

3D-Druck in der Anwendung

8. Mitteldeutsches Forum
Rapid Technologien

Hochschule Mittweida

2. Juni 2021

Digital

T A G U N G S B A N D



3D-Druck in der Anwendung – 8. Mitteldeutsches Forum Rapid Technologien

Hochschule Mittweida, 2. Juni 2021

Veranstalter:



Partner:



Die Organisatoren

Jens Bliedtner
Günther Ganß
Marco Götze

Jörg Matthes
Kathrin Schaper-Thoma
Peter Schulze

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

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

Einige Screenshots der Konferenz



PROGRAMM

PLENARVERANSTALTUNG

Moderation: Jörg Matthes, Hochschule Mittweida

Grußwort	7
Sebastian Gemkow, Sächsischer Staatsminister für Wissenschaft	
Grußwort	9
Uwe Mahn, Prorektor Forschung, Hochschule Mittweida	
AM-Plattformen im Internet – Fluch oder Segen? – nur als Video vorliegend (kein Skript)	
Manfred Ostermeier, ModellTechnik Rapid Prototyping GmbH, Waltershausen	
3D-Druck: Geistiges Eigentum, Data Ownership und Produkthaftung	14
Andreas Leupold, Leupold Legal, München	

SEKTION 1: PROZESSOPTIMIERUNG

Moderation: Peter Schulze, HTWK Leipzig

Druckzeitreduktion durch neuartigen FFF-Rotationsdrucker mit vier Simultan-Extrudern	30
Claudius Petzold, Hochschule Mittweida	
Neuartige Gestaltungsmöglichkeiten durch additiv generative Fertigung zur Optimierung des thermischen Bauteilverhaltens	33
Uwe Mahn, Hochschule Mittweida	
Gestaltung, Simulation und Anwendung von 3D-Druck-Baugruppen zum Prototypenbau ebener und räumlicher Getriebe	42
Maik Berger, TU Chemnitz	
Polyamidguss – Weiterentwicklung des Vakuumguss für Prototypen und Kleinserien	54
Hagen Vogel, PTZ Prototypenzentrum GmbH, Dresden	
Vom Prototypen bis zur Kleinserie – Entwicklungstrends im 3D-Druck	62
Sophia Röder, Rapidobject GmbH, Leipzig	

SEKTION 2: LANDSCHAFT und BAUEN

Moderation: Dietmar Glatz, Hochschule Merseburg

GrobKorn – Großformatiger 3D-Druck in Stahl für Konstruktionen in der Architektur	69
Alexander Stahr, HTWK Leipzig	
Nachhaltiges Bauen der Zukunft: 3D-Druck mit Sand	81
Laurens Faure, Sandhelden GmbH & Co. KG, Gersthofen	
Mit VIS-All(R) vom 2D zum 3D – Datenaufbereitung für den 3D-Druck	89
Dirk John, Software-Service John GmbH, Ilmenau	
Anwendung additiver und Folgeverfahren bei der Umsetzung von Projekten zur Stadt- und Landschaftsplanung – nur Interview (Vortrag entfällt)	
Ulf Teller, ULFTELLER 3D-Druck, Gräfenroda	
Beton 3D-Druck – Innovation im Betonbau	109
Patrick Maiwald, Institut für Baubetriebswesen der TU Dresden	

TAGUNGSBAND

8. Mitteldeutsches Forum Rapid Technologien | Hochschule Mittweida | 2. Juni 2021

4

SEKTION 3: MATERIALIEN und VERFAHREN

Moderation: Jens Bliedtner, Ernst-Abbe-Hochschule Jena

Entwicklung von Parametersätzen für den Metalldruck – leicht gemacht	125
Hans-Werner Theobald, 3D-Metall Theobald e.K., Leipzig	
Mittel zum Zweck oder bessere Lösungen für Betriebsmittel durch 3D-gedruckte Metallteile	133
Matthias Winderlich, AM Metals GmbH, Halsbrücke	
Vom Zahnrad bis zum Motor – Möglichkeiten des metallischen Micro-3D-Drucks	140
Julian Drechsel, Laserinstitut Hochschule Mittweida	
Additive Fertigung von endkonturnahen Feingussformen mittels Stereolithografie von Keramikresinen	147
Michel Layher, Ernst-Abbe-Hochschule Jena	
3D-Druck von dreidimensionalen Grünkörpern zur Fertigung von optischen Bauteilen aus Quarzglas	157
Anne-Marie Schwager, Ernst-Abbe-Hochschule Jena	

SEKTION 4: 3D-DRUCK in der GESELLSCHAFT

Moderation: Jörg Matthes, Hochschule Mittweida

Umdenken beginnt im Kopf! 3D-Druck: Smart. Fast. Different.	166
Joachim Kasemann, Mark3D GmbH, Haiger	
Additiv gefertigte Atemschutzmasken – Von der Idee bis zur Serienproduktion	182
Sebastian Scholz, Fraunhofer IWU – Kunststoffzentrum Oberlausitz	
Smart Surface Control: Funktionale Oberflächen für gedruckte Teile	197
René Pleul, Hochschule Mittweida	
Anwendung additiver und Folgeverfahren bei der Detektorenfertigung	208
Stephan Grund, OKM GmbH, Altenburg	
Qualitätssicherung in der zertifizierten additiven Serienfertigung	214
Martin Hirschfeld, Rapidobject GmbH, Leipzig	

FIRMENPRÄSENTATIONEN

Building 3D e.V.	222
Hochschule Mittweida und Laserinstitut der Hochschule Mittweida	223
Mitteldeutsches Netzwerk Rapid Prototyping enficos	225
Mittelstand 4.0 - Kompetenzzentrum Ilmenau	226
Portec GmbH	227

PLENARVERANSTALTUNG

Moderation:

Jörg Matthes, Hochschule Mittweida

Grußwort der Sächsischen Staatsregierung

Sebastian Gemkow

Sächsischer Staatsminister für Wissenschaft

Wörtliches Zitat aus dem Grußwort:

„Kreativität ist es (...), die den 3D-Druck immer wieder beflügelt. Die enge Kooperation im Verbund der Hochschulen von Merseburg, Jena, Leipzig und Mittweida mit klarem Fokus auf der Entwicklung von Anwendungen bildet einen ausgezeichneten Rahmen dafür, dass sich Kreativität entfalten kann. Der 3D-Druck, die additive Fertigung, ist und bleibt ein hochspannendes Feld, dessen Potential sowohl in der Fertigung mit Manufakturcharakter als auch in der industriellen Fertigung von Bauteilen weiter gehoben werden kann. Und nicht zuletzt verändern die immer effektiveren Druckverfahren nach und nach auch Heimanwendungen und inspirieren ein Stück weit Menschen im Umgang mit Werkstücken. In der Forschung geht es dabei längst um mehr als nur Materialien und Skalierbarkeit des 3D-Druckes. Sie beschäftigen sich gleichzeitig mit Ressourcenmanagement und Datensicherheit, mit Blick auf nachhaltige Herstellungsverfahren, am Ende also mit nachhaltiger Wertschöpfung in den vielfältigen Anwendungsfeldern der additiven Fertigung. Vom gedruckten medizinischen Implantat bis hin zum Bauwerk, und all das in enger Kooperation mit Partnern in der mittelständischen Wirtschaft.

Ich bin dankbar für dieses Forschungsengagement, das der Freistaat sehr gern unterstützt.“

Sebastian Gemkow

Sächsischer Staatsminister für Wissenschaft

Grußwort

Uwe Mahn

Prorektor Forschung, Hochschule Mittweida

Wörtliches Zitat aus dem Grußwort:

„Herzlich willkommen zum 8. Mitteldeutschen Forum Rapid Technologien an der Hochschule Mittweida! Die Überschrift „3D-Druck in der Anwendung“ beschreibt sehr gut das Profil der Hochschulen für angewandte Wissenschaften – nämlich Forschungsergebnisse in die Anwendung zu bringen, zu transferieren, umzusetzen. Was braucht man dazu? Kontakte!

Ich wünsche Ihnen allen eine erfolgreiche Veranstaltung und hoffe, dass trotz des digitalen Formates die Vernetzung und die persönlichen Kontakte am Rande der Tagung nicht zu kurz kommen.“

Prof. Dr.-Ing. Uwe Mahn

Prorektor Forschung an der Hochschule Mittweida



**HOCHSCHULE
MITTWEIDA**
University of Applied Sciences

8. Mitteldeutsches Forum Rapid Technologien

3D-Druck in der Anwendung
2. Juni 2021

Prof. Dr.-Ing. Uwe Mahn



hs-mittweida.de

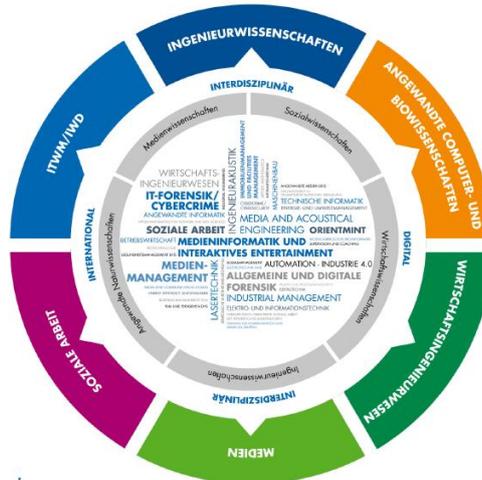
Die Hochschule Mittweida im Überblick

- Die Hochschule wurde vor **156 Jahren** gegründet.
- Es studieren **6.908 Studenten** (Stand WS 2020/2021) an **5 Fakultäten**.
- Es werden insgesamt **53 Studiengänge** (Bachelor, Diplom, Master) angeboten.
- **108 Professoren** und **398 Mitarbeiter** sind derzeit beschäftigt.
- **23% ausländische Studierende** sind aus 73 Ländern.



Fakultäten und Studiengänge

Studiengänge der Hochschule Mittweida



3 Prof. Dr.-Ing. Uwe Mahn, Prorektor Forschung
C) 14.04.2021 Hochschule Mittweida

Fakultäten und Studiengänge

Internationale Kooperationen

140 Partner in 53 Ländern



4 Prof. Dr.-Ing. Uwe Mahn, Prorektor Forschung
C) 14.04.2021 Hochschule Mittweida

Forschungsfelder - Forschungslandkarte der HRK 2019

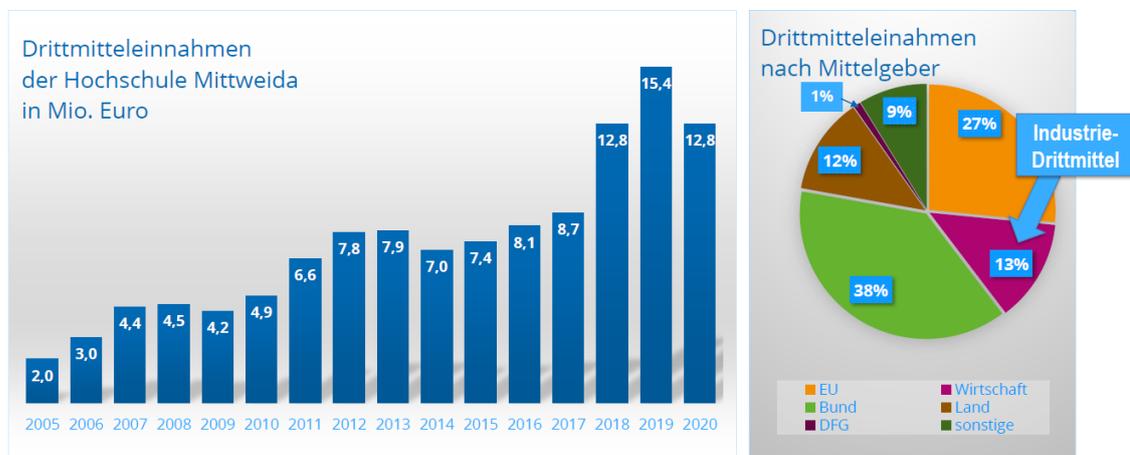


Evaluationskriterien:
 mind. 500.000,-- € Drittmittel pro Jahr, Anzahl der Wissenschaftler, wissenschaftliche Publikationen und Patentanmeldungen sowie kooperative Promotionsverfahren

5 Prof. Dr.-Ing. Uwe Mahn, Prorektor Forschung
 14.04.2021 Hochschule Mittweida

Prorektorat Forschung | HOCHSCHULE MITTWEIDA

Die Forschung der Hochschule Mittweida in Zahlen



6 Prof. Dr.-Ing. Uwe Mahn, Prorektor Forschung
 14.04.2021 Hochschule Mittweida

Prorektorat Forschung | HOCHSCHULE MITTWEIDA

Institute der Hochschule Mittweida

IWD Institut für Energie-management an der Hochschule Mittweida

ifem Institut für Energie-management an der Hochschule Mittweida

MIKOMI Innovation, Bildung, Transfer

AC MC

LHM

BCCM BLOCKCHAIN COMPETENCE CENTER MITTWEIDA

IKKS

LEC

SICIM Hochschule Mittweida

Fakultäten der HS Mittweida

Ingenieurwissenschaften

Soziale Arbeit

Angewandte Computer- und Bio-wissenschaften

Wirtschaftsingenieurwesen

Medien

7 Prof. Dr.-Ing. Uwe Mahn, Prorektor Forschung
CJ 14.04.2021 Hochschule Mittweida

Prrektorat Forschung **HOCHSCHULE MITTWEIDA**

HOCHSCHULE MITTWEIDA
University of Applied Sciences

Wir wünschen Ihnen ein interessantes und erfolgreiches
8. Mitteldeutsches Forum Rapid Technologien

hs-mittweida.de

3D-Druck: Geistiges Eigentum, Data Ownership und Produkthaftung

Andreas Leupold

Leupold Legal

3D-Druck: Geistiges Eigentum, Data Ownership und Produkthaftung

Dr. Andreas Leupold LL.M., Leupold Legal



8. Mitteldeutsches Forum „3D-Druck in der Anwendung“

Dr. Andreas Leupold LL.M

Lawyer | Rechtsanwalt

www.leupold-legal.com

3D-Druck: Geistiges Eigentum, Data Ownership und Produkthaftung

Darf man das drucken und verkaufen?



Dr. Andreas Leupold LL.M

Lawyer | Rechtsanwalt

www.leupold-legal.com

Aber dieses Bauteil darf man doch drucken?



Foto: Deutsche Bahn

Sandtreppengehäuse der Deutschen Bahn

Dr. Andreas Leupold LL.M.

Lawyer | Rechtsanwalt

www.leupold-legal.com

Vor der Produktion: Die "freedom to operate analysis"



Prüfen Sie **vor** der Herstellung eines fremden Produkts oder eines Ersatzteils, ob daran gewerbliche Schutzrechte bestehen und wem sie gegebenenfalls gehören.

Dr. Andreas Leupold LL.M.

Lawyer | Rechtsanwalt

www.leupold-legal.com

Welche Schutzrechte gibt es?

- Urheberrechte
- Marken
- Patente
- Gebrauchsmuster
- Designs

Dr. Andreas Leupold LL.M

Lawyer | Rechtsanwalt

www.leupold-legal.com

Wem "gehören" gewerbliche Schutzrechte?

- Das Recht *auf* das **Patent** hat der Erfinder, das Recht *am* Patent der Patentinhaber (z.B. der Arbeitgeber bei Arbeitnehmererfindungen)
- Das **Urheberrecht** steht dem Schöpfer des Werkes zu. Das kann nur ein Mensch sein, nicht aber ein Unternehmen oder eine Maschine.
- **Marken** gehören dem Inhaber bzw. dem, der sie zuerst benutzt hat.
- Ein **Design** gehört demjenigen, der es geschaffen hat.

Dr. Andreas Leupold LL.M.

Lawyer | Rechtsanwalt

www.leupold-legal.com

Dürfen Sie Ersatzteile drucken?



Photo: Pashminu Mansukhani auf Pixabay

Ersatzteile können durch ein Patent oder durch ein eingetragenes Design geschützt sein. Im Designschutz ist folgende Unterscheidung zu beachten:

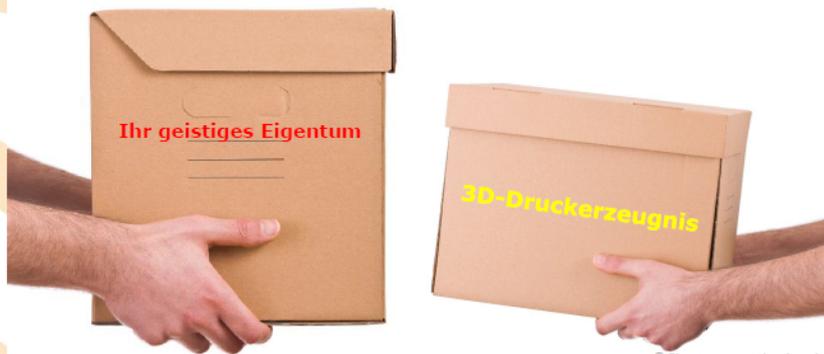
- **“must fit” Teile:** können hergestellt werden, ohne ein Designrecht zu verletzen.
- **“must match” Teile:** können nach europäischem Designrecht hergestellt werden, nach deutschem Designrecht aber nicht.

Dr. Andreas Leupold LL.M.

Lawyer | Rechtsanwalt

www.leupold-legal.com

Was passiert, wenn Sie Ihre additive Fertigung auslagern.



© Photos: www.colourbox.de

Die Auslagerung additiver Fertigungsprozesse ist oft die richtige Entscheidung, erfordert aber die vertragliche Einräumung von Nutzungsrechten an den dabei entstehenden Arbeitsergebnissen.

Dr. Andreas Leupold LL.M.

Lawyer | Rechtsanwalt

www.leupold-legal.com

Wem gehören die Rechte am "Besserteil"?



Ein häufiges Szenario in der additiven Fertigung:

- Der Auftraggeber möchte ein Produkt drucken lassen
- Der Auftragnehmer teilt ihm mit, dass dies eine additive (Neu-) Konstruktion erfordert und er macht gleich auch noch einige Verbesserungsvorschläge.

Dr. Andreas Leupold LL.M

Lawyer | Rechtsanwalt

www.leupold-legal.com

Sichern Sie sich die Rechte an Ihren Produkten!



• Sichern Sie sich durch **geeignete Verträge** die Rechte an den in Ihrem Auftrag konstruierten und/oder hergestellten Produkten

• Denken Sie dabei auch an **Arbeitnehmererfindungen und Freelancer**

• Verwenden Sie **spezifische Vertragsklauseln**, die auf die additive Fertigung zugeschnitten sind und Vermeiden Sie "catch all" Klauseln

Dr. Andreas Leupold LL.M

Lawyer | Rechtsanwalt

www.leupold-legal.com

Was können Sie gegen Produktpiraterie tun?



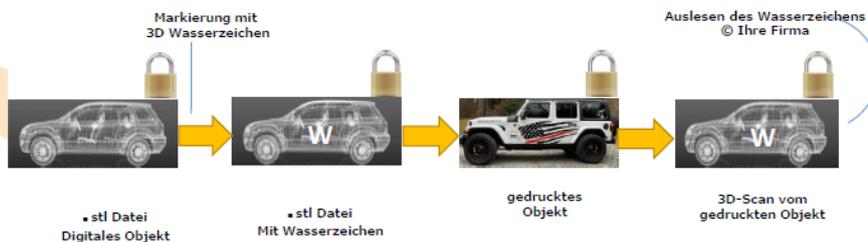
- Bemühen Sie sich um die möglichst zügige und vollständige **Aufklärung des Sachverhalts**
- Lassen Sie anwaltlich prüfen, welche **Schutzrechte** verletzt wurden
- Sammeln und sichern Sie **Beweise für die Schutzrechtsverletzungen**
- Verlangen Sie eine **strafbewehrte Unterlassungserklärung** vom Verletzer
- Beantragen Sie rechtzeitig **einstweiligen Rechtsschutz** und erheben Sie nötigenfalls **Hauptsacheklage** auf Auskunftserteilung und Schadensersatz.

Dr. Andreas Leupold LL.M

Lawyer | Rechtsanwalt

www.leupold-legal.com

Was können Sie gegen Produktpiraterie tun?



© Bild 3D/CAD Modell: colourbox.com; Bild „gedrucktes Objekt“: www.stabov.com
Vorhangsschloss: Bild von Ctker-Free-Vector-Images auf Pixabay

Implementieren Sie Wasserzeichen in Ihre Produkte.

Dr. Andreas Leupold LL.M

Lawyer | Rechtsanwalt

www.leupold-legal.com

Gibt es ein Eigentum an Daten?



- Unsere Rechtsordnung kennt **Eigentum nur an Sachen**.
- Sachen sind aber nur körperliche Gegenstände.

Warum kommt es auf die Daten an?



Wer Zugang zu den Produktionsdaten hat, kann das Produkt herstellen.

Hersteller von AM-Anlagen ...



- ... bieten vorausschauende Wartung an und wollen dafür auf die **Produktionsdaten** zugreifen...
- ...und erhalten dadurch die Möglichkeit, **produktionsrelevante Maschinenparameter** zu verändern.

Dr. Andreas Leupold LL.M

Lawyer | Rechtsanwalt

www.leupold-legal.com

Wird es bald ein Eigentum an Daten geben?



Die Europäische Kommission erwägt die Schaffung eines neuen Datenproduzentenrechtes

Dr. Andreas Leupold LL.M

Lawyer | Rechtsanwalt

www.leupold-legal.com

Schließen Sie Datennutzungsverträge!



Datennutzungsverträge regeln, wer auf welche Daten zugreifen und was er damit machen darf.

Dr. Andreas Leupold LL.M

Lawyer | Rechtsanwalt

www.leupold-legal.com

Produkthaftung in der additiven Fertigung



© Photo: colourbox.de

Fehlerhafte Bauteile oder Ersatzteile, die additiv gefertigt wurden, können zu **Folgeschäden wie Nutzungsausfall und entgangenem Gewinn, Sachschäden oder Personenschäden** führen.

Dr. Andreas Leupold LL.M

Lawyer | Rechtsanwalt

www.leupold-legal.com

Produkt- vs. Produzentenhaftung



Bild von Arek Socha auf pixabay

- Die **Produkthaftung** ist im Produkthaftungsgesetz geregelt. Sie ist eine verschuldensunabhängige Gefährdungshaftung nur für Personenschäden.
- Die **Produzentenhaftung** ist im Bürgerlichen Gesetzbuch geregelt. Sie ist eine verschuldensabhängige deliktische Haftung auch für Sachschäden.

Dr. Andreas Leupold LL.M

Lawyer | Rechtsanwalt

www.leupold-legal.com

Produkthaftung



Bild von Arek Socha auf Pixabay

Wird durch den Fehler eines Produkts jemand getötet, sein Körper oder seine Gesundheit verletzt oder eine Sache beschädigt, so ist **der Hersteller des Produkts** verpflichtet, dem Geschädigten den daraus entstehenden Schaden zu ersetzen. Auf ein Verschulden kommt es dabei nicht an.

Dr. Andreas Leupold LL.M

Lawyer | Rechtsanwalt

www.leupold-legal.com

Der Produktfehlerbegriff



Bild von Arek Socha auf Pixabay

Ein Produkt ist fehlerhaft, wenn es nicht die Sicherheit bietet, die berechtigterweise erwartet werden kann. Man unterscheidet

- **Konstruktionsfehler**
- **Fabrikationsfehler**
- **Instruktionsfehler**

Produzentenhaftung: Bedeutung technischer Normen



Image: colourbox.de

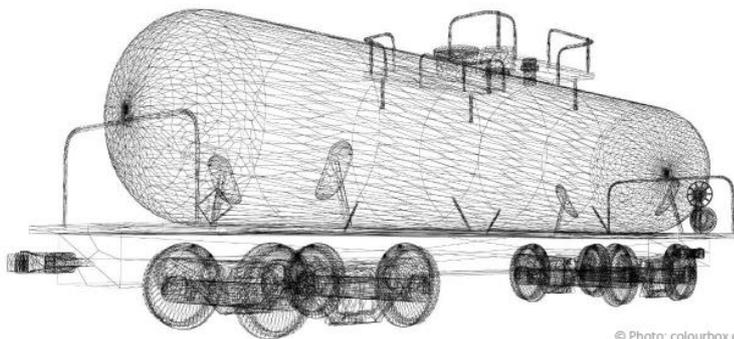
- **Technische Normen sind keine Rechtsnormen** sondern nur private Regelungen mit Empfehlungscharakter. DIN- und ISO Normen *können* die anerkannten Regeln der Technik wiedergeben **oder hinter diesen zurückbleiben**
- Wer nicht für Produktfehler haften will, muss den **Stand von Wissenschaft und Technik** einhalten

Produkthaftung: Was sind "Produkte"?



Produkte sind bewegliche Sachen und Elektrizität.

Produkthaftung für 3D-Modelle?



Der Zweck der Produkthaftung erfordert es, auch Informationen und andere immaterielle Leistungen wie das **3D-Modell als „Produkt“** zu behandeln.

Produkthaftung in der additiven Fertigung



© Photo Kugelgrafik: colourbox.de

- **Hersteller ist, wer das Endprodukt, einen Grundstoff oder ein Teilprodukt hergestellt hat.** Als Hersteller gilt auch jeder, der sich durch das Anbringen seines Namens, seiner Marke oder eines anderen unterscheidungskräftigen Kennzeichens als Hersteller ausgibt.
- **Als Hersteller gilt ferner, wer ein Produkt zum Zweck des Verkaufs, der Vermietung, des Mietkaufs oder einer anderen Form des Vertriebs mit wirtschaftlichem Zweck im Rahmen seiner geschäftlichen Tätigkeit in den EWR einführt oder verbringt.**

Produkthaftung in der arbeitsteiligen additiven Fertigung: Wer ist Hersteller?



© Photo: colourbox.de

Bild von OpenClipart-Vectors auf Pixabay

- **Hersteller ist jeder an der Konstruktion oder Produktion Beteiligte.**
- Ein Haftungsausschluss oder eine **Haftungsbegrenzung im Außenverhältnis ist unwirksam.**

Möglich und dringend anzuraten ist aber eine vertragliche Regelung der Haftungsverteilung *innerhalb* der Supply Chain unter Berücksichtigung der AM-spezifischen Risiken.

Noch etwas vergessen?



© Video: www.colourbox.de

Es gibt noch viel zu tun.

Dr. Andreas Leupold LL.M

Lawyer | Rechtsanwalt

www.leupold-legal.com

Kontakt



Dr. Andreas Leupold LL.M.

Säckingenstr. 2
81545 Munich

Tel.: +49 89 6495 6563

al@leupold-legal.com

www.leupold-legal.com



Dr. Andreas Leupold LL.M. (UT)

Rechtsanwalt | Wirtschaftsmediator

www.leupold-legal.com

SEKTION 1

PROZESSOPTIMIERUNG

Moderation:

Peter Schulze, HTWK Leipzig

Druckzeitreduktion durch neuartigen FFF- Rotationsdrucker mit vier Simultan-Extrudern

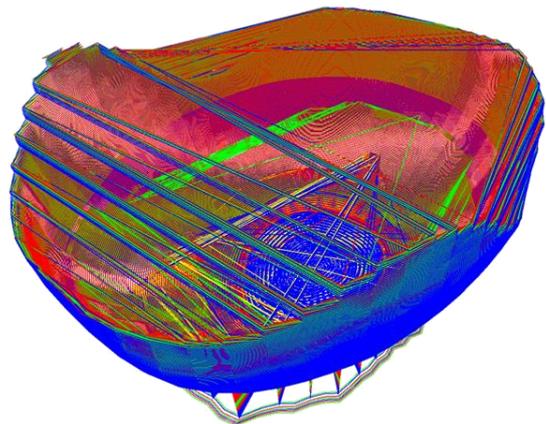
Claudius Petzold

Hochschule Mittweida

Druckzeitreduktion durch neuartigen FFF-Rotationsdrucker mit vier Simultan-Extrudern

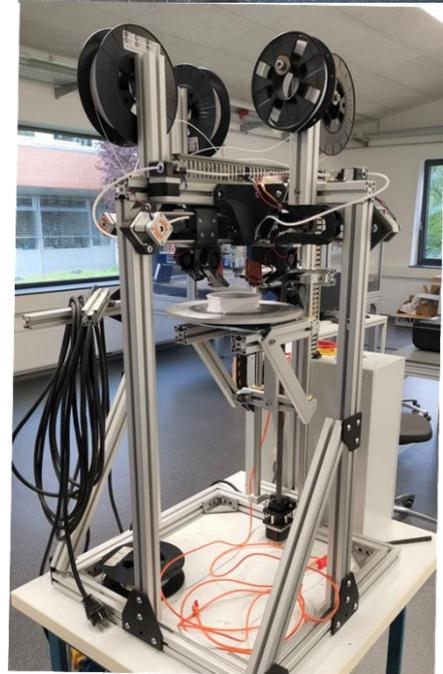
Jörg Matthes, Claudius Petzold, Valentin Mauersberger
Hochschule Mittweida

Zielstellung des Projekts war es einen Hochgeschwindigkeits-3D-Drucker, basierend auf dem FFF-Verfahren, zu entwickeln. Als Haupteinsatzgebiet eines solchen Druckers ist die Orthopädietechnik angedacht. Speziell der Bereich Prothesen- und Orthesenbau. Diese orthopädischen Hilfsmittel müssen passgenau, für die individuellen Bedürfnisse des jeweiligen Patienten, gefertigt werden. Um eine optimale Hilfsstellung im Alltag und einen möglichst hohen Tragekomfort zu gewährleisten. Es handelt sich hierbei um eine Einzelfertigung bzw. Kleinstserienfertigung, wodurch sich der 3D-Druck als optimale Fertigungslösung darstellt. Aktuell nimmt die Herstellung einer Orthese oder Prothese 2-3 Werkzeuge in Anspruch. Der Herstellungsprozess soll auf mindestens einen Arbeitstag reduziert werden. Von der Abnahme der Maße bis zum fertigen orthopädischen Hilfsmittel. Um dies zu realisieren wird die aufwendige Modellerzeugung mittels Gipsabdrücke und anschließende Modellierung der Gipsabdrücke durch 3D-Scan, mittels Handscanner ersetzt. Mit den Scandaten des Patienten werden dann in der Modellierungssoftware die orthopädischen Hilfsmittel passgenau erzeugt und für den 3D-Druck vorbereitet. Neben einer sauberen und schnelleren Modellerzeugung könnten so Lagerkapazitäten und Arbeitsraum frei gemacht werden. Die wichtigsten Merkmale des Druckers sind eine rotierende, beheizte Bauplattform und 4 separat verfahrbare, aber simultan arbeitende Druckköpfe. Zusätzlich werden Extruder verwendet die einen hohen Volumenstrom aufweisen, diese Kombination gewährleistet einen hohen und konstanten Materialfluss. Durch die rotierende Bauplattform eignet sich der Drucker eher für runde, hohlzylindrische Objekte. Es wurde ein Rahmengestell konstruiert an dem die horizontalen Achsen mit den Extrudern befestigt sind. Die Extruder sind jeweils 90° versetzt und fahren auf den Mittelpunkt der Bauplattform zu. Es ist jedoch nur einem Extruder möglich über den Mittelpunkt der Bauplattform hinweg zu fahren. Die Bauplattform rotiert, angepasst an die langsamste Achse des gesamten Druckers, entsprechend schneller oder langsamer. Zu Beginn des Druckprozesses steht die Bauplattform direkt unter den Extrudern und senkt sich im Prozess um die jeweiligen Schichthöhen ab. So ist ein stabiler Fertigungsprozess möglich. Da dieser Aufbau eines 3D-Druckers unüblich ist, musste neben der Hardware auch eine eigene Software entwickelt werden. Sogenannte Slicingprogramme erzeugen mit den Objektdaten des Druckmodelles die Bewegungsbahnen der Extruder, die Geschwindigkeiten der Achsen und diverse andere Einstellungen für den Druckprozess. Slicingprogramme für herkömmliche 3D-Drucker, die mit kartesischen Koordinatensystemen arbeiten, gibt es auch als Freeware zum kostenlosen Download. Der Hochgeschwindigkeits-Rotations-3D-Drucker basiert jedoch auf einem polaren Koordinatensystem, was eine eigene neue Slicingsoftware unumgänglich macht.



Im Laufe des Projektes wurden zwei Demonstratoren gefertigt, der erste Demonstrator diente der Untersuchung des Druckprozesses auf eine rotierende Bauplattform. Druckparameter und Steuerungslösungen wurden hiermit erarbeitet. Der Zweite Demonstrator ist ein Komplettbau mit allen eingangs erwähnten Spezifikationen. Mit diesem Demonstrator wurden erste Hilfsmittel gedruckt. Bei den Hilfsmitteln handelt es sich um orthopädische Helmschalen, welche bei Patienten mit Schädeldeformationen oder im Zuge der Rehabilitation nach einer Operation zum Einsatz kommen. Die Geometrie der Helmschalen ist relativ einfach und eignet sich somit gut um den Druckprozess und die Slicingsoftware zu erproben und diese entsprechend anzupassen. Neben den im Projekt gefertigten Demonstratoren wurden an der Hochschule Mittweida im Rahmen einer studentischen Abschlussarbeit ein weiterer Demonstrator gefertigt. Angelehnt an die niedrigpreisigen FFF-Drucker, wie bspw. der Prusa i3MK3s. Ziel war es hierbei zu untersuchen welche alternativen Lösungskonzepte möglich sind und was die Vor- bzw. Nachteile des jeweiligen Aufbaus sind. Das Projekt endete am 31.12.2020. Es wurde ein funktionsfähiger Hochgeschwindigkeits-Rotations-3D-Drucker entwickelt welcher die orthopädische Helmschalen innerhalb von 1,5 Stunden druckt. Handelsübliche 3D-Drucker, mit nur einem Extruder, benötigen für das Modell, mit den gleichen Druckparametern 24 Stunden.

Gefördert wurde das Projekt vom BMWi im Rahmen des „zentralen Innovationsprogramm Mittelstand“. Neben der Hochschule Mittweida waren folgende Firmen am Projekt beteiligt. Das Kunststoff-Zentrum in Leipzig gGmbH, saXcare GmbH, Jenaer Antriebstechnik GmbH, Ehnert Maschinenbau GmbH & Co. Kg, ATZ GmbH Industrieautomation und CADsys Vertriebs- und Entwicklungsgesellschaft mbH. Organisiert und koordiniert wurde das Forschungsprojekt von der FGMD GmbH.



Neuartige Gestaltungsmöglichkeiten durch additiv generative Fertigung zur Optimierung des thermischen Bauteilverhaltens

Uwe Mahn

Hochschule Mittweida

NEUARTIGE GESTALTUNGSMÖGLICHKEITEN DURCH ADDITIV GENERATIVE FERTIGUNG ZUR OPTIMIERUNG DES THERMISCHEN BAUTEILVERHALTENS

J. Arndt, M. Ballmann, U. Mahn,

Hochschule Mittweida, Mittweida und NET AG, Hamburg

Zusammenfassung:

Neuartige funktionsbedingte Bauteilgeometrien in geringen Stückzahlen lassen sich mit verschiedenen Methoden der additiv, generativen Fertigung, populärwissenschaftlich 3D-Druck genannt, effizient herstellen. Für den Konstrukteur solcher Bauteile bedeutet dies eine Vielzahl neuer Möglichkeiten Bauteile zu gestalten. Während Bauteile sehr gut hinsichtlich statischen und dynamischen Verhaltens mit der Topologieoptimierung auf Basis eines FE-Modells gestaltet werden können, bietet es sich an, innere Strukturen (Gitter etc.) für Kühlungs- oder Erwärmungsvorgänge einzusetzen. Im beschriebenen Beispiel soll diese komplexe Thematik an einem vergleichsweise einfachen Lagerbock demonstriert werden. Durch den Einsatz innerer Strukturen wird die angenommene, entstehende Reibungswärme als eingeleitete Wärmelast deutlich effizienter abtransportiert, als bei einem massiven, klassischen Bauteil, mit welchem es verglichen wurde. Im Beitrag werden Hinweise zur Auslegung solcher Bauteile gegeben.

Stichwörter: *Generative Fertigung, 3D-Druck, Topologieoptimierung, ANSYS, PTC Creo Simulate, PTC Creo Simulation live*

NEW DESIGN OPTIONS THROUGH ADDITIVE GENERATIVE MANUFACTURING TO OPTIMIZE THE THERMAL COMPONENT BEHAVIOR

J. Arndt, M. Ballmann, U. Mahn

University of Applied Sciences Mittweida, Mittweida and NET AG, Hamburg

Abstract:

New function-related component geometry in small quantities can be efficiently produced using various methods of additive, generative manufacturing, popularly known as 3D printing. For the design engineer of such components, this means a wide range of new possibilities for designing components. While components can be designed very well regarding static and dynamic behaviour with the topology optimisation based on an FE model, it is appropriate to use internal structures (grids etc.) for cooling or heating processes. In the example described, this complex topic is to be demonstrated on a comparatively simple bearing block. Through the use of internal structures, the assumed emerging frictional heat is carried away more efficiently as an implemented thermal load than with a solid, classic component with which it is compared. The article provides information on the design of such components.

Keywords: *Additive Manufacturing, 3D Printing, Topology optimisation, ANSYS, PTC Creo Simulate, PTC Creo Simulation live*

1. Einleitung

Die Fertigungsverfahren, die der additiv generativen Fertigung zuzuordnen sind, unterscheiden sich sehr stark von klassischen Fertigungsverfahren hinsichtlich der möglichen Bauteilgeometrie und bieten dem Konstrukteur damit völlig neue Möglichkeiten. Die Zusammenführung von generativen Fertigungsverfahren mit neuen Gestaltungsmöglichkeiten und Simulationstools eröffnen völlig neue Möglichkeiten der Bauteiloptimierung. Beispiele dafür sind:

- auf reduzierte Masse optimierte Bauteile, die durch Topologieoptimierung beanspruchungsgerecht gestaltet wurden und gegenüber klassischen Bauteilen i. d. R. eine völlig neue Gestalt aufweisen [1,2],
- Bauteile mit komplexen Hinterschnedungen oder filigranen Innenkonturen oder
- Bauteilen, die sowohl massive Bauteilbereiche zur Lastaufnahme als auch filigrane Elemente vereinen, z. B. zur Oberflächenvergrößerung, mit dem Ziel einer Verbesserung der Wärmeübertragung.



Bild 1: Beispiele additiv-generativ gefertigter Bauteile: Mikrowärmetauscher mit filigransten Innenstrukturen (links), Topologie-optimiertes Bauteil (Mitte) und Bauteil mit Gitterstruktur im Inneren (rechts) [1,2] [Bilder: Laserinstitut Hochschule Mittweida],

Parametrierbare Gitterstrukturen im Inneren bieten neben der Möglichkeit des Strukturleichtbaus bei Bauteilen, mit vielen äußeren Funktionsflächen, auch die Möglichkeit die Oberfläche zum Wärmeabtransport deutlich zu vergrößern. Gerade im Umfeld der an Bedeutung gewinnenden Antriebe elektrisch betriebener Fahrzeuge sind Wärmequellen konstruktiv zu beachten, wie die Motoren selbst, Wechselrichter oder andere Bauteile der Leistungselektronik.

2. Bauteil mit Gitterstruktur zur Kühlung

Im Folgenden soll die Konstruktion mit Hilfe solcher Gitterstrukturen herausgegriffen werden und die konstruktive Auslegung mit Hilfe einschlägiger kommerzieller Berechnungstools untersucht und dargestellt werden. Dabei soll das durch die Wärmequellen und -senken im stationären Zustand entstehende Temperaturfeld berechnet werden. Als abstraktes Beispiel

dient ein vergleichsweise einfacher Lagerbock (Bild 2). In diesem Beispiel soll in einer Lagerbohrung eine konstante Wärmelast von 200 W aufgebracht werden. Die angesetzte recht erhebliche Reibleistung, kann in realen Bauteilen eine elektrische Verlustleistung einer Leistungselektronik etc. sein. Von Seiten der Simulation ist dies aber die gleiche Art der Randbedingung. An den Außenflächen besteht allseitig ein konvektiver Wärmeübergang, im Beispiel mit $10 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, was ein sehr geringer Wert in ruhender Luft darstellt, d. h. das Bauteil befindet z. B. innerhalb eines Gehäuses, ohne nennenswerte Umströmung.

Im Inneren des Bauteiles wird eine regelmäßige, raumzentrierte Gitterstruktur mit 3 mm Stegdurchmesser verwendet, die die Belastung mit ausreichender Sicherheit erträgt. Die Berechnung der Statik soll hier jedoch nicht Gegenstand sein. Die sich im Inneren bildenden Hohlräume werden nunmehr genutzt, um diese mit Wasser zu durchströmen und die Wärme somit schnell aus dem Bauteil abzuführen. Die Auslegung ist nicht mit einfachen Methoden zu bewerkstelligen, sondern erfordert eine gekoppelte strömungsmechanische-thermische Berechnung. Ggf. kann dann noch aus dem Temperaturfeld, das Verformungsfeld berechnet werden. Zum Einsatz kommt das noch recht junge auf dem Markt befindliche System Creo Flow Analysis (CFA). Zum Vergleich kommt ANSYS CFX zum Einsatz. Auch ein Versuch wurde an einem im Saxony⁵ Co Creation Lab Additive Fertigung der Hochschule Mittweida hergestellten Bauteil durchgeführt.

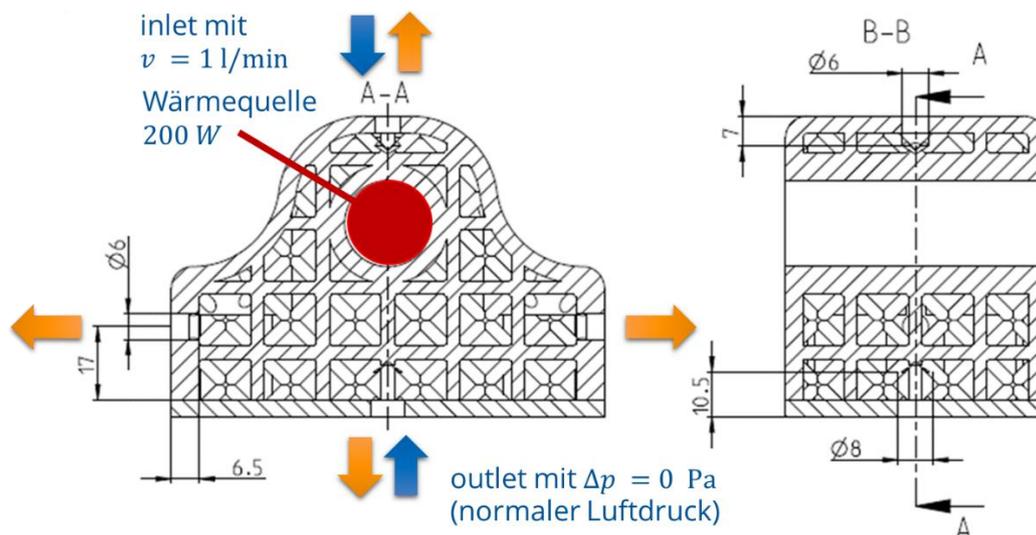


Bild 2: Geometrie des betrachteten Lagerbocks mit Gitterstruktur im Inneren zur Gewichtsreduktion und Ermöglichung einer effizienten Flüssigkeitskühlung im Inneren des Bauteils

Die aufgezeigte Gestaltung des Bauteils mit Gitterstrukturen im Inneren hat folgende Eigenschaften:

- es wird eine Verringerung auf ca. 60% des vorherigen Materialvolumens und damit eine Verringerung auf ca. 60% des vorherigen Gewichts erreicht,
- die zur Kühlung wirksame Oberfläche vergrößert sich auf das 2.17 fache der Oberfläche des Bauteiles aus Vollmaterial und
- eine effektive innere Kühlung wird möglich, da es massive Temperaturprobleme ohne aktive Kühlung gibt.

Die Berechnung erfolgt an Hand von drei verschiedenen Lastfällen hinsichtlich der Durchströmung:

- Einlass (inlet) oben an 6 mm Bohrung, Auslass (outlet) unten an 8 mm Bohrung,
- Einlass (inlet) unten an 8 mm Bohrung, Auslass (outlet) oben an 6 mm Bohrung,

- Einlass (inlet) oben an 6 mm Bohrung, Auslass (outlet) seitlich an zwei 6 mm Bohrungen

Der Volumenstrom beträgt jeweils 1 l/min. In Tabelle 1 sind alle eingestellten Randbedingungen zusammengefasst.

Tabelle 1: Randbedingungen für die FE-Berechnung

Fluid-Domain		
inlet	Wasser mit Raumtemperatur und vorgegebenem Volumenstrom $v = 1 \text{ l/min} = 1,667 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$	$v = 0,589 \text{ m/s}$ ($\varnothing 6 \text{ mm}$: oben und an den Seiten) $v = 0,331 \text{ m/s}$ ($\varnothing 8 \text{ mm}$: unten) 21°C
outlet	Wasser tritt drucklos aus	$\Delta p = 0 \text{ bar}$
Solid-Domain		
Lagerbohrung	Wärmelast 200W auf ca. 3770 mm ² ($\varnothing 20 \text{ mm} \times 60 \text{ mm}$)	53.051,6 W/m ²
Außenfläche	Konvektion mit 10 W / m ² K an die Umgebungsluft (Raumtemperatur)	10 W / m ² K 21 °C
Fluid-Struktur-Interface		
Kontaktfläche zwischen Fluid- und Solid-Domain	Automatische Berechnung der Wärmeübergangskoeffizienten aus dem Strömungszustand	

3. CFD Berechnung mit Creo Flow Analysis (CFA)

Die beschriebene Wärmelast wird in den Aluminiumkörper eingeleitet und breitet sich in diesem durch Wärmeleitung aus. An den Außenflächen wird ein temperaturdifferenzabhängiger Wärmestrom durch Konvektion an die Luft übertragen. Ab einer bestimmten Temperatur des Lagerbocks, ist auch die Wärmestrahlung an die Umgebung mit zu berücksichtigen. Dieser Wärmestrom hängt von der 4. Potenz der Temperaturdifferenz zur Umgebungstemperatur ab und ist somit erst ab höheren Temperaturen von Bedeutung, nimmt aber sodann rapide zu. Ohne die innere Kühlung wird erst ein thermischer Beharrungszustand bei knapp 300°C erreicht, was zeigt, dass die als Reibleistung definierten 200 W für das Bauteil eine recht hohe Wärmelast darstellt.

Im einem Berechnungsmodell zur Berechnung der Kühlung muss somit strömende Wasser (Fluid-Domain) und der Festkörper (Solid-Domain) gemeinsam wirken und interagieren. Dies geschieht durch das Fluid-Struktur-Interface (FSI), mit dem hier Wärmeströme vom Festkörper auf das Fluid und umgekehrt übertragen werden, je nach Vorzeichen der Temperaturdifferenz. Die wesentlichen Schritte zur Erstellung des vergleichsweise komplexen Berechnungsmodells sind:

1. Aufbereitung der Geometrie, insbesondere Erstellung der Fluid-Domain (Volumen des Kühlwassers)
2. Kennzeichnung der Bereiche, v. a. Flächen, die später mit Randbedingungen versehen werden
3. Vernetzung von Fluid- und Solid-Domain
4. Definition der Kontaktfläche zw. Fluid- und Solid-Domain für die Applikation des Fluid-Struktur-Interfaces
5. Zuweisung von Werkstoff bzw. Daten des Fluid zu den beiden Domains
6. Einstellung der Randbedingungen an inlet und outlet
7. Einstellung der Wärmelast als Wärmestromdichte
8. Einstellung der Konvektionsrandbedingungen an den Außenflächen
9. Einstellungen des Fluid-Struktur-Interfaces (FSI)
10. Einstellungen für den Solver

Ein erster Blick bei der Berechnung der Strömung fällt meist auf die Strömungsgeschwindigkeiten. Hier zeigt sich erwartungsgemäß, dass die Strömungsgeschwindigkeiten am Ein- und Auslass, bzw. kurz danach oder davor am höchsten sind. Im Inneren des Bauteils verteilt sich das fließende Medium auf größere Querschnitte, die sich durch die Gitterstruktur schwer quantifizieren lassen. Wichtig ist, dass im Bereich um die Lagerbohrung herum eine genügend hohe Strömungsgeschwindigkeit vorhanden ist, um eine möglichst hohe Wärmemenge abtransportieren zu können (Bild 3). Augenscheinlich sind hier auch keine großen Unterschiede bei den drei unterschiedlichen Fällen zu verzeichnen.

Betrachtet man die Temperaturen des Fluidmedium, so ist eine Zunahme der Temperatur des Kühlwassers zu verzeichnen, sobald dieses die Lagerbohrung erreicht und umfließen hat. Die Temperatur des Kühlwassers nimmt bei dem vergleichsweise hohen Volumenstrom von 1 l/min nur um 2-3 K zu. Die Farbskalierung im Stromlinienbild täuscht hier leider etwas (Bild 4).

Bei der Betrachtung der Temperaturverteilung im Lagerbock (Solid-Domain) unterscheidet sich das Temperaturfeld im Bereich um die Lagerbohrung herum je nach Fall (Bild 5). Dort wo das Kühlwasser zugeführt wird, ist die Temperatur etwas geringer. Dennoch kann man keine so signifikanten Unterschiede erkennen, die einen der drei Fälle als ungünstiger erscheinen lassen.

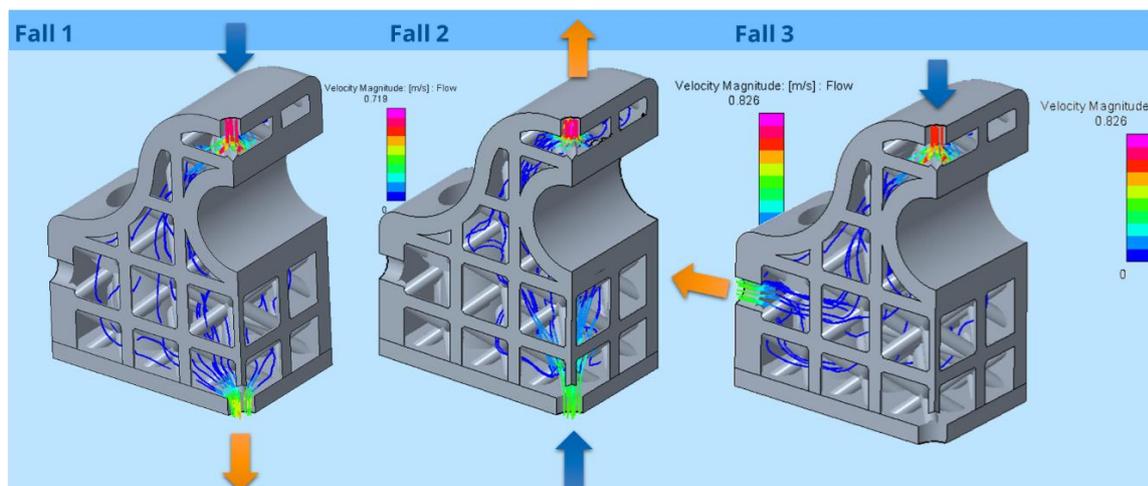


Bild 3: Strömungsgeschwindigkeiten für die drei Lastfälle

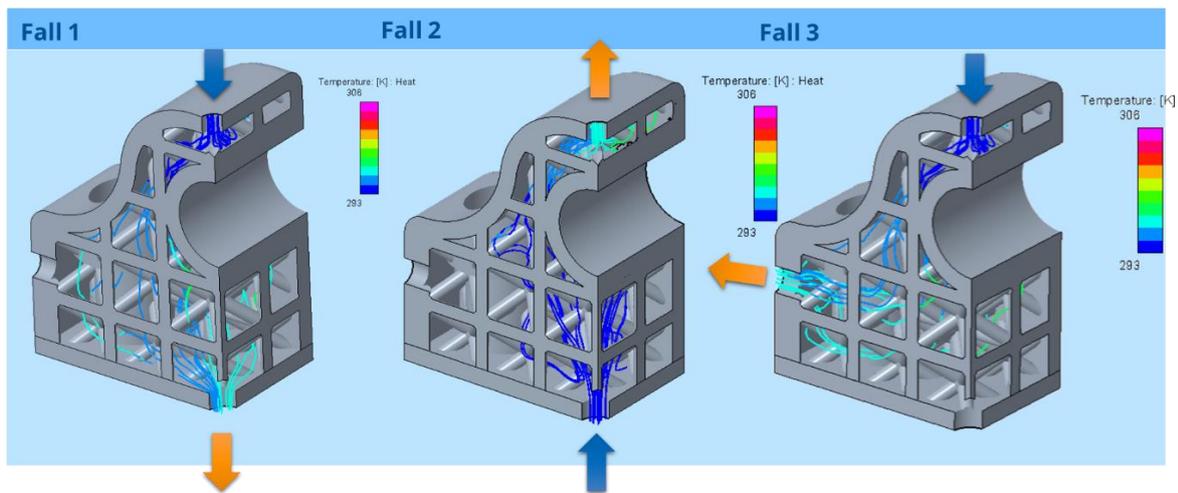


Bild 4: Temperaturverteilung im Fluid für die drei Lastfälle

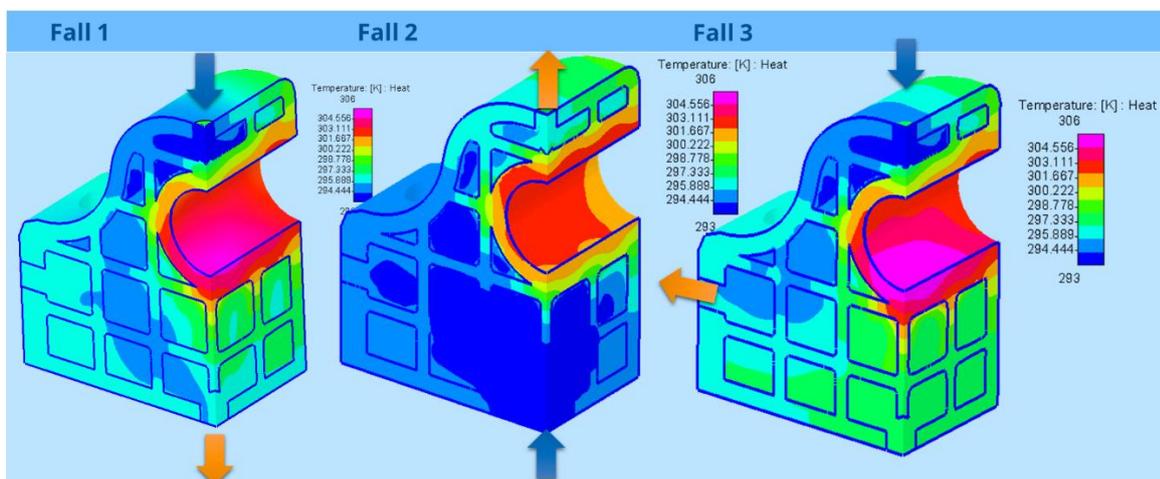


Bild 5: Temperaturverteilung von Fluid und Festkörper für die drei Lastfälle

4. Erfahrungen mit Creo Flow Analysis (CFA) und Vergleich mit ANSYS

Obwohl es sich bei dem Softwarepaket Creo Flow Analysis (CFA) um ein sehr junges System am Markt handelt, gibt es sehr viele Analyse- und Einstellmöglichkeiten an Randbedingungen, Visualisierungsoptionen. Der große Vorteil gegenüber den etablierten und bewährten FE-Systemen mit breitem Einsatzfeld, wie ANSYS, ist die direkte Integration in die CAD-Umgebung, wodurch der Export- und Import der Geometrie entfällt. Das „Look and Feel“ der Benutzeroberfläche unterscheidet sich jedoch von den anderen Modulen der Creo-Familie. Den Einstieg erleichtert allerdings ein neuer Wizard, mit dem das Modell im Frage-Antwort-Verfahren, Schritt für Schritt aufgebaut wird.

Die Stabilität im Zusammenhang mit Creo Parametric hat noch etwas Verbesserungspotenzial, denn die Standalone-Version läuft deutlich stabiler. Der Vorteil dabei sind gute Kombinationsmöglichkeiten mit Creo Parametric-Einstellungen, welche sehr intuitiv für Creo Anwender sind. Hin und wieder gibt es ungewünschte Effekte, wie Dopplungen von Features nach Projektaufrufen. Die in der aktuellen Version vorhandenen Ergebnisexportmöglichkeiten für die Dokumentation sollte für die integrierte Programversion noch erweitert werden. Viele Einstellungen müssen immer wieder hergestellt werden und sind nicht speicherbar (z. B. smoothcolor yes/no). Insgesamt ließ sich das vorgestellte Beispiel jedoch recht schnell und

komfortabel in ein Berechnungsmodell überführen. Zu bemerken ist, dass der vergleichsweise komplexe Fluidkörper gut automatisiert erstellt wurde.

Im Vergleich mit dem etablierten System ANSYS CFX zeigten sich weder qualitativ noch quantitativ signifikante Unterschiede. In Bild 6 wird die Temperaturverteilung aller drei Fälle von Fluid und Solid-Domain in einem Bild dargestellt. Im Gegensatz zu den adäquaten Darstellungen im Creo Flow Analysis (CFA) sind die zu erwartenden Temperaturunterschiede von Lagerbock und Kühlwasser deutlicher zu erkennen. Auch hier erwärmt sich das Kühlwasser nur wenig. Die aus qualitativer Sicht zu starken Angleichungen der Temperaturniveaus von Kühlwasser und Lagerbock wird mit Darstellungsproblemen erklärt.

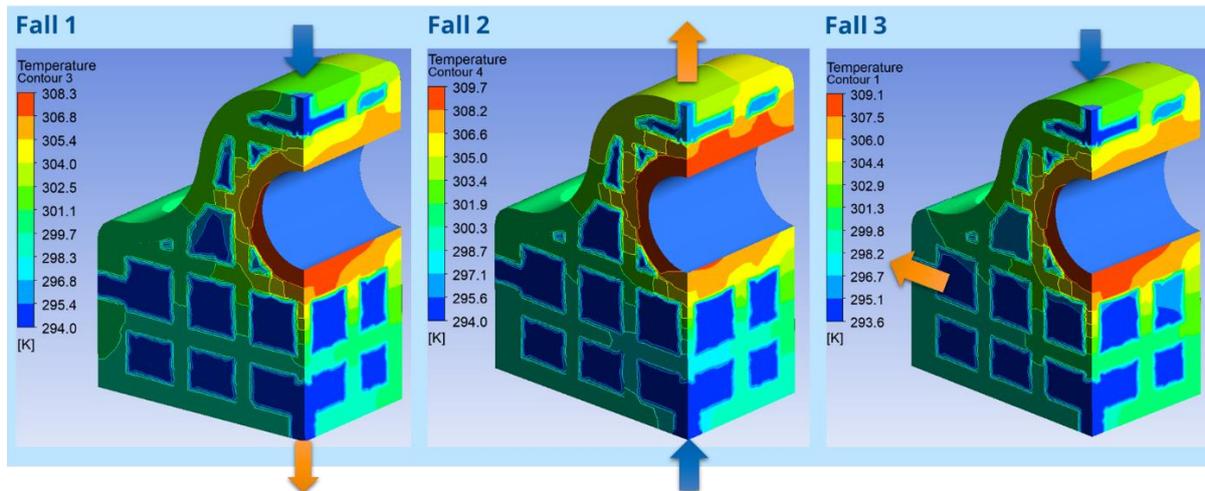


Bild 6: Temperaturverteilung von Fluid und Festkörper in ANSYS CFX für die drei Lastfälle

5. Fazit

Neben topologieoptimierten Bauteilen oder Strukturen, die mit klassischen Fertigungsverfahren so nicht herstellbar sind, bieten additiv-generative Verfahren auch die Möglichkeit das Bauteilinnere aus Gitterstrukturen aufzubauen. Diese Gitterstrukturen bieten neben dem Leichtbau die Möglichkeit, das Bauteilinnere mit Kühlwasser zu durchfluten und die Struktur damit in einfacher Weise zu kühlen. Bei der Auslegung solcher Bauteile ist in der Regel auf die sich einstellende maximal Temperatur, d. h. die Behaarungstemperatur im stationären Zustand zu achten. Diese hängt vom Strömungswiderstand im Inneren des Bauteiles ab, welcher sich durch die Gitterstrukturen manuell nur schlecht berechnen lässt. Hier ist eine strömungsmechanische Berechnung das Mittel der Wahl. Koppelt man diese mit einer thermischen Berechnung, so kann das Bauteil entsprechend ausgelegt werden. Numerisch handelt es sich bei dieser Simulationsaufgabe um ein recht komplexes Problem. Mit dem vorgestellten Lagerbock konnte jedoch gezeigt werden, dass diese Aufgabe mit den heute verfügbaren Werkzeugen wie Creo Flow Analysis (CFA) direkt vom Konstrukteur erledigt werden kann. Der etwas aufwändigere Weg in die Berechnungsabteilung und der Einsatz spezialisierter Programme ist nicht mehr notwendig.

Im vorliegenden Beispiel des Lagerbockes konnte gezeigt werden, dass selbst eine erhebliche Wärmelast von 200 W, die die Struktur ohne externe Kühlung auf weit über 200° erwärmen würde, mit Kühlung bei einer Temperatur von deutlich weniger als 20 K über Raumtemperatur gehalten werden kann. Das kleine Beispiel des Lagerbockes wurde ferner im Laserinstitut der Hochschule Mittweida im SLM Verfahren hergestellt und mit einer Heizpatrone erwärmt und mit Wasser mit einem Volumenstrom von 1 l/min durchströmt. Natürlich konnte mit einer Wärmebildkamera nur die Temperatur an der Außenoberfläche aufgenommen werden,

allerdings zeigt sich eine sehr gute Übereinstimmung mit den Berechnungsergebnissen (Bild 7). Ferner wurde auch die Erwärmung der Wassertemperatur gemessen, woraus sich ergab, dass diese um ca. 2,5 K nach dem Durchströmen des Bauteils zugenommen hatte. Mit diesem kleinen Experiment konnte die Berechnung insgesamt sehr gut bestätigt werden.

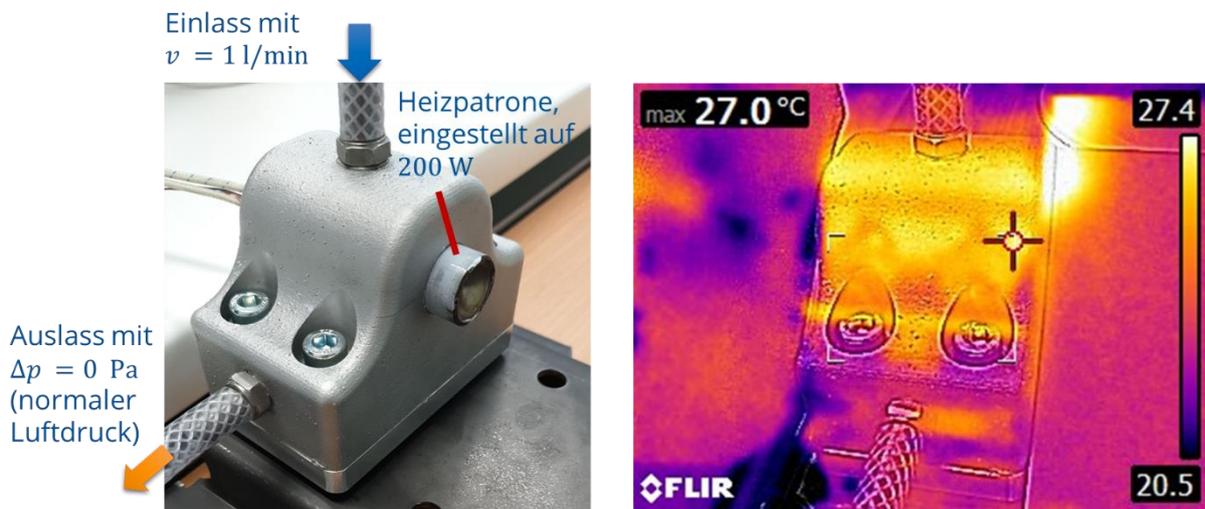


Bild 7: Versuchsausbau (hier Fall 3) und zugehörige Aufnahme mit der Wärmebildkamera zur Kontrolle der Temperaturen an den Außenflächen

Literatur

- [1] J. Matthes, U. Mahn: Topologieoptimierung mit nachgeschalteter CAD-Modellaufbereitung für die additive Fertigung. 36. CADFEM ANSYS Simulation Conference 2018, 2018
- [2] M. Erler, S. Gronau, J. Drechsel, R. Ebert, H. Exner: Prozessoptimierung für die generative Fertigung von Mikro-Wärmeübertragern, In: Scientific Reports, 10. Mittweidaer Lasertagung 2/2017, S.67-71

Gestaltung, Simulation und Anwendung von 3D-Druck-Baugruppen zum Prototypenbau ebener und räumlicher Getriebe

Maik Berger

TU Chemnitz

Gestaltung, Simulation und Anwendung von 3D-Druck-Baugruppen zum Prototypenbau ebener und räumlicher Getriebe

Prof. Dr.-Ing. Maik Berger - Technische Universität Chemnitz
 Professur Montage- und Handhabungstechnik (MHT)

Vortrag:

8. Mitteldeutsche Forum Rapid Technologien

– 3D Druck in der Anwendung

02. Juni 2021 | online |
 Hochschule Mittweida



Technische Universität Chemnitz
 Fakultät für Maschinenbau
 Professur Montage- und Handhabungstechnik
 Reichenhainer Straße 70
 D-09126 Chemnitz



Gestaltung, Simulation und Anwendung von 3D-Druck-Baugruppen zum Prototypenbau
Lehr- und Forschungsschwerpunkte der Professur MHT



Themenfelder der Professur Montage- und Handhabungstechnik (MHT)

Mechanismen- und Bewegungstechnik	Montage & Handhabung Robotik	Koppelgetriebe	Kurven- & Kurvenschrittgetriebe
Bewegungsdesign Servotechnik und Kurvengetriebe	Textilmaschinentechnik	Medizin- & Sportgerätetechnik	Sonder- & Schwermaschinentechnik
Montage- und Handhabungstechnik Robotik	Mehrkörpersimulation & FEM	Softwareentwicklung & Bewegungsdesign	Versuch & Technik
MKS und FE-Simulation Numerische Berechnung			

1. 3D-Drucktechnik und Getriebe-Modellentwicklungen
2. Kurbelschwinge mit Festkörpergelenken
3. Koppelgetriebe zum Hochgeschwindigkeitsschneiden
4. Greiferentwicklungen
5. Deltakinematik als Experimentalplattform
6. Forschungsprojekt „HypoGear“
7. Zusammenfassung und Ausblick

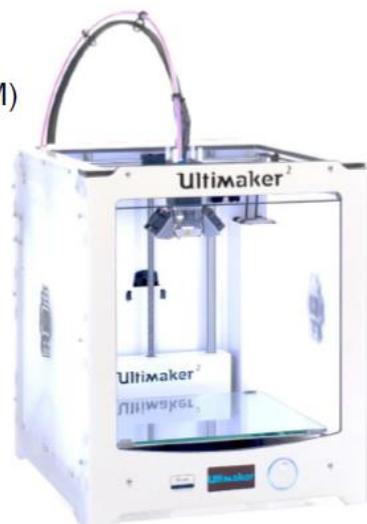
Aktuelle 3D-Drucktechnik der Professur Montage- und Handhabungstechnik

Seit ca. 4 Jahren nutzen wir

> zwei Ultimaker 2 & 3 (FDM)

> einen Formlab (SLA)

3D-Drucker.



**2 FDM-Drucker mit
Einfach- und Doppel-Extruder**

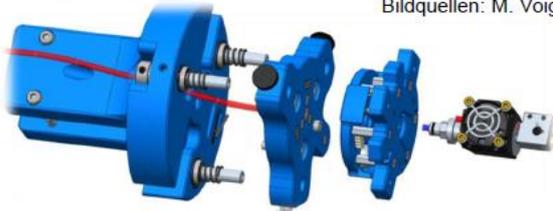


**SLA-Drucker
Formlab 2**

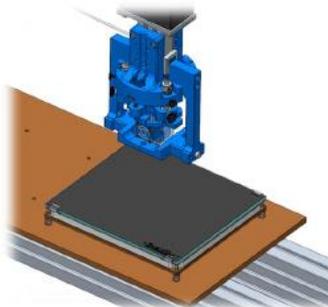
1. 3D-Drucktechnik und Getriebe-Modellentwicklungen

Entwicklung eines 3D-Druckkopfes zur Integration in eine Montagezelle (2017):

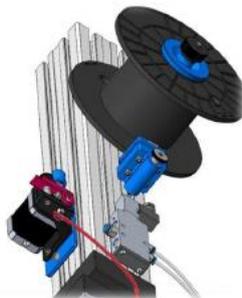
Bildquellen: M. Voigt



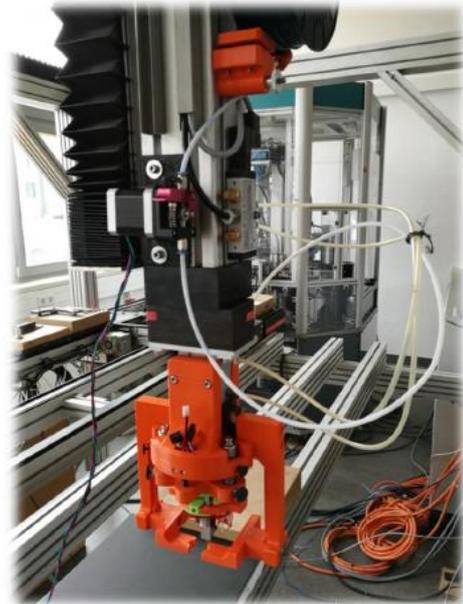
Aufbau des Hotend-Moduls



Druckplattform mit Heizbett



Filamentzufuhr

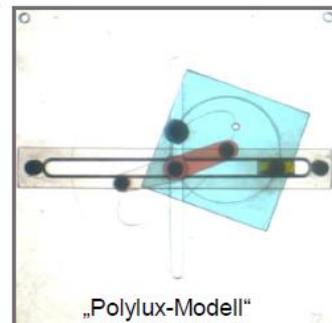


Voigt, M.: Entwicklung eines 3D-Druckkopfes und Integration in eine Montagezelle. Masterarbeit, Fakultät für Maschinenbau, Professur für Montage- und Handhabungstechnik, Chemnitz 2017

1. 3D-Drucktechnik und Getriebe-Modellentwicklungen

Entwicklung von Getriebe-Modellen zur Anwendung in Lehre und Forschung:

Seit vielen Jahrzehnten nutzen wir die Möglichkeit, bewegungstechnische Sachverhalte durch den Einsatz von Getriebe-Modellen zu veranschaulichen.



Die heutigen Möglichkeiten des 3D-Drucks erlauben es uns, Modelle

- **schneller**
- **komplexer**
- **räumlicher**
- **preisgünstiger**

herzustellen.



Ehrenkolloquium 2015 – zum 80. Geburtstag von Prof. Johannes Volmer

2. Kurbelschwinge mit Festkörpergelenken

Untersuchungen zum Einsatz, den Eigenschaften und der Lebensdauer von ebenen Koppelgetrieben in hybrider Bauweise, mit gedruckten Gliedern und mit Festkörpergelenken:

Kurbelschwinge als Führungsgetriebe



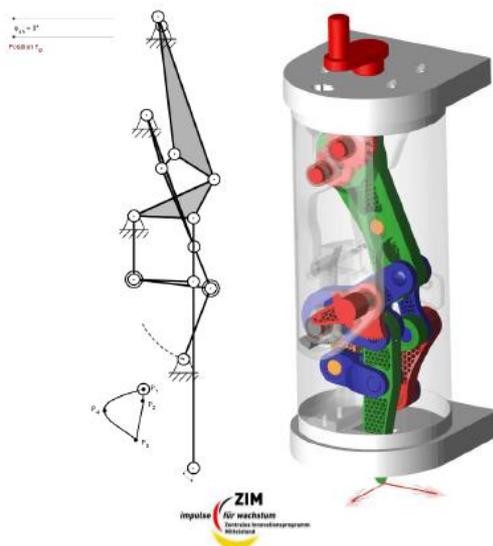
M. Berger

8. Mitteldeutsche Forum Rapid Technologien – 3D Druck in der Anwendung

7

3. Koppelgetriebe zum Hochgeschwindigkeitsschneiden

Entwicklung von komplexen Getrieben: ASPA-Methode > Simulation und Bewegungstest durch den Abgleich von Entwurfskonzepten und 3D-Druck-Modellen:



Bildquellen: Dr. S. Heinrich (MHT) / Teil-Projekt: High-Speed-Cutting



Bildquelle: MHT

M. Berger

8. Mitteldeutsche Forum Rapid Technologien – 3D Druck in der Anwendung

8

4. Greiferentwicklungen

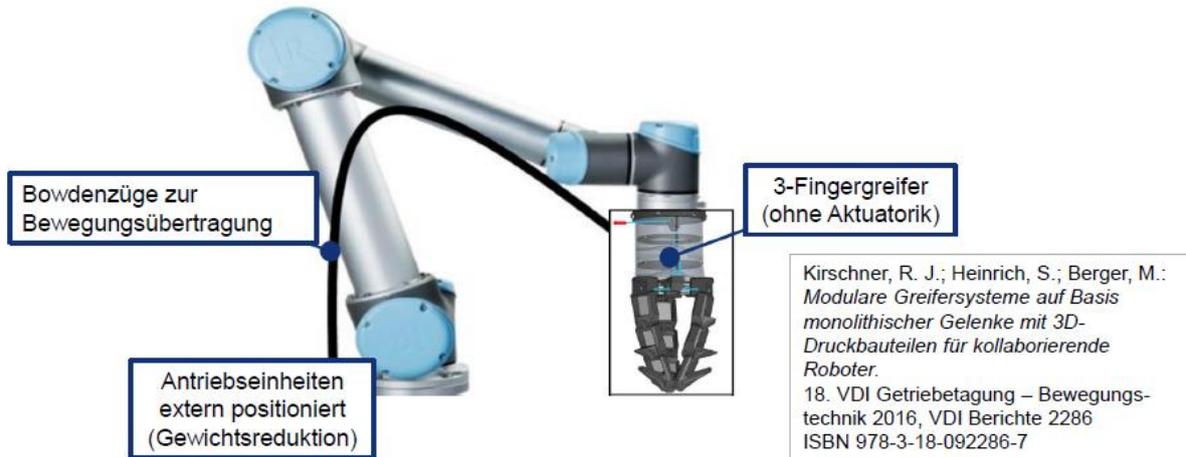
Konzeptidee - Entwicklung eines Greifers für die kollaborierende Robotik:

Anforderungsliste:

- sehr leicht (Traglast von Cobots)
- selbthaltend (Havariefunktion)
- für variable Greifaufgaben
- sehr preisgünstig

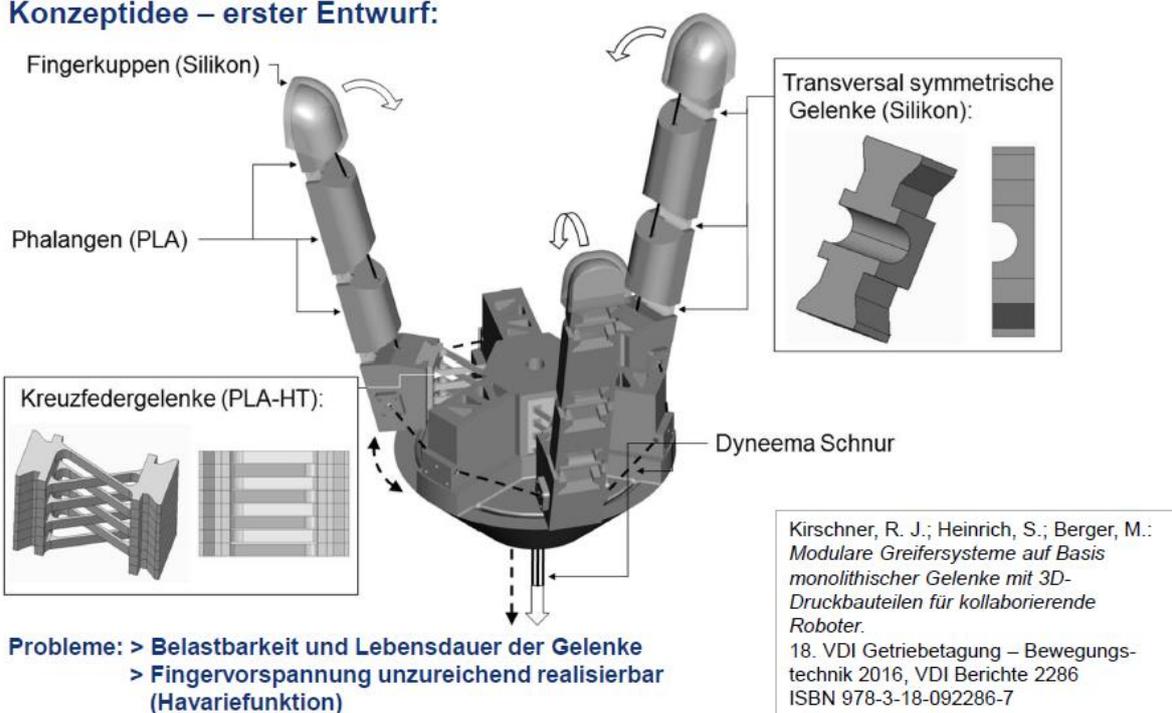
Lösungsansatz:

- Antriebe extern positionieren
- vorgespannte Fingerelemente
- Fingerpositionierung flexibel
- 3D Druck und Standardkomponenten



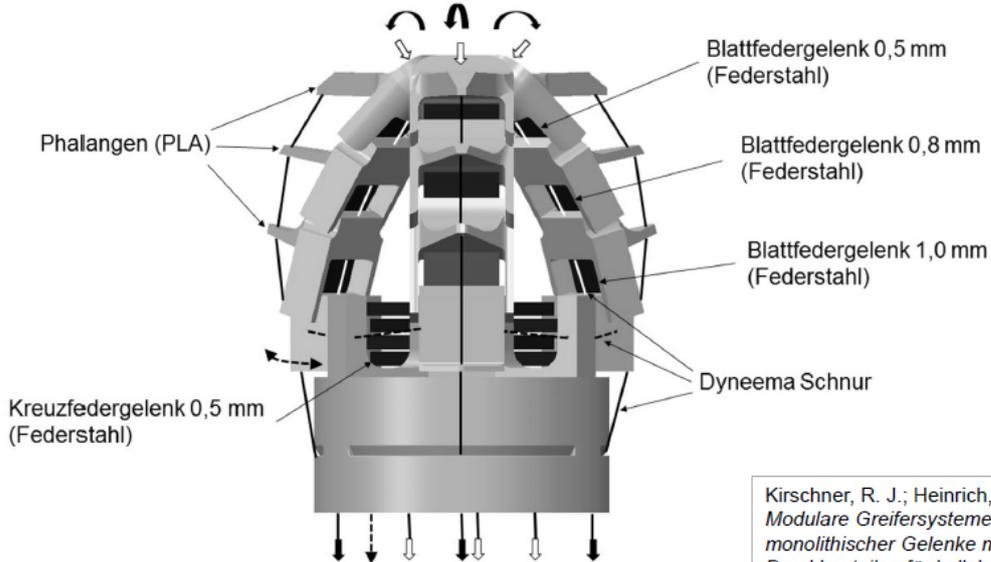
4. Greiferentwicklungen

Konzeptidee – erster Entwurf:



4. Greiferentwicklungen

Konzeptidee – optimierter Entwurf:



Lösung: > Belastbarkeit und Lebensdauer aller Gelenke durch den Einsatz von Federstahl wesentlich verbessert
> Vorspannung (Havariefunktion) durch Finger-3D-Druck mit integrierten Blattfedern realisiert

Kirschner, R. J.; Heinrich, S.; Berger, M.: *Modulare Greifersysteme auf Basis monolithischer Gelenke mit 3D-Druckbauteilen für kollaborierende Roboter.* 18. VDI Getriebetagung – Bewegungstechnik 2016, VDI Berichte 2286 ISBN 978-3-18-092286-7

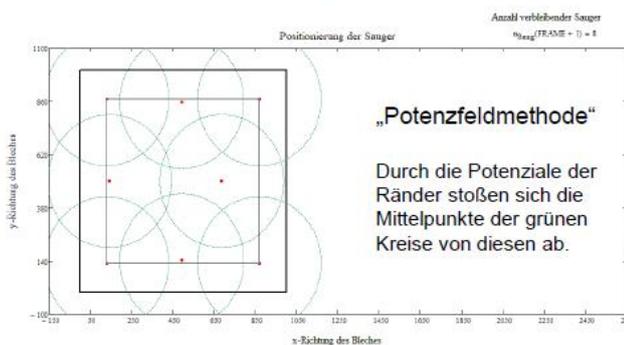
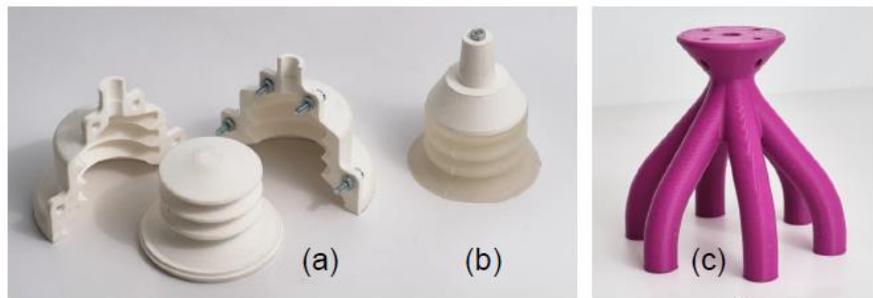
4. Greiferentwicklungen

Weitere Greiferentwicklungen für unterschiedliche Einsatzbereiche:

Entwicklung eines Formwerkzeuges (a)

zur Eigenherstellung von Sauggreifern (b)

Druck von Mehrfachaufnahmen für Sauggreifer (c)

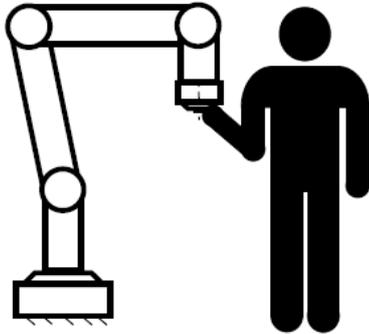


Automatische Generierung der CAD-Daten zur effizienten Erzeugung des 3D-Druck-Modells

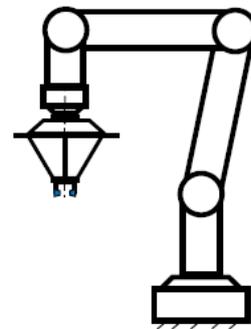
Lösungsansatz zur Ermittlung und Verteilung der erforderlichen Sauggreifer an einer Mehrfachaufnahme unter Beachtung variabler Werkstückgeometrien

Konzeptidee (MHT):

Kollaborierende Roboter



Hybride Robotersysteme

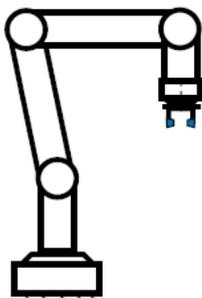


Zielstellungen

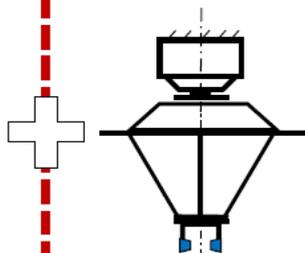
- neue Steuerungskonzepte entwickeln und evaluieren
 - intuitive Bedienung
 - verbesserte Ergonomie
- } Haptik

Konzeptidee (MHT): Neues Roboterkonzept mit intuitiver Bedienung

**Serielle Kinematik
(Kollaborierender Roboter)**



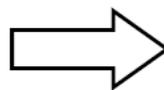
**Parallele Kinematik
(Deltakinematik)**



**Erweitertes Anwendungsspektrum
durch redundantes Gesamtsystem**



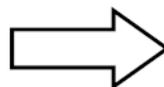
- klein (Kollisionsvermeidung)
- sehr leicht (Traglast von Cobots)
- flexibel und erweiterbar



Deltakinematik (Anforderungen)

- 3D Druck
- Modellbauteile
- Elektronikbaukastensystem

Kein kommerzielles System mit genannten Eigenschaften verfügbar

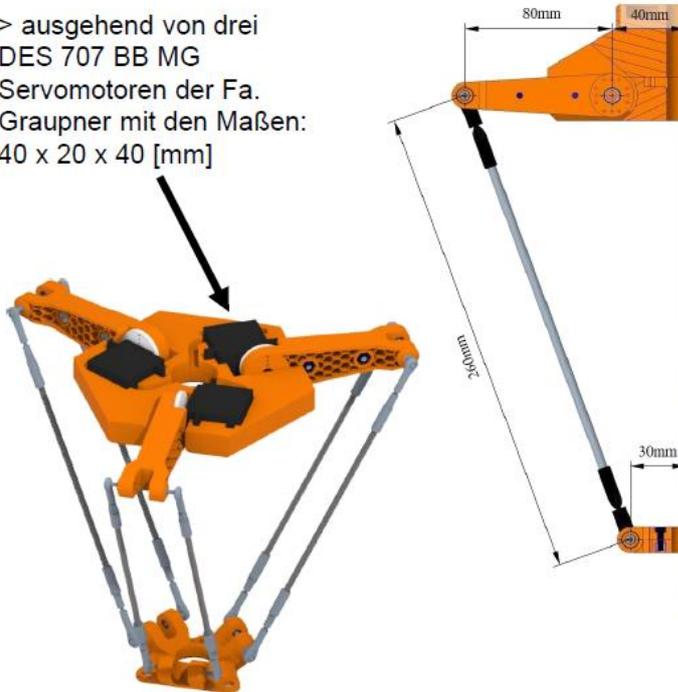


Neukonzeption und Konstruktion

5. Deltakinematik als Experimentalplattform

Konstruktion der Deltakinematik:

> ausgehend von drei
DES 707 BB MG
Servomotoren der Fa.
Graupner mit den Maßen:
40 x 20 x 40 [mm]



Bildquelle: MHT

5. Deltakinematik als Experimentalplattform

Übersicht der Steuerungskonzepte:

Maus & Tastatur



CC By I Putu Kharismayadi, ID

Handgesten



CC By moh, FR

Touchscreen



CC By Andrew Nielsen, AU

Haptischer Handschuh



CC By H Alberto Gongora, CO

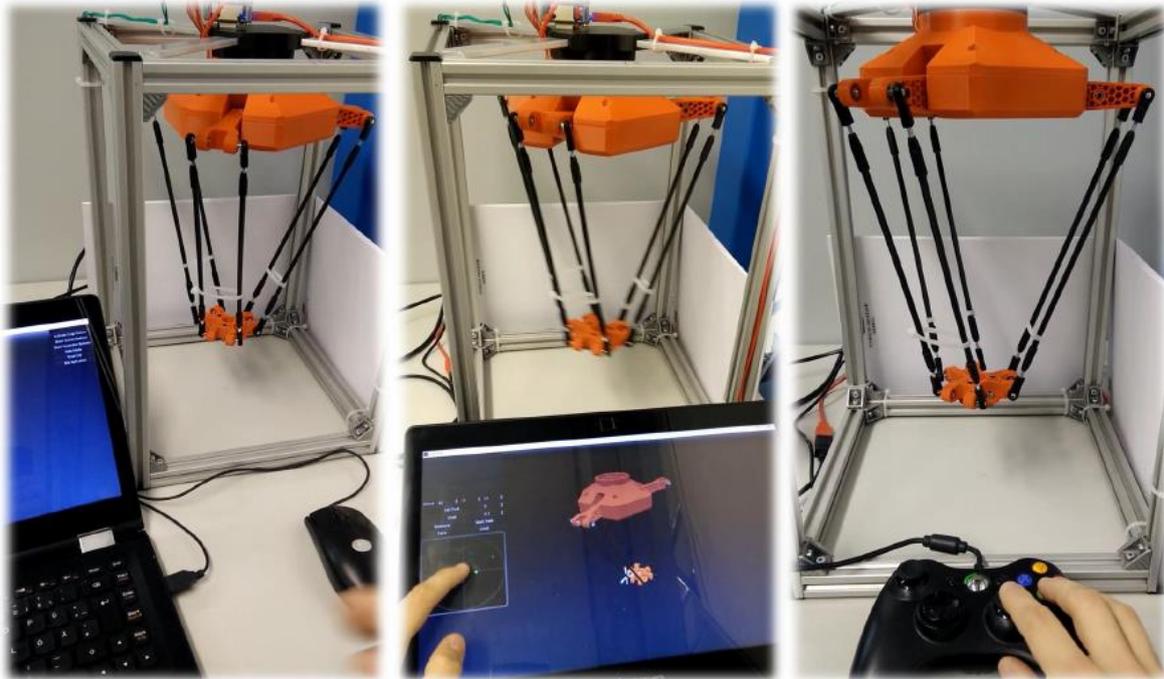
Joysticks



CC By Guilherme Simoes, DE

Wabnitz, P.; Heine, A.; Berger, M.:
Vergleich von haptischen Steuerungsvarianten zur manuellen Bedienung von Robotersystemen.
5. IFToMM D-A-CH Konferenz,
Aachen, 26.-27.02.2019
ISBN 978-3-940402-21-19

Maus & Tastatur / Touchscreen / Xbox360 Controller der Fa. Microsoft:

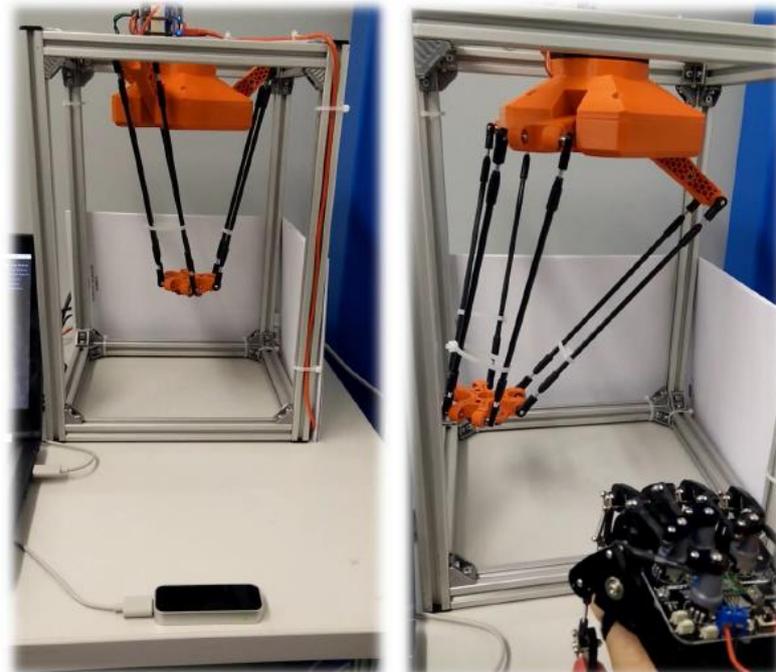


M. Berger

8. Mitteldeutsche Forum Rapid Technologien – 3D Druck in der Anwendung

17

Leap Motion der Fa. Leap Motion / Robotic Hand der Fa. Robot:



Erkenntnisse und Ergebnisse:

- Beurteilung der Delta-kinematik
- Bewertung der Bedienung mittels RPE Skala nach Borg
- Vergleich des haptischen Feedbacks für die „beste“ Steuerungsvariante
- ...

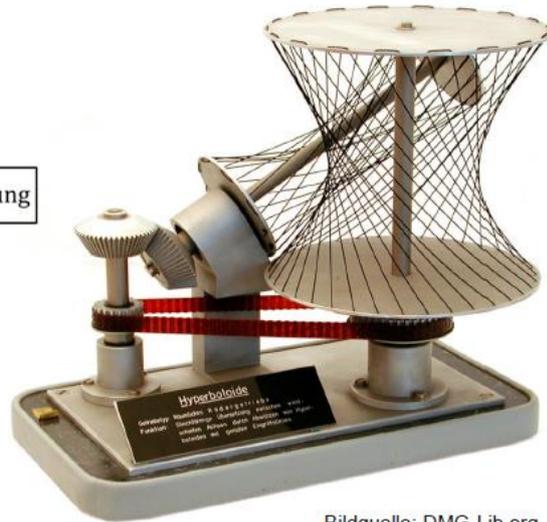
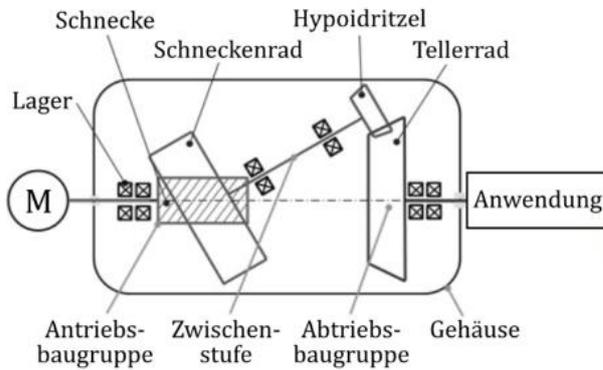
Wabnitz, P.; Heine, A.; Berger, M.:
Vergleich von haptischen Steuerungsvarianten zur manuellen Bedienung von Robotersystemen.
5. IFToMM D-A-CH Konferenz,
Aachen, 26.-27.02.2019
ISBN 978-3-940402-21-19

M. Berger

8. Mitteldeutsche Forum Rapid Technologien – 3D Druck in der Anwendung

18

Konzeptidee (imk automotive GmbH Chemnitz):



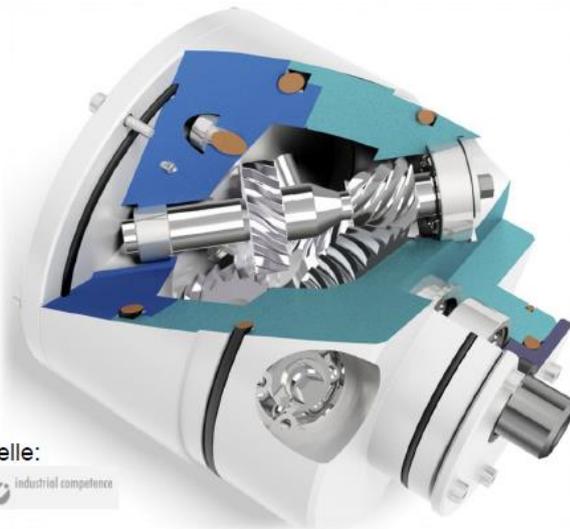
Bildquelle: DMG-Lib.org

Entwicklung einer neuen Generation von hochuntersetzenden Leistungsgetrieben mit einem parameter- und baugrößenbezogenen Wettbewerbsvorteil gegenüber bekannten Lösungen, wie z. B. dem Planetengetriebe.



SAB
Sächsische AufbauBank

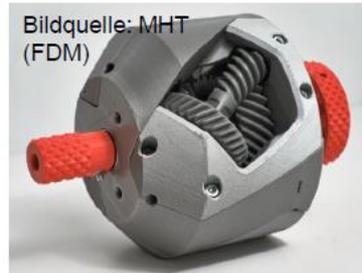
Konzeptidee (imk automotive GmbH Chemnitz):



Bildquelle:
imk industrial competence



Bildquelle: MHT
(SLA)



Bildquelle: MHT
(FDM)

Eigner, F.; Michel, R.; Berger, M.: *Analyse des Wirkungsgrades und Laufverhaltens des koaxialen Getriebes „HypoGear“*. 6. IFToMM D-A-CH Konferenz, Lienz, 27.-28.02.2020, ISBN 978-3-940402-28-8



SAB
Sächsische AufbauBank

Die heutigen Möglichkeiten des 3D-Drucks erlauben es uns, Modelle **schneller**, **komplexer**, **räumlicher**, **preisgünstiger**, insbesondere im FDM Druckverfahren, herzustellen.

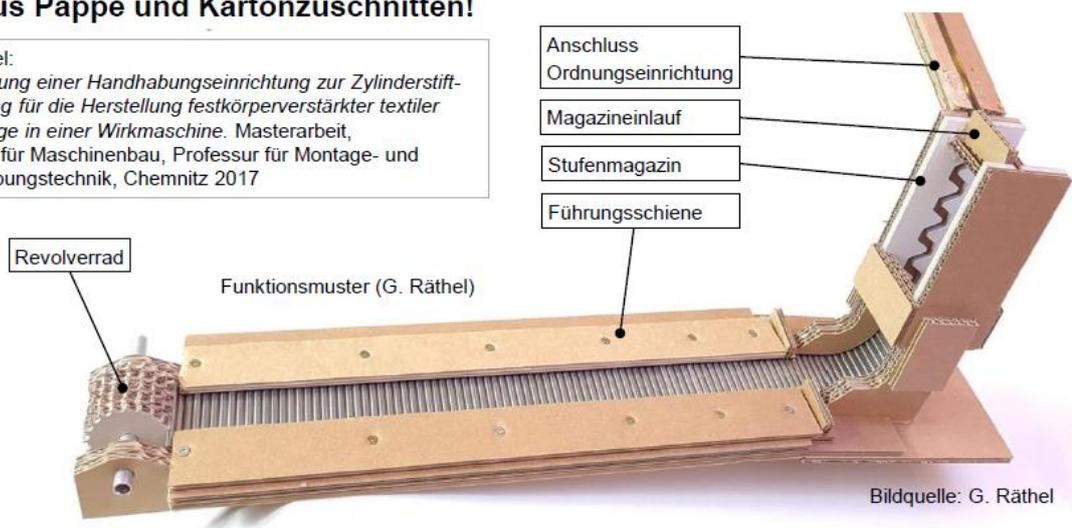
Komplexe und belastbare Modelle erfordern heute (noch) **grundsätzlich innovative Ansätze** bezüglich der einzusetzenden Druckverfahren und hybrider Konstruktionslösungen.

Die Zunahme den konstruktiven und auf 3D-Druck basierenden Bauteil- und Baugruppengestaltungen erfordern in Zukunft noch mehr angepasste und **verifizierte Konstruktions- und Berechnungsverfahren**.

Muss es eigentlich immer 3D-Druck sein?

Entwicklung eines Stufenmagazins als Zwischenspeichereinrichtung
>>> aus Pappe und Kartonzuschnitten!

G. Räthel:
Entwicklung einer Handhabungseinrichtung zur Zylinderstift-zuführung für die Herstellung festkörperverstärkter textiler Halbzeuge in einer Wirkmaschine. Masterarbeit, Fakultät für Maschinenbau, Professur für Montage- und Handhabungstechnik, Chemnitz 2017



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Polyamidguss – Weiterentwicklung des Vakuumguss für Prototypen und Kleinserien

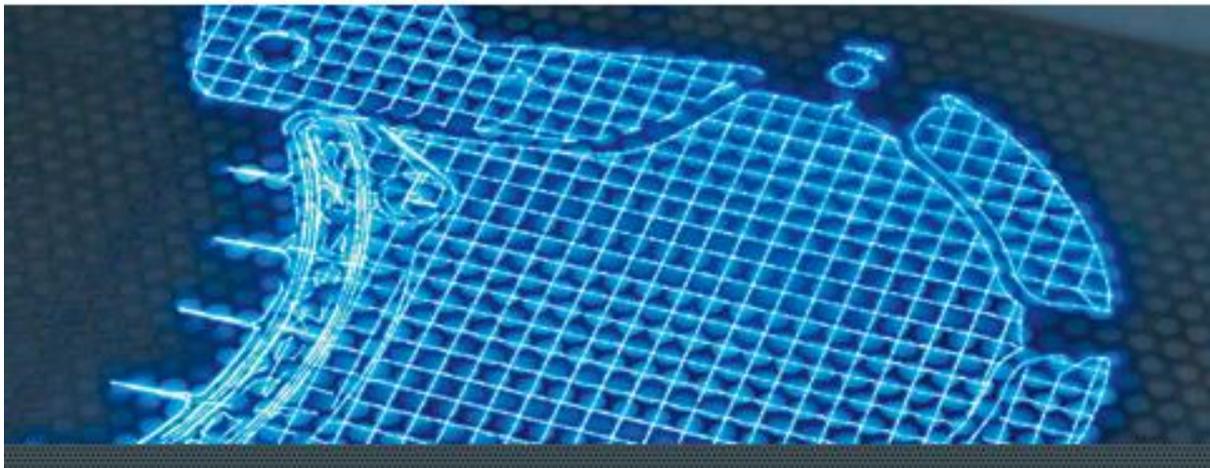
Hagen Vogel

PTZ Prototypenzentrum GmbH

Polyamidguss – Weiterentwicklung des Vakuumgusses für Prototypen und Kleinserien

PTZ Prototypenzentrum GmbH, Dresden – Hagen Vogel

02.06.2021 – 8. Mitteldeutsches Forum Rapid Technologien



Zur Person

Hagen Vogel

Jahrgang: 1984
wohnhaf: Dresden
Ausbildung: Dipl. Wirtschaftsingenieur
FH Zwickau
Beruf: Projektleitung und Vertrieb
für PTZ Prototypenzentrum GmbH
seit 2009
Schwerpunkte: Innovationen & neue Technologien,
u.a. Selektives Laserschmelzen
von Metall seit 2013
Außendienst, Messen & Vorträge



Chronik

2020	Neues Gussmaterial: Polyamid mit Flammschutz (UL94 V-0)
2019	Neues Verfahren: FDM-Endlosfaser
2017	Geschäftsführung erweitert
2016	Erweiterung Produktionshalle
2013	SLS-Metall: SLM 280 HL
2011	Spritzgussanlage Boy AVV 55
2008	Vakuulguss für Polyamid
2006	5-Achs-CNC-Fräsen
2004	Zertifizierung DIN EN ISO 9001
2002	Selektives Kunststoff-Lasersintern
2000-2001	Umzug & Umwandlung GmbH
1997-1999	Aufbau Vakuulguss, Feinguss und Stereolithographie
1996	Firmengründung

Leistungen PTZ-Prototypenzentrum GmbH

Verfahren	mögliche Werkstoffe	min. Abmessungen [mm]	max. Abmessungen [mm]
Stereolithographie	P3002 - ABS-ähnliches STL-Harz; P3003 - STL-Harz mit keramischer Füllung	0,5 - 0,7 mm Wandstärke	2000 x 1000 x 1000
SLS-Kunststoff (Lasersintern)	P4000 - Polyamid, weiß P4001 - Polyamid mit GF P4002 - Polyamid Alumid	0,2 - 0,8 mm Wandstärke (abhängig von Material und Bauweise)	700 x 380 x 580 (größere Teile durch Fügen möglich)
FDM	Endlosfaserverstärkt FDM-Metall	Faserstärken 0,4-0,9 mm	330 x 270 x 200
SLS-Metall	Edelstahl, Aluminium und auch Werkzeugstahl, Titan	ab 0,2 mm Wandstärke	280 x 280 x 350
Vakuumgießen	verschiedene Polyurethanmaterialien (hart u. weich), Silikone, Wachs	ab 0,2 - 0,4 mm Wandstärke	1200 x 800 x 500 (Masse < 10 kg)
Polyamidguss	PA6 (ungefüllt), PA6 mit bis zu 30% Glasfaser PA6 mit bis zu 15% Kohlefaser	ab 0,5 mm Wandstärke	1200 x 800 x 500 (Masse < 2,5 kg)
Feinguss	Aluminium, Zink, Zamak, Messing, Neusilber	ab 1,0 mm Wandstärke (konturabhängig)	500 x 400 x 250 (Vol. < 3000 cm³)
CNC-Fertigung	Metalle und Kunststoffe		2D: Ø 800 / 650 x 450 3D: Ø 800, Höhe bis 400
Spritzguss	verschiedene Kunststoffe (auch gefüllt)	ab 0,2 - 0,5 mm Wandstärke	350 x 200 x 60 (Vol. < 330 cm³)

Alle Abmessungen sind Standardangaben. Abweichende Größen nach Absprache möglich.

4

Polyamidguss – das Verfahren

- Arbeitsprinzip baut auf Vakuumguss mit Polyurethan auf
- Evakuierbare Maschine mit zwei Arbeitskammern
- *Kammer, oben:*
Materialvorbereitung und -mischung
- *Kammer, unten:*
Materialübergang in die Form
- Arbeit mit elastischen Formen aus Silikon („Silikonform“)

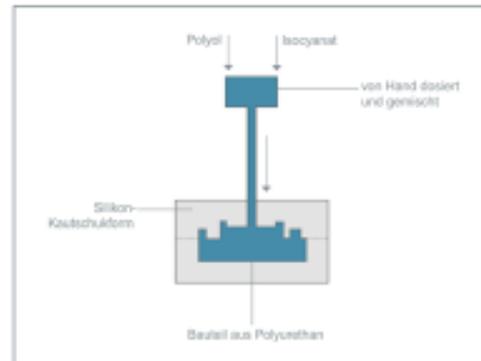


Bild PTZ: Verfahrensschema für Vakuumguss mit Polyurethan

6

Polyamidguss – das Verfahren

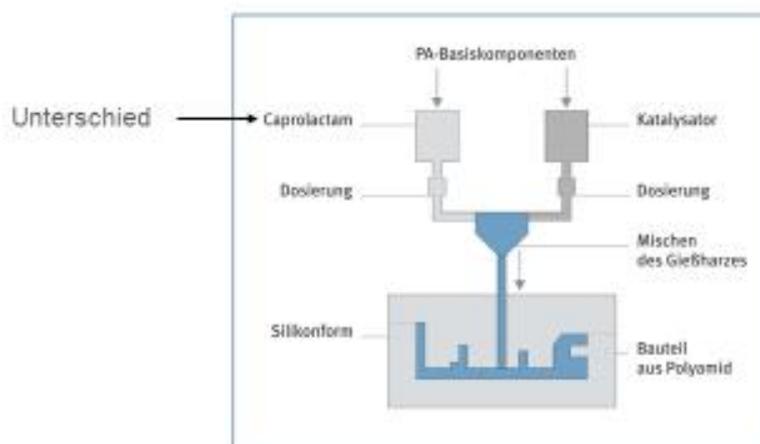


Bild PTZ: Verfahrensschema für Polyamidguss

In einem zusätzlichen Mischer werden die Basiskomponenten Caprolactam und der Katalysator temperiert und vorgemischt, bevor sie in der Maschine verarbeitet werden.

6

Materialeinsatz PA statt PU

Gegenüber üblicherweise verwendeten PU-Material erhält man eine Zugfestigkeit vergleichbar mit Spritzgussmaterial.

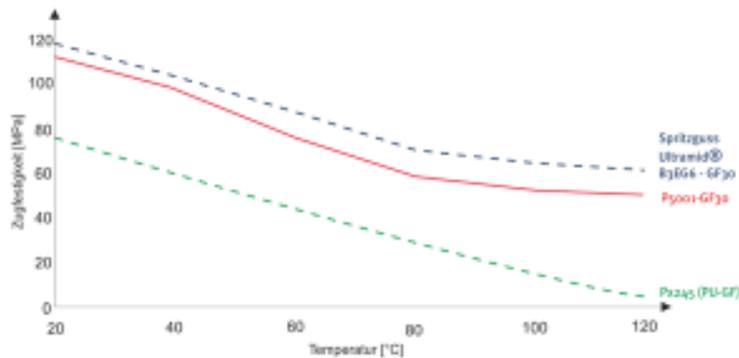


Diagramm PTZ: Vergleich Zugfestigkeiten im Temperaturverlauf von Proben aus dem Polyamidguss, Spritzguss und Vakuumguss mit Polyurethan

Der Vorteil bleibt auch mit steigenden Temperaturen erhalten, was durch unabhängige Untersuchungen belegt ist.

7

Vakuumguss – Material- und Kostenvorteile gegenüber 3D-Druck

- Vollständiger Materialguss statt einzelnen Materialschichten beim 3D-Druck; keine Schichtfehler
- Stabilität des Materials in allen Richtungen; 3D-Druck meist mit Nachteilen zwischen den Schichten (z-Richtung, Aufbaurichtung)
- Vergießen von Einlegeteilen möglich
- Schnelle Herstellung von Bauteilen, sobald die Form erstellt wurde
- Abhängig von der Stückzahl: sinkende Kosten mit steigender Ausbringungsmenge



8

Bildquelle: www.geeotech.com

Polyamidguss für Motorenteile

Bei den Kunden bewährt:

- Hohe Zugfestigkeit und E-Modul
- Glasfaserverstärkung bis 30%
- Hohe Temperaturstabilität



Materialbezeichnung	P5001-GF30
Eigenschaften	sehr steif, hoch belastbar
Faseranteil (%)	GF 30
Biege-E-Modul (MPa) (DIN EN ISO 178)	6220
Zug-E-Modul (MPa) (DIN EN ISO 527)	8500/7700
Biegefestigkeit (MPa) (DIN EN ISO 178)	160
Zugfestigkeit (MPa) (DIN EN ISO 527)	124/114
Bruchdehnung (%) (DIN EN ISO 527)	2,5
Wärmeformbeständigkeit (°C) (DIN EN ISO 75, HD5-A)	180
Brandklasse (UL94-V)	-
Dichte (g/cm ³)	1,3

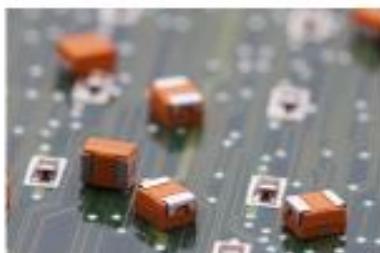
9

Bildquelle: www.krug-breidenbach.de

Polyamidguss im Elektronikbereich

Bei den Kunden bewährt:

- Füllung mit Kohlefasern ermöglicht eine Ableitung elektrostatischer Ladungen
- Explosionsschutz, z.B. bei brennbaren Stäuben
- Schutz empfindlicher mikroelektronischer Bauteile



Materialbezeichnung	P5005-CF15
Eigenschaften	elektrische Eigenschaften
Faseranteil (%)	CF 15
Biege-E-Modul (MPa) (DIN EN ISO 178)	7400
Zug-E-Modul (MPa) (DIN EN ISO 527)	9200/6100
Biegefestigkeit (MPa) (DIN EN ISO 178)	185
Zugfestigkeit (MPa) (DIN EN ISO 527)	123/87
Bruchdehnung (%) (DIN EN ISO 527)	8,0
Wärmeformbeständigkeit (°C) (DIN EN ISO 75, HD5-A)	180
Brandklasse (UL94-V)	-
Dichte (g/cm ³)	1,2

10

Einlegeteile im Polyamidguss

- Gewindebuchsen
- Anschraubverstärkungen
- Kontakte, gerade und gebogen
- Andere Kunststoffteile
- Gewebe oder Gelege
- 2-Komponenten-Aufbau
z.B. *Hart-Weich-Kombination*



Bildquelle: PTZ Prototypenzentrum GmbH



Bildquelle: www.rschaf.de



11

Einsatz von Organoblechen

Auch Organobleche lassen sich im Polyamidguss einsetzen. Die Prototypenerstellung wurde erfolgreich getestet.

Bildquelle: www.sjcarbon.com



Bildquelle: PTZ Prototypenzentrum GmbH



12

Polyamidguss, flammgeschützt

Erfolgreiche Entwicklung für

- Elektromobilität
- Bahntechnik
- Luftfahrt



Anforderung UL94 V-0:

- Verlöschen einer vertikal eingespannten Probe innerhalb von 30 Sekunden.
- jedoch kein brennendes Abtropfen von Kunststoffschmelze zulässig
- Verlöschen der Flamme innerhalb von 10 Sekunden.
- Maximal 30 Sekunden Nachglimmen.



Materialbezeichnung		P5055
Eigenschaften		flammgeschützt
Faseranteil (%)		-
Biege-E-Modul (MPa) (DIN EN ISO 178)		-
Zug-E-Modul (MPa) (DIN EN ISO 527)		7025/5500
Biegefestigkeit (MPa) (DIN EN ISO 178)		-
Zugfestigkeit (MPa) (DIN EN ISO 527)		73/63
Bruchdehnung (%) (DIN EN ISO 527)		2,1
Wärmeformbeständigkeit (°C) (DIN EN ISO 75, HD-C)		-
Brandklasse (DIN V)		Vo (2,0 mm)
Dichte (g/cm ³)		1,2

13



Wir freuen uns auf die Zusammenarbeit

PTZ-Prototypenzentrum GmbH

Otto-Mohr-Straße 15
01237 Dresden

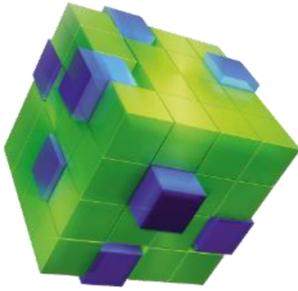
Tel. +49 351 259 392-0
Fax +49 351 259 392-22
info@ptz-prototypen.de
www.ptz-prototypen.de

14

Vom Prototypen bis zur Kleinserie – Entwicklungstrends im 3D-Druck

Sophia Röder

Rapidobject GmbH



Rapidobject GmbH

Vom Prototypen zur Kleinserie – Entwicklungstrends im 3D Druck

Referentin Sophia Röder

Inhalt

- 
- **Vorstellung Rapidobject** – Ideen zum Anfassen
 - **Produktlebenszyklus** – Entwicklung, Produktion, Anschlussmarkt
 - **3D Druck gerechte Bauteiloptimierung** – Prozessablauf und weitere Anwendungsbeispiele
 - **Zusammenarbeit mit Rapidobject** – Unterstützung entlang des gesamten Produktlebenszyklus

Ideen zum Anfassen – Seit 2006



Wer wir sind

- Rapidobject ist ein zertifizierter unabhängiger 3D Druckdienstleister, der seinen Kunden über den gesamten Produktlebenszyklus innovative Lösungen anbietet.



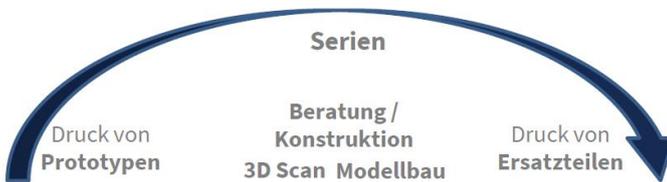
Leipzig



Seit 2006

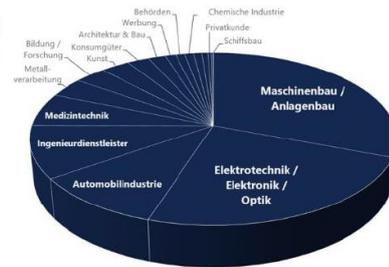


30 Mitarbeiter



Wer sind unsere Kunden

- Rapidobject hat einen sehr breiten Kundenstamm mit über 20.000 Kunden.

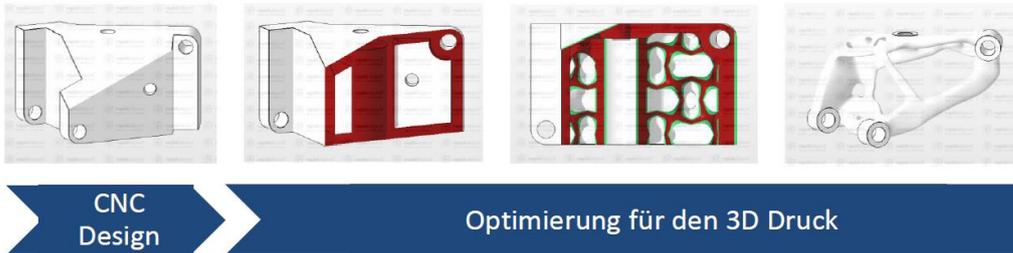


2

Produktlebenszyklus

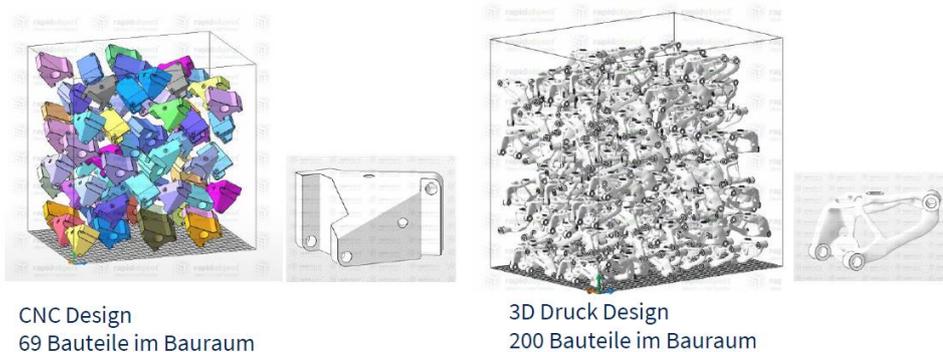


Anwendungsbeispiel für Bauteiloptimierungen - Prozessablauf



- Kundenspezifische Halterung
- Optimierung konventionelles CNC Bauteildesign für den 3D Druck
- Beliebige Designanpassung während des gesamten Produktlebenszyklus
- Bauteilkomplexität hat geringe Auswirkungen auf die Fertigungskosten
- Materialreduzierung durch schichtweisen Aufbau und Integrierung von Struktur

Anwendungsbeispiel für Bauteiloptimierungen - Prozessablauf



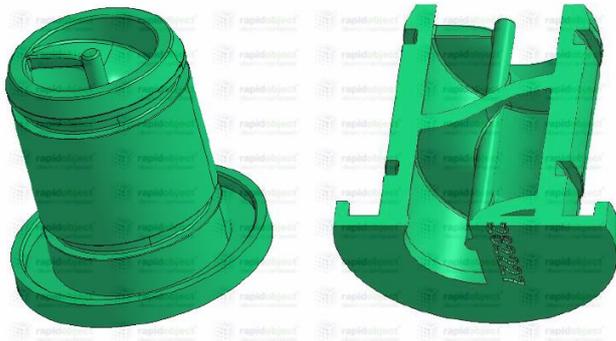
CNC Design
69 Bauteile im Bauraum

3D Druck Design
200 Bauteile im Bauraum

Weitere Besonderheiten:

- Anpassung jedes Produktes durch die Einbindung verschiedener Texturen, Logos, Gravierungen, Seriennummern oder QR-Codes
- Optimale Bauraumausnutzung zur wirtschaftlichen Fertigung von Kleinserien

Fluidführendes Bauteil

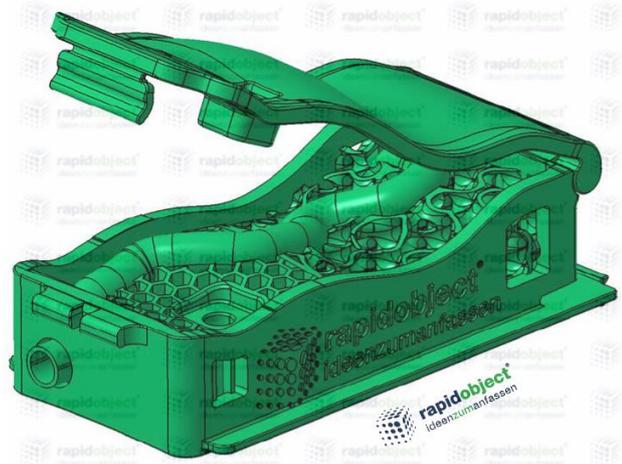


- Gewundener Trichter für kontrollierten Flüssigkeitsabfluss
- Besonderheiten: innenliegender Kanal konventionell nur bedingt oder mit großen Herausforderungen herstellbar

Baugruppenkonsolidierung

- Einbindung innenliegender Kanal
- Optimiertes Scharnier
- Klappbare Freiformflächen
- Befestigungs- Anschraub- Geometrie
- Führungs- und Rastgeometrie
- Clipgeometrie
- 2 verschiedene & komplexe Gitterstrukturen
- Innenliegender Freiformkanal
- Beschriftung & Logo in 3D
- Leichtbau

Rapidobject-Designbox



Zusammenarbeit mit Rapidobject



- Unterstützung entlang des gesamten Produktlebenszyklus



- Betrachtung der gesamten Baugruppe im Einsatz
- Durchführung einer Machbarkeits- und Wirtschaftlichkeitsanalyse
- Erstellung der 3D Daten im CAD und / oder 3D Scan
- Additive Fertigung mit anschließender Nachbearbeitung sowie eventuelle Bauteilvormontage
- Taktile Vermessung oder optischer Soll / Ist Vergleich

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



Rapidobject GmbH
Weißenfels Str. 84
04229 Leipzig
www.rapidobject.com
info@rapidobject.com
Tel.: +49 341 23 18 37 30

 www.rapidobject.com
 www.linkedin.com/company/rapidobject-gmbh
 www.xing.com/companies/rapidobjectgmbh
 www.youtube.com/rapidobject
 www.facebook.com/Rapidobject

SEKTION 2

LANDSCHAFT und BAUEN

Moderation:

Dietmar Glatz, Hochschule Merseburg

GrobKorn – Großformatiger 3D-Druck in Stahl für Konstruktionen in der Architektur

Alexander Stahr

HTWK Leipzig

GrobKorn

Großformatiger 3D-Druck in Stahl für Konstruktionen in der Architektur

02.06.2021

Prof. Dr.-Ing. Alexander Stahr | Martin Dembski, M.Sc.

AS Fakultät
Architektur und
Sozialwissenschaften



British Museum Courtyard Roof

Inside View

FLX
FORSCHUNG | LEHRE | EXPERIMENT



3

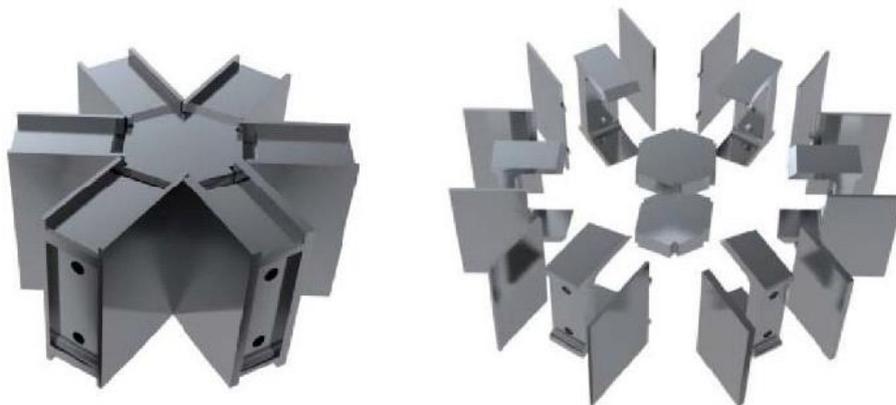
Professur Tragwerkslehre | Prof. Dr.-Ing. A. Stahr | M. Dembski, M.Sc.
Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig

HTWK

Nodal Connector

Elemented Construction based on flat metal sheets

FLX
FORSCHUNG | LEHRE | EXPERIMENT



4

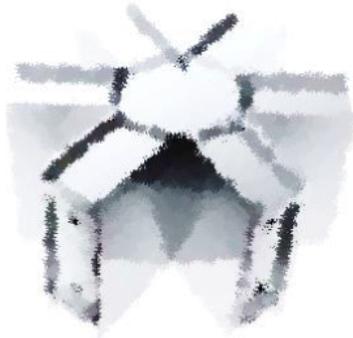
Professur Tragwerkslehre | Prof. Dr.-Ing. A. Stahr | M. Dembski, M.Sc.
Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig

SOURCE | SEELE

HTWK

Search Results

FL3X
FORSCHUNG | LEHRE | EXPERIMENT



- Zurzeit verfügbare Additive Manufacturing Verfahren **nicht für die „großen“ Maßstäbe der Bauindustrie ausgelegt**
- **Vergleichsweise kleine Bauräume** verhindern Fertigung gewöhnlicher Bauelemente
- **Präzision** der existierende Verfahren deutlich höher, als in der Bautechnik erforderlich
- **extremer Zeitaufwand** bei der Fertigung größerer Bauelemente
- Für den Bau benötigte **Quantitäten** nicht realisierbar
- **Ungenügende Festigkeiten** der Druckmaterialien
- **Hohe Kosten** der verwendeten Druckmaterialien im Kontext umfänglicher Druckvolumina
- unkontrollierte **Platzierung von Stützstrukturen** in Hohlräumen innerhalb geschlossener Bauteile

5

Professur Tragwerkslehre | Prof. Dr.-Ing. A. Stahr | M. Dembski, M.Sc.
Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig

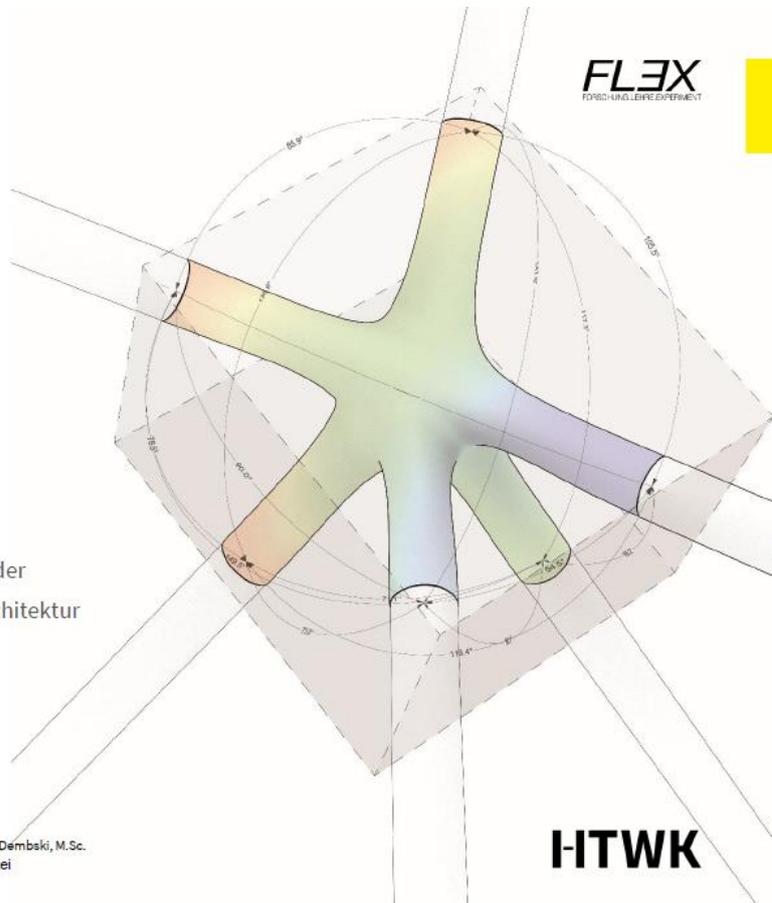
HTWK

ParaKnot3D

Idee & Konzept

FL3X
FORSCHUNG | LEHRE | EXPERIMENT

- additiv fertiger Knotenverbinder
- variable Stabstrukturen in der Architektur
- Anzahl der Stäbe pro Knoten
- Ausrichtung der Knoten im Raum
- Stabquerschnitte



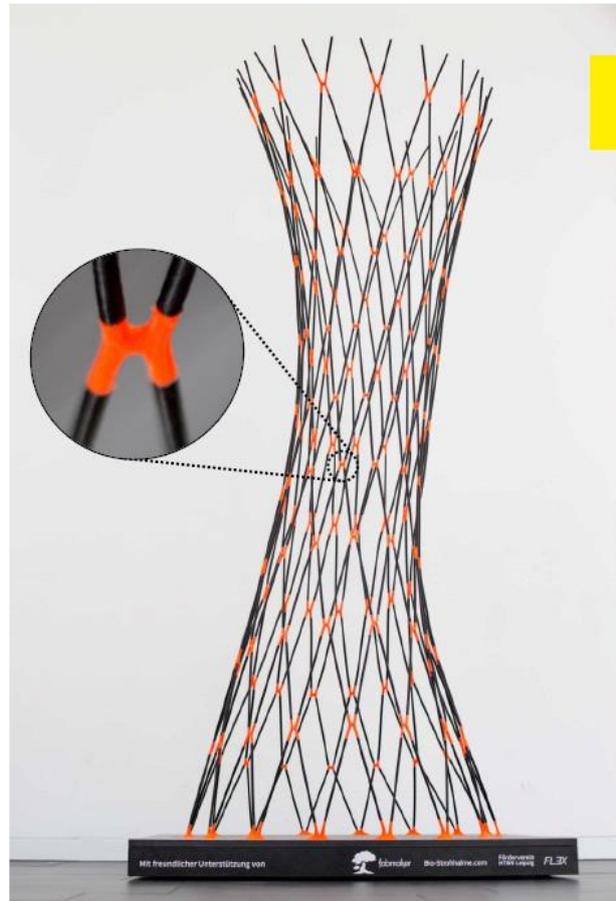
6

Professur Tragwerkslehre | Prof. Dr.-Ing. A. Stahr | M. Dembski, M.Sc.
Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Lei

HTWK

Swaying Straws

Idee & Konzept

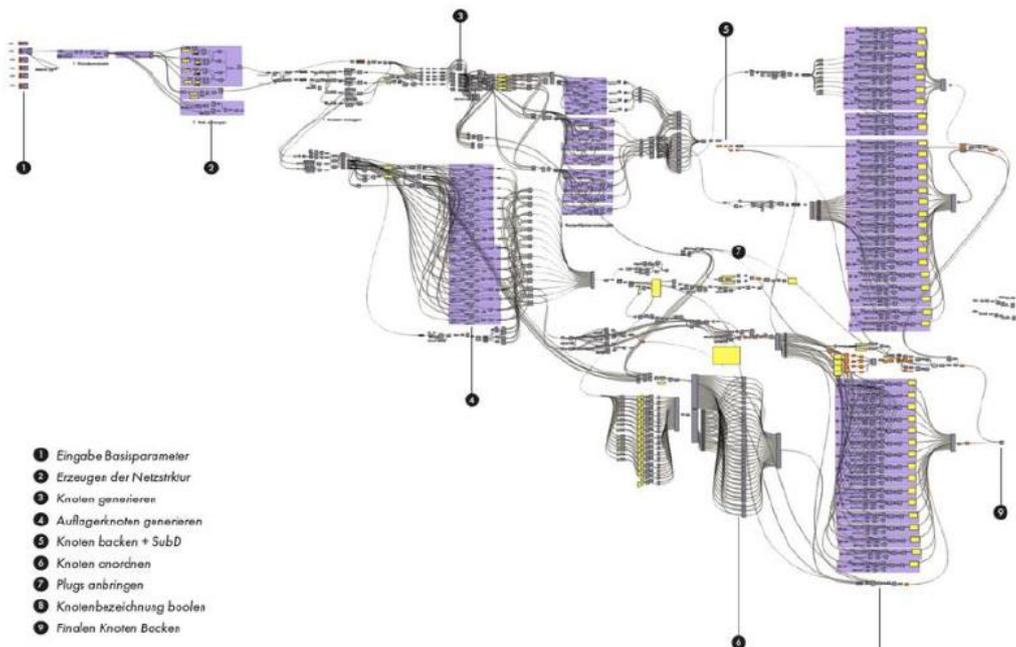


7 Professur Tragwerkslehre | Prof. Dr.-Ing. A. Stahr | M. Dembski, M.Sc.
Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig

Swaying Straws

Grasshopper code for nodal generation

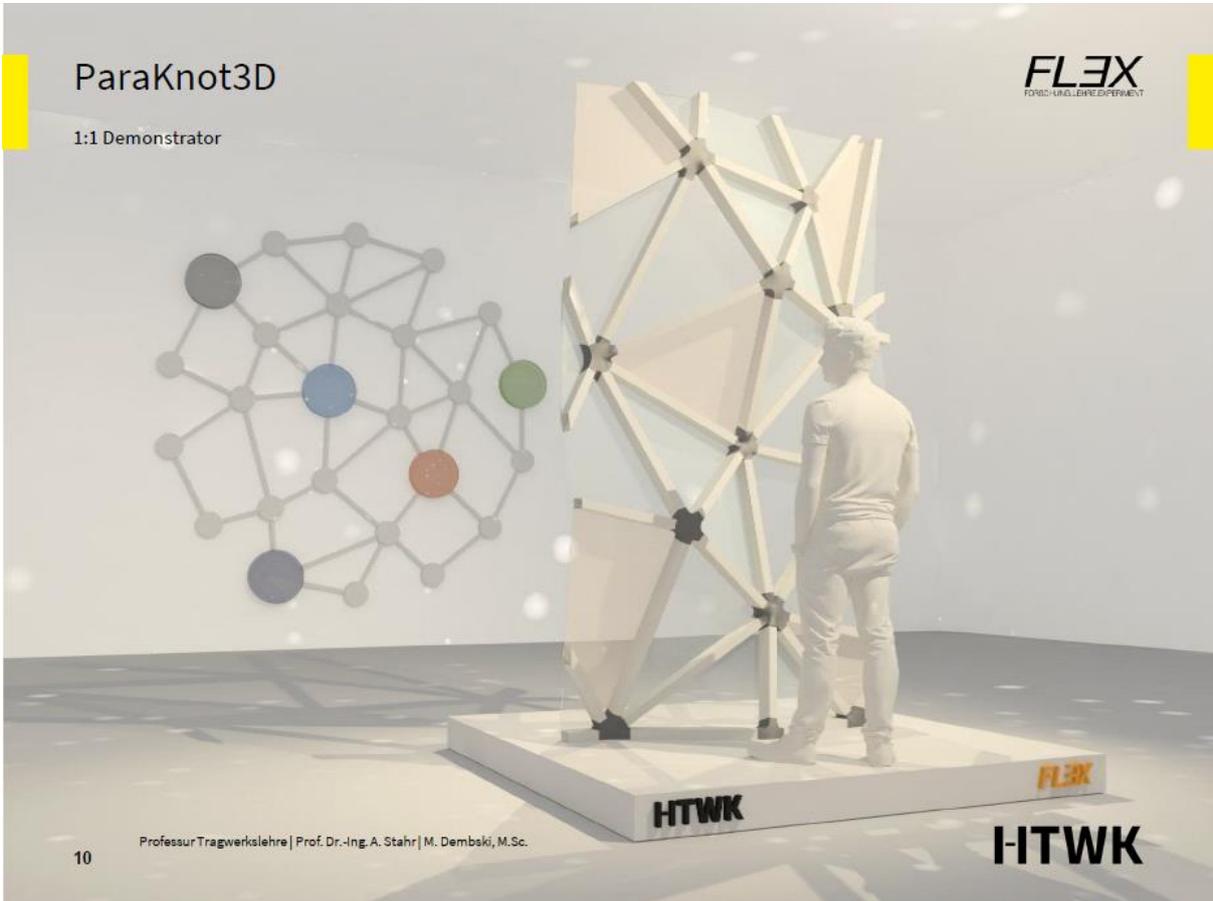
FL3X
FORSCHUNG.LEBEN.EXPERIMENT



- 1 Eingabe Basisparameter
- 2 Erzeuge der Netzstruktur
- 3 Knoten generieren
- 4 Auflagerknoten generieren
- 5 Knoten backen + SubD
- 6 Knoten anordnen
- 7 Plugs anbringen
- 8 Knotenbezeichnung booles
- 9 Finalen Knoten Backen

8 Professur Tragwerkslehre | Prof. Dr.-Ing. A. Stahr | M. Dembski, M.Sc.

HITWK

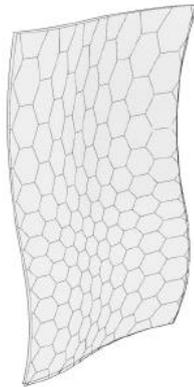


Form Generation Approach

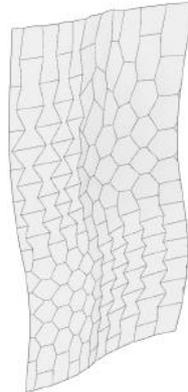
FL3X
FORSCHUNG · LEHRE · EXPERIMENT



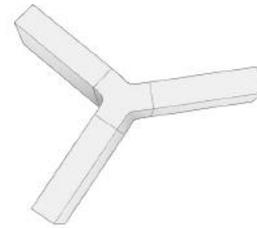
Flächengeometrie



Meshgenerierung



Flächenplanarisierung



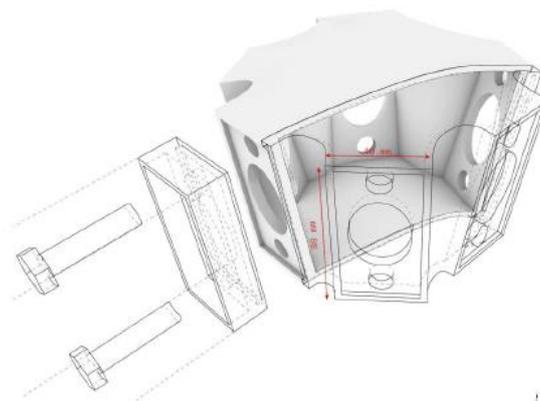
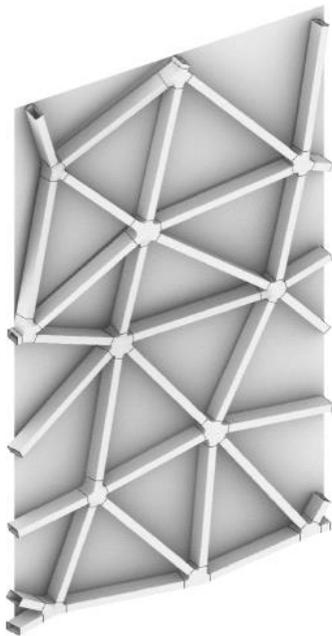
Knotenerzeugung

11 Professur Tragwerkslehre | Prof. Dr.-Ing. A. Stahr | M. Dembski, M.Sc.
Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig

HTWK

Local Connection Design

FL3X
FORSCHUNG · LEHRE · EXPERIMENT



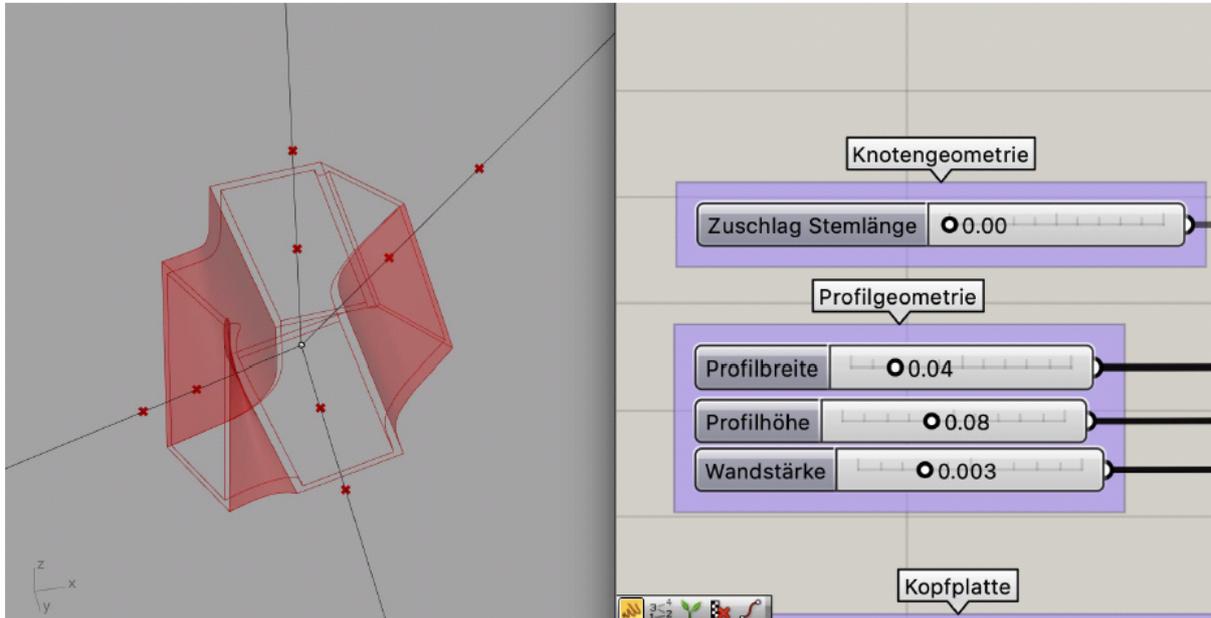
12 Professur Tragwerkslehre | Prof. Dr.-Ing. A. Stahr | M. Dembski, M.Sc.
Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig

HTWK

Parametric Solution

Form steering parameter: Stem length

FLX
FORSCHUNG.LERNEN.EXPERIMENT



13

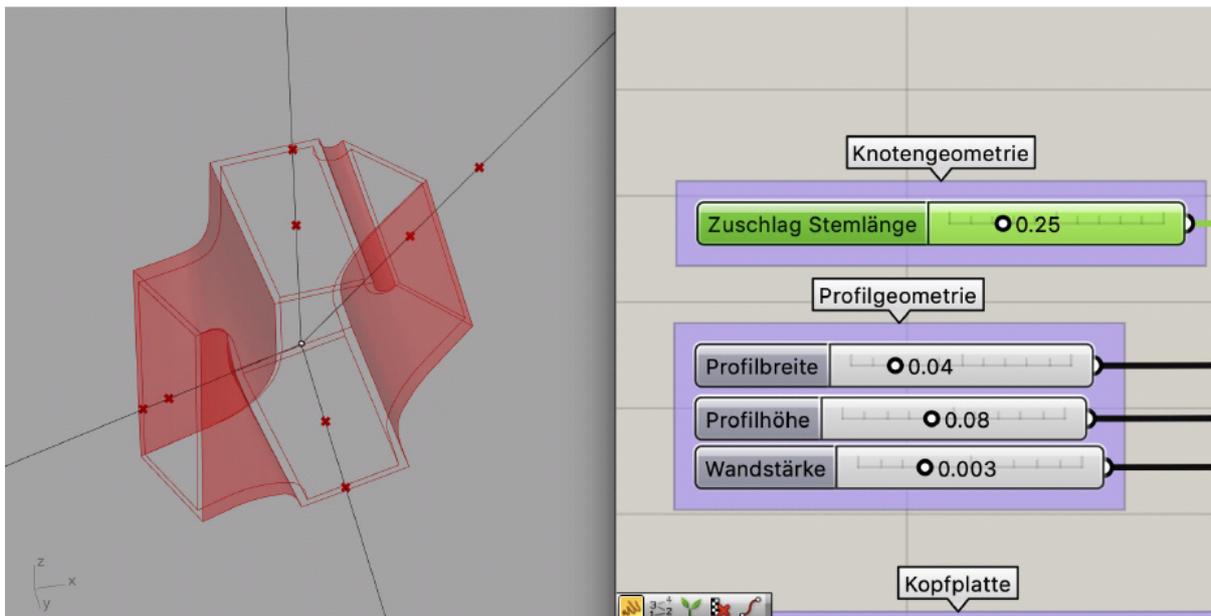
Professur Tragwerkslehre | Prof. Dr.-Ing. A. Stahr | M. Dembski, M.Sc.
Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig

HTWK

Parametric Solution

Form steering parameter: Stem length

FLX
FORSCHUNG.LERNEN.EXPERIMENT



14

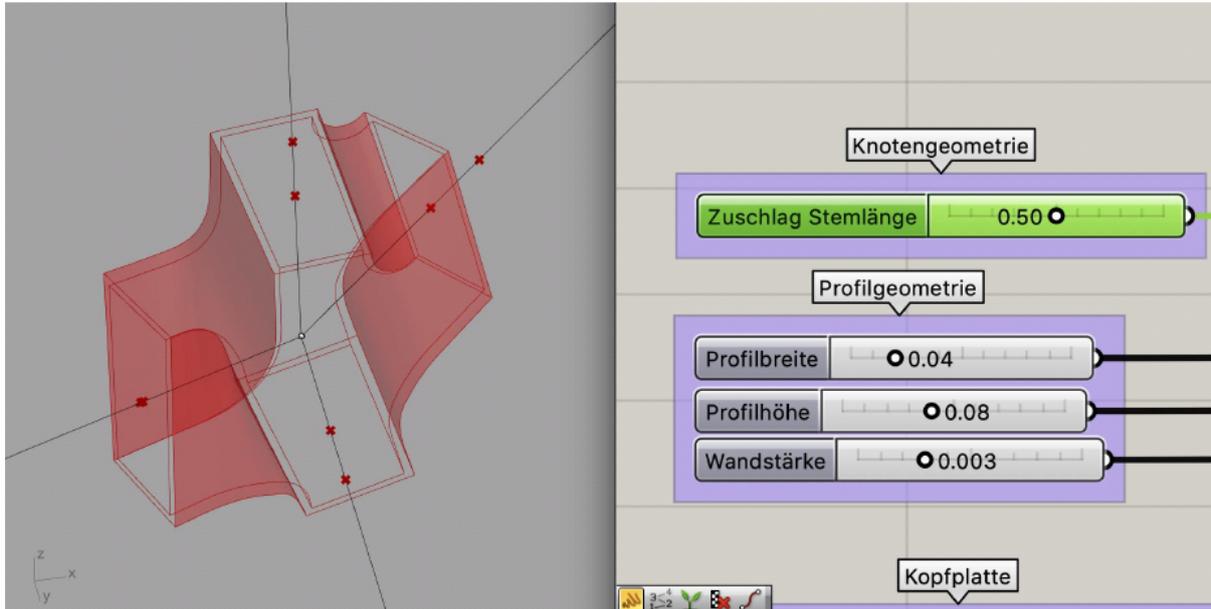
Professur Tragwerkslehre | Prof. Dr.-Ing. A. Stahr | M. Dembski, M.Sc.
Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig

HTWK

Parametric Solution

FLEX
FORSCHUNG.LERNEN.EXPERIMENT

Form steering parameter: Stem length



15

Professur Tragwerkslehre | Prof. Dr.-Ing. A. Stahr | M. Dembski, M.Sc.
Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig

HTWK

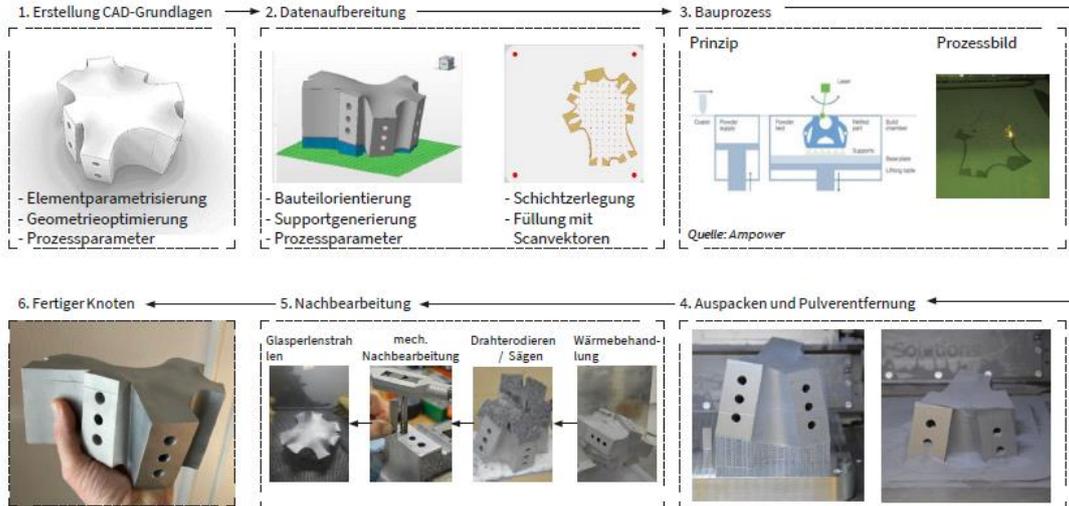
ParaKnot3D

FLEX
FORSCHUNG.LERNEN.EXPERIMENT

1:1 Demonstrator – additiv gefertigte Knotenelemente



Fabrication Process



17 Professur Tragwerkslehre | Prof. Dr.-Ing. A. Stahr | M. Dembski, M.Sc.
Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig

Specifications

Production Parameters

Stand der Technik

	Standard SLM-Maschinen (z.B.: SLM Solution Typ: SLM280HL)	Große SLM-Maschinen (z.B.: Concept Laser Typ: X Line 2000R)	Hochleistungs-SLM
Maximale Laserleistung	400 W	2 x 1.000W	10.000 W
Scangeschwindigkeit	0,5 - 2 m/s		0,1 - 0,2 m/s
Schichtdicke	30 - 50 µm	bis 150 µm	500 - 1.000 µm
Spotgröße	50 - 120 µm	100 - 500 µm	1.000 - 2.000 µm
Minimale Strukturauflösung	~ 150 µm	n/a	1.000 - 2.000 µm
Aufbauzeiten (für 316L)	16 cm³/h	80 cm³/h	430 cm³/h
Bauraum (x,y,z)	280 x 280 x 365 mm³	800 x 400 x 500 mm³	1.000 x 1.000 x 500
Bewegte Masse (für 316 @ Schüttdichte 4 g/cm³, Füllgrad 20%, Substratplattendicke 3 cm)	155 kg	841 kg	2.627 kg
Anlagenkosten	~ 500 T€	~ 2 Mio€	-

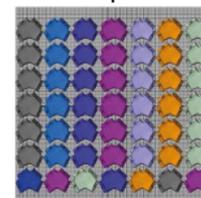
18 Professur Tragwerkslehre | Prof. Dr.-Ing. A. Stahr | M. Dembski, M.Sc.
Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig

SOURCE | LHM

Specifications

Benchmarks and Costs

	SLM280HL	X Line 2000R	Hochleistungs-SLM
Anzahl der Bauteile pro Job	4	15	49
Materialkosten	50 €/kg		5 €/kg
Aufbaurrate	16 cm³/h	80 cm³/h	430 cm³/h
Bauzeit pro Bauteil	30 h	7 h	1,3 h
Maschinenstundensatz	30 €/h		
Gesamtkosten Baujob	4.376 €	5.400 €	2.695 €
Kosten pro Bauteil	1.094 €	360€	55 €

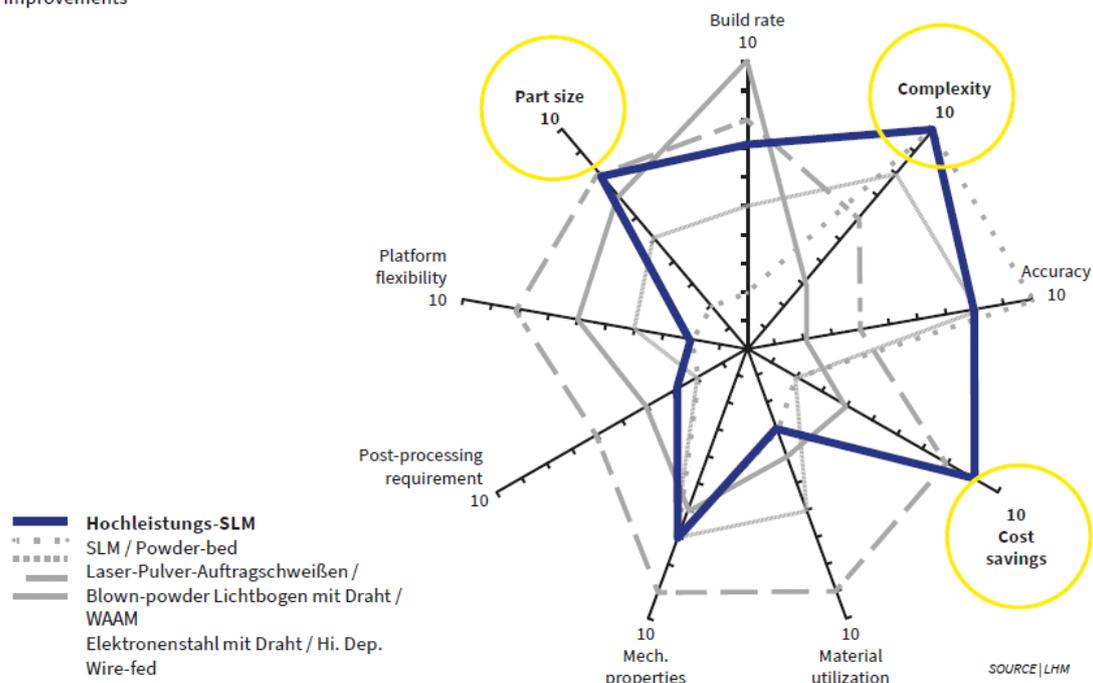


SOURCE | LHM

19 Professur Tragwerkslehre | Prof. Dr.-Ing. A. Stahr | M. Dembski, M.Sc.
Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig

Specifications

Improvements



20 Professur Tragwerkslehre | Prof. Dr.-Ing. A. Stahr | M. Dembski, M.Sc.
Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig

Conclusion and further Development

FLX
FORSCHUNG | LEHRE | EXPERIMENT

Potenziale im Kontext von Architektur und Bautechnik:

- Leichtbaustrukturen für weitspannende Hallen und Stadiendächer
- Hochtransparente, gekrümmte Fassadenstrukturen
- Substitutionsstrukturen in (historischen) Bestandskonstruktionen
- Adapterelemente für Verbindungen zwischen Rohbau und Vorfertigungsstrukturen

Weitere Anwendungsfelder für den großformatigen 3D-Druck mit Stahl

- Fertigung großformatiger Bauteile für die Automobilindustrie
- Fertigung großformatiger, komplexer Bauteile für den Anlagen- und Maschinenbau
- Fertigung großformatiger, komplexer Bauteile für die Luft- und Raumfahrt
- Substituierung der Gussfertigung jeglicher Bauteile in verschiedenen Einsatzbereichen mit einer extremen Materialersparnis unter Verwendung des Makrogitter-Stützstruktur-Prinzips

21

Professur Tragwerkslehre | Prof. Dr.-Ing. A. Stahr | M. Dembski, M.Sc.
Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig

HTWK

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

FLX
FORSCHUNG | LEHRE | EXPERIMENT

ADRESSE. Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig
Fakultät Architektur und Sozialwissenschaften
FLEX | Professional.Research.Team
Prof. Dr.-Ing. Alexander Stahr
Eichendorffstraße 9
04277 Leipzig

WEBSITE. flex.htwk-leipzig.de

EMAIL. flex.project@htwk-leipzig.de

TELEFON. +49 341 3076-6263

POST. HTWK Leipzig
Fakultät Architektur und Sozialwissenschaften
Prof. Dr.-Ing. Alexander Stahr
Postfach 30 11 66
04251 Leipzig

PROJEKTPARTNER GROBKORN

Prof. Dr.-Ing. André Streek
Innovative Lasertechnologien / 3D-Druck

Laserinstitut Hochschule Mittweida
Technikumplatz 17
09648 Mittweida

Tel: +49 (0) 3727 58-1837
Fax: +49 (0) 3727 58-2-1837
streek@hs-mittweida.de
www.laser.hs-mittweida.de

22

Professur Tragwerkslehre | Prof. Dr.-Ing. A. Stahr | M. Dembski, M.Sc.
Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig

HTWK

Nachhaltiges Bauen der Zukunft: 3D-Druck mit Sand

Laurens Faure

Sandhelden GmbH & Co. KG

SANDHELDEN

Nachhaltiges Bauen der Zukunft: 3D-Druck mit Sand

8. Mitteldeutsches Forum – 3D-Druck in der Anwendung

02.06.2021

Sandhelden GmbH & Co. KG - 8. Mitteldeutschen Forums „3D-Druck in der Anwendung“

1

Vorstellung

Person

Laurens Faure
Gründer & Geschäftsführer



Unternehmen

Gegründet: 2014
Hauptsitz: Gersthofen
< 10 Mitarbeiter

02.06.2021

Sandhelden GmbH & Co. KG - 8. Mitteldeutschen Forums „3D-Druck in der Anwendung“

2

Changing perceptions

Kunst & Design



02.06.2021

Sandhelden GmbH & Co. KG - 8. Mitteldeutschen Forums „3D-
Druck in der Anwendung“

Sanitär



3

Unendliche Möglichkeiten im Bad

Weltweit führendes Unternehmen für
Sanitärprodukte aus Sand & 3D-Druck

Fokus liegt auf Individualisierung

Jedes Produkt ist anpassbar in Größe,
Form, Farbe und Design

Bieten Standardsortiment als
Orientierung an



02.06.2021

Sandhelden GmbH & Co. KG - 8. Mitteldeutschen Forums „3D-
Druck in der Anwendung“

4

Unendliche Möglichkeiten im Bad



Material ist wichtiger als
Herstellungsverfahren (3D-Druck)

Eigenen Online-Konfigurator

Fach- und Großhandel als Vertriebswege

02.06.2021

Sandhelden GmbH & Co. KG - 8. Mitteldeutschen Forums „3D-
Druck in der Anwendung“

5

Herstellung als Dienstleistung

Bieten Herstellungsverfahren als
Dienstleistung an

Branchenunabhängig von Sanitär

Projekte in den Bereichen Automobil,
Kunst, Design, Prototypenbau,
Formschalung, Bau, u.v.m.



02.06.2021

Sandhelden GmbH & Co. KG - 8. Mitteldeutschen Forums „3D-
Druck in der Anwendung“

6

Projekte im Bereich Bau



„Grotto Facade“ von Barry Wark

Prototyp

Das gemeinschaftliche Forschungsprojekt untersucht das Potenzial des 3D-Sanddrucks, um neue Möglichkeiten in der gebauten Umwelt zu schaffen, die mit traditionellen Fertigungstechniken nicht möglich sind.

02.06.2021

Sandhelden GmbH & Co. KG - 8. Mitteldeutschen Forums „3D-Druck in der Anwendung“

7

Projekte im Bereich Bau



02.06.2021

Sandhelden GmbH & Co. KG - 8. Mitteldeutschen Forums „3D-Druck in der Anwendung“

8

Projekte im Bereich Bau



02.06.2021

Sandhelden GmbH & Co. KG - 8. Mitteldeutschen Forums „3D-
Druck in der Anwendung“

9

Projekte im Bereich Bau

Kooperation mit der Lund Universität und
der Firma voxeljet AG

Optimierung einer „Wand“ mit integrierten
Funktionen

Gewicht: ~420 kg

Teile: 24

Ausgestellt: Biennale Architettura 2021 in
Venedig



02.06.2021

Sandhelden GmbH & Co. KG - 8. Mitteldeutschen Forums „3D-
Druck in der Anwendung“

10

Die Technologie



3D-Drucktechnologie „Binder-Jetting“

Schichtverfahren mit 0,28 mm

Quarzsand als Material

Maschinen der Firmen ExOne GmbH & voxeljet AG

Maximale Größe: 4000 x 2000 x 1000 mm

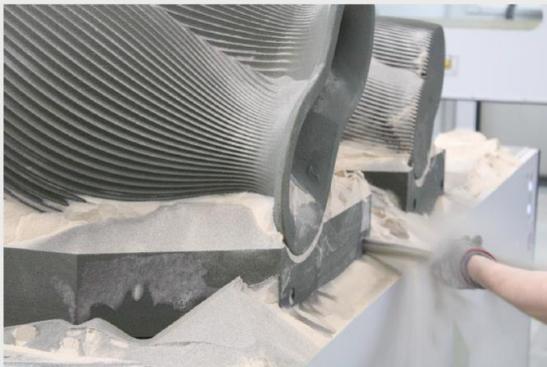
Schwerstes Objekt: 2800 kg

02.06.2021

Sandhelden GmbH & Co. KG - 8. Mitteldeutschen Forums „3D-Druck in der Anwendung“

11

Die Technologie



02.06.2021

Sandhelden GmbH & Co. KG - 8. Mitteldeutschen Forums „3D-Druck in der Anwendung“

12

SANDHELDEN

Vielen Dank!

02.06.2021

Sandhelden GmbH & Co. KG - 8. Mitteldeutschen Forums „3D-Druck in der Anwendung“

13

Mit VIS-All(R) vom 2D zum 3D – Datenaufbereitung für den 3D-Druck

Dirk John

Software-Service John GmbH



Mit VIS-All® 3D vom 2D zum 3D- Datenaufbereitung für den 3D-Druck

Dipl.-Ing. Dirk John

weitere Informationen unter <https://vis-all.de>

Software-Service John GmbH
Oehrenstöcker Str. 39 - 98693 Ilmenau



Quelle: <https://picabay.com/de/photos/fragszeichen/>



weitere Informationen unter <https://vis-all.de>

Software-Service John GmbH
Oehrenstöcker Str. 39 - 98693 Ilmenau



- Gründung 1993
- Sitz in Ilmenau
- Zur Zeit 15 Mitarbeiter
- Servicecenter für CAD und GI-Systeme (GEOgraf, GEObüro)
- Betreuung von ca. 160 Vermessungsbüros, Katasterämtern, Wasserverbände, Kommunen
- Programmierleistungen: VIS-All® 3D, Datenkonverter zwischen CAD- und GI-Systemen, Auftragsprogrammierung (BMVI, TEAG, BAW,...)
- Dienstleistungen: Datenkonvertierungen, 3D-Visualisierungen ...
- Druckpartner: 3D-Druckshop Ulf Teller, Arnstadt



weitere Informationen unter <https://vis-all.de>

Software-Service John GmbH
Oehrenstöcker Str. 39 - 98693 Ilmenau



Lösung: Interaktiver 3D-Visualisierung mit VIS-All® 3D



weitere Informationen unter <https://vis-all.de>

Software-Service John GmbH
Oehrenstöcker Str. 39 - 98693 Ilmenau



VIS-All® 3D - Steckbrief

- Eigenständiges 3D-Programm, entwickelt von Software Service John seit 2003
- 3D Frontend für CAD/GIS – Programme
- Nutzung von 3D Symbolbibliotheken
- COM- Interface für Im- und Export
- Visualisierung von Planungsdaten
- Plug-Ins für spezielle Anwendungen (z.B. Trassenvorplanung)



weitere Informationen unter <https://vis-all.de>

Software-Service John GmbH
Oehrenstöcker Str. 39 - 98693 Ilmenau



Kategorie "Digitales & Medien"

VIS-All® 3D Trassenentwurf

Software Service John GmbH (Ilmenau)



weitere Informationen unter <https://vis-all.de>

Software-Service John GmbH
Oehrenstöcker Str. 39 - 98693 Ilmenau



Partnerschaften / Importschnittstellen

direkte Anbindungen:

- GEOgraf der HHK Datentechnik GmbH
- STRATIS der Firma RIB Software SE
- iTWO civil der Firma RIB Software SE
- CAPLAN der Cremer GmbH
- BASYS der Barthauer GmbH
- GeoAS / Mapinfo der Firma AGIS GmbH
- Ingrada der Firma Softplan Informatik (in Arbeit)
- SketchUp der Firma Trimble
- CAIGOS der Caigos GmbH (in Arbeit)
- Karthago der ARCHIKART Software AG (in Arbeit)
- SAGis der NTI-CWSM GmbH
- Lovion der ITS System GmbH (in Arbeit)

Datenimporte:

- dxf/dwg
- CityGML
- REB-Daten DA 21, DA 40
- Raster-DGM
- Orthofotos
- SRTM-Daten
- Shape-Files
- NAS für ALKIS
- RailML®
- IFC
- DAE
- STL
- OBJ
- Direct-X-Dateien
- SketchUp
- PostgreSQL

weitere Informationen unter <https://vis-all.de>

Software-Service John GmbH
Oehrenstöcker Str. 39 - 98693 Ilmenau



Vom 2,5D zum 3D

CAD / GIS

Punkte+Sachdaten



Linien+Sachdaten



Polygone+
Sachdaten



VIS-All® 3D

Bäume, Lampen, Verkehrszeichen ...

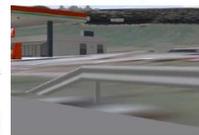
Digitales Geländemodell

Bruchkanten im DGM

Rohre, Mauern, Zäune, Leitplanken....

Gebäude

Flächen



weitere Informationen unter <https://vis-all.de>

Software-Service John GmbH
Oehrenstöcker Str. 39 - 98693 Ilmenau



Vom 2,5D zum 3D

CAD / GIS

3D-Körper (z.B. CityGML) →

VIS-All® 3D

Gebäude incl. Textur



Meshes (aus Punktwolken) →

Fassaden, Gebäude incl. Textur



weitere Informationen unter <https://vis-all.de>

Software-Service John GmbH
Oehrenstöcker Str. 39 - 98693 Ilmenau



Anwendungsbeispiele

3D-Stadtmodelle



weitere Informationen unter <https://vis-all.de>

Software-Service John GmbH
Oehrenstöcker Str. 39 - 98693 Ilmenau



Anwendungsbeispiele



weitere Informationen unter <https://vis-all.de>

Software-Service John GmbH
Oehrenstöcker Str. 39 - 98693 Ilmenau



Anwendungsbeispiele



weitere Informationen unter <https://vis-all.de>

Software-Service John GmbH
Oehrenstöcker Str. 39 - 98693 Ilmenau



Anwendungsbeispiele



weitere Informationen unter <https://vis-all.de>

Software-Service John GmbH
Oehrenstöcker Str. 39 - 98693 Ilmenau



Anwendungsbeispiele



weitere Informationen unter <https://vis-all.de>

Software-Service John GmbH
Oehrenstöcker Str. 39 - 98693 Ilmenau



Anwendungsbeispiele



weitere Informationen unter <https://vis-all.de>

Software-Service John GmbH
Oehrenstöcker Str. 39 - 98693 Ilmenau



Anwendungsbeispiele



weitere Informationen unter <https://vis-all.de>

Software-Service John GmbH
Oehrenstöcker Str. 39 - 98693 Ilmenau



Anwendungsbeispiele



Anlagenbau

weitere Informationen unter <https://vis-all.de>

Software-Service John GmbH
Oehrenstöcker Str. 39 - 98693 Ilmenau



Anwendungsbeispiele



Kläranlagen

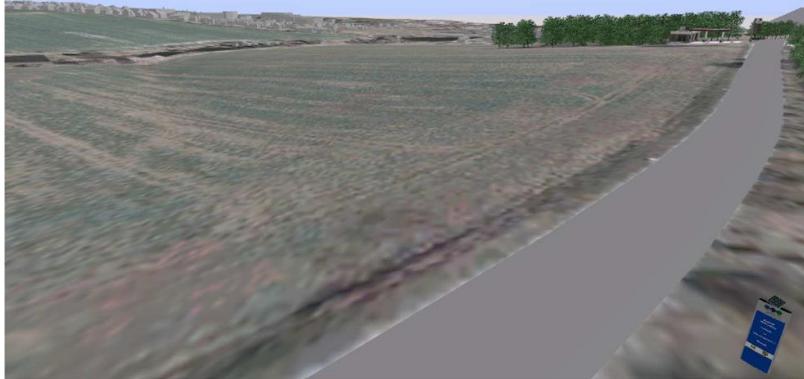
weitere Informationen unter <https://vis-all.de>

Software-Service John GmbH
Oehrenstöcker Str. 39 - 98693 Ilmenau



Anwendungsbeispiele

Erschließung Wohngebiet: Planung einer Lärmschutzwand
Istzustand



weitere Informationen unter <https://vis-all.de>

Software-Service John GmbH
Oehrenstöcker Str. 39 - 98693 Ilmenau



Anwendungsbeispiele

Erschließung Wohngebiet: Planung Lärmschutzwand
Planungszustand



weitere Informationen unter <https://vis-all.de>

Software-Service John GmbH
Oehrenstöcker Str. 39 - 98693 Ilmenau



Anwendungsbeispiele

Fotoeinpassungen



Istzustand



Planung

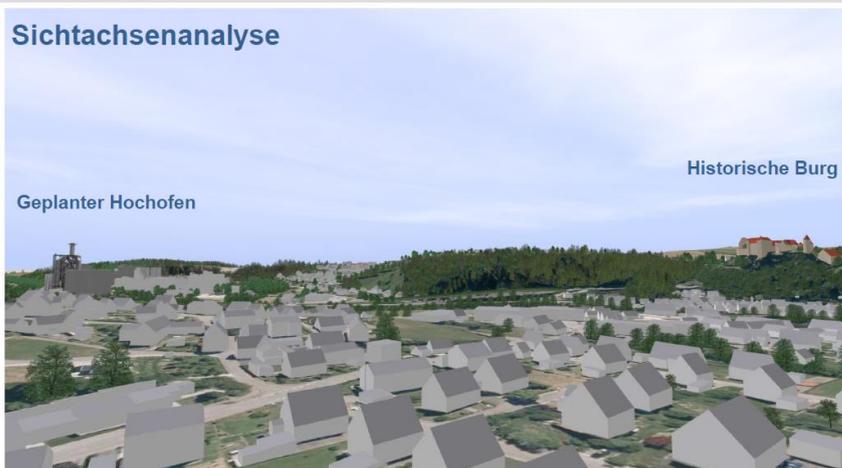
weitere Informationen unter <https://vis-all.de>

Software-Service John GmbH
Oehrenstöcker Str. 39 - 98693 Ilmenau



Anwendungsbeispiele

Sichtachsenanalyse



Geplanter Hochofen

Historische Burg

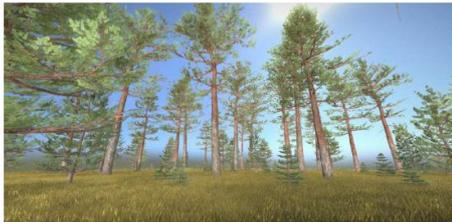
weitere Informationen unter <https://vis-all.de>

Software-Service John GmbH
Oehrenstöcker Str. 39 - 98693 Ilmenau



Dienstleistung: Modellierung von 3D-Symbolen

Symbolkataloge



Einzelmodelle



weitere Informationen unter <https://vis-all.de>

Software-Service John GmbH
Oehrenstöcker Str. 39 - 98693 Ilmenau



Datenexport: VIS-All® 3D



3D-Projekt

- Schnappschuß
- Übergroßer Schnappschuß
- Film mit Animation

COM-Interface

- 3D-PDF
- LandXML
- City-GML
- DXF
- **VRML**
- VIS-All®-Info-System
- VIS-All-Cloud

weitere Informationen unter <https://vis-all.de>

Software-Service John GmbH
Oehrenstöcker Str. 39 - 98693 Ilmenau



Beispiel:
3D-Druckmodell
Marktplatz

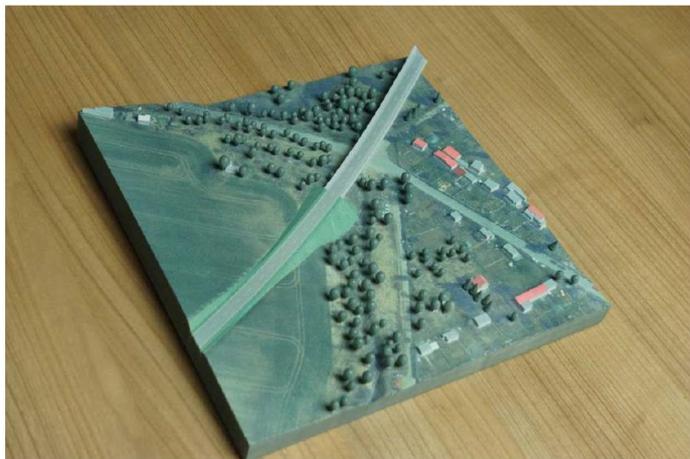


weitere Informationen unter <https://vis-all.de>

Software-Service John GmbH
Oehrenstöcker Str. 39 - 98693 Ilmenau



Beispiel:
3D-Druck-
modell Trasse



weitere Informationen unter <https://vis-all.de>

Software-Service John GmbH
Oehrenstöcker Str. 39 - 98693 Ilmenau



Trassenvorentwurf

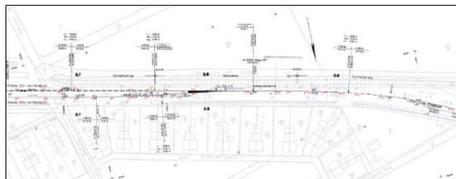
weitere Informationen unter <https://vis-all.de>

Software-Service John GmbH
Oehrenstöcker Str. 39 - 98693 Ilmenau

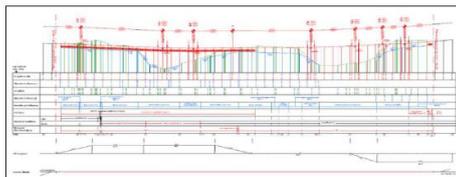


Konventionelle Planung

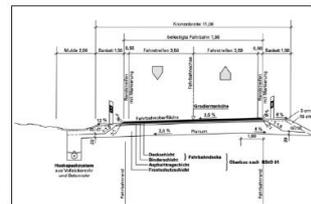
Lageplan



Höhenplan



Regelquerschnitt



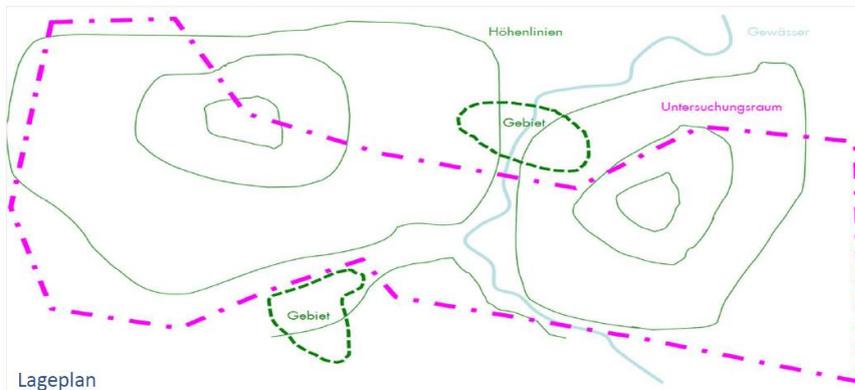
weitere Informationen unter <https://vis-all.de>

Software-Service John GmbH
Oehrenstöcker Str. 39 - 98693 Ilmenau



Vorgehensweise 3D-Vorentwurf

1. Grundlegendaten importieren (DGM, Luftbild, FFH-Gebiete)



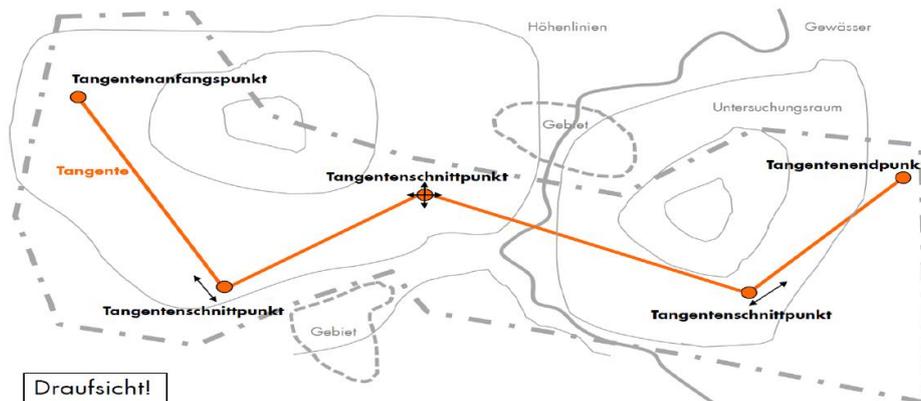
weitere Informationen unter <https://vis-all.de>

Software-Service John GmbH
Oehrenstöcker Str. 39 - 98693 Ilmenau



Vorgehensweise 3D-Vorentwurf

2. Tangentenpunkte festlegen



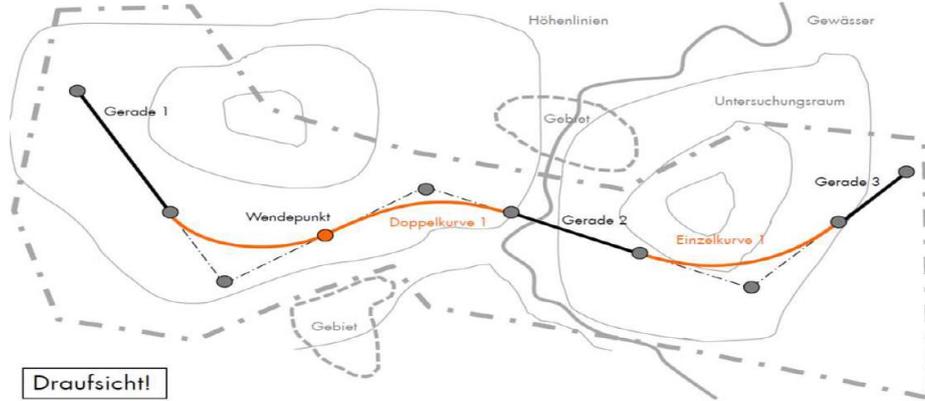
weitere Informationen unter <https://vis-all.de>

Software-Service John GmbH
Oehrenstöcker Str. 39 - 98693 Ilmenau



Vorgehensweise 3D-Vorentwurf

3. Automatische Ausrundungen



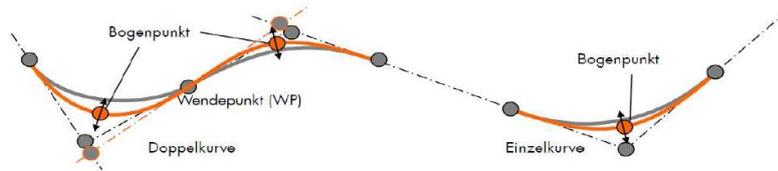
weitere Informationen unter <https://vis-all.de>

Software-Service John GmbH
Oehrenstöcker Str. 39 - 98693 Ilmenau



Vorgehensweise 3D-Vorentwurf

4. „Ziehen“ der Trasse durch Änderung der Tangentenendpunkte



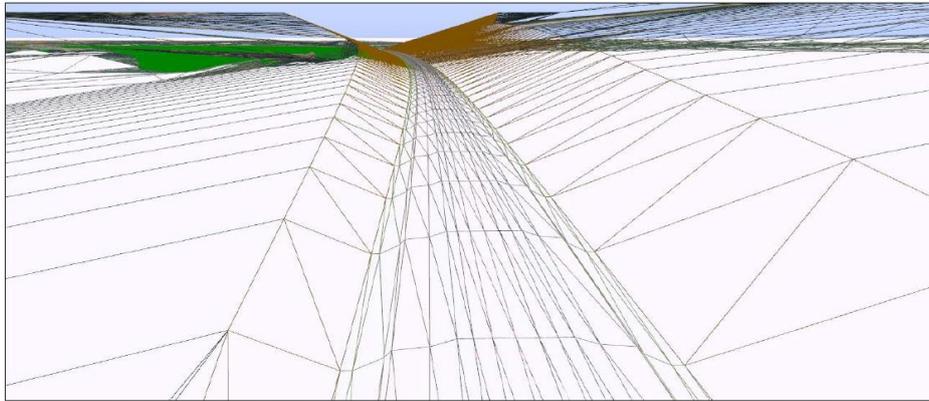
weitere Informationen unter <https://vis-all.de>

Software-Service John GmbH
Oehrenstöcker Str. 39 - 98693 Ilmenau



Vorgehensweise 3D-Vorentwurf

5. Verschneiden mit Ursprungs-DGM, Mengenermittlung, Kostenkalkulation



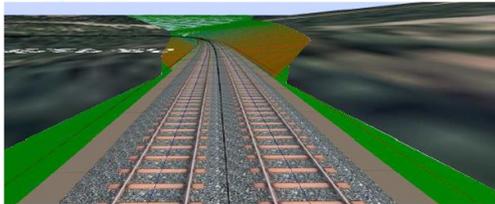
weitere Informationen unter <https://vis-all.de>

Software-Service John GmbH
Oehrenstöcker Str. 39 - 98693 Ilmenau

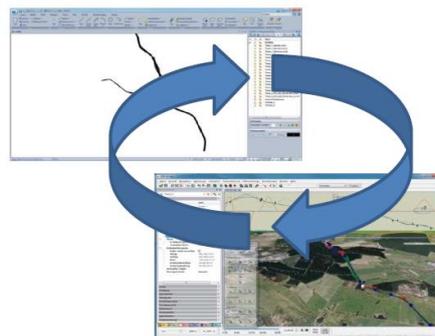


Vorgehensweise 3D-Vorentwurf

6. Export der Daten in die klassischen Entwurfsprogramme



- railML
- DXF
- LandXML
- OKSTRA



weitere Informationen unter <https://vis-all.de>

Software-Service John GmbH
Oehrenstöcker Str. 39 - 98693 Ilmenau

SOFTWARE SERVICE JOHN

3D-Visualisierungen mit VIS-All® 3D

Einsatz von VIS-All® - Trassenentwurf

Bundesverkehrswegeplan 2030

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur

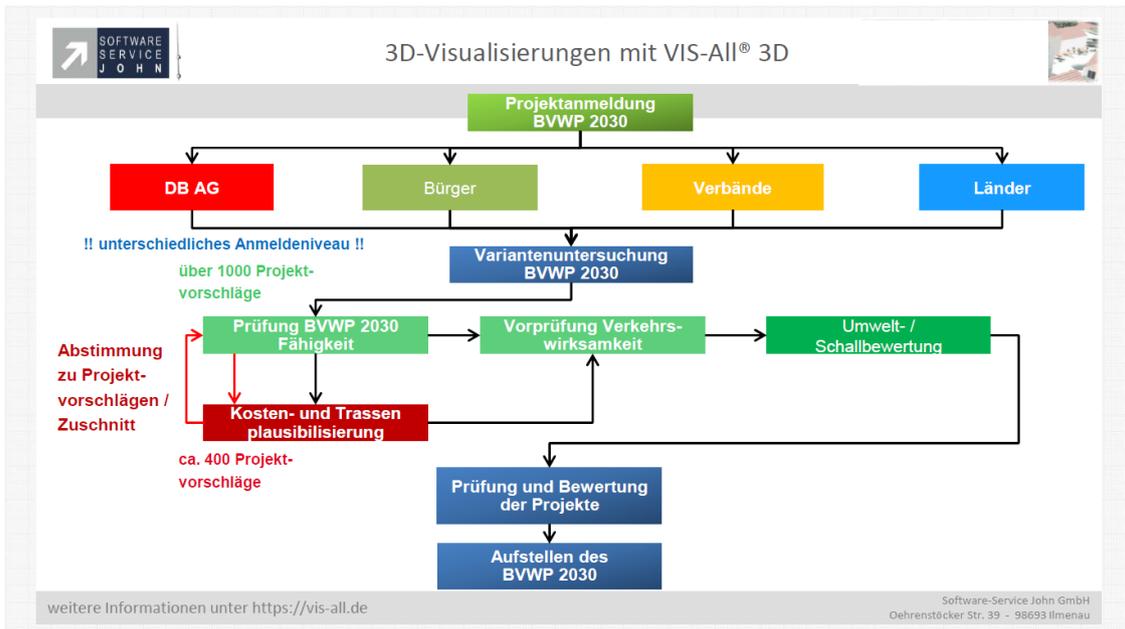
Schüßler-Plan

SOFTWARE SERVICE JOHN

BAHN KONZEPT

weitere Informationen unter <https://vis-all.de>

Software-Service John GmbH
Oehrenstöcker Str. 39 - 98693 Ilmenau





- **Anzahl der bewerteten Teilprojekte „Schiene“:**
 - 353 Teilprojekte
 - davon:
 - „herkömmliche manuelle Bewertung“: 145 Projekte
 - Bewertung mit 3D-Planungssoftware VIS-All®: 208 Projekte

- **Bewertete Streckenlänge (km Strecke):**
 - Gesamte Streckenlänge: 8.044 km
 - davon:
 - „herkömmliche manuelle Bewertung“: 3.685 km
 - Bewertung mit 3D-Planungssoftware VIS-All®: 4.359 km

- **Ermittelte Investitionskosten (Projektkosten):**
 - Ermittelte Investitionskosten: 101,375 Mrd €
 - davon:
 - „herkömmliche manuelle Bewertung“: 13,898 Mrd €
 - Bewertung mit 3D-Planungssoftware VIS-All®: 87,477 Mrd €

weitere Informationen unter <https://vis-all.de>

Software-Service John GmbH
Oehrenstöcker Str. 39 - 98693 Ilmenau



Ich danke für Ihre Aufmerksamkeit!



weitere Informationen unter <https://vis-all.de>

Software-Service John GmbH
Oehrenstöcker Str. 39 - 98693 Ilmenau

Beton 3D-Druck – Innovation im Betonbau

Patrick Maiwald

Institut für Baubetriebswesen der TU Dresden

Fakultät Bauingenieurwesen
 Institut für Baubetriebswesen
 Dipl.-Ing. Patrick Maiwald

Beton 3D-Druck – Innovation im Betonbau

8. Mitteldeutsches Forum Rapid Technologien – 3D-Druck in der Anwendung // 02. Juni 2021

© Patrick Maiwald, E-Mail: patrick.maiwald1@tu-dresden.de

Kurzvorstellung des Instituts für Baubetriebswesen



Quelle: TU Dresden/Nils Eisfeld

Institut für Baubetriebswesen

- Professur für Baubetriebswesen:
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing.
Jens Otto
- Professur für
Bauverfahrenstechnik:
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Peter Jehle
- 14 Mitarbeiter
- ca. 45 Absolventen pro Jahr



Quelle: TU Dresden/Amac Garbe

Forschungs-/Lehrschwerpunkte

- Vertragsanalyse, Ausschreibung
- Kalkulation und Baupreisbildung
- Bauausführung, Claim Management,
Kosten- und Terminverfolgung
- multikriterielle Wirtschaftlichkeits-
analysen
- Baurecht
- Bauverfahrenstechnik, Abbruch,
Sicherheit und Gesundheitsschutz



Quelle: www.detail.de

Digitalisierung Planung und Bauen

- Praxisanwendungen BIM
- planungsunterstützende Software
- Erweiterung IFC-Schnittstelle
- Automatisiertes Bauen

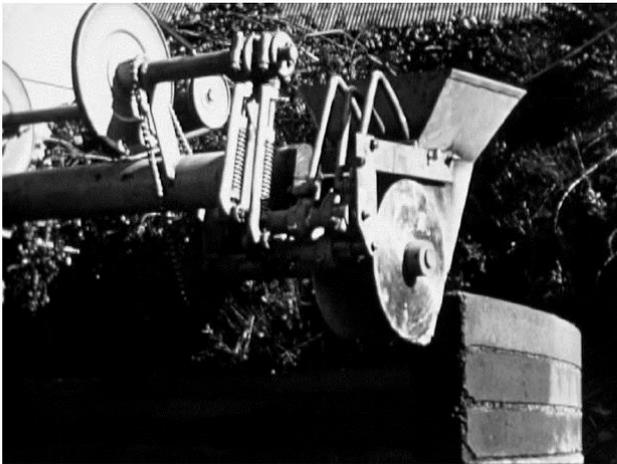
C³ – Carbon Concrete Composite

CONPrint3D®

1. Potenziale des 3D-Drucks im Bauwesen

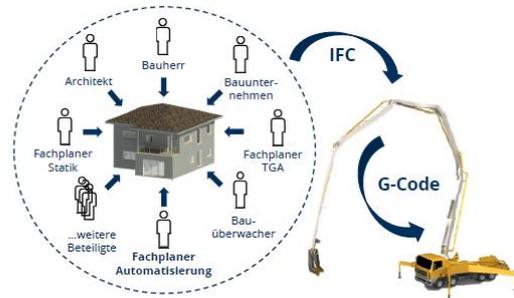
1. Potenziale des 3D-Drucks im Bauwesen

Urschel Wall Building Machine: Ende der 1930`er Jahre



<https://www.youtube.com/watch?v=QXqwjTVSE8>

- Erste Phase der Robotik im Bauwesen bis 1990 – mehr als 200 verschiedene Prototypen
- „**Nature of the work environment**“ als Hauptbarriere der Einführung automatisierter Bauverfahren (Balaguer, Abderrahim, 2006)
- **2020**: Digitalisierung führt zu neuen Ansätzen in Planung und Ausführung (BIM)



1. Potenziale des 3D-Drucks im Bauwesen

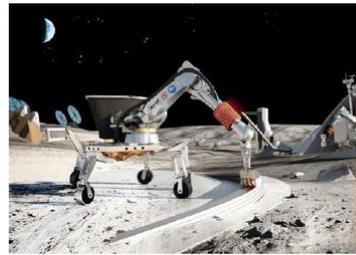
- Wirtschaftliche Einsparpotenziale
- Erhöhung der Ressourceneffizienz
- Neue architektonische Möglichkeiten
- Verbesserungen im Bereich SiGe
- Entgegenwirken des Fachkräftemangels
- Bauen in „menschenfeindlichen“ Umgebungen



<http://www.emergingobjects.com>



<http://m3d.com>



<http://www.nasa.int>



Beton 3D Druck - Innovation im Betonbau
© Patrick Maiwald, TU Dresden, Institut für Baubetriebswesen

Folie 5



2. Überblick Beton-3D-Druckverfahren



Beton 3D Druck - Innovation im Betonbau
© Patrick Maiwald, TU Dresden, Institut für Baubetriebswesen

Folie 6



2. Überblick Beton-3D-Druckverfahren

„Additive Manufacturing“ in der Industrie

- rasantes Marktwachstum
- Steigerung der Produktivität, Senkung der Herstellkosten
- nahezu grenzenlose Gestaltungsmöglichkeiten
 - Prototypen und Ersatzteile (Print-on-Demand)
 - individualisierte, hochkomplexe Einzelstücke



www.ingenieur.de



www.3d-model.ch



www.eos.info



www.3d-grenzenlos.de

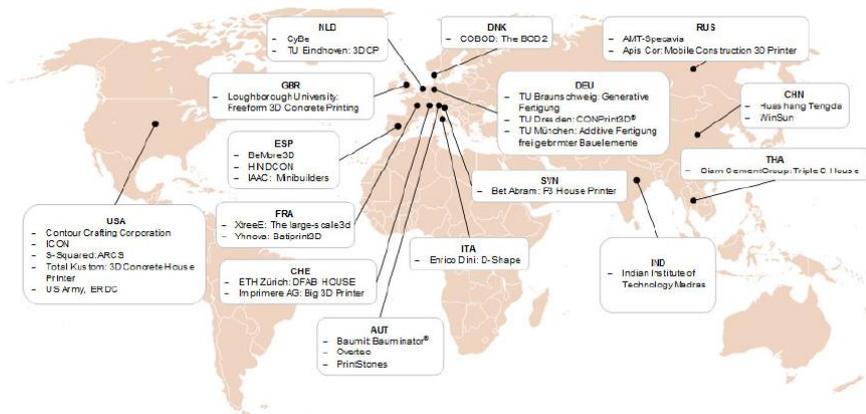


Beton 3D-Druck - Innovation im Betonbau
© Patrick Maiwald, TU Dresden, Institut für Baubetriebswesen

Folie 7



2. Überblick Beton-3D-Druckverfahren



FuE-Aktivitäten des Beton-3D-Drucks international



Beton 3D-Druck - Innovation im Betonbau
© Patrick Maiwald, TU Dresden, Institut für Baubetriebswesen

Folie 8



2. Überblick Beton-3D-Druckverfahren



2. Überblick Beton-3D-Druckverfahren

Smart Dynamic Casting – ETH Zürich



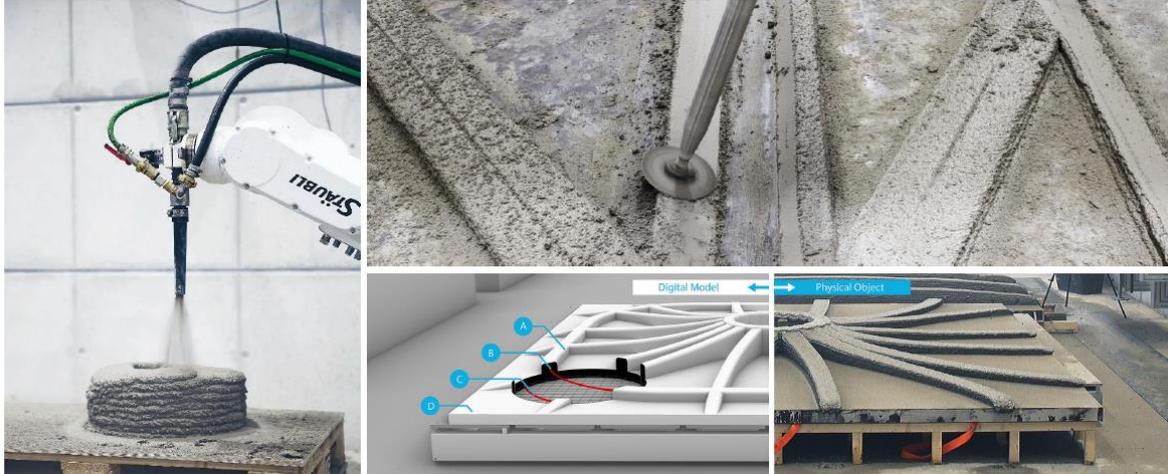
Beton 3D-Druck - Innovation im Betonbau
 © Patrick Maiwald, TU Dresden, Institut für Baubetriebswesen

Folie 10



2. Überblick Beton-3D-Druckverfahren

Shotcrete 3D Printing – TU Braunschweig



www.tu-braunschweig.de/ite



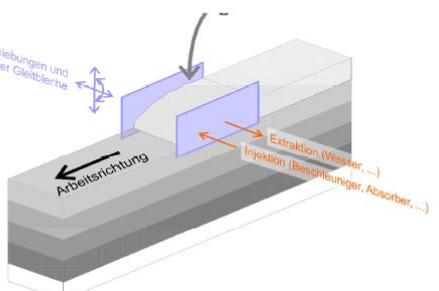
Beton 3D-Druck - Innovation im Betonbau
© Patrick Maiwald, TU Dresden, Institut für Baubetriebswesen

Folie 11



2. Überblick Beton-3D-Druckverfahren

Additive Fertigung mit zementgebundenen Baustoffen

<p>Selektive Bindung: Verfestigung von Material durch Auftrag von Bindemittel</p>  <p>www.d-shape.com</p> <p>D-Shape-Technologie, Enrico Dini, Monolite UK Ltd.</p>	<p>Extrusion: Austrag des gemischten Materials Schicht für Schicht aus einer Düse</p> 
---	---



Beton 3D-Druck - Innovation im Betonbau
© Patrick Maiwald, TU Dresden, Institut für Baubetriebswesen

Folie 12



2. Überblick Beton-3D-Druckverfahren

Enrico Dini: Selektive Bindung mit D-Shape

- Produktion im Werk
- zur Anwendung direkt auf der Baustelle ungeeignet



Quelle: www.d-shape.com



Quelle: www.3druck.com



Beton 3D-Druck - Innovation im Betonbau
© Patrick Maiwald, TU Dresden, Institut für Baubetriebswesen

Folie 13



2. Überblick Beton-3D-Druckverfahren

Berokh Khoshnevis: Contour Crafting (USA)

- „Vorreiter“ beim Beton-3D-Druck
- Portalroboter mit Multidüse: Extrusion mit gleichzeitiger Formgebung
- Kooperation mit der NASA „Lunar Settlement“
- Umdasch Ventures (Doka GmbH)



Quelle: www.contourcrafting.com



Quelle: www.youtube.com/watch?v=31kz29jQ8tI



Quelle: www.contourcrafting.org



Beton 3D-Druck - Innovation im Betonbau
© Patrick Maiwald, TU Dresden, Institut für Baubetriebswesen

Folie 14



2. Überblick Beton-3D-Druckverfahren

Loughborough University (UK): „Concrete Printing“

- Mörtelaustritt aus einer Düse ohne seitliche Formung
- Freiformelemente aus Mörtel, vorwiegend Designelemente



Quellen: www.3ders.com; Le, T. T. et al (2012)



Beton 3D-Druck - Innovation im Betonbau
© Patrick Maiwald, TU Dresden, Institut für Baubetriebswesen

Folie 15



2. Überblick Beton-3D-Druckverfahren

Shanghai WinSun (China)

- verschiedene Gebäude aus gedruckten Fertigteilen
- „Spezielles“ Recyclingmaterial, Zusammensetzung unbekannt



Quellen: 3ders.org, yhbm.com



Beton 3D-Druck - Innovation im Betonbau
© Patrick Maiwald, TU Dresden, Institut für Baubetriebswesen

Folie 16



2. Überblick Beton-3D-Druckverfahren

CoBod (Peri Group)



<https://cobod.com>



3D Betondruck – Röser Vertriebs GmbH



Beton 3D Druck - Innovation im Betonbau
© Patrick Maiwald, TU Dresden, Institut für Baubetriebswesen

Folie 17



2. Überblick Beton-3D-Druckverfahren



<https://www.dein-beckum.de>



<https://www.spiegel.de>



Beton 3D Druck - Innovation im Betonbau
© Patrick Maiwald, TU Dresden, Institut für Baubetriebswesen

Folie 18



2. Überblick Beton-3D-Druckverfahren



3D Betondruck – Röser Vertriebs GmbH

3. CONPrint3D®

3. CONPrint3D®

Beginn der Forschungsaktivität zum Thema „Beton-3D-Druck“ war 2014

- Beteiligte Institute der TU Dresden:
 - Institut für Baubetriebswesen
 - Institut für Baustoffe
 - Professur für Baumaschinen- und Fördertechnik
- Wirtschaftspartner:
 - Putzmeister Engineering GmbH (Aichtal)
 - MC-Bauchemie Müller GmbH & Co. KG (Bottrop)
 - Opterra GmbH {Lafarge Zement GmbH (Karsdorf)}
 - BAM Deutschland AG (Dresden)



Beton 3D-Druck - Innovation im Betonbau
© Patrick Maiwald, TU Dresden, Institut für Baubetriebswesen

Folie 21



3. CONPrint3D®

Digitaler Betonbau oder „3D-Druck im Bauwesen“



Beton 3D-Druck - Innovation im Betonbau
© Patrick Maiwald, TU Dresden, Institut für Baubetriebswesen

Folie 22



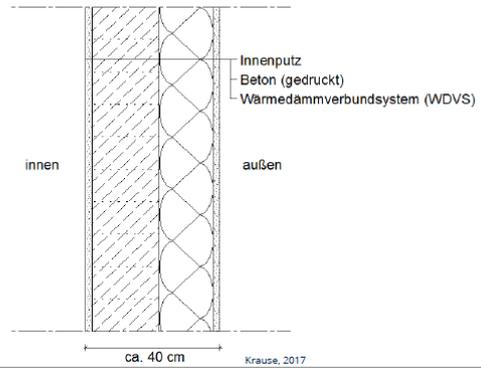
3. CONPrint3D®

CONPrint3D® - Concrete ON-site 3D-Printing

- Verwendung der Autobetonpumpe als etablierte Baumaschine
- Monolithische Betonstrukturen als Vollprofil mit scharfkantigen Ecken
- Betone mit Größtkorn von 8 bis 16 mm



Video: TU Dresden



Beton 3D-Druck - Innovation im Betonbau
© Patrick Maiwald, TU Dresden, Institut für Baubetriebswesen

Folie 23



3. CONPrint3D®

CONPrint3D® - Concrete ON-site 3D-Printing



Video: TU Dresden



Fotos: Nerella, TU Dresden



Beton 3D-Druck - Innovation im Betonbau
© Patrick Maiwald, TU Dresden, Institut für Baubetriebswesen

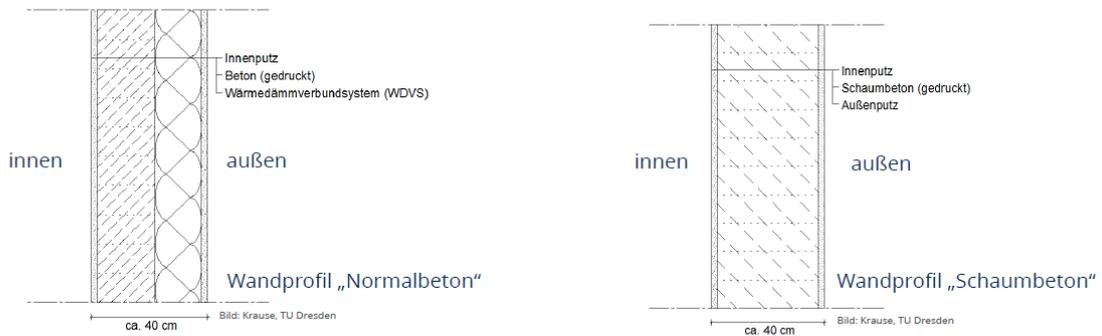
Folie 24



3. CONPrint3D®

Entwicklungsschritte und Anwendungsszenario

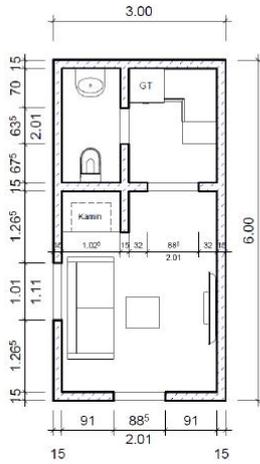
- 1) Unbewehrte Betonbauteile → **Ersatz für Mauerwerksbau**
 - 2) Integration von Bewehrung
 - 3) Integration von TGA-Installationen
- insbesondere Wohnungsbau, bis 5-geschossig



4. Ausblick CONPrint3D®

5. Ausblick CONPrint3D®

digicon²-Demonstrationsgebäude (bis 12/2021)



Fotos: Krause, TU Dresden



Beton 3D-Druck - Innovation im Betonbau
© Patrick Malwald, TU Dresden, Institut für Baubetriebswesen

Folie 27



SEKTION 3

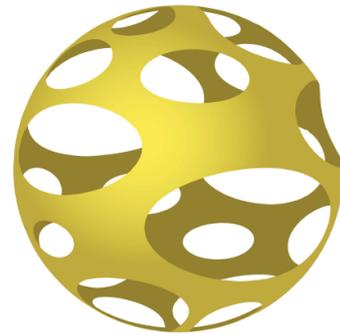
MATERIALIEN und VERFAHREN

Moderation:

Jens Bliedtner, Ernst-Abbe-Hochschule Jena

Entwicklung von Parametersätzen für den Metalldruck – leicht gemacht

Hans-Werner Theobald
3D-Metall Theobald e.K.



Entwicklung von Parametersätzen für den Metalldruck - leicht gemacht



Das Unternehmen

- Aufnahme der Produktion: ▪ Juni 2016

- Leistungen: ▪ additive Fertigung von Edelstahl, Bronze und Kupfer
 ▪ 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



Erfahrungen mit Parametersätzen

- 2016:
 - Aufnahme der Produktion mit CuSn10 und 1.4404
 - Parametersätze des Herstellers
 - Erfahrungen durch Feedback eines Studenten der Burg
- 2017:
 - Ermittlung der Werkstoffkennwerte in Zusammenarbeit mit der HTWK (Zugfestigkeit, Rauheit, Dichte, Porosität, Härte)
- 2018:
 - Erste Bauversuche mit reinem Kupfer
 - Wechsel zu CuCr1Zr
- 2019 – 2021
 - Parameteroptimierung CuCr1Zr
- Ausblick
 - Wärmebehandlung, Versuche mit beschichtetem Kupferpulver



Hans-Werner Theobald
Karl-Heine-Straße 99
(im Business Innovation Center)
04229 Leipzig

Telefon: +49 (0)176.62.03.25.79
+49 (0)341.49.12.17.5
E-Mail: info@3d-metall-theobald.de
Internet: www.3d-metall-theobald.de

3



Anforderungen an die Methode

Ziel: Eine schnell und kostengünstig durchführbare Methode, die zu guten Parametersätzen führt.

„schnell und kostengünstig“

- wenige Parameter gezielt verändern
- Qualitätsbeurteilung auf ein einfaches Weg

„gut“

- Reproduzierbarkeit der Ergebnisse
- akzeptable Bauraten
- Ergebnisse in der Nähe der Literaturwerte



Hans-Werner Theobald
Karl-Heine-Straße 99
(im Business Innovation Center)
04229 Leipzig

Telefon: +49 (0)176.62.03.25.79
+49 (0)341.49.12.17.5
E-Mail: info@3d-metall-theobald.de
Internet: www.3d-metall-theobald.de

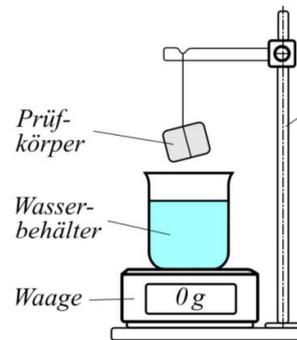
4



Messung Materialkennwert

Archimedische Dichte

- relativ kleine Prüfkörper (10x10x20mm)
- mehrere Parametersätze in einem Bauraum testen
- wenig Messequipment erforderlich
- schnelle Messung



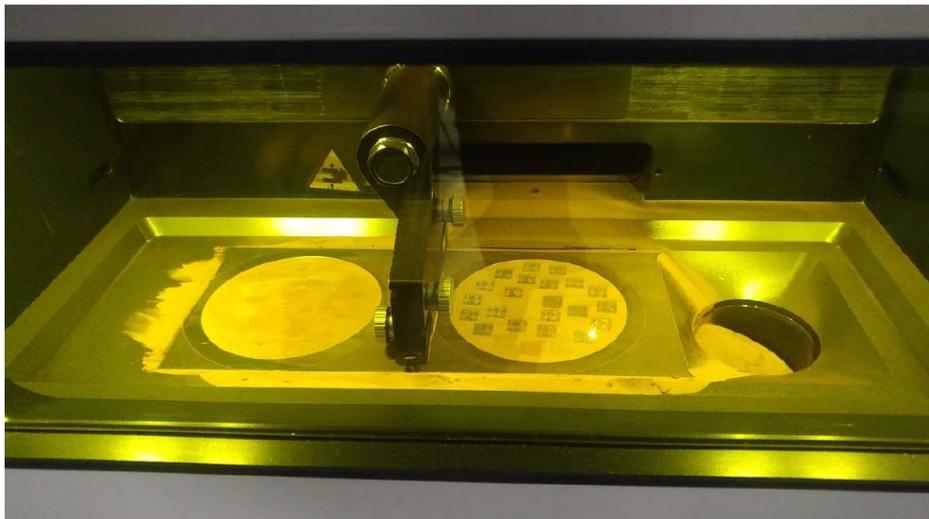
Hans-Werner Theobald
Karl-Heine-Straße 99
(im Business Innovation Center)
04229 Leipzig

Telefon: +49 (0)176.62.03.25.79
+49 (0)341.49.12.17.5
E-Mail: info@3d-metall-theobald.de
Internet: www.3d-metall-theobald.de

7



Baujob



Hans-Werner Theobald
Karl-Heine-Straße 99
(im Business Innovation Center)
04229 Leipzig

Telefon: +49 (0)176.62.03.25.79
+49 (0)341.49.12.17.5
E-Mail: info@3d-metall-theobald.de
Internet: www.3d-metall-theobald.de

8



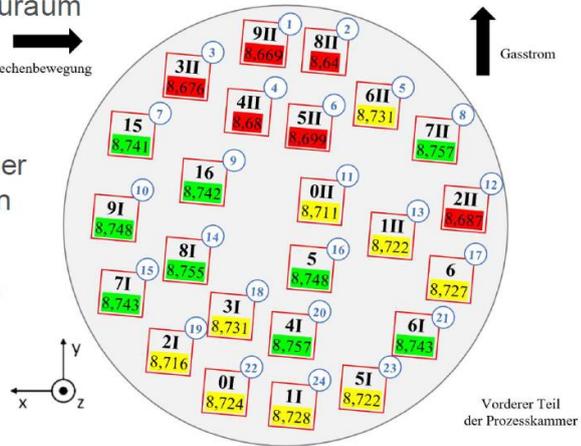
Reproduzierbarkeit

Eigenheiten des powder bed fusion - laser beam

- Instabile Verhältnisse im Bauraum

Rechenbewegung →

- deshalb mehrere Probekörper mit denselben Parametern in einem Bauraum
- Wiederholung der Versuche notwendig



Hans-Werner Theobald
Karl-Heine-Straße 99
(im Business Innovation Center)
04229 Leipzig

Telefon: +49 (0)176.62.03.25.79
+49 (0)341.49.12.17.5
E-Mail: info@3d-metall-theobald.de
Internet: www.3d-metall-theobald.de

Projektarbeit Marius Kauschke S.23, Abb. 9

9



Baurate

Was ist akzeptabel ?

- o.g. Baujob: Bauzeit von 70h, Volumen 44cm³, Höhe 22mm
→ Ø - Baurate 0,63cm³/h
- berechnete Baurate ausgewählter Parametersatz 1,19 cm³/h
→ errechnete Bauzeit 37h + 1,5h für Recoating = 38,5h
Start: z.B. 18:00 Uhr → Ende: übernächster Tag 8:30 Uhr
- schnellster Parametersatz mit akzeptablen Ergebnissen: 1,58cm³/h
→ errechnete Bauzeit 28h + 1,5h für Recoating = 29,5h
Start: z.B. 12:00 Uhr → Ende: nächster Tag 17:30 Uhr



Hans-Werner Theobald
Karl-Heine-Straße 99
(im Business Innovation Center)
04229 Leipzig

Telefon: +49 (0)176.62.03.25.79
+49 (0)341.49.12.17.5
E-Mail: info@3d-metall-theobald.de
Internet: www.3d-metall-theobald.de

10



Vergleich mit Literaturwerten

Ergebnisse	1.4404	CuSn10	CuCr1Zr
Messwert	7,90 g/cm ³	8,66 g/cm ³	8,75 g/cm ³
Literaturwert	7,95 g/cm ³	8,70 g/cm ³	8,91 g/cm ³
prozentual	99,38%	99,54%	98,2 %

- ohne Wärmebehandlung
- Ausgangspunkt für die Ermittlung weiterer Materialkennwerte



Hans-Werner Theobald
Karl-Heine-Straße 99
(im Business Innovation Center)
04229 Leipzig

Telefon: +49 (0)176.62.03.25.79
+49 (0)341.49.12.17.5
E-Mail: info@3d-metall-theobald.de
Internet: www.3d-metall-theobald.de

11



Fazit

- Titel: „Entwicklung von Parametersätzen für den Metalldruck - **leicht gemacht**“

vielleicht ein wenig übertrieben.

Aber man kann auch mit einfachen Mitteln zu guten Ergebnissen bei neuen Werkstoffen kommen.

- Nach Ermittlung eines guten Parametersatzes sind weitere Auswertungen zur Ermittlung der Materialkennwerte unabdingbar.



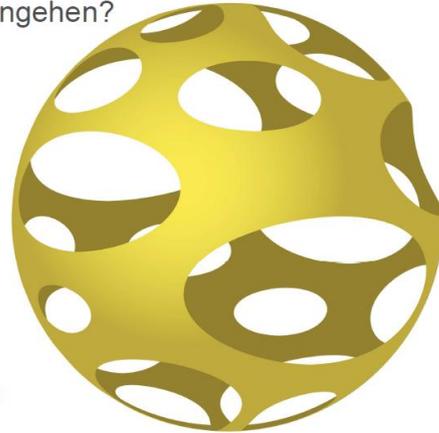
Hans-Werner Theobald
Karl-Heine-Straße 99
(im Business Innovation Center)
04229 Leipzig

Telefon: +49 (0)176.62.03.25.79
+49 (0)341.49.12.17.5
E-Mail: info@3d-metall-theobald.de
Internet: www.3d-metall-theobald.de

12

Fragen & Anregungen

- Wie würden Sie an die Sache herangehen?
- Anregungen & Kritik sind herzlich willkommen



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

13

Mittel zum Zweck oder bessere Lösungen für Betriebsmittel durch 3D-gedruckte Metallteile

Matthias Winderlich

AM Metals GmbH

Bessere Lösungen für Betriebsmittel durch 3D-gedruckte Metallteile

8. Mitteldeutsches Forum „3D-Druck in der Anwendung“

Hochschule Mittweida am 02.06.2021

AM Metals GmbH
Zoxy – Platz 1
09633 Halsbrücke

1 AM Metals GmbH - Überblick

Überblick

- März 2016: notarielle Gründung
- Mai 2016: Bezug der Fertigungsstätte in 09633 Halsbrücke, Zoxy-Platz 1
- Oktober 2016: Inbetriebnahme **EOS M100 + EOS M290**
- April 2017: AFM-Anlage **Extrude Hone Vector**
- Juli 2017: eine weitere **EOS M290**
- April 2018: internes Metallographielabor
Elektropoliermaschine **DLyte 100 I**
- Oktober 2018: 3-Achs-CNC-Bearbeitungszentrum
- 2020: eine weitere **EOS M290**
- zu 100% der Dr. Hans J. Langer / EOS-Gruppe zugehörig



Team

- 16 MA verteilt auf gesamte Prozesskette
- Ingenieuranteil ca. 50 %

Fokus

- Generieren neuer Anwendungen für DMLS
- Weiterentwicklung des DMLS Prozess
- Nachprozessieren durch AFM und E-Politur

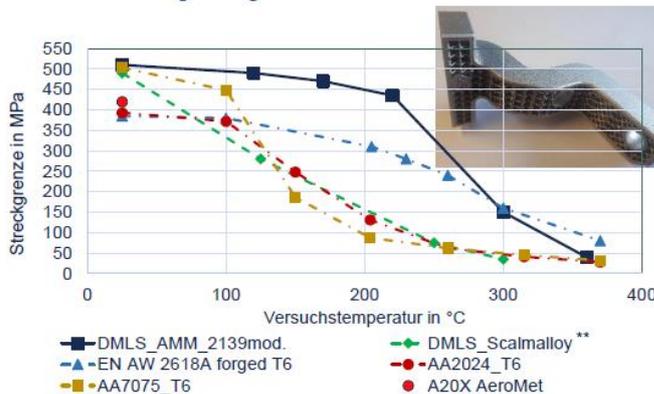
2.1 Verfügbare Materialien (Auszug)



2.2 Strukturaluminium EOS-DMLS 2139mod

NEU
verfügbar für Bauteile

Aluminiumlegierung für hochfeste Bauteile mit unübertroffener Streckgrenze zwischen 50...200°C



Typische Merkmale:

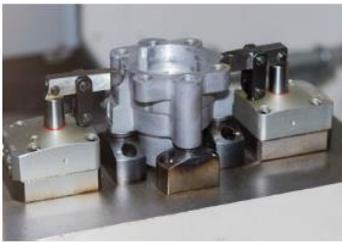
- Streckgrenze* @ 20°C 500 MPa
- Zugfestigkeit* @ 20°C 550 MPa
- Einsatzbereich bis 200°C
- Prädestiniert für Leichtbastrukturen
- Überragende Festigkeit
- Gute Korrosionsresistenz
- Gute Fließfestigkeit
- Gute Zerspanbarkeit

*wärmebehandelt, xy,z, bei Raumtemperatur

** Scalmalloy® ist eine eingetragene Marke der Airbus Group und von Airbus Group patentiert

Warum Betriebsmittel durch 3D-Druck herstellen?

- In der Regel Losgröße 1!
- Funktionsintegration – Gestalt, Medienzuführung, Komplexität, Gewicht
- Es lassen sich vor Ort individualisierte und funktionsintegrierte Betriebsmittel entwickeln, herstellen, ausprobieren und nutzen – ein deutlicher Gewinn an Effektivität, Schnelligkeit und Vertraulichkeit.
- Komplexes Bauteil an Stelle einer montierten Baugruppe



Werkstückauflagen und Spannvorrichtungen



Robot-Greifer, Elektroden und Düsen



Werkstückträger und Trays

25.05.2021

Applikationsentwicklung für DMLS (Direct Metal Laser Sintering)

5

4 Beispiele

4.1 KLT-Greifer

Neuer Lösungsansatz für die Robotik – Greifer im Leichtbaudesign, der Behälter zusätzlich frei im Raum kippen, drehen und ausschütten kann



Typische Merkmale:

- Greifer-Design optimiert für DMLS
- direkte Anbindung an Originalflansch der Roboterhand
- formschlüssige Aufnahme der KLT
- Innenliegende Pneumatik-Kanäle zur Steuerung der Rastbolzen



25.05.2021

Applikationsentwicklung für DMLS (Direct Metal Laser Sintering)

6

4.2 Temperierelemente für Funktionseinheiten

In technischen Funktionseinheiten ist häufig Wärme zu- oder abzuführen. Individuell geformte und konfigurierte 3D-gedruckte Bauteile aus diversen Werkstoffen können dies platzsparend übernehmen.



Typische Merkmale:

Passive Temperierung

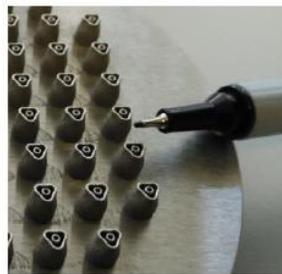
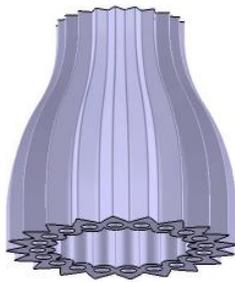
- exakte, geometrische Anpassung an die zu temperierenden Elemente → maximaler Wärmeübergang
- große Oberfläche durch Mikro-Gitter-Strukturen
- gradierte Gitter möglich → optimaler Wärmetransport innerhalb des Körpers

Aktive Temperierung

- exakte, geometrische Anpassung an die zu temperierenden Elemente → maximale Wärmeabfuhr
- deutlich komplexere Wärmetauschergeometrien möglich
- konturnahe Temperierung möglich → optimaler Wärmeübertragung in das Kreilaufmedium

4.3 Düsen und Mischer

3D-gedruckte Bauteile zur Strahlformung und Vermischung von flüssigen und pastösen Stoffen sowie zur Applikation von Pastensträngen zum Kleben, Dichten, Drucken etc.



Typische Merkmale:

- Mischer mit integrierter oberflächennaher Temperierung
- Mischung und Strahlformung von 2 oder mehr Medien während der Durchströmung
- Wechselteile mit geringem Totvolumen
- Mischverhältnis durch die Querschnitte einstellbar und leicht anpassbar
- Kontur der Düse auf die Applikation und die Platzverhältnisse anpassbar
- Bei Prozessanpassungen entsteht die Düse mit den neuen Parametern über Nacht neu

4.4 Werkzeugteile mit oberflächennaher Kühlung

Funktionelle Formteile aus Warmarbeitsstahl mit oberflächennaher Kühlung für Taktzeit und Standzeit optimierte Werkzeugteile

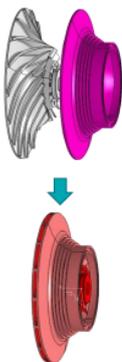


Typische Merkmale:

- Werkstoff: 1.2343
- Individuell gestaltbare Kühlkanäle und Durchgänge für Auswerfer
- Hybridbau auf vorhandenen Grundkörper möglich
- Anwendungen:
 - Druckgussformen
 - Spritzgießformen
 - Warmscherenmesser
 - Loch- und Abgratwerkzeuge
 - Pultrusion

4.5 Bauteiloptimierung mittels Bauteilkonsolidierung

Beseitigung von Fertigungsengpässen bei der Arbeitsvorbereitung und NC-Programmierung durch die Adaption einer Vorrichtungsbaugruppe für den 3D-Druck.



Kundenbauteil auf Basis konventioneller Fertigungstechnologien:

- Impeller-Laufrad
- zweiteilige Ausführung (Fertigungsrestriktionen Fräsen)
- anschließendes Fügen
 - Schwachstelle hinsichtlich Festigkeit und Korrosion

Optimiertes Bauteil für den 3D Druck:

- einteilige Ausführung
- Supportfreie Herstellung der Innengeometrie
- kein Montageaufwand
- Verbesserung mechanischer und korrosiver Eigenschaften -> neue Anwendungsmöglichkeiten
- Massereduzierung durch Kavitäten
- sämtliche Freigaberichtlinien übertroffen

Erschließung neuer Anwendungsfelder

- Konstruktive und funktionelle Gestaltung von Bauteilen
- Prozessentwicklung für weitere Werkstoffe
- Herstellung von Erprobungsmustern und/oder ersten Bauteilen
- Ganzheitliche Betrachtung der Prozesskette bis zum Finish

AFM-Finishing

- Vollautomatisch
- Reproduzierbare Ergebnisse an Außen- und Innen-Geometrien
- Polieren bis < Ra 1,00 möglich
- Bilder eines Kanals mit Freiform-Innengeometrie



...Fragen?
Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



Quellen der Bilder:
Seite 7: Shutterstock
Alle anderen Bilder: AM Metals GmbH

Matthias Winderlich
+49 3731 27450 - 35
matthias.winderlich@am-metals.de
www.am-metals.de

Vom Zahnrad bis zum Motor – Möglichkeiten des metallischen Micro-3D-Drucks

Julian Drechsel

Laserinstitut Hochschule Mittweida

VOM ZAHNRAD BIS ZUM MOTOR – MÖGLICHKEITEN DES METALLISCHEN 3D-DRUCKS

Julian Drechsel, Martin Erler, Robby Ebert, Horst Exner
Lasereinstitut Hochschule Mittweida, Technikumplatz 17, D-09648 Mittweida

Das am LHM etablierte Mikro-SLM-Verfahren ist eine Weiterentwicklung des bereits seit mehreren Jahren in der Industrie verwendeten „makroskopischen“ selektiven Laserschmelzen (SLM). Besonders ist dabei die Verwendung von feineren Pulverkorngrößen im Mikrometerbereich sowie die Verwendung eines geringeren Fokusbereichs. Dadurch lassen sich feineren Bauteile mit Strukturauflösungen von bis zu 50 µm generieren. Da Pulver in dem Korngrößenbereich schlechte Fließeigenschaften aufweist, liegt die Herausforderung darin, reproduzierbare und homogene Pulverschichten aufzutragen. Insbesondere bei der Untersuchung dieser sogenannten Rakelschichten stößt man schnell an messtechnische Grenzen. Für die Untersuchung der Dichte der Schichten wurden Pulverwürfel zur Hilfe genommen. Zudem wurde, um eine Vergleichbarkeit zwischen Mikro- und Makro-SLM Verfahren herzustellen, eine VDI-gerechte Fertigung von Demonstratorteilen durchgeführt.

1. Einleitung

Das am Lasereinstitut Hochschule Mittweida etablierte Verfahren des Mikro-SLM basiert auf der Weiterentwicklung des Selektiven Laserschmelzverfahrens [1]. Durch die Verwendung feinerer Pulverkorngrößen können mit Hilfe des Verfahrens kleinere Strukturauflösungen realisiert werden [2]. Für das konventionelle Makro-SLM Verfahren existiert die VDI 3405: „Laser-Strahlschmelzen metallischer Bauteile“ [3]. Die VDI Norm gibt Hinweise und Empfehlungen zur Messung von Pulverschüttdichte, Rakeldichte und zur Gestaltung von Teststrukturen für die additive Fertigung von Bauteilen. Betrachtet man die Bandbreite in der mittlerweile Mikro-SLM Verfahren unterschiedlichster Art in der Forschung verbreitet sind [4, 5, 6, 7], so ergibt sich die Notwendigkeit der Überprüfung einiger dieser Empfehlungen für den Einsatz bei Mikro-Laserschmelzverfahren.

Eine Analyse in wieweit diese VDI Norm auch für ausgewählte Strukturen des Mikro-SLM angewandt werden kann sollte im Rahmen dieser Untersuchungen mit durchgeführt werden. Zudem konnte mit Hilfe der vorhandenen Versuchstände eine Möglichkeit zur Rakeldichtebestimmung für die vorhandenen Anlagen angewandt werden.

2. Versuchsaufbau und -anordnung

Bei der verwendeten Versuchsanlage handelte es sich um eine Mikro-SLM Forschungsanlage mit einem 400 W cw Faserlaser der Firma IPG. Die Laserstrahlung hatte eine Wellenlänge von 1070 nm und einen Fokusbereich von 26 µm. Das Strahlparameterprodukt des Laserstrahles lag bei 1,3. Die Fokussierung erfolgte mit einer F-Theta Optik mit

einer Brennweite von 255 mm. Die Strahlablenkung wurde mit einem Galvanometerscanner mit einer maximalen Scangeschwindigkeit von 15 m/s auf der Bauteiloberfläche realisiert.

Das verwendete Pulver war Edelstahlpulver 316L mit einer Korngröße von $d_{90} < 10 \mu\text{m}$. Die Versuche wurden mit einer eigens entwickelten Rakelmaschine durchgeführt [4].

3. Versuchsdurchführung

Bei den Untersuchungen mit Edelstahlpulver wurde während des Aufzuges aus einem Pulverreservoir Pulver auf das Substrat aufgebracht. Während des Vorgangs wirkte ein konstanter Druck auf das Pulver um das Pulverbett auf dem Substrat zu verdichten und um einen möglichst homogenen Aufzug zu realisieren. Die eingestellte Pulverschichtdicke während der Versuche lag bei 10 µm. Bei der Verwendung von Mikropulvern war zu beachten, dass die Korngrößen des verwendeten Pulvers zu 90 % Durchmesser kleiner 10 µm betragen. Ein Nachteil bei der Verwendung von Pulvern war, dass die genaue Pulverzusammensetzung auf dem Substrat unbekannt war, da die Kornverteilung lediglich über Pulvercharakterisierende Analysegeräte untersucht werden konnte. Welche Korngrößenverteilung tatsächlich bestrahlt wurde war unbekannt. Zudem hatten Mikropulver die negative Eigenschaft, dass sie nicht mehr fließfähig sind. Die in VDI3405 angegebenen Empfehlungen zur Pulverkornbestimmung können auch für Mikropulver angewandt werden. Die Ermittlung des Fließverhaltens kann aber aufgrund der oben genannten Gründe so nicht übernommen werden. Eine Lösung hierfür steht noch aus. Die Analyse der Klopf- und Schüttdichte nach VDI3405 außerhalb der Arbeitskammer konnte wiederum

durchgeführt werden, stellte aber keine klare Vergleichbarkeit zu den tatsächlichen Aufbaubedingungen im Mikro-SLM Prozess dar.

Um Die Bedingungen während des Prozesses nachbilden zu können wurde für die Untersuchung der Rakeldichte mit dem Mikro-SLM-Verfahren ein Pulverwürfel verwendet. Während des Aufbauprozesses eines Pulverwürfels wurde ein 1 cm³ Referenzwürfel mit den gleichen, bekannten Aufbauparametern erzeugt. Die Kantenlänge von 1 cm hatte den Vorteil, dass sie die DIN-Norm 3369 [8] für die Dichtebestimmung mit Hilfe des archimedischen Verfahrens erfüllte. Der Unterschied des Pulverwürfels im Gegensatz zum Referenzwürfel lag in seiner Beschaffenheit. Während der Referenzwürfel aus Vollmaterial aufgebaut wurde, hatte der Pulverwürfel einen vorher definierten kugelförmigen Hohlraum im Inneren (Bild 1). Da die beiden Würfel mit denselben Parametern realisiert wurden sollte die resultierende, relative, Dichte der beiden Körper nahezu gleich sein (abgesehen von den in Sinterprozessen immer auftretenden Schwankungen [9]).

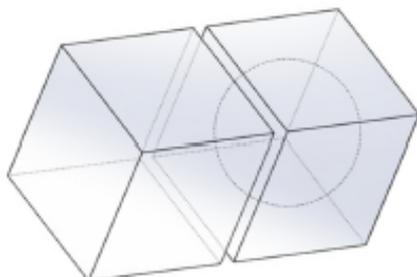


Bild 1: schematische Darstellung Referenzwürfel und Pulverwürfel mit kugelförmigem Hohlraum

Während der Herstellung verblieb verdichtetes, ungesintertes Mikropulver im Inneren des Pulverwürfels. Am Ende der Bauteilgenerierung erhielt man zwei Würfel, deren relative Dichte identisch sein sollte. Da ungesintertes Mikropulver eine geringere Dichte aufweist als versintertes Pulver sollten die Massen der beiden Würfel unterschiedlich sein. Diese Differenz konnte mit Hilfe des archimedischen Dichtemessverfahrens analysiert werden. Da die Größe der Kugel im Inneren des Würfels bekannt war, konnte aufgrund der unterschiedlichen Dichten und Massen der Würfel ein Rückschluss auf die tatsächliche Menge des unverdichteten Pulvers im Inneren des Pulverwürfels geschlossen werden. Mit dem Wissen, dass der Pulverwürfel ein anderes Gewicht als der Referenzwürfel aufwies konnte eine Aussage über die Rakeldichte des Pulvers während des Prozesses getroffen werden.

Weiterhin waren die chemische Zusammensetzung und damit die maximal erreichbare Dichte für das Material bekannt.

Neben den Untersuchungen zur Rakeldichte wurden mit den folgenden Parametern, welche eine möglichst hohe relative Dichte erzeugen konnten, Teststrukturen nach VDI3405 erstellt. Hierfür wurden verschiedene Designvorschläge für den Aufbau analysiert und produziert. Die Analyse bezog sich auf:

- Spaltmaß
- Überhänge
- Neigungen
- Überbrückungen

Die Bauteile wurden mit einer Laserleistung von 33-40 W, einer Scangeschwindigkeit von 2 m/s, einem Linienabstand von 20 µm sowie einer Schichtdicke von 10 µm angefertigt. Die resultierende Volumenenergiedichte nach VDI3405 ergab 80-100 J/mm³. Die Bauteile wurden mit Hilfe eines Auflichtmikroskops analysiert.

4. Ergebnisse und Diskussion

4.1. Teststrukturen nach VDI3405

Der Aufbau von Pulverwürfel und Referenzwürfel hat ergeben, dass ein Würfel mit einer Kantenlänge von 1 cm und einer relativen Dichte von 99,88 % (archimedisch bestimmt) mit dem Mikro-SLM-Verfahren hergestellt werden konnte. Da die theoretischen Werte für Dichten von Edelstahl (z.B. gewalzt) teilweise sehr von den Werten für pulverisiertes Edelstahl abweichen wurde Dichte des Edelstahlpulvers anhand der Einzelelemente im Edelstahlpulver bestimmt. Die relative Dichtebestimmung erfolgte auf Grundlage der theoretisch berechneten Dichte des Edelstahlpulvers aus der EDX Analyse des Herstellers. Die erreichbare Dichte schwankt hier je nach Beimischungen zum Eisen um rund 2 %. Da die genaue Stoffzusammensetzung während des Prozesses nicht genau bekannt ist wurde der herstellereitige Mittelwert des Pulvers als Zieldichte verwendet. Die sich hieraus ergebende Dichte von $\rho_{mittel} = 7,864 \text{ g/cm}^3$ wurde jedoch nie erreicht, da bei Sinteraufbauten immer eine Restporosität vorhanden ist.

Element	Dichte Elemente in g/cm ³	Menge im Pulver in %		
		Von	Mittelwert	Bis
Cr	7,14	16	16,4	18
Ni	8,908	10	10,3	14
Mo	10,28	2	2,2	3
Mn	7,47	0	1,53	2
Si	2,33	0	0,72	1
P	1,82	0	0,03	0,04
C	1,77	0	0,016	0,030
S	2,1	0	0,003	0,03
Fe	7,874	72	68,80	61,9
Resultierende Stoffdichte		7,908	7,864	7,889

Die Ergebnisse des Referenzwürfels erreichten Werte von $\rho = 7,855 \text{ g/cm}^3$, wobei in Bild 2 dargestellt die archimedische Dichtemessung trotz der hohen Genauigkeit der Feinwaage ($\Delta m \pm 0,001 \text{ g}$) noch Abweichungen von 0,3 % aufwies.



Bild 2: Referenzgraph Edelstahl 316L Dichte Vollmaterial 10 Messungen

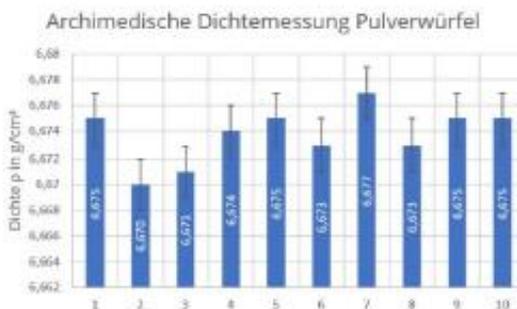


Bild 3: Pulverwürfelgraph Edelstahl 316L Dichte Mit Hohlraum

Aus den gemessenen relativen Dichten von Pulverwürfel und Referenzwürfel kann eine Aussage über die tatsächliche Pulver-Rakeldichte während des Mikro-SLM Prozesses getroffen werden. Das

unverdichtete Pulver im Inneren des Pulverwürfels entspricht der Rakeldichte die während des Prozesses erreicht werden konnte.

Die angeschlossenen Untersuchungen zu VDI3405 Strukturen ergaben, dass viele der in der VDI3405 dargestellten Strukturen für das SLM Verfahren auch mit Mikroverfahren herstellbar waren.

Spaltmaß

Spaltmaße wurden für das Mikro-SLM-Verfahren in 10 μm Schritten erstellt. Ein durchgängiger Spalt konnte ab 50-60 μm festgestellt werden. Vereinzelt sind noch Anhaftungen im Spalt erkennbar. Das Bild 4 zeigt die Auflichtmikroskopaufnahmen des Spaltes.

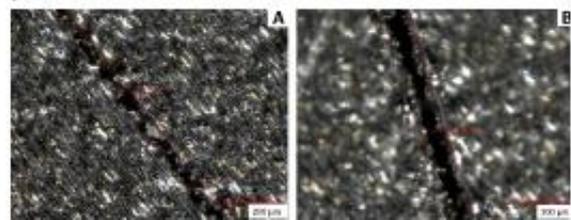


Bild 4: Auflichtmikroskopaufnahmen des Spaltmaßes von 60 μm und 100 μm

Überhänge

Überhänge wurden zunächst mit 1 mm³ großen Quadern als Grundstruktur erstellt und anschließend mit Rechtecken variabler Größe als Überhang aufgesetzt. Diese wurden mit dem Auflichtmikroskop untersucht. Überhänge aller Größen konnten problemlos aufgebaut werden, wobei bei zunehmender Überhanglänge an der Verbindungsstelle zwischen Quader und Überhang eine Schräge ausgebildet wurde (Bild 5).



Bild 5: Auflichtmikroskopaufnahmen von Überhängen mit verschiedenen Überhanglängen (B=100 μm , C=250 μm , D=500 μm)

Neigungen

In den vorliegenden Experimenten wurden verschiedene Neigungswinkel untersucht. Hier konnte festgestellt werden, dass jeder Neigungswinkel bei der Erstellung möglich ist, jedoch mit abnehmendem Neigungswinkel (wobei 0° eine Horizontale darstellt) die Menge an Pulveranhaftungen

an der Unterseite der Struktur zunimmt. Besonders 5° und 15° Winkel weisen eine Vielzahl dieser Anhaftungen auf, welche im Sinterprozess dann entstehen, wenn keine direkte Anbindung an eine Stützstruktur oder an eine unterliegende Struktur existiert und die Laserstrahlung zum Großteil im freien Pulverbett wechselwirkt (Bild 6).

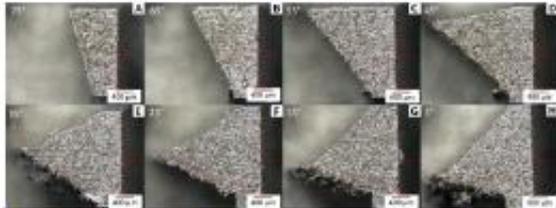


Bild 6: Auflichtmikroskopaufnahmen verschiedener Neigungswinkel zwischen 75° (links oben) und 5° (rechts unten) bei einer Schrittweite von 10°

Überbrückungen

Überbrückungen gelten als Extremfall für Neigungen. Pulverbettbasierte Verfahren benötigen im allgemeinen Stützstrukturen zur Generierung von Überbrückungen.

Bei den durchgeführten Untersuchungen konnten stützstrukturfreie Überbrückungen von bis zu 4 mm Länge aufgebaut werden. In Bild 7 sind eine Vielzahl der erzeugten Überbrückungen sowie eine Nahaufnahme einer Brücke erkennbar.

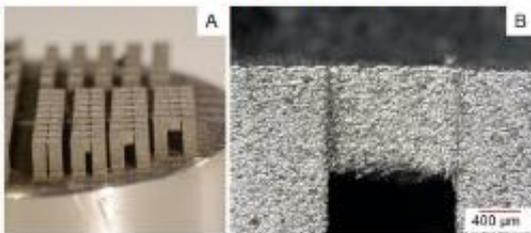


Bild 7: Fotografie der erstellten Brücken (A) sowie Auflichtmikroskopaufnahmen einer Brücke im Detail (B).

4.2 Demonstratoren

Uhrwerksteile

Mit den Erkenntnissen, die sowohl die Dichte der Strukturen als auch die Möglichkeit der Freiformgestaltung betreffen, konnten nun verschiedene Demonstratoren erzeugt werden. Als Demonstratoren wurden Teile eines mechanischen Uhrwerkes gefertigt, da diese durch ihre Hochpräzise Fertigung besondere Herausforderungen darstellten. Nachdem zunächst eine STL Konstruktion des vorhandenen Uhrwerkes angefertigt wurde um die einzelnen Teile des Uhrwerkes mit dem Mikro-SLM-Verfahren herstellen zu können wurden alle

Teile des Uhrwerkes angefertigt. Eine Auswahl der hergestellten Teile ist in Bild 8 dargestellt.



Bild 8: Zahnräder und Teile der Unruh im direkten Vergleich Originalteil und mittels Mikro-SLM hergestelltes Bauteil

Bei der Anwendung des Mikro-SLM-Verfahrens für die Herstellung von Uhrwerksteilen hat sich die Einhaltung der geforderten Oberflächenrauigkeit als größte Herausforderung herausgestellt. Während Zahnräder und Zähne sowie Formen gut herstellbar waren, stieß das Verfahren bei der Oberflächenrauigkeit an seine Grenzen. Für Uhrwerksteile ist es wichtig, dass diese möglichst Reibungsfrei und Formgenau gefertigt werden. m dies zu gewährleisten muss das Verfahren dahingehend weiter optimiert werden.

Wappenring

Neben den Untersuchungen zur Geometrieerzeugung wurde das Verfahren auch verwendet um die Machbarkeit von Feinstrukturen zu untersuchen. Hierfür wurde der in Bild 9 gefertigte Demonstrator Ring erstellt, welcher die Wappen des Passauer Rathausturmes beinhaltet. Diese konnten ohne Probleme erzeugt werden und wurden lediglich zur Nacharbeitung noch poliert.



Bild 9: Wappenring – Hergestellt mit dem Mikro-SLM Verfahren, nachtäglich poliert und vergoldet

Motor

Für die Erstellung eines beweglichen Bauteiles wurden die Erkenntnisse der VDI Untersuchungen gebündelt und ein Strukturbauteil in Anlehnung an einen 3-Zylinder Motor [10] gefertigt. Der Motor wurde mit Hilfe des Mikro-SLM-Verfahrens aufgebaut wodurch ein bewegliches und funktionsfähiges 3D-Modell erstellt werden konnte. Der in Bild 10 dargestellte Motor vereint die Nutzung von Neigungen, Überhängen, Spaltmaßen in einer Art die so noch nicht oft im Mikro-SLM-Verfahren Anwendung fand.



Bild 10: 3-Zylinder Motor, voll beweglich gesintert ohne Stützstrukturen

5. Zusammenfassung

Die in der VDI3405 dargestellten Gestaltungsempfehlungen für SLM Verfahren konnten auch für das Mikro-SLM Verfahren angewandt werden. Abstriche wurden bei der Pulveranalytik gemacht, da Mikropulver sich nicht wie Makropulver verhielten. Die Rakeldichte konnte während des Sinterprozesses mit Hilfe von Referenz und Pulverwürfel bestimmt werden und lieferte vergleichbare Ergebnisse zu anderen Messverfahren. Präzisionsteile und Demonstratoren konnten mit Hilfe der VDI3405 erstellt werden und boten eine Vielzahl an Anwendungsmöglichkeiten insbesondere an vertikalen Oberflächen und für Bauteile die im Mikrobereich Stützstrukturfrei hergestellt werden konnten.

6. Ausblick

Im Weiteren müssen die Prozessparameter hinsichtlich der geforderten Oberflächenbeschaffenheit optimiert werden, welcher Gegenstand künftiger Untersuchungen ist.

Für eine noch bessere Nutzung des Mikro-SLM-Verfahrens für Mikroteile muss die Oberflächenbeschaffenheit verbessert und die Oberflächenrauheit der erzeugten Bauteile reduziert werden um mit etablierten Verfahren bei der Erzeugung von

Strukturgrößen im Mikrometerbereich konkurrieren zu können.

Danksagung

Die Autoren bedanken sich bei dem Europäischen Sozialfonds (ESF) und der Sächsischen Aufbaubank (SAB) für die Finanzierung des Projektes Eila-SAX - Antragsnummer: 100339506.



Diese Maßnahme wird mitfinanziert durch Steuermittel auf der Grundlage des vom Sächsischen Landtag beschlossenen Haushaltes.

Literaturverzeichnis

- [1] A. Streek, M. Erler, R. Ebert, U. Löschner: Untersuchungen zum Hochrate Mikro-SLM, In: Lasermaterialbearbeitung in der digitalen Produktion, DVS-Berichte Band 328, ISBN: 978-3-945023-66-2, S.217-226
- [2] M. Erler, S. Gronau, J. Drechsel, R. Ebert, H. Exner: Prozessoptimierung für die generative Fertigung von Mikro-Wärmeübertragern, In: Scientific Reports, 10. Mittweidaer Lasertagung 2/2017, S.67-71
- [3] VDI VDI-Richtlinie 3405, Additive Fertigungsverfahren – Grundlagen, Begriffe, Verfahrensbeschreibungen Dezember 2014
- [4] J. Drechsel, M. Erler, R. Ebert, H. Exner Pulver- und Prozessuntersuchung für die generative Fertigung von Edelstahlbauteilen mittels Mikro-SLM In: Scientific Reports, 11. Mittweidaer Lasertagung 2019
- [5] C. Noelke, M. Gieseke und S. Kaielerle, „Additive manufacturing in micro scale,“

Journal of Laser Applications, Bde. %1 von %22013-1, pp. 1-6, 2013.

- [6] M. Schniedenharn, M. Belting, R. J. S. Batista, W. Meiners und A. Weisheit, „Micro scale laser based additive manufacturing for metals,“ International Congress on Applications of Lasers & Electro-Optics, pp. 1-6, 2013.
- [7] M. Kniepkamp, J. Fischer und E. Abele, „Dimensional accuracy of small parts manufactured by micro selective laser melting,“ Proceedings of the 27th Annual International Solid Freeform Fabrication Symposium (SFF), pp. 1530-1537, 2016.
- [8] DIN EN ISO 3369
Undurchlässige Sintermetallwerkstoffe und Hartmetalle – Ermittlung der Dichte
August 2010
- [9] A. B. Spierings und G. Levy, „Comparison of density of stainless steel 316L parts produced with selective laser melting using different powder grades,“ in SFF Symposium 2009, St. Gallen, 2009.
- [10] [https://www.thingiverse.com/thing:4575774;](https://www.thingiverse.com/thing:4575774)
abgerufen am 16.04.2021

Additive Fertigung von endkonturnahen Feingussformen mittels Stereolithografie von Keramikresinen

Michel Layher

Ernst-Abbe-Hochschule Jena

Additive Fertigung von endkonturnahen Feingussformen mittels Stereolithografie von Keramikresinen

Layher, M.¹; Hopf, A.¹; Just, D.¹; Bliedtner, J.¹; Reichenbacher, H.²; Antonow, F.²

¹ Ernst-Abbe-Hochschule Jena – AG Fertigungstechnik / Fertigungsautomatisierung

² Schubert & Salzer Feinguss Bad Lobenstein GmbH

3D-Druck in der Anwendung

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

02. Juni 2021

Hochschule Mittweida

© EAH Jena

Arbeitsgruppe von Prof. Bliedtner



Forschungsgebiete

- Optiktechnologien
- Lasermaterialbearbeitung
- Additive Fertigung



© EAH Jena

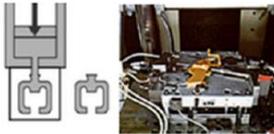
Übersicht

1. Ausgangssituation
2. Materialauswahl- und Charakteristik
3. Belichtungsversuche
4. Entbindern und Sintern
5. Zusammenfassung und Ausblick

© EAH Jena

1. Ausgangssituation – Prozesskette des Feingießens

1. Modellherstellung



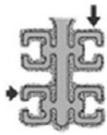
2. Montage der Gießereinheit



3. Tauchen und Besanden



4. Schalenform



5. Modellausschmelzen und Brennen



6. Gießen



7. Entformen

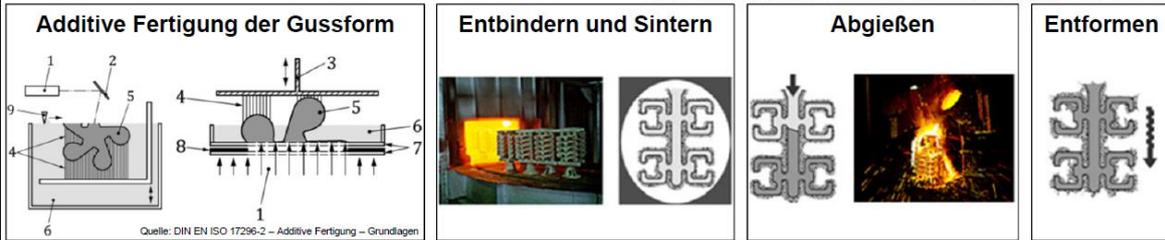


Quelle: Klocke, F.: Fertigungsverfahren 5 – Urformtechnik, Gießen, Sintern, Additive Fertigung. Berlin: Springer 2015.

© EAH Jena

1. Ausgangssituation – Verkürzte Prozesskette

Quelle: Klocke, F.: Fertigungsverfahren 5 – Urformtechnik, Gießen, Sintern, Additive Fertigung. Berlin: Springer 2015.



- Zusammenfassen der Prozessschritte 1 – 4
- Herstellung der Gießformen via Stereolithografie
- Gießformen nach dem Sintern bereit für den Abguss
- Bauteilentformung über Zerstörung der Keramikform

© EAH Jena

2. Materialauswahl- und Charakteristik

- Resin: 3DM-Tough
 - UV-aushärtend
 - $\lambda = 365 \text{ nm} - 405 \text{ nm}$
- Keramikpulver: Martoxid TM-2320 / Martoxid TM-2410 / Martoxid TM-2250
 - silanisierte Oberfläche
 - verschiedene Korngrößen $\rightarrow D50 = 2,0; 3,5; 1,6 \text{ [}\mu\text{m]}$
- Additive: BYK-P 105 / DISPERBYK-111 / DISPERPLAST-1142
 - Dispergiermittel zur Verringerung der Viskosität
 - Eignung für verschiedene Anwendungen (Klebstoffe; Lacke; Plastisole)

© EAH Jena

2. Materialauswahl- und Charakteristik

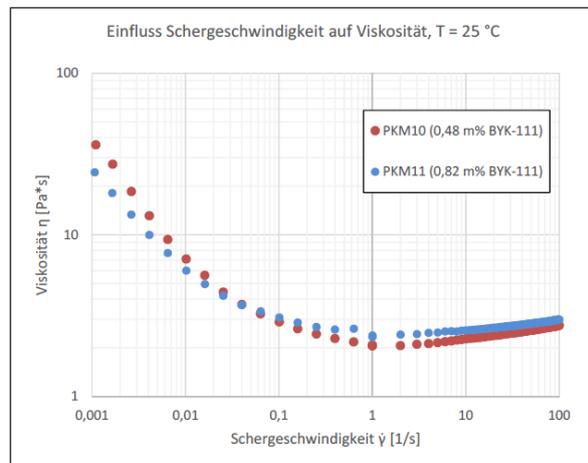
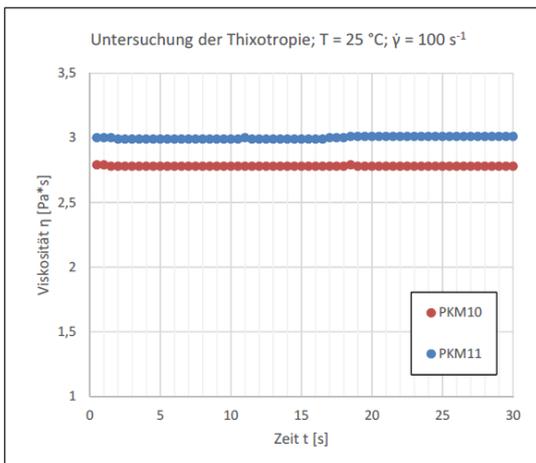
- Abwiegen der Komponenten in gemeinsamen Becher - Reihenfolge: Pulver - Resin - Additiv
- Mischung im Speedmixer; erneutes Mischen nach Abkühlen der Mischungen
- unterschiedliche Ergebnisse hinsichtlich Viskosität



- deutliches Fließen bei Mischungskombinationen PKM10 / PKM11 erkennbar
→ Viskositätsmessungen an PKM10 und PKM11 (3DM-Tough + TM-2320 + BYK-111)

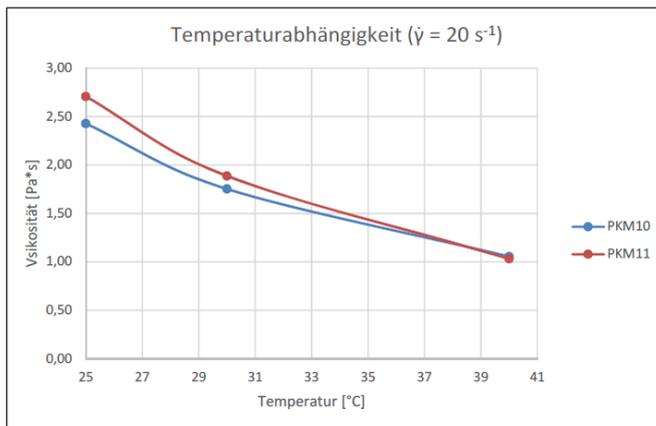
© EAH Jena

2. Materialauswahl- und Charakteristik



© EAH Jena

2. Materialauswahl- und Charakteristik



© EAH Jena

- Verfahren: Platte-Platte
- Messspalt: 0,5 mm
- Ablauf der Messung:
 - Einstellung der Zieltemperatur pro Versuch
 - Probenzugabe; Einstellung vom Messspalt
 - Start der Messung
 - 60 s Wartezeit für weitere Temperierung und Strukturholung
 - Starten der Messung mit einem Scherratenbereich von 1-100 1/s
 - insgesamt 100 Messpunkte mit jeweils 2 s Messzeit

2. Materialauswahl- und Charakteristik

Zwischenergebnis

- **10 Proben aus 3 verschiedenen Pulvern und 3 verschiedenen Additiven** erstellt
- nur die Proben PKM10 und PKM11 weisen ein deutliches Fließverhalten auf
- Viskosität in Abhängigkeit von Scherdauer, Schergeschwindigkeit, Temperatur und Additivanteil gemessen
- geringer Schergeschwindigkeitsbereich ist für die Verarbeitung entscheidend (Breitfließen ohne Recoater)
- PKM10 und PKM11 geeignet (besitzen vergleichbare Kennlinien)
- **Auswahl von PKM10**, da Additivanteil geringer

© EAH Jena

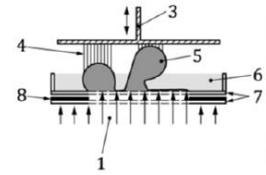
3. Belichtungsversuche

Maschinenauswahl: MiiCraft Hyper 80

- Wellenlänge: 385 nm (DLP)
- Max. Bauraum: 80x45x120 mm³
- XY-Auflösung: 41,5 µm
- Z-Auflösung: 5-200 µm
- Belichtungsintensität: 19,9 – 133,9 W/m²



Quelle: <https://miicraft.com/miicraft-prime-series-hyper-series/>

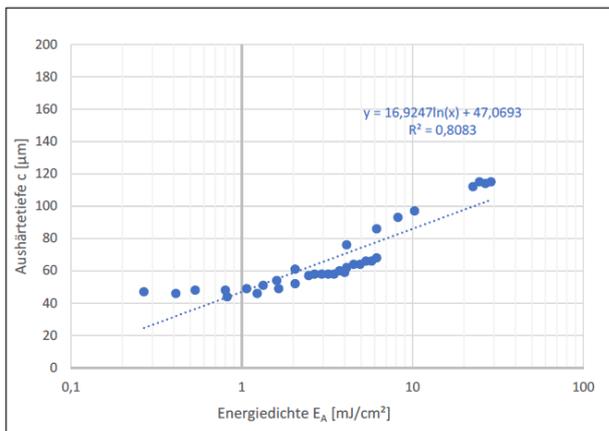


- 1 Lichtquelle
- (2 Umlenkspiegel mit Fokus)
- 3 Bauplattform und Aufzug
- 4 Stützkonstruktion
- 5 Produkt
- 6 Bad mit durch Licht aushärtbarem Harz
- 7 transparente Platten
- 8 Fotomaske

Quelle: DIN EN ISO 17296-2 – Additive Fertigung – Grundlagen

© EAH Jena

3. Belichtungsversuche an PKM 10



© EAH Jena

Durchführung:

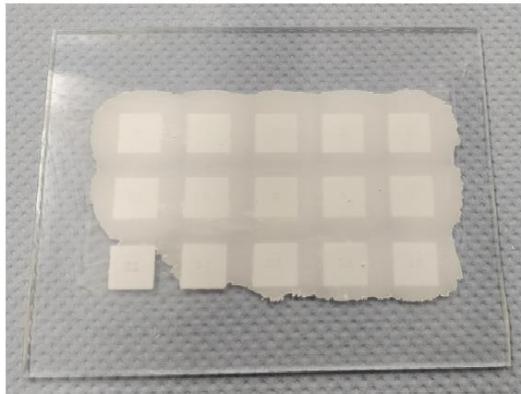
- Generierung verschiedener Belichtungsfelder
- Variation der Energiedichte (Projektorleistung und Belichtungsdauer)

Ergebnis:

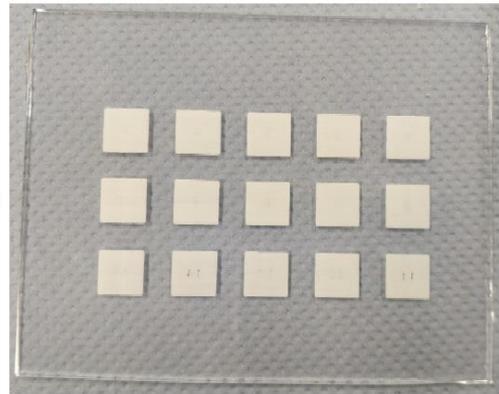
- Kritische Energie $E_c = 0,06 \text{ mJ/cm}^2$
- Optische Eindringtiefe $D_p = 16,9 \text{ µm}$
- Aushärtetiefe:

$$\rightarrow c = 16,9 \cdot \ln(x) + 47 \text{ [µm]}$$

3. Belichtungsversuche – Aushärtung in der Ebene



Überbrand

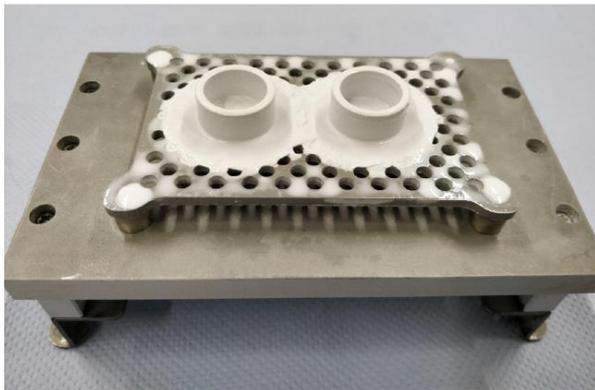


Optimiertes Prozessfenster

© EAH Jena

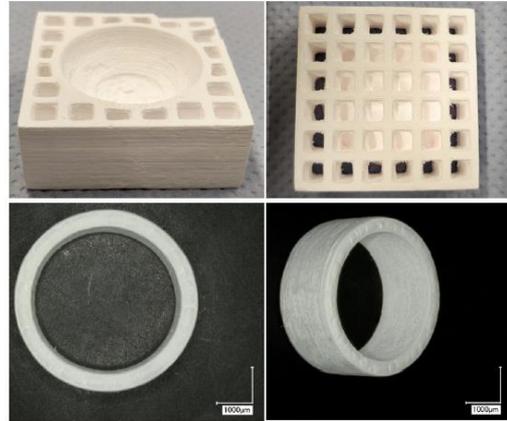
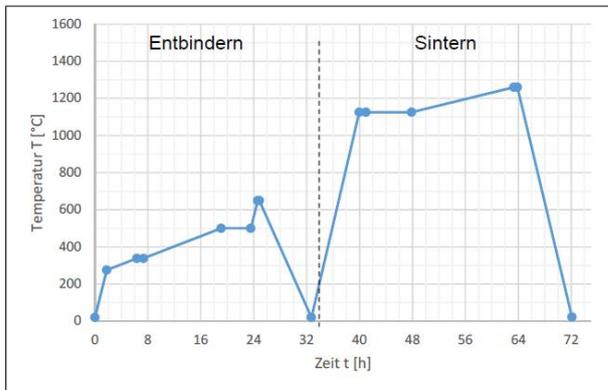
3. Belichtungsversuche – Volumenkörperfertigung

Ringgeometrie ($D = 20 \text{ mm}$; $h = 10 \text{ mm}$) aus PKM10



© EAH Jena

4. Entbindern- und Sintern

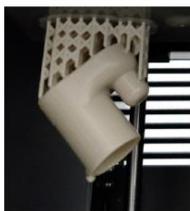


gesinterte Bauteile

- Erstversuch zur Sinterung
- Sinterung in Stufen bis auf 1240 °C

© EAH Jena

4. Entbindern- und Sintern – Demobauteil



Grünling



Bauteil entbindert und gesintert



Gießtraube

Kriterien:

- Resinentfernung aus Hinterschneidung
- Ermittlung des Schrumpfverhaltens
- Überprüfung der Form- und Maßhaltigkeit
- Untersuchung des Gießverhaltens

© EAH Jena

5. Zusammenfassung und Ausblick

- Entwicklung eines Resins (PKM10) zur Abbildung der keramischen AM-Prozesskette
- Reproduzierbare Fertigung an handelsüblichem DLP-Drucker möglich
- sehr guter (reproduzierbarer) Grünzustand der Bauteile
- erfolgreiches Entbindern und Sintern der Bauteile möglich
- Optimierung der Belichtungs- / Fertigungsparameter
- Reduzierung von Rissen und Verzug
- vollständige Einbindung in den Gießprozess

© EAH Jena

Danksagung

Das Verbundvorhaben „ProKeram - Entwicklung einer durchgängigen Prozesskette zur additiven Herstellung von keramischen Feingussformen“ (Förderkennzeichen ZF4039616CM9) wird durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages



© EAH Jena

3D-Druck von dreidimensionalen Grünkörpern zur Fertigung von optischen Bauteilen aus Quarzglas

Anne-Marie Schwager

Ernst-Abbe-Hochschule Jena

3D Druck von dreidimensionalen Grünkörpern zur Fertigung von optischen Bauteilen aus Quarzglas

Schwager, A.-M.¹; Dellith, J.²; Just, D.¹; Wiemuth, P.^{1,2}; Hopf, A.¹; Bliedtner, J.¹; Müller, R.²; Reichel, V.²; Wondraczek, K.²; Ortmann, L.³; Brick, U.⁴; Hennicke, J.⁵; Höner, M.⁶

¹ Ernst-Abbe-Hochschule Jena, Jena

² Leibniz-Institut für Photonische Technologien, Jena

³ QSIL GmbH Quarzschmelze Ilmenau, Ilmenau

⁴ BURMS - 3D Druck Jena GmbH & Co.KG, Jena

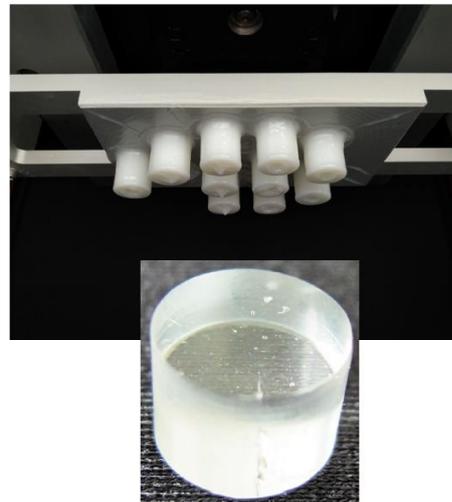
⁵ FCT Systeme GmbH, Frankenblick

⁶ Heraeus Quarzglas GmbH & Co. KG, Kleinostheim

www.eah-jena.de

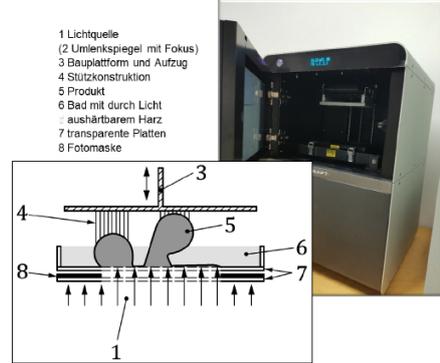
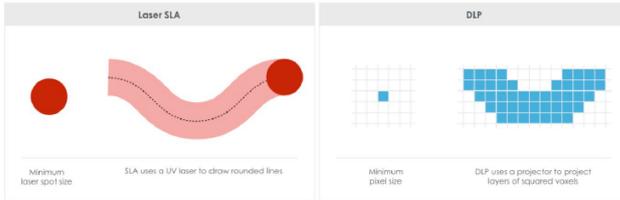
Agenda

1. Motivation
2. Grundlagen
3. Experimentelle Methoden
4. Ergebnisse
5. Zusammenfassung & Ausblick



2. Grundlagen

- Stereolithografie mittels Flächenlichtquelle
 - DLP®- Lichtquelle
 - Inverse Baukinematik (Bottom Up)
 - Desktop-Modelle → Materialentwicklung



Quelle: DIN EN ISO 17296-2 – Additive Fertigung – Grundlagen

Quelle: <https://theorthocosmos.com/laser-sla-vs-dlp-vs-masked-sla-3d-printing-technology-compared/>

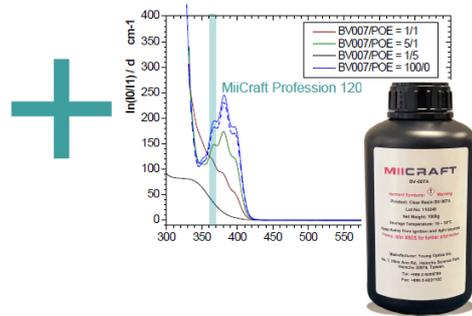
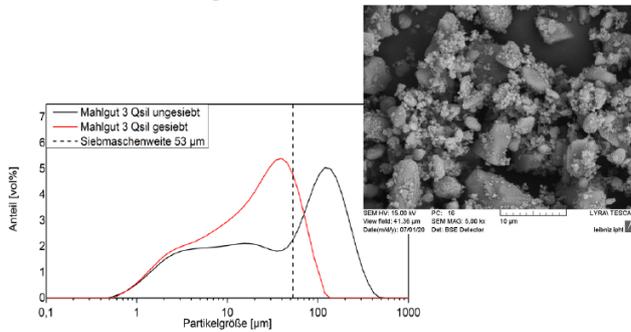
02.06.2021

Anne-Marie Schwager | AG Bliedtner | Ernst-Abbe-Hochschule Jena

5

3. Experimentelle Methoden

- Entwicklung des Glasresins



→ Dispergieren & Homogenisieren zur Herstellung von Glasresinen mit unterschiedlicher Zusammensetzung

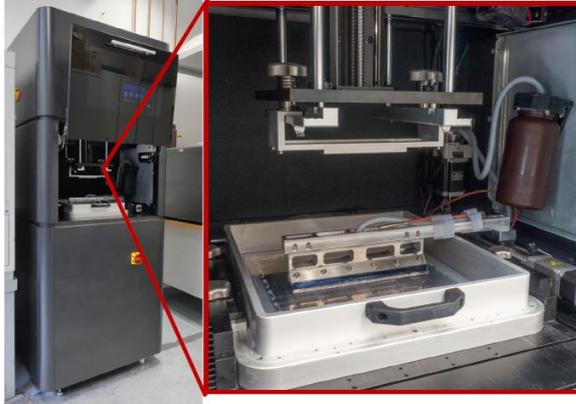
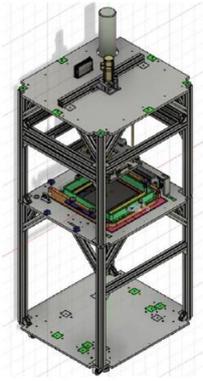
02.06.2021

Anne-Marie Schwager | AG Bliedtner | Ernst-Abbe-Hochschule Jena

6

3. Experimentelle Methoden

- Anlagenentwicklung „SLA Glas“ → Weiterentwicklung der MiiCraft Profession 120



Wellenlänge: 365 nm (DLP)
 Max. Bauraum: 120 x 67 x 190 mm³
 XY-Auflösung: 30 µm
 Z-Auflösung: 6,25...500 µm
 Belichtungsintensität: 0,4 – 40 W/m²

→ **Rakelsystem** auf Grund von **hochviskosen Glasresinen** notwendig

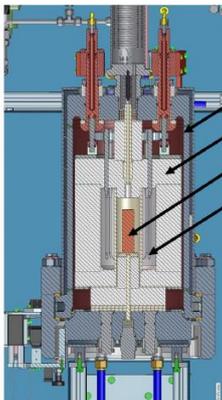
02.06.2021

Anne-Marie Schwager | AG Bliedtner | Ernst-Abbe-Hochschule Jena

7

3. Experimentelle Methoden

- Anlagenentwicklung „Hochtemperatur- Gasdrucksinterofen“



Druckbehälter
 Isolation
 Probe
 Heizer



Atmosphäre: techn. Luft
 T_{\max} : 1700...1750 °C
 P_{\max} : 100 bar

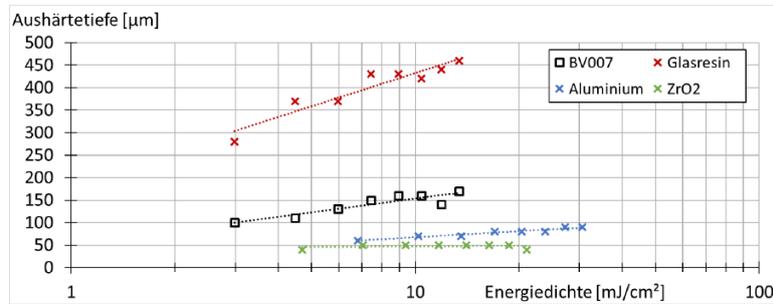
02.06.2021

Anne-Marie Schwager | AG Bliedtner | Ernst-Abbe-Hochschule Jena

8

4. Ergebnisse

- SLA-Prozessentwicklung
 - Vergleich der Reaktivität von Glas-, Keramik- oder Metallresinen



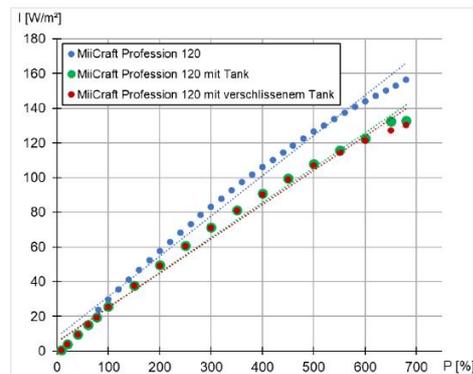
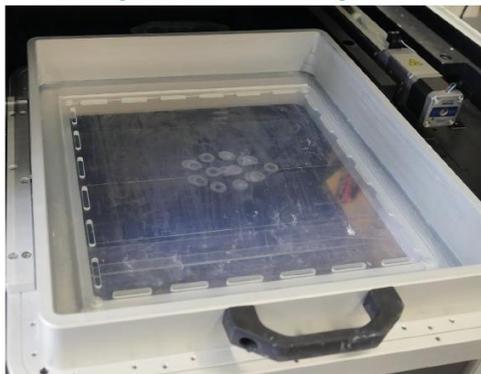
02.06.2021

Anne-Marie Schwager | AG Bliedtner | Ernst-Abbe-Hochschule Jena

9

4. Ergebnisse

- SLA-Prozessentwicklung
 - Leistungsdichtemessung



02.06.2021

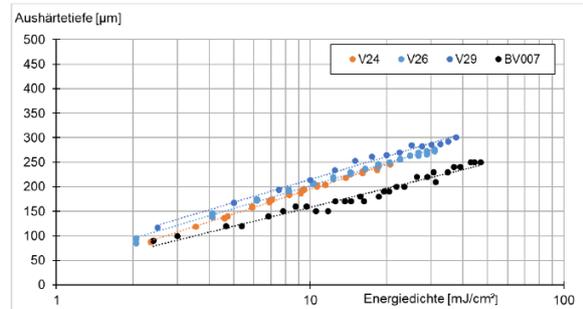
Anne-Marie Schwager | AG Bliedtner | Ernst-Abbe-Hochschule Jena

10

4. Ergebnisse

- SLA-Prozessentwicklung
 - Vergleich unterschiedlicher Zusammensetzungen des Glasresins

Probe	Resin [wt %]	SiO ₂ [wt %] d ₅₀ < 53 µm	SiO ₂ [wt %] d ₅₀ < 40 µm	POE [wt %]
V 24	50	-	50	-
V 26	50	50	-	-
V 29	35	50	-	15
BV007	100	-	-	-



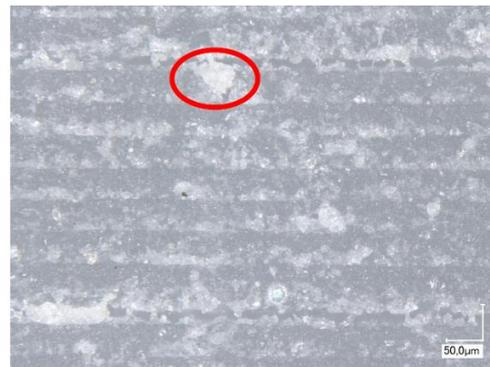
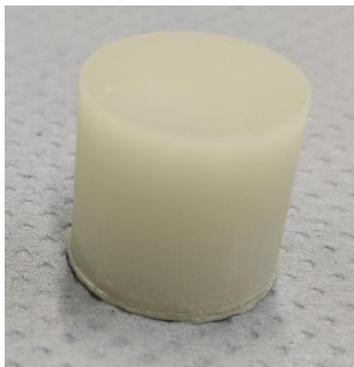
02.06.2021

Anne-Marie Schwager | AG Bliedtner | Ernst-Abbe-Hochschule Jena

11

4. Ergebnisse

- SLA-Prozessentwicklung
 - Vergleich unterschiedlicher Zusammensetzungen des Glasresins



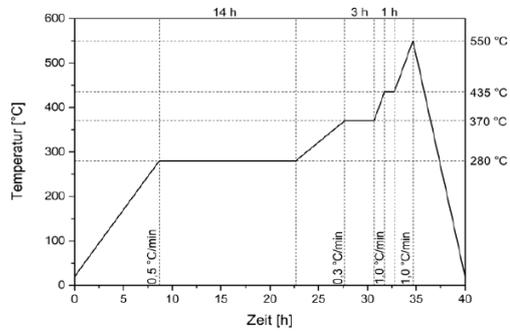
02.06.2021

Anne-Marie Schwager | AG Bliedtner | Ernst-Abbe-Hochschule Jena

12

4. Ergebnisse

- Post Processing: Entbinderung & Verglasung
 - Thermischer Ofenprozess zum Entfernen des organischen Binders



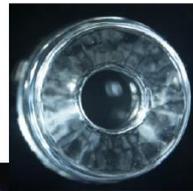
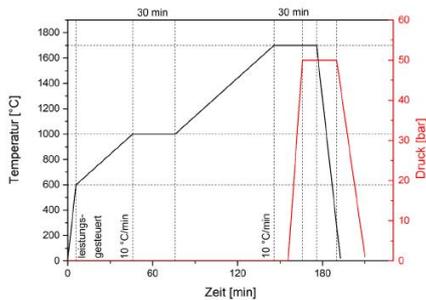
02.06.2021

Anne-Marie Schwager | AG Bliedtner | Ernst-Abbe-Hochschule Jena

13

4. Ergebnisse

- Post Processing: Entbinderung & Verglasung
 - Gasdruck-Sinterprozess zum formstabilen Sintern und Verglasen



→ UV-NIR Spektroskopie: Quarzglas in guter optischer Qualität ohne Defektbanden im UV-VIS, mit sehr niedriger OH-Konzentration und geringer Streuung

02.06.2021

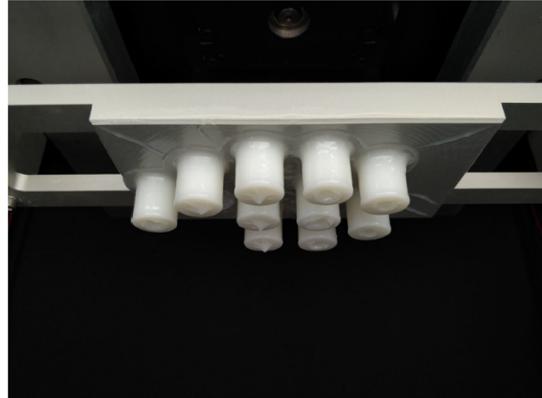
Anne-Marie Schwager | AG Bliedtner | Ernst-Abbe-Hochschule Jena

14

5. Zusammenfassung und Ausblick

- SiO₂- **Grünkörperfertigung** mittels SLA möglich
 - SiO₂- Partikeldurchmesser < 40 µm
 - Rakeleinheit notwendig
- **Optische Komponenten** mittels Kombination aus SLA und Gasdruck-Sinterverglasung möglich

→ Prozessentwicklung zur Herstellung von Multimaterialsystemen z.B. Preformen mit Kern-Mantelstrukturen für die Spezialglasfaserherstellung



Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

Die Arbeiten entstanden im Rahmen des Verbundprojektes Hybridglas-SLA (2018VF0034). Das Vorhaben wird durch den Freistaat Thüringen aus Mitteln des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung gefördert.

SEKTION 4

3D-DRUCK in der GESELLSCHAFT

Moderation:

Jörg Matthes, Hochschule Mittweida

Umdenken beginnt im Kopf! 3D-Druck: Smart. Fast. Different.

Joachim Kasemann

Mark3D GmbH

3D Druck in der Gesellschaft

Umdenken beginnt im Kopf!
3D-Druck.
Smart.
Fast.
Different.

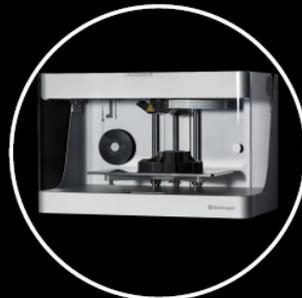
1 02.06.2021



Smart. Fast. Different.



Industrielle Software
Leistungsfähig. Flexibel.
Sicher. Überall erreichbar.



Industrielle 3D Drucker
Präzise und zuverlässige
Hardware



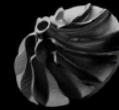
Industrielle Materialien
speziell für
stabile Bauteile mit
exzellenter Oberfläche

2 02.06.2021



Smart. Fast. Different.

- Einfachste Bedienbarkeit, sowohl der Hardware als auch der Software
- Plug and Play auf industriellem Niveau



3 02.06.2021

Markforged

Mark3D
Print Stronger

Verfügbarkeit



Unabhängigkeit



Innovation



4 02.06.2021

Markforged

Mark3D
Print Stronger

Bauteile so stabil wie Aluminium

- Funktionsprototypen
- **Vorrichtungen**, Aufnahmen,
- Betriebsmittel, **Produktionshilfsmittel**
- Endbauteile aus Kunststoff und Metall



5 02.06.2021

Markforged

Mark3D
Print Stronger

... die **ideale Ergänzung**
zur mechanischen
Fertigung!



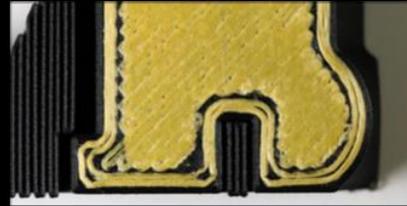
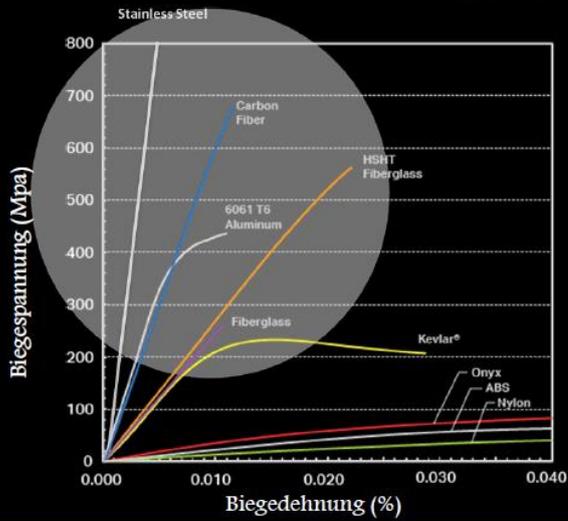
© Jack Raben

6 02.06.2021

Markforged

Mark3D
Print Stronger

Carbon – stabiler als Aluminium



7 02.06.2021

Markforged

Mark3D
Print Stronger

Matrix Materialien



Onyx

Nylon PA6 mit Carbonkurzfasern.
145°C Wärmeformbeständigkeit.



Onyx FR

Sämtliche Eigenschaften wie Onyx und brandklassifiziert nach UL94 V-0.



Onyx ESD fähig

Oberflächenwiderstand
 $10^5 - 10^7 \Omega$

8 02.06.2021

Markforged

Mark3D
Print Stronger

Zwei Düsen für zwei Materialien

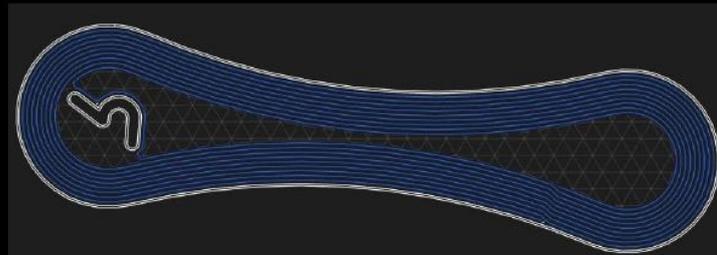


9 02.06.2021

Ein Bauteil. Tausende Endlosfasern.

Continuous Filament Fabrication (CFF) ist eine **patentierte Technologie**, mit welcher Markforged Kunden 3D gedruckte Bauteile in extremer Stabilität fertigen können.



10 02.06.2021

Nutzen Sie Ihre vorhandenen Konstruktionen

Mit Fasern verstärkte
3D gedruckte Bauteile
können viele
Aluminiumbauteile direkt
ersetzen.



11 02.06.2021

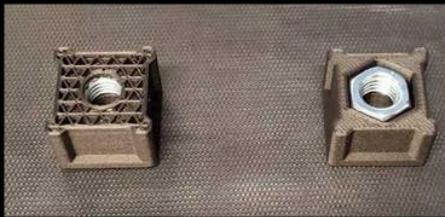
Markforged

Mark3D
Print Stronger

Eingebettete Bauteile

Integrierte Bauteile erweitern
das Einsatzspektrum Ihrer
gedruckten Bauteile.

Kombinieren Sie 3D-Druck
mit DIN- und Normteilen

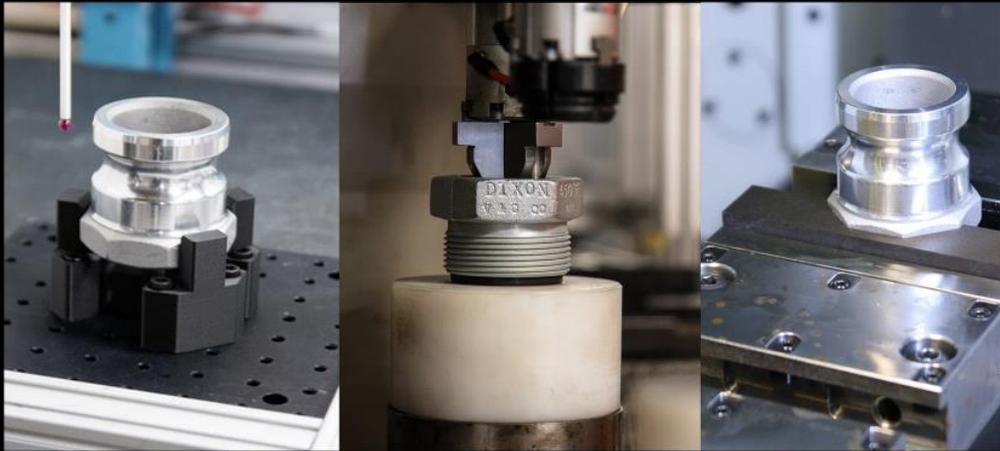


12 02.06.2021

Markforged

Mark3D
Print Stronger

Das richtige Werkzeug für jede Anwendung



13 02.06.2021

Markforged Mark3D
Print Stronger

Bauteil:	Robotergreifer
3D gedruckt	
Druckkosten:	€ 28,50
Druckzeit:	10 Stunden
Material:	Onyx und Glasfaser
Mechanisch gefertigt	
Kosten:	€ 273,00
Lieferzeit:	72 Stunden
Material:	Stahl



14 02.06.2021

Markforged Mark3D
Print Stronger

Bauteil: Messvorrichtung

3D gedruckt

Druckkosten: € 330,00

Druckzeit: 3 Tage

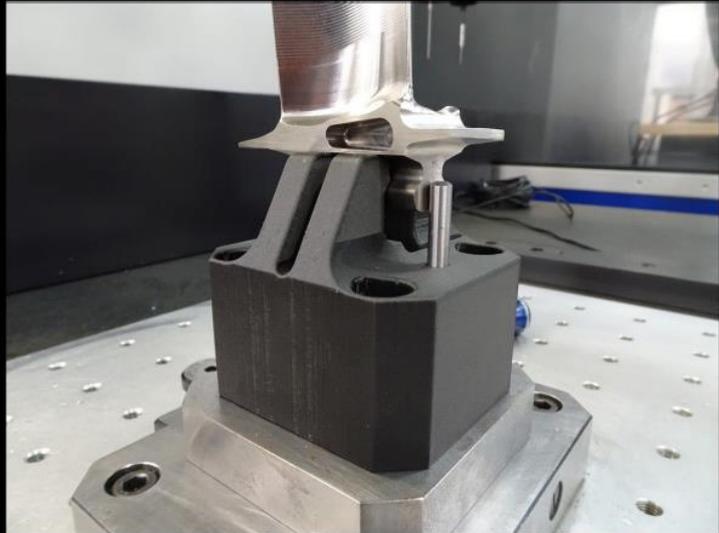
Material: Onyx und Carbon

Mechanisch gefertigt

Kosten: € 1.590,00

Lieferzeit: 10 Tage

Material: Stahl



15 02.06.2021

Markforged

Mark3D
Print Stronger

Bauteil: Reibschweißbacke

3D gedruckt

Druckkosten: € 48,00

Druckzeit: 11 Stunden

Material: Onyx

Mechanisch gefertigt

Kosten: € 1.200,00

Lieferzeit: 21 Stunden

Material: Stahl



16 02.06.2021

Markforged

Mark3D
Print Stronger

Bauteil: Magnetgreifer für Montageanlage

3D gedruckt

Druckkosten: € 38,05

Druckzeit: 13 Stunden

Material: Onyx

Mechanisch gefertigt

Fertigungskosten: € 217,00

Material: Aluminium

Deutlich **weniger Störungen** und Stillstandszeiten



17 02.06.2021



Bauteil: Magnetgreifer

3D gedruckt

Druckkosten: € 71,20

Druckzeit: 24 Stunden

Material: Onyx

Mechanisch gefertigt

Fertigungskosten: **Bauteil ist nicht herstellbar**

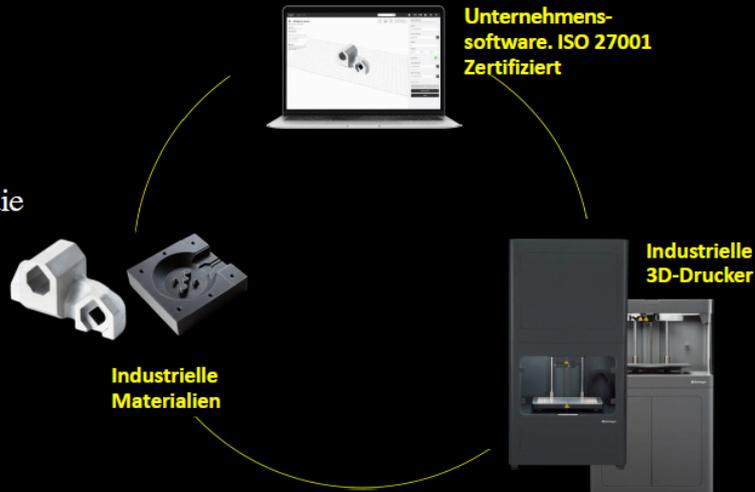


18 02.06.2021



Die digitale Schmiede

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



19 02.06.2021

Fertigung zu Hause?

- ✓ 230 V Spannung
- ✓ Kein Geruch, gesundheitsschädliche Flüssigkeiten, Pulver oder Chemie
- ✓ Einfach zu transportieren, installieren und bedienen
- ✓ Industrielle Maschinen und Materialien
- ✓ Stärkstes nichtmetallisches Material im 3D-Druckbereich
- ✓ Lässt sich mit dem Smartphone bedienen
- ✓ Fertigen Sie Werkzeuge, Vorrichtungen, usw.
- ✓ Fertigen Sie 1, 5, 10, 100 oder mehr Bauteile



20 02.06.2021



Der Metal X

Bauraum 300 mm x 220 mm x 180 mm

Materialien.

- 1.4542 Edelstahl
- 1.2344 Werkzeugstahl
- 1.2363 Werkzeugstahl
- 1.2379 Werkzeugstahl
- 1.7744 Inconel 625
- Kupfer (99,8 %)



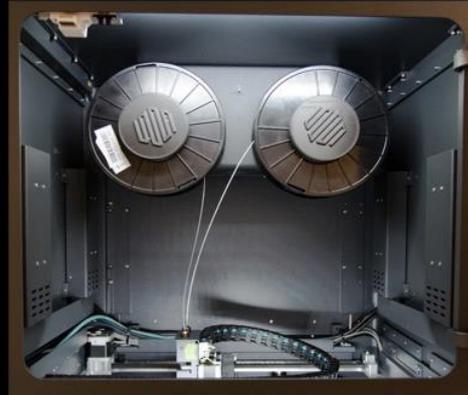
22 02.06.2021




Einfachster Materialwechsel!

1 kg Spulen (200 cm³)

Materialwechsel in **wenigen Minuten**



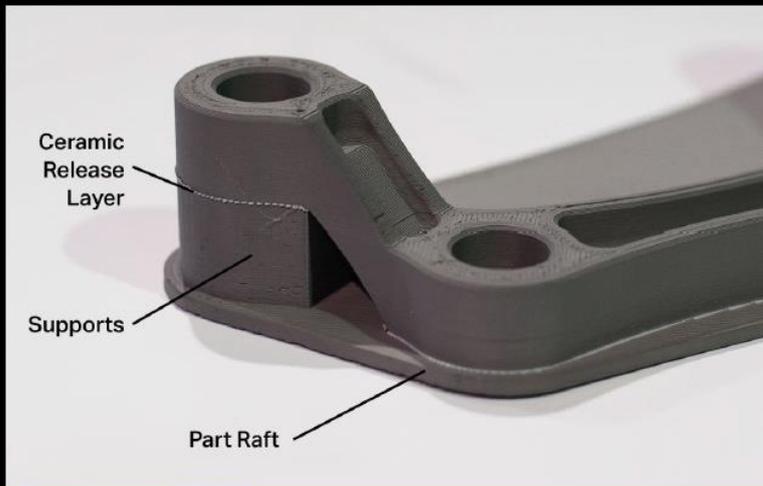
23 02.06.2021

Markforged

Mark3D
Print Stronger

Stützstruktur entfernen?

Stützstruktur zwecks
Schwindungsausgleich aus
gleichem Material



24 02.06.2021

Markforged

Mark3D
Print Stronger



Metal X



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

26 02.06.2021

Markforged Mark3D
Print Stronger

Kundenanwendung



- PKD Fräser
- **Einsparung:**
 - Zeit: 66 %
 - Kosten: 75 %
 - Gewicht: 60 %
 - Standzeit: x 4

27 02.06.2021

 Markforged

 Mark3D
Print Stronger

Umdenken beginnt im Kopf!

Fräsen Sie noch oder drucken Sie schon?

28 02.06.2021

 Markforged

 Mark3D
Print Stronger

Herzlichen Dank



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



 **Mark3D**
Print Stronger



Additiv gefertigte Atemschutzmasken – Von der Idee bis zur Serienproduktion

Sebastian Scholz

Fraunhofer IWU – Kunststoffzentrum Oberlausitz

ADDITIV GEFERTIGTE ATEMSCHUTZMASKEN - VON DER IDEE BIS ZUR SERIENPRODUKTION

Prof. Dr.-Ing. Sebastian Scholz, Fraunhofer IWU – Kunststoffzentrum Oberlausitz



1
© Fraunhofer

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

1. DAS FRAUNHOFER KUNSTSTOFFZENTRUM OBERLAUSITZ

- Bestandteil des Fraunhofer-Instituts für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU
- Interdisziplinäres Forscherteam von 30 Mitarbeitern aus den Bereichen: Kunststoff, Leichtbau, Maschinenbau, Fertigungstechnik und Produktdesign
- Zwei neue Technikumsgebäude auf Campus der Hochschule Zittau/Görlitz
- Mission: Angewandte F&E für Industrie im Dreiländereck D/CZ/PL und außerhalb



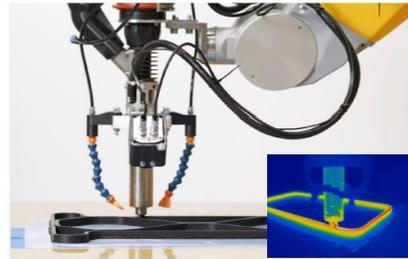
3
© Fraunhofer



1. DAS FRAUNHOFER KUNSTSTOFFZENTRUM OBERLAUSITZ

Überblick Fachbereich – Additive Kunststofftechnologien

- Prozess- und Materialentwicklung
- 3D-Druck für Medizin und Orthopädietechnik
- Wirtschaftliche Formwerkzeuge aus Kunststoff und Verbundwerkstoffen
- Leichtbau durch 3D-Druck mit Endlosfaserverstärkung
- Schneller 3D-Druck mittels Schneckenextrusion (SEAM)



© Fraunhofer

Fraunhofer
IWU

DIE COVID-19 PANDEMIE

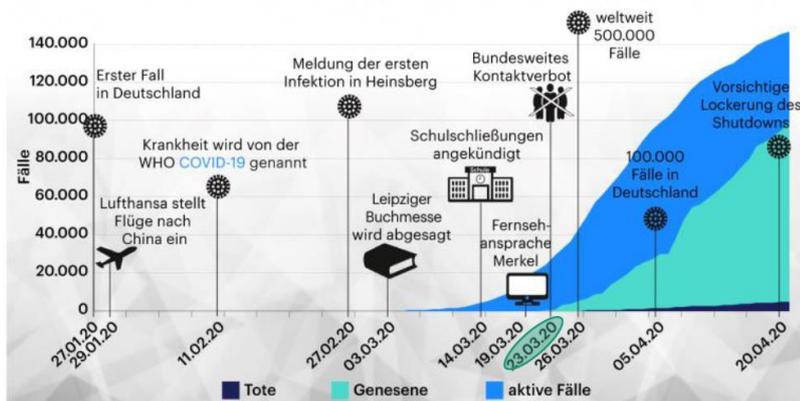


Abb.1: Verlauf der COVID-19 Pandemie Q1/20; Quelle: www.deutschlandfunk.de, Stand: 27.05.2021

7
© Fraunhofer

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

Fraunhofer
IWU

3D-DRUCK VS. COVID-19



Abb. 8: 3D-gedruckte Gesichtsschutzschilde
Quelle: IWU



Abb. 9: FDM-Verfahren
Quelle: IWU

- über die Allianz GENERATIV über 550 Kopf- bzw. Visierhalterungen und Visierkrümmen gefertigt,
- bei »MGA Medical« zu einsatzfähigen Schilden komplettiert
- Anwendung verschiedener additive Fertigungsverfahren + Ausgangsmaterialien:
 - FDM (PET, ABS, PLA, PA)
 - SLS (PA12)

3D-DRUCK VS. COVID-19



Abb.10: Hygienegriff „TROLLGRIP flex“
Quelle: Arnell GmbH



Abb.11: Hygienegriff „PorzHook“
Quelle: 3DPrintNovesia



Abb.12: Tragbarer Hygienegriff „Cleanky“
Quelle: Movement Consulting

3D-DRUCK VS. COVID-19



Abb. 4: Türklinkeerweiterung

Quelle: IWU



Abb. 5: Verschlusskappen für Sterilisationsflaschen

Quelle: IWU

Technologie-Plattform „next3D“ und IWU unterstützten die Uniklinik Leipzig durch:

- additiv gefertigte Verschlusskappen für Sterilisationsflaschen
- Hygiene-Kits für Betten der Intensivstation
- Sterilisationsflaschen, und Röhrchen für Corona-Schnelltests

10
© Fraunhofer

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

Fraunhofer
IWU

3D-DRUCK VS. COVID-19



Abb.13: Abstrichstäbchen für Covid-19-Test auf Basis medizinischer Fotopolymere

Quelle: Henkel/Origin



Quelle: Lonati SpA



Quelle: Parc Tauli



Quelle: Parc Tauli

Abb.14: Ventile für Atemgeräte und weitere medizinische Ersatzteile (SLS-Verfahren)

11
© Fraunhofer

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

Fraunhofer
IWU

3D-DRUCK VS. COVID-19



Abb. 6: Notfall-Beatmungssystem mit integrierter Elektronik und Sensorik

- Auf Basis eines biokompatiblen und dampfsterilisierbaren Kunststoffs,
- Integrierte Elektronik und Sensorik, um relevante Parameter der maschinellen Beatmung einzustellen und zu überwachen



Abb. 7: SLS - Pulverbett des HP (Multi Jet Fusion – Verfahren)

12

© Fraunhofer

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

Fraunhofer
IWU

3D-DRUCK VS. COVID-19



Abb.15: Ventil und Decathlon-Taucherbrille = Beatmungsgerät ; Quelle: Isinnova



Abb.16: Decathlon-Taucherbrille mit Filterträger; Quelle: CD3D Sp. z o. o.

13

© Fraunhofer

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

Fraunhofer
IWU

ATEMSCHUTZMASKEN MITTELS 3D-DRUCK



Abb.17: wiederverwendbarer Maskenrahmen; Quelle: Essentium



Abb.19: Open-Source-Maske; Quelle: Copper3D



Abb.18: wiederverwendbarer Filterträger; Quelle: Fit Additive Manufacturing Group



Abb.20: Atemschutzmaske mit Schraubverschluss im HP MJF-Verfahren; Quelle: CIIRC CTU

14
© Fraunhofer

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

Fraunhofer
IWU

ATEMSCHUTZMASKEN MITTELS 3D-DRUCK



15
© Fraunhofer

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

Fraunhofer
IWU

ATEMSCHUTZMASKE AUS DEM FKO

SÄCHSISCHE SZ DE⁺ 🔍 ☰

Teilen:      

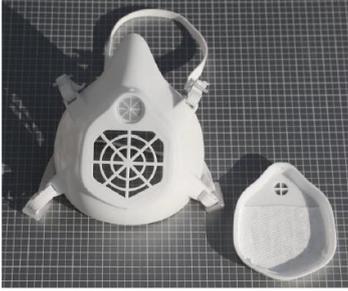
PLUS

ZITTAU
04.04.2020 07:00 Uhr

Atemschutzmasken aus dem 3D-Drucker

Das Fraunhofer Kunststoffzentrum Oberlausitz fertigt die Produkte für den regionalen Bedarf.

Abb. 21: Artikel Sächsische Zeitung vom 04.04.2020



17
© Fraunhofer

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

 **Fraunhofer**
IWU

ATEMSCHUTZMASKE AUS DEM FKO



18
© Fraunhofer

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

 **Fraunhofer**
IWU

5.1 ATEMSCHUTZMASKE „DIY-MASKE“

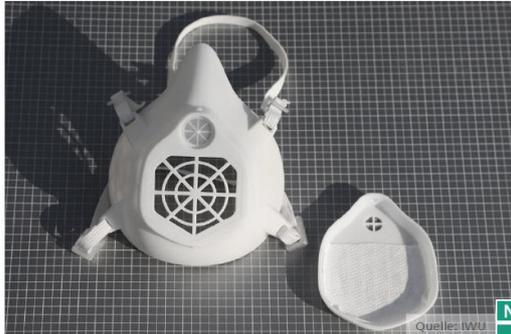


Abb. 22: Atemschutzmaske vom 04.04.2020 mit STFI-Vlies

Quelle: IWU

Tab. 1: Übersicht der Komponenten und Materialien:

Nr.	Komponente	Material / Bemerkung
1	Grundkörper	SLS Verfahren mit PA12
2	Dichtband	Tesa Moll
3	Deckel	SLS Verfahren mit PA12
4	Filter	Meltblown-Vliesstoff aus Polypropylen (Flächengewicht: 25 g/m ²)
5	Ausatemventil	Ø18 mm Silikon
6	Gummiband	Elastikband

19

© Fraunhofer

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

Fraunhofer
IWU

ATEMSCHUTZMASKE AUS DEM FKO



21

© Fraunhofer

Fraunhofer
IWU

ATEMSCHUTZMASKE AUS DEM FKO



22
© Fraunhofer

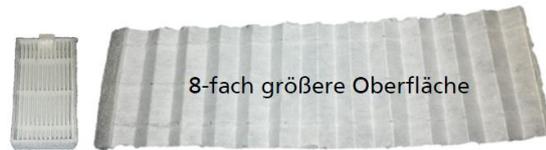
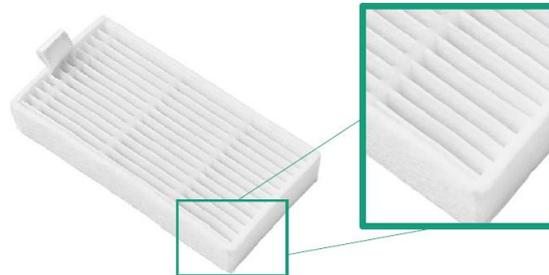
intern

Fraunhofer
IWU

WEITERENTWICKLUNG DER ATEMSCHUTZMASKE



Quelle: Medion



23
© Fraunhofer

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

Fraunhofer
IWU

WEITERENTWICKLUNG DER ATEMSCHUTZMASKE

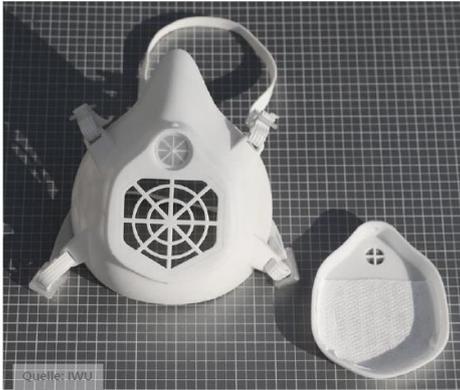


Abb. 22: Atemschutzmaske vom 04.04.2020 mit STFI-Vlies
Quelle: IWU

8x höhere
Luftdurchlässigkeit



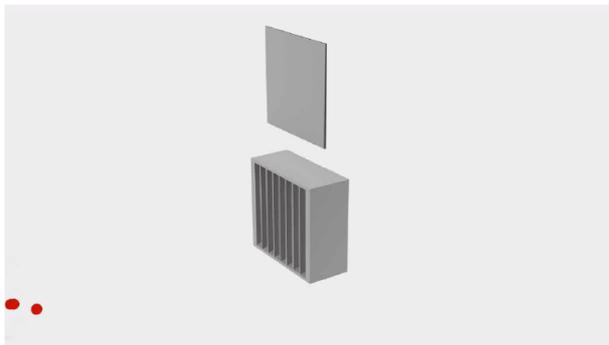
Abb. 23: Atemschutzmaske vom 27.04.2020 mit plissierten Filter
Quelle: IWU

24
© Fraunhofer

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

Fraunhofer
IWU

POTENTIAL DES FALTFILTERS



Vid. 1: Animation des Atemwiderstandes; Quelle: IWU

Der Filter der O-Mask filtert ca. 97 % aller Staubpartikel $> 0,6 \mu\text{m}$ aus der Luft

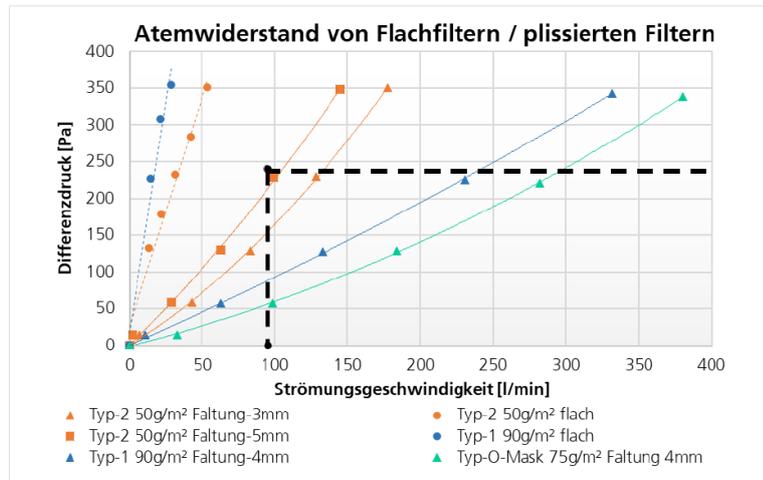
Aufgrund der gefalteten Struktur besitzt der O-Mask-Filter eine 8-fach größere Oberfläche als konventionelle (flache) Filter gleicher Grundfläche. Das sorgt für eine hohe Filtration bei sehr guter Luftdurchlässigkeit.

25
© Fraunhofer

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

Fraunhofer
IWU

POTENTIAL DES FALTFILTERS



26
© Fraunhofer

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

Fraunhofer
IWU

POTENTIAL DES FALTFILTERS



Abb. 29: Filtrationsleistung; Quelle: IWU

- Der Filter erfüllt hinsichtlich Filterdurchlass und Differenzdruck (Atemwiderstand) die in DIN EN 143 definierten Kriterien für die Filterklasse P2.
- Der maximal zulässige Durchlass für Paraffinöl und NaCl entspricht bei FFP2 6%.
- FFP1 entspricht 20% zulässiger Durchlässigkeit.
- Aktuell befindet sich der Filter in der Zertifizierungsphase für FFP2.

27
© Fraunhofer

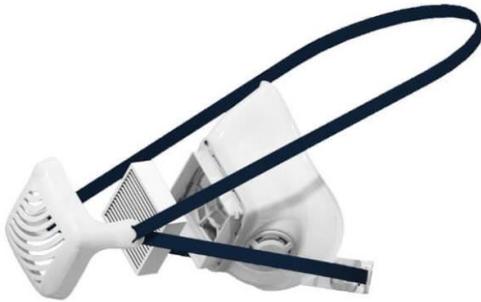
8. Mitteldeutsches Forum Rapid Technologien – 3D-Druck in der Anwendung

Fraunhofer
IWU

„O-MASK“ - DIE ATEMSCHUTZMASKE ALS SERIENPRODUKT



www.o-mask.de



Vid. 2: Herstellung im Spritzgussverfahren; Quelle: HPF GmbH

Abb. 30: O-Mask; Quelle: IWU

28
© Fraunhofer

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



„O-MASK“ - DIE ATEMSCHUTZMASKE ALS SERIENPRODUKT

EasyBreath – einfach Atmen
Die hohe Luftdurchlässigkeit der O-Mask bei gleichbleibender Filterwirkung setzt neue Maßstäbe.

Für Brillenträger geeignet
Die hervorragende Abdichtung am Gesicht erlaubt das Tragen einer Brille ohne Beschlagen der Brillengläser.

AutoSept-Technologie
Die innovative AutoSept-Technologie verleiht der Maske einen selbststerilisierenden Effekt. Viren und Bakterien werden abgebaut.



Wasch- und wiederverwendbar
Der Maskenkörper der O-Mask kann einfach und wiederholt unter fließendem Wasser gereinigt werden.

Geschützter Wechselfilter
Durch das Filterschutzgitter wird der O-Mask Filter vor versehentlichen Berührungen und Verunreinigungen geschützt.

Auch für lange Tragedauer
Durch das leichte und anschmiegsame Material lässt sich die O-Mask auch bequem über einen längeren Zeitraum tragen.

Abb. 31: Vorteile O-Mask; Quelle: www.o-mask.de

29
© Fraunhofer

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



„O-MASK“ - DIE ATEMSCHUTZMASKE ALS SERIENPRODUKT



Vid. 3: Atemschutzmaske fürs Handwerk; Quelle: Orga.nico

30
© Fraunhofer

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

Fraunhofer
IWU

ZUSAMMENFASSUNG



Entwicklungsprozess der O-Mask

31
© Fraunhofer

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

Fraunhofer
IWU

DANKE FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT

Kontakt:

Prof. Dr.-Ing. Sebastian Scholz

Kunststoffzentrum Oberlausitz, Fraunhofer IWU

Theodor-Körner-Allee 6, 02763 Zittau

Telefon +49 3583 54086-4009

sebastian.scholz@iwu.fraunhofer.de



© Fraunhofer

 **Fraunhofer**
IWU

Smart Surface Control: Funktionale Oberflächen für gedruckte Teile

René Pleul

Hochschule Mittweida

SMART SURFACE CONTROL[®]

Funktionale Oberflächen für gedruckte Teile

8. Mitteldeutsches Forum Rapid Technologien - 3D-Druck in der Anwendung
Mittweida, 02.06.2021

Ronny Bernstein, BMF
René Pleul, Hochschule Mittweida
Marco Gerlach, Hochschule Mittweida



www.bmfmbh.de

Fakultät Ingenieurwissenschaften



1

SMART SURFACE CONTROL[®]

Funktionale Oberflächen für gedruckte Teile

1. Problemstellung aus Blickwinkel der additiven Fertigung
2. Smart Surface Control – Konzept als Lösung
3. SSC-fähige Strahltechnologie
4. Prinzipielle Funktionsweise



www.bmfmbh.de

Fakultät Ingenieurwissenschaften

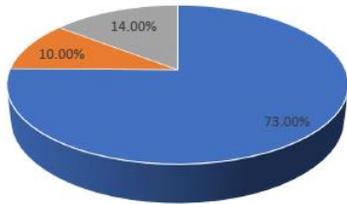


2

Warum ?

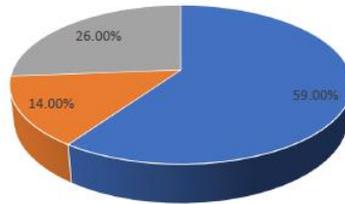
Post Processing / Nacharbeit

Anteilige Fertigungskosten 2014



■ 3D-Print ■ Pre-Process ■ Post-Process ■ Sonstiges

Anteilige Fertigungskosten 2019



■ 3D-Print ■ Pre-Process ■ Post-Process ■ Sonstiges

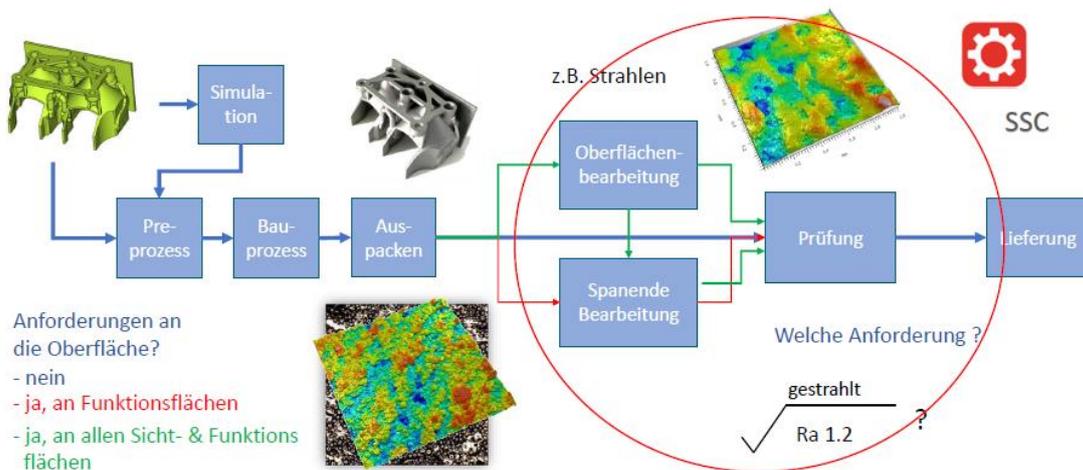


www.bmfmbh.de

Fakultät Ingenieurwissenschaften



3



www.bmfmbh.de

Fakultät Ingenieurwissenschaften



4

SMART SURFACE CONTROL[®]

Funktionale Oberflächen für gedruckte Teile

1. Problemstellung aus Blickwinkel der additiven Fertigung
2. Smart Surface Control – Konzept als Lösung
3. SSC-fähige Strahltechnologie
4. Prinzipielle Funktionsweise



www.bmfmbh.de

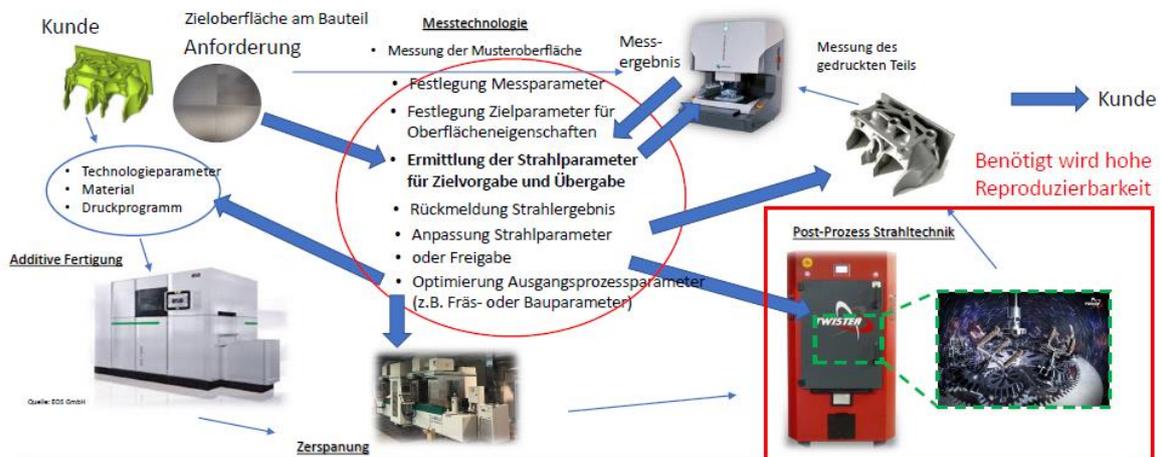
Fakultät Ingenieurwissenschaften



5

SMART SURFACE CONTROL[®]

Grundkonzept: Smart Surface Control (SSC) – Intelligentes Post Processing



www.bmfmbh.de

Fakultät Ingenieurwissenschaften



6

SMART SURFACE CONTROL®

Funktionale Oberflächen für gedruckte Teile

1. Problemstellung aus Blickwinkel der additiven Fertigung
2. Smart Surface Control – Konzept als Lösung
3. SSC-fähige Strahltechnologie
4. Prinzipielle Funktionsweise



www.bmfmbh.de

Fakultät Ingenieurwissenschaften



7

SMART SURFACE CONTROL®

Technologievergleich

Konventionelle Strahltechnik



TWISTER / TORNADO



✓	Flexible Fertigung	✓
✓	Manuelle Einflussmöglichkeit	✓
✗	Automatischer Strahlprozess	✓
✗	Reproduzierbarkeit	✓
✗	Geringer Energieverbrauch (ohne Druckluft)	✓
✗	Geringer Zeit- und Personalaufwand	✓
✗	Geringe Kosten je Bauteil	✓
✗	Hohe Fertigungseffizienz	✓



www.bmfmbh.de

Fakultät Ingenieurwissenschaften



8

Innovative Strahltechnik

Wirkprinzip

- Spezielle Werkstück-Kinematik
- Zentral liegendes Schleuderrad mit patentierter Schaufelradgeometrie
- Strahlmittel-„CLOUD“ statt „Hot-Spot“
- Allseitige Bearbeitung einfacher bis hochkomplexer Bauteilgeometrien
- Druckluftlos

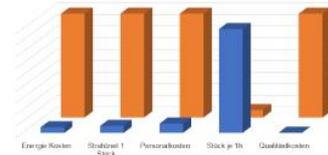


Handling

- Einfache Bedienung → kein Fachpersonal notwendig
- Rezeptur- und Benutzerverwaltung
- Werkstückaufnahme Stecksystem
- Automatisierter Strahlvorgang mit Parametervorgabe Drehzahl & Zeit

Industrie 4.0

- Additiv gefertigte Ersatz- & Verschleißteile
- Tablet für Service-Management & SSC-Datenbank
- Ressourcenschonendes & Energieeffizientes Arbeiten
- Fernwartung

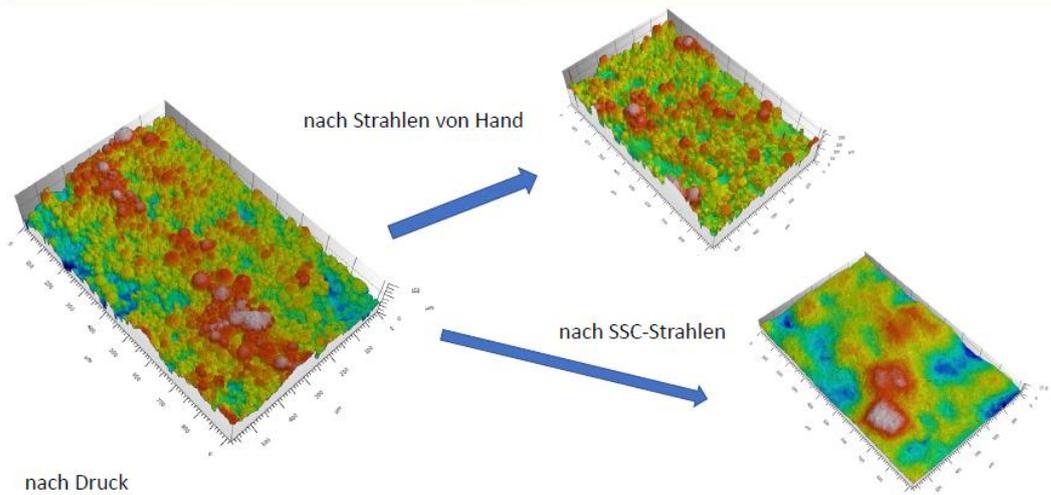


www.bmfmbh.de

Fakultät Ingenieurwissenschaften



9

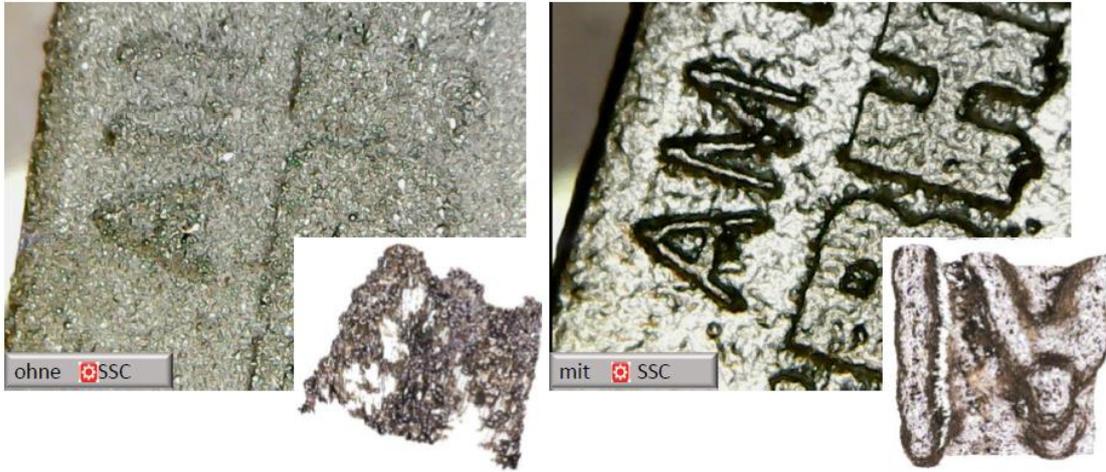


www.bmfmbh.de

Fakultät Ingenieurwissenschaften

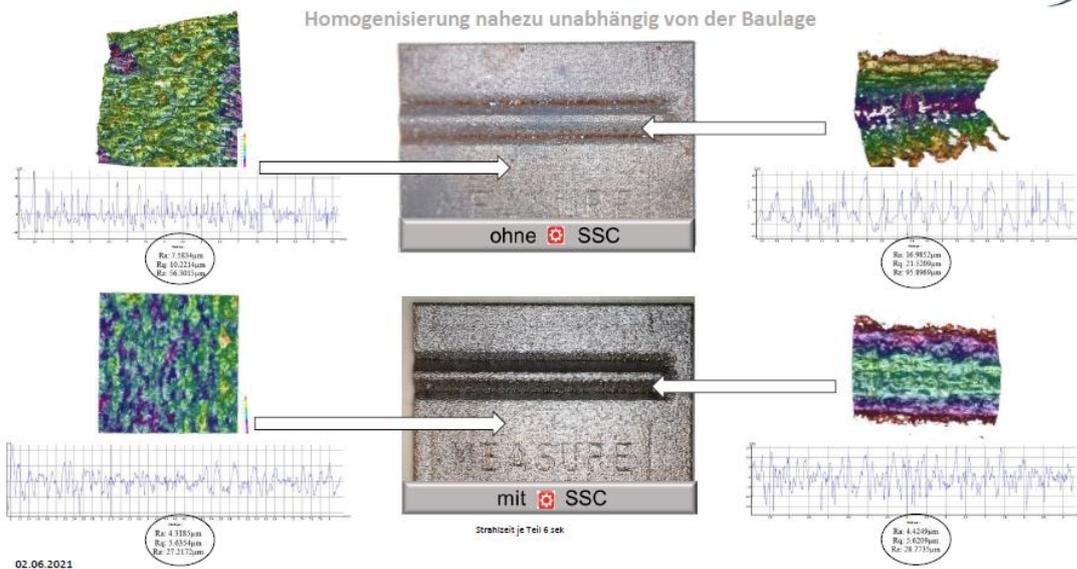


10



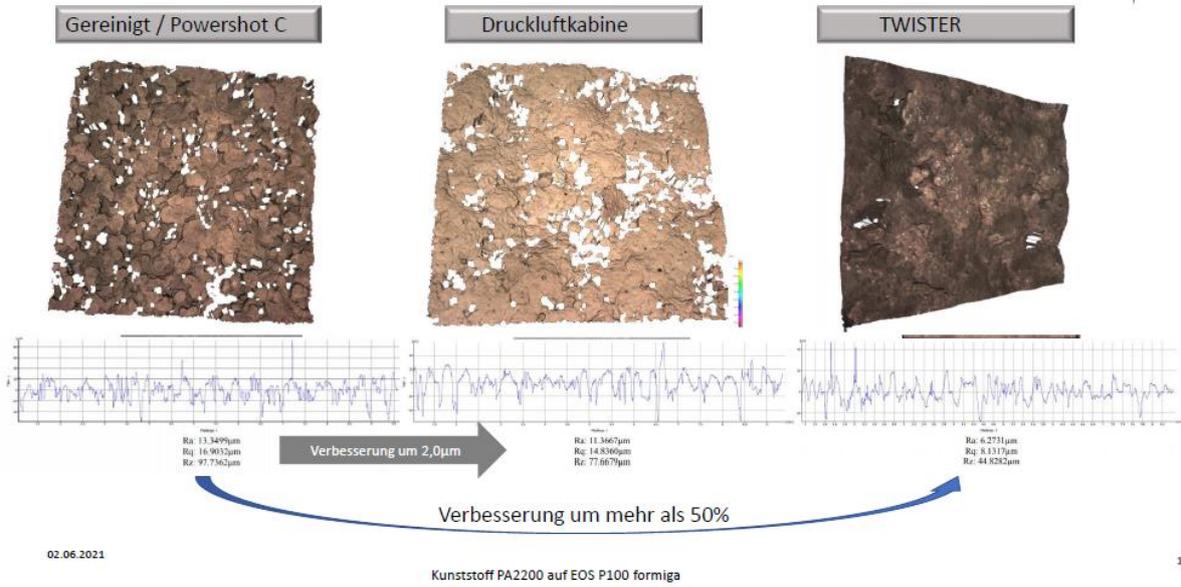
02.06.2021

11



02.06.2021

12



SMART SURFACE CONTROL®



SMART SURFACE CONTROL®

Funktionale Oberflächen für gedruckte Teile

1. Problemstellung aus Blickwinkel der additiven Fertigung
2. Smart Surface Control – Konzept als Lösung
3. SSC-fähige Strahltechnologie
4. Prinzipielle Funktionsweise



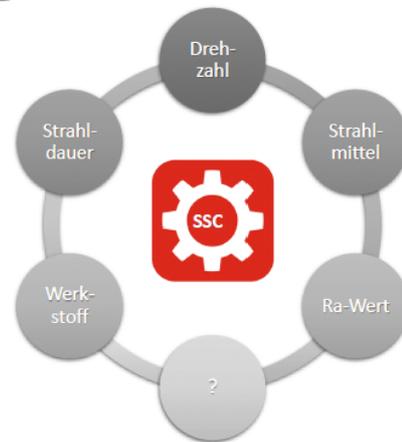
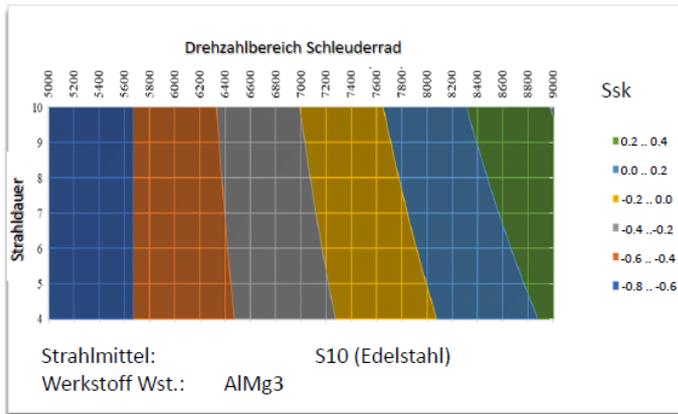
www.bmfmbh.de

Fakultät Ingenieurwissenschaften



15

Prozessmodell als Kern der Technologiefestlegung



www.bmfmbh.de

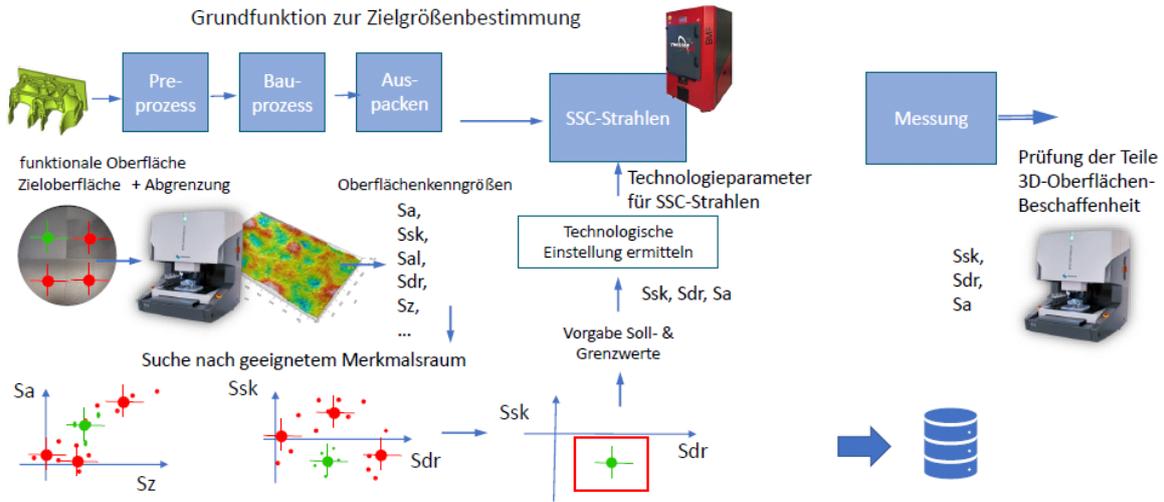
Fakultät Ingenieurwissenschaften



16

SMART SURFACE CONTROL®

Grundfunktion zur Zielgrößenbestimmung



www.bmfgbmh.de

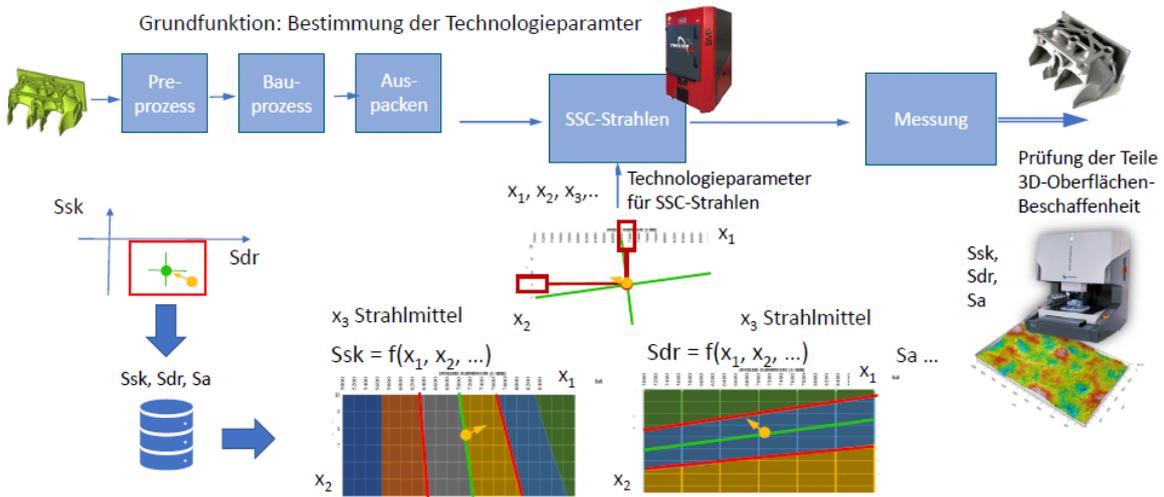
Fakultät Ingenieurwissenschaften



17

SMART SURFACE CONTROL®

Grundfunktion: Bestimmung der Technologieparameter



www.bmfgbmh.de

Fakultät Ingenieurwissenschaften



18

Zusammenfassung



www.bmfgmbh.de

Fakultät Ingenieurwissenschaften



19

SMART

- Zielgrößengenerierung anhand Oberflächenkenngrößen
- „Programmierbare“ Oberflächeneigenschaften
- Automatisierter Strahlprozess
- Online – Verbindung zu Datenbank und Support



Oberfläche Bauteil (Titan) nach additiver Fertigung

SURFACE

- Reproduzierbare Ergebnisse
- Homogene Oberflächen
- Unterschiedliche Oberflächeneigenschaften einstellbar
- Einfache bis hochkomplexe Bauteilgeometrien



Oberfläche Bauteil (Titan) nach SSC-Prozess

CONTROL

- Berührungsloses Messverfahren
- Ergebnisrückkopplung
- 100% Qualitätskontrolle



www.bmfgmbh.de

Fakultät Ingenieurwissenschaften



20

Anwendung additiver und Folgeverfahren bei der Detektorenfertigung

Stephan Grund

OKM GmbH

Anwendung additiver und Folgeverfahren bei der Detektorenfertigung

Altenburg, Juni 2021

Das Unternehmen OKM Detectors in Altenburg

- Seit mehr als 20 Jahren erfinden, entwickeln und produzieren wir bei OKM innovative und leistungsstarke geophysikalische Messgeräte wie z. B. Metalldetektoren, 3D-Bodenscanner, Bodenradargeräte, Wasserdetektoren
- So unterstützen wir die tägliche Arbeit von Archäologen, Geologen, Schatzsuchern, Goldgräbern sowie Polizei- und Sicherheitskräften auf der ganzen Welt mit unserer deutschen Ortungstechnologie (Made in Germany)
- Der Fertigungsbereich befindet sich ebenerdig in der „Goldenen Pyramide“ in Altenburg. Hier werden unterschiedliche Formteile für hochwertige Endprodukte hergestellt



3D-Bodenscanner und Metalldetektoren

- Wir produzieren jährlich ca. 500 Endprodukte mit hoher Wertschöpfungstiefe direkt in Altenburg
- Unsere internen Ingenieure entwickeln die Geräte, unsere Fertigung gießt das Gehäuse und die Elektronikproduktion bestückt die Leiterplatten und endfertigt das Produkt
- Aufgrund der geringen Anzahl an Endprodukten wird seit 2010 für die Herstellung der Kunststoffteile das erfolgreiche Vakuumgießverfahren in Verbindung mit additiver Fertigung der Urmodelle eingesetzt



Unser typischer Fertigungsprozess des Produktgehäuses

Design des Produktgehäuses

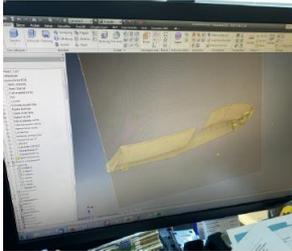
Formbau

Gießverfahren

Aushärten

Aufbereiten

- Nach interner Besprechung mit der Vertriebs- und Marketingabteilung, stellen der Leiter der Fertigungsabteilung das Design des Produktgehäuses her
- Hierbei arbeiten wir mit dem Programm Inverter und modifizieren das Design bis die Entscheidungsträger zufrieden sind



Unser typischer Fertigungsprozess des Produktgehäuses

Design des Produktgehäuses

Formbau

Gießverfahren

Aushärten

Aufbereiten

- Option 1
- Bei Formen ohne Hinterschneidungen arbeiten wir mit Aluminiumformen, welche mit der Software Mastercam auf unserer CNC-Fräsmaschine erstellt werden






5

Unser typischer Fertigungsprozess des Produktgehäuses

Design des Produktgehäuses

Formbau

Gießverfahren

Aushärten

Aufbereiten

- Option 2
- Sollten Formen Hinterschneidungen aufweisen, stellen wir Urmodelle mit einer FDM-Anlage her, entfernen anschließend Druckstrukturen und bauen hieraus eine Silikonform






6

Unser typischer Fertigungsprozess des Produktgehäuses

<p>Design des Produktgehäuses</p> <p>Formbau</p> <p style="border: 1px dashed black;">Gießverfahren</p> <p>Aushärten</p> <p>Aufbereiten</p>	<ul style="list-style-type: none"> • OKM nutzt das Prinzip des Vakuumgießverfahrens • Hier sind zwei baugleiche Gießanlagen der 5/04 von MTT, jetzt SLM Solutions, in Verwendung • Bei Aluminiumformen wird Synthene HPR 65 Harz verwendet, bei Silikonformen wird mit SG95 gearbeitet 
---	---



7

Unser typischer Fertigungsprozess des Produktgehäuses

<p>Design des Produktgehäuses</p> <p>Formbau</p> <p>Gießverfahren</p> <p style="border: 1px dashed black;">Aushärten</p> <p>Aufbereiten</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Zum Aushärten des Harz werden die Formen nach dem Gießverfahren für ca. 45 Minuten in den Ofen gelegt 
---	--



8

Unser typischer Fertigungsprozess des Produktgehäuses

<p>Design des Produktgehäuses</p> <p>Formbau</p> <p>Gießverfahren</p> <p>Aushärten</p> <p>Aufbereiten</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Abschließend werden die Formen ausgepackt und das gegossene Produkt entgratet • Partiiell finden noch Aufbesserungen statt, sodass ein verkaufsfähiges Endprodukt entsteht <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div>
---	--



Herzlichen Dank!

Für Fragen stehe ich Ihnen selbstverständlich jederzeit zur Verfügung!

Stephan Grund
 sg@okmdetectors.com
 +49 173 859 4856



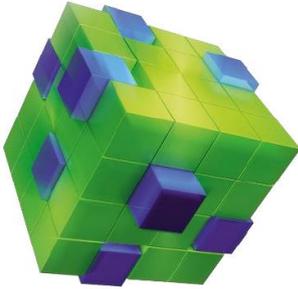
Qualitätssicherung in der zertifizierten additiven Serienfertigung

Martin Hirschfeld

Rapidobject GmbH

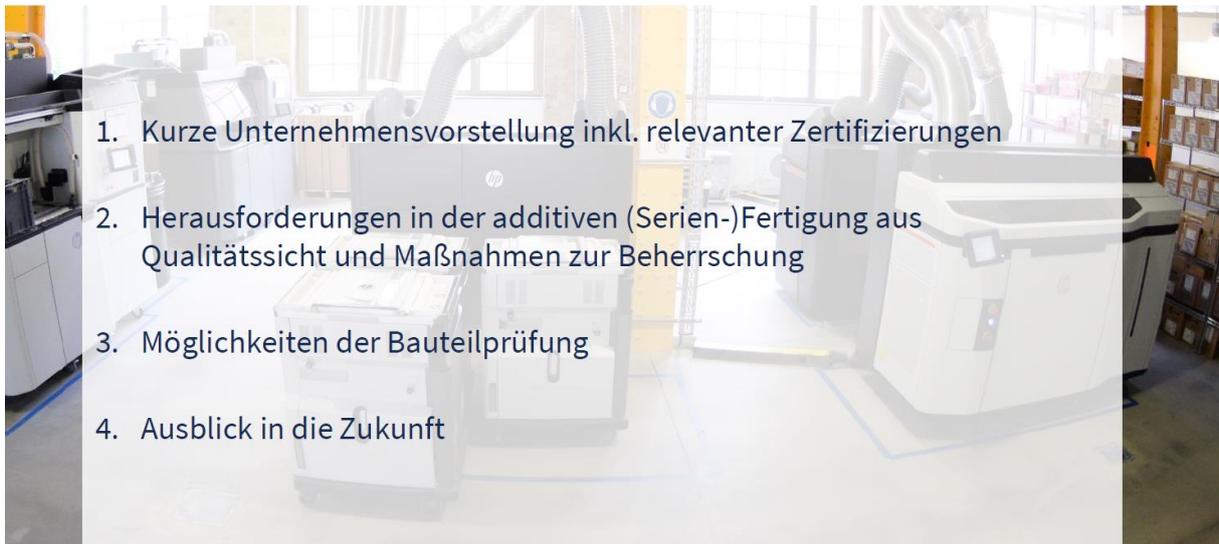
Qualitätssicherung in der zertifizierten additiven Serienfertigung

02.06.2021



Martin Hirschfeld
Qualitätsmanagementbeauftragter
der Rapidobject GmbH

Agenda



Ideen zum Anfassen – Seit 2006



Wer wir sind

- Rapidobject ist ein zertifizierter unabhängiger 3D Druckdienstleister, der seinen Kunden über den gesamten Produktlebenszyklus innovative Lösungen anbietet.



Leipzig



Seit 2006

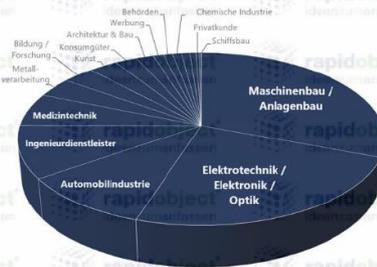


30 Mitarbeiter



Wer sind unsere Kunden

- Rapidobject hat einen sehr breiten Kundenstamm mit über 20.000 Kunden.



Aktuelle Zertifizierungen Rapidobject



ISO 9001 – Qualitätsmanagement



DIN SPEC 17071 – QM in der additiven Fertigung (MJF)

Erstes Unternehmen, das für MJF-Verfahren zertifiziert ist!



ISO/IEC 27001 – Informationssicherheit

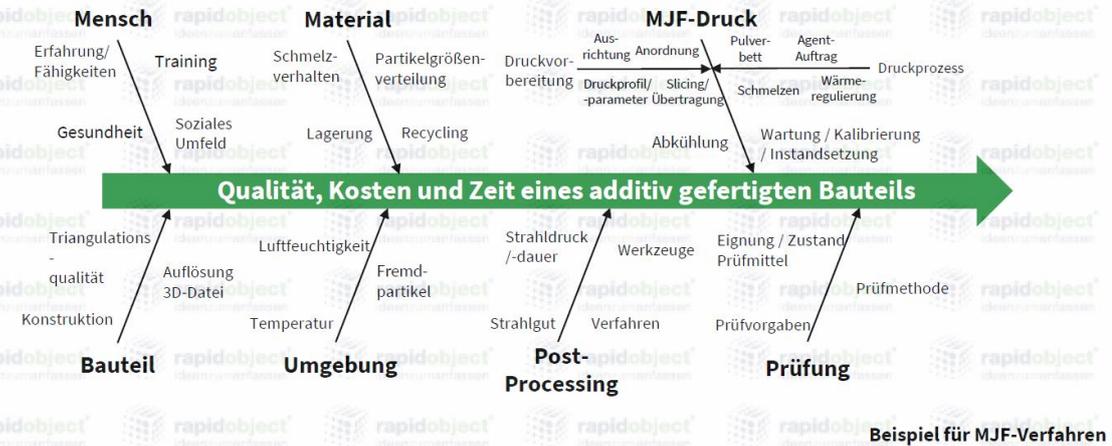


decarbNOW® – Klimaschutz

Herausforderungen in der additiven (Serien-)Fertigung aus Qualitätssicht und Maßnahmen zur Beherrschung



- Hohes Maß an Einflussparametern



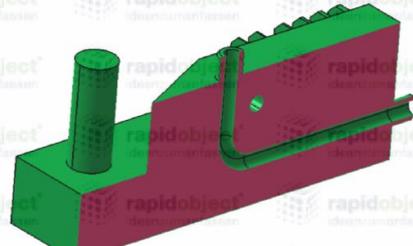
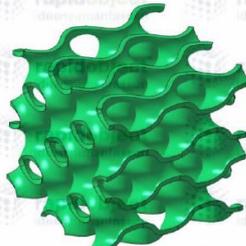
Herausforderungen in der additiven (Serien-)Fertigung aus Qualitätssicht und Maßnahmen zur Beherrschung



Hohe Geometriefreiheit
z.B. bionische Strukturen, innenliegende Kanäle

Anpassung Prüfstrategie:

- Prüflehren- /Vorrichtungen
- Soll-Ist-Abgleiche mittels berührungsloser oder durchleuchtender Vermessung

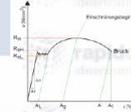


Herausforderungen in der additiven (Serien-)Fertigung aus Qualitätssicht und Maßnahmen zur Beherrschung



Neue Technologien mit Entwicklungspotential

- Investition in neueste Technologien
- Flexibles Unternehmen / QM-System
- Enge Zusammenarbeit mit Druckerherstellern
- Prozessqualifizierung



Dynamisches Technologie- und Marktumfeld

Rapid Prototyping vs. Rapid Manufacturing

- Agile Prozesse für unterschiedliche Anforderungen
- Kurze Durchlaufzeit kontra detaillierte Anforderungsaufnahme / Bemusterung

Herausforderungen in der additiven (Serien-)Fertigung aus Qualitätssicht und Maßnahmen zur Beherrschung



Abweichungen innerhalb eines Druckjobs

- Hohe Prüfumfänge in Abhängigkeit von Kritikalität
- Anforderungsgerechte Prüfung
- Effiziente und pragmatische Prüfverfahren

Hohe Prüfkosten je Bauteil aufgrund kleiner Losgrößen

- Prüflehren
- Prüfvorrichtungen

Wenige Arbeitskräfte mit branchenspezifischer Ausbildung / Erfahrung

- Intensive Einarbeitung
- Kontinuierliches Schulungsprogramm
- Enge Zusammenarbeit mit Bildungsträgern

Möglichkeiten der Bauteilprüfung

- Prinzipiell können alle Prüfungen analog zu konventionell gefertigten Bauteilen durchgeführt werden

Maß-/ Formprüfung	Mechanische Prüfungen	Chemische und thermische Prüfungen	Elektrische Prüfungen
<ul style="list-style-type: none"> • Klassische Prüfmittel <ul style="list-style-type: none"> • Messschieber etc. • Lehren • Koordinatenmessgerät • Messprojektor • Profilometer • Durchleuchten <ul style="list-style-type: none"> • Röntgen • CT 	<ul style="list-style-type: none"> • Zug-/ Biegeversuch • Scher-/ Torsionsversuch • Schwingversuch • Härteprüfung • Dichtmessung • Gefügeanalyse 	<ul style="list-style-type: none"> • Wärmebeständigkeit • Wärmeleitfähigkeit • Brenn-/Flammbarkeit • Säurebeständigkeit 	<ul style="list-style-type: none"> • El. Leitfähigkeit • Permittivität • Kriechstromfestigkeit

Auszug internes und externen Dienstleistungsangebot Rapidobject

Möglichkeiten der Bauteilprüfung

- Besonderheiten additive Fertigung mit Auswirkung auf Bauteilprüfung: hohe **Geometriefreiheit** und Möglichkeit von **partiellen Abweichungen**



1 Lesen 2 Vergleichen

Taktiler / optisches 3D-Koordinatenmessgerät



Industrieller CT-Scanner

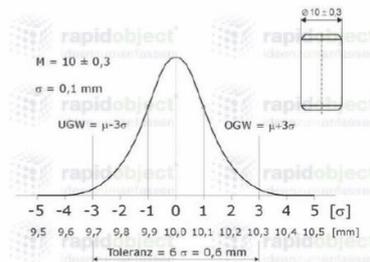
Soll-Ist-Abgleich anhand Referenz-3D-Daten

Defektanalyse

Bildquellen: keyence.de, yxlon.de

Ausblick in die Zukunft

- Fortschritte in der **Simulation**
- Verbessern bestehender Technologien bzw. Entwickeln neuer Technologien
- Intensivieren der **Prozessüberwachung**
- Erhöhen des **Automatisierungs- und Digitalisierungsgrades**



Bildquellen: <https://am-flow.com/>, <https://www.casim.de/lexikon/prozessfaehigkeit/>

Vielen Dank für Ihr Interesse!



Name Martin Hirschfeld
Telefon 0341 231 837 18
E-Mail qm@rapidobject.com
Rapidobject GmbH, Weißenfelser Str. 84
04229 Leipzig

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

FIRMENPRÄSENTATIONEN

Building 3D e.V.

Der Ende 2019 gegründete Verein Building 3D e.V., dessen Aufgabe im Wesentlichen im nachhaltigen Ausbau des Netzwerks mittelständischer Wirtschaftsunternehmen, Forschungseinrichtungen und netzwerkunterstützender Institutionen im Bereich der additiven Fertigungsverfahren besteht, bündelt mittlerweile mehr als 25 Mitglieder und hat seinen Sitz in den Räumen der Metropolregion Mitteldeutschland Management GmbH.

Einerseits bedeutet dies, die Vereinsmitglieder bei der weiteren Nutzung wirtschaftlicher Vorteile von bereits eingeführten additiven Fertigungsverfahren zu unterstützen. Andererseits möchte der Verein seine Mitglieder begleiten, wenn es für diese wirtschaftlich und technologisch vorteilhaft ist, die entsprechenden Technologien einzuführen und nachhaltig zu nutzen.

Folgende Schwerpunkte stehen im Mittelpunkt der Vereinsarbeit:

- Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit der Vereinsmitglieder
- Schaffung und wirtschaftliche Ausnutzung von Synergieeffekten
- Steigerung der Innovationskraft
- stärkere Wahrnehmung der Mitgliedsunternehmen
- Erschließung von Potenzialen additiver Fertigungsverfahren auf den Märkten des produzierenden Gewerbes



Kontakt:

Building 3D e.V.

Schillerstraße 5 | 04109 Leipzig

Tel: +49 (0) 341 60016251

building-3d.de

Hochschule Mittweida

3D-Druck an der Fakultät Ingenieurwissenschaften



Die Fachgruppe Konstruktion, insbesondere die Professuren „Maschinenelemente“ und „Intelligente Maschinensysteme“, beschäftigt sich u. a. mit der Entwicklung von FDM-Druckern bzw. Komponenten, der Entwicklung von hybriden FDM-

Fertigungsverfahren auf Textilien und mit gedruckter Sensorik mittels FDM-Technologie. Weiterhin werden eigene Filamente und Slicer für spezielle Anwendungen entwickelt.

Kontakt:

Hochschule Mittweida

Fakultät Ingenieurwissenschaften | Professur Intelligente Maschinensysteme

Technikumplatz 17 | 09648 Mittweida

Tel: +49 (0) 3727 58-1591

www.inw.hs-mittweida.de

Ansprechpartner: **Dr. Hagen Bankwitz**

3D-Druck am Laserinstitut Hochschule Mittweida



Das Laserinstitut Hochschule Mittweida (LHM) gehört zu den führenden Forschungseinrichtungen im Bereich der Lasertechnik in Deutschland mit weltweit anerkannten Forschungsergebnissen zu

innovativen Verfahren. Einer der Forschungsschwerpunkte am LHM ist die Additive Fertigung aus Metall und Keramik. Ein besonderes Highlight sind die Mikroverfahren mit Detailauflösungen im Bereich von 20 µm und darunter. Aktuell beschäftigen wir uns aber auch mit der Entwicklung eines völlig neuen Verfahrens zum 3D-Druck großformatiger Bauteile aus Metall.

Kontakt:

Laserinstitut Hochschule Mittweida

Technikumplatz 17 | 09648 Mittweida

Tel: +49 (0) 3727 58-1396

www.laser.hs-mittweida.de

Ansprechpartner: **Michael Pfeifer, M.Sc.**

3D-Druck studieren an der Hochschule Mittweida

3D-Druck verändert die Industrie rasant. Anstelle von Drehen, Schleifen, Fräsen und Gießen kommen immer mehr additive Verfahren zum Einsatz.

Statt für ein Objekt hunderte Teile zusammenzufügen, können mittels 3D-Druck funktionelle Baugruppen am Stück gefertigt werden: Kühlkanäle sind direkt integriert und beliebig formbar, weil sie nicht mehr gebohrt werden; besser geeignete Werkstoffe wie schwer schweißbare Legierungen werden verwendet. Und: Mit 3D-Druck ist die „Losgröße 1“ möglich – jeder Kunde bekommt ein Unikat, ein genau auf ihn abgestimmtes Produkt – bei Kleinserien führt dies oft zu einem geringeren Preis.

Das Einzige, was der Industrie fehlt, um diese Technologie flächendeckend zu nutzen, ist kundiges Fachpersonal. Ingenieurinnen und Ingenieure, die sämtliche Verfahren der additiven Fertigung beherrschen und das passende auswählen und umsetzen. Mit der Spezialisierung 3D-Drucken wirst du binnen drei Jahren zu einem dieser Experten.



[Weitere Informationen zum Studiengang](#)

[Video zum Studiengang](#)

[Rundgang durch die 3D-Druck-Labore am Laserinstitut Hochschule Mittweida](#)

[Fachbezogene Studienberatung: Michael Pfeifer, M.Sc.](#)

Mitteldeutsches Netzwerk Rapid Prototyping enficos



enficos

Das Mitteldeutsche Netzwerk Rapid Prototyping enficos vereint Unternehmen und Forschungseinrichtungen, die über große Erfahrungen beim Einsatz von 3D-Druck-Technologien, von der Datengenerierung bis zu den Folgeverfahren, verfügen. Das Netzwerk bündelt die Kompetenzen seiner Mitglieder, um durch Synergien neue Marktbereiche zu erschließen und einem weiter wachsenden Nutzerkreis den Zugang zum 3D-Druck zu erleichtern.

Das Netzwerkmanagement von enficos

- **fördert** den Erfahrungsaustausch und Wissenstransfer durch regelmäßige Arbeitstreffen und Präsenz auf Fachveranstaltungen und Branchenmessen
- **unterstützt** Kooperationsvorhaben der Netzwerkpartner zur Weiterentwicklung spezieller 3D-Drucktechnologien, Folgeverfahren und Qualitätsstandards
- **initiiert und begleitet** Entwicklungsvorhaben zur Erschließung neuer Anwendungsgebiete für den 3D-Druck und auf dem Weg in die Digitalisierung der Prozessabläufe
- **bietet** eine Plattform für Innovations- und Marktaktivitäten der Netzwerkmitglieder
- **organisiert** die jährlich stattfindende Tagung Mitteldeutsches Forum „3D-Druck in der Anwendung“
- **strebt** die Errichtung eines Kompetenzzentrums mit den Schwerpunkten **Qualitätssicherung und Digitalisierung im 3D-Druck** an

Kontakt zum Netzwerkmanagement
Merseburger Innovations- und Technologiezentrum GmbH
Fritz-Haber-Straße 9 | 06217 Merseburg
Tel: 03461 2599100 | Fax: 03461 2599909
E-Mail: info@rp-netzwerk.de | sekretariat@mitz-merseburg.de

mitz
Merseburger Innovations- und Technologiezentrum

www.rp-netzwerk.de
www.mitz-merseburg.de
www.3d-druck-leipzig-halle.de

Kontakt zum Netzwerkmanagement:

Merseburger Innovations- und Technologiezentrum GmbH

Fritz-Haber-Straße 9 | 06217 Merseburg

Tel: +49 (0) 3461 25 99 100

www.rp-netzwerk.de

Mittelstand 4.0 - Kompetenzzentrum Ilmenau

Das Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Ilmenau wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) im Rahmen der Förderinitiative „Mittelstand-Digital“ gefördert und ist eines von derzeit 26 Kompetenzzentren deutschlandweit. Die regionalen und thematischen Kompetenzzentren sind kompetente und anbieterneutrale Anlaufstellen zur Information, Sensibilisierung und Qualifikation. Kleine und mittlere Unternehmen können durch Praxisbeispiele, Demonstratoren, Informationsveranstaltungen und gegenseitigen Austausch die Vorteile der Digitalisierung erleben.



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Kontakt:

Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Ilmenau
c/o Ernst-Abbe-Hochschule Jena
Carl-Zeiss-Promenade 2 | 07745 Jena
Tel: +49 (0) 3641 205 128
Ansprechpartnerin: **Constance Möhwald**

PORTEC GmbH

3d-Druck, Feinguss Metall und Vakuumguss Kunststoff für Prototypen und Kleinserien

Die PORTEC begleitet als Entwicklungsdienstleister den Produktentstehungs- und Optimierungsprozess ihrer Kunden, insbesondere F&E-Einrichtungen oder Vorserien-Abteilungen aller entwickelnden Branchen. Eine vielfältige Technologiekombination aus 3d-Druck- und Gießtechniken hilft, Muster- oder Funktionsteile über Metall-Feinguss (Alu bis Stahl) oder Kunststoff-Vakuum- und Spritzguss (PU- oder Spritzgussmaterialien) herzustellen. Mit spezieller 3d-Hard- und Software werden die Prototypen oder Kleinserien für die Fertigung vorbereitet: 3d-Scannen, -Konstruieren, FEM- oder Guss-Simulation. Zudem werden verschiedene Branchen mit speziellen 3d-Druckteilen beliefert: Funktionsteile wo 3d-Material ausreichend; verlorene Modelle an Feingießer; Anschauungsobjekte der Medizin.

portec
Innovation seit 1994

Kontakt:

PORTEC GmbH

Am Köhlersgehäu 32 | 98544 Zella-Mehlis

Tel.: +49 (0) 3682 4669 0

www.portec-gmbh.de

Ansprechpartner: Holger Krause

SAVE the DATE!

Das **9. Mitteldeutsche Forum Rapid Technologien** wird im **Mai 2022** von der Ernst-Abbe-Hochschule Jena ausgerichtet.

Impressum

Herausgeber:

Hochschule Merseburg

Eberhard-Leibnitz-Straße 2

06217 Merseburg

Ausgabe:

Erstellt für das 8. Mitteldeutsche Forum Rapid Technologien am 02.06.2021

ISBN-Nr.: 978-3-948058-35-7

Inhalt:

Inhalte, Fotos, Grafiken und Tabellen ohne Quellenangaben

liegen in der Verantwortung der jeweiligen Autoren.