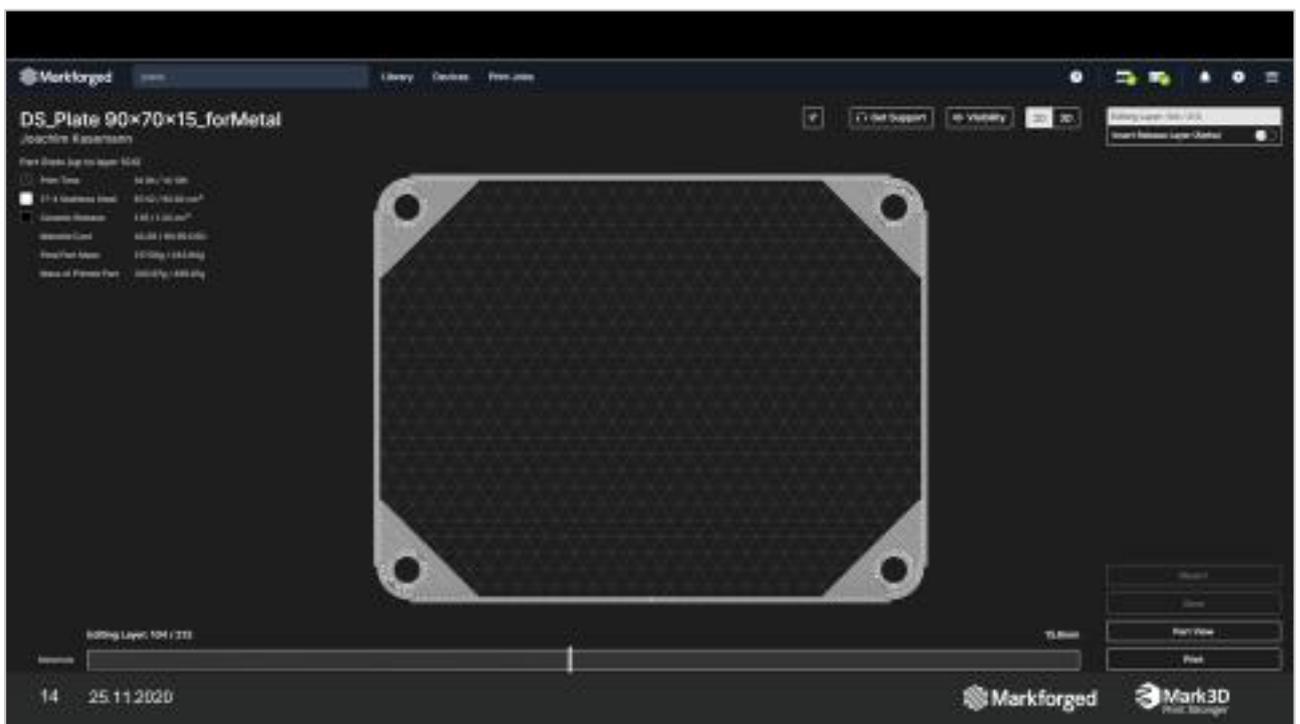
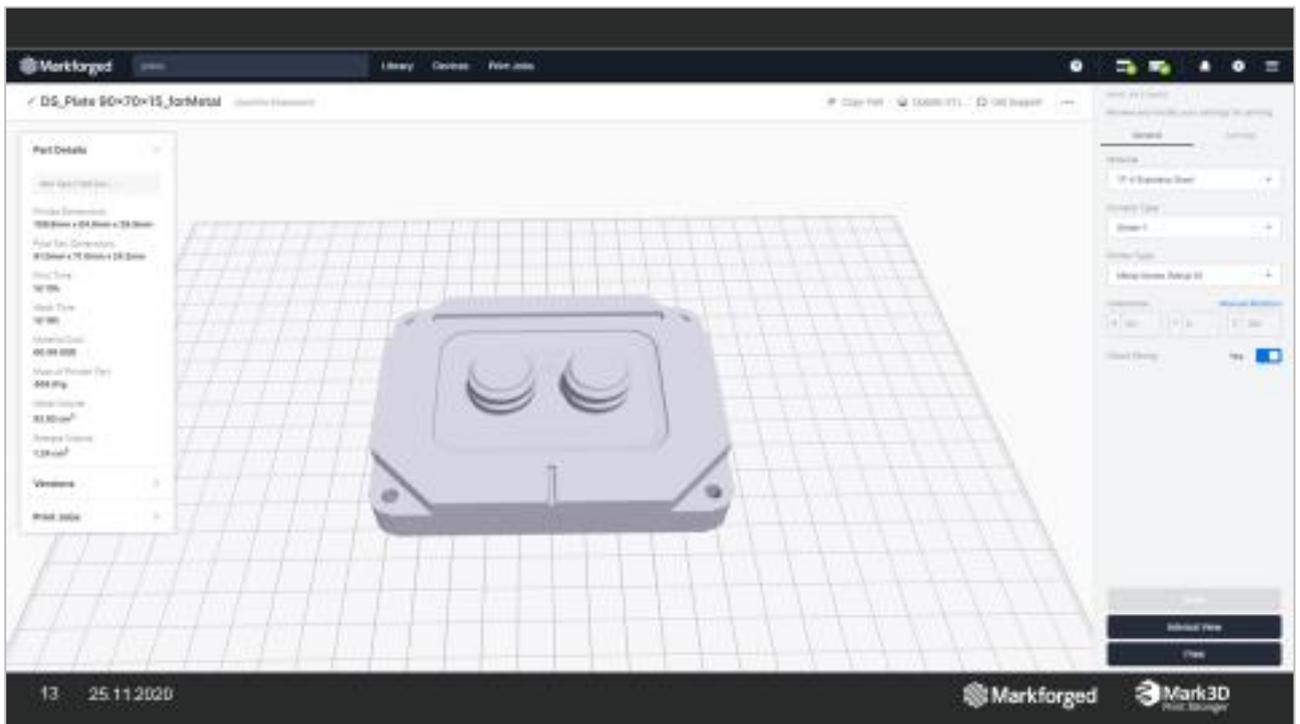
Mark3D
Post-Processor

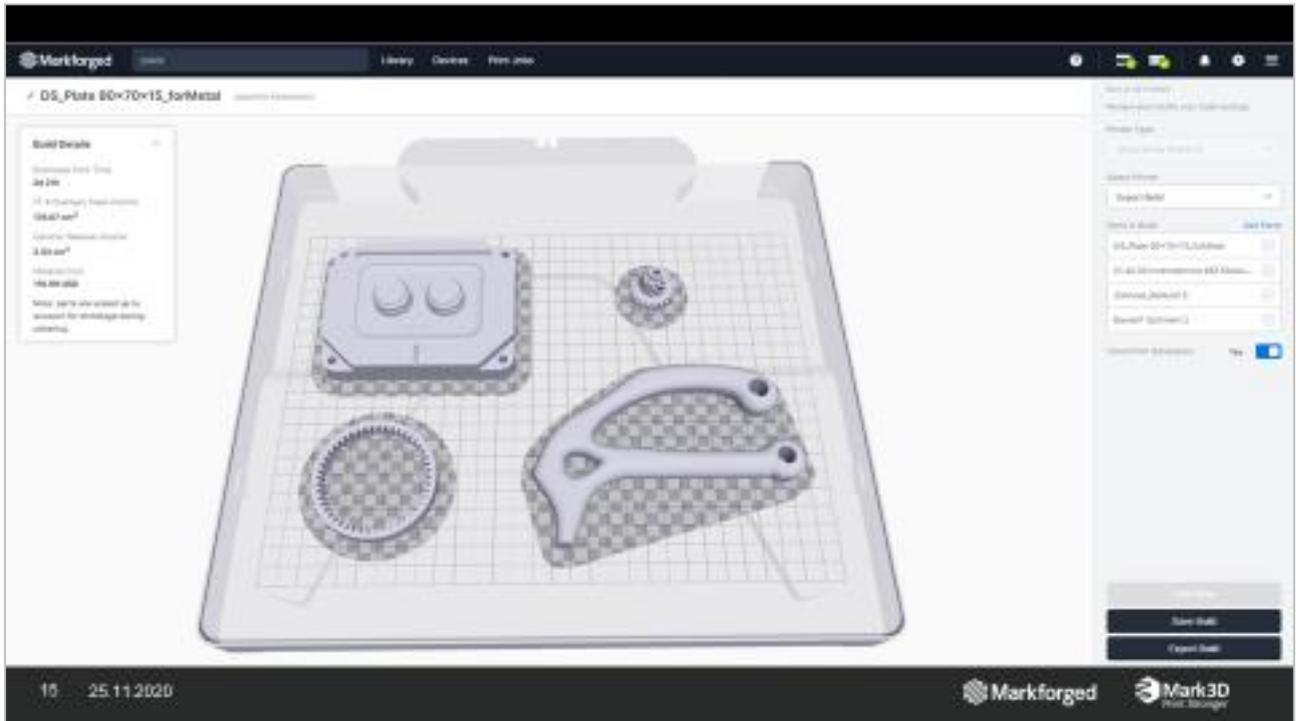
ADAM-Teil nach dem **Sintern**



Markforged

Mark3D
Post-Processor





Einfachster **Materialwechsel!**

1 kg Spulen (200 cm³)

Materialwechsel in wenigen Minuten

18 25.11.2020

Markforged

Mark3D
Print Storage

Metal X

Stützstruktur zwecks
Schwindungsausgleich
aus gleichem Material



Keramik als
Trennschicht

Markforged

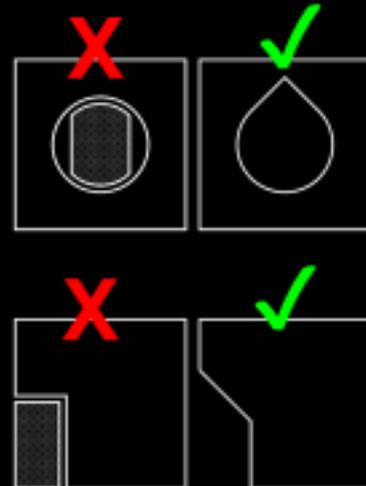
Mark3D
Post-Processor

Stützmaterial optimieren

Teile so ausrichten, dass Überhänge
möglichst vermieden werden

Kleine Überhänge unter 45° anfasen

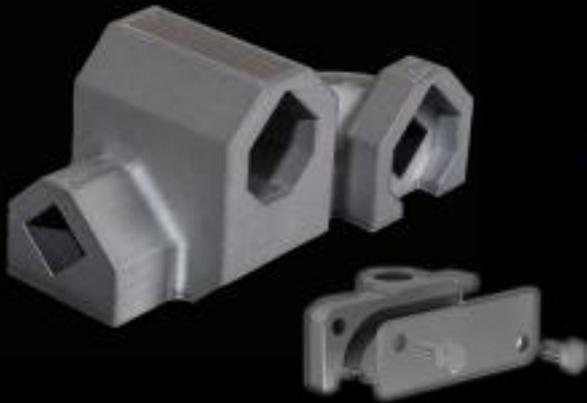
Kanäle in Tropfenform konstruieren



Markforged

Mark3D
Post-Processor

Metal X



- Durch Optimierung Stützmaterial-Frei fertigen!
- **Bisher 4 Bauteile – jetzt EIN Bauteil!**
- Einsparung:
 - Zeit: x 20
 - Kosten: x 12

19 25.11.2020

Markforged

Mark3D
Post-Processing



20 25.11.2020

Markforged

Mark3D
Post-Processing

Metal X



21 25.11.2020

Markforged

Mark3D
Print Storage

Metal X



22 25.11.2020

Markforged

Mark3D
Print Storage

Kupfer



23 25.11.2020

Markforged

Mark3D
mit Strunz

Metal X

Nicht
nachbearbeitet



Grünling nass
geschliffen



Nach dem Sintern
Geschliffen und poliert



Nach dem Sintern
CNC bearbeitet



24 25.11.2020

Markforged

Mark3D
mit Strunz

Wann fangen Sie an?



Markforged

Mark3D
Print Storage

The future is
NOW!



Just DO it!

25 25.11.2020

Markforged

Mark3D
Print Storage

Herzlichen Dank



Joachim Kasemann
Geschäftsführer
jk@mark3d.de
+49 170 6987722



[zurück zum Programm](#)

Metall-3D-Druck mit dem Cold spray Verfahren. Anwendungsteile in dreifacher Schallgeschwindigkeit zu Serienkosten

Stefan Ritt

Spee3d GmbH Lübeck



THE FUTURE OF MANUFACTURING

COMMERCIAL IN CONFIDENCE – NOT FOR DISTRIBUTION

Metal Parts

- > Low cost - competitive
- > On site manufacturing – reduced inventory
- > On demand – reduced work in progress
- > Redefining the supply chain

Industries This Will Impact

- > Defence (Navy, Airforce, Army)
- > Mining / Oil and Gas
- > Aerospace / Automotive
- > General industry



WHY HASN'T METAL 3D PRINTING DELIVERED?

Metal 3D printing offers geometric freedom, but is slow and expensive



- > Focus on high \$ value parts
- > Medical, dental, aerospace



3

SPEED3D

REAL MANUFACTURING ISSUES

Casting is capital intensive and inefficient for small to mid size production volumes



- > Large and expensive infrastructure
- > Minor changes add significant time and cost



4

SPEED3D

REAL END USER ISSUES

Existing solutions for on-demand parts inefficient



- > Reduced time to market
- > Reduced inventory
- > Reduced component cost
- > Critical component failure can result in significant down-time



5

SPEE3D

SPEE3D

Metal parts on demand at **production speeds and costs**

6

SPEE3D

HOW WE DO IT - SUPERSONIC 3D DEPOSITION (SP3D)

- > Powders accelerated to supersonic speeds
- > Combining proven technologies to produce a unique, patentable design
 - Supersonic rocket nozzle
 - 6-axis robotics
 - PLC safety control
- > Sophisticated algorithms used to generate robotic tool path



7

SPEE3D

LIGHTSPEE3D DELIVERS THE FOLLOWING



HIGH SPEED PRINTING

100 to 1000 times faster than traditional 3D printing



STRONG

High density, strong parts



FLEXIBLE PRODUCTION

Print 1 part or 10,000



USER FRIENDLY

Print on the spot, as you need it



LOW COST

Similar unit cost to casting



8

SPEE3D

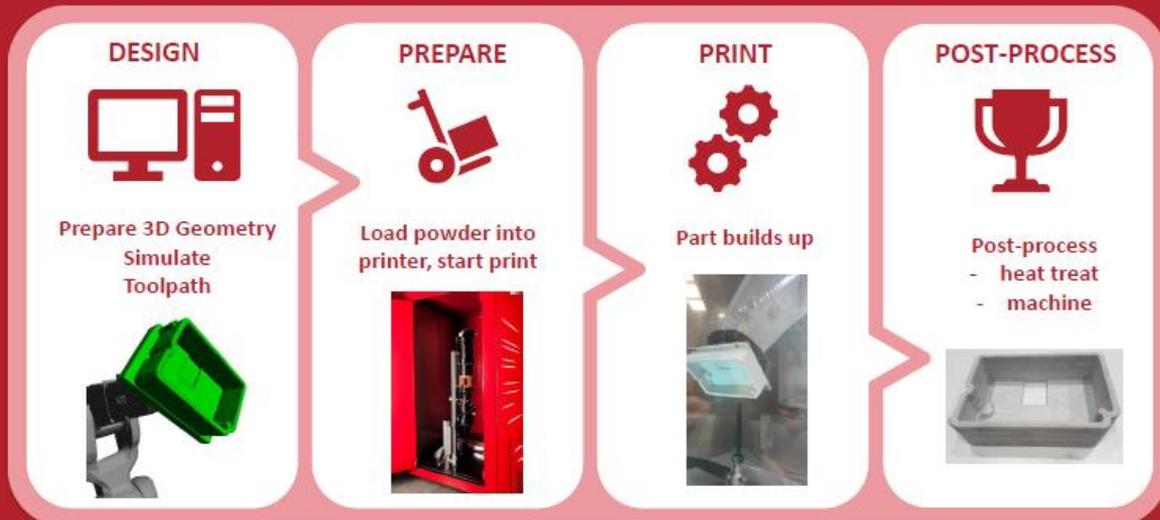
HIGH SPEED, LOW COST 3D METAL PRINTING



9

SPEED3D

PART MANUFACTURING WORKFLOW



10

SPEED3D

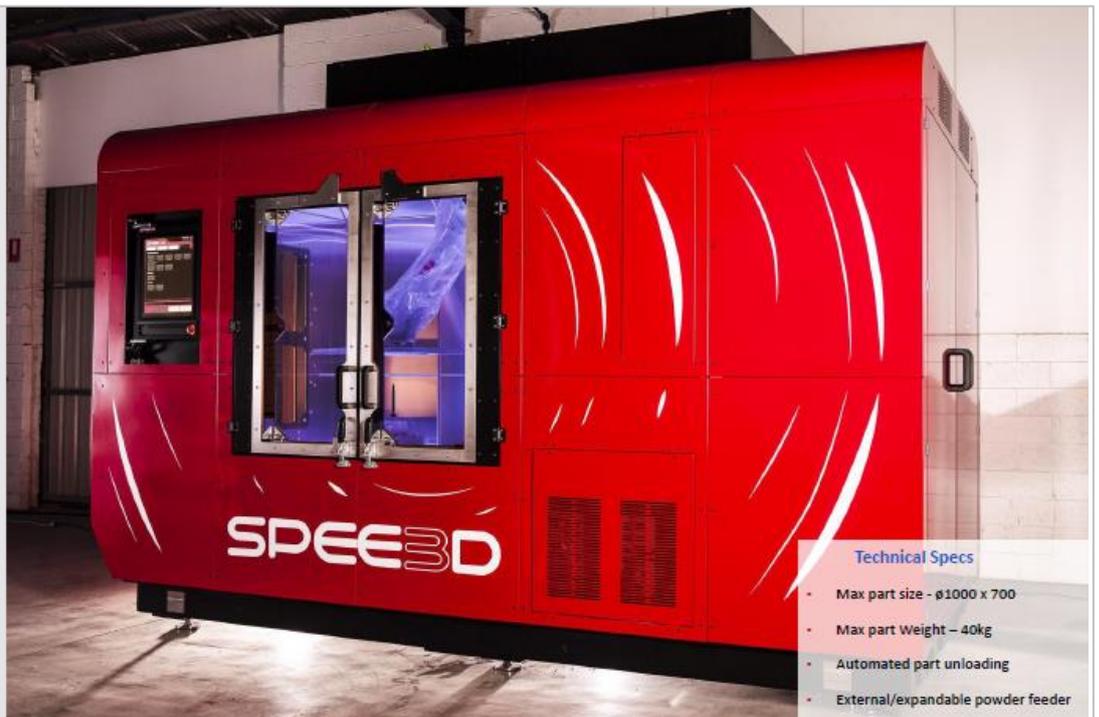
LIGHTSPEED3D



Technical Specs

- Max part size – 300 x 300 x 300
- Max part weight – 4kg
- Integrated powder feeder
- Option dual powder feeder

WARPSPEED3D



Technical Specs

- Max part size - ϕ 1000 x 700
- Max part Weight – 40kg
- Automated part unloading
- External/expandable powder feeder

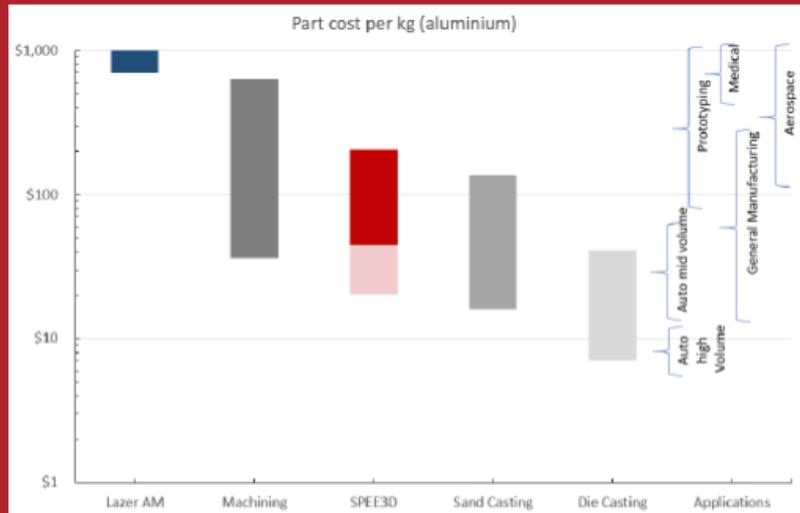
FOR PRODUCTION CHOOSE THE RIGHT TECHNOLOGY

Metric = part cost (\$/kg) (+/-)

- Laser AM \$1000/kg
- Sand casting/SP3D \$100/kg
- Die casting \$10/kg

SP3D - JIT, inventory reduction, WIP, time to market 24% cost reduction

Volume and price will drive adoption



REAL PARTS & MATERIALS

Copper (99.9%)

- Low cost
- Electrical/thermal conductivity
- 80-100% of IACS

Aluminium (6061)

- Replace cast parts
- Meets UNS03560 casting material specification



COPPER PART CASE STUDY

Copper EDM tool (step-drill)

Print time – 17 minutes (+6 min machining)

Cost - \$8.50 (material + amortisation + overheads)



Copper Handles

Print time – 11minutes, 38sec (+3 min machining)

Cost - \$6.85 (material + amortisation + overheads)



15

SPEE3D

Byron Kennedy
CEO
SPEE3D

Byron.Kennedy@spee3d.com
www.spee3d.com



SPEE3D

3D-Druck von Hochleistungskeramiken: Mit Materialentwicklung, Formgebung und Bearbeitung zum fertigen Produkt

Albert Kerber

SiCeram GmbH Jena

3D-Druck von Hochleistungskeramik: Entwicklung, Herstellung und Eigenschaften von Filamenten und Bauteilen

Referent: Dr. Albert Kerber; SiCeram GmbH, Jena

3D-Drucken in der Anwendung
7. Mitteldeutsches Forum Rapid Technologien
26. Oktober 2020

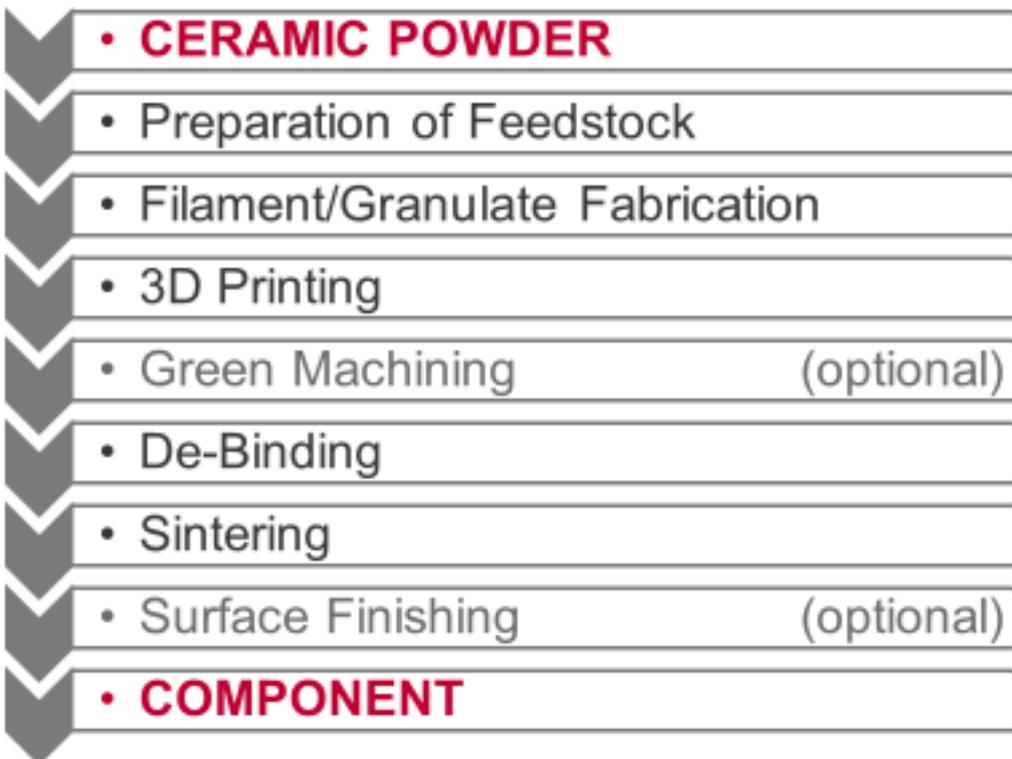


Projekt Nr.: 2019 FE 9037

INHALTSVERZEICHNIS

Prozesskette	1
Feedstock Extrusion	2
Filament Extrusion	3
Filament Eigenschaften	5
Definitionen: LS & SF	7
Datenblatt Auszug	8
Filamentdichte nach dem Drucken	9
Grünbearbeitung	10
Extraktionsgrad	11
Thermische Entbinderung & Sinterung	12
Charakterisierung	13
Typische 3D-Bauteile	14
Zusammenfassung	20

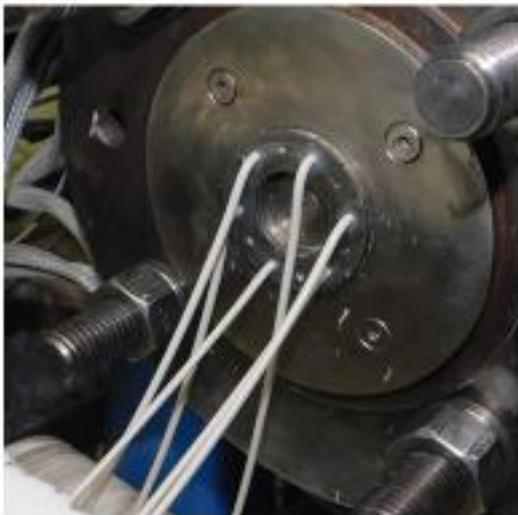
PROZESSKETTE



1

FEEDSTOCK EXTRUSION

Plastifizierung des Feedstocks im Doppelschnecken-Extruder, Kopfplatte mit Austrittslöchern



Gemahlener Feedstock, Ausgangsmaterial für die Filament-Extrusion



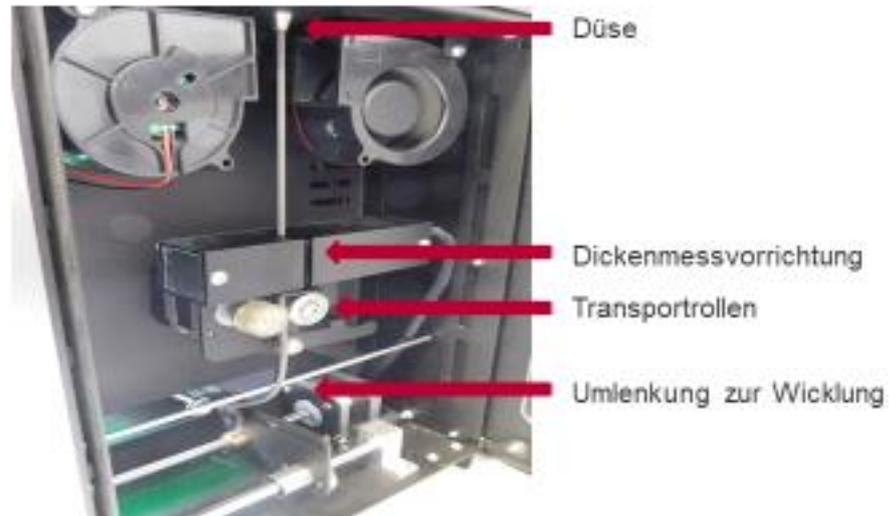
Maßstab:

10 mm

2

FILAMENT EXTRUSION

Filament-Herstellung im
Ein-Schnecken-Extruder



3

FILAMENTE

Spule mit
Aluminiumoxid-Filament



Filamentdurchmesser: 2.85 mm

Filamente aus 6
verschiedenen Materialien



Filamentdurchmesser: 1.75 mm und 2.85 mm

4

ÜBERSICHT FILAMENTE: NICHT-OXIDE



	SSiC-FFF-18-02	SN-FFF-19-01	WC/Co-90/10-FFF-18-01
Filament Diameters	2.85 mm and 1.75 mm	2.85 mm and 1.75 mm	2.85 mm and 1.75 mm
Content of Organics	21.4 mass-%	20.6 mass-%	6.49 mass-%
Green Density of Filament	2.161 g/cm ³	2.200 g/cm ³	7.438 g/cm ³
Printing Temperature	155 – 170 °C (180°C)	155 – 170 °C (160°C)	155 – 170 °C (155°C)
Printing Speed	5 – 30 mm/s	5 – 30 mm/s	5 – 30 mm/s
Linear Shrinkage from Printed to Sintered Dimensions and Scaling Factor SF	x/y printing direction: LS _{xy} = 16.4 % → SF = 1.196 z printing direction : LS _z = 21.2 % → SF = 1.269	x/y printing direction: LS _{xy} = 18.36 % → SF = 1.225 z printing direction : LS _z = 20.36 % → SF = 1.256	x/y printing direction: LS _{xy} = 20.32 % → SF = 1.250 z printing direction : LS _z = 24.45 % → SF = 1.324

5

ÜBERSICHT FILAMENTE: OXIDE



	Al99.7-FFF-19-03	ZrO ₂ -3YTZP-FFF-19-03	Porz1105-FFF-19-06
Filament Diameters	2.85 mm and 1.75 mm	2.85 mm and 1.75 mm	2.85 mm and 1.75 mm
Content of Organics	19.5 mass-%	13.8 mass-%	25.3 mass-%
Green Density of Filament	2.540 g/cm ³	3.441 g/cm ³	1.900 g/cm ³
Printing Temperature	155 – 170 °C (160°C)	155 – 170 °C (170°C)	155 – 170 °C (160°C)
Printing Speed	5 – 30 mm/s	5 – 30 mm/s	5 – 30 mm/s
Linear Shrinkage from Printed to Sintered Dimensions and Scaling Factor SF	x/y printing direction: LS _{xy} = 19.0 % → SF = 1.235 z printing direction : LS _z = 21.5 % → SF = 1.274	x/y/z printing direction: LS = 20.3 % → SF = 1.255	x/y printing direction: LS _{xy} = 17.0 % → SF = 1.205 z printing direction : LS _z = 21.0 % → SF = 1.266

6

DEFINITIONEN:

LINEARE SCHWINDUNG (LS)

SKALIERUNGS-FAKTOR (SF)

Lineare Schwundung LS

$LS = (l_0 - l_s) / l_0 = 1 - l_s / l_0$
 mit l_0 = Abmessung des Grünkörpers nach dem Drucken
 l_s = Abmessung des gesinterten Körpers

Skalierungs-Faktor SF

$SF = 1 / (1 - LS)$

Beispiel:

LS = 20 % = 0,20
 SF = 1,25
 Bauteillänge Fertigmaß: 20mm
 Bauteillänge gedruckt, grün: 25 mm

DATENBLATT AUSZUG

Aluminum Oxide 99.7: Filaments for 3D-Printing

Denomination	A199.7-FFF-19-03
Filament diameters	2.85 mm and 1.75 mm
Content of organics	18.5 mass-%
Green density of filament	2.540 g/cm ³
Printing temperature	155 – 170 °C
Printing speed	5 – 30 mm/s
Sintering conditions	T = 1.540 °C in air
Linear shrinkage from printed to sintered dimensions and scaling factor SF	x/y printing direction: $LS_{xy} = 19.0\% \Rightarrow SF = 1.235$ z printing direction: $LS_z = 21.5\% \Rightarrow SF = 1.274$



Spool with filament
D = 2.85 mm



Sample component of aluminum oxide 99.7

Cubes with apertures:
left: as printed
right: as sintered

FILAMENTDICHTE, GRÜNDICHTE NACH DEM DRUCKEN

Material	Theoretische Dichte in g/cm ³	Organikgehalt in Masse - %	Organikgehalt in Volumen-%	Keramikanteil in Volumen-%	Filamentdichte (P _{FD}) in g/cm ³	Gründichte 3D- Druck in % P _{FD}
Siliciumcarbid SiC	3,210	21,4	46,99	53,01	2,161	99
Siliciumnitrid Si ₃ N ₄	3,278	20,6	46,36	53,64	2,200	97
Aluminiumoxid Al ₂ O ₃	3,990	19,5	49,47	50,53	2,540	>99
Zirkonoxid ZrO ₂	6,050	13,8	49,49	50,51	3,441	98,3
Porzellan	2,772	25,3	48,77	51,23	1,900	>99
Hartmetall WC/Co (90/10)	14,531	6,5	50,56	49,44	7,438	>99

9

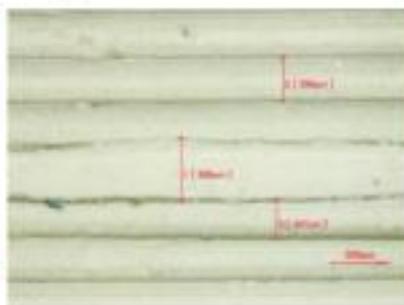
GRÜNBEARBEITUNG

**Seitenansicht Würfel
mit Durchbruch**



Länge horizontal: 20 mm

**Schichtaufbau in
vergrößerter Darstellung**



**Oberfläche grün
geläpft und poliert**

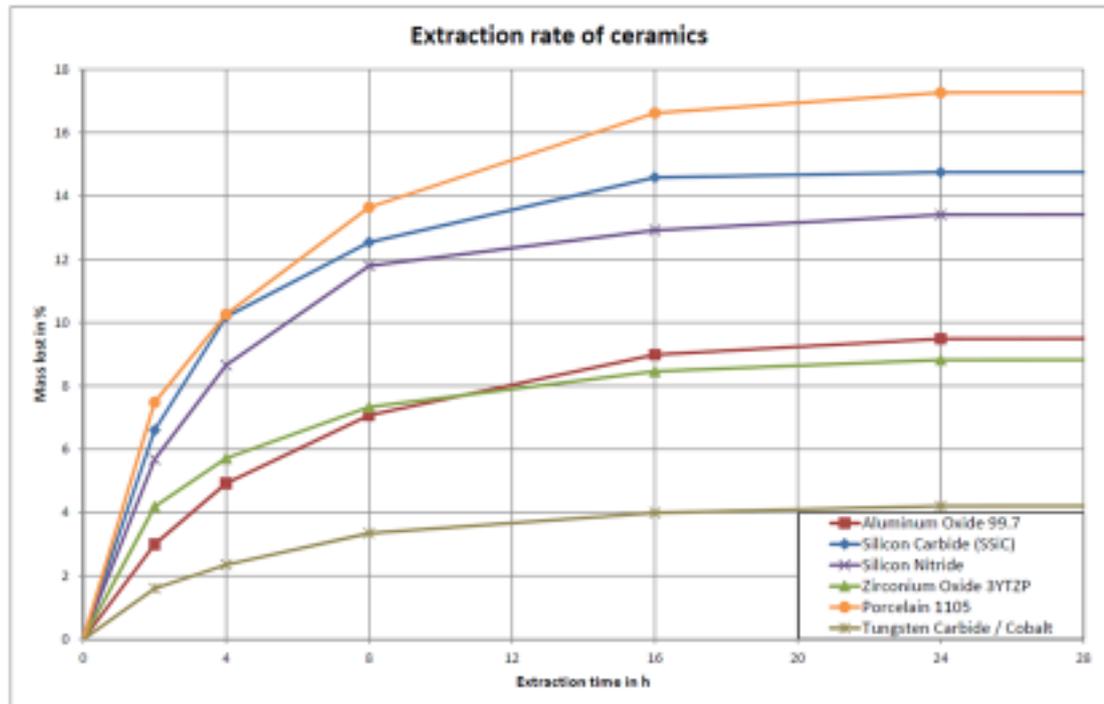


Anschließend mittels Laser graviert

10

EXTRAKTIONSGRAD

Bei 42°C in Aceton



11

THERMISCHE ENTBINDERUNG & SINTERUNG

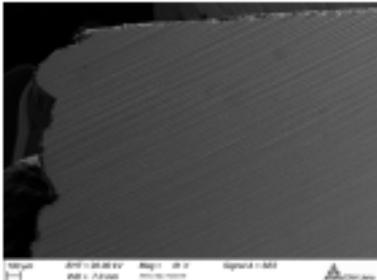
Prozessschritt/ Material	SSiC	Si ₃ N ₄	Al ₂ O ₃	ZrO ₂	Porzellan	WC/Co
Entbinderung						
Atmosphäre	N	Luft	Luft	Luft	Luft	H
Temperatur in °C	280	600	450	450	450	/
Zyklusdauer* in h	2,5	12	12	12	12	/
Sinterung						
Atmosphäre	Ar: 0,1-1 bar	N: 10 bar	Luft	Luft	Luft	Ar: 40 bar
Temperatur in °C	2.185	1.675	1.540	1.475	1.240	1.340
Zyklusdauer* in h	9	8	10,5	10	5	/

*ohne Abkühlzeit

12

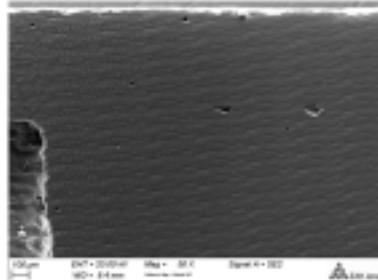
CHARAKTERISIERUNG: SINTERDICHT, FESTIGKEIT

Sinterdichten liegen im Bereich von gepressten oder spritzgegossenen Bauteilen. Gründichte sollte möglichst nahe an der Filamentdichte liegen.



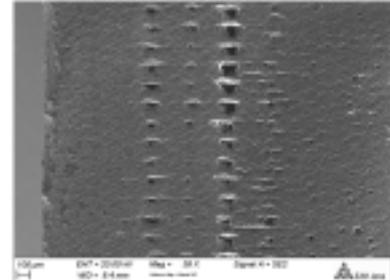
REM-Aufnahme Schnitt durch ein gesintertertes Bauteil WC/Co:

Poren-frei → **SEHR GUT**



REM-Aufnahme Schnitt durch ein gesintertertes Bauteil ZrO₂:

sehr wenige Poren → **GUT**



REM-Aufnahme Schnitt durch ein gesintertertes Bauteil Al₂O₃:

Zwickel → **SCHLECHT**

Festigkeiten:

Erste Ergebnisse aus Untersuchungen der 4-Pkt.-Biegefestigkeit zeigen, dass 60 – 70 % der Festigkeit von gepressten oder spritzgegossenen Bauteilen erreicht werden.

Im Moment werden Proben zur Messung der Biegefestigkeit mittels Doppel-Ring-Test hergestellt.

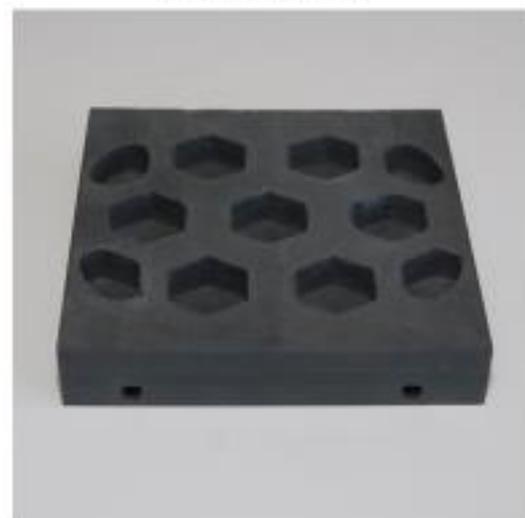
13

TYPISCHE 3D-BAUTEILE: SSiC

Schraube aus drucklos gesintertertem Siliziumcarbid



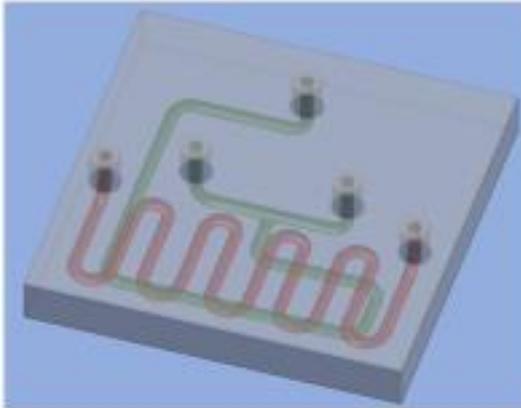
Wabenspiegel mit internen Kühlkanälen



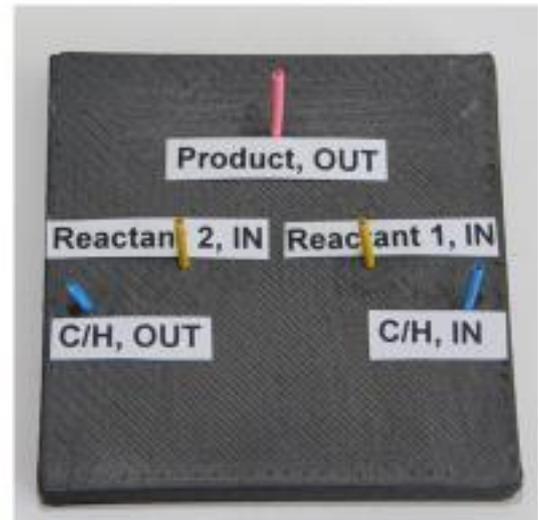
14

TYPISCHE 3D-BAUTEILE: SSiC

Schema eines Mikroreaktors



Mikroreaktor



15

TYPISCHE 3D-BAUTEILE: Si₃N₄

Konisches Zahnrad,
aus Granulat gedruckt



Dichtring aus Siliziumnitrid

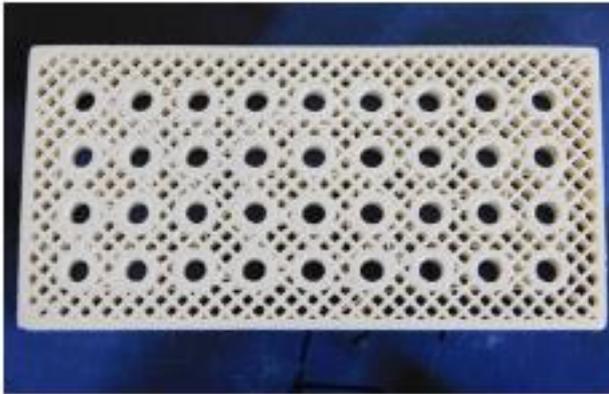


Außendurchmesser: 125 mm
Höhe: 13 mm
Innenfüllung: 30 %

16

TYPISCHE 3D-BAUTEILE: Al_2O_3

Sinterunterlage



Maße: 100*50*5 mm³
Massenreduzierung durch offene Netzstruktur

Gasverteilerdüse für die
Glasfaserherstellung

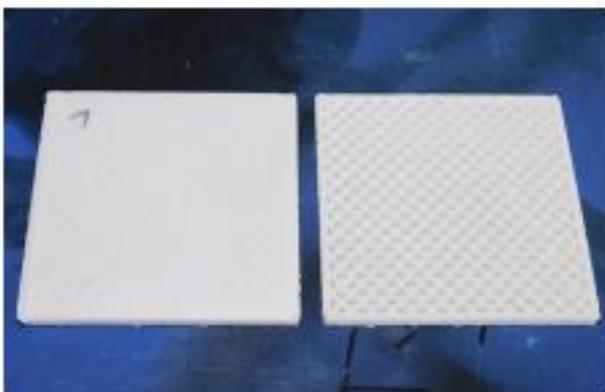


Außendurchmesser: 27 mm
Lochdurchmesser innen: 0,8 mm

17

TYPISCHE 3D-BAUTEILE: ZrO_2

Sinterunterlage



Maße: 50*50*5 mm³
Massenreduzierung durch Netzstruktur auf der Rückseite

Kugel aus Zirkonoxid



Durchmesser: 35 mm

18

TYPISCHE 3D-BAUTEILE: HARTMETALL

Rotormesser



Hartmetall WC/Co (90/10)
Massenreduzierung durch innere Netzstruktur

Eingebaute Rotormesser in
Granulatmühle



19

ZUSAMMENFASSUNG

- Filamente mit den Durchmessern 1,75 mm und 2,85 mm für den 3D-Druck von Hochleistungskeramik und Hartmetall sind verfügbar.
- Die Filamente können mit allen handelsüblichen Druckern, die für Kunststoffe geeignet sind, verarbeitet werden.
- Die gedruckten Bauteile können, falls erforderlich, mittels der üblichen spanabhebenden Verfahren nachbearbeitet werden (Drehen, Fräsen, Bohren, Schleifen).
- Der 3D-Druck von Keramik stellt ein alternatives Formgebungsverfahren für Prototypen und Klein(st)serien dar und ermöglicht Bauteile mit komplexen Geometrien (z.B. innenliegende Hohlräume), die anders nicht herstellbar sind.
- Die Qualität des Bauteils wird entscheidend durch die nachfolgenden Verarbeitungsschritte Entbinderung und Sinterung bestimmt.

20



Am Nasstal 10 – 07751 Jena-Maua – Deutschland

Phone: +49 3641 6229 52 – E-Mail: a.kerber@jsj.de



Projekt Nr.: 2019 FE 9037

[zurück zum Programm](#)

TinkerToys - Kinderleicht in 3D konstruieren

Sebastian Friedrich

TinkerToys GmbH Magdeburg und Leipzig







**Lizenzen für
Medienzentren**

Für Medienzentren steht der Digitale Baukasten in verschiedenen Lizenzmodellen zur Verfügung, die sowohl den lokalen Einsatz in Medienzentren, beispielsweise im Makerspace oder digitalen Labor, als auch den temporären Verleih der Softwarelizenz an Schulen ermöglichen.



**Lehrmaterial
nach OER
Standard**

Für den Digitalen Baukasten steht ein breites Angebot an frei verfügbarem Lehrmaterial zum kostenfreien Download zur Verfügung. Es unterstützt bei der Unterrichtsgestaltung im MINT-Bereich, Kunst aber auch bei fächerübergreifenden Projekten (bspw. zur digitalen Produktentwicklung).

- Mit dem Einsatz des Digitalen Baukastens im Unterricht lassen sich eine breite Palette an Lernzielen aus den Lehrplänen in verschiedenen Fächern erreichen:
- Geometrie im dreidimensionalen Raum
 - Geometrische Figuren: Kugel, Würfel, Quader, Pyramide, Kegel, Zylinder
 - Räumliches Vorstellungsvermögen/gedankliche Orientierung im Raum
 - Symmetrie, Spiegelung
 - Größen und Messen
 - Darstellung komplizierterer Körper in der Wirklichkeit und in der Abbildung
 - Bauen und Konstruieren
 - Computergestütztes Konstruieren technischer Objekte
 - Fertigen technischer Objekte
 - Gestalten von fachspezifischen Projekten (Beispiele: Auftriebsmodelle, Sonnenuhr, Planetenmodell, Labyrinth, ...)

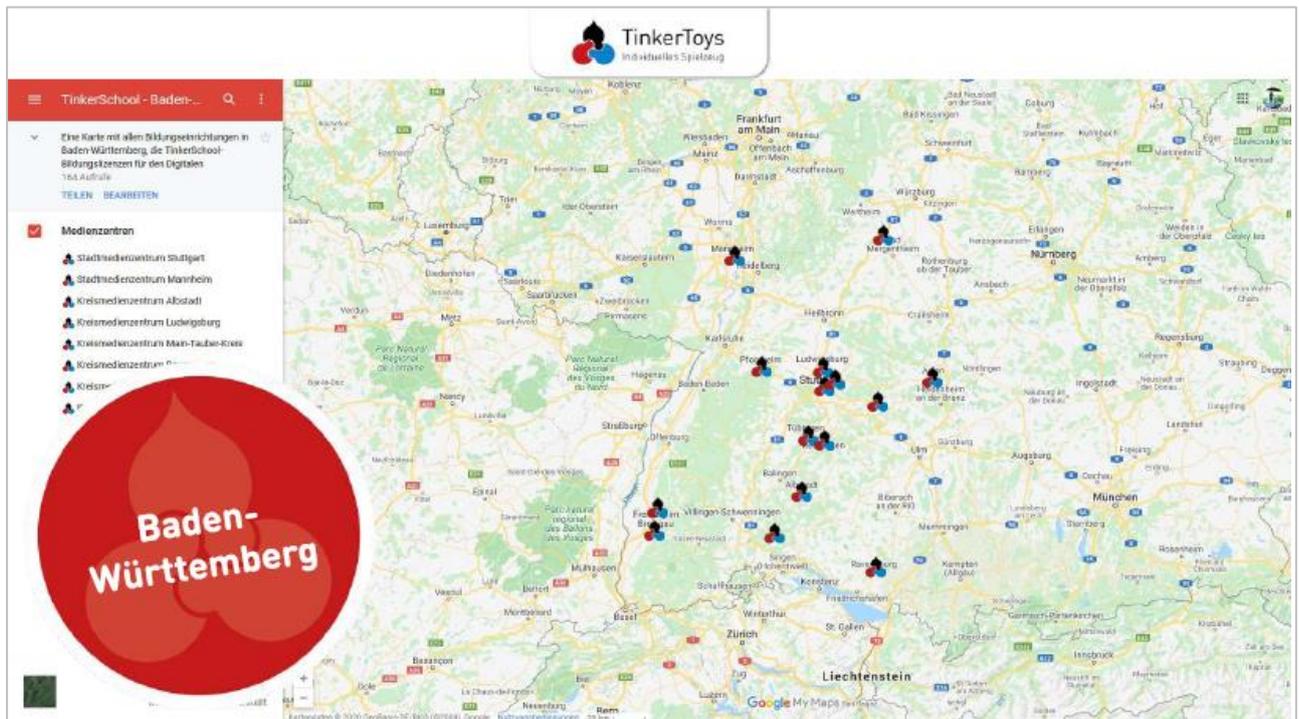
Vielfältige Lernziele

Pilotschulen in 6 Bundesländern

- Bayern
- Berlin
- Mecklenburg-Vorpommern
- Niedersachsen
- Sachsen-Anhalt
- Sachsen

Unterstützung von Schülerfirmen in Kooperation mit IW JUNIOR und der Deutschen Kinder- und Jugendstiftung

Referenzen



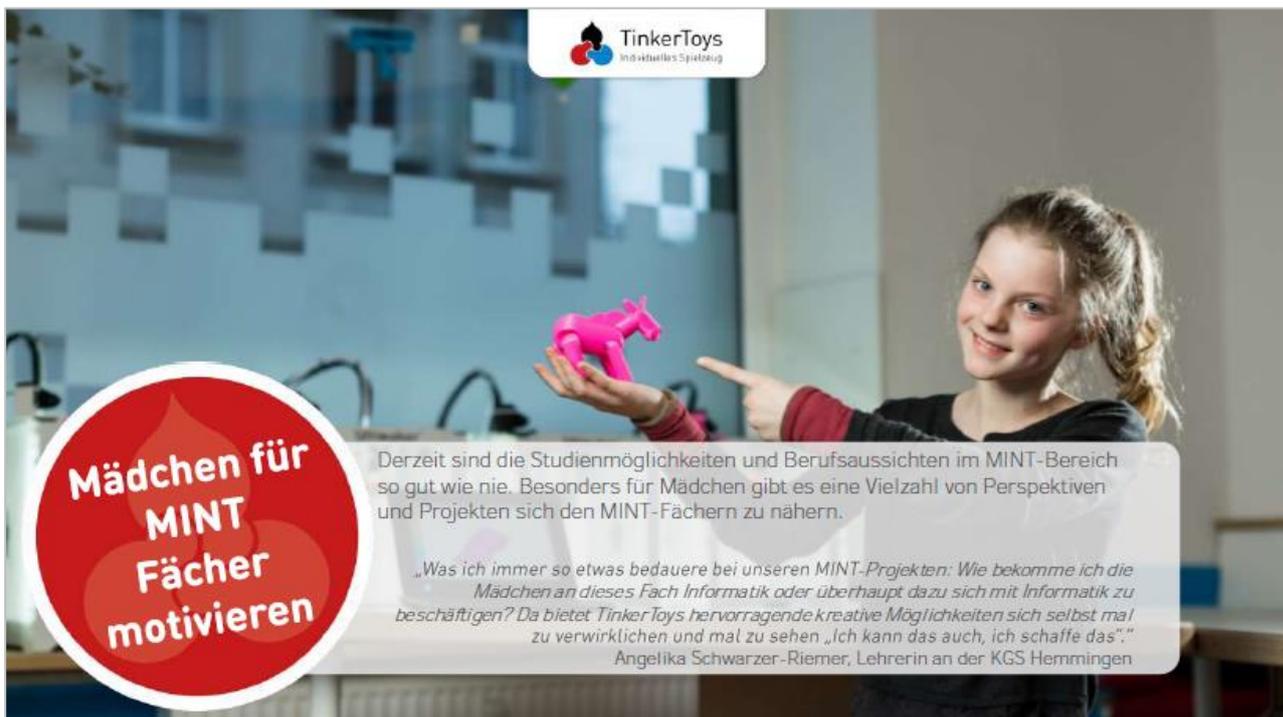


TinkerToys
Individuelles Spielzeug

Workshops

Gemeinsam mit Partnern bieten wir kreative Workshops zu vielen Themen:

- 3D-Wellen mit 3D-Konstruktion, 3D-Druck & Virtual Reality
- Dein eigenes Spielzeug als 3D-Druck
- Deine Minecraft-Figur als 3D-Druck
- Bau deinen eigenen Wackelroboter mit 3D-Druck
- Programmiere dein eigenes Spiel mit 3D-Druck Hauptfigur
- 3D-Druck im Weltraum
- Dein 3D-Druck Stop Motion Film



TinkerToys
Individuelles Spielzeug

Mädchen für
MINT
Fächer
motivieren

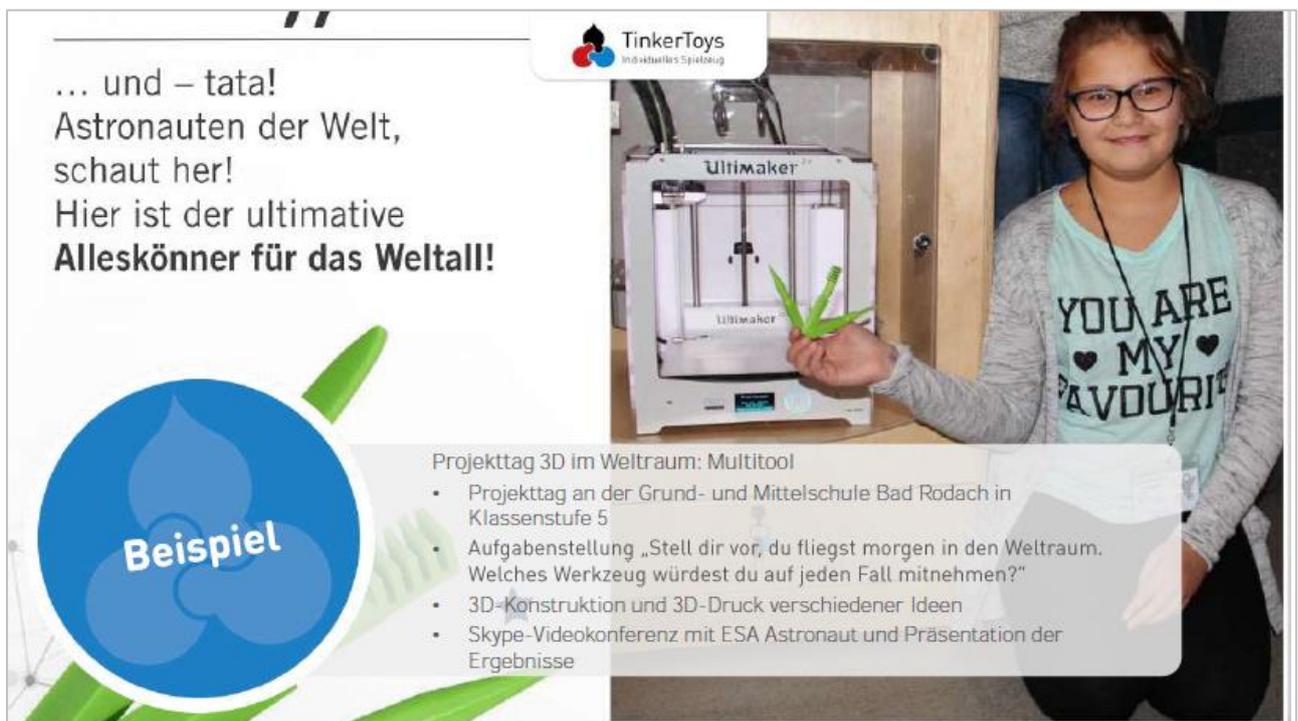
Derzeit sind die Studienmöglichkeiten und Berufsaussichten im MINT-Bereich so gut wie nie. Besonders für Mädchen gibt es eine Vielzahl von Perspektiven und Projekten sich den MINT-Fächern zu nähern.

„Was ich immer so etwas bedauere bei unseren MINT-Projekten: Wie bekomme ich die Mädchen an dieses Fach Informatik oder überhaupt dazu sich mit Informatik zu beschäftigen? Da bietet Tinker Toys hervorragende kreative Möglichkeiten sich selbst mal zu verwirklichen und mal zu sehen „Ich kann das auch, ich schaffe das!““
Angelika Schwarzer-Riemer, Lehrerin an der KGS Hemmingen



3D Konstruieren in der Vorschule

- Kooperationsprojekt mit der KLAX Kreativwerkstatt in Berlin
- erste Versuche in der 3D Konstruktion mit Kindern im Vorschulalter
- Herstellung der Ergebnisse mittels 3D Druck
- Verbindung aus digitaler Konstruktion und analogem/physischem Endergebnis
- räumliche Vorstellungsvermögen der Kinder frühzeitig aufzuwecken fördern



... und – tata!
Astronauten der Welt,
schaut her!
Hier ist der ultimative
Alleskönner für das Weltall!



Projekttag 3D im Weltraum: Multitool

- Projekttag an der Grund- und Mittelschule Bad Rodach in Klassenstufe 5
- Aufgabenstellung „Stell dir vor, du fliegst morgen in den Weltraum. Welches Werkzeug würdest du auf jeden Fall mitnehmen?“
- 3D-Konstruktion und 3D-Druck verschiedener Ideen
- Skype-Videokonferenz mit ESA Astronaut und Präsentation der Ergebnisse



TinkerToys
Individuelles Spielzeug

Beispiel

Modulare Raumstation als Teamwork-Ergebnis

- Kooperationsprojekt mit VDInI Club Leipzig
- Projekttag mit 40 Kindern im Alter von 6 bis 8 Jahren
- Konstruktion einer modularen Raumstation aus 20 verschiedenen Modulen mit Verbindern aus dem Digitalen Baukasten durch Teams von jeweils 2 Kindern



TinkerToys
Individuelles Spielzeug

Beispiel

Stop Motion Filmprojekt

- Kooperationsprojekt mit dem SAEK Leipzig
- Einwöchiges Ferienprojekt mit Gruppe von Kindern von 8 -12 Jahren
- Erstellung von Stop Motion Filmen mit selbsterstellten Figuren aus dem 3D-Drucker
 - Making of: <https://youtu.be/LJHZP2AcwqE>
- Ergebnisse u.a. nominiert für Jugendvideopreis

Für Details scrollen



Schülerfirma CAD JeT Production

- Schülerinnen und Schüler der Klassenstufe 9 und 10 an der KGS Hemmingen erstellen in der Schülerfirma Merchandise und individuelle Produkte mittels 3D-Konstruktion und 3D-Druck
- Interview:
 - <https://www.tinkertoys.de/interview-kgs-hemmingen>



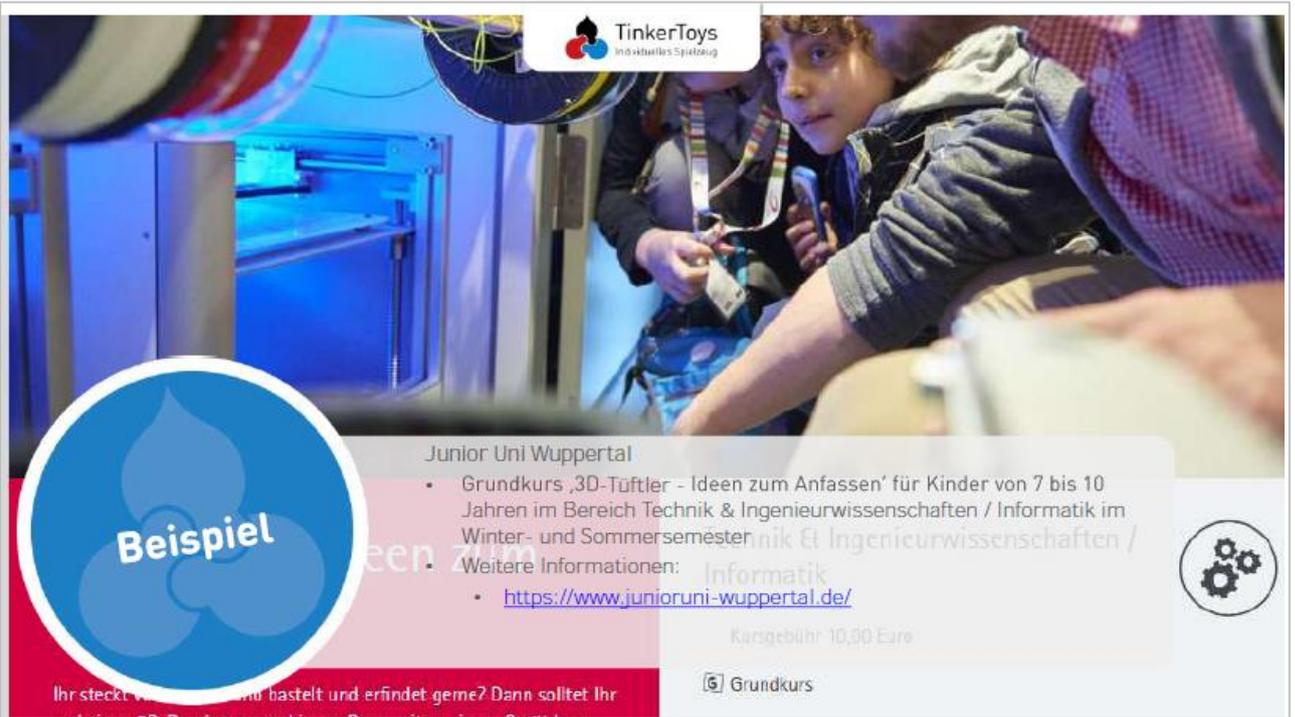
Projekttag 3D-Druck

- Sekundarschule Rosa-Luxemburg Lutherstadt Wittenberg
- 3D-Konstruktion und 3D-Druck individueller Schlüsselanhänger mit Schülerinnen und Schülern der Klassenstufe 7
- Weitere Informationen
 - <https://www.tinkertoys.de/2019/06/04/3d-druck-workshop-an-der-sekundarschule-rosa-luxemburg-schuler-konstruieren-eigene-schluselanhaenger>



MINT Festival Köln

- Kooperationsprojekt mit Stadtbibliothek Köln und TH Köln
- Konzeption der Workshopinhalte und Schulung der Mitarbeiter
- Kostenfreie 3D-Konstruktionsworkshops für über 100 Kinder inkl. 3D-Druck



Junior Uni Wuppertal

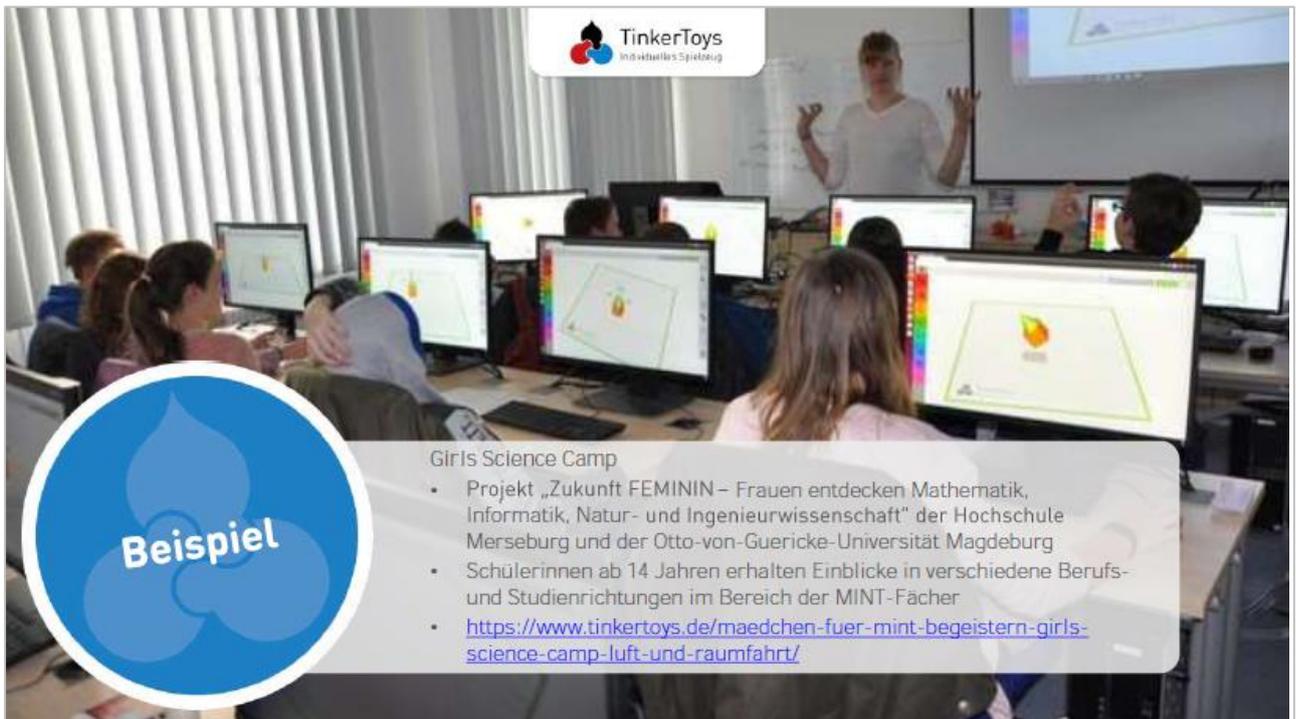
- Grundkurs ‚3D-Tüftler - Ideen zum Anfassen‘ für Kinder von 7 bis 10 Jahren im Bereich Technik & Ingenieurwissenschaften / Informatik im Winter- und Sommersemester
- Weitere Informationen: Informatik
 - <https://www.junioruni-wuppertal.de/>

Kursgebühr 10,00 Euro



Ihr steckt viel Energie in das Basteln und Erfinden? Dann solltet ihr...

Grundkurs



Girls Science Camp

- Projekt „Zukunft FEMININ – Frauen entdecken Mathematik, Informatik, Natur- und Ingenieurwissenschaft“ der Hochschule Merseburg und der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg
- Schülerinnen ab 14 Jahren erhalten Einblicke in verschiedene Berufs- und Studienrichtungen im Bereich der MINT-Fächer
- <https://www.tinkertoys.de/maedchen-fuer-mint-begeistern-girls-science-camp-luft-und-raumfahrt/>



Workshop im GRASSI Museum für Völkerkunde zu Leipzig

- Zielgruppe: Kinder von 7 bis 12 Jahren
- Inspirierender Rundgang durch das Museum und die Sonderausstellung „Megalopolis – Stimmen aus Kinshasa“, um Spielzeug im Wandel der Geschichte und in anderen Kulturen kennenzulernen.
- Anschließend Workshop zum kreativen 3D Konstruieren eigener Spielzeuge und 3D-Druck mit Abholung im Museum.




Beispiel

Projektwoche Bauhaus

- Kooperationsprojekt mit dem Bauhaus Museum Weimar
- Projektwoche mit Schülerinnen und Schülern der Klassenstufe 9
- Mix aus analogen (Papier, Beton) und digitalen Entwicklungsmethoden
- Konstruktion mit Original Bauhaus Elementen nach Walter Gropius im Digitalen Baukasten
- Präsentation in VR/AR und als 3D-Druck




Beispiel

Erwachsene entwickeln Spielzeug nach Bauhaus Prinzipien

- Kooperationsprojekt mit dem Bauhaus Museum Weimar
- Workshop ‚Design & Do!‘ für Erwachsene
- Entwicklung von Spielzeugen nach Prinzipien der Figuren-Gestaltung des Bauhaus Meisters Oskar Schlemmer

DESIGN & DO!
Workshop bei der
Bauhaus Agentur



TinkerToys
Innovatives Spielzeug

Wir suchen Partner

Wir suchen Partner, die gemeinsam mit uns Kinder für digitale Technologien und Tüfteln begeistern wollen!

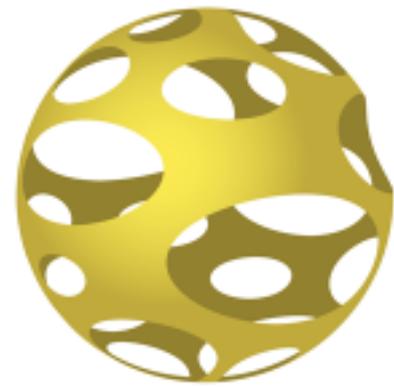
Ansprechpartner: Sebastian Friedrich
0800 200 5168 (kostenlos)
sebastian.friedrich@tinkertoys.de

[zurück zum Programm](#)

Parameteroptimierung und Material- untersuchung von additiv gefertigten Metallbauteilen

Hans-Werner Theobald

3D-Metall Theobald e. K. Leipzig



*Parameteroptimierung und Material-
untersuchung von additiv gefertigten
Metallbauteilen*

- **Vorstellung & Einführung**
- Werkstoffanalyse additiv gefertigter Bauteile
- Erarbeitung von Handlungsempfehlungen zur verbesserten Herstellung von Kupferbauteilen
- Fazit und Ausblick



Das Unternehmen

- Aufnahme der Produktion:
 - Juni 2016

- Leistungen:
 - additive Fertigung von Edelstahl und Bronze
 - Nachbearbeitung und Mikrostrahlen
 - Beratung zur fertigungsgerechten Konstruktion

- Mitarbeiter
 - Fr. Hoyer und ich

- Meine Ausbildung:
 - Industriemechaniker, Spanner-Pollux GmbH
 - Diplom Wirtschaftsingenieur, TU Dresden
 - MBA an der HHL



Hans-Werner Theobald
Karl-Heine-Straße 39
(im Business Innovation Center)
04229 Leipzig

Telefon: +49 (0)176 82032579
+49 (0)341 40 12 17 5
E-Mail: info@3d-metall-theobald.de
Internet: www.3d-metall-theobald.de

3



Verfahren: powder bed fusion (SLM)

SLM-Anlagen	DMP60	MySint 100 PM	Xline 2000R
➤ Auftragsrate		1-5 ccm/h	bis zu 120 ccm/h
➤ Schichtstärke	1 – 5 µm	15 -20µm	30 µm - 150 µm
➤ Fokusbereich	≤ 30 µm	30 µm	100 - 500 µm

Vorteile:

Filigranere Bauteile mit
freistehende Wände ab 0,1 mm
bessere Oberflächenqualität
hohe Energiedichte

Nachteile:

Längere Bauzeit und höhere Kosten
eher kleinere Teile



Hans-Werner Theobald
Karl-Heine-Straße 39
(im Business Innovation Center)
04229 Leipzig

Telefon: +49 (0)176 82032579
+49 (0)341 40 12 17 5
E-Mail: info@3d-metall-theobald.de
Internet: www.3d-metall-theobald.de

4

- Vorstellung & Einführung
- **Werkstoffanalyse additiv gefertigter Bauteile**
- Erarbeitung von Handlungsempfehlungen zur verbesserten Herstellung von Kupferbauteilen
- Fazit und Ausblick



Werkstoffanalyse additiv gefertigter Bauteile

- Christian Rickert und Tim Rathmann
- Prof. Dr.-Ing. Peter Schulze
[Fakultät Maschinenbau und Energietechnik]
- Prof. Dr.-Ing. Ulrich Weferling
[Fakultät Bauwesen]



Hans-Werner Theobald
Karl-Heine-Straße 39
(im Business Innovation Center)
04229 Leipzig

Telefon: +49 (0)176 82052579
+49 (0)341 49 13 17 5
E-Mail: info@3d-metal-theobald.de
Internet: www.3d-metal-theobald.de

6



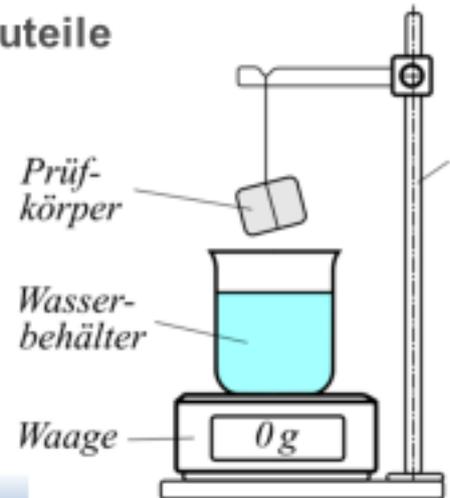
Werkstoffanalyse additiv gefertigter Bauteile

Archimedische Dichte

- Verfahren
- Prüfkörper: Würfel

- Ergebnisse

	1.404	CuSn10
Messwert	7,901 g/cm ³	8,660 g/cm ³
Literaturwert	7,95 g/cm ³	8,700 g/cm ³
In Prozent	99,38%	99,54%



Hans-Werner Theobald
Karl-Heine-Strasse 39
(im Business Innovation Center)
04229 Leipzig

Telefon: +49 (0)176 82032579
+49 (0)341 40 12 17 5
E-Mail: info@3d-metall-theobald.de
Internet: www.3d-metall-theobald.de

7



Werkstoffanalyse additiv gefertigter Bauteile

Zugfestigkeit und Streckgrenze

- Zugversuche nach DIN EN ISO 6892
- Zugproben nach VDI 3405-2
- je 5 Proben pro Ausrichtung bei 3 Ausrichtungen pro Material

- Ergebnisse

	1.404			CuSn10
Bauwinkel	0°	45°	90°	45°
Elastizitätsgrenze $R_{p0,2}$ [N/mm ²]	608	596	573	362
Zugfestigkeit R_m [N/mm ²]	710	682	633	459



Hans-Werner Theobald
Karl-Heine-Strasse 39
(im Business Innovation Center)
04229 Leipzig

Telefon: +49 (0)176 82032579
+49 (0)341 40 12 17 5
E-Mail: info@3d-metall-theobald.de
Internet: www.3d-metall-theobald.de

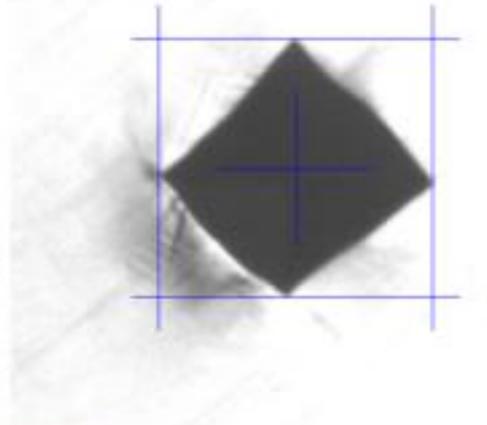
8



Werkstoffanalyse additiv gefertigter Bauteile

Härte

- Vickers-Härte (HV1) nach DIN EN ISO 6507
- Last von 1 Kilopond für 10 Sekunden
- Optische Vermessung



➤ Ergebnisse	1.404
senkrechte Schnittfläche	239 HV/1
parallele Schnittfläche	230 HV/1



Hans-Werner Theobald
Karl-Heine-Straße 39
(im Business Innovation Center)
04229 Leipzig

Telefon: +49 (0)176 82052579
+49 (0)341 4932175
E-Mail: info@3d-metall-theobald.de
Internet: www.3d-metall-theobald.de

9

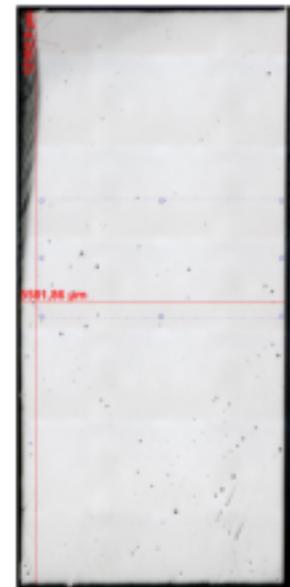


Werkstoffanalyse additiv gefertigter Bauteile

Porosität

- Digitalisierung der Schnittflächen
- Automatische Porenerkennung
- Prüfkörper: Würfel 12mm Kantenlänge
- Ergebnisse

	1.404 - Porenanteil		
	Rand	Mitte	Rand
horizontal (parallel zur Druckrichtung)	0,21%	0,24%	0,31%
vertikal (senkrecht zur Druckrichtung)	0,2%	0,3%	0,38% (unten)



Hans-Werner Theobald
Karl-Heine-Straße 39
(im Business Innovation Center)
04229 Leipzig

Telefon: +49 (0)176 82052579
+49 (0)341 4932175
E-Mail: info@3d-metall-theobald.de
Internet: www.3d-metall-theobald.de

10

- Vorstellung & Einführung
- Werkstoffanalyse additiv gefertigter Bauteile
- **Erarbeitung von Handlungsempfehlungen zur verbesserten Herstellung von Kupferbauteilen**
- Fazit und Ausblick



Erarbeitung von Handlungsempfehlungen zur verbesserten Herstellung von Kupferbauteilen

- Bastian Kallenbach
- Prof. Dr.-Ing. Peter Schulze
[Fakultät Maschinenbau und Energietechnik]



Hans-Werner Theobald
Karl-Heine-Straße 39
[im Business Innovation Center]
04229 Leipzig

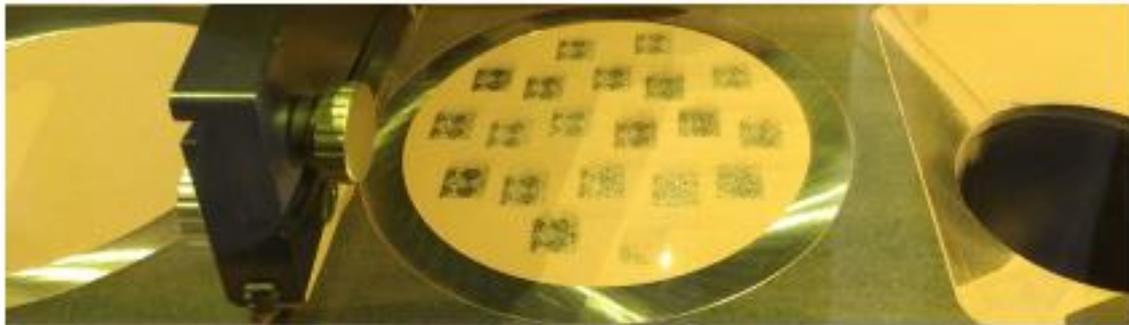
Telefon: +49 (0)176 82052579
+49 (0)41 49 12175
E-Mail: info@3d-metall-theobald.de
Internet: www.3d-metall-theobald.de

12



Erarbeitung von Handlungsempfehlungen zur verbesserten Herstellung von Kupferbauteilen

- Probekörper: Würfel nach VDI2305-2
- Verwendeter Werkstoff: reines Kupfer 99,9% der Fa. LPW
- Vorhandener Parametersatz, keine thermische Nachbehandlung
- Überprüfung der Qualität durch Messung der archimedischen Dichte



Hans-Werner Theobald
Karl-Heine-Straße 39
(im Business Innovation Center)
04229 Leipzig

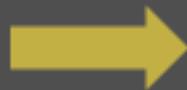
Telefon: +49 (0)176 82052579
+49 (0)341 49 12 17 5
E-Mail: info@3d-metall-theobald.de
Internet: www.3d-metall-theobald.de

13



Erarbeitung von Handlungsempfehlungen zur verbesserten Herstellung von Kupferbauteilen

- Erreichte Dichte $7,509 \text{ g/cm}^3$
- Dies entspricht 84% der Dichte von Cu-OF



Ergebnis nicht zufriedenstellend



Ursachen:

- Alterung des Werkstoffes bei Lagerung
- Zu geringer Energieeintrag für ein kontinuierliches Schmelzbad



Hans-Werner Theobald
Karl-Heine-Straße 39
(im Business Innovation Center)
04229 Leipzig

Telefon: +49 (0)176 82052579
+49 (0)341 49 12 17 5
E-Mail: info@3d-metall-theobald.de
Internet: www.3d-metall-theobald.de

14



Erarbeitung von Handlungsempfehlungen zur verbesserten Herstellung von Kupferbauteilen

- Suche nach einer Alternative
- Bessere Verarbeitbarkeit
- Gute elektrische und thermische Leitfähigkeit

In der engeren Auswahl:

- CuCrNi2Si → stark reduzierte elektrische & thermische Leitfähigkeit
→ vorhandener Parametersatz
- **CuCr1Zr** → näher an reinem Kupfer
→ unempfindlich gegenüber Wasserstoffkrankheit
→ besserer Absorptionsgrad als Kupfer
→ Entwicklung eines neuen Parametersatzes



Hans-Werner Theobald
Karl-Heine-Straße 39
(im Business Innovation Center)
04229 Leipzig

Telefon: +49 (0)176 82032579
+49 (0)341 49 12 17 5
E-Mail: info@3d-metall-theobald.de
Internet: www.3d-metall-theobald.de

15



Erarbeitung von Handlungsempfehlungen zur verbesserten Herstellung von Kupferbauteilen

- Test 10 verschiedener Parametersätze
- Variation von
 - Scangeschwindigkeit
 - Laserleistung
 - Hatch Space

Ergebnis:

- Höchste erreichte Dichte 8,728g/cm³
entspricht 98,1% der Dichte von konventionellem CuCr1Zr

Rang	Probekörper [Nr.]	Dichte reproduzierbar [g/cm ³]
1	5 & 15	8,728
	6 & 16	
2	3 & 13	8,725
3	2 & 12	8,715
4	4 & 14	8,714
5	1 & 11	8,701
6	7 & 17	8,679
7	8 & 18	8,622
8	9 & 19	8,599
9	10 & 20	8,568



Hans-Werner Theobald
Karl-Heine-Straße 39
(im Business Innovation Center)
04229 Leipzig

Telefon: +49 (0)176 82032579
+49 (0)341 49 12 17 5
E-Mail: info@3d-metall-theobald.de
Internet: www.3d-metall-theobald.de

16

- Vorstellung & Einführung
- Werkstoffanalyse additiv gefertigter Bauteile
- Erarbeitung von Handlungsempfehlungen zur verbesserten Herstellung von Kupferbauteilen

- **Fazit und Ausblick**



Fazit & Ausblick

- Technisch hoch interessante Aufgabenstellungen für die Studenten
- Wirtschaftliche Anwendbarkeit für 3D-Metall

- Allerdings 2 Fragen beantwortet – viele weitere Fragen offen

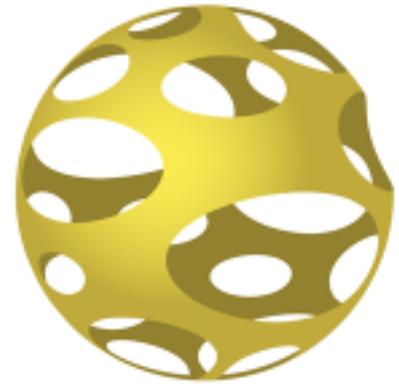


Hans-Werner Theobald
Karl-Heine-Strasse 39
(im Business Innovation Center)
04229 Leipzig

Telefon: +49 (0)176 62052579
+49 (0)341 49 13 17 5
E-Mail: info@3d-metall-theobald.de
Internet: www.3d-metall-theobald.de

18

Fragen & Anregungen



- **Telefon** ... 0176 . 62 03 25 79
- **E-Mail** ... theobald@3d-metall-theobald.de
- **Web** ... www.3d-metall-theobald.de

SEKTION 2: FASERN UND WERKZEUGE

Moderation: Dietmar Glatz, FBZ e.V. An-Institut HS Merseburg

[zurück zum Programm](#)

Integration of Endless Fibers in additive Manufacturing

Alexander Matschinski

Technische Universität München



3D-Druck in der Anwendung

7. Mitteldeutsches Forum Rapid Technologien

Als rein digitale Veranstaltung
26. Oktober 2020 – Anmeldung unter: www.rp-netzwerk.de



Integration of Endless Fibers in Additive Manufacturing

Alexander Matschinski

Technical University of Munich
Department of Aerospace and Geodesy
Chair of Carbon Composites



A. Matschinski, M. Sc.
Technical University of Munich

More information: www.lrg.tum.de/lcc

Alexander Matschinski, M. Sc. | 7. Mitteldeutsches
Forum Rapid Technologien | 26.10.2020

Chair of Carbon Composites
Department of Aerospace and Geodesy
Technical University of Munich



Agenda

- 1 Motivation
- 2 Additive Manufacturing + Composite Manufacturing
- 3 Concepts for Direct Fiber Integration
- 4 Advanced Design Including Endless Fibers
- 5 Full Potential of Endless Fiber Integration
- 6 Future Vision

Alexander Matschinski, M. Sc. | 7. Mitteldeutsches Forum Rapid Technologien | 26.10.2020

2

Agenda

- 1 Motivation
- 2 Additive Manufacturing + Composite Manufacturing
- 3 Concepts for Direct Fiber Integration
- 4 Advanced Design Including Endless Fibers
- 5 Full Potential of Endless Fiber Integration
- 6 Future Vision

Motivation



Additive Manufacturing

- Model based production
→ Concentrated data handling (CAD + CAM + CAE)
- Short process with low logistical effort

Motivation



Additive Manufacturing

- Model based production
→ Concentrated data handling (CAD + CAM + CAE)
- Short process with low logistical effort

Composite Manufacturing

- Highly efficient mechanical design
→ Anisotropic materials
- Certification guidelines for additively manufactured parts
→ Producible according to EN 9100

Motivation



How can the benefits be combined?

Agenda

- 1 Motivation

- 2 Additive Manufacturing + Composite Manufacturing

- 3 Concepts for Direct Fiber Integration
- 4 Advanced Design Including Endless Fibers
- 5 Full Potential of Endless Fiber Integration
- 6 Future Vision

Additive Manufacturing + Composite Manufacturing

Process Chain



How to integrate endless fibers in this process?

Additive Manufacturing + Composite Manufacturing

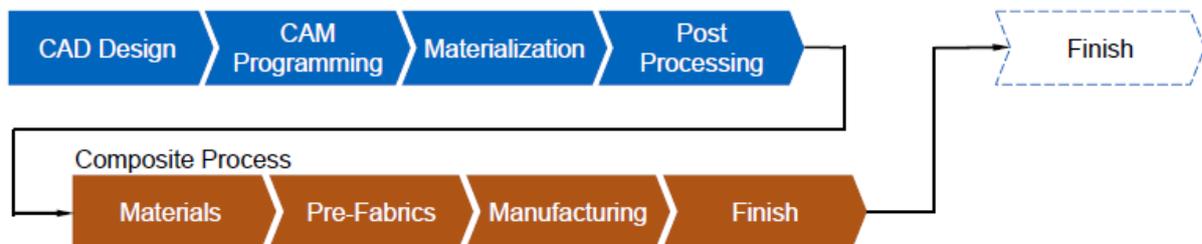
Process Chain



How to integrate endless fibers in this process?

Additive Manufacturing + Composite Manufacturing

Process Chain





https://www.youtube.com/playlist?list=PL9Q9UapbXK7_0Y2LVmsxZNsaIqaahUluz
<https://youtu.be/yJontW0mzcl>

Alexander Matschinski, M. Sc. | 7. Mitteldeutsches Forum Rapid Technologien | 26.10.2020

11

Additive Manufacturing + Composite Manufacturing



Additive Manufacturing + Thermoplastic AFP

- Direct joining
→ No additional curing

Alexander Matschinski, M. Sc. | 7. Mitteldeutsches Forum Rapid Technologien | 26.10.2020

12

Additive Manufacturing + Composite Manufacturing



Additive Manufacturing + Thermoplastic AFP

- Direct joining
→ No additional curing

Additive Manufacturing + Thermoset Winding

- Fully automated process
→ Fast lay-up

Alexander Matschinski, M. Sc. | 7. Mitteldeutsches Forum Rapid Technologien | 26.10.2020

13

Additive Manufacturing + Composite Manufacturing



Additive Manufacturing + Thermoplastic AFP

- Direct joining
→ No additional curing

Additive Manufacturing + Thermoset Winding

- Fully automated process
→ Fast lay-up

Additive Manufacturing + Thermoset Injection

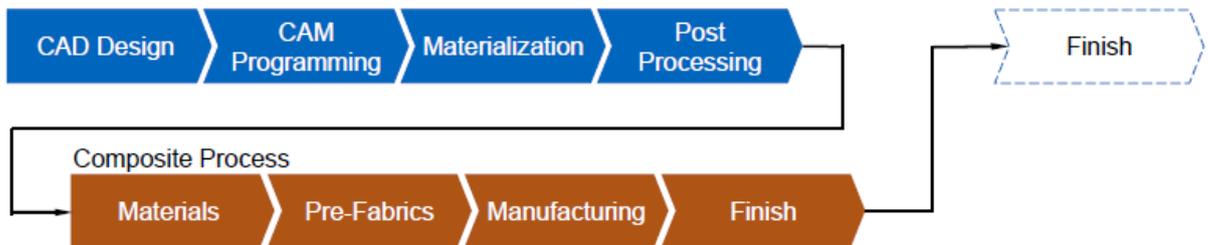
- Inner fiber deposition possible
→ High freedom of design

Alexander Matschinski, M. Sc. | 7. Mitteldeutsches Forum Rapid Technologien | 26.10.2020

14

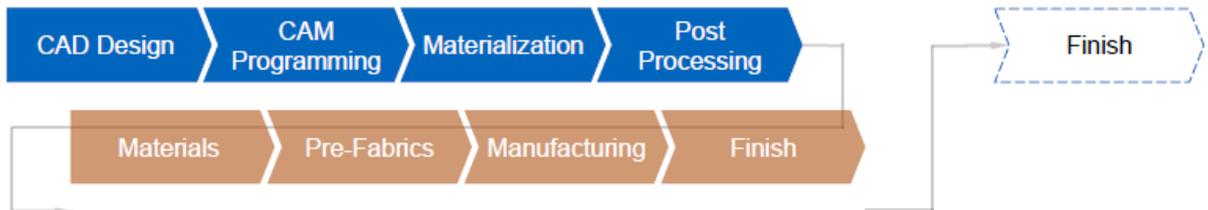
Additive Manufacturing + Composite Manufacturing

Process Chain



Additive Manufacturing + Composite Manufacturing

Process Chain



Additive Manufacturing + Composite Manufacturing

Process Chain



How to integrate endless fibers directly into the process chain of additive manufacturing?

Additive Manufacturing + Composite Manufacturing

DIN EN ISO ASTM 52900



Sheet Lamination (SHL)



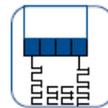
Material Extrusion (MEX)



Direct Energy Deposition (DED)



Binder Jetting (BJ)



Material Jetting (MJT)



Vat Polymerization (VPP)



Powder Bed Fusion (PBF)

Additive Manufacturing + Composite Manufacturing

DIN EN ISO ASTM 52900



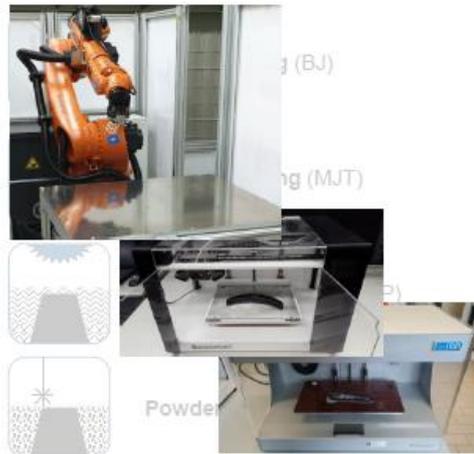
Sheet Lamination (SHL)



Material Extrusion (MEX)



Direct Energy Deposition (DED)



Alexander Matschinski, M. Sc. | 7. Mitteldeutsches Forum Rapid Technologien | 26.10.2020

19

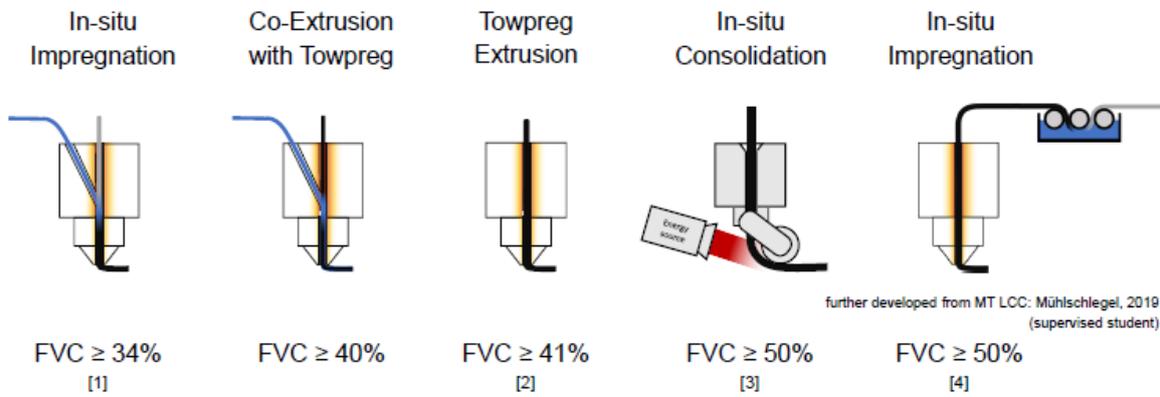
Agenda

- 1 Motivation
- 2 Additive Manufacturing + Composite Manufacturing
- 3 Concepts for Direct Fiber Integration**
- 4 Advanced Design Including Endless Fibers
- 5 Full Potential of Endless Fiber Integration
- 6 Future Vision

Alexander Matschinski, M. Sc. | 7. Mitteldeutsches Forum Rapid Technologien | 26.10.2020

20

Concepts for Direct Fiber Integration



Concepts for Direct Fiber Integration

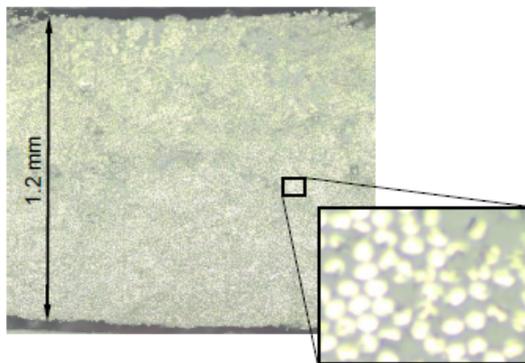


Figure: Microstructure of an UD reinforced printed specimen

Example for Fiber Integration with Co-Extrusion

- Fiber volume content $\geq 40\%$
- Reduced void content
- Partially homogeneous structure

Concepts for Direct Fiber Integration

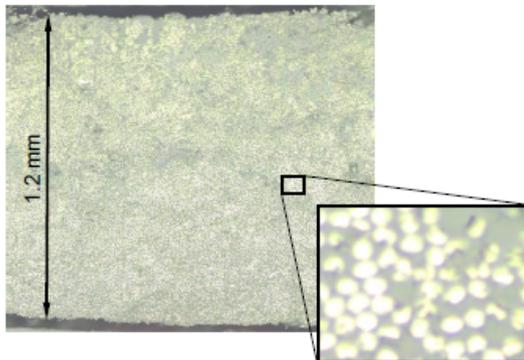


Figure: Microstructure of an UD reinforced printed specimen

Example for Fiber Integration with Co-Extrusion

- Fiber volume content $\geq 40\%$
- Reduced void content
- Partially homogeneous structure

Next investigation:

- Microstructure together with ANU
→ E.g. fiber damage

→ **How can we use this for the design of high performance parts?**

Agenda

- 1 Motivation
- 2 Additive Manufacturing + Composite Manufacturing
- 3 Concepts for Direct Fiber Integration

- 4 **Advanced Design Including Endless Fibers**

- 5 Full Potential of Endless Fiber Integration
- 6 Future Vision

Advanced Design Including Endless Fibers

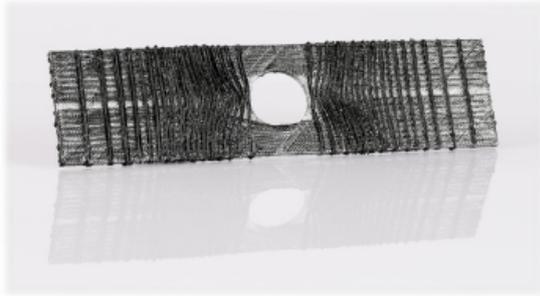


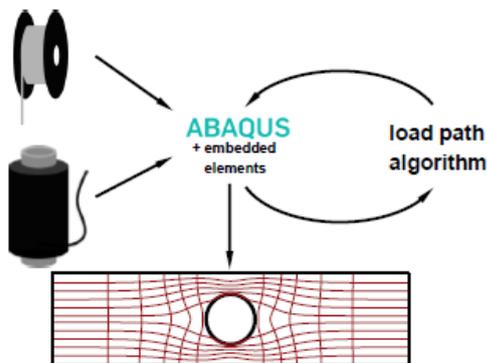
Figure: Reinforced open hole structure [5]

Reference Design

- Typical test object from composite manufacturing
- Load paths in main stress directions included
- Fiber alignment according to the load paths

→ Is this already the optimum?

Advanced Design Including Endless Fibers

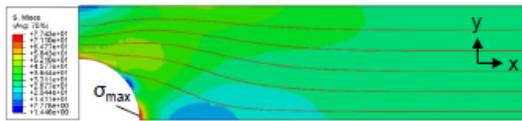


MT LCC: Grandl, 2019
(supervised student)
and in coop. with Dennis Bublitz

Simulation for Optimized Print Path Generation

- Characterization of the raw materials
- Using Abaqus with embedded elements
- Including load path algorithm in accord. with D.W. Kelly [6]

Advanced Design Including Endless Fibers

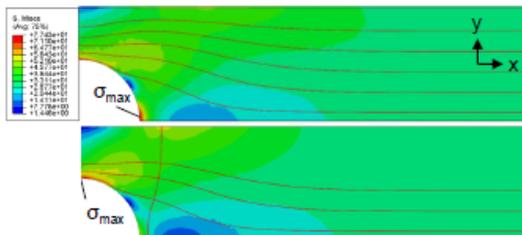


First Results

- Von Mises stress in the neat polymer as criteria for the load
- Increasing number of reinforcements in x-direction shifts the load concentration toward the pressure zone

MT LCC: Grandl, 2019
(supervised student)
and in coop. with Dennis Bublitz

Advanced Design Including Endless Fibers

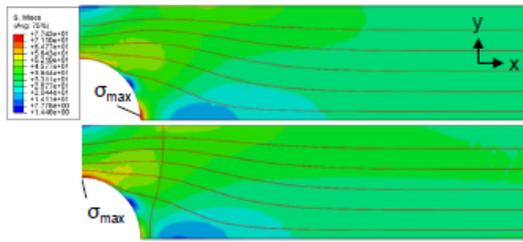


First Results

- Von Mises stress in the neat polymer as criteria for the load
- Increasing number of reinforcements in x-direction shifts the load concentration toward the pressure zone
- Starting from one fiber path in y-direction, the load concentration is shifted back again

MT LCC: Grandl, 2019
(supervised student)
and in coop. with Dennis Bublitz

Advanced Design Including Endless Fibers

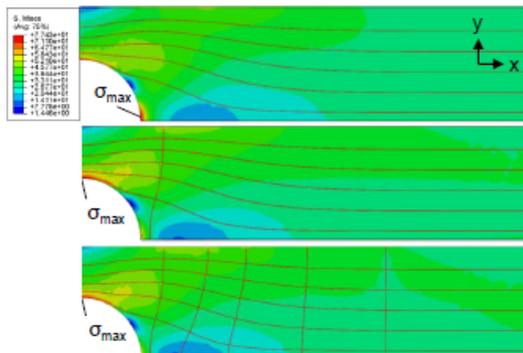


First Results

- Von Mises stress in the neat polymer as criteria for the load
- Increasing number of reinforcements in x-direction shifts the load concentration toward the pressure zone
- Starting from one fiber path in y-direction, the load concentration is shifted back again
- Additional fibers in y-direction are of no benefit

MT LCC: Grandl, 2019
(supervised student)
and in coop. with Dennis Bublitz

Advanced Design Including Endless Fibers



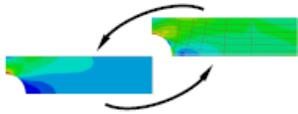
First Results

- Von Mises stress in the neat polymer as criteria for the load
- Increasing number of reinforcements in x-direction shifts the load concentration toward the pressure zone
- Starting from one fiber path in y-direction, the load concentration is shifted back again
- Additional fibers in y-direction are of no benefit

→ **Current reference design is oversized**

MT LCC: Grandl, 2019
(supervised student)
and in coop. with Dennis Bublitz

Advanced Design Including Endless Fibers

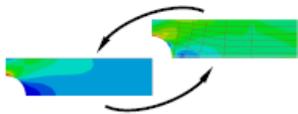


MT LCC: Grandl, 2019
(supervised student)

Current and Future Steps

- Development of an optimization algorithm

Advanced Design Including Endless Fibers



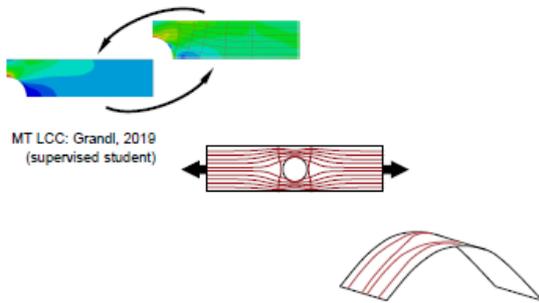
MT LCC: Grandl, 2019
(supervised student)



Current and Future Steps

- Development of an optimization algorithm
- Validation of the optimization result

Advanced Design Including Endless Fibers

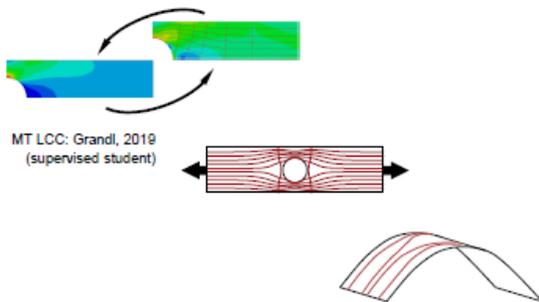


MT LCC: Grandl, 2019
(supervised student)

Current and Future Steps

- Development of an optimization algorithm
- Validation of the optimization result
- Expanding the algorithm to full 3D

Advanced Design Including Endless Fibers



MT LCC: Grandl, 2019
(supervised student)

Current and Future Steps

- Development of an optimization algorithm
- Validation of the optimization result
- Expanding the algorithm to full 3D

→ **Bring the process from 2,5D to full 3D printing**

Agenda

- 1 Motivation
- 2 Additive Manufacturing + Composite Manufacturing
- 3 Concepts for Direct Fiber Integration
- 4 Advanced Design Including Endless Fibers

- 5 Full Potential of Endless Fiber Integration

- 6 Future Vision

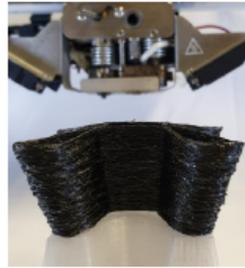
Full Potential of Endless Fiber Integration



Full 3D Printing

- Combination of non-reinforced and endless-fiber-integrated extrusion
- Printing of double curved layers
- Printing of variable cross-section areas
- Video Link: https://www.linkedin.com/posts/alexander-matschinski-51b575149_tum-additive-formnext-activity-6601920882472427520-xXh5

Full Potential of Endless Fiber Integration



Full 3D Printing

- Combination of non-reinforced and endless-fiber-integrated extrusion
- Printing of double curved layers
- Printing of variable cross-section areas

Future Vision → Combination of:

- Endless fiber integration
- Load path optimization
- Advanced path planning for full 3D printing

Agenda

- 1 Motivation
- 2 Additive Manufacturing + Composite Manufacturing
- 3 Concepts for Direct Fiber Integration
- 4 Advanced Design Including Endless Fibers
- 5 Full Potential of Endless Fiber Integration

- 6 **Future Vision**

Future Vision



- Printing on endless fiber reinforced shells
Task: To ensure direct joining

Alexander Matschinski, M. Sc. | 7. Mitteldeutsches Forum Rapid Technologien | 26.10.2020

39

Future Vision

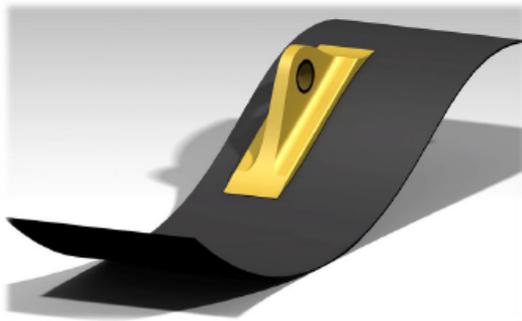


- Printing on endless fiber reinforced shells
Task: To ensure direct joining
- Endless fiber printing on double curved surfaces
Task: To develop an optimized path generation

Alexander Matschinski, M. Sc. | 7. Mitteldeutsches Forum Rapid Technologien | 26.10.2020

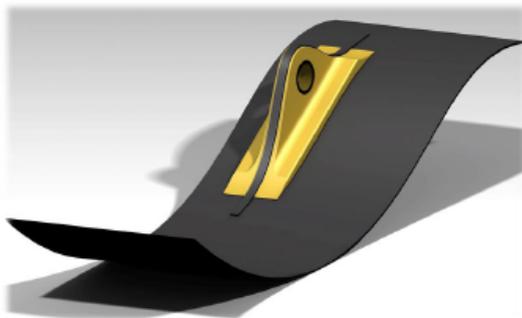
40

Future Vision



- Printing on endless fiber reinforced shells
Task: To ensure direct joining
- Endless fiber printing on double curved surfaces
Task: To develop an optimized path generation
- Overprinting of printed and reinforced structures
Task: To ensure the fusion of different materials in a single process

Future Vision



- Printing on endless fiber reinforced shells
Task: To ensure direct joining
- Endless fiber printing on double curved surfaces
Task: To develop an optimized path generation
- Overprinting of printed and reinforced structures
Task: To ensure the fusion of different materials in a single process
- Lay-up of tapes to produce structures with inner printed sections
Task: To guarantee the connection between materials from different processes

References

- [1] Li N, Li Y, Liu S. Rapid prototyping of continuous carbon fiber reinforced polylactic acid composites by 3D printing. *Journal of Materials Processing Technology* 2016;238:218–25. <https://doi.org/10.1016/J.JMATPROTEC.2016.07.025>.
- [2] Goh GD, Dikshit V, Nagalingam AP, Goh GL, Agarwala S, Sing SL et al. Characterization of mechanical properties and fracture mode of additively manufactured carbon fiber and glass fiber reinforced thermoplastics. *Materials & Design* 2018;137:79–89. [10.1016/j.matdes.2017.10.021](https://doi.org/10.1016/j.matdes.2017.10.021).
- [3] Zhang D, Rudolph N, Woytowicz P. Reliable Optimized Structures with High Performance Continuous Fiber Thermoplastic Composites From Additive Manufacturing (AM). In: *SAMPE 2019 - Charlotte, NC*. SAMPE; 04112019.
- [4] Ueda M, OMURO R, KISHIMOTO S, Matsuzaki R, Hirano Y, Todoroki A et al. Cutting Edge of Molding Techniques of Composite Materials. *Journal of the Society of Materials Science, Japan* 2018;67(9):885–8. <https://doi.org/10.2472/jsms.67.888>.

Alexander Matschinski, M. Sc. | 7. Mitteldeutsches Forum Rapid Technologien | 26.10.2020

43

References

- [5] Schiwotenko N.W. Development of the method for determination of rational trajectories of reinforcing fibers laying in products made of composite materials, manufactured by 3D printing
- [6] Kelly D.W. School of Mechanical and Manufacturing Engineering, University of New South Wales, Sydney Australia

Alexander Matschinski, M. Sc. | 7. Mitteldeutsches Forum Rapid Technologien | 26.10.2020

44



3D-Druck in der Anwendung

7. Mitteldeutsches Forum Rapid Technologien

Als rein digitale Veranstaltung
26. Oktober 2020 – Anmeldung unter: www.rp-netzwerk.de



Thanks for your attention!

Alexander Matschinski

- Member of the Steering Committee of the TUM Cluster for Additive Manufacturing
- Expert for Additive Manufacturing

Boltzmannstrasse 15
85748 Munich

Alexander.Matschinski@tum.de
Tel.: +49 89 289 16952 (No corona related forwarding)



A. Matschinski, M. Sc.
Technical University of Munich

Alexander Matschinski, M. Sc. | 7. Mitteldeutsches Forum Rapid Technologien | 26.10.2020

Der kunststoffbasierte 3D-Druck auf dem Weg in die strukturelle Anwendung

Ralf Schlimper

Fraunhofer-Institut für Mikrostruktur von Werkstoffen
und Systemen (IMWS) Halle

Dietmar Glatz

Forschungs- und Beratungszentrum für Maschinen- und
Energiesysteme e.V. (FBZ) An- Institut der HS Merseburg

Der kunststoffbasierte 3D-Druck auf dem Weg in die strukturelle Anwendung

Rahul Gopi¹, Dietmar Glatz², Gabriel Bertoli³, Patrick Hirsch¹, Ralf Schäuble¹,
Ralf Schlimper¹, Matthias Zschehyge¹

¹Fraunhofer-Institut für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen IMWS
Halle, Deutschland

²Forschungs- und Beratungszentrum für Maschinen- und Energiesysteme e.V. FBZ,
An-Institut der Hochschule Merseburg, Merseburg, Deutschland

³Brightlands Materials Center BMC, Geleen, Niederlande



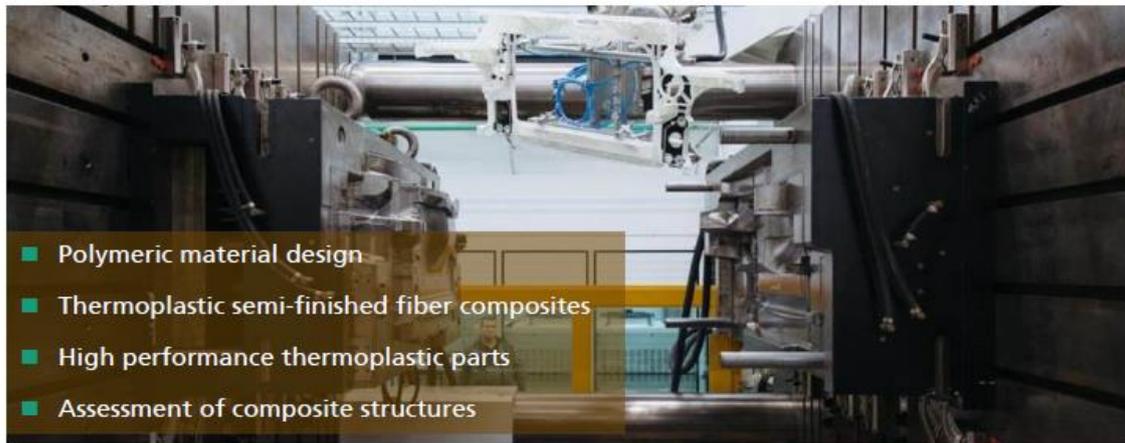
7. Mitteldeutsches Forum Rapid Technologien (Online-Veranstaltung)

26. Oktober 2020 • Hochschule Merseburg

© Fraunhofer-Institut für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen IMWS

Fraunhofer
IMWS

Business Unit Polymers @Fraunhofer IMWS From the material to the manufacturing technology and up to tailor-made components



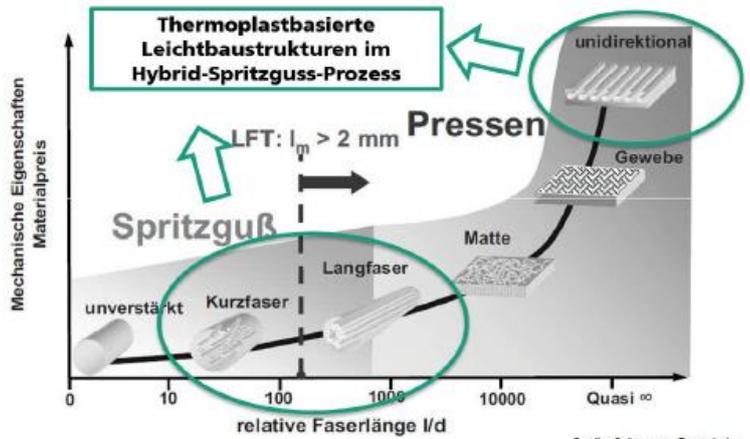
- Polymeric material design
- Thermoplastic semi-finished fiber composites
- High performance thermoplastic parts
- Assessment of composite structures

© Fraunhofer-Institut für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen IMWS

Fraunhofer
IMWS

Thermoplastische Faserverbundwerkstoffe

- **Hohe Wirtschaftlichkeit** (geringe Zykluszeit, komplexe Geometrien, Funktionsintegration)
- **Hohe mechanische Eigenschaften** (Endlofasern, keine Faserondulation, anisotrop)
- **Hohe Materialeffizienz** (endkontournah, lastpfadgerecht, anisotrop, Hybrid-Aufbau)



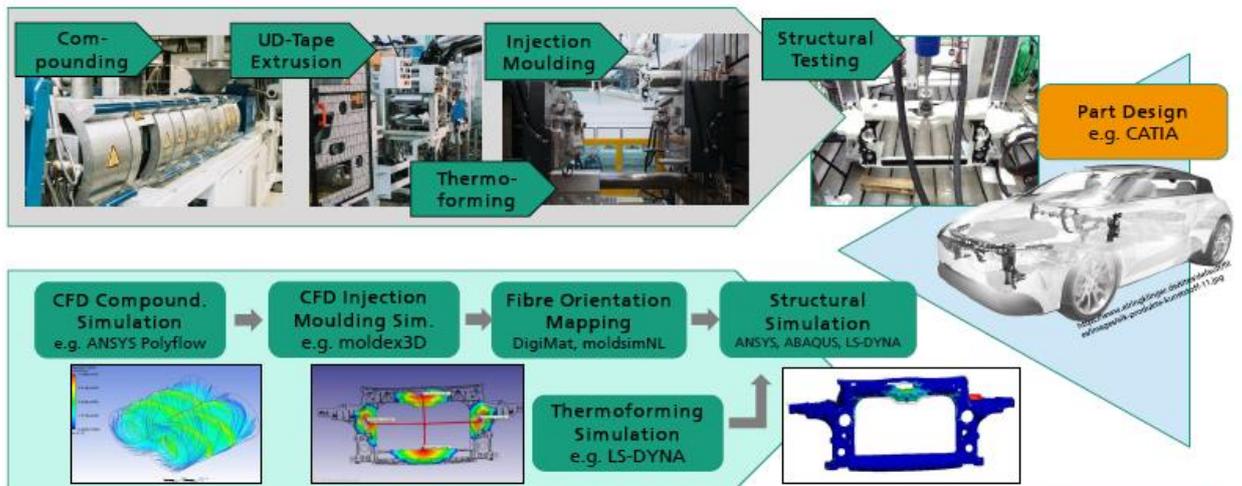
Quelle: Schemme - Rosenheim

© Fraunhofer-Institut für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen IMWS

Slide 3

Fraunhofer IMWS

Business Unit Polymers @Fraunhofer IMWS Technology and CAE Chain



© Fraunhofer-Institut für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen IMWS

Seite 4

Fraunhofer IMWS

Vision Industrial 3D Printing technologies in future



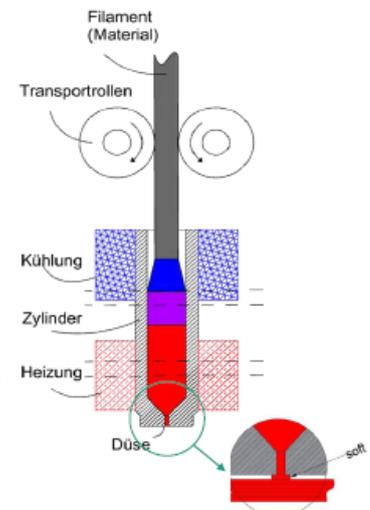
© Fraunhofer-Institut für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen IMWS

Seite 5

Fraunhofer
IMWS

Fused Filament Fabrication FFF Prinzip und Herausforderungen

- Schichtdefinition (einschließlich Maschinenparameter) im Pre-Prozessor (Slicer)
- Umwandlung von CAD-Volumenmodell in gcode
- Einfaches Grundprinzip der Kunststoffextrusion durch eine bewegliche Düse:
 1. Aufschmelzen des polymeren Halbzeugs (Filament)
 2. Transport der Schmelze durch noch erstarrtes Filament
 3. Selektives Ablegen des Schmelzestrangs auf Bauplattform
- Herausforderungen:
 - Nutzer-offene und -geschlossene Systeme (Parameteranpassungen)
 - Reproduzierbarkeit der Ergebnisse nicht gegeben aufgrund mangelnder Normung
 - Korrelation von Prozess-, Material-, Struktur- und Eigenschaftsmerkmalen

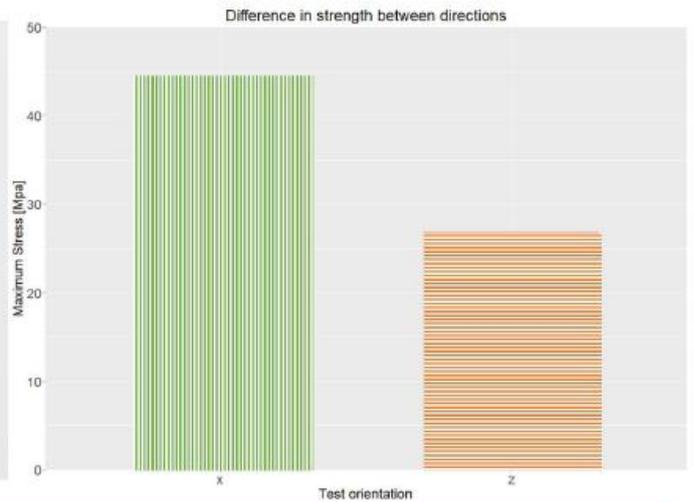


© Fraunhofer-Institut für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen IMWS

Seite 6

Fraunhofer
IMWS

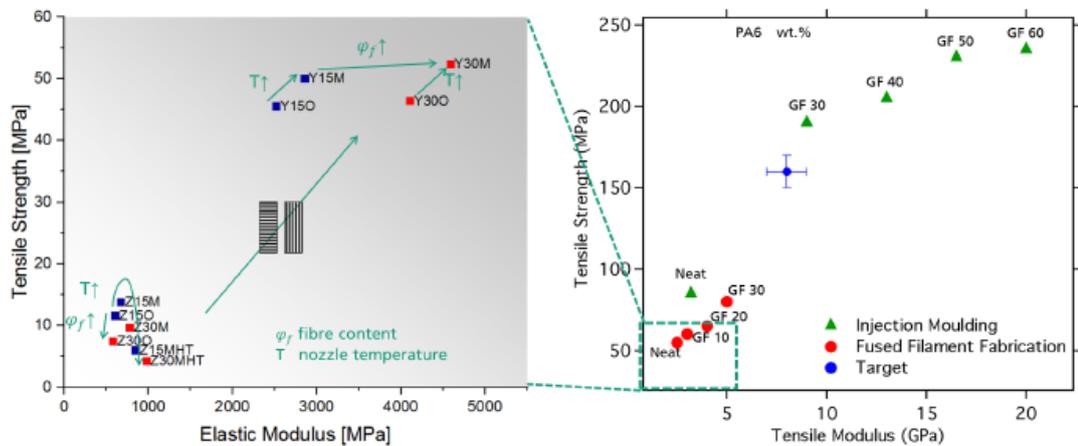
Fused Filament Fabrication FFF Dilemma Schichtaufbau



© Fraunhofer-Institut für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen IMWS

Slide 7

Fused Filament Fabrication FFF Prozesseinfluss und mechanische Kennwerte PA6-GF

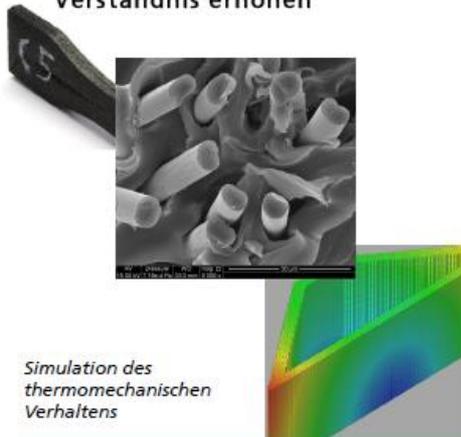


© Fraunhofer-Institut für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen IMWS

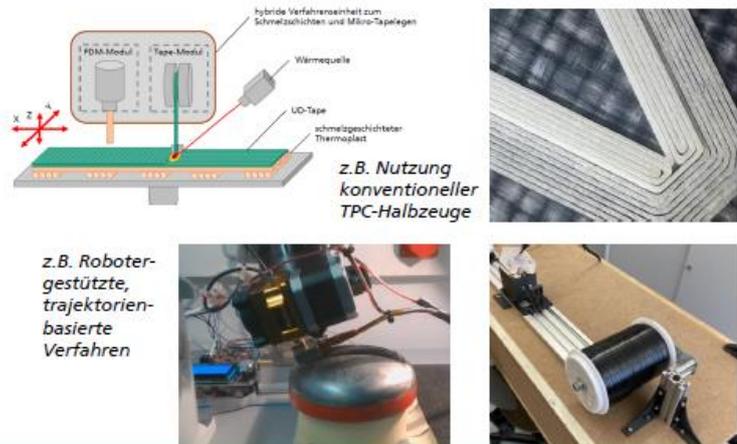
Slide 8

Also was müssen wir tun?

Prozess- und Werkstoffverständnis erhöhen



Technologien anpassen und kombinieren



© Fraunhofer-Institut für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen IMWS

Slide 9

Fraunhofer
IMWS

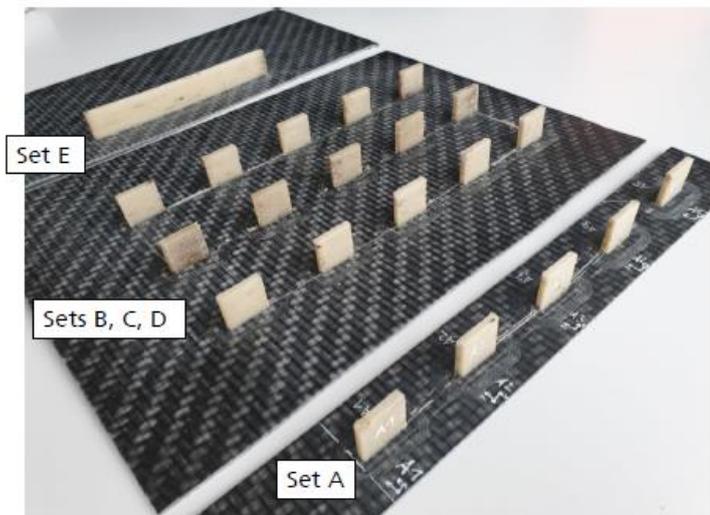
3D-Drucken auf existierende TPC Strukturen

Existierende Struktur:

- Gewebeverstärktes Organoblech (PA6-GF)

3D-Druck:

- FFF PA6-GF30
- Düsentemperatur: 300; 320 °C
- Bett-Temperatur: 120; 130 °C
- Kammer-Temperatur: 75; 90 °C
- Set A, E: geringe Temperaturen
- Set B, C, D: hohe Temperaturen



© Fraunhofer-Institut für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen IMWS

Seite 10

Fraunhofer
IMWS

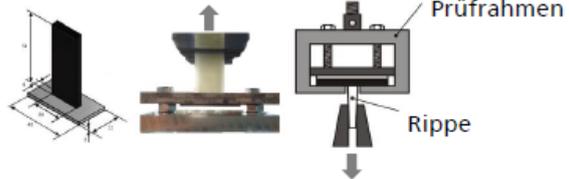
3D-Drucken auf existierende TPC Strukturen Mechanische Charakterisierung

Standardisierte Versuche zur Charakterisierung des Anbindungsverhaltens (von z.B. Klebschichten, Laminaten):

- Lap Shear Test ASTM D1002



- DCB Test ASTM D3433



- Zugversuche mit T-Prüfkörpern [1,2]

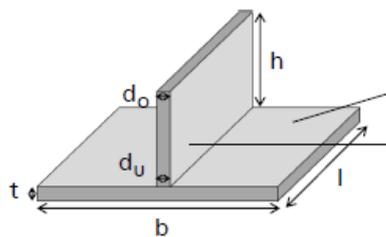
© Fraunhofer-Institut für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen IMWS

[1] Tanaka, K.; Fujita, Y. & Katayama, T.; Press and injection hybrid molding of glass fiber reinforced thermoplastic. *WIT Transactions on Engineering Sciences, WIT Press*, 2015, 90, 225-232
[2] Gianti, R. & Lucchese, G.; *Experimental Investigation and Numerical Modelling of the Bonding Strength of Full-Thermoplastic Hybrid Composites*, 2016

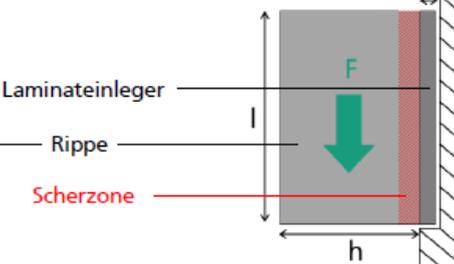
Fraunhofer
IMWS

3D-Drucken auf existierende TPC Strukturen Mechanische Charakterisierung: Rippen-Scherversuch

Prüfkörper:



Rippenscher-Versuch:



Abmaße:

Länge:	$l = 20 \text{ mm}$	Breite:	$b = 40 \text{ mm}$
Laminatdicke:	$t = 2 \text{ mm}$	Rippenhöhe:	$h = 18 \text{ mm}$
Rippendicke oben:	$d_o = 1,6 \text{ mm}$	Rippendicke unten:	$d_u = 2,6 \text{ mm}$

© Fraunhofer-Institut für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen IMWS

Slide 12

Fraunhofer
IMWS

3D-Drucken auf existierende TPC Strukturen

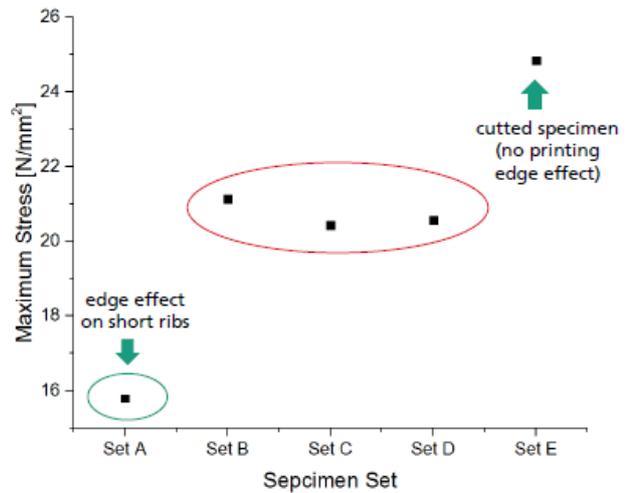
Mechanische Charakterisierung: Rippen-Scherversuch

Existierende Struktur:

- Gewebeverstärktes Organoblech (PA6-GF)

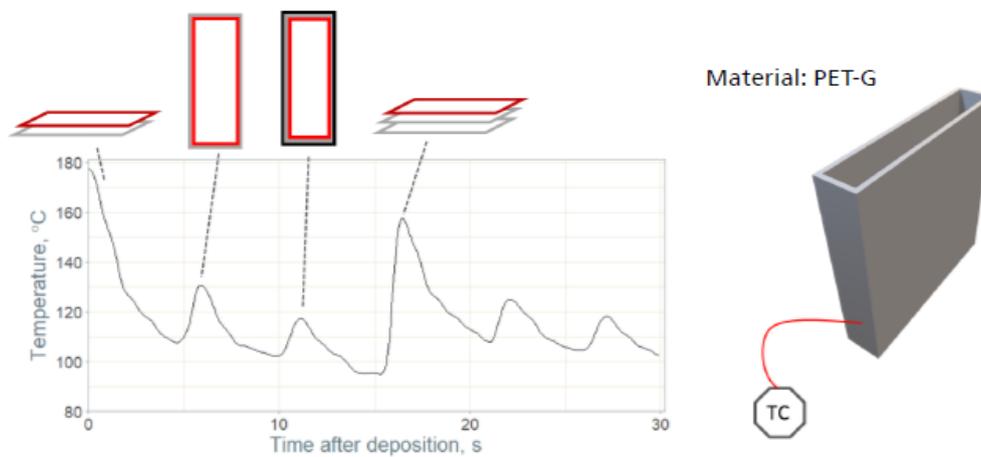
3D-Druck:

- FFF PA6-GF30
- Düsentemperatur: 300; 320 °C
- Bett-Temperatur: 120; 130 °C
- Kammer-Temperatur: 75; 90 °C
- Set A, E: *geringe Temperaturen*
- Set B, C, D: *hohe Temperaturen*



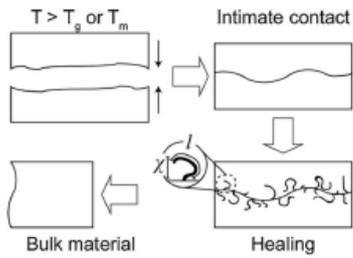
3D-Drucken auf existierende TPC Strukturen

Temperaturverlauf

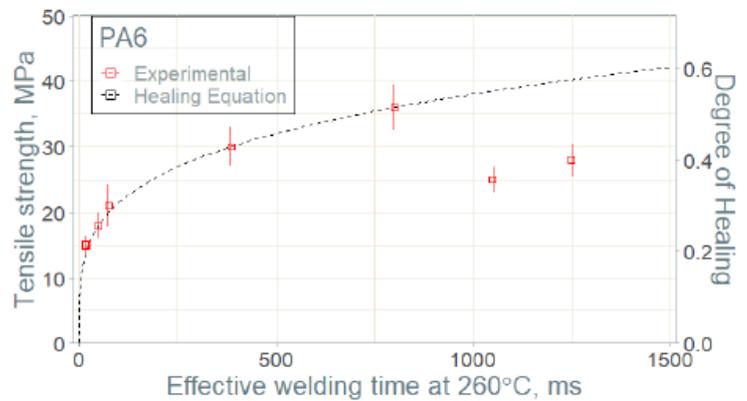


3D-Drucken auf existierende TPC Strukturen Temperaturverlauf und Festigkeit

Modell: Thermische Heilung

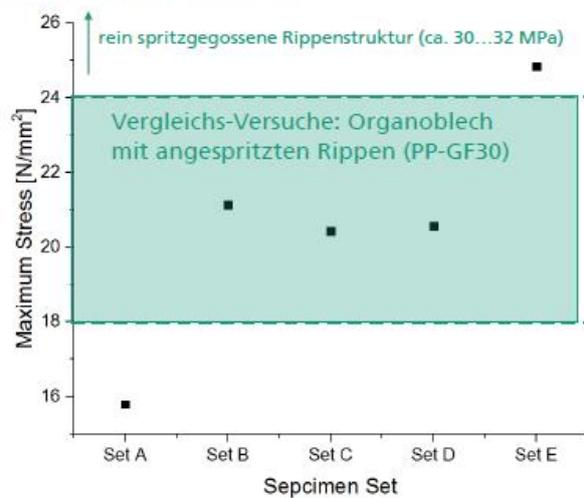


Source: Y.S. Ko, et al., 2019
Redrawn from R.P. Wool and
R.M O'Conner, 1981



Slide 15

3D-Drucken auf existierende TPC Strukturen Mechanische Charakterisierung: Rippen-Scherversuch



Seite 16

Schlussfolgerungen

- 3D Druck mit thermoplastischen Kunststoffen bietet enormes Potential zu effizienten Fertigung von spezialisierten und individualisierten Gebrauchsbauteilen
- **Faserverstärkung** (Kurzfaser, Endlosfaser) und Verwendung von **konventionellen Halbzeugen** (Organobleche, UD-Tapes) ermöglichen strukturelle Anwendungen
- Für das **Bedrucken von Organoblechen** mittels FFF-Verfahren konnte eine mit konventionell hergestellten Bauteilen vergleichbare strukturelle Performance demonstriert werden

Aber es ist noch viel zu tun:

- Erhöhung des **Werkstoff- und Prozessverständnis** durch Anwendung etablierter werkstofftechnischer und werkstoffmechanischer Methoden
- Entwicklung und Anpassung von **werkstoffgerechten 3D Druck-Technologien** auf Basis von etablierten Kunststoffverarbeitungstechnologien

Vielen Dank für die
Aufmerksamkeit

Reliable GF-3D
Grant. No. 03XP0165A

Fraunhofer
IMWS

RayScan

FBZ@

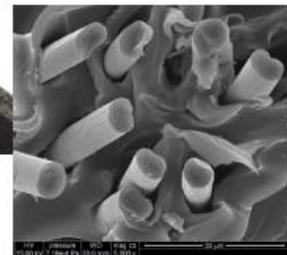
HOME
HOCHSCHULE
MERSEBURG
University of Applied Sciences

Brightlands
Materials Center

TU/e
Technische Universiteit
Eindhoven
University of Technology

M-era.Net

DEPARTMENT OF
Federal Ministry
of Education
and Research



Entwicklung von elektrochemisch aktiven Polymerfüllkörpern mittels 3D-Druckverfahren

Andreas Krombholz

Fraunhofer-Institut für Mikrostruktur von Werkstoffen
und Systemen (IMWS) Halle

POLYMERE FÜLLKÖRPER MITTELS GENERATIVER FERTIGUNG – POLYBODY-AM

■ [A. Krombholz](#)



3-P Präzisions-Plastic-Produkte GmbH

Gewerbegebiet Süd 7
39443 Stassfurt / OT Förderstedt



Fraunhofer-Institut für
Mikrostruktur von Werkstoffen
und Systemen IMWS in Halle
Walter-Hülse Straße 1
06120 Halle

GMBU

Gesellschaft zur Förderung
von Medizin-, Bio- und
Umwelttechnologien e.V.

Erich-Neuß-Weg 5
06120 Halle (Saale)

1

intern

© Fraunhofer



BIOFOULING - ANSÄTZE ZUR VERHINDERUNG BEI GASWÄSCHERN



2

intern

© Fraunhofer



Biogas - Aufbereitung

- Abtrennung von CO₂ (Erhöhung Heizwert, Wobbe-Index)
- Trocknung des Gases
- Abscheidung von Spurenkomponenten (Sauerstoff, Stickstoff, Schwefelwasserstoff, Ammoniak oder von Siloxanen)
- Verdichtung des Gases
- Odorierung und Heizwertanpassung durch Propandosierung

Parameter	Biogas	Deponiegas	Erdgas (Dänisch)
Methan [vol%]	60-70	35-65	89
Andere Kohlenwasserstoffe [vol%]	0	0	9,4
Wasserstoff [vol%]	0	0-3	0
Kohlendioxid [vol%]	30-40	15-50	0,67
Stickstoff [vol%]	up to 1	5-40	0,28
Sauerstoff [vol%]	up to 0,5	0-5	0
Schwefelwasserstoff [ppmv]	0-4000	0-100	2,9
Ammoniak [ppmv]	up to 100	up to 5	0
Unterer Heizwert [kWh/m ³ (STP)]	6,5	4,4	11,0

3
© Fraunhofer

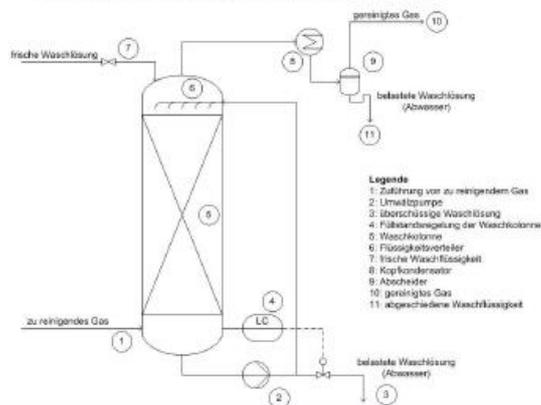
intern

[1] Überblick über Biogasaufbereitungstechnologien zur Produktion von Biomethan, TU Wien, Institut für Verfahrenstechnik, Umwelttechnik und Technische Biowissenschaften, Forschungsbereich Thermische Verfahrenstechnik und Simulation, 5. 4 Juni 2012

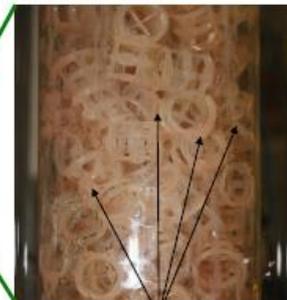
Fraunhofer
IMWS

Biogas – Technologien zur Abtrennung und Trocknung

- Absorption mit Waschlösungen
- Druckwasserwäsche ($T \downarrow, p \uparrow$), Physikalische Absorption mit einem organischen Lösungsmittel, Chemische Absorption: Aminwäsche



Laborkolonne mit unregelmäßiger Schüttung aus Hiflow-Füllkörpern



Biofilme bilden sich initial vorzugsweise an den Kontaktstellen

4
© Fraunhofer

Fraunhofer
IMWS

Problemstellung – Biofouling in Gaswäschern

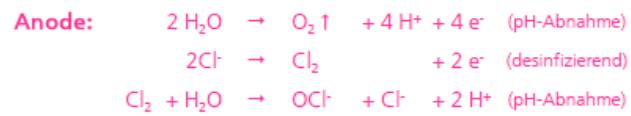
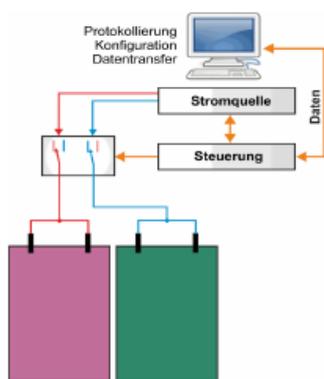


5
© Fraunhofer

intern

Fraunhofer
IMWS

Elektrochemisches Antifouling als Wirkprinzip



→ pH-Stress auf der Oberfläche

$$2 < \text{pH} < 12$$

bei

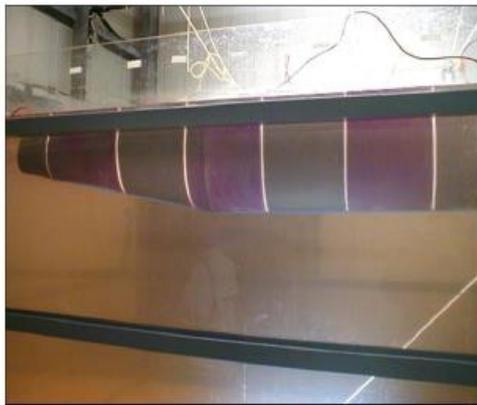
$$0,05 \text{ mA cm}^{-2} < i < 0,2 \text{ mA cm}^{-2}$$

6
© Fraunhofer

intern

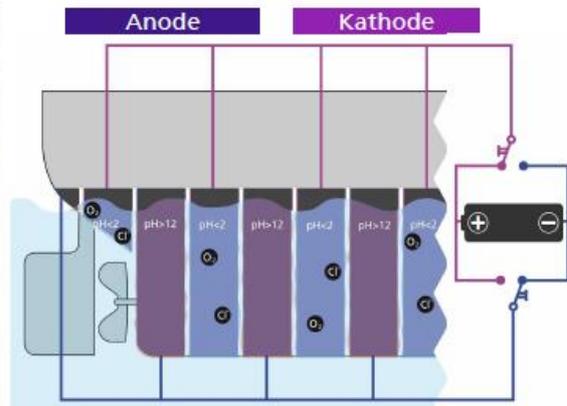
Fraunhofer
IMWS

Elektrochemisches Antifouling als Wirkprinzip



Demonstrator im Technikum der bioplan GmbH

Visualisierung des pH – Stresses
am Rumpf eines Schiffsmodels



Aufbauprinzip

Beispiel einer Elektrodenanordnung
am Schiffsrumpf

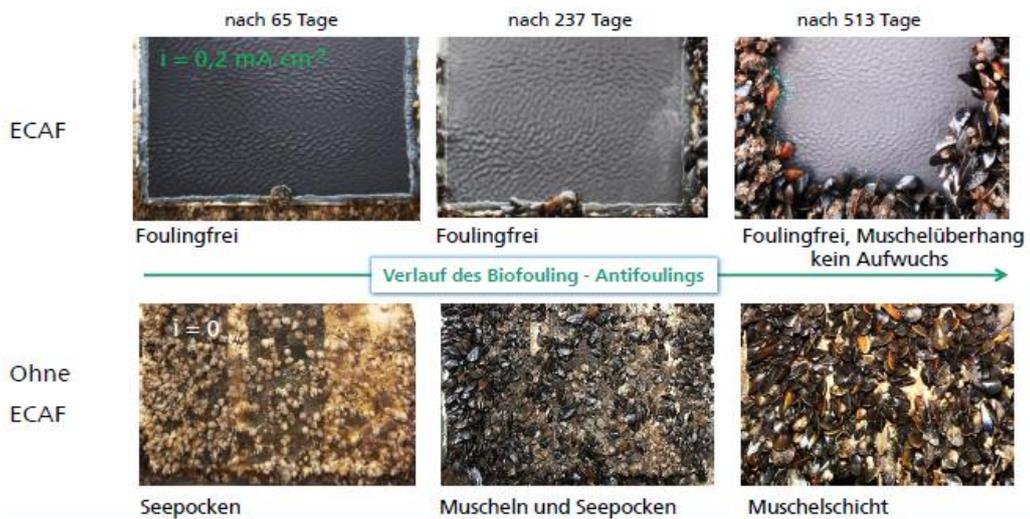
7

© Fraunhofer

intern

Fraunhofer
IMWS

Elektrochemisches Antifouling als Wirkprinzip



8

© Fraunhofer

intern

Fraunhofer
IMWS

Idee → Entwicklung (elektrochemisch) aktiver Füllkörper



D = 32 mm, d = 1 mm



D = 32 mm, d = 2 mm



9
© Fraunhofer

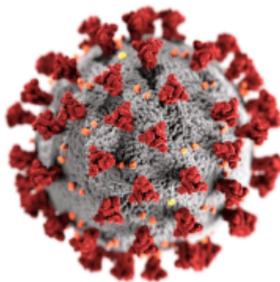
intern

Fraunhofer
IMWS

Segmentausschnitte in Kugeln → Tammesproblem (Packungsproblem)

Das Tammesproblem bezeichnet in der Mathematik die Anordnung von nicht-überlappenden Kreisen auf der Einheitskugel.^[1] Es ist nach dem Botaniker P. M. L. Tammes benannt, der in seiner Dissertation 1930 die Verteilung von runden Poren auf Pollenkörnern untersuchte.^[2]

Lösungen für $N < 14$ und $N = 24, 48, 60, 120$ existieren, für N beliebig noch nicht gelöst



Kugelförmiges Virus SARS-CoV-2

- ↑ E. A. Lord, A. L. Mackay, S. Ranganathan: *New Geometries for New Materials*. 1. Auflage. Cambridge University Press, Cambridge 2006, ISBN 0-521-86104-7, S. 68–73.
- ↑ P. M. L. Tammes: On the number and arrangements of the pores of exit on the surface of pollen-grains. In: *Recueil des travaux botaniques néerlandais*. Band 27, Nr. 1, 1930, S. 1–84 ([1] [er](#)).

10
© Fraunhofer

intern

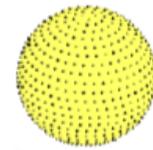
Von CDC/Alissa Eckert, MS; Dan Higgins, MAM - <https://phil.cdc.gov/Details.aspx?pid=23312> Dieses Medium stammt aus der Public Health Image Library (PHIL), mit der Identifikationsnummer #23312 der Centers for Disease Control and Prevention. Hinweis: Nicht alle PHIL-Bilder sind gemeinfrei; überprüfe unbedingt den Urheberrechtsstatus und die Nennung der Autoren und Inhaltsanbieter. Deutsch | English | македонски | slovenščina | 4~Diese Datei wurde von diesem Werk abgeleitet: 2019-nCoV-CDC-23312.png, Gemeinfrei, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=86444014>

Fraunhofer
IMWS

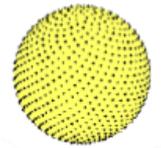
Geometrie - äquidistante Verteilung von Punkte

Es existieren eine Vielzahl von Möglichkeiten in Näherung „äquidistante“ Knoten auf einer Sphäre zu erzeugen:

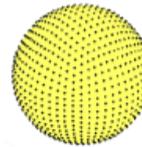
- Fibonacci and generalized spiral nodes
- projections of low discrepancy nodes from the unit square
- zonal equal area nodes and HEALPix nodes
- polygonal nodes such as icosahedral, cubed sphere, and octahedral nodes
- minimal energy nodes
- maximal determinant nodes
- random nodes and
- “mesh icosahedral equal area nodes.”



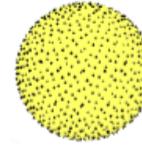
generalized spiral points



Fibonacci Nodes

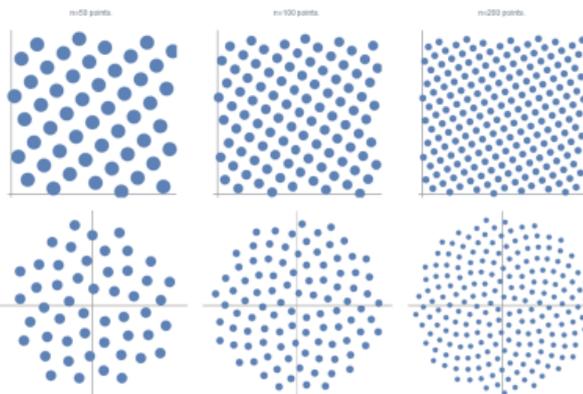


Cubed Sphere Nodes



Hammersley Nodes

Näherungslösung mit Fibonacci-Muster



$$t_i = (x_i, y_i) = \left(\frac{i}{\phi} \% 1, \frac{i}{n} \right) \quad \text{for } 0 \leq i < n$$

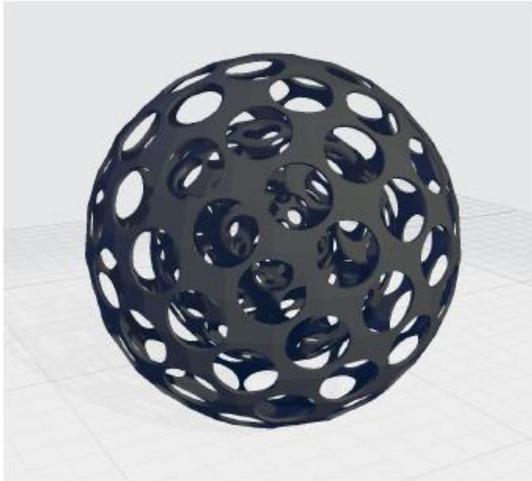
$$\phi = \frac{1 + \sqrt{5}}{2} = \lim_{n \rightarrow \infty} \left(\frac{F_{n+1}}{F_n} \right)$$

$$(x, y) \rightarrow (\theta, r) : (2\pi x, \sqrt{y})$$

$$(x, y) \rightarrow (\theta, \phi) : (2\pi x, \arccos(1 - 2y),)$$

$$(\theta, \phi) \rightarrow (x, y, z) : (\cos \theta \sin \phi, \sin \theta \sin \phi, \cos \phi)$$

Geometrie - äquidistante Verteilung von Punkte



```

module halbkreis (ar, aw) {
    difference() {
        difference() {
            circle(ar);
            circle(ar-aw);
        }
        translate([-ar,-ar,0]) square([ar, 2*ar]);
    }
}

difference() {
    rotate_extrude()
    union()
    for (i=[1:k]) {
        halbkreis(i*r1/k, w);
    }
    for (i=[0:n-1]) {
        theta = (360 * i / goldenR)%360;
        phi = acos(1 - 2*(i+epsilon)/(n-1+2*epsilon));
        echo ("p = ", phi, "th = ", theta);
        rotate([0, phi, theta])
        cylinder(r1, 0, r2, center=false);
    }
}
    
```

13

© Fraunhofer

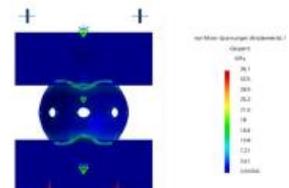
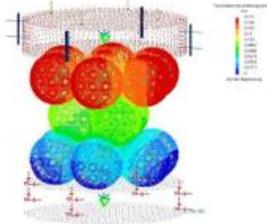
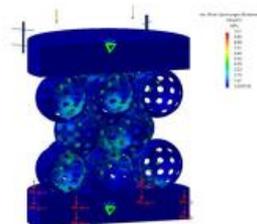
intern

Fraunhofer
IMWS

Mechanik

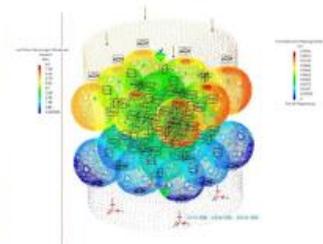
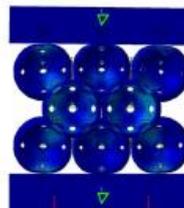
HDP-Kugelpackung

100 N Last
2.200 MPa – E-Modul
 $\nu = 0,38$



KRZ-Kugelpackung

100 N Last
2.200 MPa – E-Modul
 $\nu = 0,38$



14

© Fraunhofer

intern

Fraunhofer
IMWS

„Theoretisch“ Spritzgussfähig – Klick/Schnapp/Druck-Verbindung ?

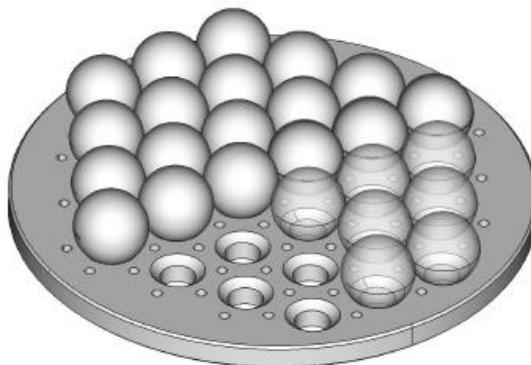


15
© Fraunhofer

intern

Fraunhofer
IMWS

Konzeption und experimentelle Simulation zur Biofilmbildung in geordneter Kugel-Füllkörperschüttung



Geordnete Kugelpackung



Experimental-Setup: Laborkolonie zur Bewuchssimulation

© Fraunhofer

Fraunhofer
IMWS

Weitere Arbeiten

- Elektrische Leitfähigkeit / Isolation
- Stromzufuhr
- Beständigkeit in Medien (Zusätze von Lösungsmittel, Suspensionen z.B. Kalkmilch, Elektrolyt)
- Strömungsverhalten
- Druckzeiten FDM aktuell 3-4h pro Kugel
- Demonstration im Labormaßstab,
- Möglichkeiten zum UpScaling
- „Massenfertigung“ mittels Spritzguss
- ...

17

© Fraunhofer

intern

 **Fraunhofer**
IMWS

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

18

© Fraunhofer

intern

 **Fraunhofer**
IMWS

Danksagung

Wir danken der Investitionsbank Sachsen-Anhalt für die Förderung des Projektes "Entwicklung von elektrochemisch aktiven Polymerfüllkörpern mittels 3D-Druckverfahren - PolyBodyAM" FKZ 2004/00012 10/2019 – 04/2022



EUROPÄISCHE UNION
EFRE
Europäischer Fonds für
regionale Entwicklung

Qualitätssicherung in der additiven Fertigung Einfluss von Material und Prozessparametern am Beispiel des Schmelzschichtverfahrens

Oliver Neudert und Robin Mäder

Gesellschaft zur Förderung von Medizin-, Bio- und Umwelt-
technologien e.V. (GMBU e.V.) Halle

Qualitätssicherung in der additiven Fertigung: Einfluss von Material und Prozessparametern am Beispiel des Schmelzschichtverfahrens

Dr. rer. nat. Oliver Neudert
M. Eng. Robin Mäder

GMBU
Gesellschaft zur Förderung von Medizin-,
Bio- und Umwelttechnologien e.V.



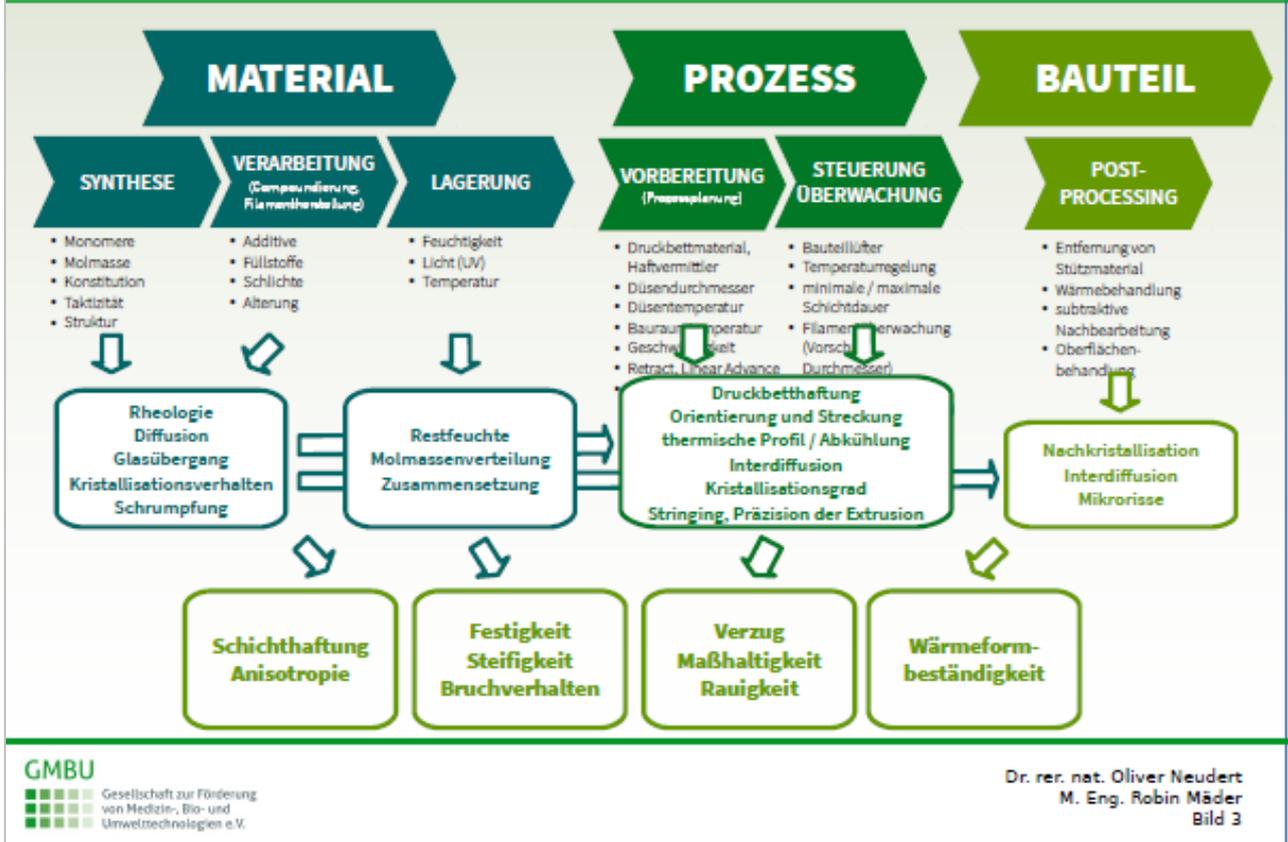
Qualitätssicherung in der Additiven Fertigung Qualitätsbestimmende Aspekte entlang Prozesskette



Dr. rer. nat. Oliver Neudert
M. Eng. Robin Mäder
Bild 2

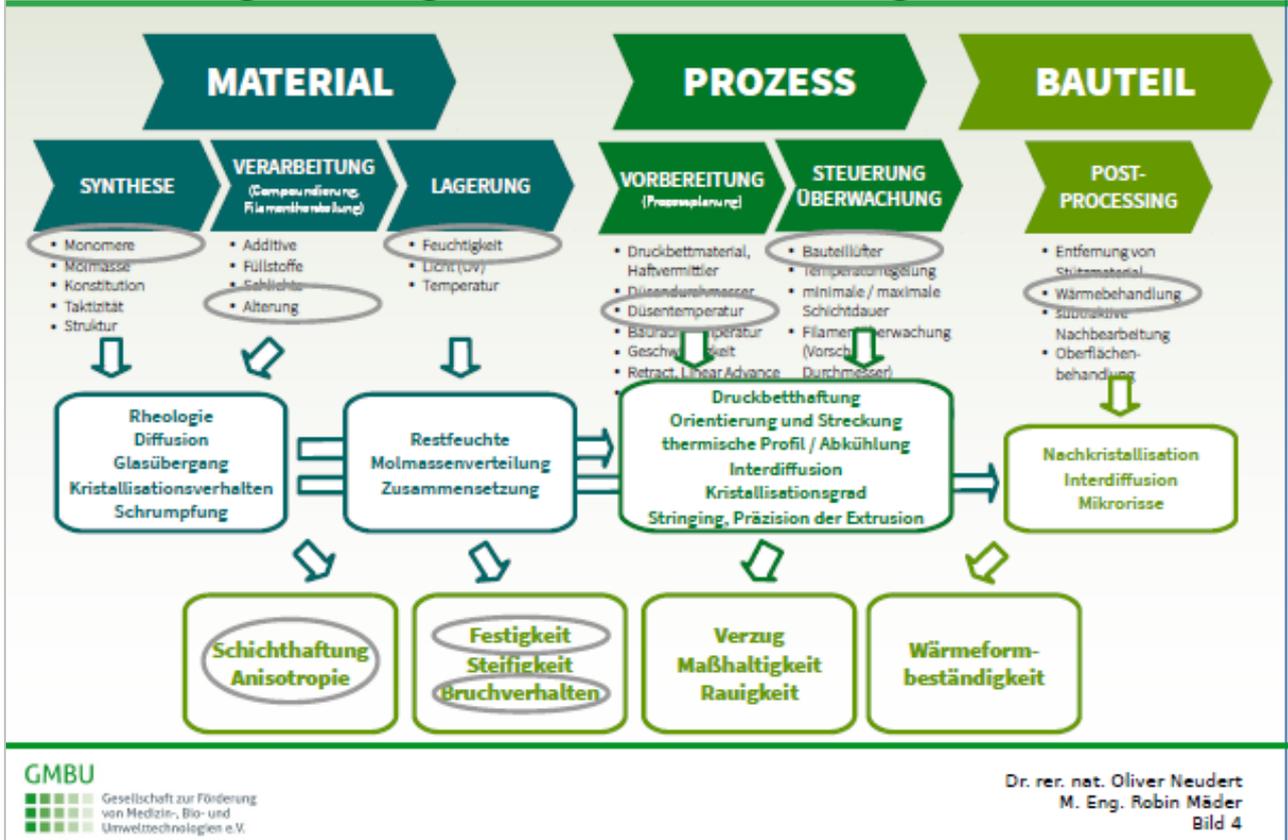
Qualitätssicherung in der Additiven Fertigung

Qualitätsbestimmende Aspekte entlang Prozesskette



Qualitätssicherung in der Additiven Fertigung

Einordnung der vorgestellten Untersuchungen



Material

Material	Hersteller	Typ	Füllstoff	Verarbeitungstemp	Zugfestigkeit	Bruchdehnung	Schwindung
PLA	NatureWorks	Ingeo 3D850 (Granulat)	-	190-230°C	50 MPa	3,3%	
PLA-Compound	TECNARO	3768V (Granulat)	-		55 MPa	20%	0,4%
PLA-Compound	TECNARO	4230V (Granulat)	-		44 MPa	61%	1,3%
PLA-Compound	TECNARO	V3NF15 (Granulat)	Holz	140-195°C	36 MPa	3%	0,1%
PETG	Filamentworld	(Filament)	-	195-225°C	50 MPa	120%	

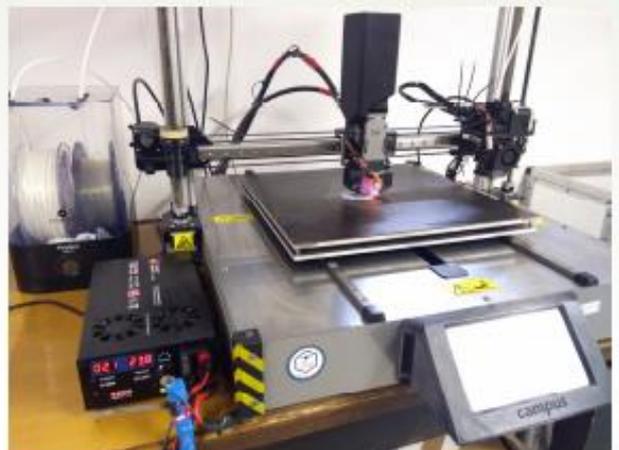
GMBU

Gesellschaft zur Förderung
von Medizin-, Bio- und
Umweltechnologien e.V.

Dr. rer. nat. Oliver Neudert
M. Eng. Robin Mäder
Bild 5

Verfahren

- **Schmelzschichtverfahren (FFF / FGF)**
- **Drucker:** Campus DualBuilder (Formicum)
- **Granulatdruckkopf:** MAHOR XYZ Pellet Extruder v4
- **Filamentdruckkopf:** Bondtech BMG + E3D v6
- **Druckbett:** beheizt
- **Bauraum:** offen
- **Basisparameter:**
 - Düsendurchmesser: 0.8mm
 - Düsentemperatur: 190°C
 - Bauteillüfter: 0%
 - Extrusionsbreite 1.5mm
 - Schichtdicke 0.4mm
 - Druckgeschwindigkeit 8mm/s
 - Schichtdauer 45s

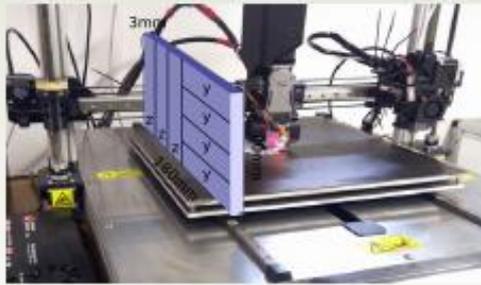


GMBU

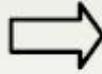
Gesellschaft zur Förderung
von Medizin-, Bio- und
Umweltechnologien e.V.

Dr. rer. nat. Oliver Neudert
M. Eng. Robin Mäder
Bild 6

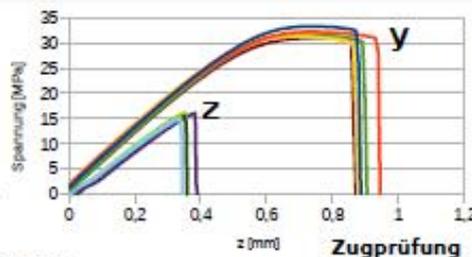
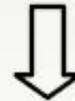
Mechanische Prüfung



additive Fertigung einer vertikalen Platte
(180mm x 90mm x 3mm)



sägen und fräsen horizontal (y)
und vertikaler (z) Prüfkörper
(ISO 527-2 Typ 1BA)



Notizen / Einschränkungen:

5mm/min,
nicht normgerecht,
für vergleichende Untersuchungen,
Kerbwirkung für vertikale Prüfkörper



GMBU

Gesellschaft zur Förderung
von Medizin-, Bio- und
Umweltechnologien e.V.

Dr. rer. nat. Oliver Neudert
M. Eng. Robin Mäder
Bild 7

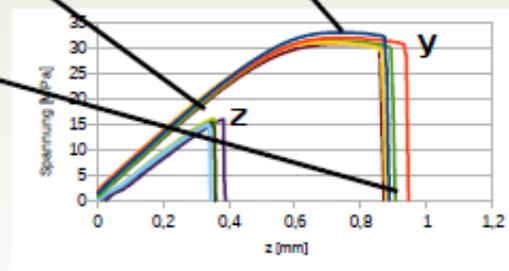
Auswerte- und Einflussgrößen

Auswertung:

- maximale Zugfestigkeit: maximale Spannung (y / horizontal)
- Schichthaftung: maximale Spannung (z / vertikal)
- Bruchdehnung (Schätzung)
- Bruchverhalten: duktil / zäh

Einflussgrößen:

- Polymerbasis, Füllstoff
- Düsentemperatur: 160°C, 190°C
- Bauteillüfter: 0%, 100%
- Materialfeuchte: trocken, gesättigt
- Aufschmelzzyklen: Granulat, geschreddertes Filament
- Postprocessing: Wärmebehandlung bei 90°C für 3h



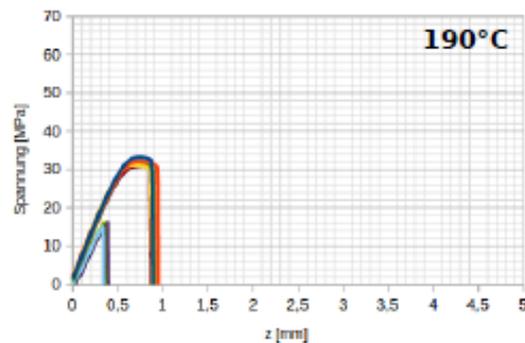
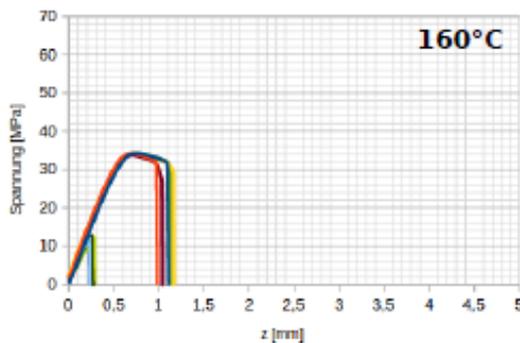
GMBU

Gesellschaft zur Förderung
von Medizin-, Bio- und
Umweltechnologien e.V.

Dr. rer. nat. Oliver Neudert
M. Eng. Robin Mäder
Bild 8

Ergebnisse: Einfluss der Düsentemperatur

Material	PLA-Compound (TECNARO Arboblend V3NF15)		
	Datenblatt	Messung	
Düsen-temperatur		160°C	190°C
Zugfestigkeit (y)	36 MPa	34 MPa	30-34 MPa
Schichthaftung		12 MPa (35%)	14 MPa (44%)
geschätzte Bruchdehnung	3%	3,3-4,0%	3,0%



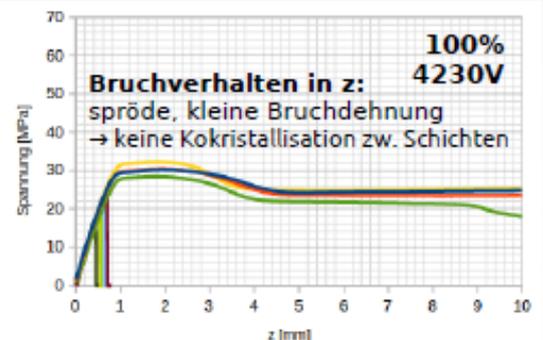
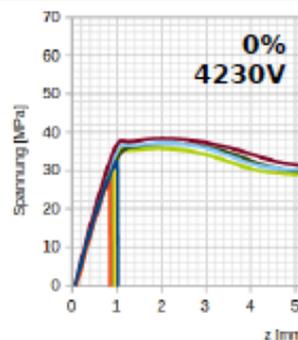
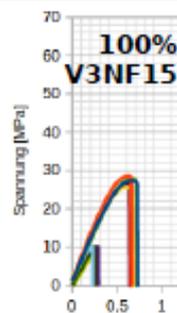
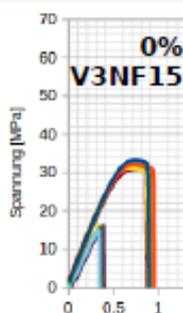
GMBU

Gesellschaft zur Förderung
von Medizin-, Bio- und
Umweltechnologien e.V.

Dr. rer. nat. Oliver Neudert
M. Eng. Robin Mäder
Bild 9

Ergebnisse: Einfluss des Bauteillüfters

Material	PLA-Compound (TECNARO Arboblend V3NF15)			PLA-Compound (TECNARO Arboblend 4230V)		
	Datenblatt	Messung		Datenblatt	Messung	
Bauteillüfter		0%	100%		0%	100%
Zugfestigkeit (y)	36 MPa	30-34 MPa	26-28 MPa	44 MPa	36-38 MPa	28-32 MPa
Schichthaftung		14 MPa (~44%)	8-10 MPa (~33%)		28-32 MPa (~81%)	17-23 MPa (~67%)
geschätzte Bruchdehnung	3%	3,0%	2,0-2,3%	61%	30-67%	30-67%



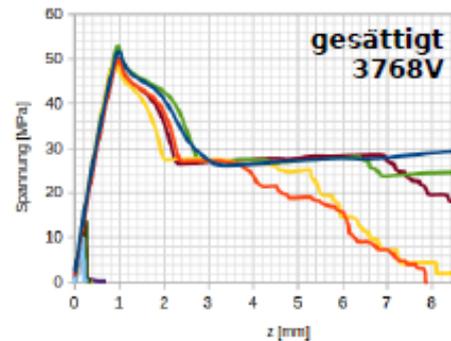
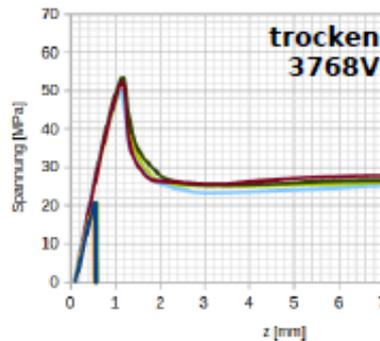
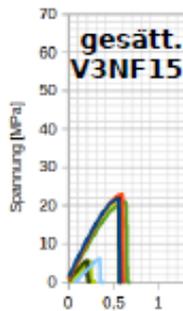
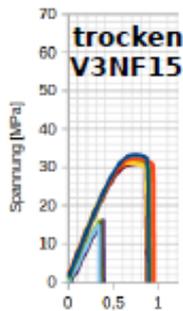
GMBU

Gesellschaft zur Förderung
von Medizin-, Bio- und
Umweltechnologien e.V.

Dr. rer. nat. Oliver Neudert
M. Eng. Robin Mäder
Bild 10

Ergebnisse: Einfluss der Materialfeuchte

Material	PLA-Compound (TECNARO Arboblend V3NF15)			PLA-Compound (TECNARO Arboblend 3768V)		
	Datenblatt	Messung		Datenblatt	Messung	
Materialfeuchte		trocken	gesättigt		trocken	gesättigt
Zugfestigkeit (y)	36 MPa	30-34 MPa	21..23 MPa	55 MPa	50-54 MPa	50-52 MPa
Schichhaftung		14 MPa (~44%)	5-6 MPa (~25%)		19-20 MPa (~38%)	8-14 MPa (~22%)
geschätzte Bruchdehnung	3%	3,0%	1,8-2,2%	20%	23-107%	10-30%



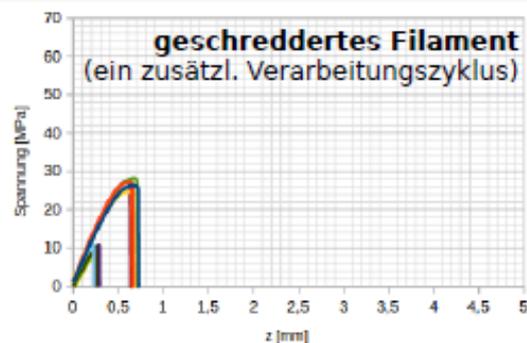
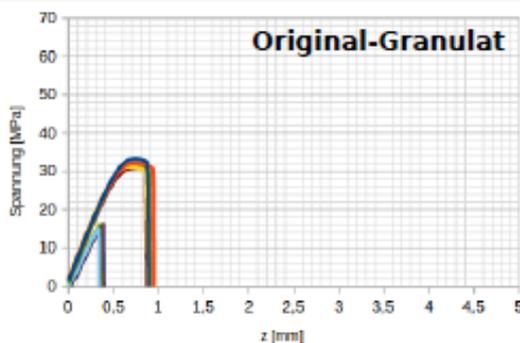
GMBU

Gesellschaft zur Förderung von Medizin-, Bio- und Umwelttechnologien e.V.

Dr. rer. nat. Oliver Neudert
M. Eng. Robin Mäder
Bild 11

Ergebnisse: Einfluss der Materialalterung

Material	PLA-Compound (TECNARO Arboblend V3NF15)		
	Datenblatt	Messung	
Verarbeitung		Original-Granulat	geschreddertes Filament
Zugfestigkeit (y)	36 MPa	30-34 MPa	25...28 MPa
Schichhaftung		14 MPa (~44%)	9-11 MPa (~38%)
geschätzte Bruchdehnung	3%	3,0%	2,1-2,4%



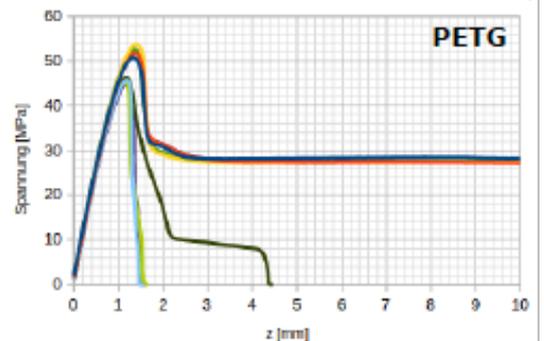
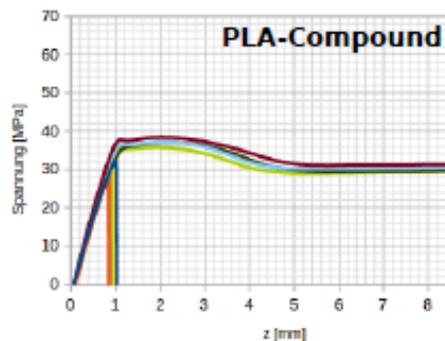
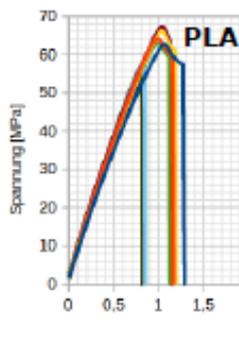
GMBU

Gesellschaft zur Förderung von Medizin-, Bio- und Umwelttechnologien e.V.

Dr. rer. nat. Oliver Neudert
M. Eng. Robin Mäder
Bild 12

Ergebnisse: Materialvergleich

Material	PLA (Ingeo 3D850)		PLA-Compound (Arboblend 4230V)		PETG (Filamentworld)	
	Datenblatt	Messung	Datenblatt	Messung	Datenblatt	Messung
Düsen-temperatur		220°C		190°C		220°C
Zugfestigkeit (y)	50 MPa	63-67 MPa	44 MPa	36-38 MPa	50 MPa	50-54 MPa
Schichthaftung		54-58 MPa (~86%)		28-32 MPa (~81%)		45-46 MPa (~88%)
geschätzte Bruchdehnung	3,3%	3,7-4,3%	61%	30-67%	120%	83-120%



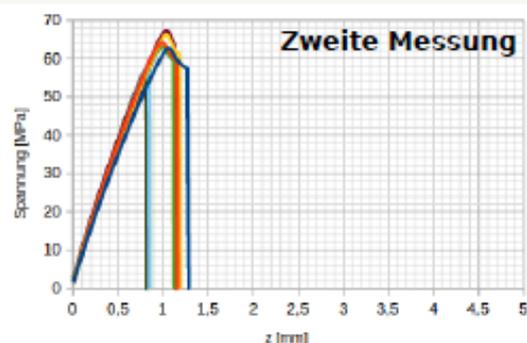
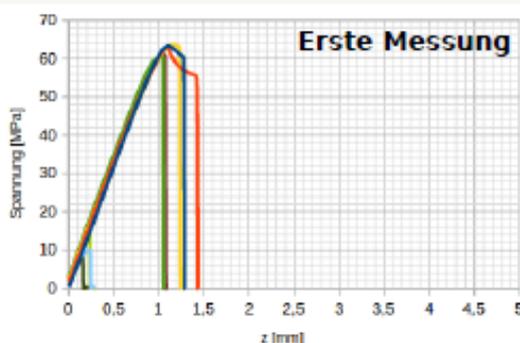
GMBU

Gesellschaft zur Förderung von Medizin-, Bio- und Umwelttechnologien e.V.

Dr. rer. nat. Oliver Neudert
M. Eng. Robin Mäder
Bild 13

Ergebnisse: Reproduzierbarkeit!?

Material	PLA (NatureWorks Ingeo 3D850)		
	Datenblatt	1. Messg.	2. Messg.
Düsen-temperatur		220°C	220°C
Zugfestigkeit (y)	36 MPa	60-64 MPa	63-67 MPa
Schichthaftung		10-14 MPa (~19%)	54-58 MPa (~86%)
geschätzte Bruchdehnung	3%	3,5-4,8%	3,7-4,3%



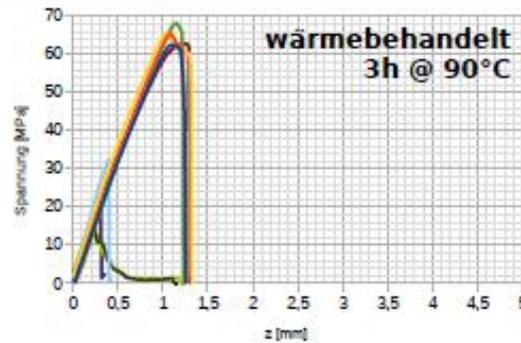
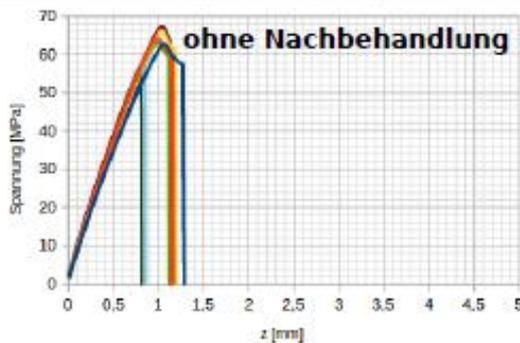
GMBU

Gesellschaft zur Förderung von Medizin-, Bio- und Umwelttechnologien e.V.

Dr. rer. nat. Oliver Neudert
M. Eng. Robin Mäder
Bild 14

Ergebnisse: Einfluss der Wärmebehandlung

Material	PLA (NatureWorks Ingeo 3D850)		
	Datenblatt	Messung	
Nachbehandlung		ohne	3h @ 90°C
Zugfestigkeit (γ)	36 MPa	63-67 MPa	62-68 MPa
Schichthaftung		54-58 MPa (~86%)	14-32 MPa (max 49%)
geschätzte Bruchdehnung	3%	3,7-4,3%	4,1-4,4%



GMBU

Gesellschaft zur Förderung
von Medizin-, Bio- und
Umweltechnologien e.V.

Dr. rer. nat. Oliver Neudert
M. Eng. Robin Mäder
Bild 15

Schlussfolgerungen

- **Erhöhung der Düsentemperatur:**
höhere Schichthaftung, etwas kleinere Bruchdehnung (hydrolyt. Abbau!?)
- **Bauteillüfter eingeschaltet:**
kleinere Schichthaftung, kleinere Festigkeit
- **Hohe Materialfeuchte:**
erheblich kleinere Schichthaftung, erheblich kleinere Festigkeit,
erheblich kleinere Bruchdehnung
- **Materialalterung durch zusätzlichen Verarbeitungszyklus:**
kleinere Schichthaftung, kleinere Festigkeit
- teils sehr hohe Schichthaftung erzielt, bis zu 88% der Festigkeit in γ -Richtung
- Bruchdehnung in z -Richtung dennoch stets geringer → **Entwicklungsbedarf!**
- teils sehr schlechte Reproduzierbarkeit der Schichthaftung, unbekannte Ursache!
- sichtbare Nachkristallisation durch Wärmebehandlung (PLA),
kaum Einfluss auf mechanische Eigenschaften
- ▶ **Weitere Untersuchungen zur Identifizierung aller relevanten Einflussgrößen!**
- ▶ **Material- und bauteilspezifische Optimierung der Druckparameter.**
- ▶ **Materialüberwachung nötig.**
- ▶ **Weitere Materialentwicklung zur Verbesserung der Bruchdehnung in z -Richtg. !?**
- ▶ **Granulatverarbeitung bevorzugt gegenüber Filament (materialabhängig).**

GMBU

Gesellschaft zur Förderung
von Medizin-, Bio- und
Umweltechnologien e.V.

Dr. rer. nat. Oliver Neudert
M. Eng. Robin Mäder
Bild 16



SEKTION 3: FOLGEVERFAHREN

Moderation: Jens Bliedtner, Ernst-Abbe-Hochschule Jena

[zurück zum Programm](#)

Print-to-Product: Industrielle Finishing-Lösungen ermöglichen additive Serienfertigung

Maximilian Kraus

DyeMansion GmbH München



Print-to-Product: Industrielle Finishing Lösungen ermöglichen additive Serienfertigung

Maximilian Kraus
Innovationsforum 2020

MEET THE DYEMANNSCHAFT

Wir sind der weltweit führende Anbieter für Finishing Systeme im industriellen 3D-Druck

Maximilian Kraus

Sales & Business Development EMEA

- ✓ 4+ Jahre im 3D-Druck
- ✓ Erfahrung in verschiedenen Industrien von Automotive bis Konsumgüter



GRÜNDUNG
2015

NIEDERLASSUNGEN
✓ München, Deutschland
✓ Austin, TX

TEAM
70 Mitarbeiter

HOME OF A
COLORFUL
FUTURE.

11.11.2020 Innovationsforum, DyeMansion

2

COMPLETING THE AM VALUE CHAIN



DyeMansion delivers the finishing touch



 DESIGN



 BUILD



 FINISH



Only provider of an end-to-end workflow

11.11.2020 Innovationsforum, DyeMansion

3



3D-GEDRUCKTE PRODUKTE WERDEN TEIL UNSERES ALLTAGS

Wir werden in einer Welt mit besseren Produkten leben, die exakt auf die Bedürfnisse der Konsumenten zugeschnitten sind und deren Herstellung sowie Lieferung nachhaltig erfolgt.

4



UM DIESE VISION ZU VERWIRKLICHEN

Entwickeln wir innovative Lösungen, mit denen unsere Kunden marktreife 3D-gedruckte Produkte herstellen können.



5





**WE TURN 3D-PRINTED
RAW PARTS INTO HIGH-FASHION
JEWELRY**

ZU HAUSE IN VERSCHIEDENEN BRANCHEN

Wir ermöglichen AM Anwendungen



<div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 20px;">  <div style="background-color: #0070C0; color: white; padding: 5px 10px; border-radius: 5px; display: flex; align-items: center;"> AUTOMOBIL </div> </div> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center; gap: 20px;"> <p>DAIMLER</p> <p>...</p>  </div>	<div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 20px;">  <div style="background-color: #0070C0; color: white; padding: 5px 10px; border-radius: 5px; display: flex; align-items: center;"> INDUSTRIE </div> </div> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center; gap: 20px;"> <p>PROGLOVE</p> <p>...</p>  </div> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center; gap: 20px;">   </div>
<div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 20px;">  <div style="background-color: #0070C0; color: white; padding: 5px 10px; border-radius: 5px; display: flex; align-items: center;"> KONSUMGÜTER </div> </div> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center; gap: 20px;">   </div> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center; gap: 20px;">  <p>...</p> </div>	<div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 20px;">  <div style="background-color: #0070C0; color: white; padding: 5px 10px; border-radius: 5px; display: flex; align-items: center;"> MEDIZIN </div> </div> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center; gap: 20px;">   </div> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center; gap: 20px;">  <p>...</p> </div>

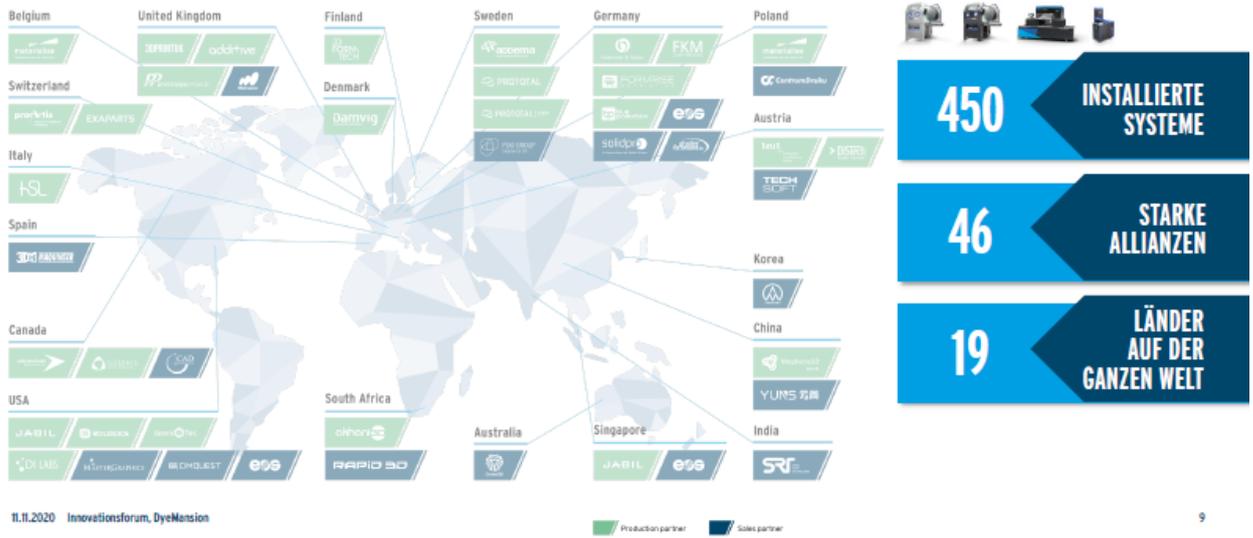
11.11.2020 Innovationsforum, DyeMansion

8

DYEMANSION PARTNER PLATFORM



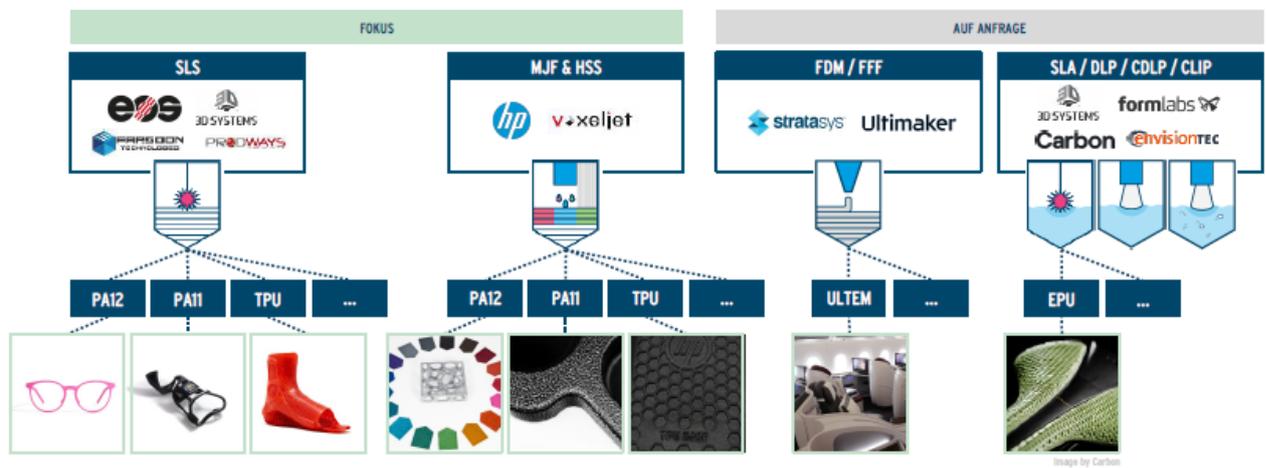
Führende industrielle Post-Processing Plattform zur Transformation der Fertigungsindustrie



EINE FLEXIBLE LÖSUNG FÜR VERSCHIEDENE INDUSTRIEN



Unsere Lösungen sind für alle gängigen Drucktechnologien und Materialien geeignet



11.11.2020 Innovationsforum, DyeMansion

10

DYEMANSION PRINT-TO-PRODUCT WORKFLOW



CLEANING | POWERSHOT C



Manuelles Entpulvern kann Industriestandards nicht erfüllen

PROBLEME

- ✓ Manueller, zeitaufwändiger Prozess
- ✓ Beschädigte Bauteile
- ✓ Keine reproduzierbaren Prozesse
- ✓ Heterogene Färberegebnisse



Fingerabdruck



Pulverrückstände



Verbrennung

CLEANING | POWERSHOT C



Einfach und effizient entpulvern



11.11.2020 Innovationsforum, DyeMansion

14

CLEANING | POWERSHOT C



Einfach und effizient entpulvern



Step 1 2 3

Erhebliche Produktivitätssteigerung: reduziert Personalkosten und Zeitaufwand

Oberflächenschonendes Verfahren

Platzersparnis in der Produktion



Kapazität pro Durchlauf

Mittelgroßer Bauraum (z.B. HP Jet Fusion 4200/5200)

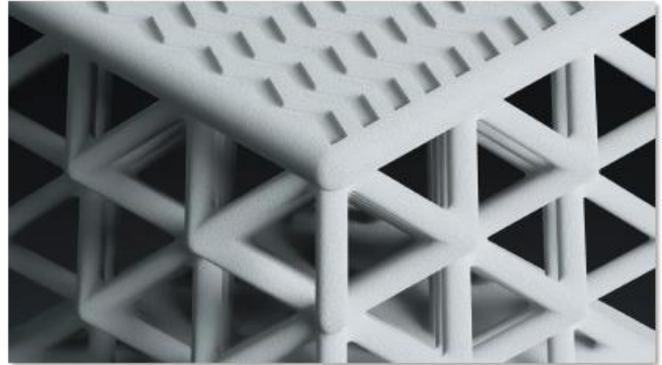
11.11.2020 Innovationsforum, DyeMansion

15

POLYSHOT SURFACING | POWERSHOT S



Die effizienteste Oberflächenbearbeitung für marktreife Produkte



11.11.2020 Innovationsforum, DyeMansion

16

POLYSHOT SURFACING | POWERSHOT S



Die effizienteste Oberflächenbearbeitung für marktreife Produkte



Step 1 2 3



Die effizienteste Lösung für anspruchsvolle Produkte mit hochwertigem Finish



Matt-glänzende Oberflächen mit angenehmer Haptik und verbesserten Eigenschaften



Der Schlüssel zum guten Färberegebnis



FARBE: DM Black 01
FINISH: PolyShot Surfacing

Kapazität pro Durchlauf

Mittelgroßer Bauraum (z.B. HP Jet Fusion 4200/5200)

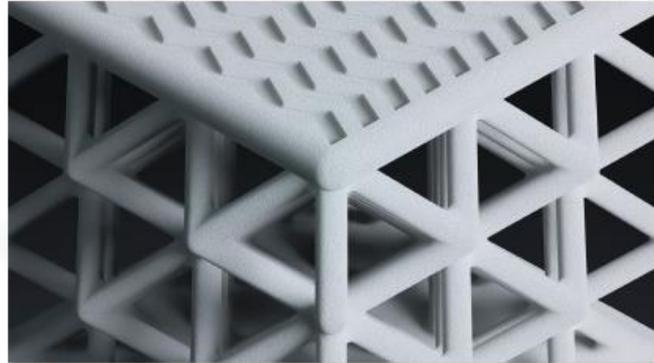
11.11.2020 Innovationsforum, DyeMansion

17

VAPORFUSE SURFACING | POWERFUSE S



Die Clean Vapor Technologie für Bauteile auf Spritzgussniveau



11.11.2020 Innovationsforum, DyeMansion

18

VAPORFUSE SURFACING | POWERFUSE S



Die Clean Vapor Technologie für Bauteile auf Spritzgussniveau



Step 1 2 3

-  Nachhaltiger und sicherer Prozess für Anwender sowie Umwelt, ohne chemische Abfälle
-  Versiegelte Oberflächen & verbesserte Eigenschaften über alle Geometrien hinweg
-  Lösemittel zugelassen für Lebensmittelkontakt nach Verordnung (EU) 10/2011
-  Industrie 4.0 reif, Konnektivität & Batch Tracking Features



FARBE: Keine
FINISH: VaporFuse Surfacing

11.11.2020 Innovationsforum, DyeMansion

19

EINE GRÜNE LÖSUNG FÜR DIE ZUKUNFT



Wir transformieren den Ruf der chemischen Glättung



11.11.2020 Innovationsforum, DyeMansion

- ✓ KEIN CMR (carcinogenic, mutagenic & reprotoxic) Lösemittel, wird in Kosmetikprodukten verwendet
- ✓ Geschlossener Lösemittelkreislauf, integrierte Aufbereitung des Lösemittels, kein chemischer Abfall
- ✓ Kontaktloses Verfahren, sicherer Prozess für Anwender
- ✓ System kann in jeder Produktionsstätte betrieben werden

20

„GREEN DEAL“ MIT DER POWERFUSE S

DIE GROSSE MISSION FÜR EUROPA
KLIMANEUTRAL BIS 2050



DyeMansion unterstützt diese Mission und wurde als eines der ersten Unternehmen vom Europäischen Innovationsrat (EIC) für das Horizon 2020 Programm ausgewählt, um mit der Powerfuse S zu den europäischen Klimazielen beizutragen.

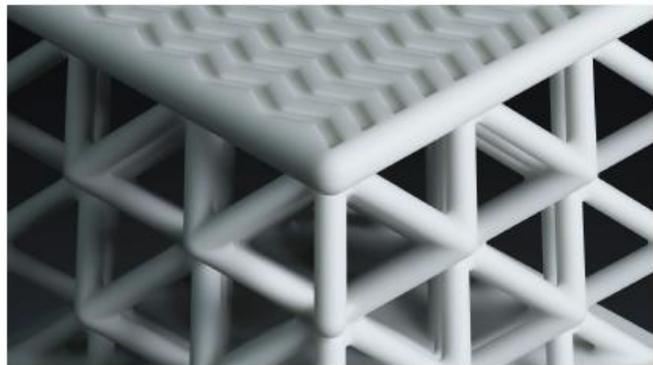




DEEPDYE COLORING | DM60



Die führende Färbelösung für industriellen 3D-Druck



11.11.2020 Innovationsforum, DyeMansion

23

DEEPLYE COLORING | DM60



Die führende Färbelösung für industriellen 3D-Druck

Step 1 2 3



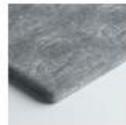
Grenzenlose Farbauswahl: Standardisierte Datenbank und individuelle Farben



Exakte Farbrezepturen für **einen reproduzierbaren und nachvollziehbaren Prozess** weltweit verfügbar



ISO-zertifizierte Farben für marktreife Produkte in allen Industrien



2,5 Stunden



FARBE: DM Black 01
FINISH: Keins

Kapazität pro Durchlauf

Mittelgroßer Bauraum (z.B. HP Jet Fusion 4200/5200)

11.11.2020 Innovationsforum, DyeMansion

24

EIN INDUSTRIELLES VERFAHREN FÜR DIE SERIENFERTIGUNG



11.11.2020 Innovationsforum, DyeMansion

25

DM60 | ADDITIVE FÄRBUNG



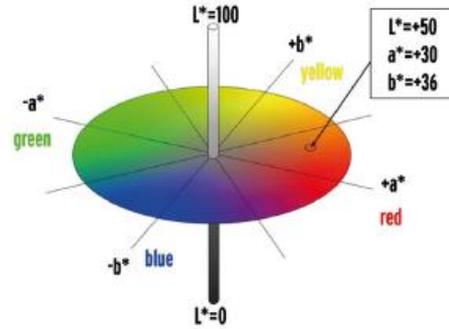
Das Farbergebnis auf Basis der additiven Farbe

BASISFARBE

- ✓ Es können nur Farben erzielt werden, die dunkler als das Basismaterial sind.
- ✓ Keine Möglichkeit, auf einem gelben oder einem grauen Bauteil ein weißes Farbergebnis zu erzielen.

FAZIT

Für nicht weiße Bauteile, die bereits eine Grundfarbe haben, wird eine andere Farb Rezeptur verwendet. Das Endergebnis wird jedoch dunkler als die Grundfarbe sein.

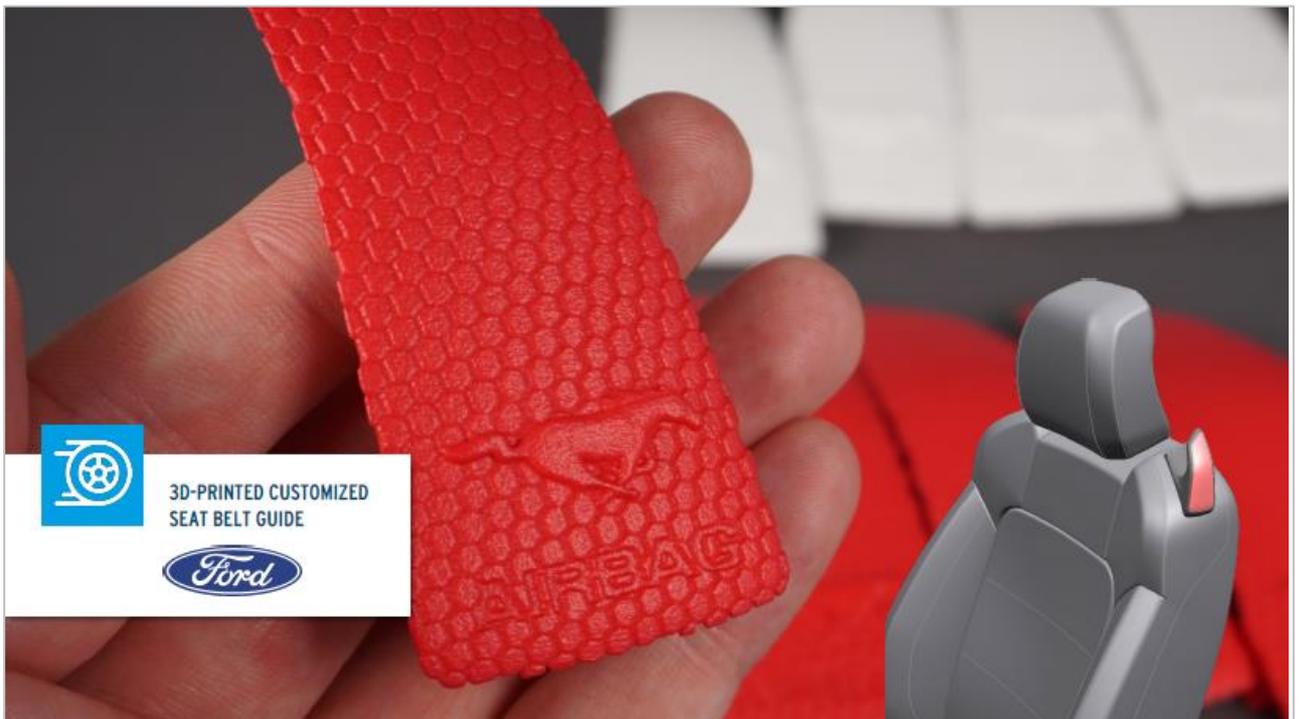


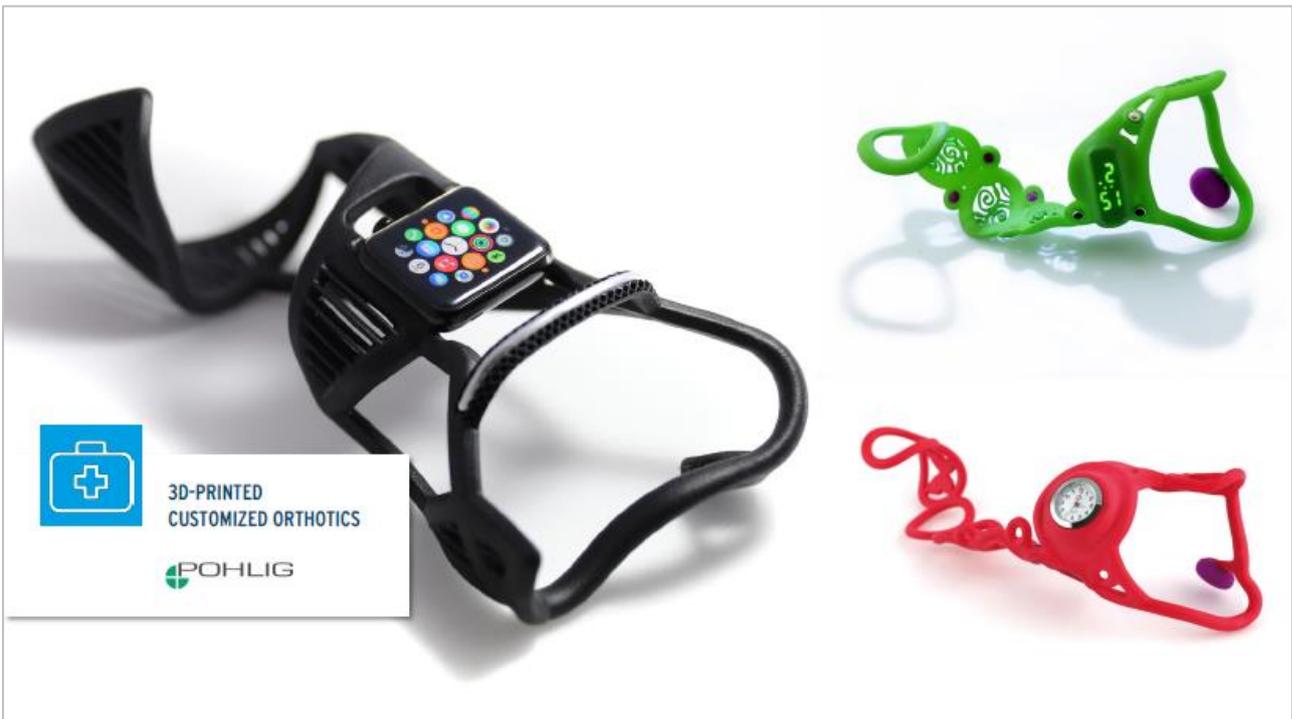
FIND YOUR FINISH



Unser End-to-End Post-Processing Workflow









3D-PRINTED
WEARABLES / SCANNERS

PROGLOVE

MEHR TECH INSIGHTS IN UNSEREN WHITEPAPERN



Download über die DyeMansion Website möglich

CLEANING



AUTOMATISIERTES ENTPULVERN
SCHNELL & EFFIZIENT

i Wie Powershot C für ein oberflächenschonendes Entpulvern, Produktivitätssteigerung und Platzersparnis sorgt

SURFACING



STATE-OF-THE-ART SURFACING
SEHR DURCHLAUF FÖRDERNDES VERFAHREN FÜR SLS & MJF BAUTEILE

i Was PolyShot & VaporFuse Surfacing an SLS & MJF Bauteilen erreichen können

COLORING



MANUAL POT DYEING // INDUSTRIAL DEEPPRYE COLORING

i Warum manuelle Topf-färbung für hochwertige Applikationen nicht reicht - und wie DDC hilft



AUTOMOTIVE COLORS // LÖST- UND HITZEBESTÄNDIGE FÄRBNEN FÜR DEN FARBZUSAMMENHANG

i DyeMansion's Farboptionen für Applikationen mit verbesserter Licht- und Hitzebeständigkeit



FÄRBNEN VON MJF-BAUTEILEN
EFFIZIENT MIT DER HP JET FUSION 500 SERIE

i Welche Farboptionen es für MJF Bauteile gefertigt mit der HP Jet Fusion 500 Serie gibt



MAXIMILIAN KRAUS
SALES & BUSINESS
DEVELOPMENT EMEA

maximilian@dyemansion.com

DyeMansion GmbH
Robert-Koch-Straße 1
52152 Planegg, Munich



www.dyemansion.com



DyeMansion



@WeAreDyeMansion



@WeAreDyeMansion



DyeMansion



DyeMansion

[zurück zum Programm](#)

Oberflächenbearbeitung additiv gefertigter Bauteile

Valentin Schulz

Rösler Oberflächentechnik GmbH Untermerzbach

AM solutions

Your partner for printing service and post processing of AM components

A brand of the Rösler Group

www.solutions-for-am.com

The Rösler Group offers a global network

AM solutions



Sales / Service locations

- Brasil
- Great Britain
- Austria
- Netherlands
- Belgium
- China
- Romania
- Russia
- Serbia
- Switzerland

Production sites

- France
- Italy
- Spain
- USA
- India
- Turkey

15 branches and more than 150 representative offices worldwide

A brand of the Rösler Group

2

www.solutions-for-am.com



Plant Untermerzbach

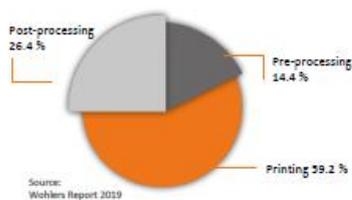
- Sales and Customer Service
- Central Production Mass Finishing and Blasting Technology
- Central Test Centers for Mass Finishing and Shot Blasting Technology
- AM Solutions
- Academy
- Laboratories
- Central Warehouse
- Compound Production
- Ceramic Media Production

Plant Bad Staffelstein

- Headquarter
- Finance and Human Resource Management
- Central Media Production

- Increased productivity thanks to higher part throughput in production
- Higher profitability thanks to automated processes
- Better part performance thanks to better surface quality
- Development of new business models thanks to lower part costs
- Development of new application fields thanks to improved part performance
- Faster adaptation of 3D printing technology due to post processing cost savings

Costs per AM part



Manual post processing



Automated post processing



New Testlab

AM solutions



- 400sqm of space
- Full process chain
- Metal and polymers
- 4 Printers
- Visual inspection with GOM, Microscope and Profilometer

A brand of the Rösler Group

5

www.solutions-for-am.com



AM solutions

Process for MJF and
SLS

A brand of the Rösler Group

Depowdering Thermoplaste



Total Time: 0:14h

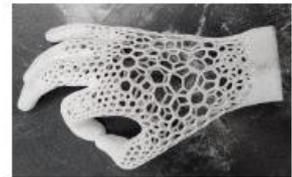
Loading Time: 0:02h

Process Time: 0:10h

Unloading Time: 0:02h



Unpacked Parts



Recycled Powder



Shot blasting S1

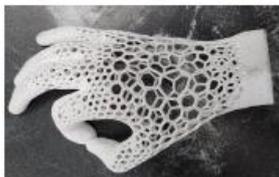


Total Time: 0:30h

Loading Time: 0:01h

Process Time: 0:10h

Unloading Time: 0:05h

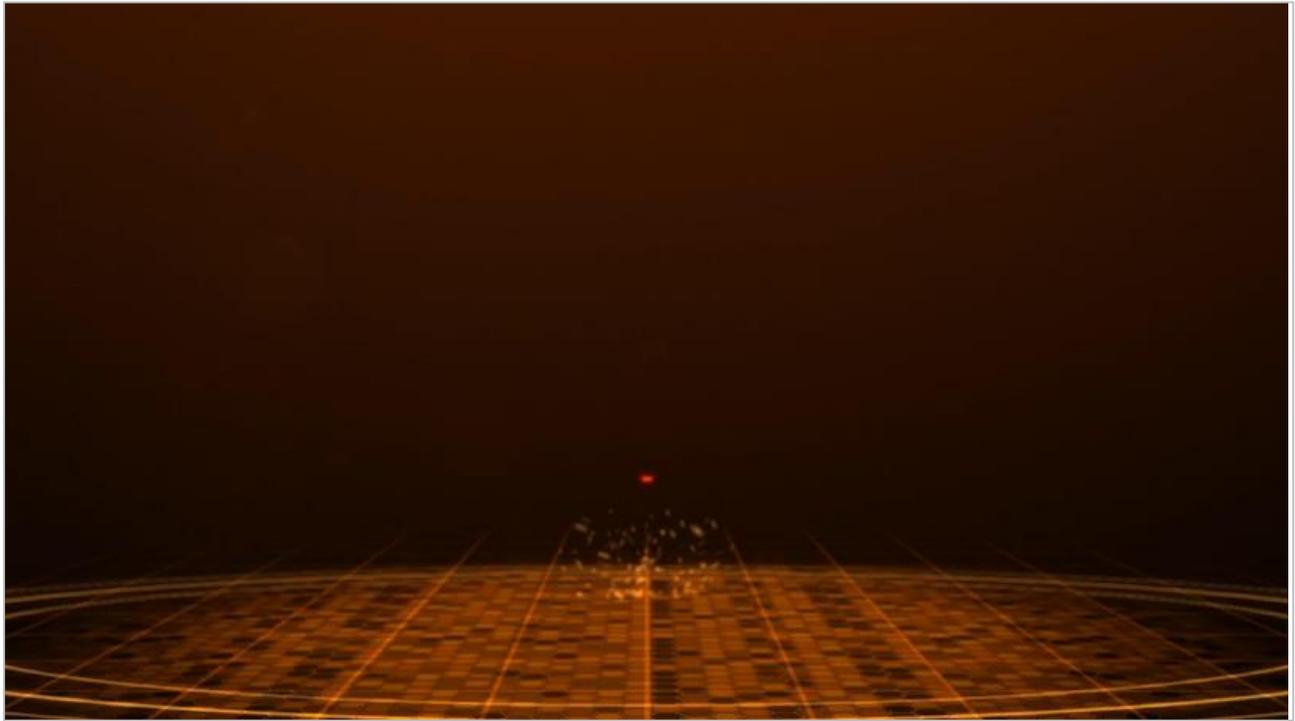


Unpacked Parts
full Build job



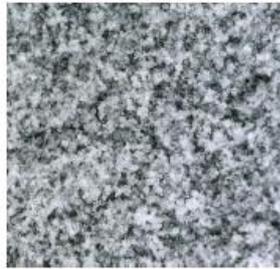
Blasted parts





Shot blasting S1

AM solutions



Clean



Over blasted

Surface finishing M1



Total Time: 3:36h

Loading Time: 0:01h

Process Time: 3:00h

Unloading Time: 0:05h



Two new Media Types

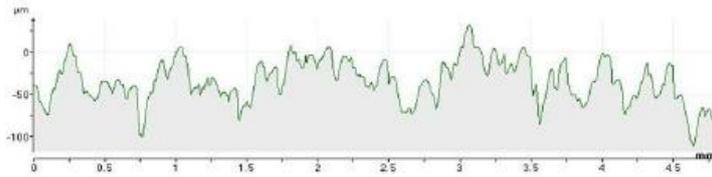


MJF Mix

- Optimized for PA11 und PA12
- New materials in development
- Defined rate of material removal
- Covers a broad variety of geometries

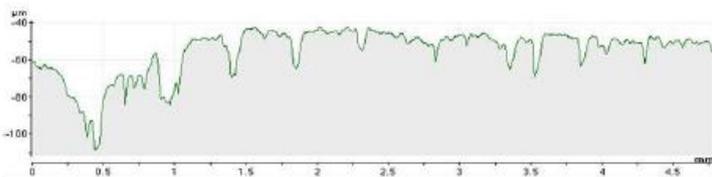
SLS Mix

- Optimized for PA6, PA11 und PA12
- New materials in development
- Defined rate of material removal
- Covers a broad variety of geometries



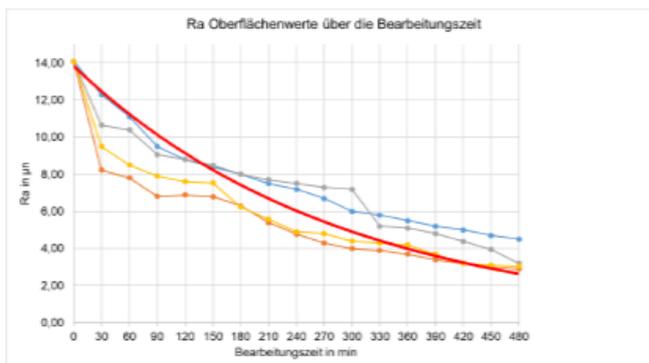
Raw MJF surface:

- Starting roughness 14 µm Ra



Surface finished MJF part:

- Processing time 280 min
- Removal and smoothing of peaks
- Approx. roughness 3 µm Ra



Measurement of average surface roughness:

- Treated in an AM Solutions M1
- Test run with polymer and ceramics chips
- No significant improvements after ca. 270 min



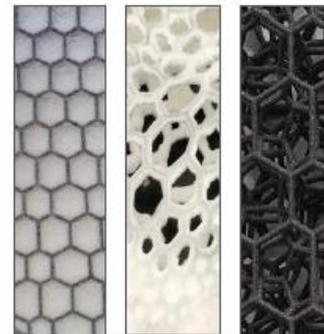
Depowdering of thermoplastic elastomers

Detour TPU

- Hard to clean
- Expensive to clean

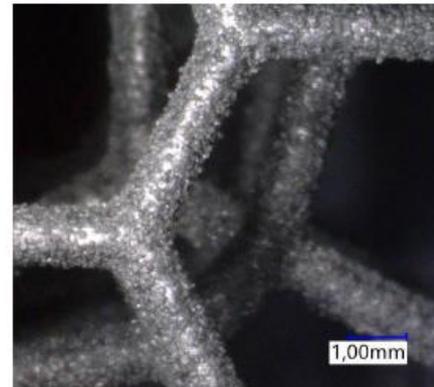
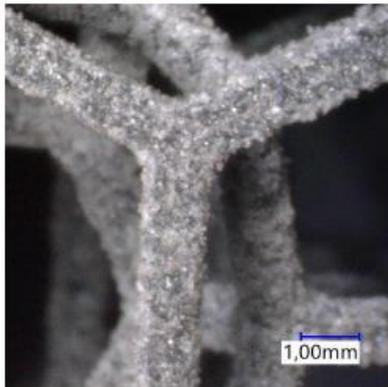
Current Solutions

- Shot blasting with dry ice
- "Hot unpack"
 - Complicated to keep temperature
 - ATEX implications
 - Air flow of blasting is cooling parts very fast



Two new solutions that comply with ATEX regulations.
No need to "Hot unpack"

Shot blasting S1



Treatment of small features and details



Ausgangssituation

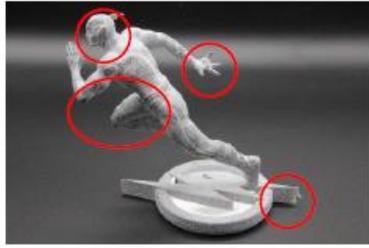
Standard →



Rösler
Technologie →



Treatment of small features and details



End to End Solution



We have started first assessments and working on pilots together with the company AM-Flow to create a truly industrial 3D Printing factory.

- Connect all Post Processing steps through an automated system
- Identify parts automatically and route them through the process, with full tracking & tracing
- Create a flexible and scalable factory



What advantages does AM solutions offer?

AM solutions



We are your contact for all areas related to process development & engineering. Besides to a large number of systems, we recommend suitable process equipment so that your processes run as well as possible.

Advantages of AM solutions

- Innovative, customer-oriented process development in the field of AM
- Technology for every step of post processing
- Specially developed finishing consumables for the treatment of AM components

A brand of the Rösler Group

21

www.solutions-for-am.com

Interested? Get in contact with us!



rapid



precise



tailor-made

POSTPROCESS

GPAINNOVA

DryLyte

PRES

Vorstadt 1 | D-96190 Untermerzbach

Phone +49 9533 / 924-9992 | email info@solutions-for-am.com

Erfahrungsbericht aus dem Projekt FunkFin: Funktionales Oberflächenfinishen 3D-gedruckter Kunststoffteile

Lukas Eckhardt

Ernst-Abbe-Hochschule Jena

Funktionales Finishen additiv gefertigter, dreidimensionaler Kunststoffbauteile

Eckhardt, L.¹; Layher, M.¹; Hopf, A.¹; Bliedtner, J.¹; May, M.²; Lachmund, S.²; Buttler, B.³

¹ Ernst-Abbe-Hochschule Jena; ² 3Faktur GmbH; ³ GOT mbh

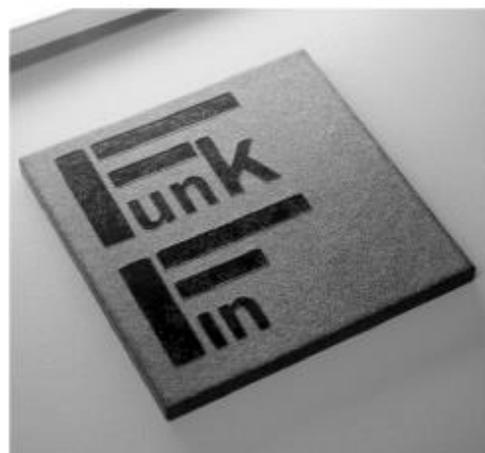
Forum 3D-Druck 2020

7. Mitteldeutsches Forum Rapid Technologien

26.10.2020



1. HP Multi Jet Fusion (MJF)
2. Finishing-Verfahren
 - 2.1 Stand der Technik
 - 2.2 Laserstrahlpolieren
 - 2.3 Laserstrahltexturieren
 - 2.4 Beschichten & Lackieren
3. Ausblick



Laserstrahlbeschriftetes MJF-Bauteil

Arbeitsgruppe im Fachbereich SciTec der Ernst-Abbe-Hochschule Jena

- Prof. Dr.-Ing. Jens Bliedtner
- 4 Laboringenieure
- 6 Doktoranden
- 32 wissenschaftliche/technische Mitarbeiter
- 1 Auszubildender



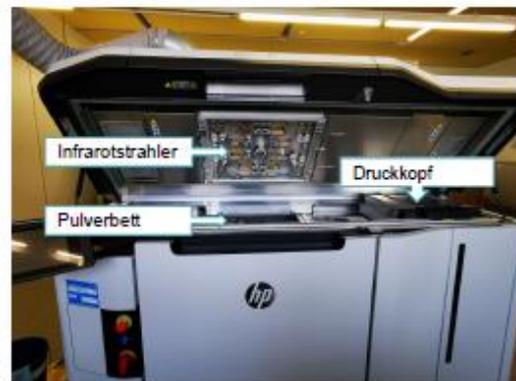
Forschungsschwerpunkte

- Lasermaterialbearbeitung
- Optiktechnologie
- Additive Technologien

26.10.2020

© EAH Jena

3



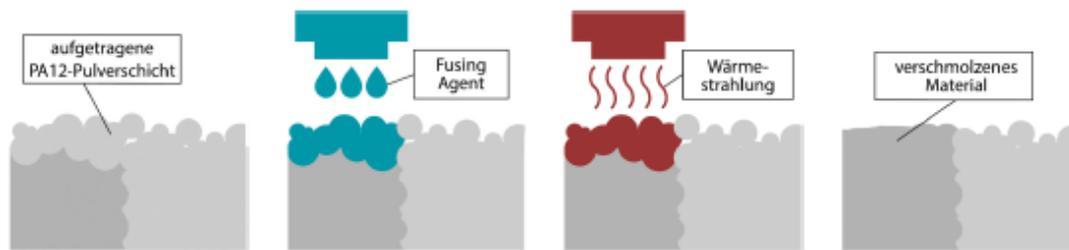
HP Multi Jet Fusion Anlagen der 3Faktur GmbH

Bildquelle: 3Faktur GmbH

26.10.2020

© EAH Jena

4



HP Multi Jet Fusion-Verfahren

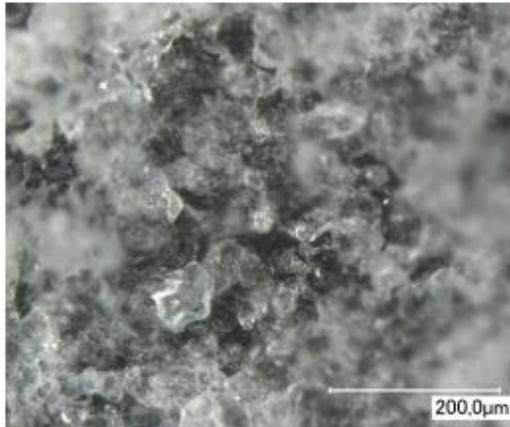
- Bauraum: 380 x 380 x 284 mm
- Schichtstärke: 80 µm
- X-Y-Auflösung: 1200 dpi
- Laufzeit je Druckjob: ca. 17 h + Abkühlzeit
- Materialien: PA12, TPU, PP, PA11



MJF-gefertigtes Bauteil

Bildquelle: HP Development Company, L.P.

- hohe Detailauflösung
- nahezu vollständige Geometriefreiheit
- niedrige Kosten
- hohe Isotropie

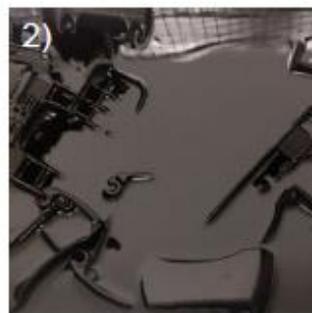


Bauteiloberfläche in 500-facher Vergrößerung

- hohe Oberflächenrauheit
- nur graue/schwarze Bauteile
- eingeschränkte Materialauswahl

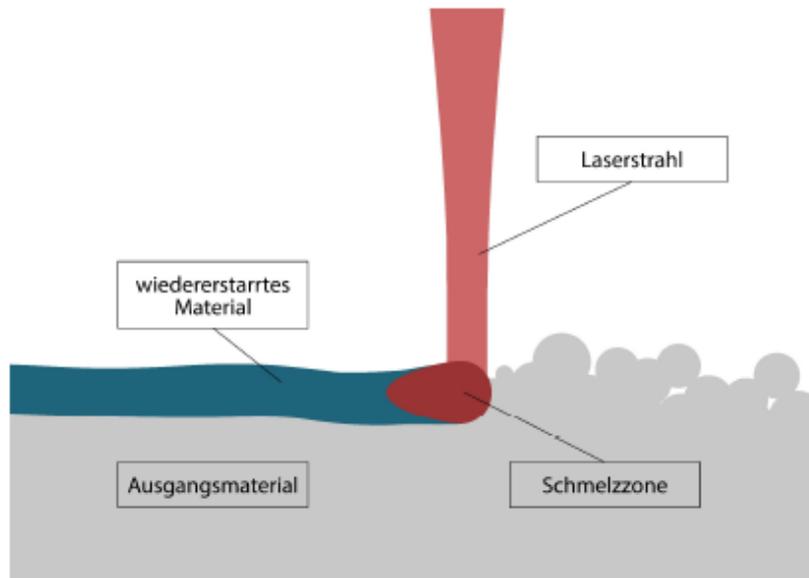


Zielstellung:
Glätten, Einfärben,
Funktionalisieren

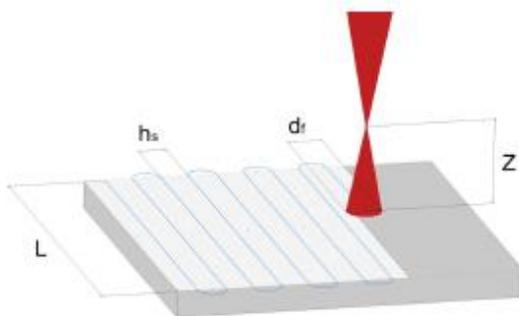


*Aktuell eingesetzte Finishing-Verfahren:
1) Glasperlenstrahlen 2) Einfärben 3) Gleitschleifen*

Bildquelle: 3faktor GmbH



Verfahrensprinzip Laserstrahlpolieren



Prozessparameter Laserstrahlpolieren

h_s	Spurversatz
d_f	Fokusbereich
Z	Fokus-Offset
L	Polierlinienlänge

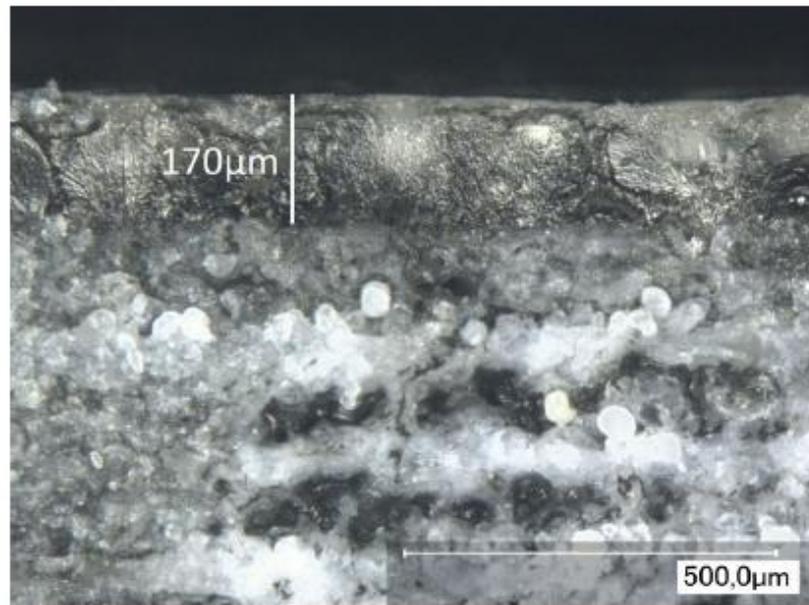


Laserstrahlpoliertes PLA-Bauteil

Layher, M. et al., Laser beam polishing of polymers. *PhotonicsViews* 16(3), 83–87 (2019)



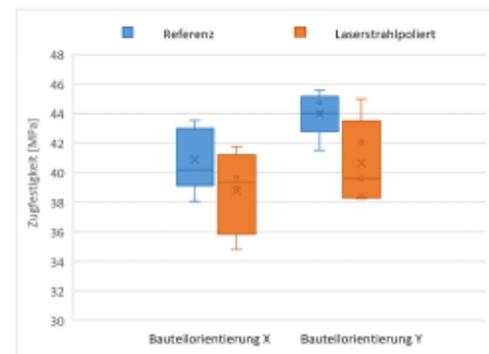
Laserstrahlpoliertes PA12-Bauteil



Querschnitt eines laserstrahlpolierten MJF-Bauteils

Prozess- und Bauteilcharakterisierung:

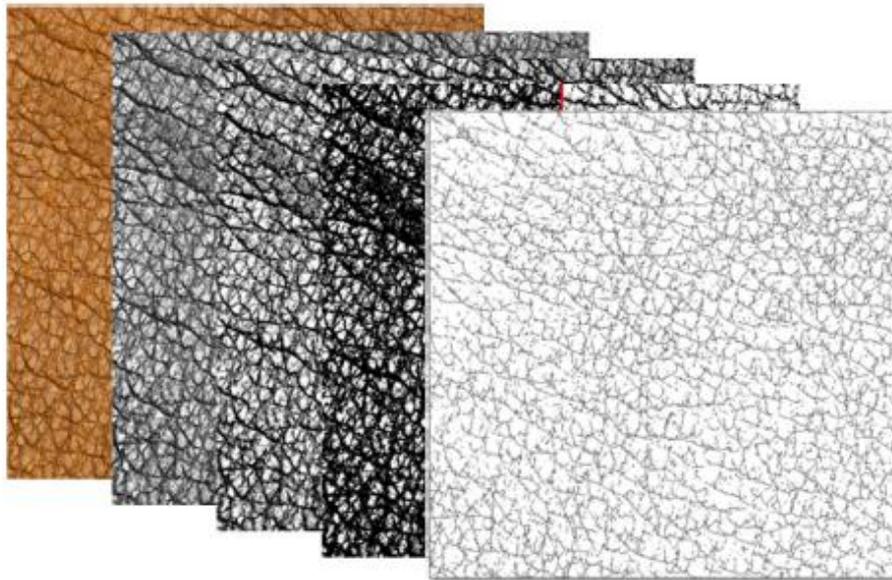
- Materialtrocknung erforderlich
- Polierwinkel bis 80° möglich
- Shore-D-Härte unverändert
- Zugfestigkeit geringfügig reduziert
- z.T. thermischer Verzug



Zugfestigkeit un bearbeiteter und laserstrahlpolierter MJF-Bauteile

Anwendungen:

- Verbesserung der optischen und haptischen Eigenschaften
- Schließen der Oberflächenstruktur
- Vorbereitung für weitere Finishing-Verfahren



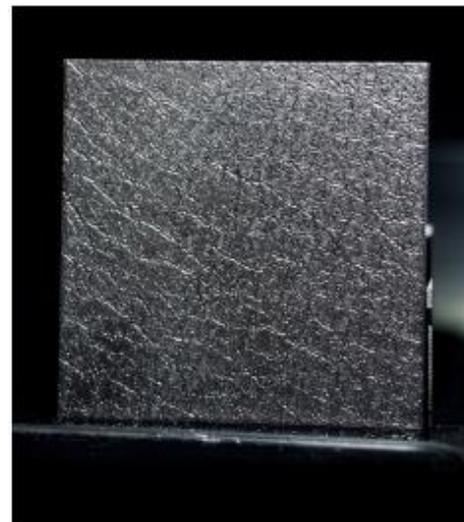
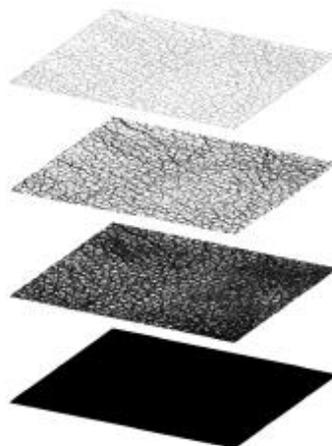
Datenaufbereitung Laserstrahltexturieren

4) Laserstrahlbeschriften
tiefer Strukturen

3) lokales Abtragen

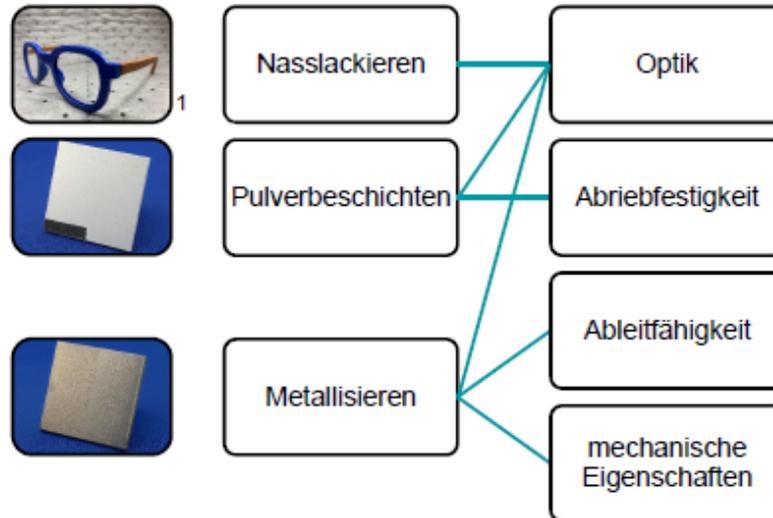
2) lokales Umschmelzen

1) flächiges Vorpulieren



*Prozessschritte zur Erstellung einer Leder-
Textur*

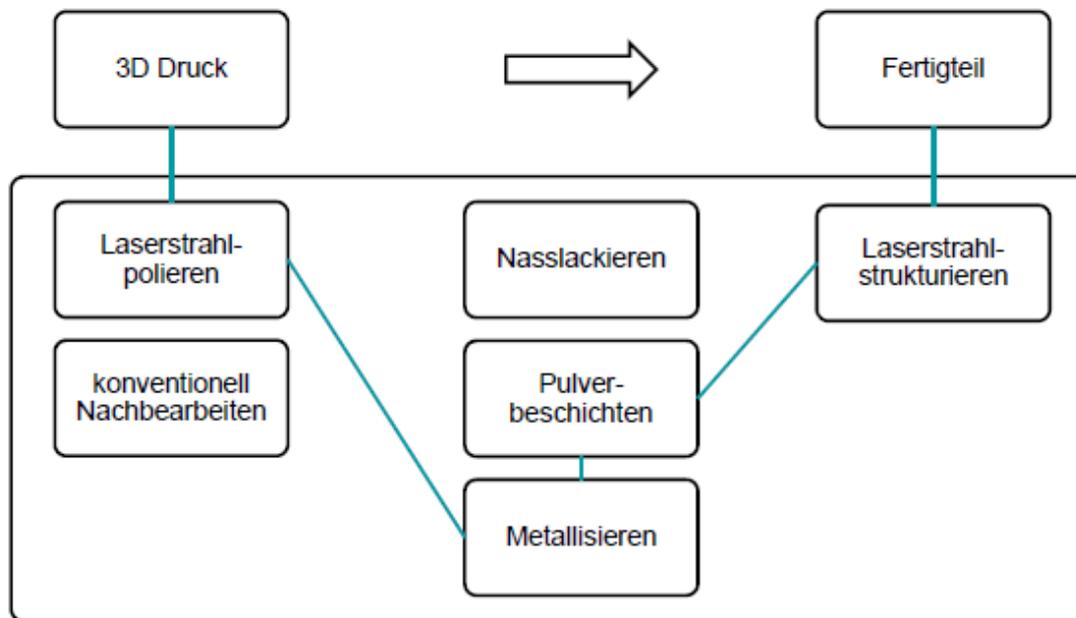
Laserstrahlstrukturierte PA12-Probe



Beschichtende Finishing-Verfahren und deren primäre Anwendungen

1: Bildquelle: morgen-filament.de





Potenzielle kombinierte Prozessketten

Das Verbundvorhaben „FunkFin - Entwicklung einer neuartigen Prozesskette zum funktionalen Oberflächenfinishen 3D-gedruckter Kunststoffteile“ (Förderkennzeichen ZF4039614GM8) wird durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.





SEKTION 4: ANWENDUNGSFÄLLE

Moderation: Jörg Matthes, Hochschule Mittweida

[zurück zum Programm](#)

Additiv gefertigte Sensoren auf technischen Textilien

Hagen Bankwitz
Hochschule Mittweida



Additiv gefertigte Sensoren auf technischen Textilien

Dr.-Ing. Hagen Bankwitz

hs-mittweida.de

Agenda

1. Vorstellung der Professur
2. Stand der Technik
3. Voruntersuchungen
4. Temperatursensor
5. Berührungssensor
6. Zusammenfassung

Vorstellung der Professur

Professur Intelligente Maschinensysteme

- Berufung: 09/2017
- Leitung: Prof. Dr.-Ing. Jörg Hübler
- 6 wissenschaftliche Mitarbeiter

Lehraufträge in den Modulen :

- Mikromobilität ab WS 2021
- Grundlagen der Konstruktion
- Konstruktion für Nicht-Maschinenbauer
- Antriebstechnik
- Mechatronische Produktentwicklung
- Fördertechnik
- Technische Mechanik für Industrial Engineering
- Maschinendynamik für Industrial Engineering

Forschungsschwerpunkte

IMS

- Mikromobilität (Radverkehr)
- Elektromotorische Antriebssysteme (von Pedelec bis Motorrad und Sonderfahrzeugen)
- Strukturintegrierte Sensorik
- Maschinenelemente der Antriebstechnik (Zugmittelgetriebe und Kupplungen)
- Anwendung additiver Fertigungsverfahren (gedruckte Sensorik auf technischen Textilien und anderen Maschinenelementen)



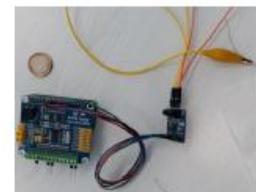
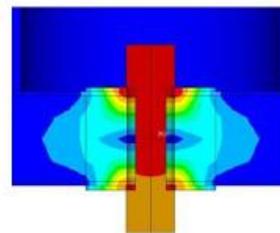
5 Additiv gefertigte Sensoren auf technischen Textilien | Hagen Bankwitz, Dr.-Ing.
(C) 26.10.2020 Hochschule Mittweida

Fakultät Ingenieurwissenschaften
Professor Intelligente Maschinensysteme
HOCHSCHULE
MITTWEIDA

Unsere Stärken

IMS

- Fahrzeuge der Mikromobilität
- Sensoren, Mechanik und Material
- Additiv hergestellte Sensoren auf vielen Materialien (FDM)
- Entwicklung, Konstruktion, Berechnung und Simulation
- Programmierung, Messtechnik und Schaltkreisentwurf
- Prototypenbau und experimentelle Untersuchungen
- Lebensdauertests von Bauteilen und Baugruppen



6 Additiv gefertigte Sensoren auf technischen Textilien | Hagen Bankwitz, Dr.-Ing.
(C) 26.10.2020 Hochschule Mittweida

Fakultät Ingenieurwissenschaften
Professor Intelligente Maschinensysteme
HOCHSCHULE
MITTWEIDA

Ausstattung

- Additive Manufacturing (FDM - Fused Deposition Modeling und Filament Maker)
- Wireless Measurement System (LORD)
- Programmierung und Anwendung von Mikrocontrollern (Arduino, Raspberry Pi, ...)
- Software für App-Entwicklung
- Reibwertuntersuchungen mittels Tribometer
- Dauerfestigkeitsversuche mit Servohydraulik und Servopneumatik
- Thermography (FLIR)



7 Additiv gefertigte Sensoren auf technischen Textilien | Hagen Bankwitz, Dr.-Ing.
(C) 26.10.2020 Hochschule Mittweida

Fakultät Ingenieurwissenschaften
Professur Intelligente Maschinensysteme



Stand der Technik

IMS

Fakultät Ingenieurwissenschaften
Professur Intelligente Maschinensysteme



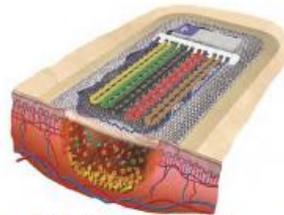
Smarte Textilien

IMS

Unter dem Begriff Smart Textiles versteht man intelligente oder funktionalisierte Textilien mit Fasern, die neue, mechanische Oberflächen-, Schutz- und „Intelligenz-“ Eigenschaften aufweisen. Die Textilien übernehmen dabei Funktionen, die vormals nicht textil waren. Sie können zum Beispiel Informationen erfassen und transportieren, leuchten, heizen, Wunden heilen und Vitalfunktionen überwachen. [www.din.de]



Industriehandschuhe mit integrierten Sensoren (Druck, Temperatur)



Vom ITA Aachen im Jahr 2016 vorgestellte Medizintextilie zur Überwachung von Wunden

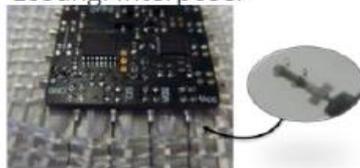
9 Additiv gefertigte Sensoren auf technischen Textilien | Hagen Bankwitz, Dr.-Ing.
(C) 26.10.2020 Hochschule Mittweida

Fakultät Ingenieurwissenschaften
Professur Intelligente Maschinensysteme
HOCHSCHULE MITTWEIDA

Konventionelle Sensorik auf Textilien

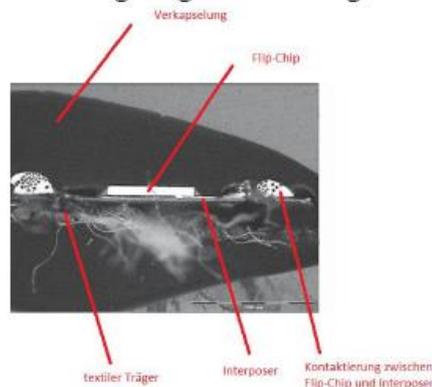
IMS

- Problemstellung Kontaktierung von elektronischen Bauteilen auf Textilien:
 - hohe Fertigungstoleranz der Textilien - geringe Abmessung der mikroelektronischen Bauteile
 - Lösung: Interposer



Probleme

- geringe Flexibilität
- Störstelle in der Haptik des Textils



10 Additiv gefertigte Sensoren auf technischen Textilien | Hagen Bankwitz, Dr.-Ing.
(C) 26.10.2020 Hochschule Mittweida

Fakultät Ingenieurwissenschaften
Professur Intelligente Maschinensysteme
HOCHSCHULE MITTWEIDA

Kontaktierung von elektronischen Bauteilen auf Textilien

IMS

- Alternativer Ansatz: → Herstellung der Verbindung durch 3d-Druck mit elektrische leitfähigen Kunststoffen
- Herausforderungen:
 - Leitfähige
 - Flexibel
 - Anhaftung an dem Textil
 - Kleine Abmessungen des gedruckten Körpers

11 Additiv gefertigte Sensoren auf technischen Textilien | Hagen Bankwitz, Dr.-Ing.
(C) 26.10.2020 Hochschule Mittweida

Fakultät Ingenieurwissenschaften
Professur Intelligente Maschinensysteme



HOCHSCHULE
MITTWEIDA

Alternative Sensorik

IMS

- Direkte Herstellung und Kontaktierung mit den im Textil befindlichen Elektrischen Leitern mittels 3D-Druck
- Kombination mit Schutzstrukturen möglich
- Problemstellung:
 - Fixierung des Textils
 - Haftung des Sensormaterials am Textil
 - Haftung des Sensormaterials am Leiter

12 Additiv gefertigte Sensoren auf technischen Textilien | Hagen Bankwitz, Dr.-Ing.
(C) 26.10.2020 Hochschule Mittweida

Fakultät Ingenieurwissenschaften
Professur Intelligente Maschinensysteme



HOCHSCHULE
MITTWEIDA

Voruntersuchungen

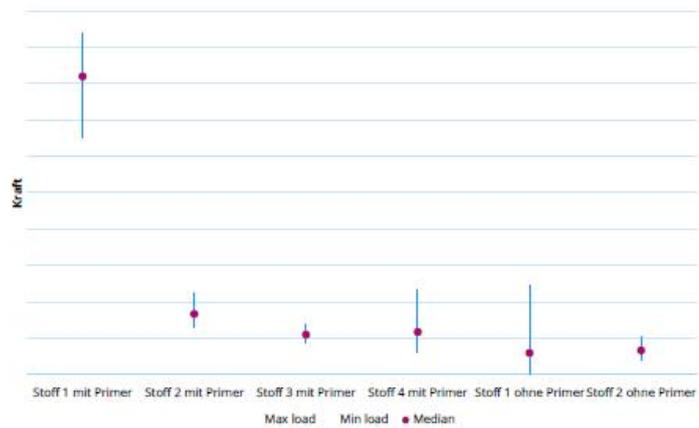
Textilfixierung

- Notwendig um definierte Strukturen herzustellen
- Problem:
 - Textilien sind in der Regel sehr elastisch
- Lösungsansätze:
 - Vorspannen der Textilien
 - → Fixierung konnte nicht gewährleistet werden
 - Herstellen eines lokalen Formschluss
 - → Fixierung konnte gewährleistet werden **aber** teilweise Zerstörung der Textilstruktur
 - Vorspannen unter speziell strukturierter Druckbett
 - → Fixierung konnte gewährleistet werden und keine Beschädigung des Textils

Haftung am Textil

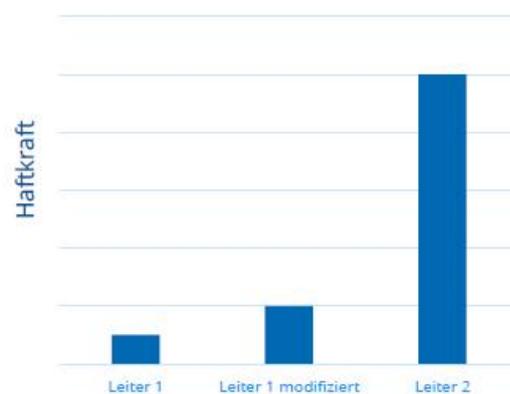


ROLLENSCHÄLVERSUCH



15 Additiv gefertigte Sensoren auf technischen Textilien | Hagen Bankwitz, Dr.-Ing.
(C) 26.10.2020 Hochschule Mittweida

Haftung am Leiter

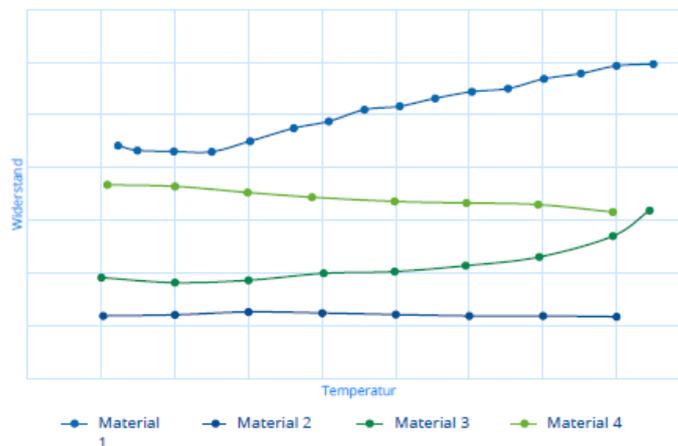


16 Additiv gefertigte Sensoren auf technischen Textilien | Hagen Bankwitz, Dr.-Ing.
(C) 26.10.2020 Hochschule Mittweida

Temperatursensor

Grundprinzip

- Nutzung des Zusammenhangs Temperatur – elektrischer Widerstand



Ausführung

IMS

- Positionierung und Fixierung des elektrischen Leiters
- Fixierung des Textils
- Drucken des Primers
- Drucken der leitfähigen Schicht
- Drucken der isolierenden Schicht / Schutzstruktur

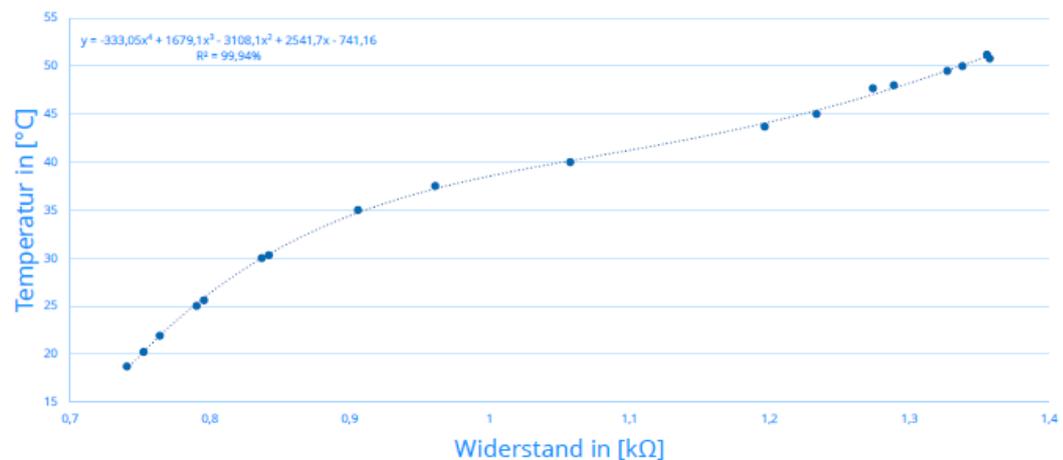


19 Additiv gefertigte Sensoren auf technischen Textilien | Hagen Bankwitz, Dr.-Ing.
(C) 26.10.2020 Hochschule Mittweida

Fakultät Ingenieurwissenschaften
Professur Intelligente Maschinensysteme
HOCHSCHULE
MITTWEIDA

Experimentelle Untersuchungen

IMS



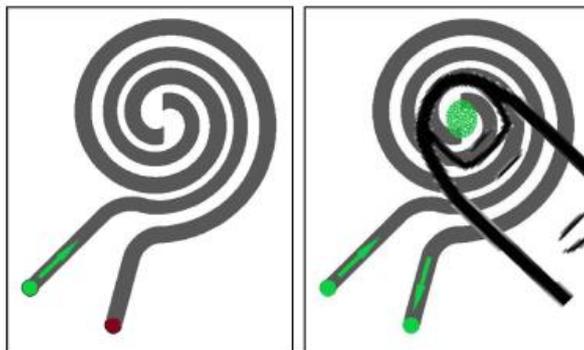
20 Additiv gefertigte Sensoren auf technischen Textilien | Hagen Bankwitz, Dr.-Ing.
(C) 26.10.2020 Hochschule Mittweida

Fakultät Ingenieurwissenschaften
Professur Intelligente Maschinensysteme
HOCHSCHULE
MITTWEIDA

Berührungssensor

Grundprinzip

- Resistiv → Nutzung der Leitfähigkeit der Haut
- Kapazitiv → Nutzung des elektrischen Feldes des Menschen



Ausführung

IMS

- Positionierung und Fixierung des elektrischen Leiters
- Fixierung des Textils
- Drucken des Primers
- Drucken der leitfähigen Schicht



23 Additiv gefertigte Sensoren auf technischen Textilien | Hagen Bankwitz, Dr.-Ing.
(C) 26.10.2020 Hochschule Mittweida

Fakultät Ingenieurwissenschaften
Professur Intelligente Maschinensysteme



HOCHSCHULE
MITTWEIDA

Zusammenfassung

IMS

Fakultät Ingenieurwissenschaften
Professur Intelligente Maschinensysteme



HOCHSCHULE
MITTWEIDA

Zusammenfassung

IMS

- Herstellung und Kontaktierung von Sensorik in einem Arbeitsschritt möglich
- Hohe Haftkraft zwischen den gedruckten Sensormaterial und dem Textile bzw. Leiter
- Herstellung kann auf Stoffbahn, Endprodukt oder nachträglich (Reparaturdruck) erfolgen
- Hohe Individualisierbarkeit ab Stückzahl eins
- Kapazitive, induktive oder resisitive Sensoren prinzipiell möglich
- Kombination mit andern mechanischen Strukturen (Schutzstrukturen) möglich
- Anwendung bei sowohl bei Kleidung als auch technischen Textil

STAATSMINISTERIUM
FÜR WISSENSCHAFT
UND KUNST



Diese Maßnahme wird mitfinanziert durch Steuermittel auf der Grundlage des von den Abgeordneten des Sächsischen Landtags beschlossenen Haushaltes.

25 Additiv gefertigte Sensoren auf technischen Textilien | Hagen Bankwitz, Dr.-Ing.
(C) 26.10.2020 Hochschule Mittweida

Fakultät Ingenieurwissenschaften
Professur Intelligente Maschinensysteme



Vielen Dank



Dr.-Ing. Hagen Bankwitz
Wissenschaftlicher Mitarbeiter

Hochschule Mittweida | University of Applied Sciences
Technikumplatz 17 | 09648 Mittweida
Fakultät Ingenieurwissenschaften | Professur Intelligente Maschinensysteme

T +49 (0) 3727 58-1591
bankwitz@hs-mittweida.de
<https://www.inw.hs-mittweida.de/webs/ims>

Haus 5 | Gerhard-Neumann-Bau | Raum 5/232B
Technikumplatz 17a | 09648 Mittweida

hs-mittweida.de

[zurück zum Programm](#)

Aktuelle 3D-Druck-Anwendungen in der Dentaltechnik

Uwe Brick

BURMS 3D Druck Jena GmbH & Co. KG

Neues vom 3D Druck in der dentalen Anwendung



3D-Druck in der Anwendung
 7. Mitteldeutsches Forum Rapid Technologien
 26. Oktober 2020 – Anmeldung unter: www.rp-netzwerk.de



BURMS 3D Druck Jena GmbH & Co KG **ihr** Partner im 3D Druck

Carl Zeiss Promenade 10 , 07745 Jena



Stand der Technik im Bereich bei Dentale Anwendungen

Dental Application Resins— Biocompatibility & FDA/CE Certification

	Model	OrthoModel	Guide	Cast
DETAX Freeprint model	900A-Q	DETAX Freeprint ORTHO	DETAX Freeprint splint	DETAX Freeprint cast
DETAX Freeprint model T	900A-W	NextDent Model Ortho	NextDent SG	NextDent Cast
NextDent Model 2.0	IV-006	NextDent Ortho Clear	keystone KeyGuide	keystone KeyCast
keystone KeyModel	IV-008	NextDent Ortho Rigid	keystone KeySplint Hard	IV-004
鑲牙數位牙托 BASE		keystone KeyOrthoModel	鑲牙數位牙托 D GUIDE	
Retainer	Splint	Mask	Tray	TEMP
DETAX Freeprint splint	DETAX Freeprint splint	NextDent Gingiva Mask	NextDent Tray	DETAX Freeprint Temp
NextDent SG	keystone KeySplint Hard	keystone KeyMask	鑲牙數位牙托 TRAY	鑲牙數位牙托 AA TEMP
keystone KeySplint Hard	keystone KeySplint Soft			



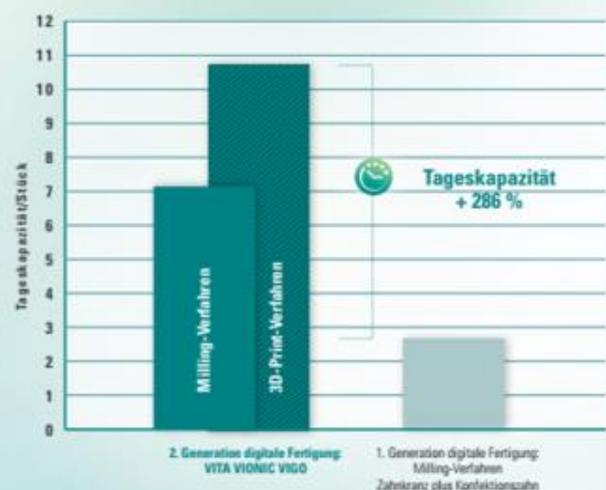
Vollprothese Vita; Dreve ,3 Shape

- Eine enge Kooperation zwischen den 3 Unternehmen
- Die Vita stellt spezielle Zähne für gefräste oder gedruckte Prothesen her
- Die Firma Dreve liefert das Material für den 3D Drucker
- 3Shape liefert die Modellierungssoftware
- **Erstmalig, das Fräsen und Drucken als gleichwertige Technologien gesehen und bedient werden.**



1. Erhöhte Produktivität durch digitalen Prothetikworkflow

Tageskapazität 3D-Print-/Frässysteme (28er-Totalprothese ohne Try-in)



Quelle: Interne Untersuchung VITA Produktmanagement, Berechnungen zur Tageskapazität basierend auf Durchschnittswerten zu den Fertigungskapazitäten von ausgewählten Fräs- und Printsystemen bei einem 1-Schichtmodell mit 9h, Bericht: 11.2019, (1/1, vgl. Prospektlinksite).

Firma VOCO

Ein abgestimmtes System
der Firma VOCO

Hier wird die Basis geruckt
und die Zähne als Ganzes
gefräst und dann verklebt.



V-Print® dentbase / CediTEC® / CediTEC® DT

KOMPLETTSYSTEM ZUR HERSTELLUNG VON
PROTHESEN IM CAD / CAM-VERFAHREN

VOCO
100 DENTARZTEN

Detax – Wasserwaschbares Modelmaterial

Modelle zum Tiefziehen
von Alignern

- Material für
Tiefziehmodelle

- Biegebruch vom Material
ca. 90 MPa und E-Modul
ca. 1800 MPa

- Wasserwaschbar mit 2 x
3 min im Ultraschallbad





Aligner das Produkt mit viel Potenzial

Es sind mehrere Hersteller kurz vor der Markteinführung oder haben es bereits getan wie z.B. Graphy aus Südkorea. Es werden die Schienen direkt gedruckt.

Verfahren ist wesentlich effizienter, ökonomischer und umweltfreundlicher als das bisherige Tiefziehen auf gedruckten oder gefrästen Modellen.

Übersicht Materialhersteller

- <https://www.detax.de/en/dental/>
- <https://dentamid.dreve.de/en/themes/3d-printing/>
- <https://www.voco.dental/de/startseite.aspx>
- <https://www.dentona.net/>
- <https://www.pro3dure.com/>
- <https://dental.keystoneindustries.com/sds/>
- https://www.basf.com/global/en/who-we-are/organization/locations/europe/german-companies/BASF_New-Business-GmbH/our-solutions/3d-printing.html
- <http://itgraphy.com/wp/material/dental/>
- <https://dental.formlabs.com/de/materials/>
- <https://envisiontec.com/3d-printing-materials/dental/>
- Plus Weitere.....

Kooperationen als Folge der stetigen positiven Entwicklung

- Maschinenbauer und Materiallieferanten schließen sich zusammen um Ihre Markstellung zu sichern.
- 3D Systems und Nextdent
- Prodways und Deltamed
- W2P und Voco
- Rapid Shape und Straumann



*Querschnitt von Unbekannter Autor ist lizenziert gemäß [CC BY-NC-ND](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Klassische Dentalfirmen werden selbst Hersteller von Druckern

Hersteller von Fräsmaschinen für den Dentalmarkt bauen Drucker Beispiel ZfX und es gibt noch weitere Szenarien

„All in One“ von der Ivoclar

Kompakte Lösung aus einer Hand



MiiCraft Printer Portfolio

MiiCRAFT
Digi-optical 3D printer



MiiCraft Ultra



MiiCraft Hyper



MiiCraft Profession
 MiiCraft Advance

	Ultra series	Hyper series	Prime series	Advance series	Profession series
Optical Light Engine	1920*1080 (FHD)	1920*1080 (FHD)	2712*1528 (WQXGA)	2160*1920 (Dual-FHD)	3840*2160 (4K UHD)
Printing Size/ Printing Resolution	150*84mm @78um 125*70mm @65um 102*57.5mm @53um 80*45mm @41.5um 57*32mm @30um	125*70mm @65um 80*45mm @41.5um 57*32mm @30um	150*84.5mm @55um 110*62mm @40um	255*235mm @125um 205*185mm @100um	250*140mm @65um 120*67mm @30um

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

- Bei Fragen oder individueller Beratung wenden Sie sich bitte an mich u.brick@burms.de oder info@burms.de
- Telefon 03641 9283126 / 017696579527



[zurück zum Programm](#)

Use Cases - additiv gefertigte individualisierte Anwendungenfälle

Sven Ohlmeyer

ModellTechnik Rapid Prototyping GmbH Waltershausen



**Wir stehen für Additive Fertigung,
Prototypen und Kleinserien.**

Use Cases - additiv gefertigte individualisierte Anwendungsfälle

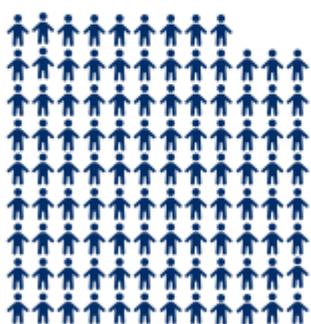
Unsere Herkunft



Unsere Gegenwart



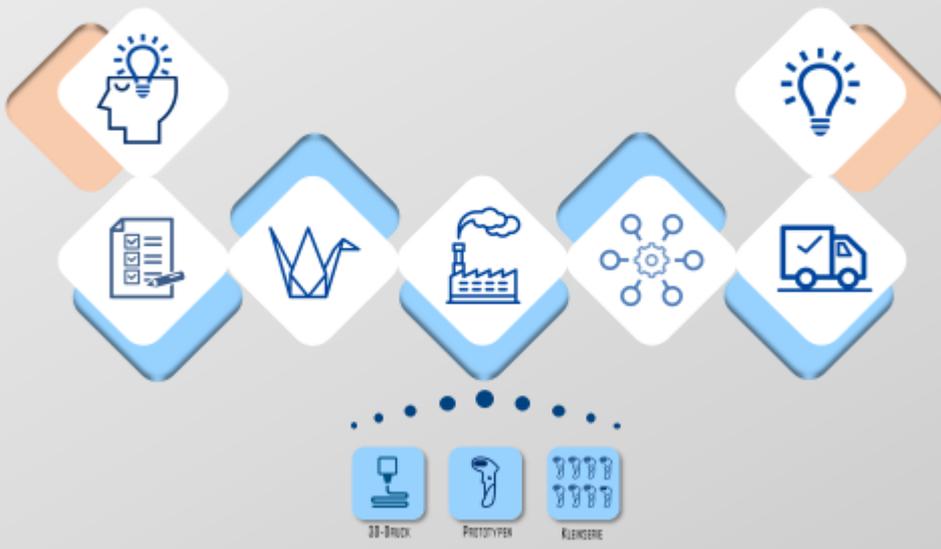
2020



ca. 200 Mitarbeiter
davon 23 Auszubildende



Über 50 verschiedene Fertigungsanlagen: von 3D-Druckern über Fräszentren und Spritzgussmaschinen bis zu Messtechnik



Unsere Kunden

Konsumgüterindustrie



Luft- & Raumfahrt



Automobilindustrie



Spielzeugindustrie



Medizintechnik



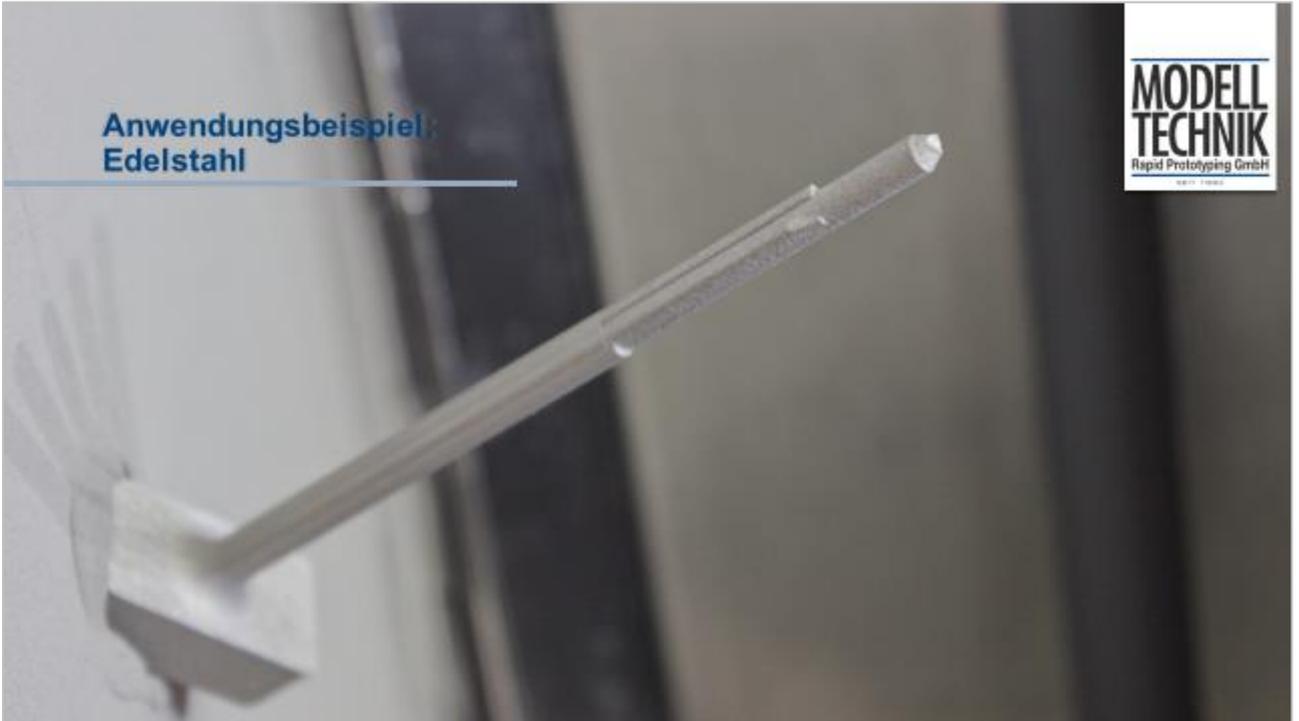
und weitere



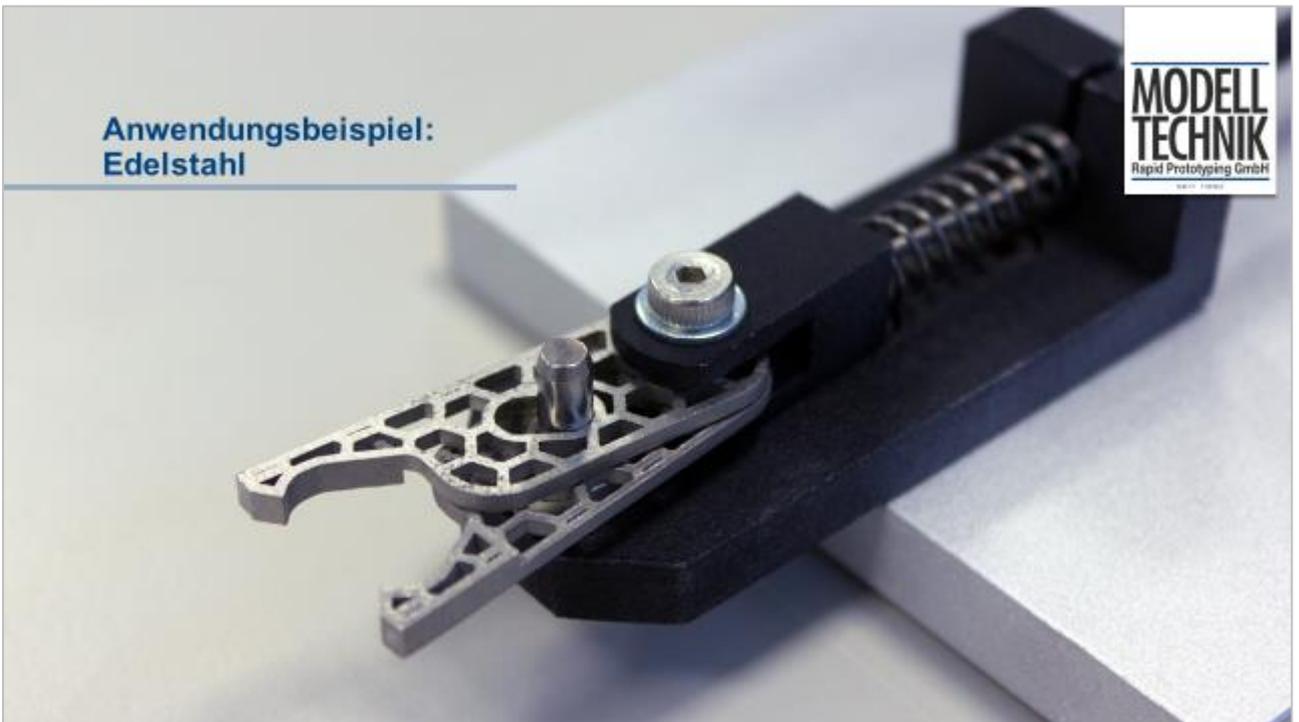
3D-Metalldruck bei ModellTechnik



Anwendungsbeispiel:
Edelstahl



Anwendungsbeispiel:
Edelstahl



Anwendungsbeispiel: Kupfer



Zertifikate:





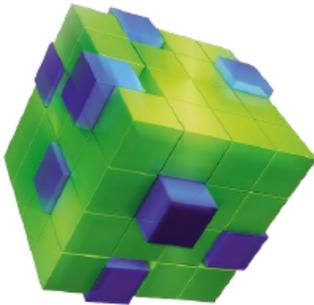
ModellTechnik Ihr Ansprechpartner:
Rapid Prototyping GmbH Sven Ohlmeyer
Ziegeleistraße 3b Leiter Vertrieb
99880 Waltershausen Tel. +49 (0) 3622 4424 901
info@modelltechnik.de Mobil: +49 (0) 172 9747 301
www.modelltechnik.de Mail: sven.ohlmeyer@modelltechnik.de

[zurück zum Programm](#)

Entwicklungstrends in der Konstruktion für die additive Fertigung

Jerome Billhardt

Rapidobject GmbH Leipzig



Entwicklungstrends in der Konstruktion für die additive Fertigung

Erläuterung von Konstruktionsmethoden

26.10.2010

Jerome Billhardt- Leitung Konstruktion Rapidobject GmbH

Ideen zum Anfassen – Seit 2006

- **Fullservice 3D-Druckdienstleister** entlang des gesamten Produktlebenszyklus für Prototypen, Serien & Ersatzteile
- **Alles aus einer Hand:** CAD Konstruktion, 3D Scannen, Produktion, Finishing & Vermessung
- **Über 20.000 Kunden:** von KMU bis Großkonzern (Elektroindustrie, Maschinenbau, Automobilindustrie, Luft- & Raumfahrt, Medizintechnik) sowie Forschungs- & Bildungseinrichtungen, Museen & Kulturbetriebe
- **Kompetenz & Erfahrung:** Ca. 30 Mitarbeiter, darunter Konstrukteure, Ingenieure, Informatiker, Industrie-Designer
- **TÜV zertifiziert:** ISO 9001 Qualitätsmanagement, ISO 27001 Informationssicherheit, DIN Spec 17071 Additive Fertigung (ab 09/2020)

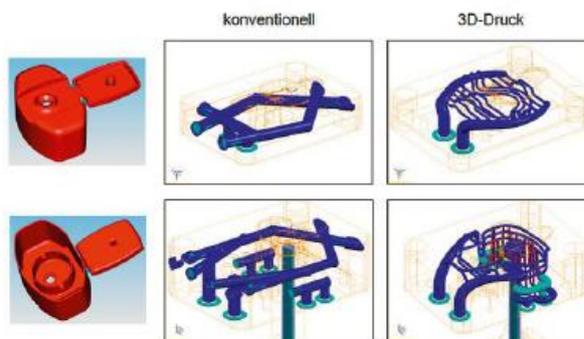
Entwicklungstrends in der Konstruktion

Additiv Fertigen <-> Subtraktiv Denken

- Die additive Fertigung ermöglicht den Entwicklern größte geometrische Konstruktionsfreiheiten
- Rapider Wachstum der Marktsituation in der additiven Fertigung und Entwicklung
- In der Konstruktion Umsetzung von größtmöglichen Geometriefreiheiten
- Leichtbau und Funktionsintegration
- Neue Oberflächenbetrachtung über 3D- Textur und Materialvielfalt
- Ressourcenschonung - Schnelle Verfügbarkeit

Funktionsintegration in der Konstruktion

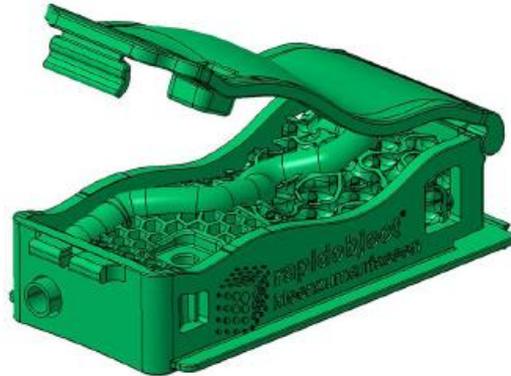
- Medienkanäle können in das Bauteilinnere verlegt werden
- Bsp. WZB → Konturnahe Kühlung
- Der Konstrukteur kann neue konstruktive Grundelemente umsetzen.
- Umsetzung der Kokilleneinsätze auch durch schlecht zu zerspanende Werkstoffe



Werkzeugbau-Kühlikanäle
(Quelle: Hofmann Innovation Group)

Baugruppenkonsolidierung

- Funktionsintegration: Scharnier und Einrastmechanismus
- Einbindung innenliegender Kanal
- Konturmöglichkeiten in einer Box dargestellt



Konstruieren für HP-MJF: Konstruktionsrichtlinien

- Neue geometrische Konstruktionsfreiheiten generieren neue Konstruktionsrichtlinien
- Wie auch bei anderen 3D-Drucktechnologien sind mit HP Multi Jet Fusion einige Empfehlungen zu beachten, um den Druck von Bauteilen und ihren Eigenschaften gemäß den Vorgaben zu gewährleisten.

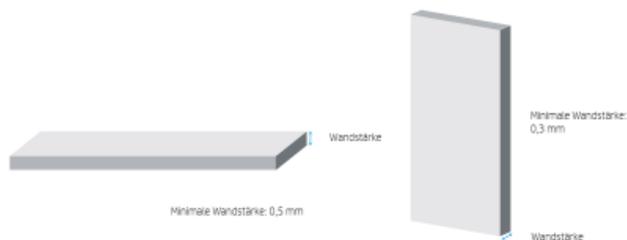


Abbildung 1. Minimale Wandstärke

- **Beispiel Wandstärke**

Im Allgemeinen beträgt die empfohlene Mindestwandstärke für kurze, in der X-Y-Ebene liegende Wände 0,3 mm und für kurze, in Z-Richtung ausgerichtete Wände 0,5 mm

(Quelle: HP MJF-Handbuch, Copyright 2019 HP)

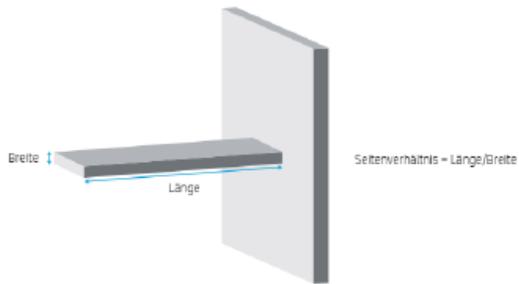


Abbildung 2. Kragarme

- **Beispiel Kragarme**

Beim Drucken von Kragarmen hängt die Mindestwandstärke vom Seitenverhältnis ab, also vom Quotienten aus Länge und Breite. Ist ein Kragarm schmaler als 1 mm, sollte das Seitenverhältnis kleiner sein als 1. Bei Breiten über 1 mm gibt es keine spezifischen Empfehlungen. An Bauteilen mit hohem Seitenverhältnis ist es empfehlenswert, die Wandstärke zu erhöhen oder Rippen oder Kehlen zur Verstärkung anzubringen.

(Quelle: HP MJF-Handbuch, Copyright 2019 HP)

- **Beispiel Verbindung von Bauteilen**

Manchmal sind zum Erhalt des fertigen Erzeugnisses mehrere gedruckte Bauteile zusammenzufügen. Um ein korrektes Zusammenfügen zu gewährleisten, sollte der Spalt zwischen den aneinander anliegenden Seiten dieser Bauteile mindestens 0,4 mm breit sein ($\pm 0,2$ mm Toleranz für jedes Teil)

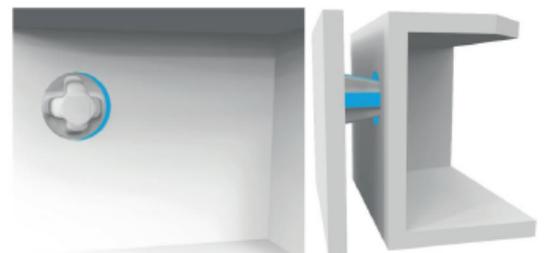


Abbildung 3. Mindestabstand zwischen miteinander verbundenen Teilen

(Quelle: HP MJF-Handbuch, Copyright 2019 HP)

Konstruieren für HP-MJF: Konstruktionsrichtlinien



Abbildung 4. Mindestabstand zwischen beweglichen Teilen

- **Bewegliche Bauteile**

Als allgemeine Regel sollten die Abstände und Freiräume zwischen den Seiten der als Bauprojekte gedruckten Einzelteile mindestens 0,7 mm betragen.

Um eine ordnungsgemäße Funktion sicherzustellen, sollten Teile mit Mindestwandstärken von 30 mm breitere Spalte zwischen den einzelnen Seiten aufweisen.

Bei Bauteilen mit Wandstärken unter 3 mm genügen Freiräume von 0,3 mm zwischen den Seiten der als Bauprojekte gedruckten Einzelteile. Diese Angaben hängen vollständig vom Design ab. Möglicherweise ist zum Erzielen der gewünschten Qualität ein gemeinsames iteratives Vorgehen mit dem Hersteller erforderlich

(Quelle: HP MJF-Handbuch, Copyright 2019 HP)

Topologieoptimierung in der Konstruktion



- Die Optimierung am Bauteil ist ein Computerbasiertes Berechnungsverfahren.
- Hier wird eine günstige Grundgestalt (Topologie) für Bauteile, unter Einfluss mechanischer Belastung, ermittelt
- Den Materialverbrauch zu reduzieren und die Kosteneffizienz zu steigern sind zwei wichtige Ziele in der Produktion
- Die Topologieoptimierung kann über das additive Fertigungsverfahren maximal ausgereizt werden

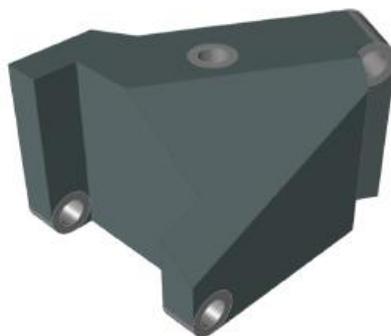
Topologieoptimiertes Bauteil



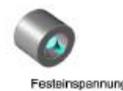
Ausgangslage:
Bauteil zur frästechnischen Bearbeitung entwickelt.

Kundenwunsch:
Aufnahmekonsole zur Leichtbauweise
Topologieoptimiert

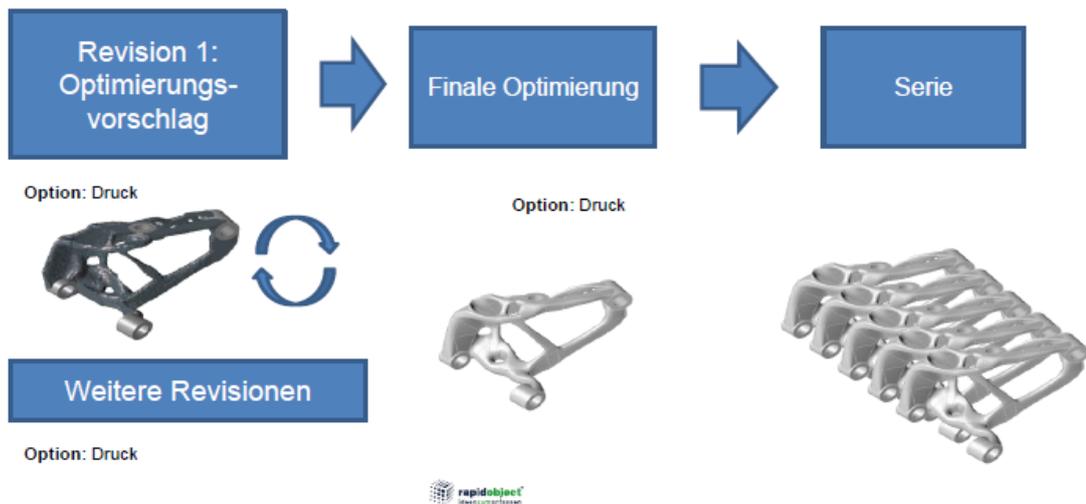
Topologieoptimiertes Bauteil



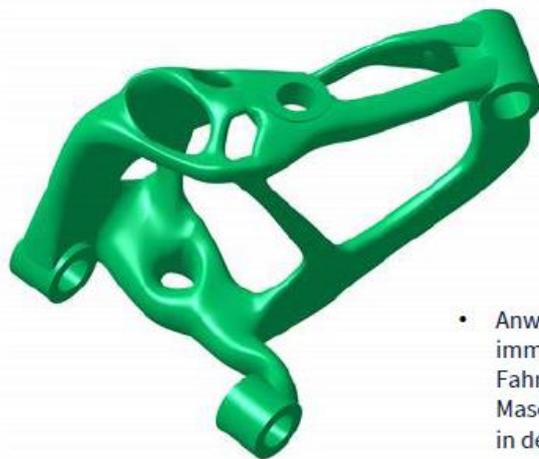
Materialien
Kontaktteile: S275JR (Stahl)
Designkörper: 304 L (Stahl)



Topologieoptimiertes Bauteil



Topologieoptimiertes Bauteil



- Anwendung findet diese Form der Bauteilentwicklung in immer mehr Entwicklungsbereichen → Automobil- und Fahrzeugbau, Medizin, Luft- und Raumfahrttechnik, Maschinen- und Anlagenbau, im Sport- und Freizeitbereich, in der Haushaltswarenindustrie u.v.a.

Topologieoptimiertes Bauteil

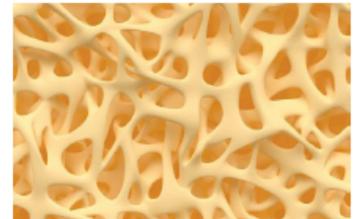
- Durch die Einbindung von Oberflächenstrukturen können mit entsprechender Nachbearbeitung spezielle Effekte erzielt werden
- z.b. Carbonoptik
- Nachbearbeitung strahlen, färben, chemisch geätzt



Topologieoptimiertes Bauteil

Warum lässt die Topologieoptimierung bionische Bauteile entstehen?

- In der Anwendung bionischer Methoden liegt das Geheimnis der Topologieoptimierung.
- Das bionische Materialeffizienz-Prinzip wurde im lastpfadgerechten Konstruieren nach dem Wachstumsprinzip technisch nutzbar gemacht.
- In der Natur wird Material dort aufgebaut, wo es benötigt wird, und abgebaut, wo es überflüssig ist.



<https://de.industryarena.com/emagazine/03-2018/fachwerk-fuer-den-leichtbau.html>

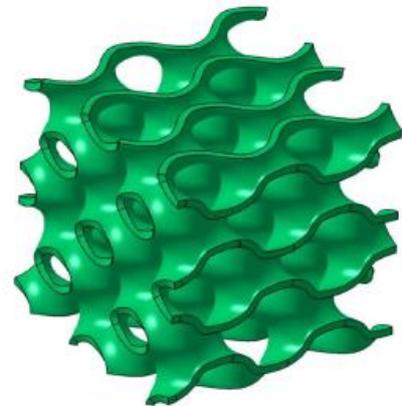
Topologieoptimierung

Gyroid-Struktur entscheidet über Stärke und Leichtigkeit

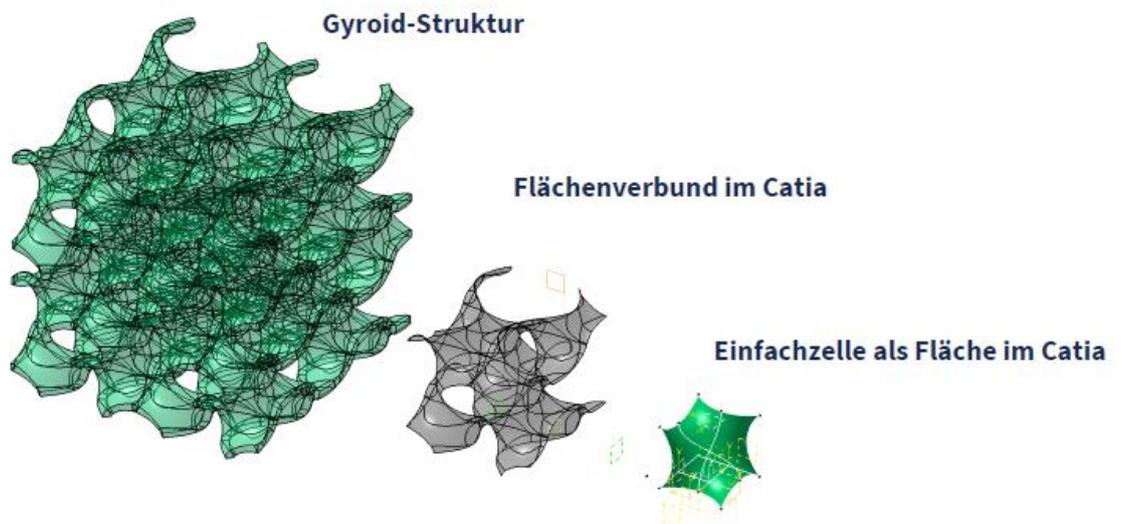
- Graphen aus nur einer Lage wabenförmig angeordneter Kohlenstoffatome gelten als das stärkste aller Materialien
- Forscher gelang es das atomare Verhalten von den Graphen bis auf die atomare Ebene in ein mathematisches Modell ableiten zu können

<https://www.kunststoffe.de/fachinformationen/technik-trends/artikel/gyroid-struktur-entscheidet-ueber-staerke-und-leichtigkeit-2709891.html>

- Ergebnis → Graphen-Schwamm 3D



Topologieoptimierung



Strömungsoptimierung

Computational fluid dynamics



- Material distribution and adaptive mesh methods applied to fluid mechanics
- Reduce friction loss, drag, turbulence and energy in the fluid

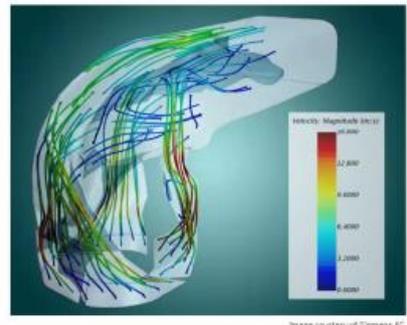
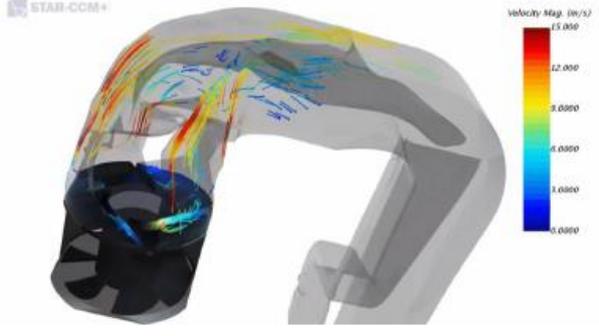


Image courtesy of Siemens AG

Bildmaterial von HP

Strömungsoptimierung

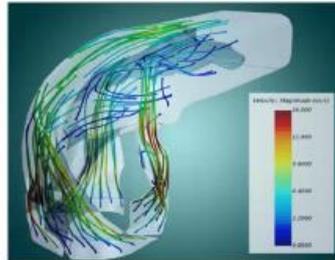
STAR-CCM+



Bildmaterial von HP

Strömungsoptimierung

- Leverage topology optimization.
- Designed to optimize fluid performance.
- Optimum design geometry determined by:
a given design space
a given set of predefined constraints
based on flow simulation results
- Satisfies an optimization goal:
maximize mass fluid flow
minimize pressure loss



Images courtesy of Siemens AG

Bildmaterial von HP

Strömungsoptimierung

HP Jet Fusion 5200 3D Printing Solution

Air duct

- Optimize the flow control through the intake
- The topology-optimized design improves flow efficiency by 22.3%, allowing the printhead to operate 14.8% faster.
- New design was developed in 4 weeks.



Images courtesy of Siemens AG



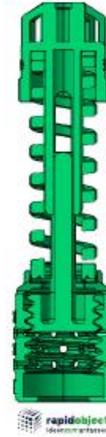
Bildmaterial von HP

Optimierte Baugruppe

- Baugruppe unter Beachtung der Konstruktionsrichtlinien zum MJF Verfahren optimiert
- Baugruppe in einem Baujob gefertigt
- Feder ohne Vorspannung hergestellt, durch Gewinde Verstellung der Spannung

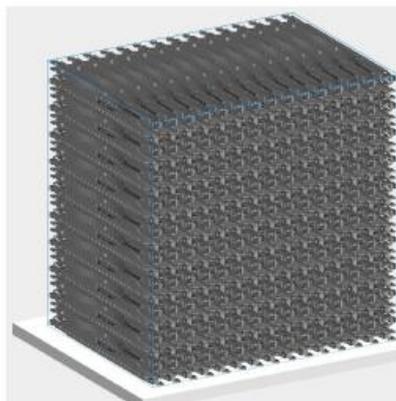


Flex-Federbein



Anwendungsbeispiel Klappfix Visiere

- Preisreduktion durch Visiere mit Scharnieren
- 300 Avid Visiere passen in einen Bauraum



Unsere Workshops für Einsteiger und Fortgeschrittene



- Grundlagen der additiven Fertigung
 - Einführung in den 3D Druck
 - Additiv fertigen, subtraktiv denken – Optimierungspotenziale
 - Scannen und Vermessen
 - 3D Druck Anwendungsbeispiele
- 3D Druck in der Anwendung – Vom Prototypen zur Serienfertigung
 - Konstruktionsrichtlinien für Multi Jet Fusion (MJF)
 - Das richtige Material für Ihre Anwendung
 - Möglichkeiten der mechanischen Nachbearbeitung und Veredlungsstufen
 - Anwendungsbeispiele
- 3D Druck für Entscheider (26.11.2020)
 - Einführung in den 3D Druck
 - Die unterschiedlichen 3D Druck Verfahren und Materialien
 - Anwendungsbeispiele aus der Praxis (inkl. Kosten-Nutzen Analyse anhand konkreter Beispiele)
 - Scannen und Vermessen
 - Qualitätssicherung im 3D Druck

Vielen Dank für Ihr Interesse!



Jerome Billhardt
jerome.billhardt@rapidobject.com
Rapidobject GmbH, Weißenfeller Str. 84
04229 Leipzig

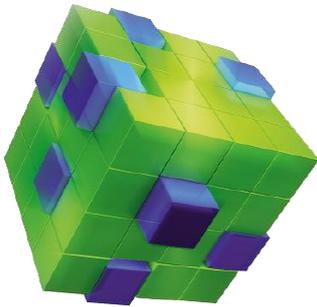
 www.rapidobject.com
 www.youtube.com/rapidobject
 www.facebook.de/Rapidobject
 www.linkedin.com/company/rapidobject-gmbh

[zurück zum Programm](#)

Lassen sich Serien im 3D-Druck-Verfahren wirtschaftlich darstellen?

Sophia Röder

Rapidobject GmbH Leipzig

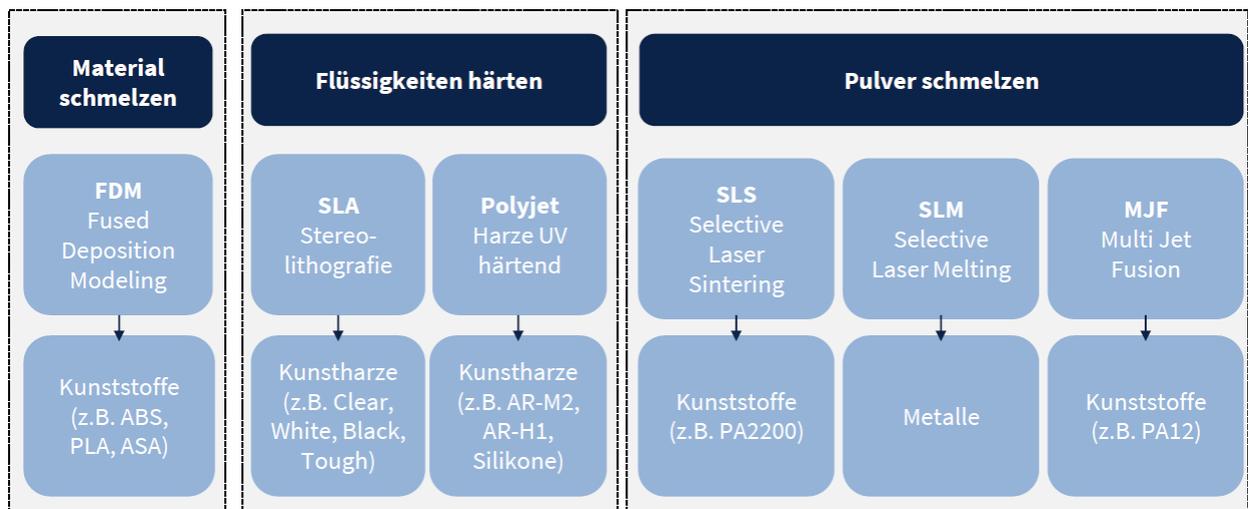


Lassen sich Serien im 3D Druck Verfahren wirtschaftlich darstellen?

26.10.2020

Sophia Röder – Leitung Forschung und Entwicklung Rapidobject GmbH

3D-Druck Verfahren im Überblick



Verfahren im Vergleich

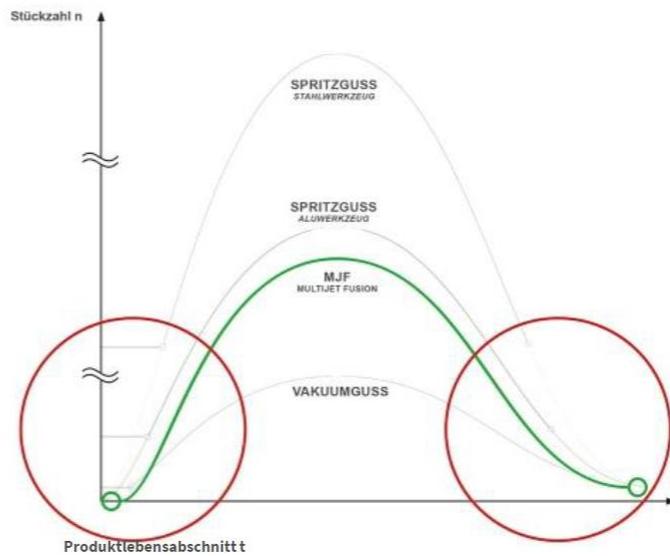


3D-Druck Verfahren im Überblick - Verfahren im Vergleich

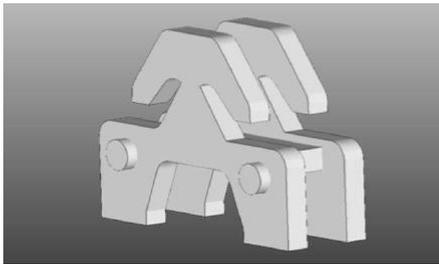


Bei welcher Stückzahl lohnt sich welches Verfahren?

- > 100.000 Stück
Spritzguß
- Bis 50.000 / 100.000
Stück kann MJF
insgesamt günstiger
sein (Designabhängig)
- 3D Druck unschlagbar
bei kleinen
Stückzahlen Anfang /
Ende
Produktlebenszyklus



3D Druck Beispiel



- Einsatzfähiges Bauteil: Klemme (22mm x 28mm x 12mm)
- Stückzahl: 2.000 Stück pro Jahr

Anforderungen:

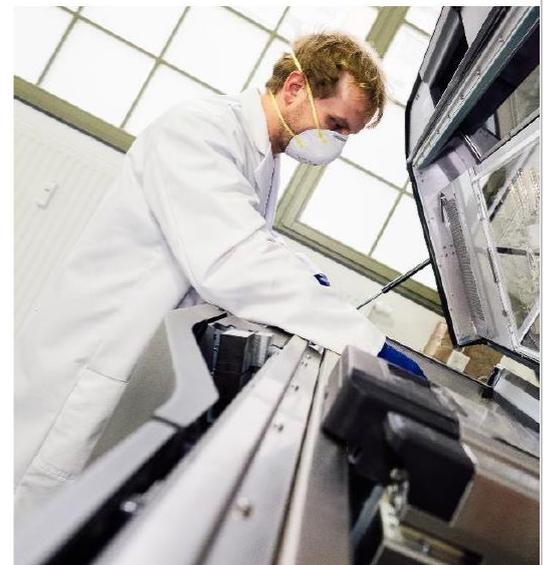
- Temperaturbeständigkeit bis 100°C, gute chemische Beständigkeit
- biegsam, kein Bruch, Oberflächenqualität sekundär

Kriterium	Spritzguss	Preis		3D Druck (MJF)
Material	Polyamid PA 6			Polyamid PA 12
Farbe	Weiß			Grau
Toleranzen	± (0,08mm – 0,005mm)			± 0,2% (mind. 0,2mm)
1 Vorbereitung				
Formenbau	Alu-Schnellwerkzeug	4.500€	0€	Nicht erforderlich
Musterfertigung (25 Stk)	15-16 Werktage	100€	105€	6 Werktage
Geometrieänderung	Bedingt möglich	500€	0€	Ohne Probleme möglich
2 Produktion				
Rüstkosten	Vorhanden (Werkzeugprüfung & Reparatur)	550€	0€	Nicht vorhanden
Produktion	15-16 Werktage á 3,16 € / Stk	6.336€	5.720€	10 Werktage á 2,86 € / Stk
		11.986€	5.825€	
Lieferzeit inkl. Musterbau	Ab 30 Werktage			Ab 12 Werktage

Vorteile des 3D-Drucks gegenüber klassischen Herstellungsverfahren

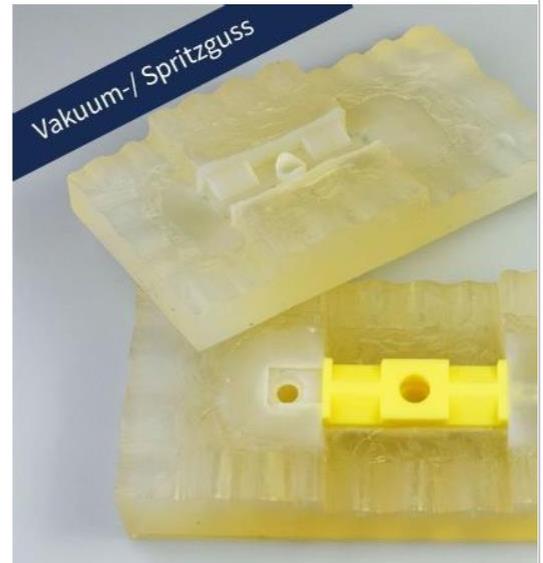


- Nur benötigte Bauteile werden hergestellt
- Nur nötige Strukturen gebaut (Additiv vs. Subtraktiv)
- Größere Designfreiheit (je nach Verfahren)
- Material (MJF + SLS) wird wiederverwendet (wenig Abfall)
- Designänderungen jederzeit möglich ohne zusätzliche Kosten
- Material einbaufähig

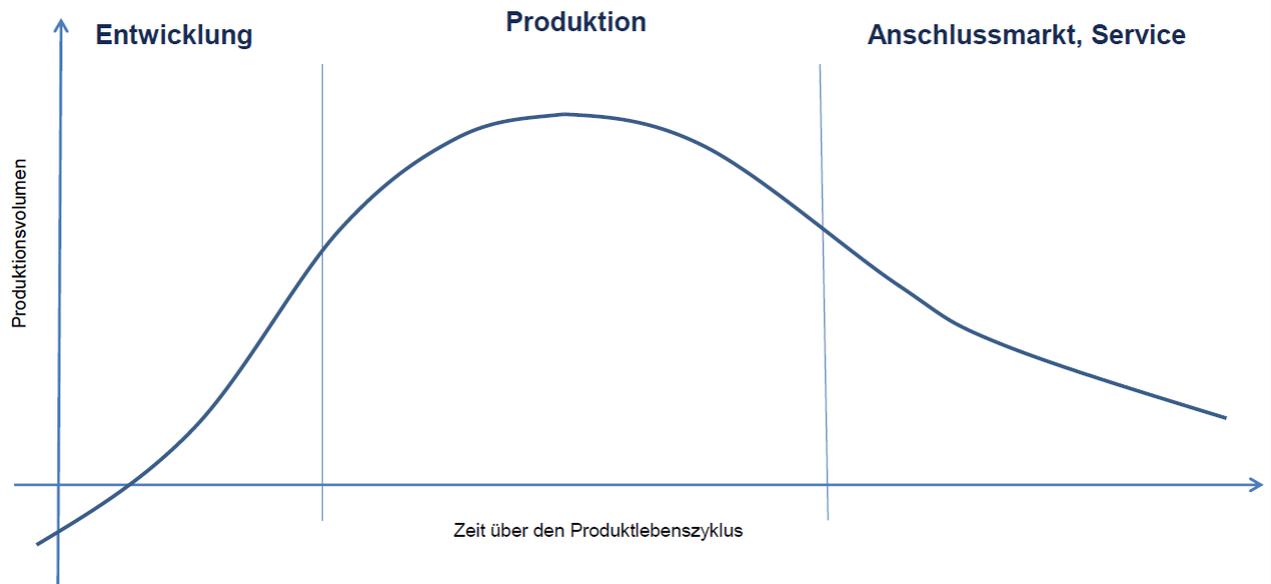


Nachteile des 3D-Drucks gegenüber klassischen Herstellungsverfahren

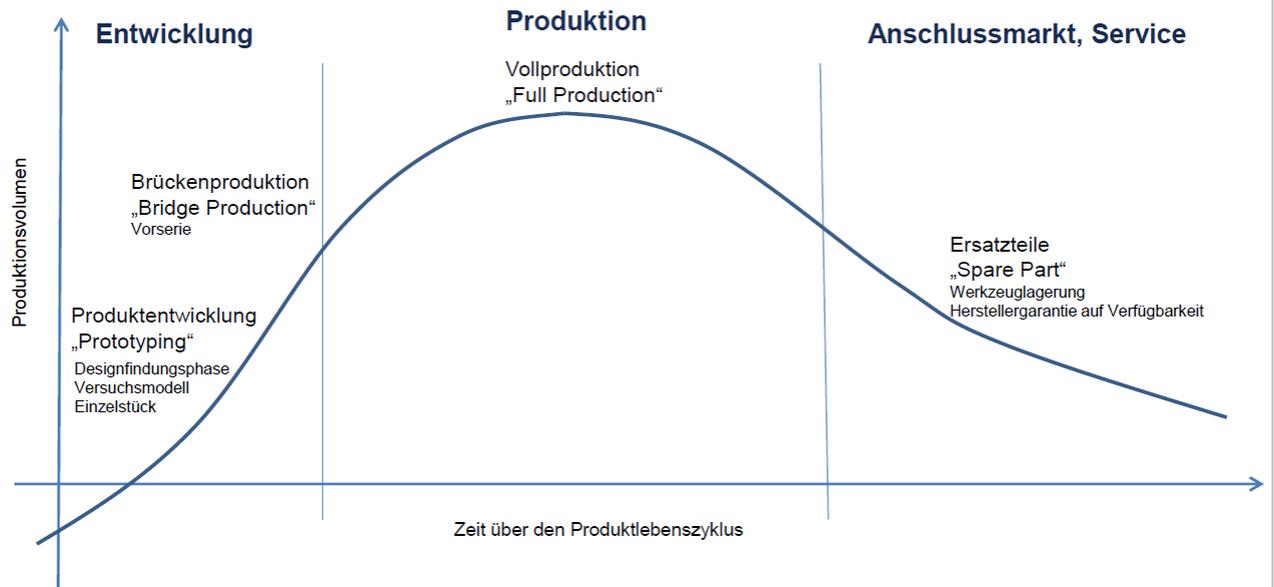
- Materialeigenschaften verfahrensabhängig vergleichbar mit Spritzgusseigenschaften
- Materialvielfalt begrenzt (PA6 mit 18% Kohlefasern nicht möglich)
- Stückzahlen über 100.000 im Spritzguss günstiger
- Oberflächenqualität begrenzt → Inzwischen neue Möglichkeiten
- Toleranzen häufig niedriger als im Spritzguss



Produktlebenszyklus



Produktlebenszyklus



Vielen Dank für Ihr Interesse!



Sophia Röder
0341 23 18 37 10
sophia.roeder@rapidobject.com
Rapidobject GmbH, Weißenfesler Str. 84
04229 Leipzig

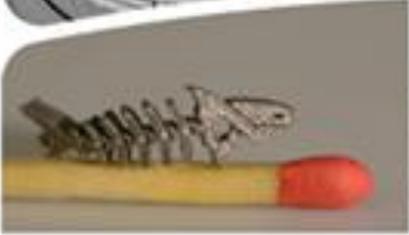
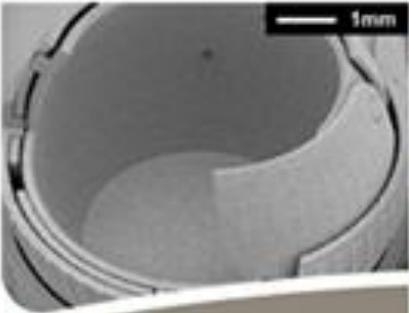
 www.rapidobject.com
 www.youtube.com/rapidobject
 www.facebook.de/Rapidobject
 www.linkedin.com/company/rapidobject-gmbh

2. Juni 2021 | Save the Date

**8. Mitteldeutsches Forum
Rapid Technologien**

an der Hochschule Mittweida

Kontakt: fokusforschung@hs-mittweida.de



Impressum

Herausgeber:
Hochschule Merseburg
Eberhard-Leibnitz-Straße 2
06217 Merseburg

Ausgabe:

Erstellt für das 7. Mitteldeutsche Forum Rapid Technologien am 26.10.2020
ISBN-Nr. 978-3-948058-33-3

Inhalt:

Inhalte, Fotos, Grafiken und Tabellen ohne Quellenangaben
liegen in der Verantwortung der jeweiligen Autoren.