

T A G U N G S B A N D

10 Jahre Rapid Prototyping Forum an der Hochschule Merseburg

10 Jahre Rapid Prototyping Forum an der Hochschule Merseburg

Als 1987 Chuck Hull auf der Detroit Motorshow die erste Anlage vorstellte, die aus virtuellen Daten reale Teile herstellen konnte und als 1991 Scott Crumb mit dem FDM-Verfahren erstmals Prototypen aus thermoplastischen Polymeren anfertigte, fragte man sich - wie bei vielen vorangegangenen großen Erfindungen - welchen Nutzen es bringen sollte.

Während vor 10 Jahren an der Hochschule Merseburg das erste Forum Rapid Prototyping für Interessenten aus der Region stattfand, war die Prototypenherstellung ein herausragendes Thema, mit der Entwicklungszeiten und -kosten signifikant gesenkt werden konnten.

Inzwischen hat diese Technologie eine rasante Entwicklung genommen. Die unterschiedlichsten Industriezweige, aber auch Handwerksbetriebe und Künstler stellen damit Prototypen und Serienteile wirtschaftlich und in beeindruckender Qualität her.

3D-Druck ist in aller Munde - vom kleinen 3D-Drucker auf dem Schreibtisch bis zu professionellen Anlagen. Was ist heute möglich und wie wird es weitergehen?

Für die Redebeiträge, die Beiträge zur Kooperationsbörse und die Beiträge zum Tagungsband bedanken sich die Organisatoren

- Dietmar Glatz
- Peter Schulze
- Jens Bliedtner
- Günter Ganß
- Kathrin Schaper-Thoma
- Matthias Zaha
- Bernd Schmidt

Für die freundliche Unterstützung danken die Veranstalter



Quo vadis Additive Fertigung? 3D-Druck gestern, heute, morgen

Dietmar Glatz, Hochschule Merseburg

Seite

9

Bionik und Design

Andreas Mühlenberend, Bauhaus-Universität Weimar

33

Industrie 4.0 und 3D-Druck Metall

Karsten Edelmann, Concept Laser GmbH

47

	Seite
3D-Druck – Originalmaterial gleich Originaleigenschaften?	
Christian Schilling, 3D-Schilling GmbH Jens Bliedtner, Ernst-Abbe-Hochschule Jena	72
Additiv gefertigte Werkzeuge	
Michael Anton, Stratasys GmbH	74
Werkstoffprüfung und Qualitätssicherung beim Laserschmelzen	
Sebastian Matthes, Robert Kahlenberg, Christian Straube, Günther-Köhler-Institut für Fügetechnik und Werkstoffprüfung GmbH	122
Lasersintern von Kunststoffen – auf dem Weg zur Kleinserie	
Andreas Kleinfeld, Hasenauer & Hesser GmbH	147
3D-Printing: Model based descriptions for printed part quality	
Brando Okolo, Uwe Popp, Indmatec GmbH	174
Generative Fertigung im Werkzeug- und Formenbau	
Christian Kolbe, FKT Formenbau und Kunststofftechnik GmbH	194

Polymerbasierte Kontaktbiozide als Additive zur Oberflächenfunktionalisierung	Seite
Frank Wiesbrock, Polymer Competence Center Leoben GmbH (Austria)	235
Gleitschlifftechnik für Additive Manufacturing	
Michael Striebe, Rösler Oberflächentechnik GmbH	267
Oberflächenmodifizierung von Kunststoffen mit atmosphärischem Plasma	
Andreas Heilmann, Fraunhofer IMWS	271
Partieller 3-dimensionaler Druck auf Textilien	
Sarah Lysann Göbel, Frank Siegel, Sächsisches Textilforschungsinstitut e.V.	274
Doppelschneckenextruder zur generierenden Fertigung bioaktiver Implantate	
Tobias Flath, HTWK Leipzig	299
Laserstrahlfunktionalisieren von dreidimensionalen Kunststoffformteilen zur Erzeugung von elektrisch leitfähigen Strukturen	
Martin Uebel, Jens Bliedtner und Mitautoren, Ernst-Abbe-Hochschule Jena	320
GenLight – Bionisch inspiriert, generativ gefertigt	
Damir Sokolov, David Golembowski, EDAG Engineering GmbH	336

3D-Druck für Museen	Seite
Oliver Wagner, Rapidobject GmbH	342
High Speed Drucken von Mikrostrukturen aus Metall mit Micro Cladding	
Horst Exner, Robby Ebert und Mitautoren, Laserinstitut Hochschule Mitweida	380
Auswirkungen des 3D-Drucks auf die Produktionsprozesse bei KMU	
Heiko Schinzer, Hochschule Merseburg	406
3D-Druck für die nächste Generation – MakerBot in der Bildung	
Jochen Zimmer, Stratasys GmbH	438
3D-Produktfotografie - vollautomatische professionelle 2D- und 3D-Datenerzeugung für den Onlinehandel	
Gunther Bigl, Formicum 3D-Service GmbH	455
Gedruckte Teile im echten 3D-Verfahren – ein Lösungsansatz	
Martin Schilling, Thomas Schilling und Mitautoren, 3D-Schilling GmbH	463
Dosierkopf für generative Herstellung von bioaktiven Implantaten	
Kjell Nikolaus Bühler, Tobias Flath und Mitautoren, HTWK Leipzig	476

PLENARVERANSTALTUNG

3D-Druck in der Anwendung

Dietmar Glatz, Hochschule Merseburg

Kurzvita

Beruflicher Werdegang

- seit 2009 Dozent Masterstudiengang Maschinenbau,
Lehrgebiet Rapid Prototyping
- seit 2008 Leiter Arbeitskreis ProVEnt (Produkt- und Verfahrensentwicklung)
am An-Institut FBZ .e.V. der Hochschule Merseburg
- seit 2006 Wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Hochschule Merseburg
Leiter RP-Zentrum
- 1995-2005 Selbständiger Dienstleister für Entwicklung, Konstruktion und
Prototypenbau
- 1990-1995 Leiter Entwicklung u. Konstruktion Wessel-Werk, Reichshof
- 1979-1990 Leiter Verfahrensentwicklung Kunststoff WMF, Geislingen
- 1978-1979 Leiter Entwicklung Ronal Fahrzeugsysteme, Forst
- 1976-1978 Leiter Werkzeugbau Fa. Jos. Sauerwald, Söhne, Nuttlar



Dietmar Glatz, Hochschule Merseburg

Kurzvita

Ausbildung

1972-1975 Universität Paderborn

Abschluss als Dipl.-Ing. Maschinenbau / Fachrichtung Kunststofftechnik

Spezielle Qualifikationen

CAD, CAM, CNC, Rapid Prototyping, Programmierung von μ Prozessoren

Patente und Veröffentlichungen

Diverse Patent- und Gebrauchsmusteranmeldungen

Kontakt

Hochschule Merseburg

Eberhard-Leibnitz-Straße 2

06217 Merseburg

Tel.: (0461) 46-2802

Mobil: (0171)75 68 566

Mail: dietmar.glatz@hs-merseburg.de



Abstract

Additive Fertigungsverfahren verfügen heute über unabsehbare Entwicklungsmöglichkeiten. So werden etwa in 10 Jahren viele Bauteile additiv hergestellt werden, die heute noch mit traditionellen Methoden gefertigt werden.

Möglichkeiten generativer Fertigungsverfahren bestehen insbesondere darin, individuelle Bauteile und kleine Serien schnell, kostengünstig und ohne Werkzeuge herstellen zu können. Das eröffnet der Industrie 4.0 vor allem bei Komponenten aus Kunststoff und Metall große Chancen. Es werden künftig vor allem Produktserien umgestellt werden, bei denen durch Individualisierung des Customizing sowie dem Implementieren von Zusatzfunktionen ein markt- oder nutzenrelevanter Effekt erzielbar ist – insbesondere dann, wenn es um die schnelle und werkzeuglose Herstellung geht.

Eine Vorreiterrolle werden die Luftfahrtindustrie und die Medizintechnik übernehmen, gefolgt von Anwendungen im Bereich automotiver Verfahren. Die Technologie ist so erfolgversprechend, dass davon ausgegangen werden kann, dass die Industrie 4.0 mit 3D-Anwendungen in absehbarer Zeit zahlreiche neue Märkte schaffen wird.

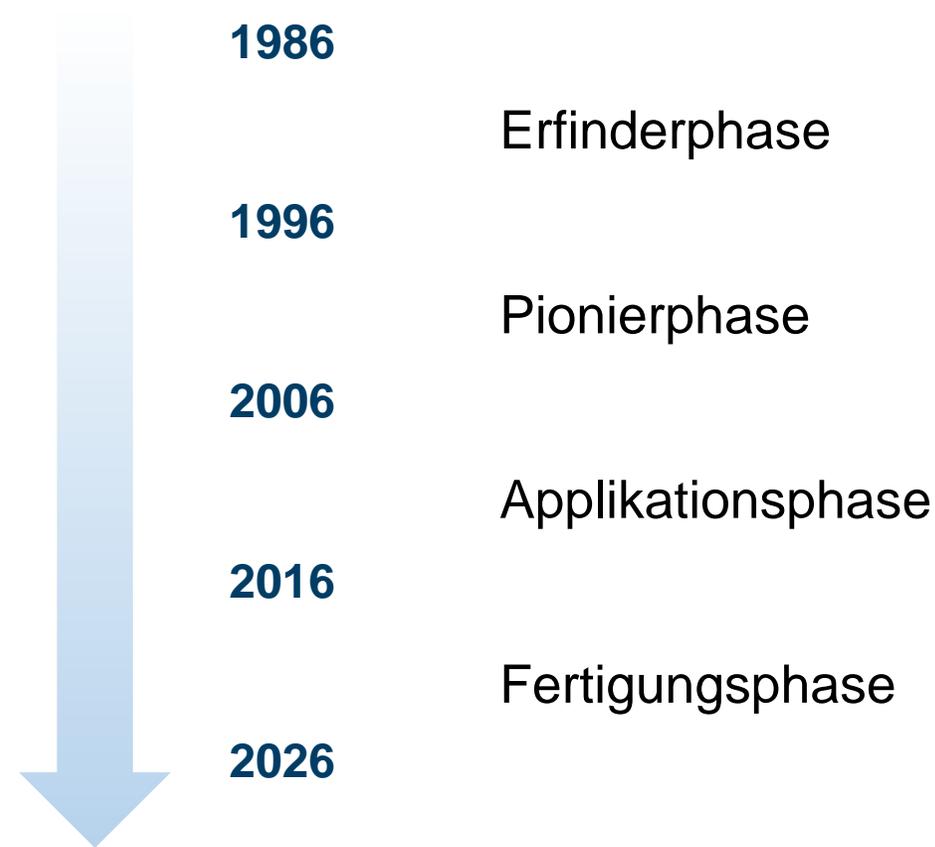
Auch die Struktur der Fertigung wird sich drastisch verändern. Der klassische Aufbau eines Unternehmens mit Vertrieb, Arbeitsvorbereitung, Produktion, Qualitätssicherung und Versand wird einer interaktiven, kundenorientierten und kundengesteuerten Auftragsbearbeitung weichen.

Quo vadis Additive Fertigung? - 3D-Druck gestern, heute, morgen

Dietmar Glatz

Hochschule Merseburg

Quo vadis additive Fertigung?



Erfinderphase

- 1981 Formulierung Grundgedanke Stereolithografie
- 1984 Chuck Hull, Patent auf das Verfestigen eines flüssigen Polymers durch Polymerisation
- ca.1985 erstes 3D-Konstruktionsprogramm (Phytia)
- 1986 Erteilung Patent auf Stereolithografieprozess
- 1987 Beschreibung Oberfläche von Körpern mittels STL-Format
- 1987 Dr. Charles Deckard von der Universität Texas veröffentlicht das „Selektive Laser Sintering“
- 1988 Dupont und Huntsmann stellen UV-härtende Harze her
- 1988 Auslieferung der ersten Stereolithografiemaschinen durch 3D-Systems
- 1988 S. Scott und Frau Lisa erfinden das Fused Depositon Modeling (FDM) Verfahren 1988 Michael Feygin läßt sich das Laminated Object Manufacturing (LOM) patentieren
- 1990 EOS verkauft die erste Stereografie-Maschine
- 1990 Gründung der Fa. Fockele und Schwarz in Paderborn

Quelle: http://www.3d-schilling.de/Download/Schichtbauverfahren_Vortrag_merseburg.pdf

Erfinderphase

- 1991 Auslieferung der ersten Solid Grind (SGS)-Maschine der Firma Cubitalis
- 1991 erste kommerzielle FDM-Anlage verfügbar
- 1992 Auslieferung der ersten SLS-Anlage von DTM
- 1993 erstes kommerzielles System des Direct Shell Production Casting (DSPC) für keramische Schalen
- 1991 Einvisiontec verkauft sein erstes Stereolithografiensystem auf Basis DLP-System 2002 Konzept Laser verkauft die ersten Laser-Cusing-Maschinen
- 1994 Erste FDM 1500 wird in Europa verkauft und steht heute an der Hochschule in Merseburg
- 2004 Trumpf gibt ein kurzes Intermezzo (bis 2004, 17 Maschinen insgesamt) auf dem SLM-Markt 2005 Voxeljet liefert die erste Maschine aus
- 2006 Sintermask verkauft die erste Maschine
- 2009 Auslieferung der EOSINT P 800 für Verarbeitung von PEEK
- 2009 Real Lizer verkaufen 9 Maschinen

Quelle: http://www.3d-schilling.de/Download/Schichtbauverfahren_Vortrag_merseburg.pdf

Pionierphase

Erste Bauteile aus der Pionierphase sind so teuer wie Goldstaub.



Staubsaugerdüse Fa. Wessel Werk

Aus dem Jahr 1992

Der Preis für diese Düse gestaltete sich aus den 3D-Konstruktionsdaten und den Bauteilen.

(Der Preis in DM kann auf dem RP-Forum geschätzt werden. Der Treffsicherste erhält einen Preis)

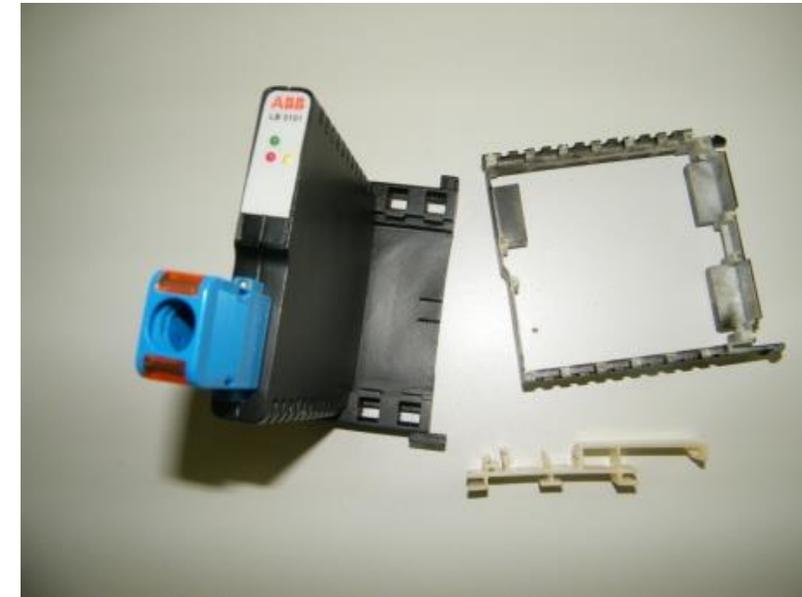
Foto: Dietmar Glatz

Pionierphase

Erste Bauteile aus der Pionierphase sind so teuer wie Goldstaub.



Lufteinlassdüse Mercedes Benz
Baureihe W 220 Foto: Dietmar Glatz



Gehäuse für Elektronik zum Einbau
in Schaltschränke mit Hutschiene
Foto: Dietmar Glatz

Applikationsphase

Zurzeit werden nicht mehr die Verfahren erfunden, sondern basierend auf den bestehen Wirkprinzipien neu oder neuartige Applikationen gefunden, die man in drei Kategorien einteilen kann.



Applikationsphase - Beispiele

Kategorie nützlich / sinnvoll



Beinprothese

<http://www.3d-grenzenlos.de/wp-content/uploads/2016/01/hund-mit-beinprothese.jpg>



Landeklappen-Führung Airbus

http://www.ingenieur.de/var/storage/images/medial/ingenieur.de/bilder/klammer-fuers-flugzeug-3d-drucker/3711272-1-ger-DE/Klammer-fuers-Flugzeug-aus-dem-3D-Drucker_image_width_560.jpg



"Gips"-Verband aus Nylon

<https://3druck.com/wp-content/uploads/2013/07/Cortex-Gips-3D-Drucker.jpg>



Kieferimplantat

<https://3druck.com/wp-content/uploads/2016/04/israeli-cancer-patient-receives-3d-printed-jaw-implant4.jpg>
Drucker.jpg

Applikationsphase - Beispiele

Kategorie Erfreuliches



Ringe

https://3druck.com/wp-content/uploads/2015/02/shapeways_3d_druck_edelmetall_gold_%C3%BCberzug.jpg



Blumenstrauß

http://www.klonblog.com/images/2014/03/snygo_files001-3d-printed-sculptures-of-joshua-harker.jpg



Lampe

http://t3n.de/magazin/wp-content/uploads/2012/05/dms_75e9ff5dba49ba8e87df2da3de751a6d.jpg



Halskette

<https://3druck.com/wp-content/uploads/2011/08/contscsh.jpg>

Applikationsphase - Beispiele

Kategorie Must have ... or not



Fötus

http://www.3d-grenzenlos.de/wp/wp-content/uploads/2015/12/foetus-3d_druck.jpg



"falscher Hase"
aus Mehlwurmpaste

<https://www.wired.de/sites/default/files/falscherhase-hero.jpg>



Bekleidung

<http://img.welt.de/img/webwelt/crop/123952288/8139565461-ci16x9-w780-aoriginal-h438-l0/Computer-Bild-3-.jpg>



Sprühkäse

<https://3druck.com/wp-content/uploads/2015/03/kaese-3d-druck.jpg>

Fertigungsphase (heute)

Es ist heute schon möglich Daten für den additiven Prozess bei Dienstleistern hochzuladen um Bauzeit und Preis abzufragen. z.B.

- www.fabberhouse.de
- hier muss zuvor eine Software installiert werden und das Bauteil muss den Slice-Prozess durchlaufen
- danach kann der Maschinenfile hochgeladen werden und man bekommt sofort den Preis

The screenshot shows the fabberhouse website interface. On the left, there is a 'fabberhouse Preis ermitteln' section with a 'Wähle zunächst die CMB Datei deines Bauteils aus' button and a 'Neue Datei hochladen' button. Below this, it shows 'Angefragte Datei: cap_160510.cmb.gz' and 'MDS Hash: 0C62163231048EC2FF0EE130467DE534'. The calculation results show 'Auslesen und Berechnung erfolgreich' with a 'Herstellungspreis' of 23,84 € and a 'fabberhouse Preis' of 33,64 €. On the right, there is a 'fabberhouse Bodyscan' section with a form to upload STL files and a '3D-Druck' promotion for 40% discount. Below the price calculation, there is a 'Farbkalender' showing a calendar for May, June, and July 2016 with color-coded days.

Farbkalender

Fertigungsphase (heute)

www.rapidobject.com/upload/#upload

NetSetMan - Download

+ Neues Angebot erstellen

Warenkorb leeren

3D DATEN HOCHLADEN

Drag'n'Drop:

Ziehen Sie Ihre 3D Modelle direkt auf unsere Uploadfläche - hier

Multiupload: Gleichzeitiges Hochladen von mehreren Modellen möglich

Max. Dateigröße: 4 GB

Ihre 3D-Modelle

Angebotsnummer: 28661 Ihre Bestellbezeichnung:

	28661_38477_she_160510.stl Status: Modellparameter ermittelt Abmessung: 165,00 x 81,00 x 47,00 mm Volumen: 78,66 cm³ Einzelkörper: 1 ▶ 3D Vorschau Hinweis hinterlegen...	Methode: FDM Material: ABS Weiß Produktionszeit (voraussichtlich): 7 Tage Material ändern	Stückzahl: 1 + -	Einzelpreis: 88,49 € zzgl. MwSt.	Gesamtpreis: 88,49 € zzgl. MwSt.
	Summe: 88,49 € zzgl. MwSt.				

Angebot drucken Angebot speichern Weiter

oder auch www.rapidobject.de

Fertigungsphase (heute)

Material	Verfahren	Oberflächenveredelung	Einzelpreis (zzgl. MwSt.)	Produktionszeit (voraussichtlich)	Bestellen
SLS - PA2200 mehr erfahren	Express 5 Tage (SLS) mehr erfahren	Keine Veredelung	174,19 €	5 Tage	auswählen
Polygrafie - VeroClear mehr erfahren	48h Express (Polygrafie) mehr erfahren	Keine Veredelung	674,18 €	2 Tage	auswählen
ABS Schwarz mehr erfahren	FDM mehr erfahren	Keine Veredelung	88,49 €	7 Tage	auswählen
ABS Weiß mehr erfahren	FDM mehr erfahren	Keine Veredelung	88,49 €	7 Tage	auswählen
PA2200 mehr erfahren	SLS mehr erfahren	Keine Veredelung	93,55 €	7 Tage	auswählen
VeroClear mehr erfahren	Polygrafie mehr erfahren	Keine Veredelung	204,66 €	5 Tage	auswählen
ABS Schwarz mehr erfahren	FDM groß mehr erfahren		Auf Anfrage	10 Tage	auswählen
TPU 92A mehr erfahren	SLS mehr erfahren	Keine Veredelung	212,90 €	10 Tage	auswählen
Polymergips mehr erfahren	3DP mehr erfahren	Keine Veredelung	314,63 €	7 Tage	auswählen
Alumide mehr erfahren	SLS mehr erfahren	Keine Veredelung	384,53 €	10 Tage	auswählen
PA3200 mehr erfahren	SLS-GF mehr erfahren	Keine Veredelung	384,53 €	10 Tage	auswählen
VeroWhite mehr erfahren	Polygrafie mehr erfahren	Keine Veredelung	409,32 €	7 Tage	auswählen
ABS Weiß mehr erfahren	FDM groß mehr erfahren		Auf Anfrage	10 Tage	auswählen
TangoBlack mehr erfahren	Polygrafie mehr erfahren		698,25 €	10 Tage	auswählen

Materialauswahl

Fertigungsphase (heute)

Oder auch
www.shapeways.com

Es können direkt
verschiedene
Materialien ausgewählt
werden

The screenshot shows the Shapeways product page for 'Shel 160510'. The page includes a 'SELL A PRODUCT' button, a 3D model of the part, and a list of material options. A shopping cart is visible in the top right corner, containing one item: '1 x Shel 160510 White Strong & Flexible \$67.95'. The subtotal is \$67.95. The 'CHECKOUT NOW' button is highlighted in blue.

Shel 160510 SELL A PRODUCT

File: shel_160510.stl
 Name: Shel 160510 UPDATE
 Size: Cm: 16.5 x / 8.1 y / 4.7 z
 In: 6.496 x / 3.189 y / 1.85 z SCALE
 Part Count: 1
 Material Volume: 78.6245cm³
 Machine Space: 211.5955cm³
 Surface Area: 684.8611cm²

DOWNLOAD UPDATE Updating to a new version will reset the 3D print success rate. [Why?](#)

Materials Details History

Show All Materials Strong & Flexible Plastic Metallic Plastic Frosted Detail Plastic Acrylic Plastic (Detail Plastic) Stainless Steel
 Precious Metal Sandstone Wax Porcelain Aluminum High Definition Acrylate PLA

Strong & Flexible Plastic SET 3D PRINTING ORIENTATION

Material Finish	Auto Checks	Manual Checks	Success Rate	Price	Qty.	
 White View 3D tools	Loading	---	---	\$67.95	<input type="text" value="1"/>	ADD TO CART
 Black View 3D tools	Loading	---	---	\$68.95	<input type="text" value="1"/>	ADD TO CART
 White Polished View 3D tools	Loading	---	---	\$68.45	<input type="text" value="1"/>	ADD TO CART
 Purple Polished View 3D tools	Loading	---	---	\$68.95	<input type="text" value="1"/>	ADD TO CART
 Red Polished View 3D tools	Loading	---	---	\$68.95	<input type="text" value="1"/>	ADD TO CART
 Pink Polished View 3D tools	Loading	---	---	\$68.95	<input type="text" value="1"/>	ADD TO CART

1 item in your cart ×

 1 x Shel 160510
White Strong & Flexible
\$67.95

Subtotal (1 item): \$67.95

EDIT CART

CHECKOUT NOW

Fertigungsphase (heute)

Oder auch
www.shapeways.com

Die Bauzeiten können in
Schritten verändert
werden

Versandoptionen sind
möglich

Your Cart CHECKOUT

Shel 160510

White Strong & Flexible

Print It Anyway [What's this?](#)

1

\$80.86

[×](#)

Gift Options

Free personalized gift message: \$0.00

Manufacturing Speed

- Rush (Add \$40.43) Ships by May 16th
- Standard (+ \$0.00) Ships by May 18th
- Extended (Save \$8.09) Ships by June 7th

Note: This cannot be combined with other discounts.

Shipping Options

My order is going to

Your order leaves our factory on **May 18th** ⓘ

Price	Shipping Method	Est. Delivery
<input checked="" type="radio"/> \$7.74	DHL Europaket	May 19 - May 20
<input type="radio"/> \$13.69	UPS	May 20 - May 23
<input type="radio"/> \$23.80	UPS Express	May 19

Order Summary

Items (1)	\$80.86
Shipping	\$7.74
VAT 19%	\$14.15
Total:	\$88.60

Your order will be charged in EUR.
Your total is €77.70 EUR ⓘ

Promo Code

APPLY

Credit / Gift Card

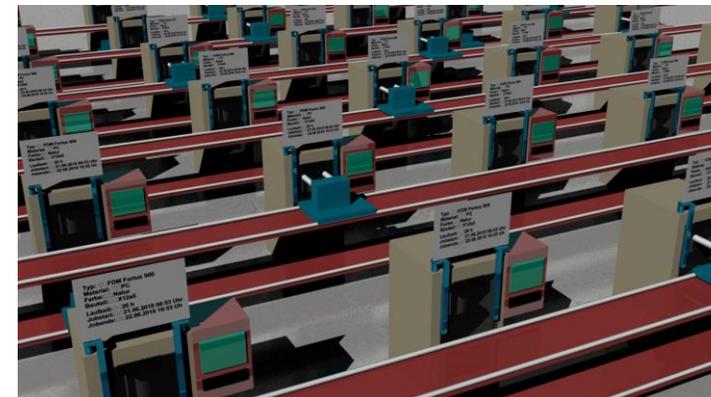
APPLY

Fertigungsphase (zukünftig)

Zukünftig wird es "Print-Farmen" geben, d.h. Fertigungsstätten für die additive Produktion mit mehr als 1000 Anlagen.

Der Vorteil ist, dass der Kunde online direkt die Maschine anklicken und die Statusinformation abrufen kann, wie

- Maschinen Typ
- Verfahren
- Materialtyp
- Farbe
- Laufzeit
- Bauzeitende



Typ: FDM Fortus 900
Material: PC
Farbe: Natur
Bauteil: X12a5
Laufzeit: 26 h
Jobstart: 21.06.2018 08:53 Uhr
Jobende: 22.06.2018 10:53 Uhr

Statusinformationen einer Anlage

Fertigungsphase (zukünftig)

Was macht dies für einen Sinn?

- der Kunde hat Zugriff auf ALLE aktuellen Verfahren
- der Kunde hat Zugriff auf ALLE aktuellen Materialien
- es steht innerhalb eines Tages eine freie Anlage zur Verfügung
- Bauteile können in eine Warteschleife geladen werden, dies bedeutet, der Kunde wird zum Disponenten
- Der Kunde bestimmt wann, auf welcher Maschine, mit welchem Material, und bis wann sein Bauteil erstellt wird.
- Da die Laufzeit des eigenen Teils bekannt ist, kann auch die Auslieferuhrzeit voraus bestimmt werden
- Und bei bekannter Transportzeit, kann die exakte Lieferzeit errechnet werden

Willkommen in der Industrie 4.1 !

Fertigungsphase (zukünftig)

Ein Beispiel:

- Annahme
 - Verfahren FDM
 - Material ABS
 - Farbe weiß
 - Bauteillaufzeit 11 Stunden
 - Entstützung nein
- Laut Maschinenbelegungsliste (s.o.) wird die Anlage um 11:00 Uhr frei
- Dann wäre das Beispielteil um 22:00 Uhr von der Maschine
- Transport wäre dann der 23.06.
- Ankunft 24.06. gegen 09:00 Uhr

Fertigungsphase (zukünftig)

Was aber wäre, wenn das Bauteil um 23:00 Uhr noch aufgegeben würde?

- Übergabe an DHL um 23:00 Uhr
- Transport über Nacht
- Ankunft beim Kunden am 23.06. gegen 09:00 Uhr, d.h. **einen Tag früher!**

Somit ist es nicht nur eine Frage wie lange das Teil baut, sondern auch wo es zum Transport aufgegeben wird. Es ist somit eine Frage der Logistik.

- Der Standort einer solchen "Print-Farm" ist also von großer Bedeutung.
- Ein Standort der sich anbietet ist Schkeuditz, direkt am DHL-Hub hier können bis 01:00 Uhr Sendungen aufgegeben werden

Fertigungsphase (zukünftig)

Wenn der Kunde zum Disponenten wird hat das auch rechtliche Auswirkungen.

- Der Kunde ist - wie bei fabberhouse zu sehen - verpflichtet, einen "aufbereiteten" Datensatz an den Lieferanten zu senden.
- Dies bedeutet, dass der Kunde genau weiß, was er dort macht.
- Die Frage der Haftung tritt spätestens bei einem fehlerhaften Bauteil auf.
- Wer haftet?

Wenn also zukünftig die Möglichkeit besteht, on demand, online auf jedes Verfahren und jedes Material zuzugreifen, braucht man dann privat noch einen 3D-Drucker, der nur ein Material hat und nur ein Verfahren abbilden kann und zudem profunde Kenntnisse abverlangt?

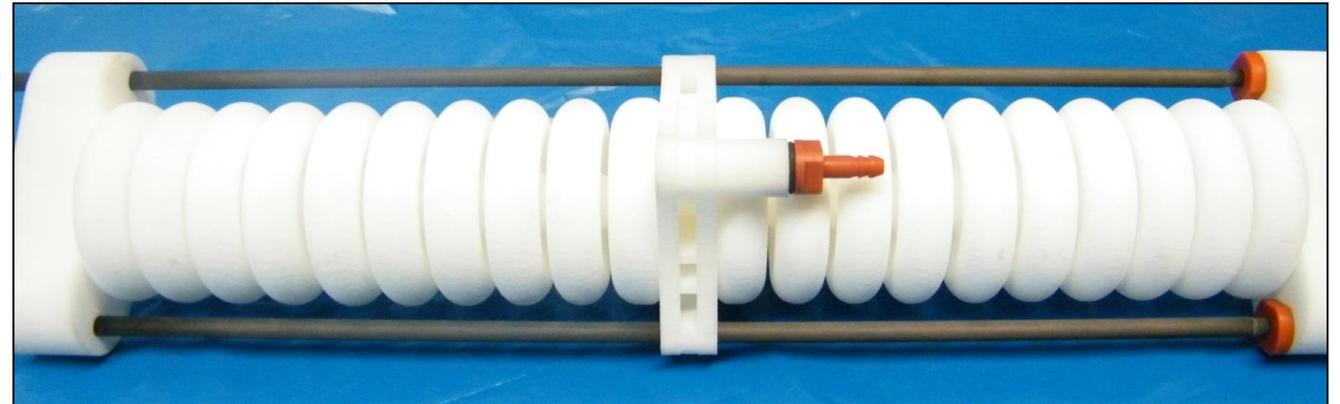
Integration von Bauteilen bzw. Funktionen

Ein genereller, positiver Aspekt der additiven Verfahren ist die Möglichkeit einer hohen Integration von Bauteilen bzw. Funktionen.

Dieser Zylinder besteht aus einem Teil und ersetzt 18 Einzelteile.

Diese Funktionsintegration muss aber von den Konstrukteuren erlernt werden.

Hier sind die Universitäten und Hochschulen in der Pflicht, entsprechende Lehrpläne und Curricula in den Lehrprozess mit einzubinden.



Expansionszylinder einer Zugvorrichtung für das NMR (Nuclear Magnetic Resonance) - Spektroskop an der Hochschule Merseburg.

Foto: Dietmar Glatz

Andreas Mühlenberend, Bauhaus-Universität Weimar

Kurzvita

geb. 1967

1998: Diplom Produktdesign an der Universität / Kunsthochschule Kassel

seit 1998: www.resolutdesign.com / Büro für Industriedesign und Grafik

2002-2009: Vertragsprofessor an der Freien Universität Bozen, Italien

2009-2014: Professor für Produktdesign an der Hochschule Magdeburg-Stendal

seit 2015: Professor für Produktdesign an der Bauhaus-Universität Weimar



Kontakt

Bauhaus-Universität Weimar

Prof. Andreas Mühlenberend

Geschwister-Scholl-Straße 7

99423 Weimar

Tel.: (03643) 58 33 87

Mail: andreas.muehlenberend@uni-weimar.de

Abstract

Unvollendete Tatsachen / bionische Forschungen im Design

Im Vortrag werden 20 Designstudien von Studierenden des Produktdesigns präsentiert, die geprägt sind von Topologieoptimierungen, basierend auf Prinzipien des Knochenwachstums.

Die Objekte zeigen weltweit erstmalige Anwendungen jener naturbasierten Optimierungen am Beispiel unterschiedlichster Gebrauchsgüter; sie reichen thematisch vom Tragwerk einer Drohne über die freie Formstudie von Strukturen bis hin zum Handwerkzeug.

Die Topologieoptimierungen geschehen mit der Absicht, die Güte von Konstruktionen zu erhöhen sowie Material und Gewicht zu sparen. Werden diese technischen Fragestellungen üblicherweise Ingenieuren und Wissenschaftlern in der Umsetzungsphase zugeordnet, so zeigen die Designstudien, wie technische Optimierungen bereits in der frühesten Entwurfsphase des Designprozesses integriert werden.

Anhand der exemplarischen Beispiele wird diskutiert, welche Irritationen oder Synergien entstehen, wenn formprägende Einflüsse der Natur auf formgebende Einflüsse der Kultur ergo den gestaltenden Menschen treffen.

Unvollendete Tatsachen / bionische Forschungen im Design

Lernende und Lehrende, Designerinnen und Designer erforschen Topologieoptimierungen im Designprozess. Warum? Weil der Verdacht besteht, dass die Natur erhebliche Potentiale des Leichtbaus, der Material- und Gewichtersparnis sowie der Dauerfestigkeit, kurzum der höheren Güte von Produktgeometrien offenbaren kann.

Was machen wir? Zuerst legen wir einen virtuellen Raum fest, in dem die folgenden Prozesse stattfinden. Dieser Bauraum begrenzt geometrisch das Spielfeld möglicher Lösungen. Dann entscheiden wir, welche Kräfte auf das zu erforschende Objekt wirken. Wir definieren, wo und in welche Richtung das – wie immer geartete – Objekt belastet wird. Wir stellen noch ein, wie das Objekt gelagert oder fixiert ist und in welche Richtungen es sich – unter Belastung – bewegen kann.

Wir starten nun den Prozess und die vordefinierten Kräfte beginnen, auf das Objekt zu wirken, und wir erlauben dem Objekt – ergebnisoffen – auf die Kräfte zu reagieren. Wir schauen den formbildenden Prozessen der Natur während ihres Wirkens zu. Es entstehen Formen, die auf den Prinzipien des Knochenwachstums basieren. Wir entdecken, dass die Formen auf verschiedene Voreinstellungen unterschiedlich reagieren. Diese Beobachtung verpflichtet uns in den weiteren Schritten zur Variantenbildung bezüglich unserer Fragen und Modelle. Wir beginnen, die Macht der „Regler“ zu verstehen, welche die Form des Objekts beeinflussen, und wir beginnen, an den Reglern zu drehen.

Unvollendete Tatsachen / bionische Forschungen im Design

So hat die Veränderung des Bauraums nicht nur quantitative Änderungen des Objektes zur Folge, sondern qualitative Veränderungen. Gemäß unterschiedlichen Vorgaben verändern sich die Formen nicht nur in ihren Dimensionen, sondern auch in ihrer Art.

Im Designprozess treffen die formgebenden Kräfte der Natur irgendwann auf die formbeeinflussenden Anforderungen der Kultur, ergo all dem, was der Mensch zur Absicht hat. Dieses Zusammentreffen von Natur und Kultur kann in unterschiedlichen Gewichtungen passieren. Überlassen wir der Natur die Oberhand, dann entfernen sich unsere Ergebnisse stark von gängigen Vorstellungen der Mode oder des Styles. Wir verlassen dann insgesamt jene geschmacklichen Entscheidungsprozesse, die wesentlicher Teil unserer Weltaneignung sind. Wir sehen dann Objektbeispiele, die quasi durch die Kräfte gezeichnet werden, welche auf das Objekt wirken. Das andere Extrem des genannten Zusammentreffens unterschiedlicher Formeinflüsse ist, wenn wir kulturell oder geschmacklich definierte Formen lediglich im Detail oder auf versteckte Art beispielsweise unsichtbar im Inneren des Objektes optimieren. Dies ist der Fall, wenn Objekte stark oder strikt kulturell definiert werden / sind. Die Natur kennt kein DIN-Format von Objekten (Papier), die in eine kulturell definierte, DIN-gerechte Ablage passen müssen. Die formoptimierenden Prozesse der Natur beklagen sich aber nie. Sie beantworten falsch gestellte Fragen genauso folgerichtig wie richtig getroffene Voreinstellungen.

Unvollendete Tatsachen / bionische Forschungen im Design

Sie beantworten zu geizig formulierte Vorbedingungen ebenso logisch (und geizig) wie größenwahnsinnige Anfragen. Es ist auch nicht immer die Aufgabe der Natur, die Produkte der Kultur zu optimieren. Mitunter reicht Natur, um uns zu neuen Lösungen zu inspirieren.

Wir entdecken in unseren Designstudien, dass Natur und Kultur wechselseitig die Führung übernehmen können und dass unsere Ergebnisse besonders fruchtbar sind, wenn Natur und Kultur mit einer gewissen – undogmatischen – Elastizität aufeinander treffen. Die ureigene Fähigkeit des Designs, komplexe Wirklichkeit zu abstrahieren und Modelle zu erzeugen, begleitet unsere Forschungen. Unsere Leistungen führen zu dreidimensionalen physisch vorhandenen Modellen; unsere Forschungen führen zu Tatsachen.

Künstlerische Mitarbeit:

Patrick Bösch; Studierende: Module: Christophe Armand / Katharina Bartholomäus: Korb / Stefan Biller: Haken und Strukturanalyse / Martin Deutscher: Schraubstock / Kristina Feinhals und Jennifer Schuster: Sportbrille / Patrick Friedl: Schraubzwinde und Korb / Gregor Glauer: Fahrradpedal / Ricardo Hanke: Sitzschale / Lisa Kästner: Laufrad / Verena Kühn: S-Haken / Jakob Kukula: Zange / Miriam Landenberger: Treppe / Moritz Neuner: Bogen / Michael Rieke: Roboterarm / Rosa Carole Rodeck: Griff / Felicia Schneeweis: Grill / Felix Schreiber: Drohne / Daniel Wecker: Leiter

Unvollendete Tatsachen / bionische Forschungen im Design



Bauhaus-Universität Weimar

BOGEN / BOW: MORITZ NEUNER

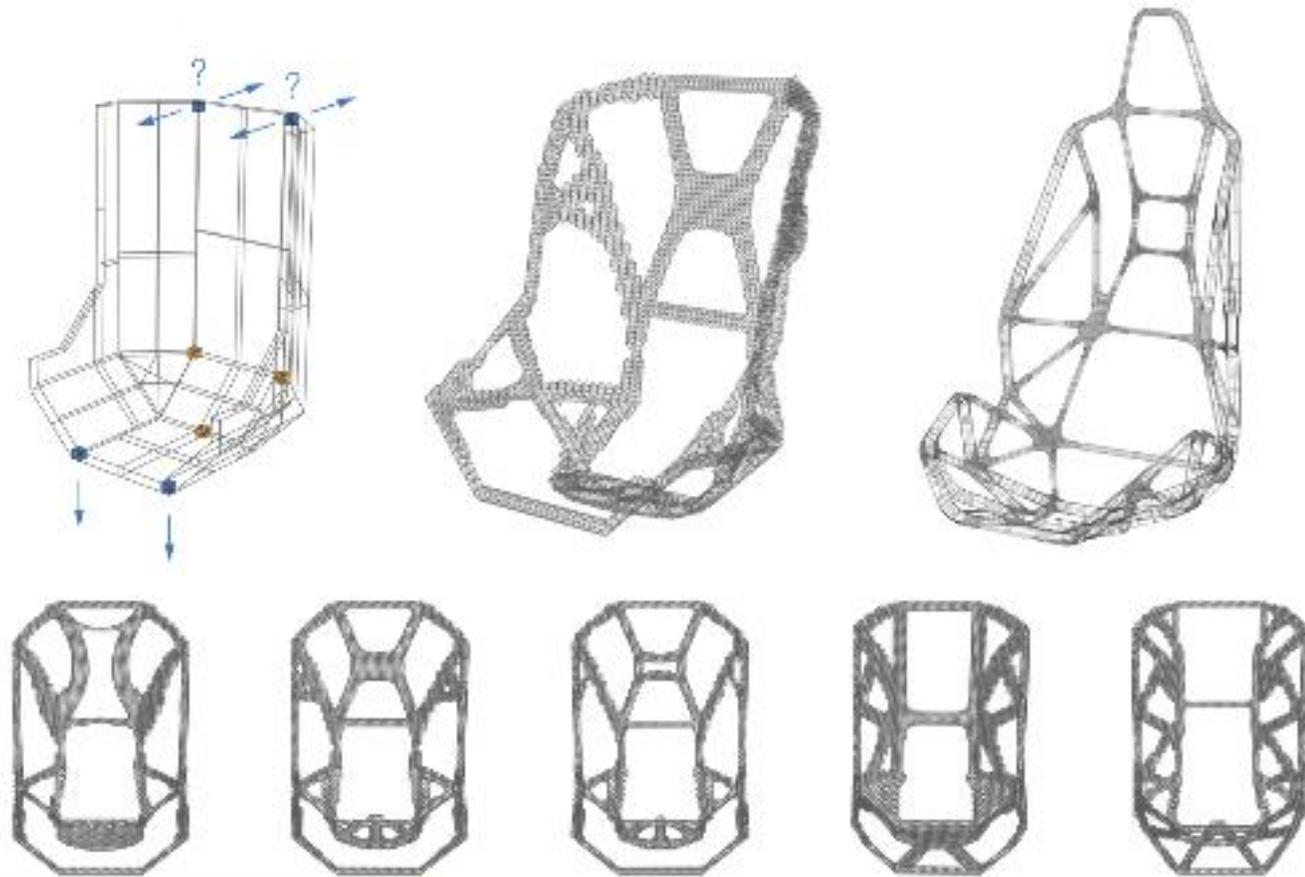
Quelle: Bauhaus-Universität Weimar

Unvollendete Tatsachen / bionische Forschungen im Design



Quelle: Bauhaus-Universität Weimar

Unvollendete Tatsachen / bionische Forschungen im Design



Bauhaus-Universität Weimar

SITZSCHALE/SEAT: RICARDO HANKE

Quelle: Bauhaus-Universität Weimar

Unvollendete Tatsachen / bionische Forschungen im Design



Bauhaus-Universität Weimar

COPTER: FELIX SCHREIBER

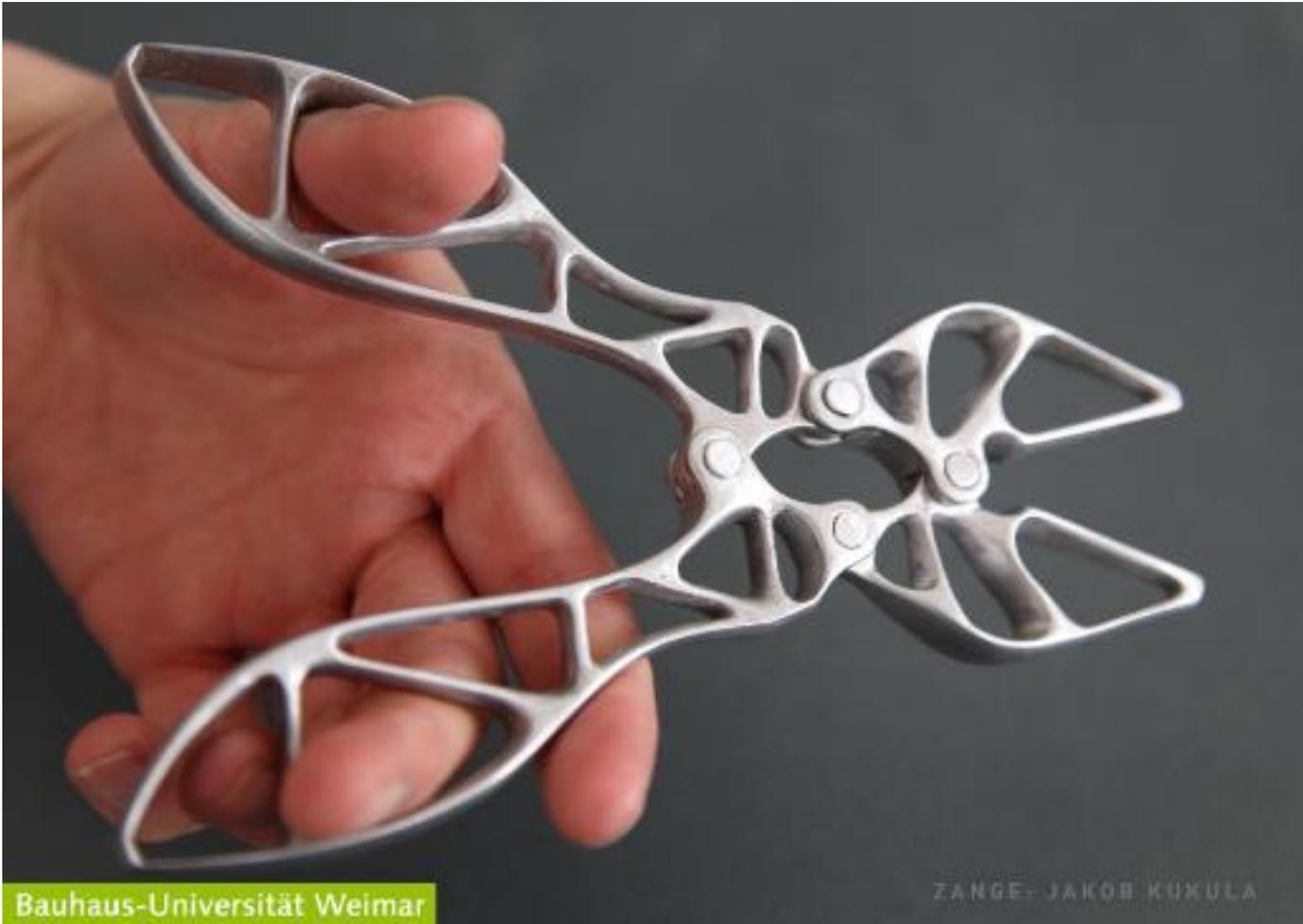
Quelle: Bauhaus-Universität Weimar

Unvollendete Tatsachen / bionische Forschungen im Design



Quelle: Bauhaus-Universität Weimar

Unvollendete Tatsachen / bionische Forschungen im Design



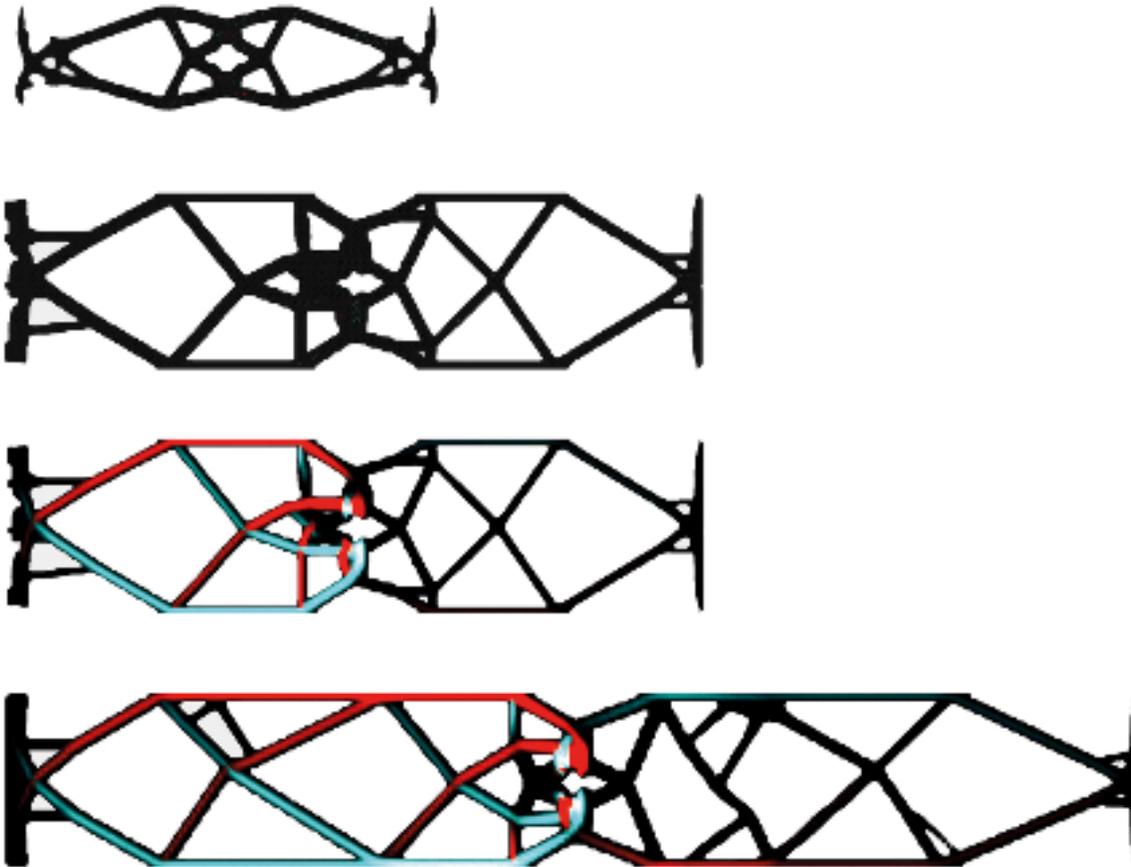
Quelle: Bauhaus-Universität Weimar

Unvollendete Tatsachen / bionische Forschungen im Design



Quelle: Bauhaus-Universität Weimar

Unvollendete Tatsachen / bionische Forschungen im Design



Bauhaus-Universität Weimar

GRIFF: ROSA CAROLE RODECK

Quelle: Bauhaus-Universität Weimar

Unvollendete Tatsachen / bionische Forschungen im Design



Quelle: Bauhaus-Universität Weimar

Karsten Edelmann, Concept Laser GmbH Lichtenfels

Regional Vertriebsleiter

Kontakt

Concept Laser GmbH

An der Zeil 8, 96215 Lichtenfels

Tel.: (09571) 1679-200

Fax: (09571) 1679-299

Web: www.concept-laser.de



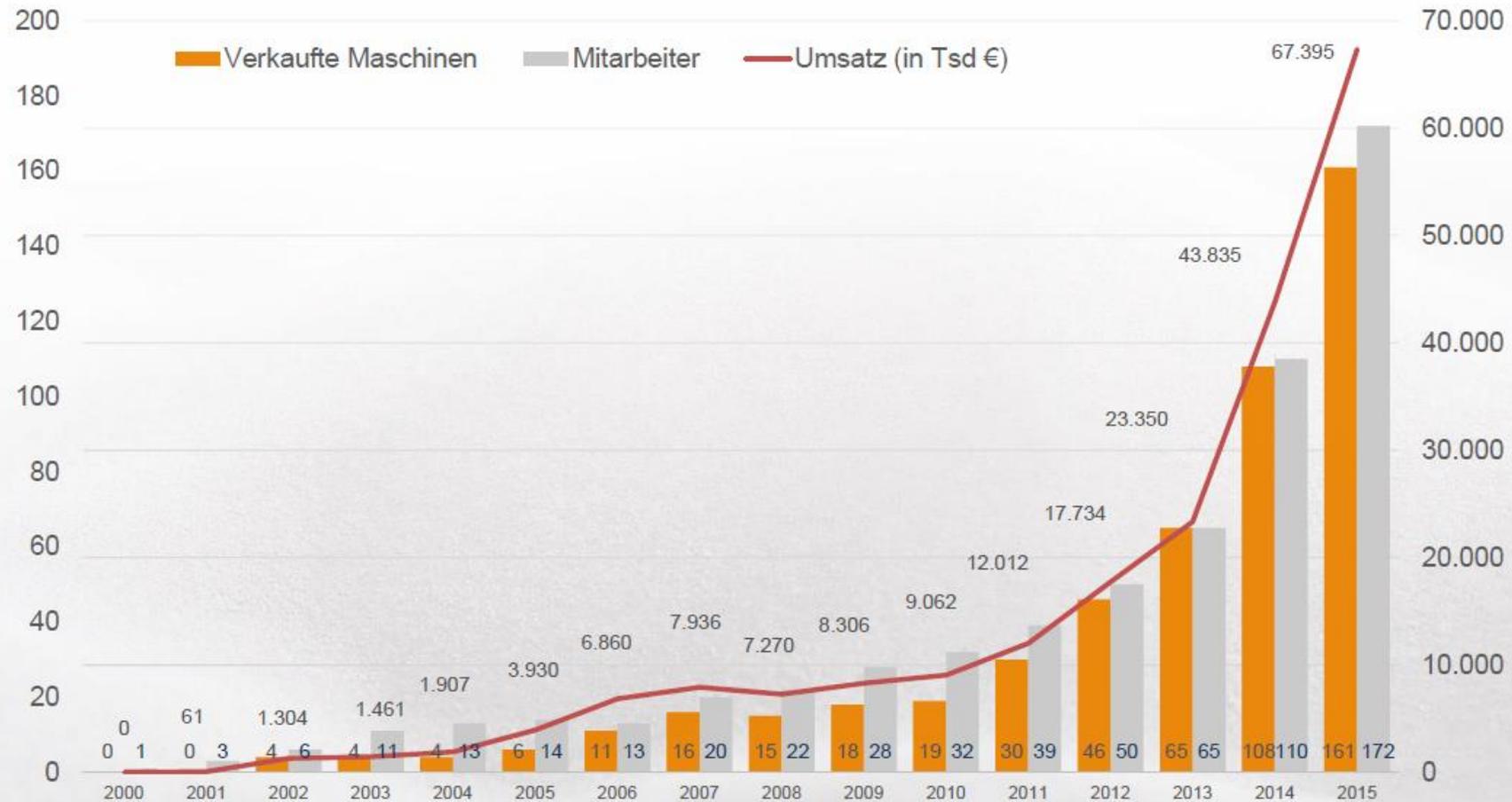
Industrie 4.0 im 3D-Metalldruck – Wege zur Automatisierung



Zahlen, Daten, Fakten



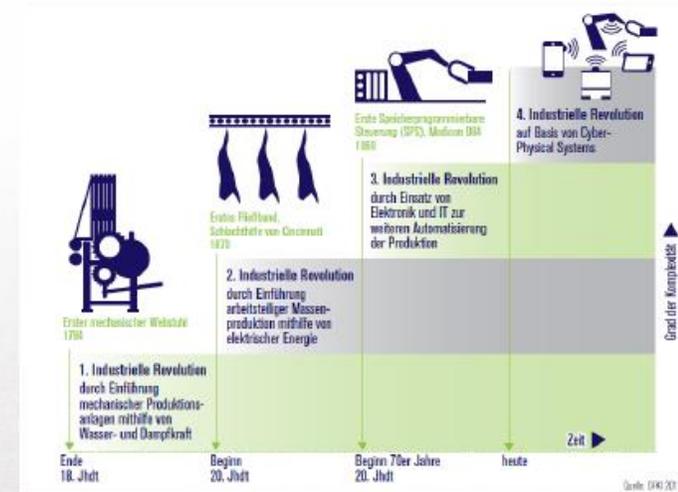
Zahlen, Daten, Fakten



Industrie 4.0 – Definition

- . Beginnende vierte industrielle Revolution nach Mechanisierung, Industrialisierung und Automatisierung
- . Zentrales Element sind vernetzte Cyber-Physische Systeme
 - . Dezentrale Steuerung
 - . Im Internet der Daten und Dienste miteinander vernetzt
 - . Selbstständige Steuerung

Quelle: Produktionsarbeit der Zukunft – Industrie 4.0, 2013

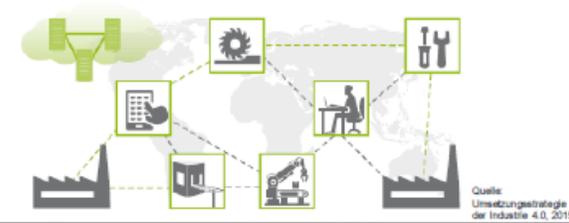


Industrie 4.0 – Merkmale

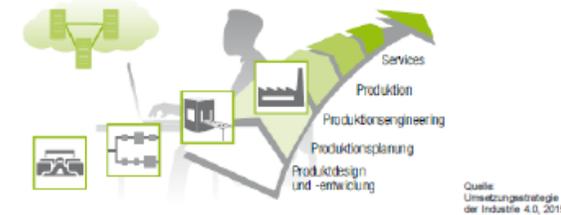
- . Horizontale Integration über Wertschöpfungsnetzwerke
- . Digitale Durchgängigkeit des Engineerings über die gesamte Wertschöpfungskette
- . Vertikale Integration und vernetzte Produktionssysteme

Quelle: Umsetzungsempfehlung für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0, 2013

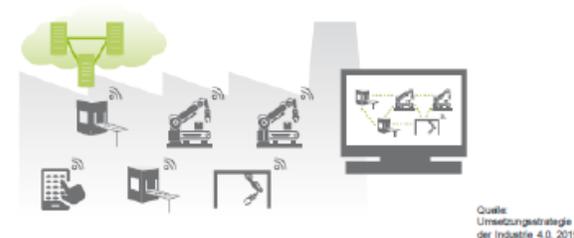
Horizontale Integration über Wertschöpfungsnetzwerke



Digitale Durchgängigkeit des Engineerings über die gesamte Wertschöpfungskette

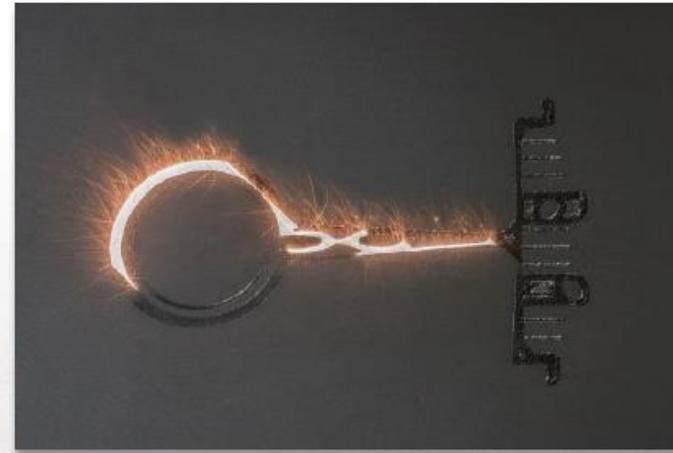


Vertikale (Integration und vernetzte Produktionssysteme)



Aktuelle Herausforderungen in der additiven Herstellung

- . Additive Manufacturing bewegt sich von Prototyping zur Produktion
- . Steigende Maschinenanzahl pro Kunde
- . Maschinen als stand-alone-Systeme gebaut
- . Limitierter verfügbarer Platz in den Produktionshallen
- . Produktionszeiten müssen reduziert werden
- . Maschinenbediener wird für alle Produktionsschritte benötigt
- . Pulvermanagement nicht mehr handhabbar bei der steigenden Anzahl an Baujobs
- . Qualitätskontrolle in der Produktion
- . Anbindung an weitere Bearbeitungs- und Nacharbeitsschritte



Lösungsansätze im AM in Verbindung mit Industrie 4.0

. Flexibilisierung der Produktion

- . Trennung von Produktions- und Rüstprozessen
- . 24/7- Ausnutzung der Anlagen

. Automatisierung der Produktion

- . Automatisierte Prozesse; Reduktion des Bedieneringriffs
- . Automatisierter Materialfluss

. Horizontale und vertikale Integration der Produktionsprozesse & digitale Durchgängigkeit

- . Qualitätsüberwachung, Inline-Prozessüberwachung
- . Soft- und Hardware-Schnittstellen zu konventionellen Verfahren und/oder Nachbearbeitung



Neue Maschinenarchitektur speziell für Produktion

. Modularer Ansatz

- . Prozessstation für Bauprozess
- . Handhabungsstation für Auf- und Abrüstprozess
- . Fahrbare Module für Transport und Materialversorgung
- . Tunnelkonzept für Modulbewegungen



Neue Maschinenarchitektur speziell für Produktion

. Vorteile

- . Verschiedene Kombinationsmöglichkeiten von Prozess- und Handhabungsstationen möglich
- . Maschinenkapazität an Bedarf und Bauteilgeometrien anpassbar
- . Modulbewegungen jederzeit möglich, auch während des Bauprozesses
- . Trennung von Auf- und Abrüstung und Bauprozess
- . Parallelisierung von Arbeitsprozessen
- . Keine Stillstände (24/7-Produktion)
- . Einfacher Zugang zu allen Maschinenteilen
- . Höchste footprint-Effizienz

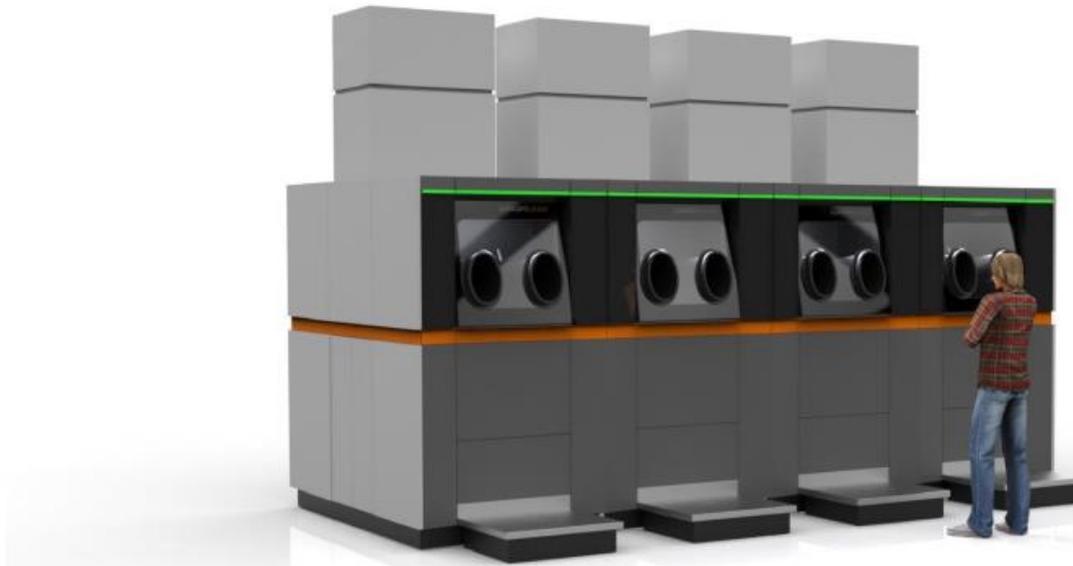


Kombination aus Handhabungs- und Prozessstationen



Zwei Prozessstationen teilen sich eine Handhabungsstation (Nutzung mit einem Material)

Pulverhandhabung



Pulverhandhabung innerhalb der Fabrik von der Produktion trennbar
Verschiedene Handhabungsstationen für unterschiedliche Materialien

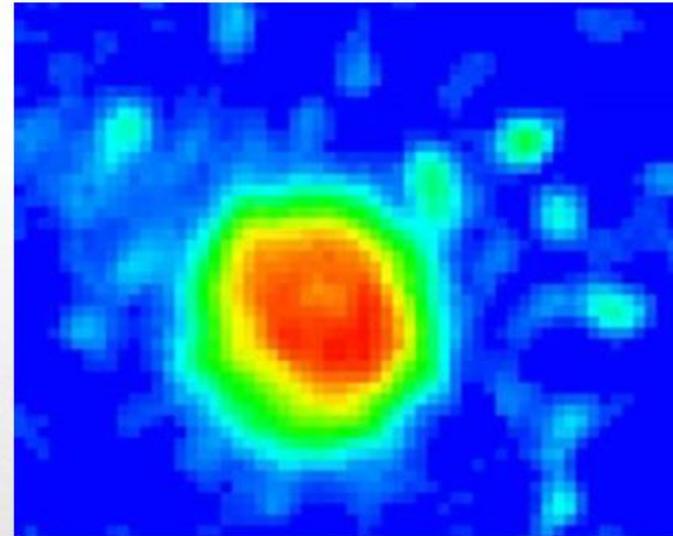
AM Factory of Tomorrow



Qualitätssicherung – Inline Prozessüberwachung

- . Beschichtungsvorgang
 - . Homogener Schichtaufzug in jeder Schicht erforderlich
 - . Lange Rüstzeiten bedingt durch hohe Pulverzufuhr→ Coating System

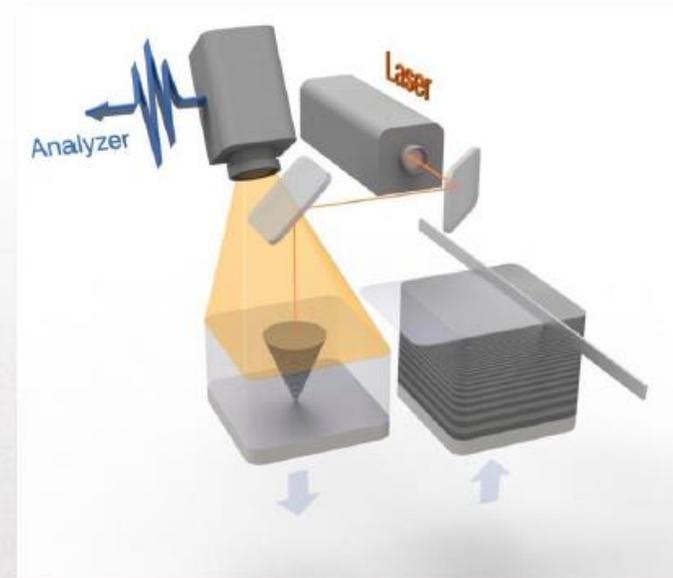
- . Schmelzvorgang
 - . Bestimmender Faktor des Laserschmelzprozesses
 - . Falscher Energieeintrag führt zu Poren und Spannungsrissen→ Meltpool Monitoring System



Qualitätssicherung – Inline Prozessüberwachung

. QM Coating

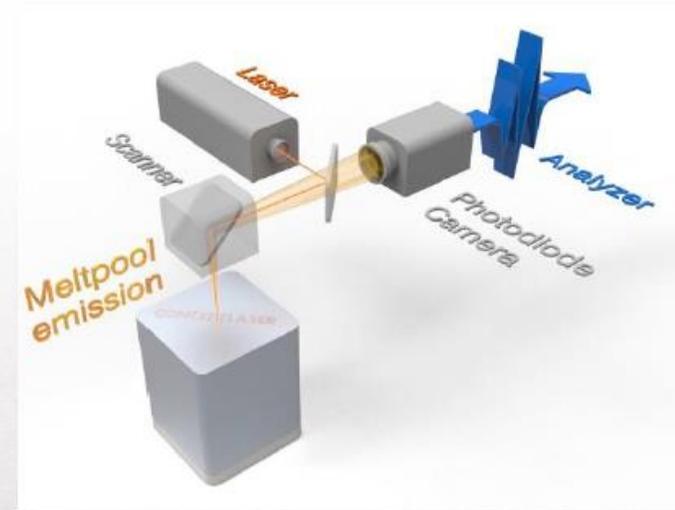
- . Erkennung von Bereichen mit unzureichender Pulverzufuhr
 - . Echtzeitkontrolle des Pulver-Dosierfaktors ist möglich (closed loop)
 - . Optimale Beschichtung für jede Schicht
 - . Rüstzeit- und Pulverersparnis
 - . Möglichkeit zur Realisierung größerer Teile ohne Pulvernachfüllung
- . Ausblick:
- . Möglichkeit der automatischen Entfernung von aufgestellten Bauteilen
 - . Automatischer Wechsel der Beschichterklinge bei Bedarf



Qualitätssicherung – Inline Prozessüberwachung

. QM Meltpool 3D

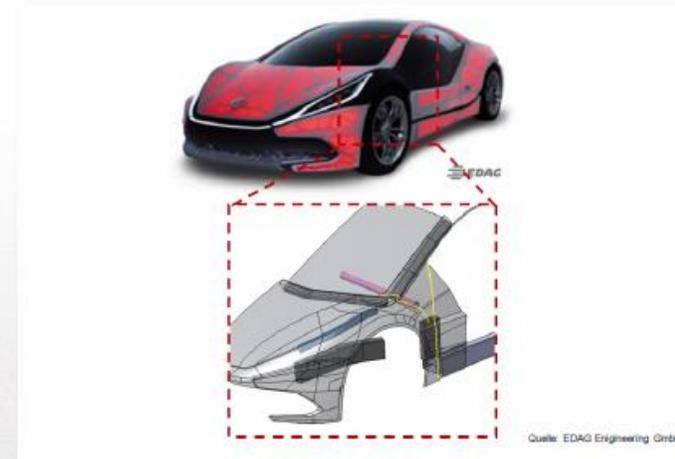
- . Echtzeit Analyse
- . Hohe Auflösung bei kleinem Beobachtungsbereich (1 pixel \triangleq e.g. 10-12 μ m)
- . Hohe Sample-Rate (>15kHz)
- . Unmittelbare Verfügbarkeit der Daten nach dem Bauprozess
- . Zuordnung zu Prozessanomalien möglich
- . Möglichkeit zur Reduzierung der nachgelagerten Qualitätskontrolle
- . Wichtig für verschiedene Industrien, um verlässliche Qualität zu garantieren



CONCEPTLASER

Intelligente Verknüpfung mit konventionellen Fertigungsverfahren

- . Funktionsintegrierte, bionisch optimierte Fahrzeugleichtbaustruktur in flexibler Fertigung
 - . Projektpartner:
EDAG, Laser Zentrum Nord & BLM Group
- . Beschreibung des Projekts:
 - . Virtuelle Entwicklung und Optimierung einer funktionsintegrierten Fahrzeugleichtbaustruktur
 - . Entwicklung eines laserbasierten Produktionslayouts
 - . Herstellung der Einzelkomponenten und Erstellung eines Technologiedemonstrators



Intelligente Verknüpfung mit konventionellen Fertigungsverfahren

. Vorteile der lasergenerierten Komponenten

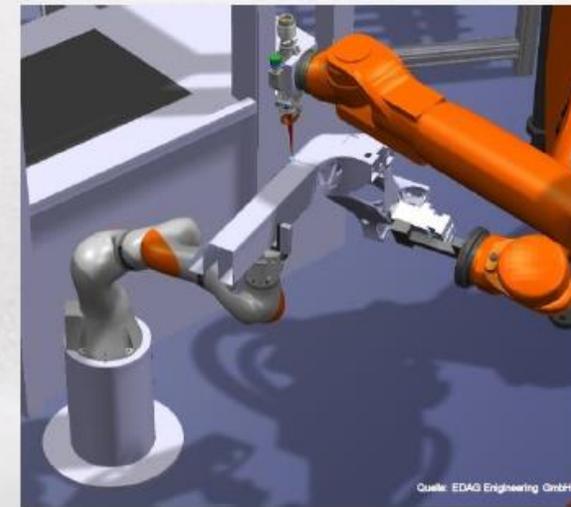
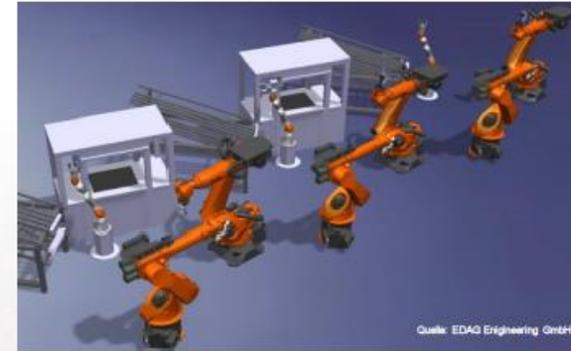
- . Kombination von additiv-gefertigten Knoten und intelligent gebogenen und geschnittenen Profilen → bionische Strukturen und Leichtbaudesign
- . „On Demand“ Produktion
Flexibler, werkzeug- und vorrichtungsarmer Prozess auf Effizienz abzielend



Intelligente Verknüpfung mit konventionellen Fertigungsverfahren

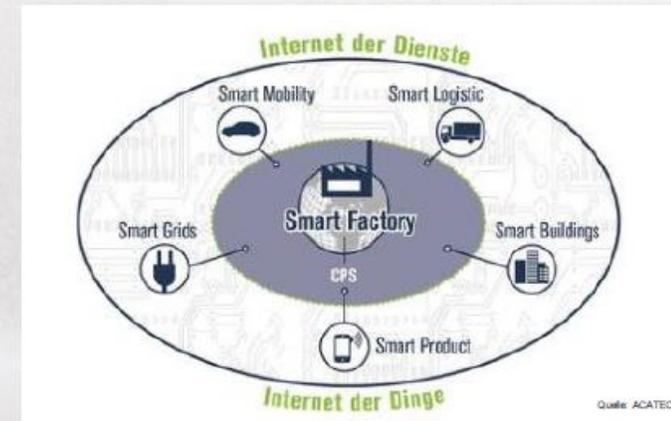
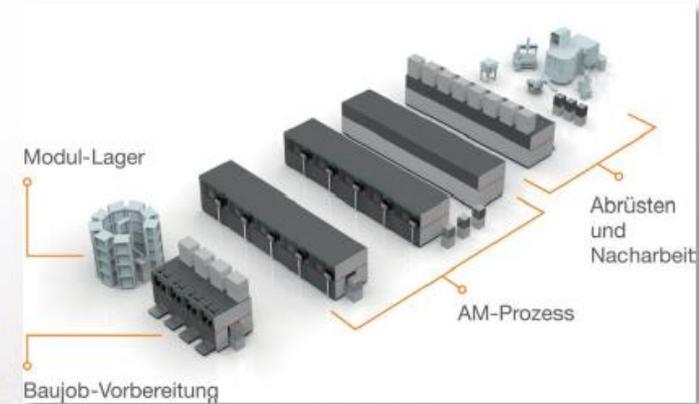
. Virtueller Produktionsprozess

- . Horizontal vernetztes Qualitätsmanagement
- . Vereinfachtes Logistikkonzept – Production on Demand
- . Skalierbarkeit des Produktionslayouts
- . Raumoptimiertes Produktionslayout
- . Größere Anteile an Leichtbaustrukturen
- . Verbindung von verschiedenen Materialien
- . Kollaborierende Industrieroboter
- . Vorrichtungsarme Herstellung
- . Standardisierte Andockstellen



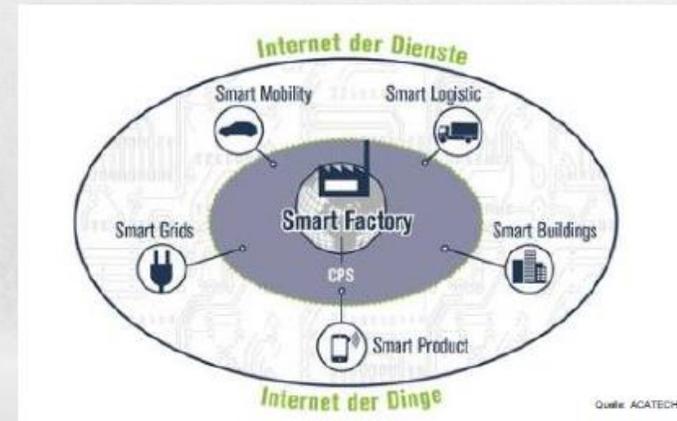
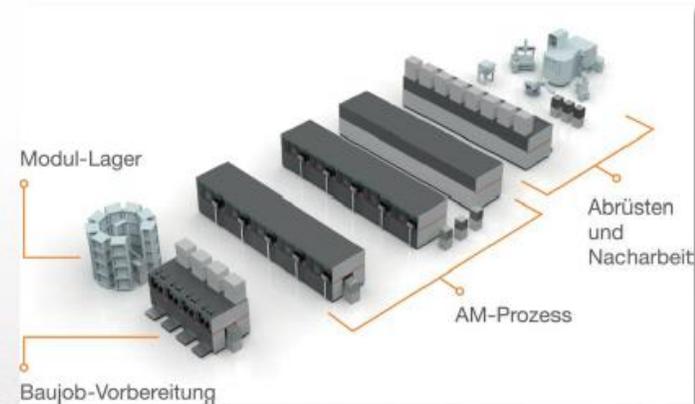
AM Factory of Tomorrow – Industrie 4.0 Ausblick

- . Automatisierte Lagerprozesse (Modullager, Pulverlager, etc.)
- . Getrennte Handhabungs- und Prozessstationen
- . Module werden automatisch gesteuert
- . QM-Systeme überwachen Bauprozesse in Echtzeit und können automatisch reagieren
- . Prozessstationen fordern automatisch neue Versorgungsgüter (Bauplatten, Pulver, etc.) oder Wartung an
- . Pulvermanagement (Absaugung, Sieben, etc.) erfolgt automatisch



AM Factory of Tomorrow – Industrie 4.0 Ausblick

- . Automatische Überwachung der Produktion dezentral, z.B. vom Produktionsleitstand oder mobil vom Tablett
 - . Anbindung an Produktionsleitsysteme möglich
 - . Schnittstellen zu konventionellen Systemen
 - . Möglichkeit der „Production on Demand“
- **Digitale Vernetzung zwischen Mensch, Maschine und Bauteil mit Echtzeitdaten – Smart Factory**



AM Factory of Tomorrow

Industry 4.0

© Concept Laser

Seite 22 | www.concept-laser.de

Für Fragen stehe ich Ihnen gerne zur Verfügung



- . **Karsten Edelmann**
- . Regional Vertriebsleiter

- . **Concept Laser GmbH**
- . An der Zeil 8
- . D 96215 Lichtenfels
- . T +49 (0)9571 1679-200
- . F +49 (0)9571 1679-299

www.concept-laser.de

SEKTION 1

3D-Druck, Bauteiloptimierung, Serienproduktion

Christian Schilling, 3D-Schilling GmbH

Kurzvita

Christian Schilling wurde 1978 in Nordhausen geboren. Nach dem Abitur diente er fünf Jahre bei der Bundeswehr als Zugführer und Truppendienststoffizier.

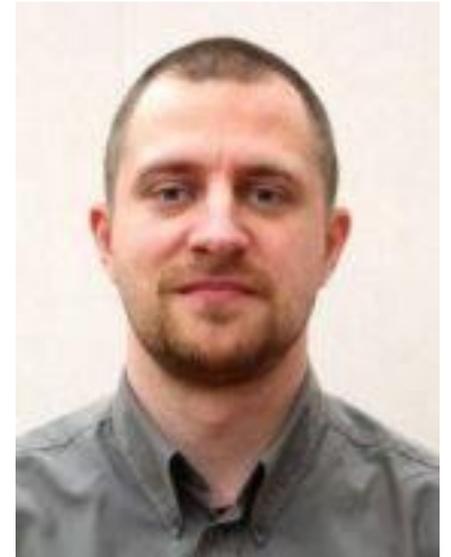
Nach dem Ende der Wehrdienstzeit studierte Christian Schilling Kraftfahrzeugtechnik mit der Vertiefung Antriebe an der Westsächsischen Hochschule in Zwickau.

Im Anschluss an das Studium arbeitete er bei der EDAG in Wolfsburg, zuerst in der Wettbewerbsanalyse und anschließend in der Vorentwicklung.

Ab September 2008 leitete er den Spritzguss bei der Firma 3D-Schilling.

Im Anschluss daran erfolgte ein Einsatz im technischen Außendienst.

Seit 2011 betreut er das Lasersintern und Projekte bei 3D-Schilling.



Kontakt

3D-Schilling Ingenieurbüro

Alexander-Puschkin-Straße 8

99706 Sondershausen / OT Oberspier

Tel.: (03632) 770230

Mail: sla@3d-schilling.de

Abstract

Christian Schilling, 3D-Schilling GmbH und Prof. Dr. Ing. Jens Bliedtner, EAH Jena

Die Ansprüche an 3D-gedruckte Bauteile steigen ständig und werden immer mit Möglichkeiten der Serienbauteilen verglichen. Trotz aller Rasanz in der Entwicklung haben sich bisher additive hergestellte Teile in der Industrie bzw. im Serieneinsatz nur in wenigen Fällen durchgesetzt. Das liegt zum einen in der mangelnden Produktivität der additiven Verfahren, zum anderen in der Reproduzierbarkeit der Teile. Ein Problem ist im Bereich Kunststoff die begrenzte Möglichkeit, Teile festigkeitsoptimiert und isotrop herzustellen.

Die Optimierung der Bauteile hinsichtlich dieser Eigenschaften erfolgt gegenwärtig vorwiegend durch Platzierung des Teiles im Bauraum. Die platzierten und, entsprechend des zu erwartenden Belastungsfalles, orientierten CAD-Daten werden in Schichten parallel zur Bauplattform aufgeteilt - gesliced. Der Teileaufbau erfolgt schichtweise, der 3D-Druck ist somit nur ein 2 1/2D-Druck. Die Verbindung der einzelnen Ebenen untereinander ist nicht vollflächig, sondern an die Gegebenheiten des jeweiligen Verfahrens gebunden.

Auf Grund dieser inhomogenen Verbindung, werden die Bauteileigenschaften in den jeweiligen Ausrichtungen und Lage im Bauraum unterschiedlich beeinflusst. Dies bedeutet, dass eine gleiche Bauteilgeometrie durch eine geänderte Lage im Raum unterschiedliche physikalische Eigenschaften aufweist.

Michael Anton, Stratasys GmbH

Kurzvita

Materials Business Manager EMEA

Dipl.-Ing. Elektrotechnik (IHS Mittweida)

Bei Stratasys (Objet) begonnen als Senior Applications Engineer

Aufbau des EMEA Benchmark-Centers und Teams

Service & Applikation, Sales-Support, Sales, Kundenbetreuung

Mehr als 20 Jahre Erfahrung in 3D Industrie, Bereich Materialien und Anwendungen



Kontakt

Mail: Michael.Anton@Stratasys.com

Abstract

Der Vortrag bietet einen Überblick über
Additiv gefertigte Werkzeuge

- Hot Melt
- Compression Molding (Formpressen)
- Hot Silicon Molding
- Blasformen
- Spritzguss

und die neuesten Entwicklungen

- Solube Support
- Creative Colors Software
- Connex3 Next Level
- Nano Elastomeric Technology und die
- Dritte Generation der Multi Material Technology

aus dem Hause Stratasys.



Additiv gefertigte Werkzeuge

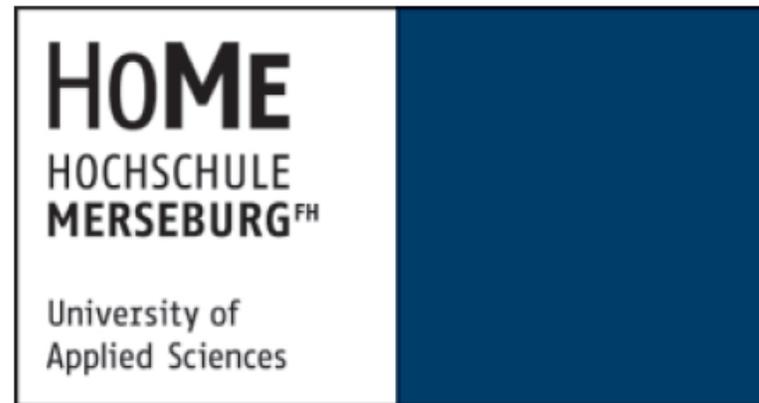
3. Mitteldeutsches Forum - 3D-Druck in der Anwendung

Michael Anton

Materials Business Manager EMEA

18. Mai 2016

stratasys



01 Wer ist Stratasys?

02 Additiv gefertigte Werkzeuge

03 Neuigkeiten von Stratasys

Stratasys Overview

For more than 25 years, Stratasys has been at the forefront of 3D printing and additive manufacturing innovation.

HEADQUARTERED IN EDEN PRAIRIE, MINNESOTA AND REHOVOT, ISRAEL

OVER 800 GRANTED OR PENDING ADDITIVE MANUFACTURING PATENTS GLOBALLY

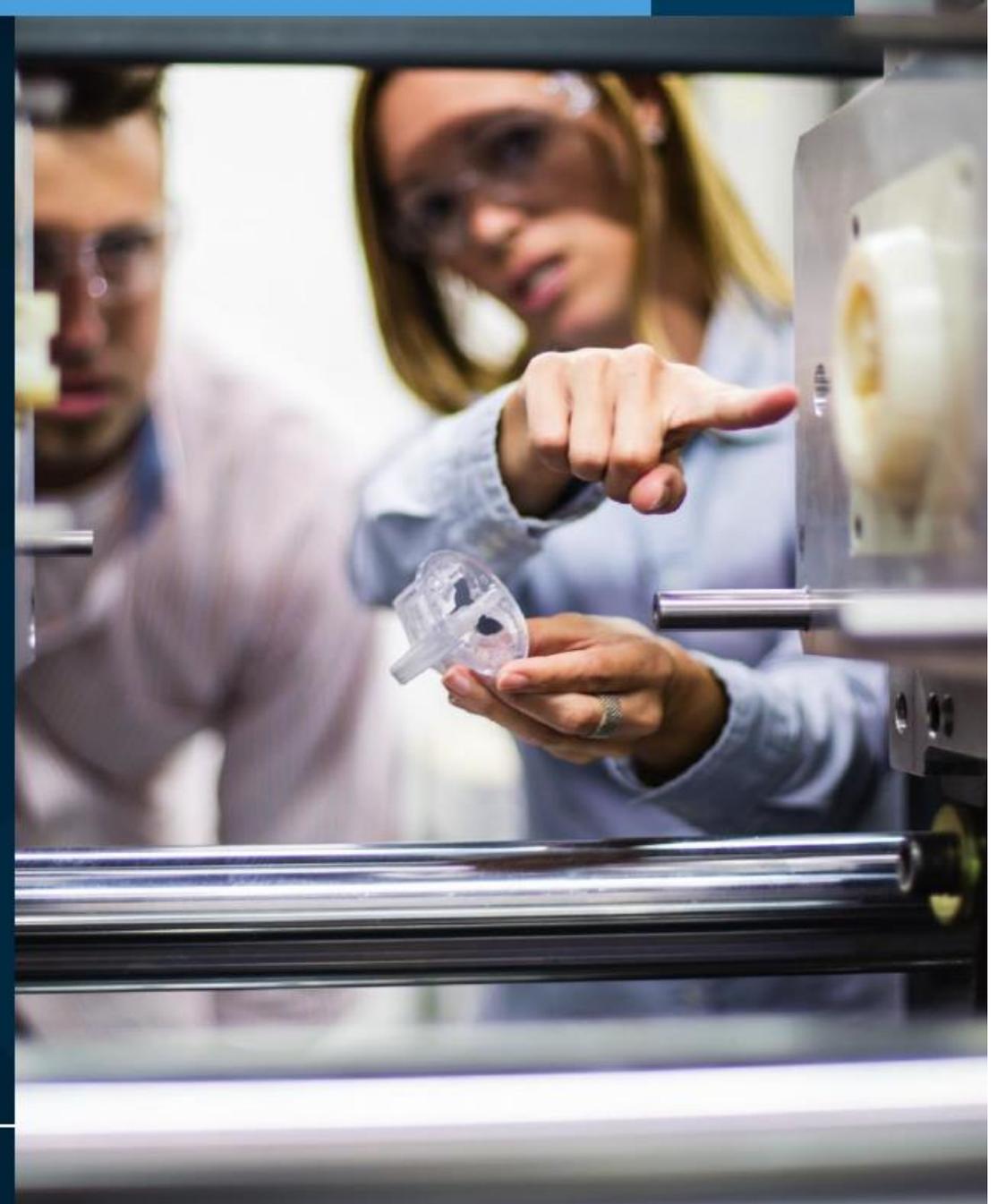
141,398 CUMULATIVE SYSTEMS SOLD*

OVER 30 TECHNOLOGY AND LEADERSHIP AWARDS

PUBLICALLY TRADED ON NASDAQ (SSYS)

\$750 Million REVENUE (2014)

*AS OF APRIL, 2015



Our Solutions

Stratasys Direct Manufacturing

- » Eight cutting-edge manufacturing facilities offer on-demand parts across additive and traditional technologies
- » Custom materials; ISO 9001, AS9100 and ITAR certifications
- » Decades of expertise help customers manufacture their products better, faster and more affordably

GRABCAD
a Stratasys Company

MakerBot[®]
A Stratasys Company

Solidscape[®]
a Stratasys Company

- 01 Wer ist Stratasys?
- 02 Additiv gefertigte Werkzeuge
- 03 Neuigkeiten von Stratasys

Additiv gefertigte Werkzeuge – Warum eigentlich?

- Additive Fertigung seit einigen Jahren dem Prototypenstatus entwachsen
- Bessere Materialien - die industriellen Anforderungen standhalten
 - Hochleistungskunststoffen wie Polyamide, PC, PEI (Ultem)
 - Direkt-Metall
- Trend hinzu Produktionsteilen (EUP) und Fertigungsmitteln (Werkzeuge & Helfer)
 - “Kunststoffteile erledigen den Job”
 - 90% aller additiv gefertigten Bauteile sehen aus wie Frästeile
- Design für Additive Fertigung
 - Materialeinsparung, Bauzeitreduzierung



Additiv gefertigte Werkzeuge

Tooling aus dem Drucker

1. Low pressure molding – Hotmelt-Anwendungen
2. Compression Molding – Gummi Vulkanisierung mit Ultem1010 Teilen
3. Hot Silikon Molding mit Ultem1010 Teilen
4. Blasformen
5. Spritzgießen



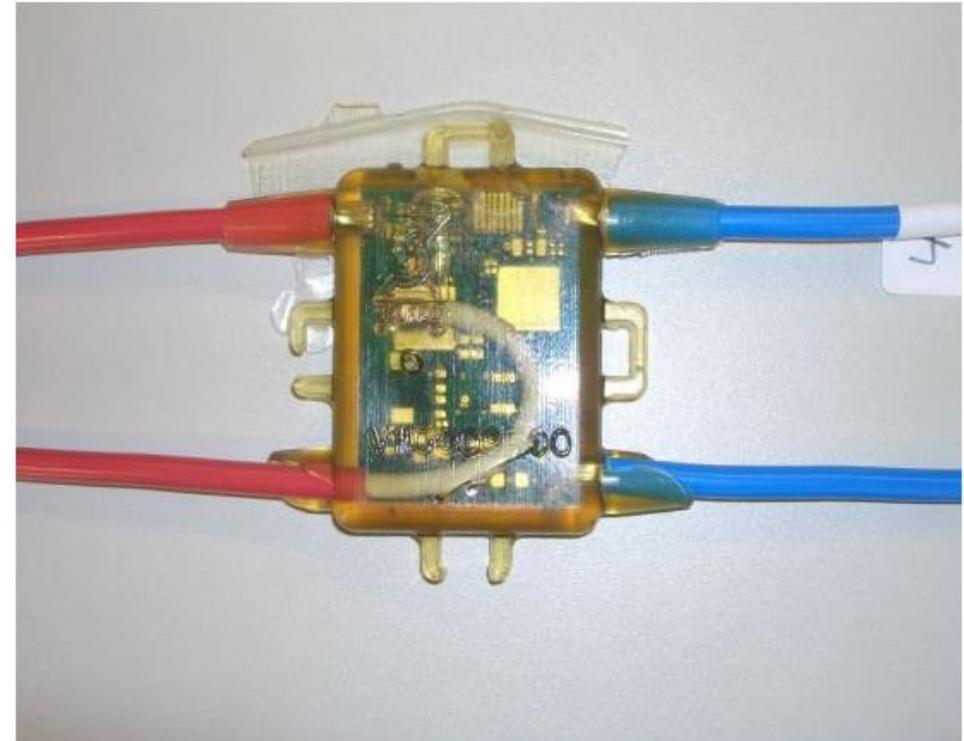
- RIM
- Silikonguß
- Metall-Umformung
- Feinguß
- Sandguß / Spin Casting
- Rapid Tooling
- LSR (Liquid Silicon Molding)
- Spritzguß
- Blasformen
- Fiber Molding
- Thermoformen
- Tiefziehen
- Paperpulp



Additiv gefertigte Form-Werkzeuge

1. Hotmelt

- **Polyjet** und FDM möglich
- Schnelle Ergebnisse
- Angepasstes Design <> traditionelle Fertigung
- Funktionsüberprüfung oder Kleinserien
- Einige 100 Zyklen möglich
- Einfachster Aufbau, manuell oder Serienwerkzeug



Additiv gefertigte Form-Werkzeuge

2. Compression Molding – Formpressen mit Ultem 1010

- Werkzeuge für den Produktionsprozess.
- Voll vulkanisierte Teile mit den Eigenschaften originalen Materialien (Gummi)
- Unterschiedliche Härtegrade herstellbar für Teile aus Silikon, EPDM, Nitrile, ... (Bis zu ShoreA 80)

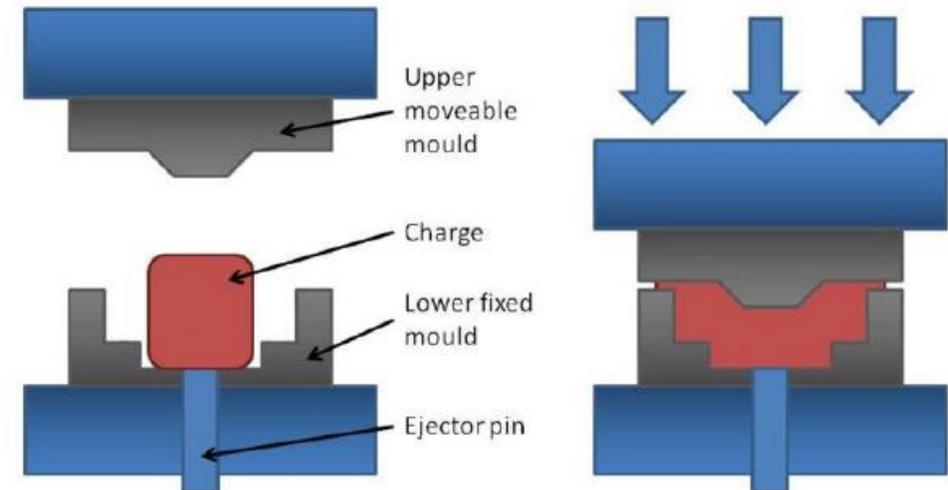


Compression Molding - Formpressen

Prozess zum Formen verschiedener Kunststoffe oder Komposit-Materialien.
Das zu formende Material liegt als Block oder Blech vor oder wird eingespritzt.

Wichtigste Industriezweige:

- Automotive
- Aerospace
- Schuhe und Reifen
- Maschinenbau, Öl und Gas
- Medizintechnik



stratasys

Compression Molding - Formpressen

Bessere Oberflächen durch Nachbearbeitung :

- Füllen mit Epoxy
- Sandstrahlen oder Polieren
- BJB-TC1614



Additiv gefertigte Form-Werkzeuge

3. Hot Silicon Molding

- FDM – Ultem1010
 - 213°C belastbar
 - Geringster thermischer Ausdehnungskoeffizient
 - Formstabil und leicht
- Gute Entformbarkeit nach mechanischer Nacharbeit – Polieren der Oberfläche
- Funktionsüberprüfung oder Kleinserien
- Polyjet funktioniert hier nicht
 - Formen müssen vorgewärmt werden
 - ~80°C über Stunden im Ofen

Additiv gefertigte Form-Werkzeuge

4. Blasformen

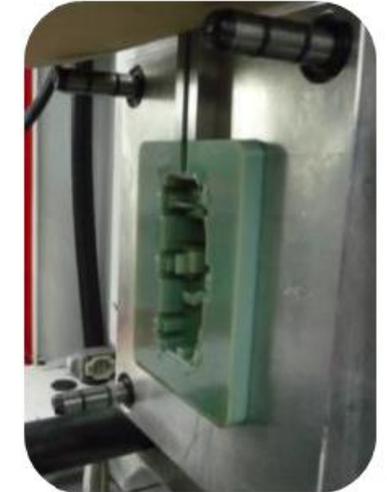
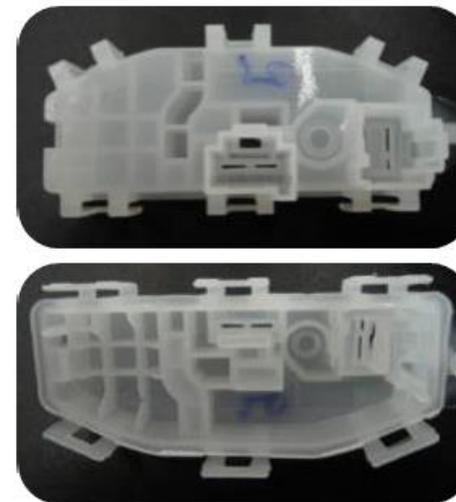
- FDM und PolyJet möglich – Oberfläche oder Stückzahl
- Biocompatible Werkstoffe ermöglichen Einsatz in Medizintechnik, Kosmetik, Pharmazie, Verpackungen, ...
- ISO 10993 zertifiziert und Sterilisierbar
- Kleinserien oder Prototypen
 - Werkzeug- und Prozess-Verifikation
 - Produktdesign



Additiv gefertigte Form-Werkzeuge

5. Spritzguß

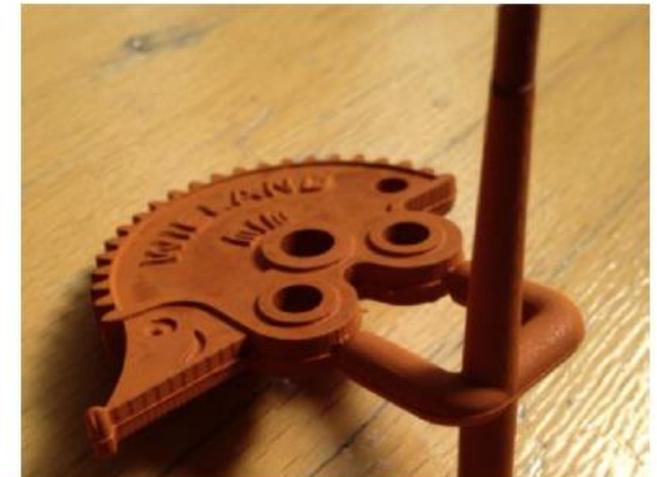
- PolyJet Domäne – Oberflächenqualität
- Zeiteinsparung
- Kleinserien oder Prototypen
 - Werkzeug- und Prozess-Verifikation
 - Produktdesign
- Prototypen im Originalkunststoff



Additiv gefertigte Form-Werkzeuge

5. Spritzguß

- Polyethylene (180°C)
- Polypropylene (220-230°C)
- Polystyrene (220-230°C)
- ABS (230°C)
- Gefülltes PP
- PA 6.6 GF40
- Acetyl (195°C)
- Thermoplastic elastomers (160-180°C) TPE



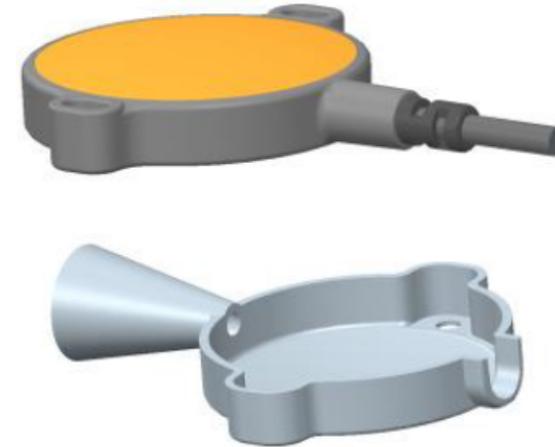
Aktual Studies

Seuffer: April 2014

Material: PE Lupolen 1800 S (PE low density)
(Grund ist schlechte Haftung des Vergussmaterials)

Werkzeug: digital ABS (5131)

Parameter: Injection temperatur 190°C
Hold time 60 sec
Injection time 2,6 sec
Injection pressure 600 bar
Mold release Lusin ALROOL 151

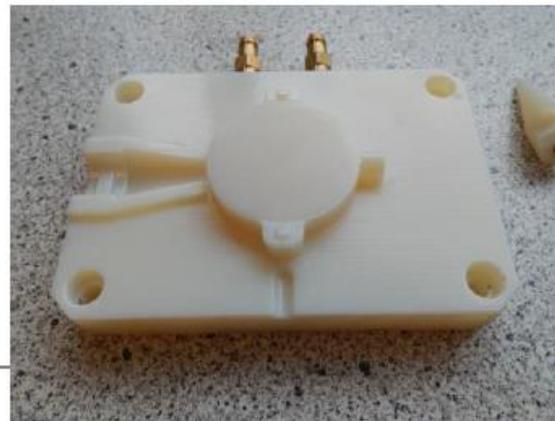


Aktual Studies

Seuffer



- More than 100 parts possible
- External cooling only a minor effect
- Use shop-air to cool down the tool after each shot



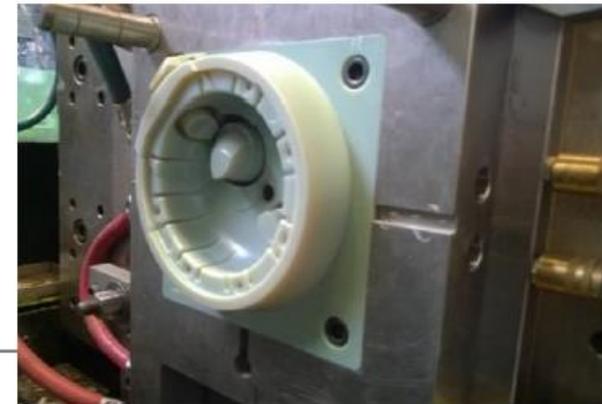
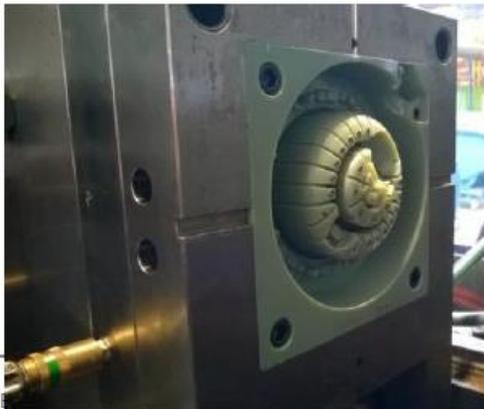
Aktual Studies

Grundfos

March 2014

Material:

Noryl GFN3V 30% GF
(PPE + PS)



Aktuelle Studien

Grundfos

Machine: 200T 3k ENGEL

Cylinder: Ø 50

Düse R 40



Parameter: 270°C Düse



Aktuelle Studien



Additiv gefertigte Form-Werkzeuge

5. Spritzguß - 10 Hauptregeln zum Design

1. Anguss mindestens 3mm oder größer, Konisch verlaufend.
2. Düse niemals auf das gedruckte Material aufsetzen.
3. Standardrahmen verwenden. Material und Druckzeit reduziert.
Der Rahmen übernimmt die Zuhaltkraft.
4. Die gedruckten Kavitäten etwa 0,1mm bis 0,15mm aus dem Standard-Metall-Rahmen herausschauen lassen. Das Material komprimiert sich und dichtet dadurch ab.

Additiv gefertigte Form-Werkzeuge

5. Spritzguß - 10 Hauptregeln zum Design

5. Glossy gedruckte Molds haben einen 0,2mm Radius an der Oberseite.
Wenn möglich etwa 0,1mm davon abnehmen um eine harte Kante herzustellen. Reduziert Gratbildung.
6. Wandstärke der gedruckten Kavitäten sollte etwa 10mm sein.
7. Die Kavität muss entlüftet werden da die gedruckten Teile komplett schließen und dichten.
8. Wenn möglich den Anspritzpunkt auf einen Auswerfer richten. Das schon die gedruckte Form.
9. Fließkanäle groß und rund, Ecken verrunden. Das reduziert den Druck und schont die gedruckte Form.
10. Zentrierung der Kavitäten über konische Pins möglich.

01 Wer ist Stratasys?

02 Werkzeuge aus dem Stratasys Portfolio

03 Neuigkeiten von Stratasys



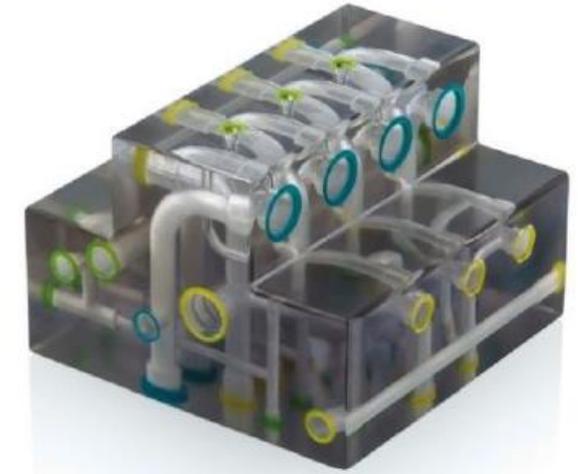
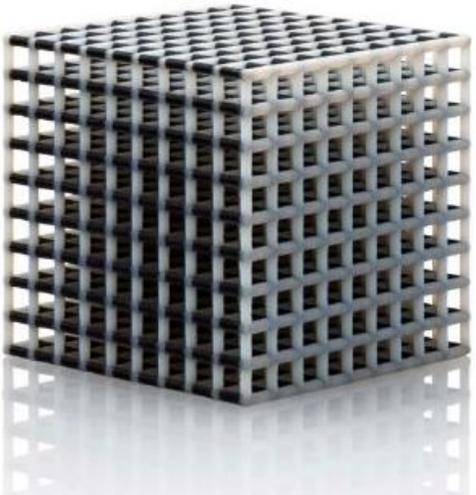


SUP706 Soluble Support

stratasys

Was ist SUP706?

- **Reduziert die manuelle Arbeit und Zeit**
- Kleine, **komplexe Teile** mit vielen Details oder Kavitäten
- Für alle PolyJet Materialien (ausgenommen Hearing Aid)
- **Zwei verfügbare Waschstationen** mit Lauge zum nichtmanuellen Entfernen der Stützgeometrie
- Für **Connex1/2/3** **Objet260/350/500** verfügbar



SUP706: Erlaubt 3 Modi der Teilereinigung

**Hands-Free
Minimal Cost Per Part**



Cleaning solution for 2hr-24hr
(pending geometry)



Tap water washing
to remove residue

Semi-Manual



Quick manual removal of
most support 1-2 minute
per part

Cleaning solution for 1-
4hrs (pending geometry)



Tap water washing
to remove residue

**WaterJet
Minimal Time Per Part**



Faster and easier removal
when using WaterJet (vs.
SUP705)

SUP 706 Movie



stratasys



Stratasys Creative Colors



stratasys

Stratasys Creative Colors Software auf Connex3

Volle Farbe für

Produkt Designer die realistische Modelle benötigen.

SCC+CNX3 ermöglicht 3D Druck von Farbverläufen (Gradienten), unebene Geometrien und Texturen

RP Manager die Teile bereitstellen müssen für verschiedene Klienten,

SCC+CNX3 erlaubt eine **realistische, farbgetreuen Vorschau!**

Künstler und Kreative



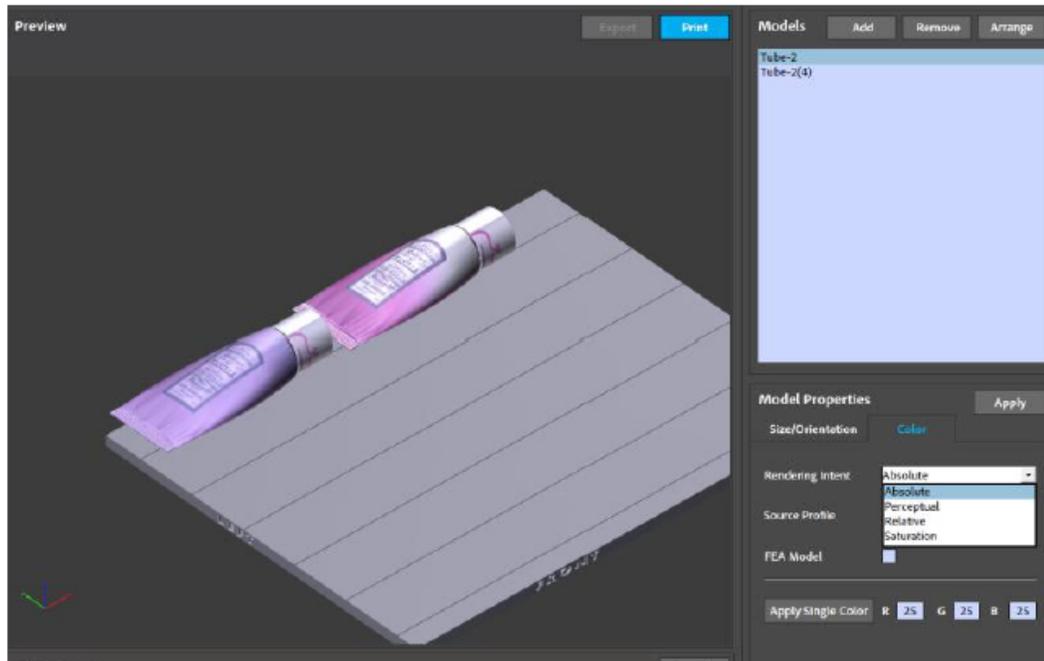
1. Einfache Arbeitsschritte

In Adobe Photoshop...

Design mit Stratasys Farbprofilen

Verifiziere Druckbarkeit

Reparieren einfacher Geometriefehler



Vielfarbige Shells möglich

Realistische Vorschau, auch mit unterschiedlichen Farbpaletten (opaque rigid, like CMY vs. MYW)

Verwende **Color Management**

Einlesen des 3D-PDF in einen Bauraum, **Positionierung,**

Scalierung und

Druck

2. Erweiterung der Connex3 Möglichkeiten

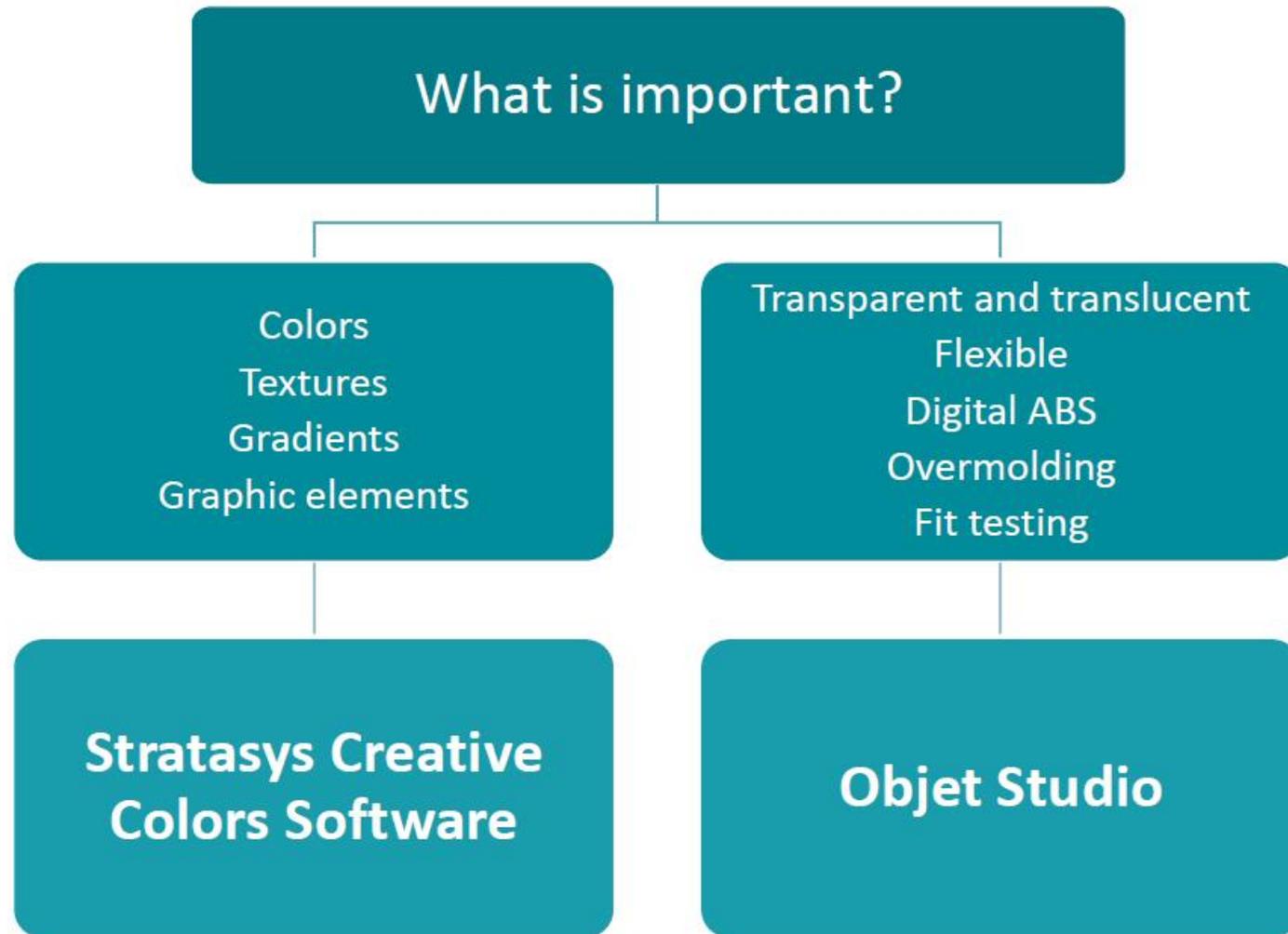
Limitierte Farbpaletten zu **Farbverläufen** → **Gradienten**

Plus **Oberflächenstrukturen, 3D Geometrien**
und **Farb-Gradienten** einfach gestalten

Druckvorschau (rigid & opaque only)

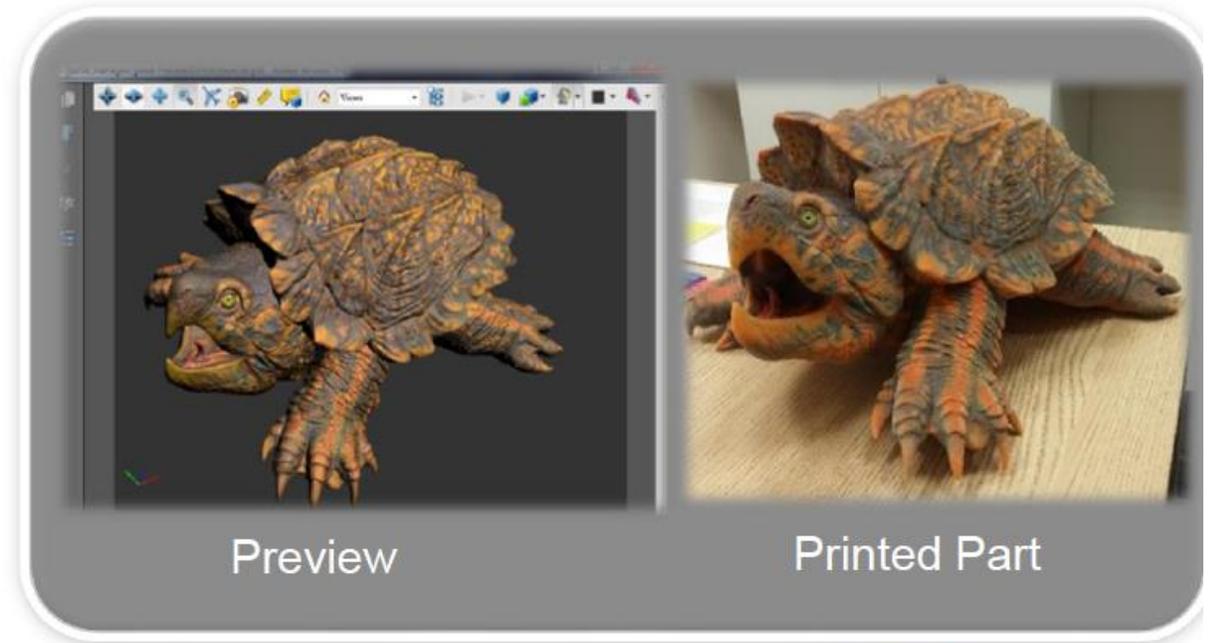
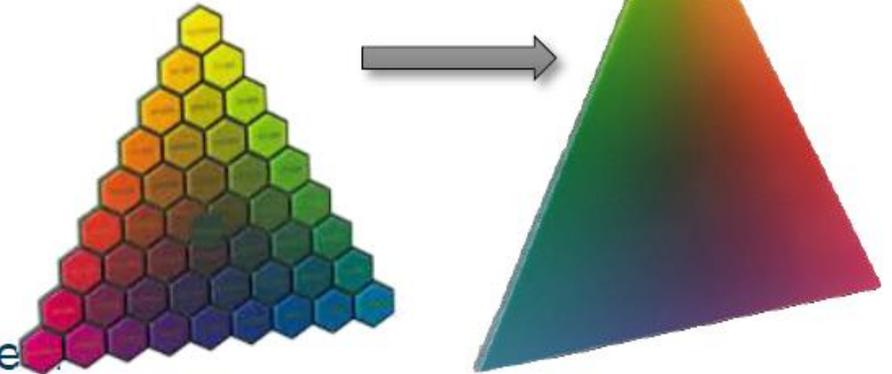


Welche SW für welche Anwendung?



2016 - Connex3 – next Level

- Einfache Abläufe
 - 3D PDF direkt aus Photoshop, laden in den Tray Editor und Abschicken zum Drucker. Keine Shell-Aufspaltung in Objet Studio mehr und keine langwierige Shell Zuweisung der Farbe
 - Farbgradienten und 3D Texturen
 - Erweitern der Connex 3 Farbschemata von 82 zu mehr als 1,000 Farben pro Teil.
- Perfekte Vorschau!
 - Präzise Druckvorschau!



Technology Demonstration Only

Coming up in 2016



Nano - Elastomeric Technology

stratasys

Spezifikationen

	Reference TangoPlus	New Elastomer Clear and Black
Tensile Strength (MPa)	1.05	2.6
Elongation (%)	170-220	260-320
O-ring (days) Test	15-25 min	3-6 days
Hardness (Shore A)	27	30
Tear Resistance (N/m)	3500	5000





- Exzellente Widerstandsfähigkeit
 - ✓ Erhöhte 'Tear Resistance' im Vergleich zu TangoPlus
 - 1.5 fache 'Elongation' vs TangoPlus
- Verbesserte Handhabung für den Anwender:
 - ✓ Reduzierte 'Klebrigkeit' im Glossy mode
 - ✓ Weniger Rissbildung während der Reinigung im Waterjet
- Digitale Materialien (DMs) mit verbesserten Eigenschaften
- Mehr hin zu "Funktionalen" Teilen

Neues Elastomer gegenüber TangoPlus



STRATASYS / THE 3D PRINTING SOLUTIONS COMPANY

stratasys

Deutliche verbesserte Reißfestigkeit



Das Beste zum Schluss

Stratasys J750

Dritte Generation Multi-Material Technologie



2004. Eden
1 Material

Highly accurate, finely detailed models with ultra-thin walls.



2007. Connex
2 Materials

The world's first multi-material 3D printer.



2014. Connex 1/2/3
3 Materials

Stratasys introduces the first-ever color and multi-material 3D printer.



2016. J750
6 Materials

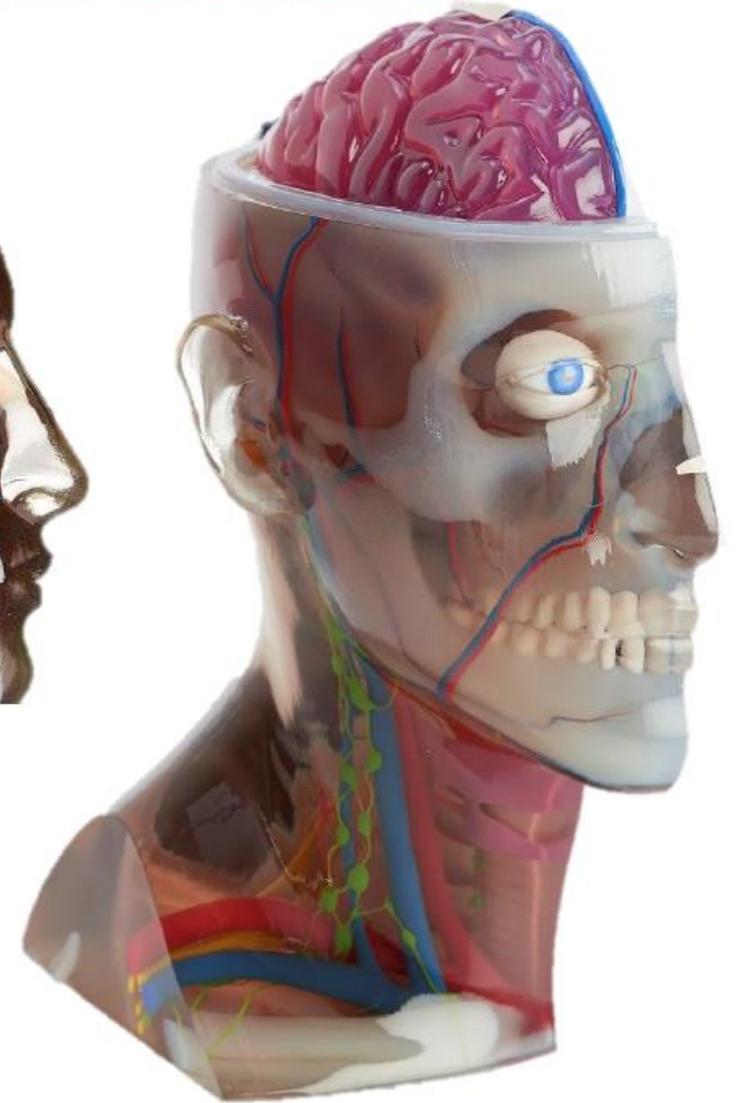
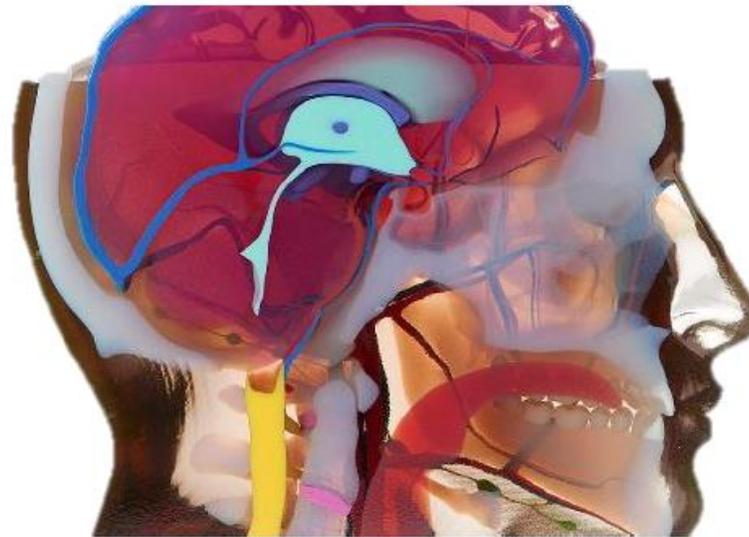
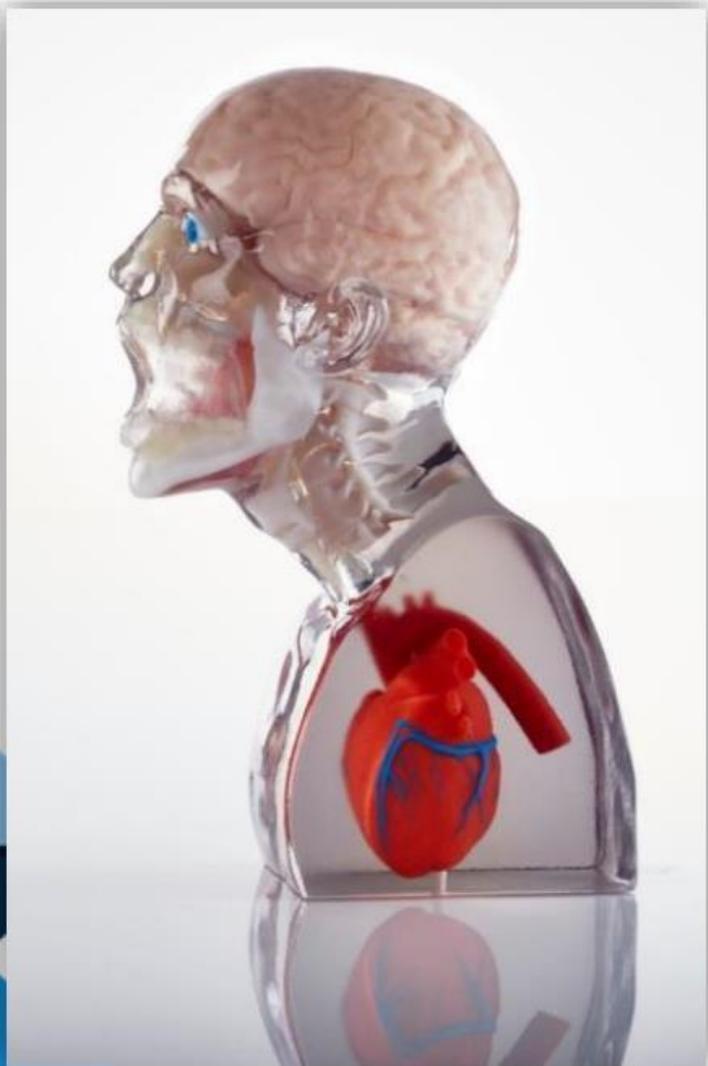
The world's only full color, multi-material, high resolution 3D printer.



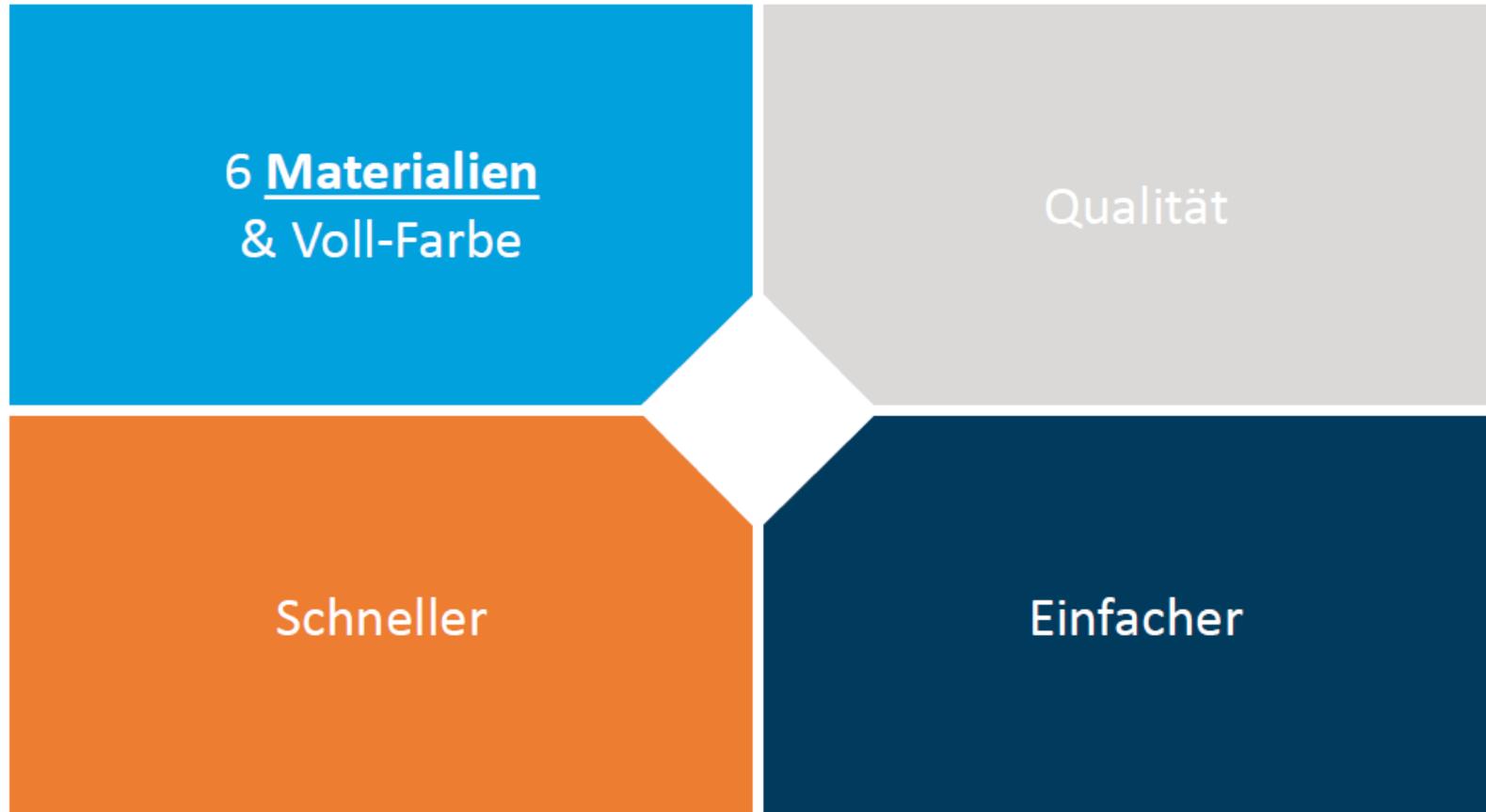
3D-Drucker zur Simulation der perfekten virtuellen Realität



3D-Drucker zur Simulation der perfekten virtuellen Realität



Stratasys J750



Connex3 with	Objet Studio	Stratasys Creative Colors Software
Print with 3 different materials per part/tray	✓	✓
Print with CMY colors on a single part/tray		
Print color with different shore A values	✓	-*
Print color with transparent	✓	-*
Print Digital ABS with overmolding	✓	-
Print Digital ABS in both Ivory & Green in one part/tray	✓	-
Print in glossy	✓	-
Show time and material estimation	✓	-
Import STL file format, and assign RGB color manually (single color per part), the part will be printed with best color match	-	✓
Print texture mapping & gradient colors	-	✓
Import 3D PDF file formats, parts with texture mapping & gradient colors	-	✓
Accurate preview of the printed part (with rigid opaque materials)	-	✓

*) Possible without preview

Vielen Dank !

Michael Anton

Materials Business Manager EMEA

April 2016

Michael.Anton@Stratasys.com

Fragen?

Sebastian Matthes, ifw Jena

Kurzvita

Geboren 26.01.1989

2011-2014 Friedrich Schiller University of Jena
Master of Science in Material Science
Master Thesis: "Investigations on the process gas influence on the selective laser melting of nickelbase-superalloys"

2008-2011 Friedrich Schiller University of Jena
Bachelor of Science in Material Science

Seit 2014 Günter Köhler Institut für Fügetechnik und Werkstoffprüfung GmbH
(ifw Jena), Research Fellow Field of Work: Additive Manufacturing
(Selective Laser Melting), Material Characterization, Material Testing

2013-2014 Günter Köhler Institut für Fügetechnik und Werkstoffprüfung GmbH
(ifw Jena), Internship Additive Manufacturing (Selective Laser Melting)

Kontakt

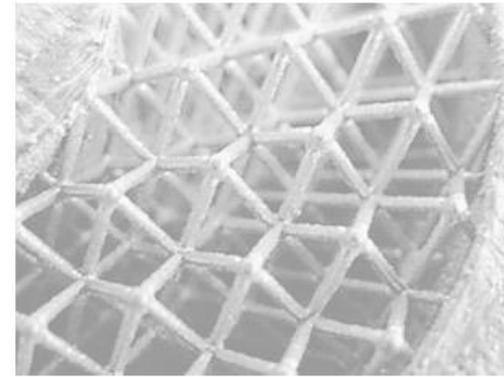
Tel.: (03641) 204229

Mail: smatthes@ifw-jena.de



Werkstoffprüfung und Qualitätssicherung beim Laserstrahlschmelzen

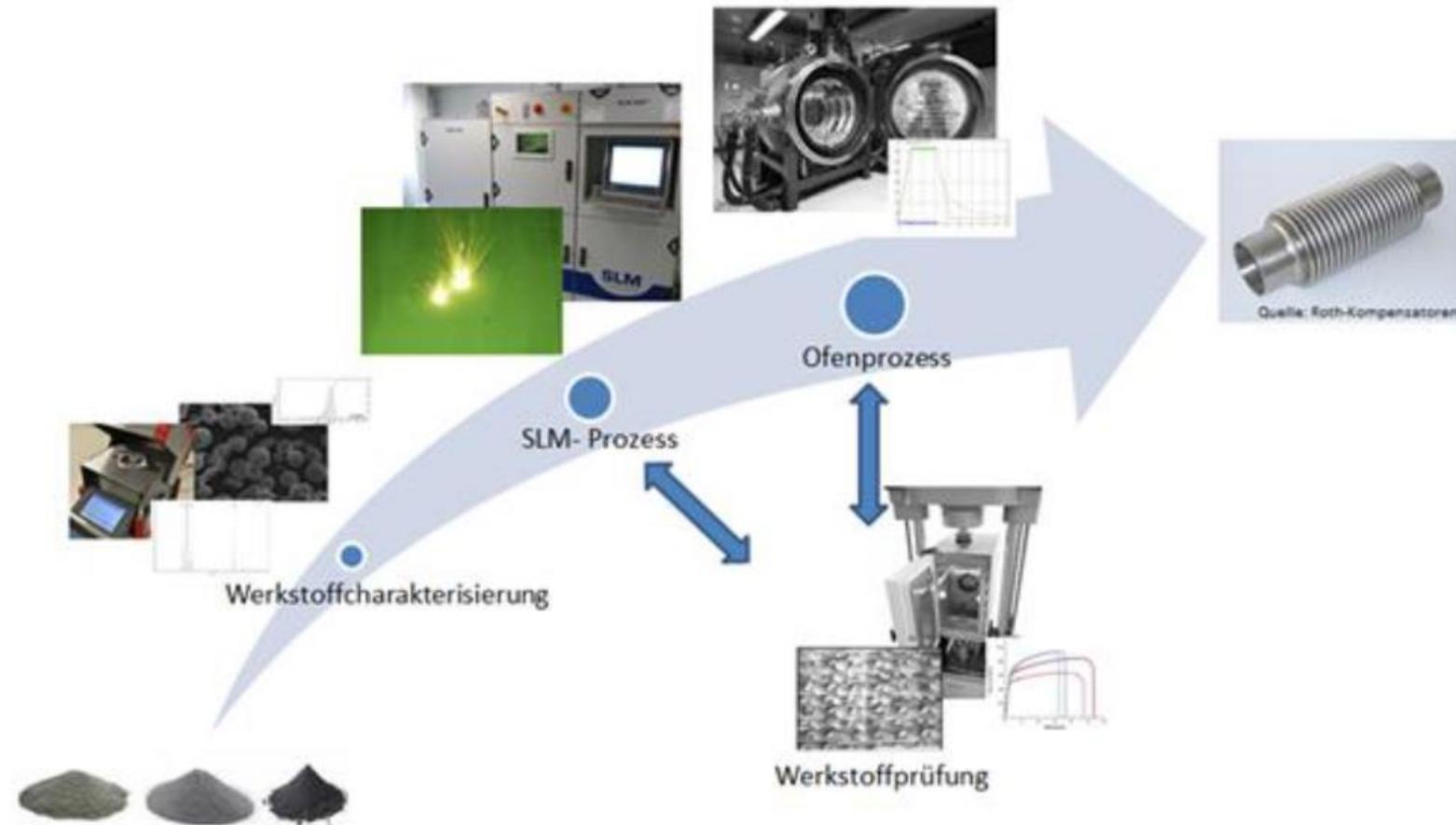
3. Mitteldeutsches Forum
"3D-Druck in der Anwendung"



Gliederung

- Einleitung
- Werkstoffcharakterisierung
- Parameteroptimierung
- Materialqualifizierung
- Qualitätskontrolle am Bauteil

Einleitung

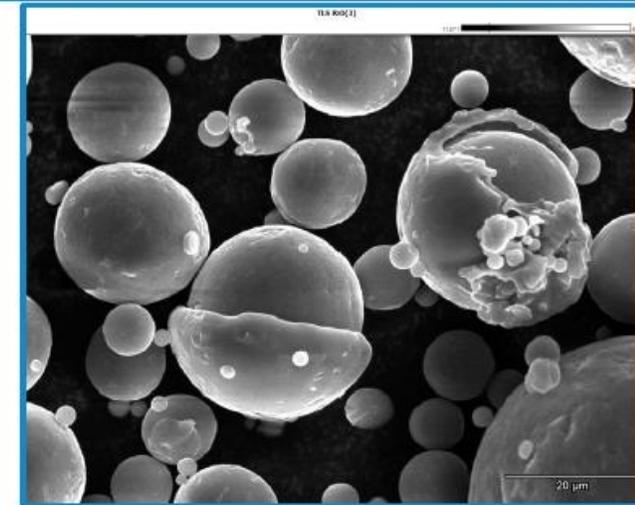


Werkstoffcharakterisierung

Untersuchungen vor dem Prozess

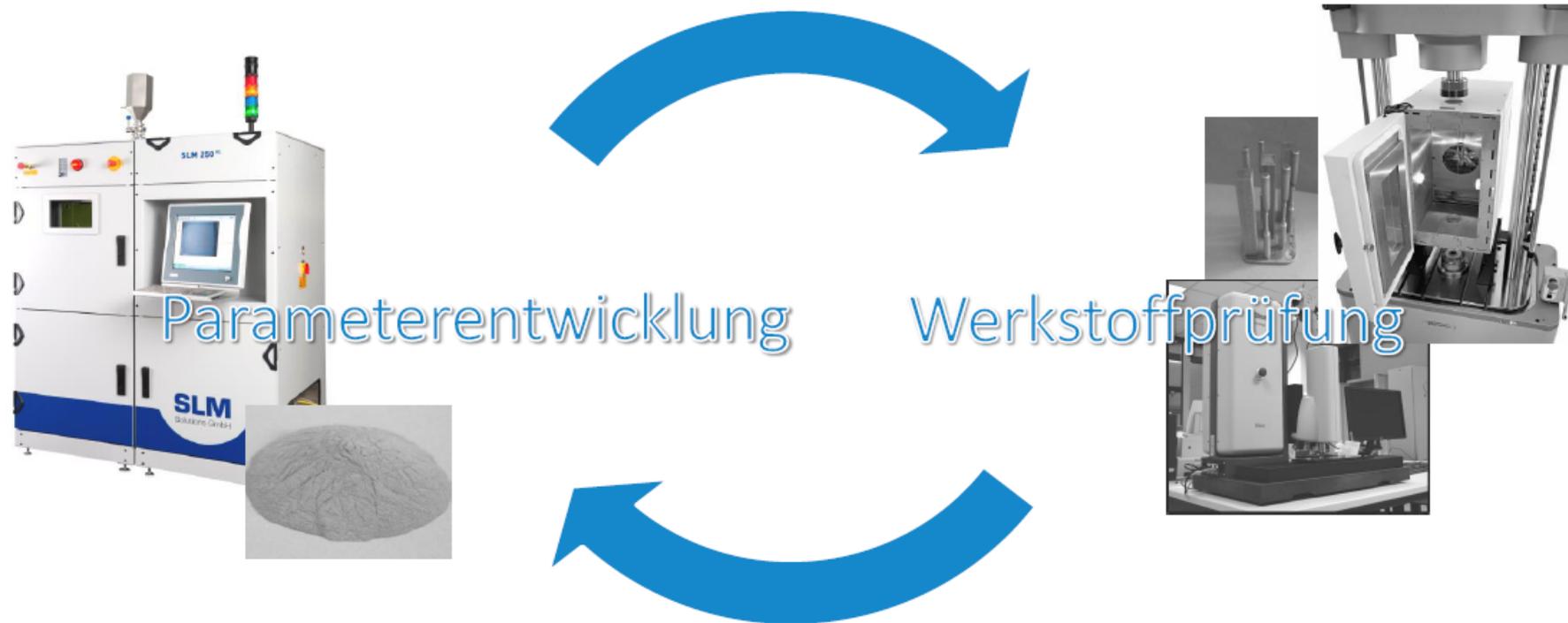
Pulvercharge überprüfen

- Partikelform → Auflichtmikroskopie / REM
- Partikelgrößenverteilung
 - d_{10} , d_{50} , d_{90}
 - Mittelwert, Medianwert
- chemische Zusammensetzung → RFA / REM/EDX
- Kontrolle der Beschichtungseigenschaften / Fließfähigkeit



Parameteroptimierung

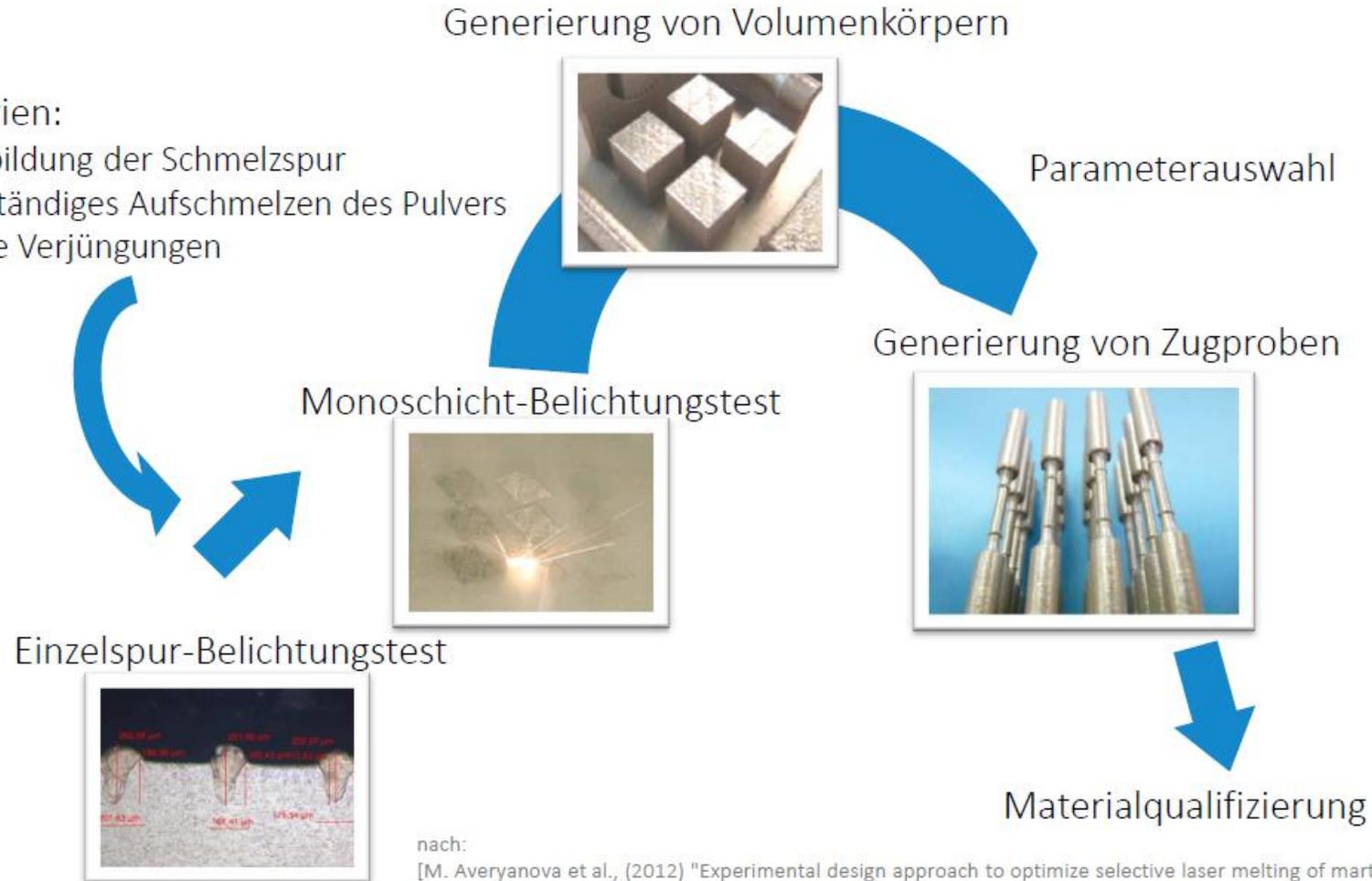
Werkstoffprüfung als prozessbegleitender Prozess



Parameteroptimierung

Kriterien:

- Ausbildung der Schmelzspur
- vollständiges Aufschmelzen des Pulvers
- keine Verjüngungen



nach:

[M. Averyanova et al., (2012) "Experimental design approach to optimize selective laser melting of martensitic 17-4 PH powder: part I – single laser tracks and first layer", Rapid Prototyping Journal, Vol. 18 Iss: 1, pp.28 – 37.]

Parameteroptimierung

modifizierte Anlagenparameter

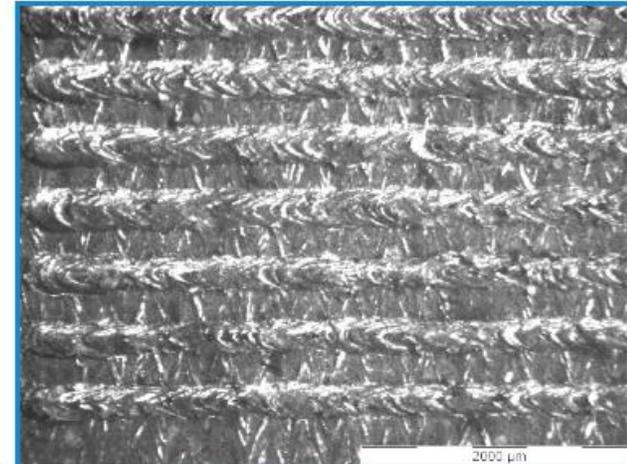
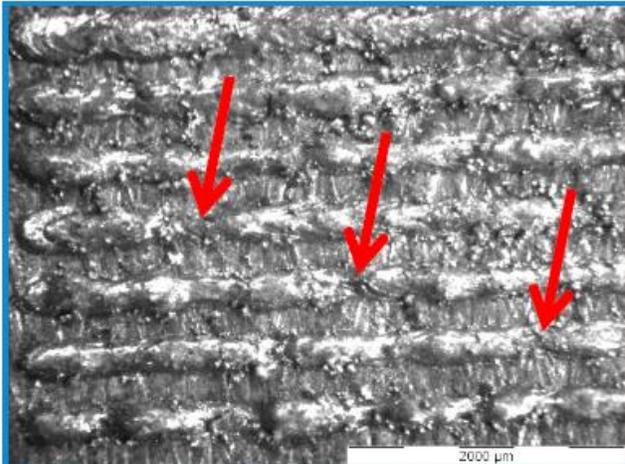
- Laserleistung
- Scangeschwindigkeit
- Schraffurabstand (abhängig von Spurbreite)
- Schichtdicke
- Prozessgas

Parameteroptimierung

Argon

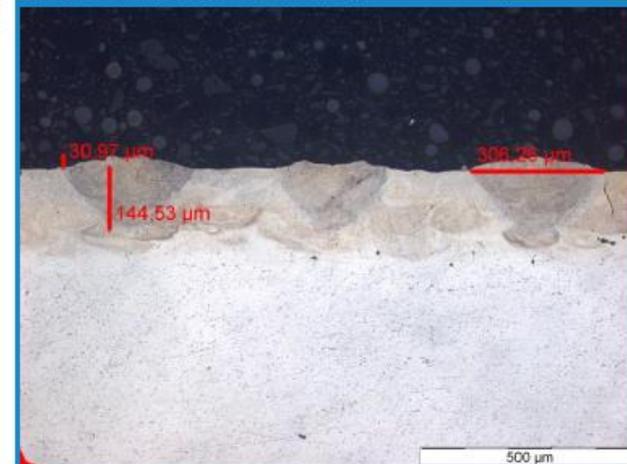
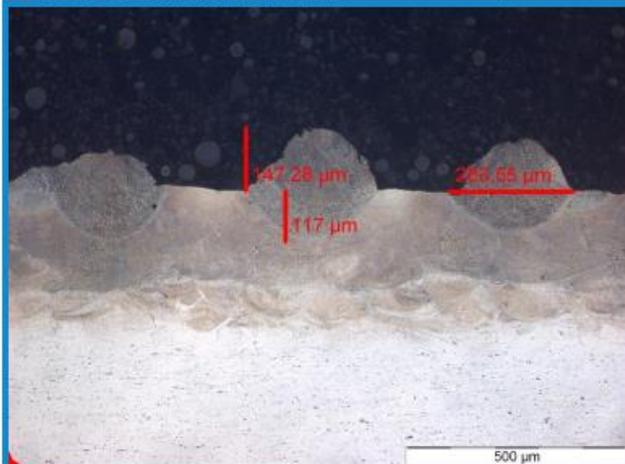
Einzelstudien

Stickstoff



Stereomikroskopie

Einfluss von
Laserleistung und
Scangeschwindigkeit
sowie
Prozessgaseinfluss

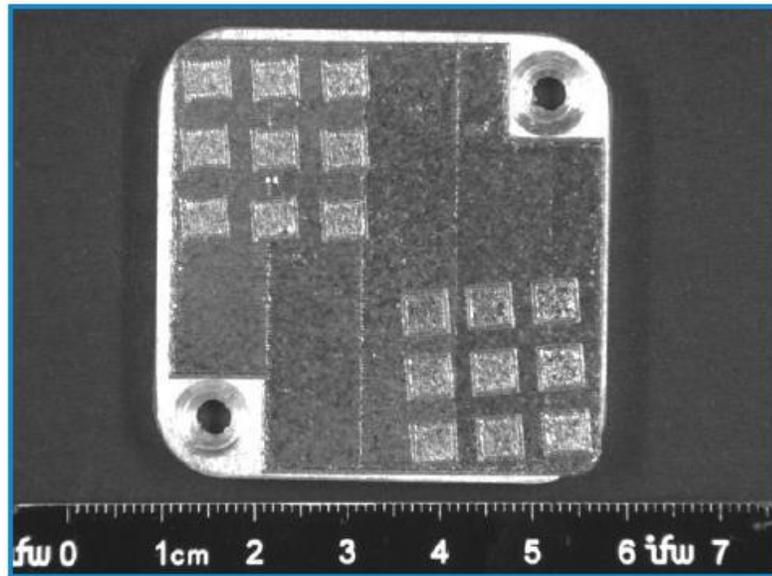


Auflichtmikroskopie

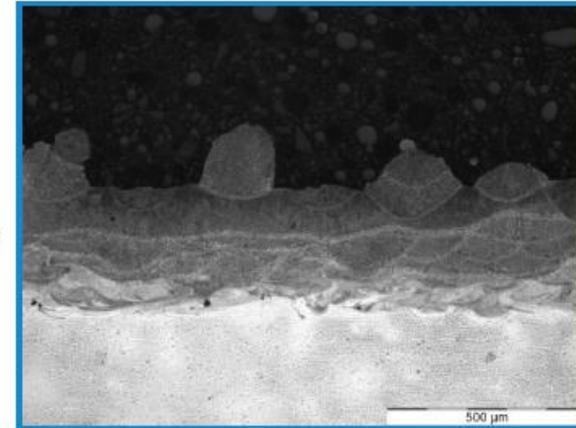
Monolagenuntersuchungen

Anpassung des Schraffurabstandes (SA)

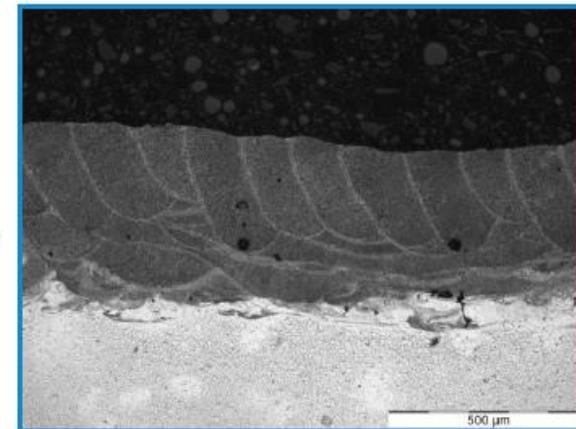
$$SA = 0,5 \dots 0,9 * S_b \text{ (Spurbreite)}$$



SA = 0,23 mm



SA = 0,14 mm



Parameteroptimierung

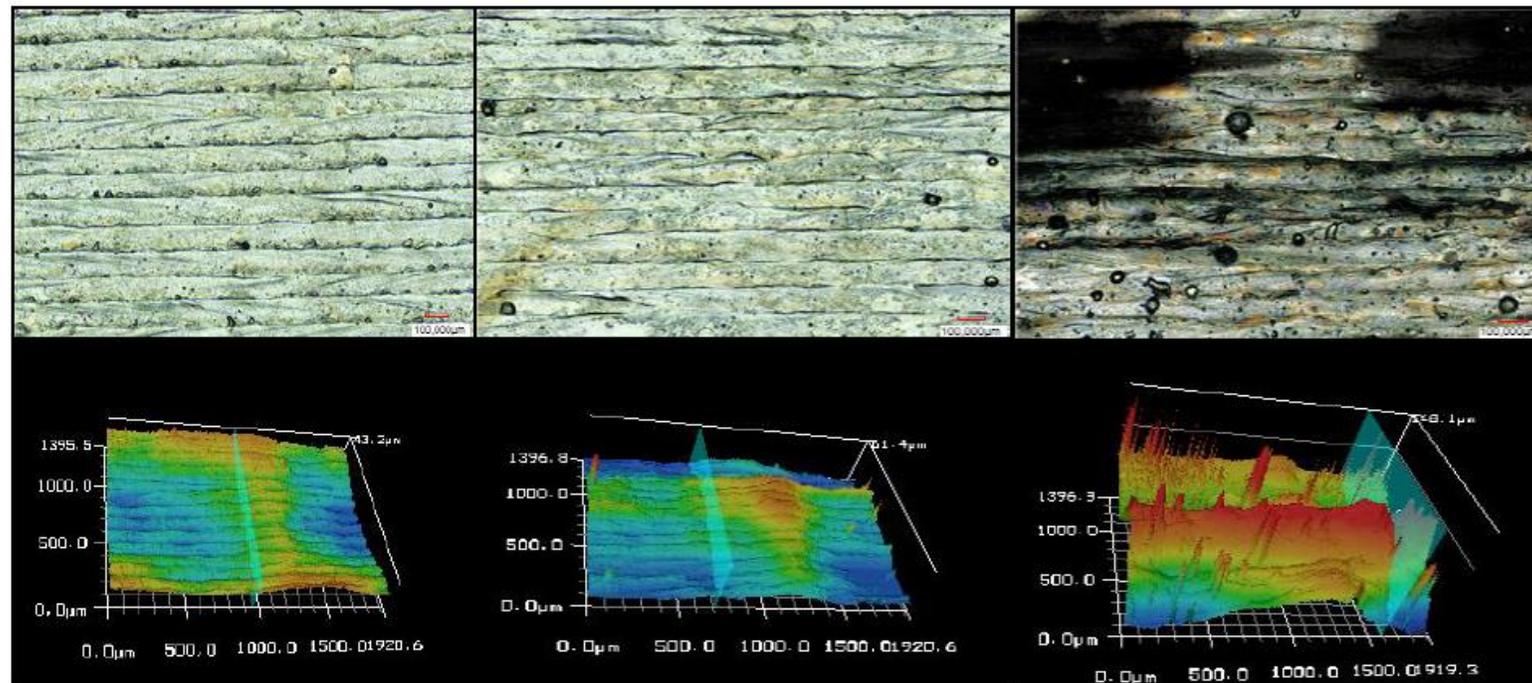
Monolagenuntersuchungen

Analyse der Oberflächenausbildung - Laserscanningmikroskopie

Argon

Stickstoff

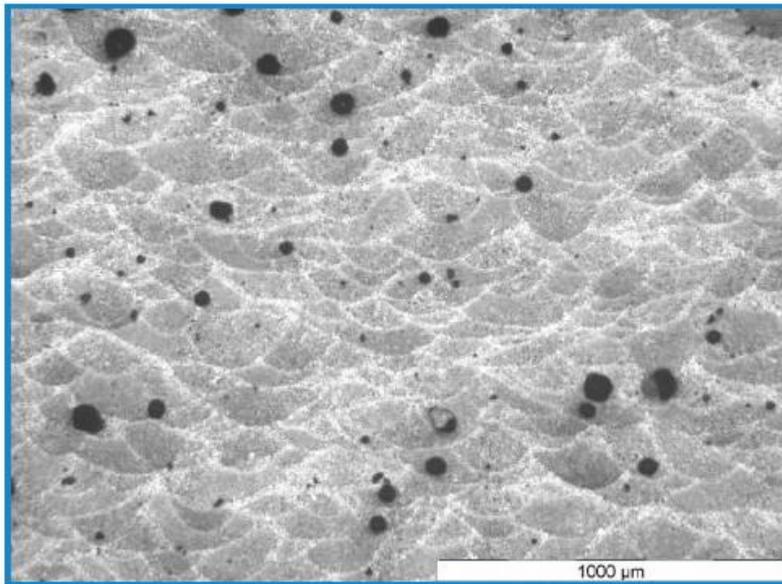
Helium



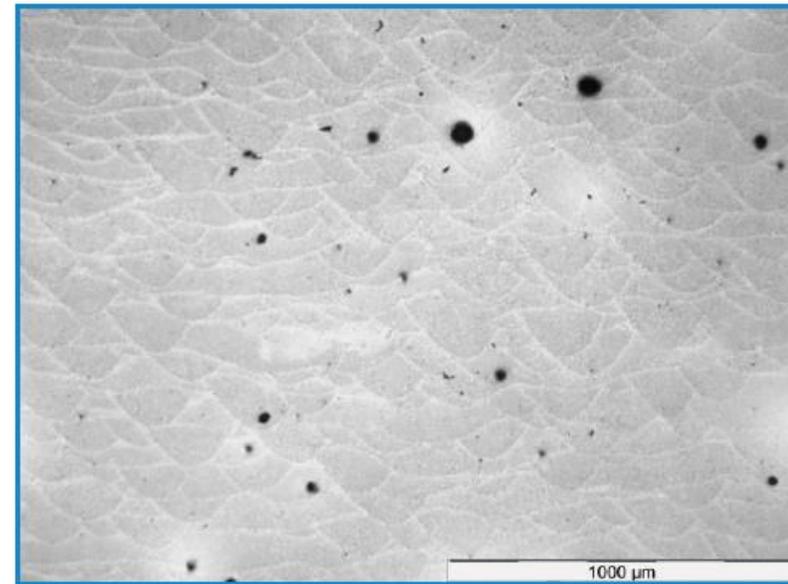
Parameteroptimierung

Untersuchungen an Volumenkörpern

Bestimmung des Porenanteils im Schlibfbild



alte Parameter



optimierte Parameter

Untersuchungen an Volumenkörpern

Bestimmung des Porenanteils im Schliffbild

Vorteil	Nachteile
<ul style="list-style-type: none">• Aussagen über Porenform• Weitere Fehlstellen detektierbar (z. B. Risse)• Aussagen zur Schichtausbildung möglich	<ul style="list-style-type: none">• Aussage lediglich gültig für wenige Schliffebenen• Großer Präparationsaufwand notwendig• Zerstörung des Bauteils

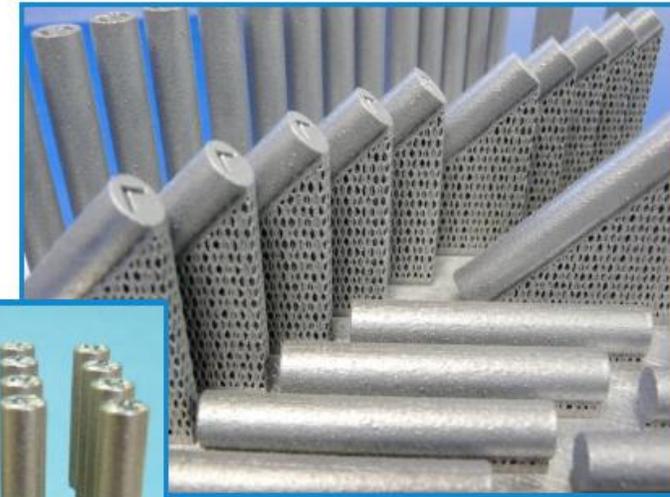
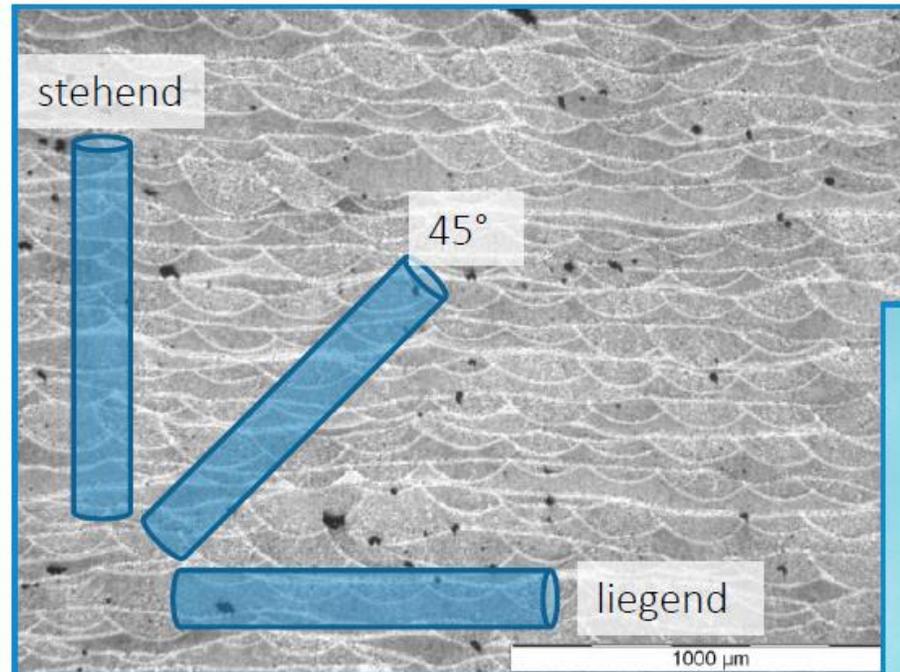
Archimedisches Prinzip (Auftriebsmessung)

AlSi10Mg in Argon generiert	AlSi10Mg in Stickstoff generiert
Auftriebsmessung: $0,123 \pm 0,004\%$	Auftriebsmessung: $0,032 \pm 0,004\%$
Phasenanalyse: $0,29 \pm 0,08\%$	Phasenanalyse: $0,17 \pm 0,10\%$

Messung am gesamten Bauteilvolumen – keine Zerstörung notwendig

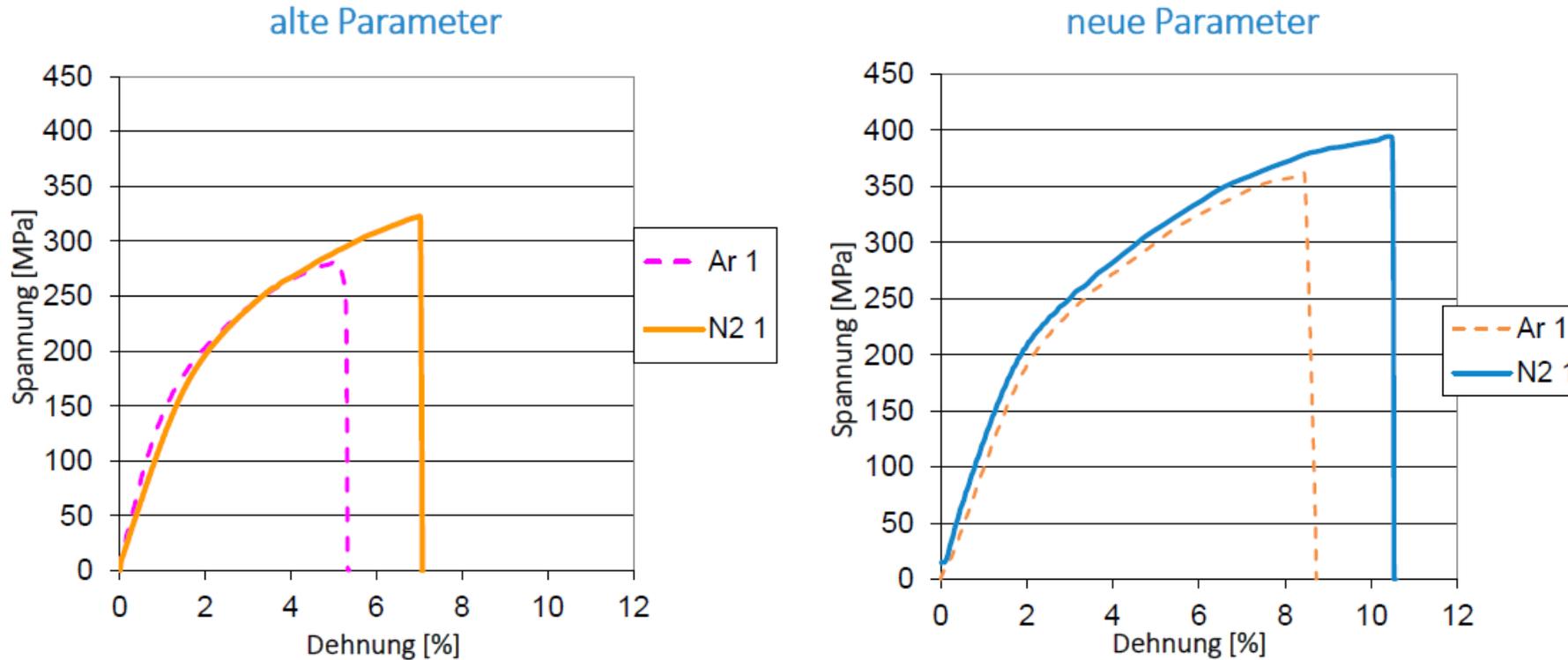
Materialqualifizierung

Zugversuch



$$R_m^{\text{stehend}} < R_m^{45^\circ} < R_m^{\text{liegend}}$$

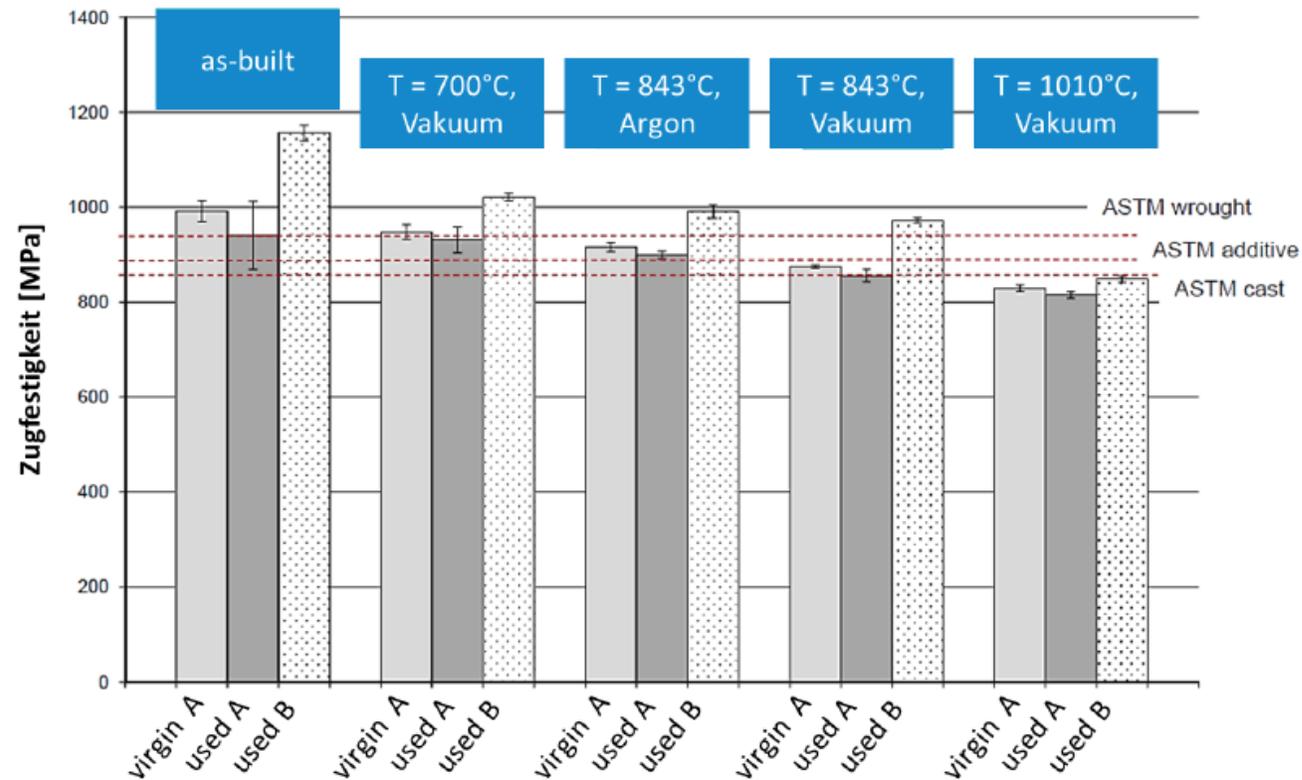
Zugversuch



verbesserte mechanische Eigenschaften durch Verringerung des Porenanteils

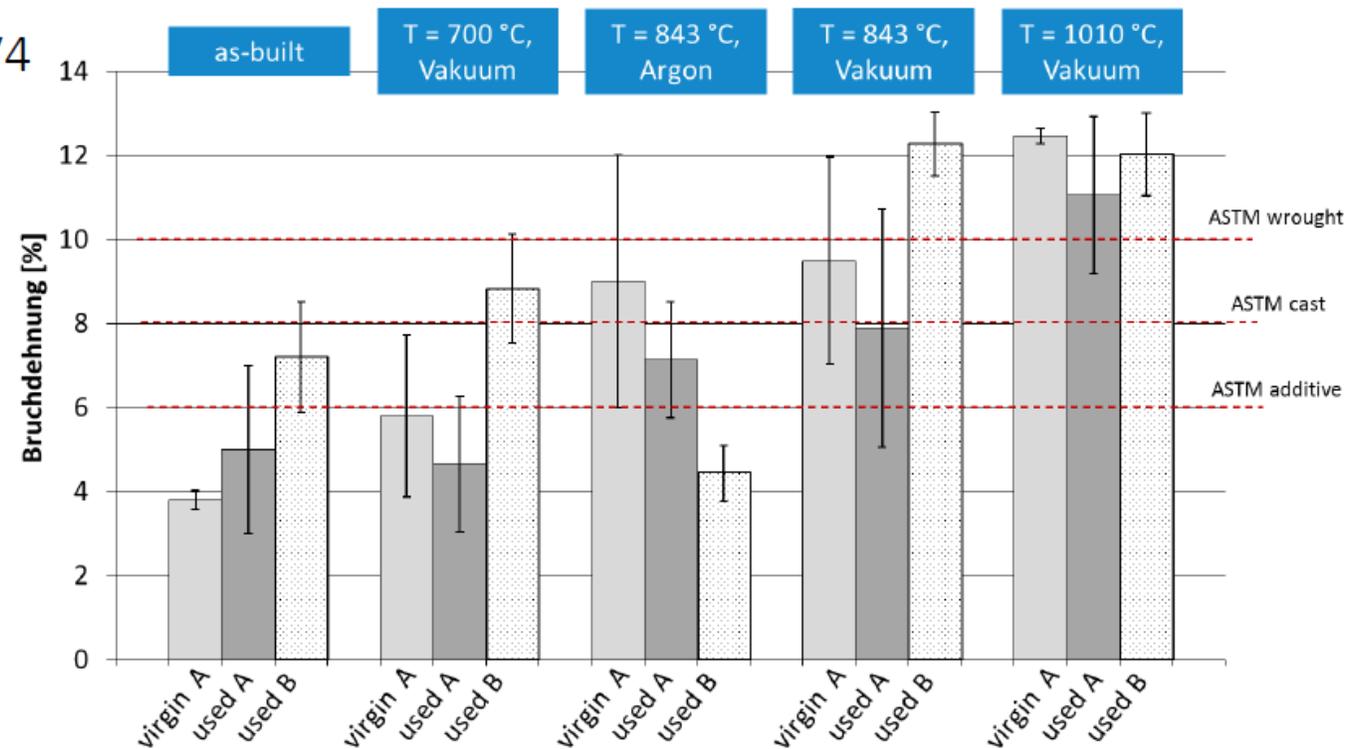
Einfluss von Wärmebehandlungen auf Festigkeitseigenschaften

- Evaluierung passender Wärmebehandlungsverfahren für laserstrahlgeschmolzene Werkstoffe
- Beispiel: TiAl6V4

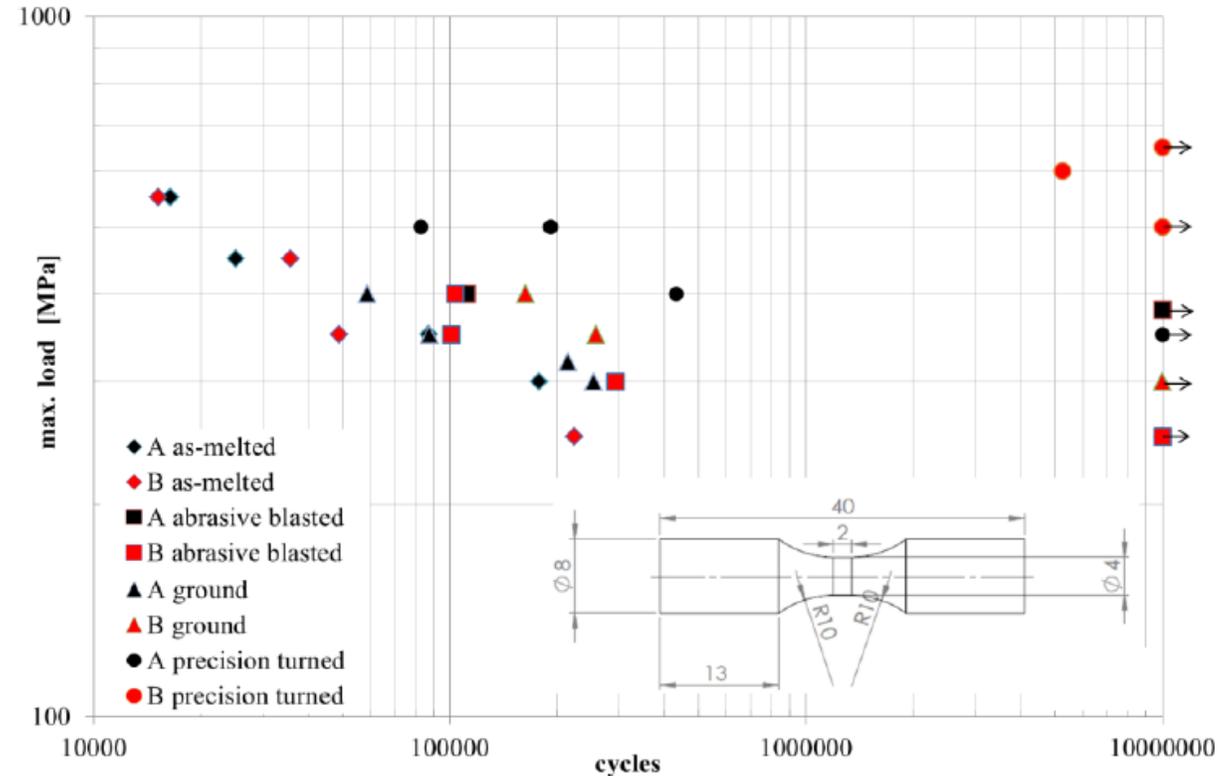


Einfluss von Wärmebehandlungen auf Festigkeitseigenschaften

- Evaluierung passender Wärmebehandlungsverfahren für laserstrahlgeschmolzene Werkstoffe
- Beispiel: TiAl6V4



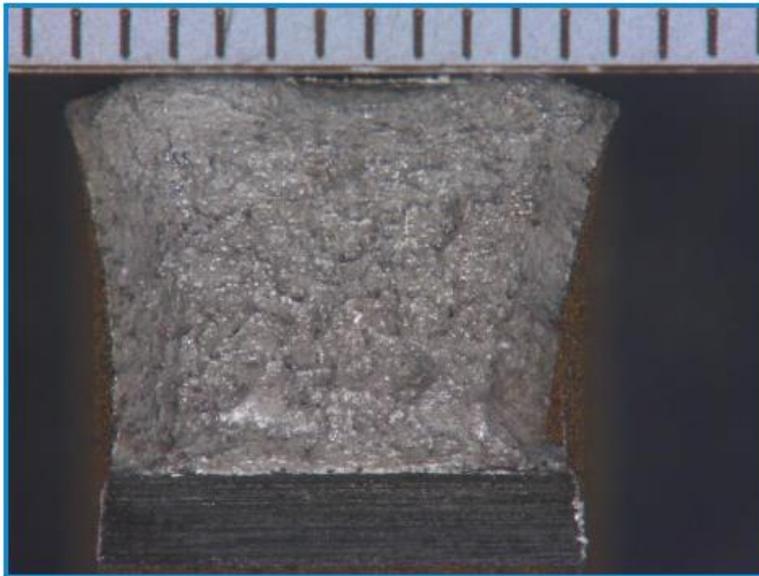
Dauerschwingfestigkeit (Fatigue Testing)



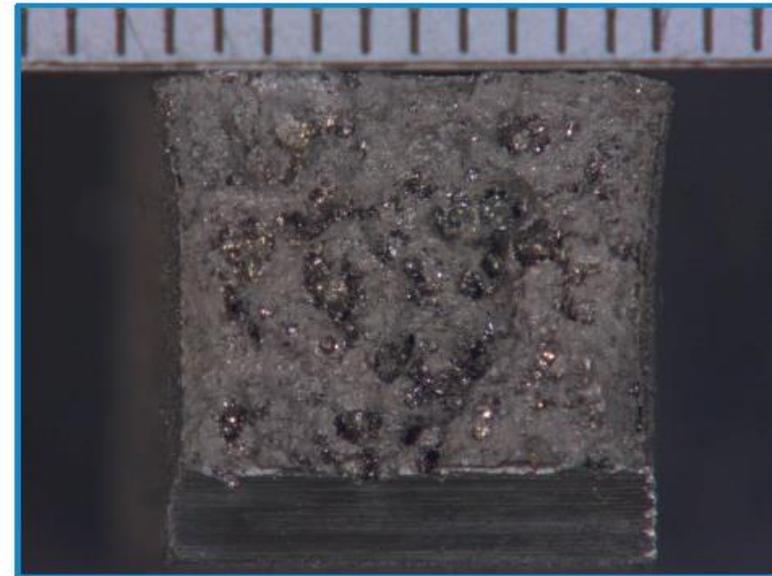
Materialqualifizierung

Kerbschlagbiegeprüfung

→ bis 300 J Kerbschlagarbeit



1.4404 generiert aus gasverdüstem Pulver
→ 102 J
- Mischbruch mit stärkerer Verformung

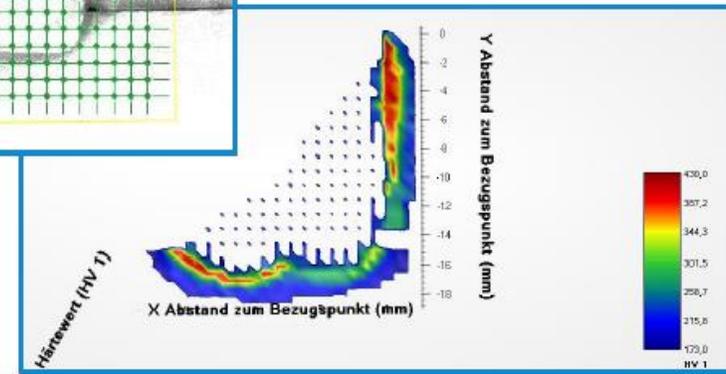
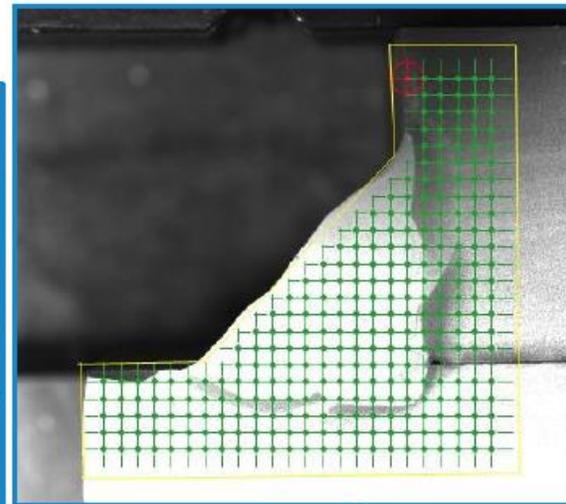
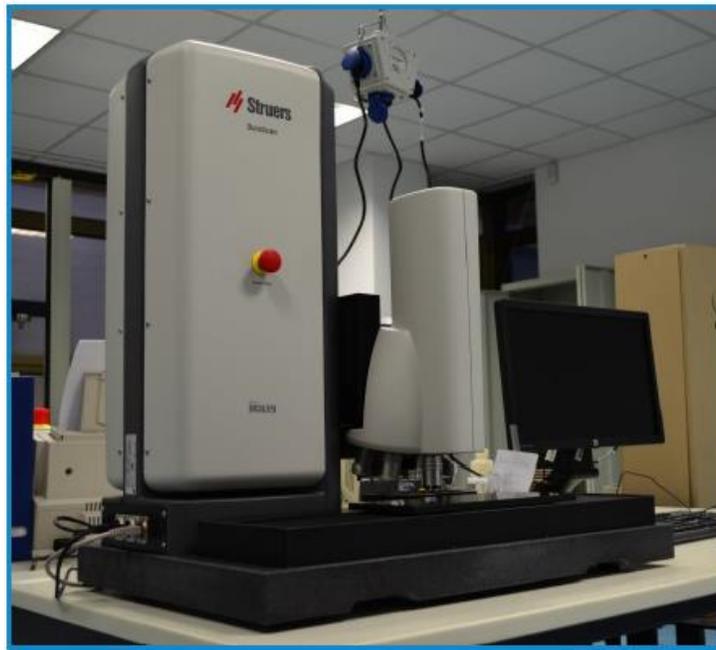


1.4404 generiert aus wasserverdüstem Pulver
→ 28 J
- Mischbruch mit sprödem Anteil (ggf. Poren)

Materialqualifizierung

Härteprüfung nach VICKERS

- vollautomatische Mikro- und Kleinlasthärteprüfung
- Lastbereich 10 g bis 10 kg → HV0,01 bis HV10



Qualitätskontrolle am Bauteil

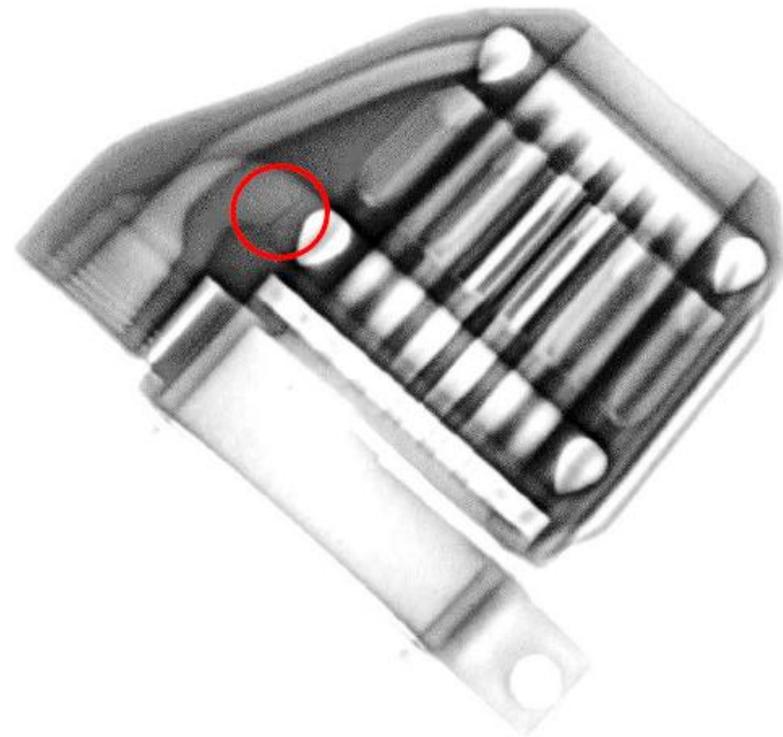
digitale Durchstrahlungsprüfung mittels Röntgenstrahlung

- 225 kV Beschleunigungsspannung (bis zu 30 mm Stahl) durchstrahlbar
- kleiner Brennfleck 400 μm \rightarrow verringerte Abbildungsunschärfe
- Detektorpixelgröße 139 μm
- „Live“-Durchstrahlung
- Computertomographie („3D-Röntgen“)

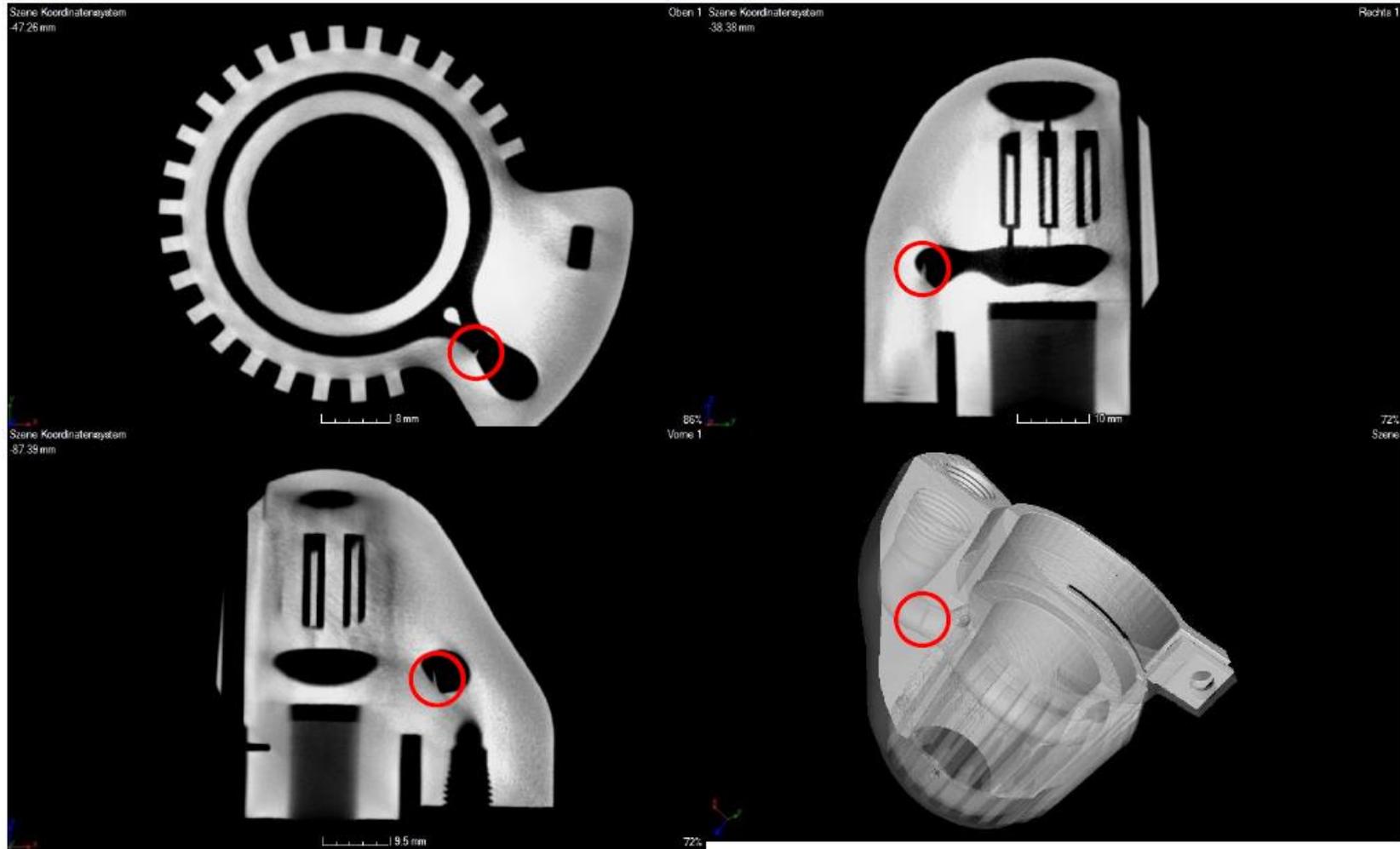


Qualitätskontrolle am Bauteil

digitale Durchstrahlung – 2D

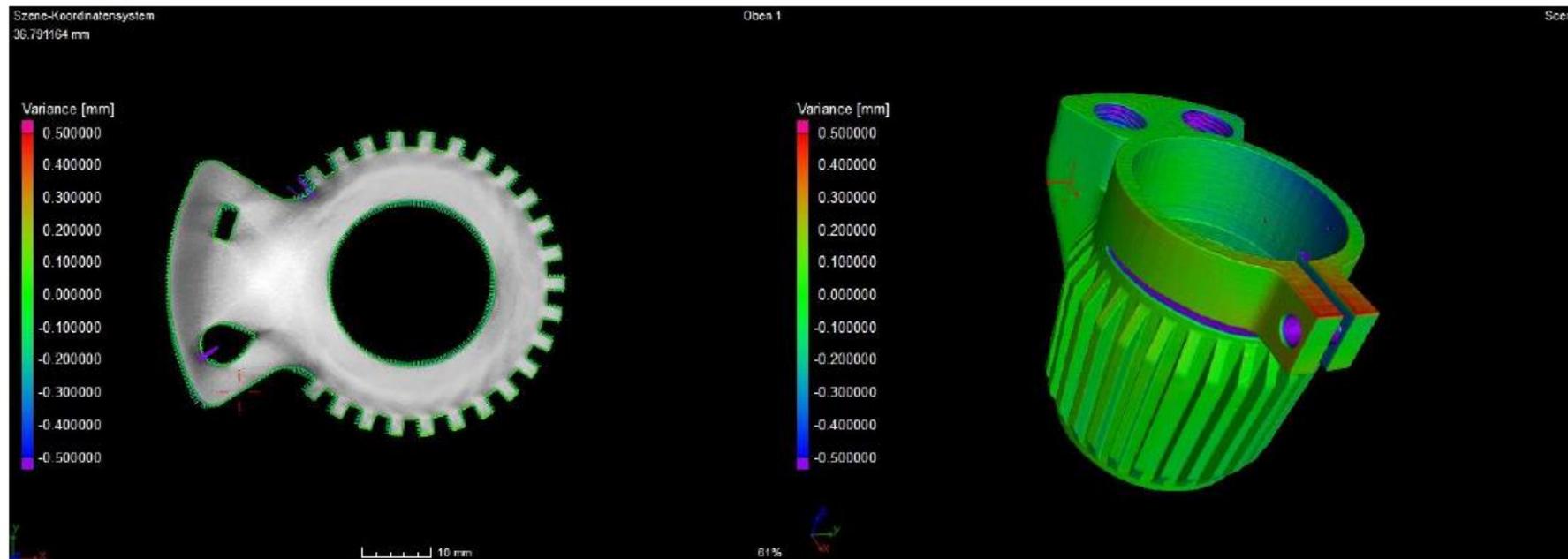


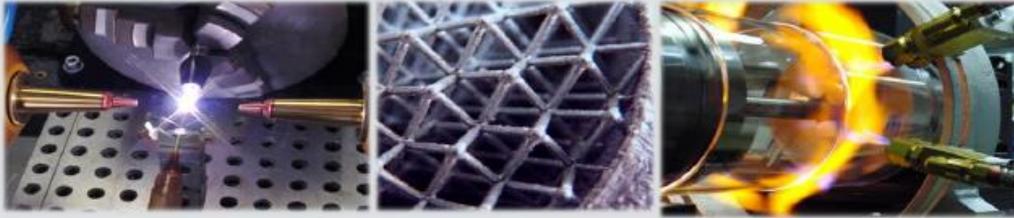
Qualitätskontrolle am Bauteil



Qualitätskontrolle am Bauteil

Soll-Ist-Vergleich von Konstruktionsdaten und CT-Datensatz





ifw Jena

Christian Straube M. Sc.
Abteilung Qualitätssicherung/
Werkstoffprüflabor
Email: cstraube@ifw-jena.de
Tel.: +49 3641 204 115

Sebastian Matthes M. Sc.
Abteilung Qualitätssicherung/
Werkstoffprüflabor
Email: smatthes@ifw-jena.de
Tel.: +49 3641 204 229



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie



Die vorgestellten Investitionen wurden im Rahmen der Investitionsvorhaben IZ120015, IZ130044 und IZ140043, gefördert vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages zur FuE-Förderung gemeinnütziger externer Industrieforschungseinrichtungen in Ostdeutschland - Innovationskompetenz Ost (INNO-KOM-Ost).

ifw Jena

24

Andreas Kleinfeld, Hasenauer & Hesser GmbH Ötisheim

Kontakt

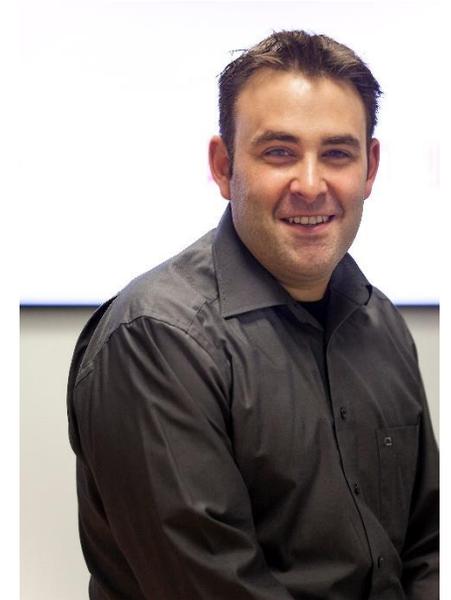
Hasenauer & Hesser GmbH
Bahnhofstraße 56
75443 Ötisheim

Tel.: (07041) 815053 – 0

Fax (07041) 815054 – 99

Mail: kleinfeld.a@hasenauer-hesser.de

Web: www.hasenauer-hesser.de



Abstract

Die Technik im Lasersintern und auch die Materialvielfalt entwickeln sich immer weiter. Die Anwendungen werden immer facettenreicher. Man kann heute über das Lasersintern von einer Brückentechnologie sprechen. Überall wo sich aufgrund der geringen Stückzahl und der Komplexität der Bauteile ein klassisches Verarbeitungsverfahren (z.B. Spritzgießen) nicht lohnt, kann man das Lasersintern einsetzen.

Das Lasersintern hat aufgrund der Technik einige Nachteile, die man aber in Zusammenarbeit mit den Entwicklern und Konstrukteuren beim Kunden besprechen muss, um dann auf eine vernünftige Lösung zu kommen. Viele Beispiele aus Sonderanwendungen zeigen das Marktpotenzial dieser Technik auf.

Ein aktuell großes Potenzial besteht darin Abdeckungen und Komponenten die früher aus Blech oder Metall waren, mit lasergesinterten Bauteilen zu substituieren. Die Vielfalt und die Gestaltungsfreiheit mit diesen Bauteilen ist ein Vielfaches größer, wie man mit konventionellen Verfahren erreichen kann.

Daher ist der Vortrag so aufgebaut, dass man zeigt welche Möglichkeiten des Lasersintern bzw. die additive Fertigung allgemein bringt. Im zweiten Teil wird dann aufgezeigt, welche Schritte notwendig sind, um die Technik von der Konstruktion her richtig einsetzt. Qualitätssicherung ist hier auch ein Thema und wird angeschnitten, welche QS-Schritte notwendig sind, um Kleinserien fertigen zu können.



Lasersintern von Kunststoffen

Auf dem Weg in die Kleinserie

Andreas Kleinfeld, Hasenauer & Hesser GmbH, Ötisheim, D

3. Mitteldeutsches Forum Rapid Technologien, HS Merseburg

18. Mai 2016



hasenauer & hesser

Agenda



- 1. Hasenauer & Hesser GmbH**
- 2. Materialien und Entwicklungen**
- 3. Beispiele Serienanwendungen**
- 4. Zusammenfassung**



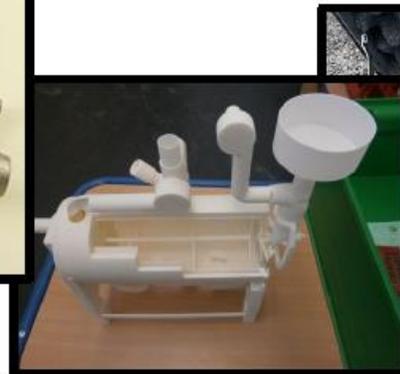
Hasenauer & Hesser GmbH

- ▣ Gründung 2004
- ▣ Sitz in Ötisheim
- ▣ Familiengeführtes Unternehmen
- ▣ 30 Mitarbeiter
- ▣ Geschäftsfelder:
 - ▣ Konstruktions- und Ingenieursdienstleister
 - ▣ Lasersinterproduktion seit 2008

Generative Verfahren Beispiele

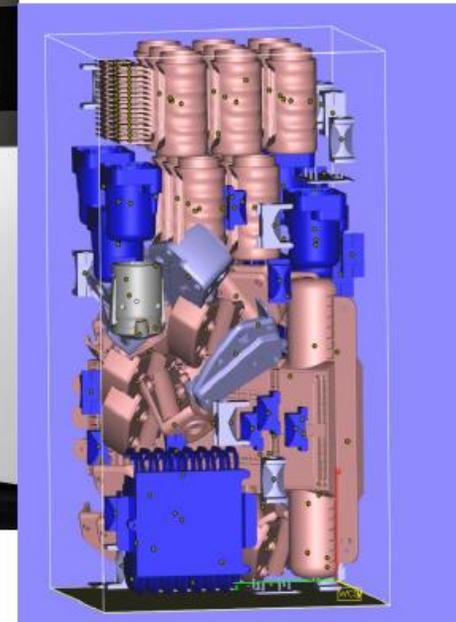
Bauteile direkt aus 3-D Daten ohne Werkzeug produzieren

- STL
- FDM
- „Objet“, 2K
- SLS



Blick in die Fertigung

5



EOS Maschinentyp	Bauraumgröße in mm
Formiga P110	200X250X320
EOS P395	320X320X610
EOSINT P760	680X370X570



RAPID PROTOTYPING



**Revolutionieren Sie
Ihre Produktion**

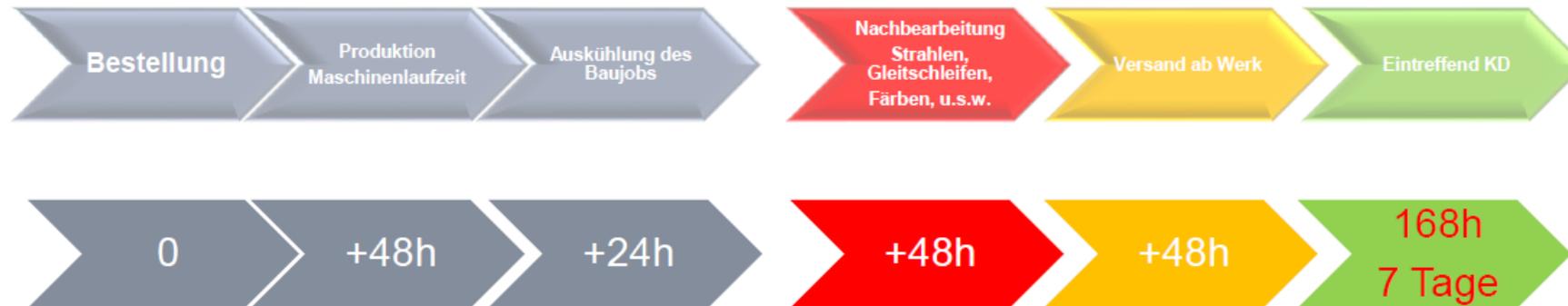
Mit Kunststoff-Lasersinter-Technik



hasenauer & hesser



RAPID ?!



Prozessablauf ohne Beachtung der
Bestellzeit / Maschinen Redundanz / Nacharbeitsanforderungen

**d.h. Regellieferzeit 6-7 Werkzeuge
in Ihrem Haus**

7



... PROTOTYPING ?!



- ✓ Maßhaltigkeit
- ✓ gleichmäßige Oberflächenqualität
- ✓ Stabile Preise
- ✓ Reproduzierbarkeit



Kundenindividuelle und Serienprodukte

Entwicklungen und News aus Branchenmagazinen

NVBOTS entwickelt neuen Highspeed- 3D-Metalldrucker

Hybridmaschine, Zerspanung und Sintern

Microfol Compounding GmbH & Co. KG hat ein
Polymerpulver auf Basis von Polypropylen entwickelt,
dass zum Lasersintern geeignet ist.

Vor allem kleinere Kunststoffteile lassen sich somit sehr
wirtschaftlich in größeren Stückzahlen produzieren.

Das Lasersintern eignet sich für größere Mengen,
selbst für Serien von bis zu 100 Bauteilen und mehr.



Bild: Matsuura Machinery GmbH

Material-Kennwerte

Werkstoffname	Zug-E-Modul (MPa)	Zugfestigkeit (MPa)	Bruchdehnung (%)
ALUMIDE®	3800*	48*	4*
CarbonMide®	6100/3400/2200**	72/56/25**	4,1/6,3/1,3**
PA 2200/2201	1700*	48*	20*
PA 2210 FR	2500*	45*	4,7*
PA 3200 GF	3000*	49*	8*

Alle Angaben sind Richtwerte;

*x-/y-Richtung, **x-/y-/z-Richtung



hasenauer & hesser



Vergleich zu spritzgegossenen PA-Materialien (mit Verstärkungen)

Komponenten	Einheit	VB1	B1	B2	B3	B4	B5	B6
PA Typ A	Gew.-%	44.80	39.80	37.32	34.82	37.32	37.32	34.82
PA Typ B	Gew.-%					12.43		
PA Typ C	Gew.-%	4.95	9.95	12.43	14.93			
PA Typ D	Gew.-%						12.43	14.93
IRGANOX 1010	Gew.-%	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Glasfasern Typ A	Gew.-%	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00
Zug-E-Modul	MPa	11800	11860	11860	11890	12140	12240	12140
Reissfestigkeit	MPa	150	154	152	152	156	168	168
Reissdehnung	%	4.5	4.5	4.3	4.1	4.9	5.2	5
Schlagzähigkeit Charpy, 23°C	kJ/m ²	95	92	92	82	98	89	82
Kerbschlagzähigkeit Charpy, 23°C	kJ/m ²	25	25	25	26	25	17	18
Berstdruck	bar	270	275	280	290	280	290	300
Berstdruck nach Lagerung 2000h, 23°C	bar	-	-	-	-	250	-	260
Berstdruck nach Lagerung 2000h, 80°C	bar	-	-	-	-	235	-	240

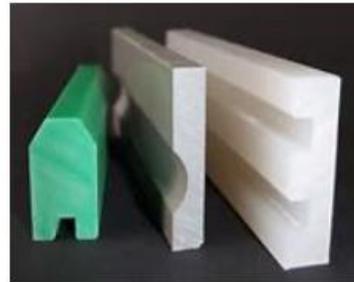
X 4

Konstruktive Möglichkeiten ausnutzen !



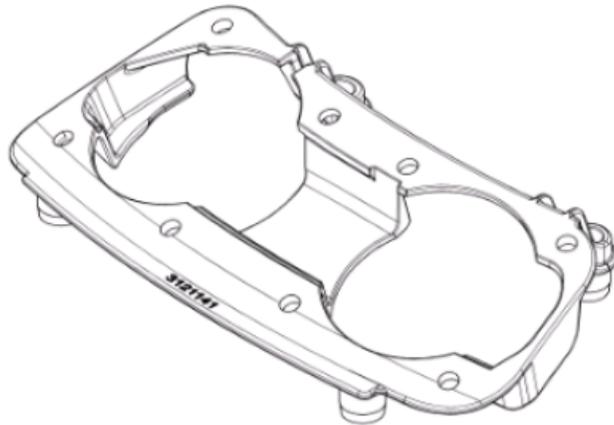
Beispiele aus dem Maschinenbau

Aktueller Wachstumsmotor !!!



Zerspanung vs. Lasersintern

Beispiele aus Elektroindustrie und Sonderfahrzeugbau



10 -20 Bauteile/pro Jahr

Sondervariante/Ländervariante

Klimawechseltest (Kühlfahrzeuge)



10 Varianten a 500 Stück

Sondereinbaugrößen

Zug-und Druckbeanspruchungen



Beispiele von Automobilherstellern

- KSW-Bauteile hergestellt im Lasersintern
- Projekt XXX (100 Bauteile in 2016 im Lasersintern)



Schienerfahrzeuge



Spare Parts on Demand

Kunststoffabdeckungen

Digitalisierung – Datenerzeugung – Fertigung - Nachbehandlung



Nachbearbeitung

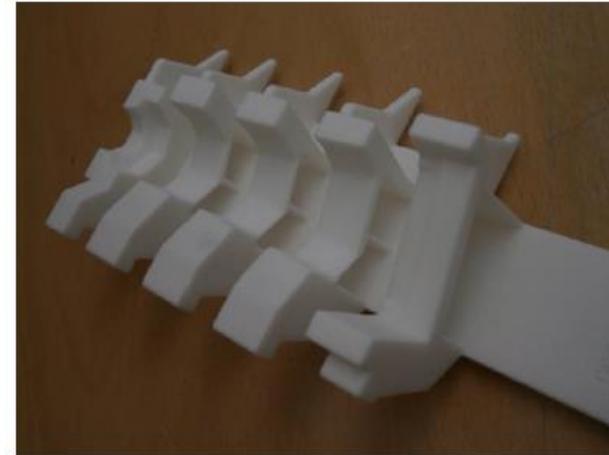
- Lackierung
- Einfärben
- Entgraten
- Beschichten, Beflocken
- Schleifen, Fräsen, Bohren etc.



Wieso generatives Verfahren SLS?

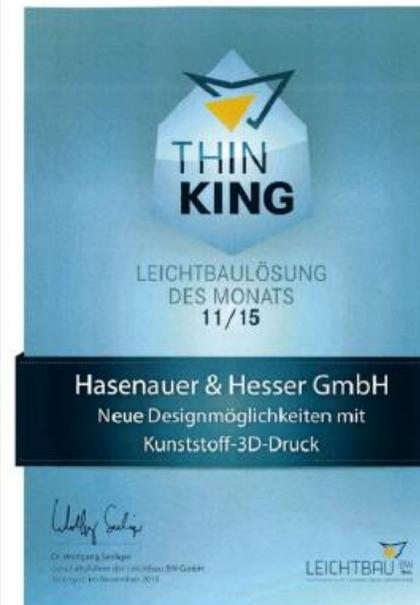
Im Serienbau

- + Neue „freie“
Konstruktionsmöglichkeiten
- + Belastungsfähige Bauteile
- + Jederzeit eine Änderbarkeit
des Produkts ohne
Werkzeugänderungskosten
- + Produktweiterentwicklung mit
sofortiger Umsetzung während der
Serienteilherstellung
- + Serienteilanlauf wird beschleunigt
- + Vielseitig nachbearbeitbar
- + In Losgrößen kurzfristig
abrufbar (J.I.T.)

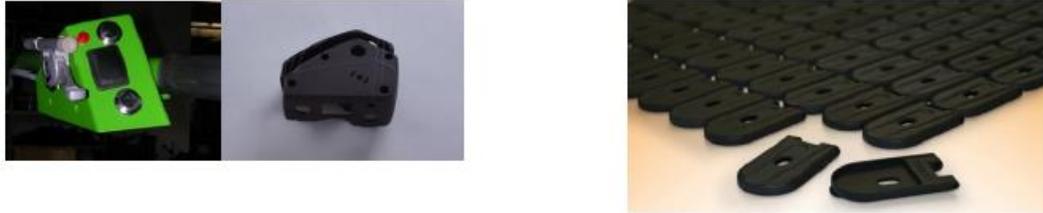


Geldwerte Vorteile durch Konstruktion und Design

- Baugruppen aus mehreren Bauteilen in einem Prozess fertigen



„Roadmap“ zu Serien- und Funktionsteilen

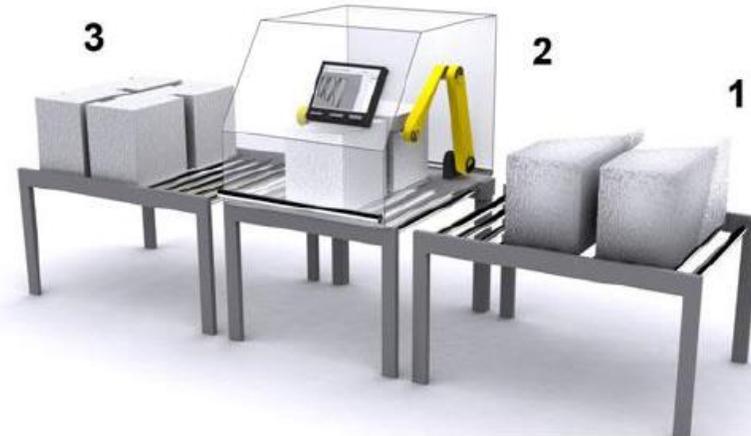


1. SLS-Schulung, Grundlagen erarbeiten (lasersintergerechte Zeichnung)
2. Bauteil-Screening
3. Auswahl der ersten Startprojekte (unter technischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten)
4. Musterfertigung und Prüfung der Bauteile
5. Dokumentation und Erfahrungsberichte

6. On the Way to Serial Production

Märkte der Zukunft

21



Individualisierte Produkte



Optimierte Produkte

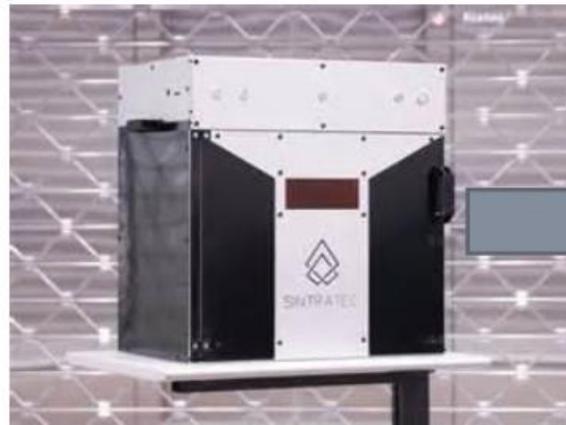




Zukünftige Ansatzpunkte bzw. Vorhersagen:

- Materialpreis um Faktor 4 nach unten
- Prozessgeschwindigkeit Faktor 10 nach oben

>>> in den nächsten 5 – 10 Jahren



System ab ca. 5.000 €

Diodenlaser, kleiner Bauraum



Erste Prototypen aus PA 6 in 2015



Nächster Schritt mit Füllstoffanteilen ?!



Manufaktur

Stand heute

Keine Visionen mehr !!!



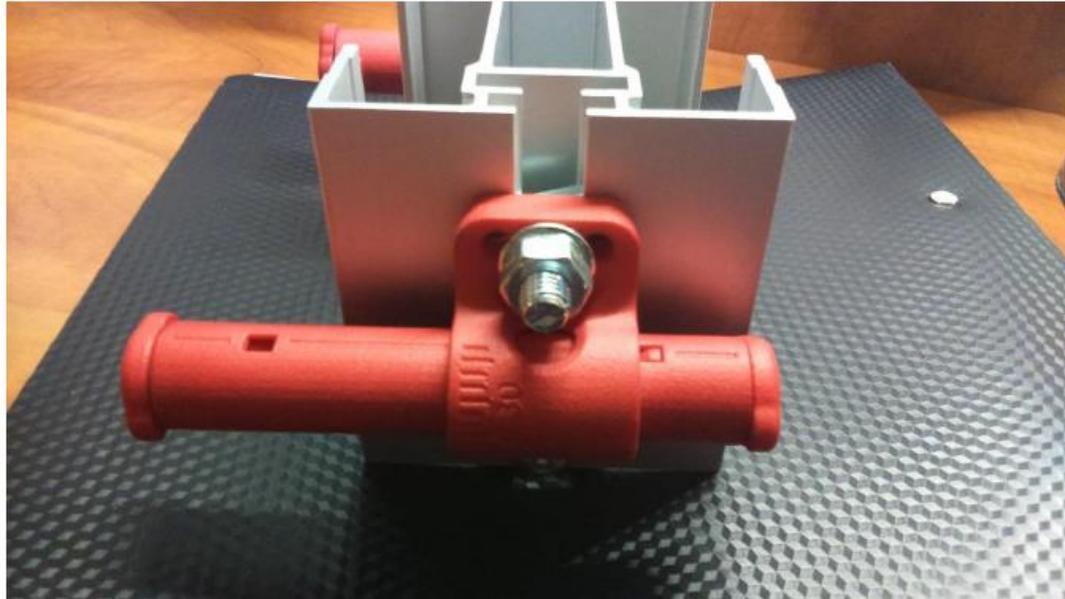
Automatisierung

Zukunft



QUIZFRAGE

25



Der Sensorhalter ist gefertigt aus...

- A) Einem Stück
- B) Zwei Stücken
- C) Fünf Stücken

**Wir bedanken uns für
Ihre Aufmerksamkeit!**

Fragen?

A. Kleinfeld

hasenauer&hesser GmbH
Bahnhofstr. 56
D-75443 Ötisheim

Tel.: +49 (0)7041 / 815053 - 28
Kleinfeld.a@hasenauer-hesser.de
www.hasenauer-hesser.de



hasenauer & hesser

Uwe Popp, Indmatec GmbH Karlsruhe

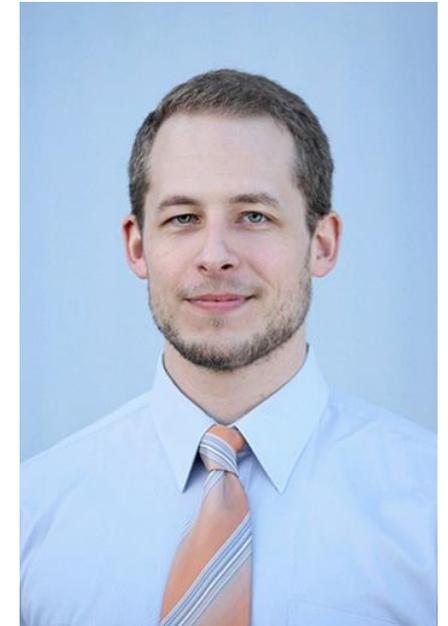
Kurzvita

Geboren am 12.07.1986

01.10.2006-04.05.2012 Studium Werkstoffwissenschaft

01.01.2013-31.03.2015 Wissenschaftlicher Angestellter am KIT-Institut für angewandte Materialien

seit April 2015 Leiter der Forschung und Entwicklung Indmatec GmbH



Kontakt

Indmatec GmbH
Willy-Andreas Allee 19
76131 Karlsruhe
uwe.popp@indmatec.com

Abstract

3D Druckverfahren: Modellhafte Beschreibung der Druckqualität

Eine der entscheidenden Kriterien, damit der 3D Druck in der Industrie auf allen Ebenen als Verarbeitungsverfahren anerkannt wird, ist die Prozessstabilität.

Die Prozeßstabilität des 3D Drucks wird durch viele Faktoren beeinflusst. Diese sind beispielsweise Materialeigenschaften, Laserqualität, Eigenschaften der Extrusionsdüse, thermische Einflüsse und viele mehr.

Um zwischen diesen Einflüssen unterscheiden zu können und damit ein Kontrollwerkzeug des Druckprozesses zu schaffen, ist es wichtig eine umfassende Studie durchzuführen, um heraus zu finden, wie diese kritischen Parameter die Qualität des gedruckten Teils beeinflussen.

Mit Hochleistungspolymeren im Fokus wird das Verhältnis von Prozess, Teil und Eigenschaften in einem Model präsentiert, welches das mögliche Prozesskontrollwerkzeug für das additive Schmelzschichtverfahren beschreibt.

Der Schwerpunkt liegt hierbei auf den Faktoren Druckgeschwindigkeit, Temperatur und den grundlegenden Materialeigenschaften.



MATERIALS BASED CHALLENGES IN 3D PRINTING



Outline

- Materials in 3D printing technologies
- Challenges for the technologies
- Case study thermoplastics in FFF technology
- Materials driven models for 3D printing



INDMATEC GmbH

- Founded: April 2014 (operative October 2014)
- Location: Karlsruhe
- Staff: 20 people (from 11 nationalities)
- Launched PEEK filament March 2015
- Launched PEEK FFF 3D Printer
 - July 2015 Gen 1; November 2015 Gen. 2; September 2016 Gen. 3
- Focus: 3D printing of high performance polymers



Materials in 3D printing technologies



Paper

- Laminate Object Manufacturing



Ceramics

- SLS
- Inkjet



Photopolymers

- SLA
- DLP
- Multi-Jet



Metals

- SLS
- SLM



Thermoplastics

- FDM
- SLS



Cast form (Metals) – lost-wax

- SLA
- FDM



Material state	Factor	Challenges
Powder basis (Binder jetting, SLS, SLM, EBM)	<ul style="list-style-type: none"> - Particle size - Layer thickness - Binder viscosity - Binder saturation - Droplet size 	<ul style="list-style-type: none"> - Binding mechanisms (solidification) <ul style="list-style-type: none"> o Sintering o Melting o Chemically induced binding o Liquid phase sintering and partial melting (using second grain binder phase or single phase material that is partially molten) - Shrinkage effects - Thermal decomposition (degradation due to long processing time; especially for polymers in SLS)
Liquid basis (SLA, DLP)	<ul style="list-style-type: none"> - Resin viscosity - Exposure time 	<ul style="list-style-type: none"> - Controlling photo-polymerization - Curing (solidification) - Shrinkage effects
Filament/granules (FFF/FDM)	<ul style="list-style-type: none"> - Melting temperature - Melt viscosity - Crystallinity 	<ul style="list-style-type: none"> - Phase transformation (liquid to solid; solidification) - Transformation rate - Material deposition effects - Shrinkage effects
Thin film/plate	<ul style="list-style-type: none"> - Film thickness - Modulus of the material - Nature of adhesive 	<ul style="list-style-type: none"> - Clean cut surfaces - Compromising dimensional requirements - Excess molten material smearing surfaces

Challenges for the technologies



Phase-change is the single most important material challenge in 3D printing

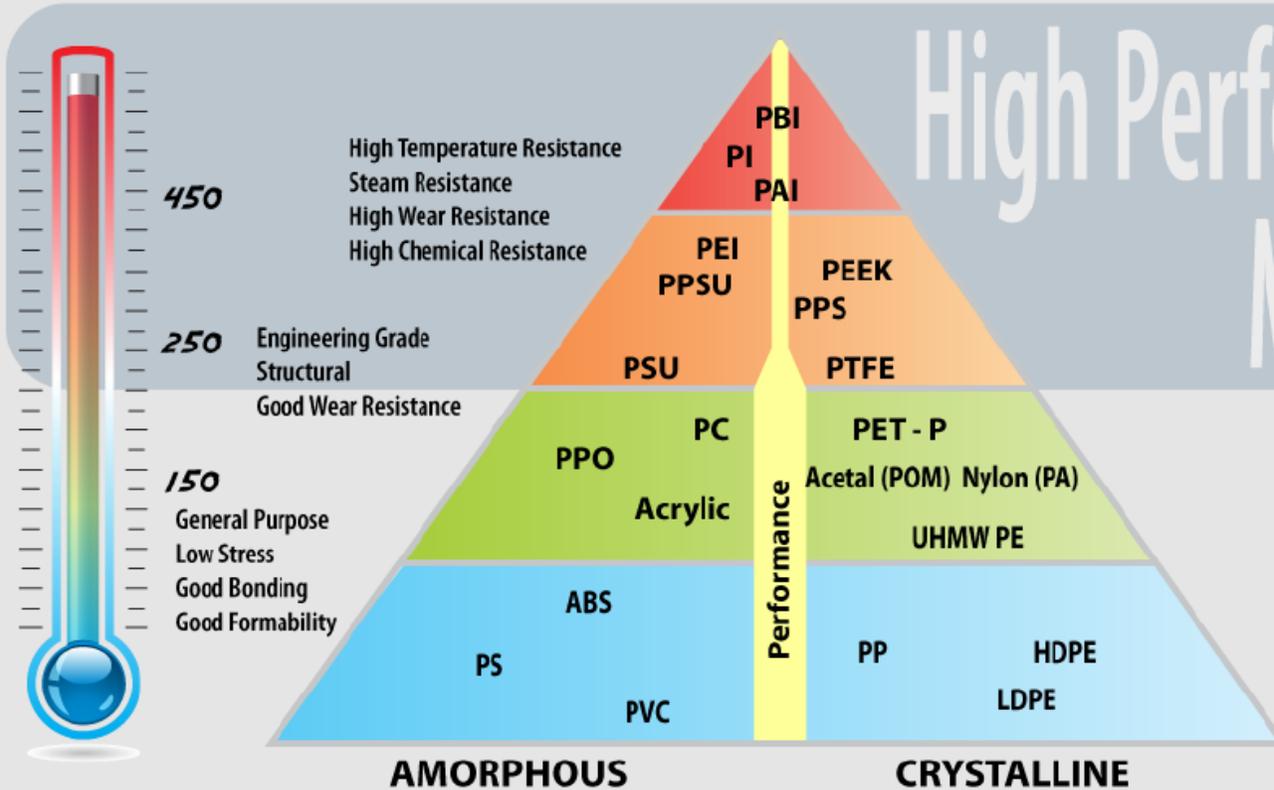


“Temperature (Thermal management)”

Case study: Thermoplastics in FFF Technology

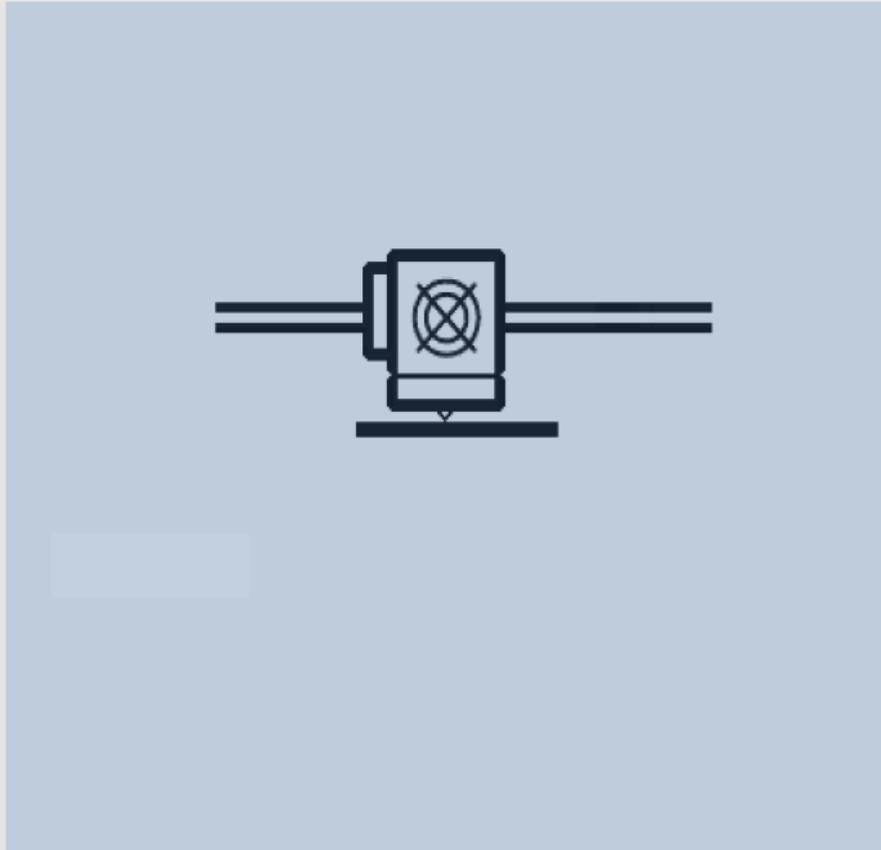


High Performance Materials



Source: <http://ain-plastics.com/posts/page/3/>

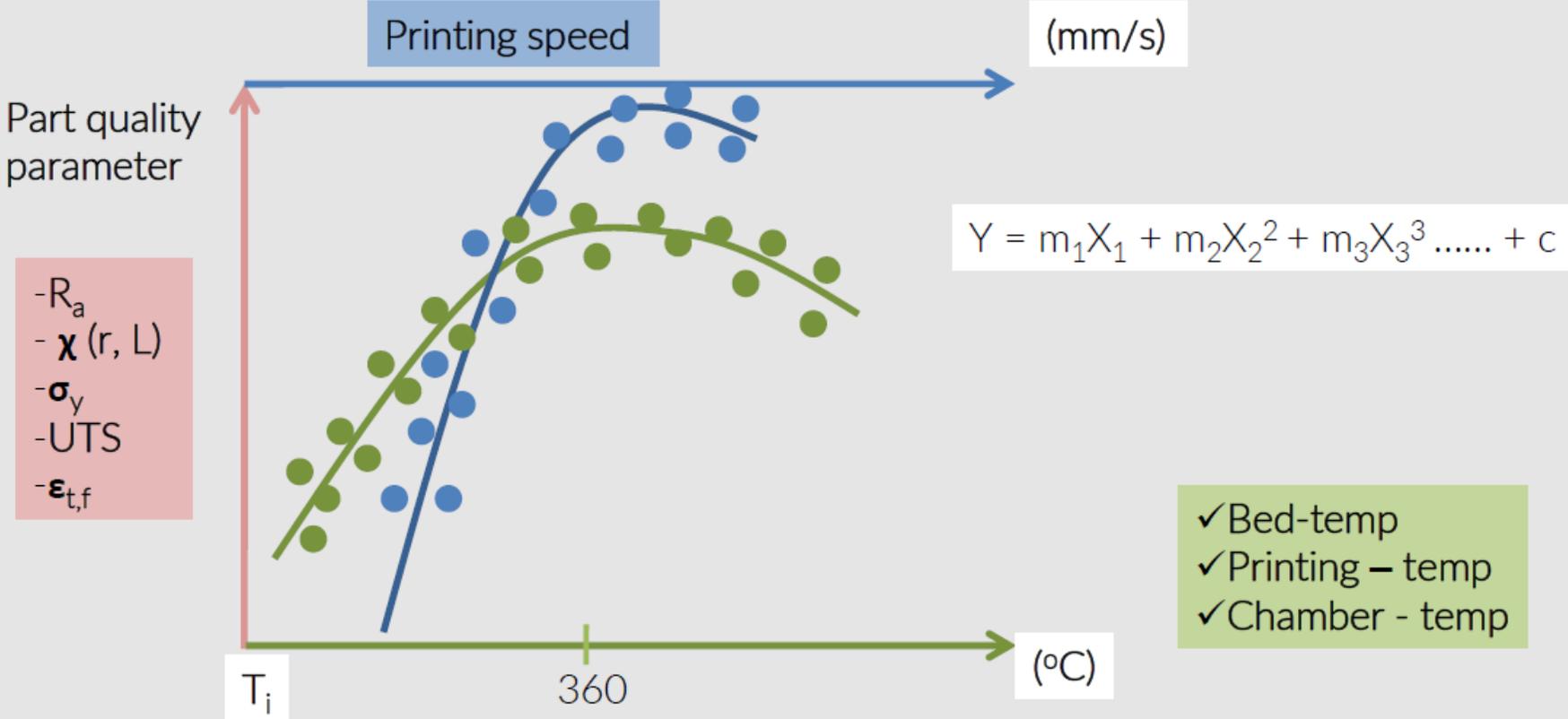
High performance polymers – printer's challenge



Key factors

- ✓ Printing speed
- ✓ Printing temperature
- ✓ Bed temperature
- ✓ Chamber temperature
- ✓ Nature of HotEnd
- ✓ Nature of nozzle

Process control and quality assurance



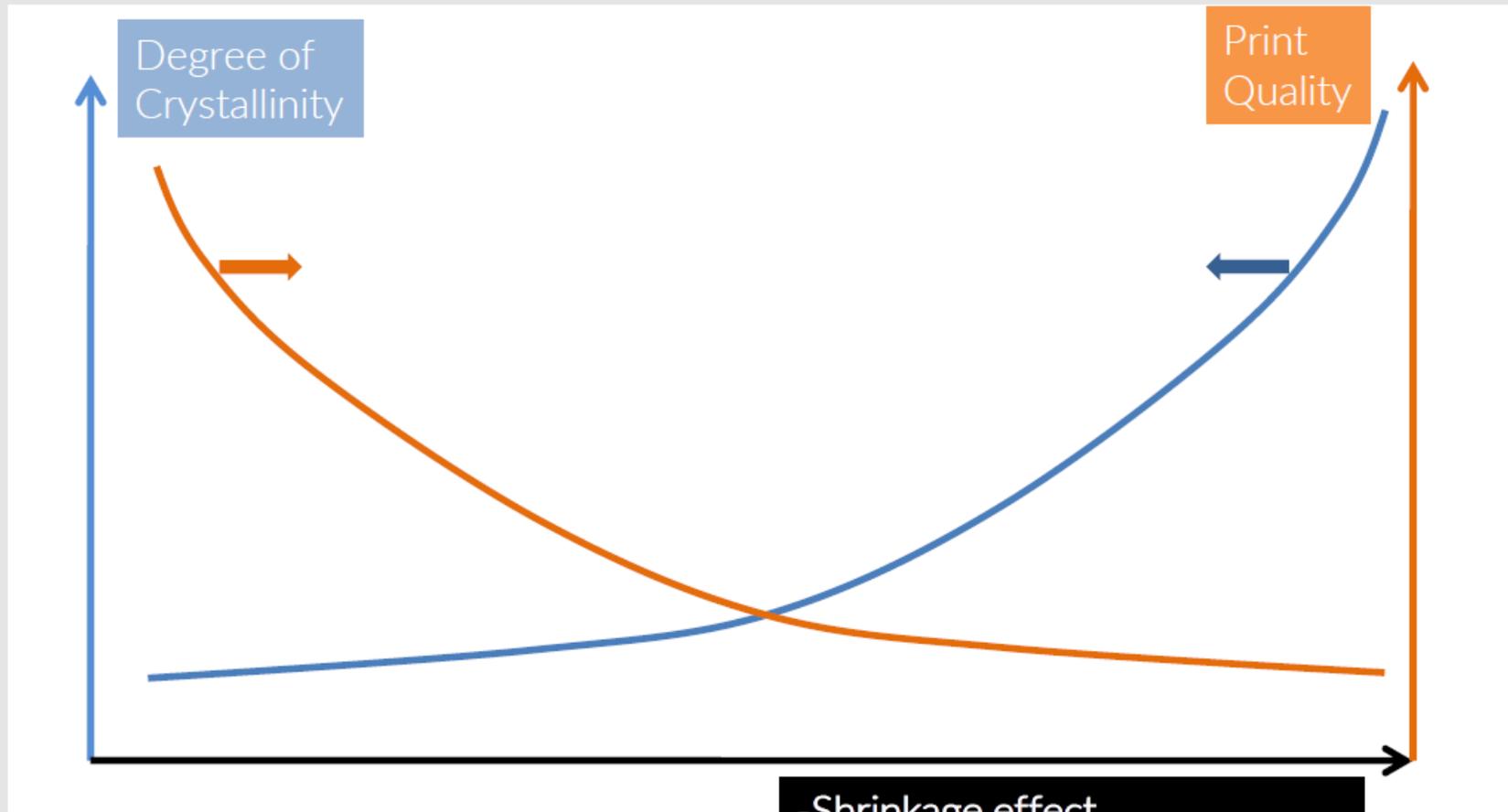
Process control model

$$Y = m_1X_1 + m_2X_2^2 + m_3X_3^3 \dots + c$$

- ✓ Describe the material printing process
- ✓ Predict the material printing process
- ✓ Confirm / validate the material printing process
- ✓ Determine key material properties

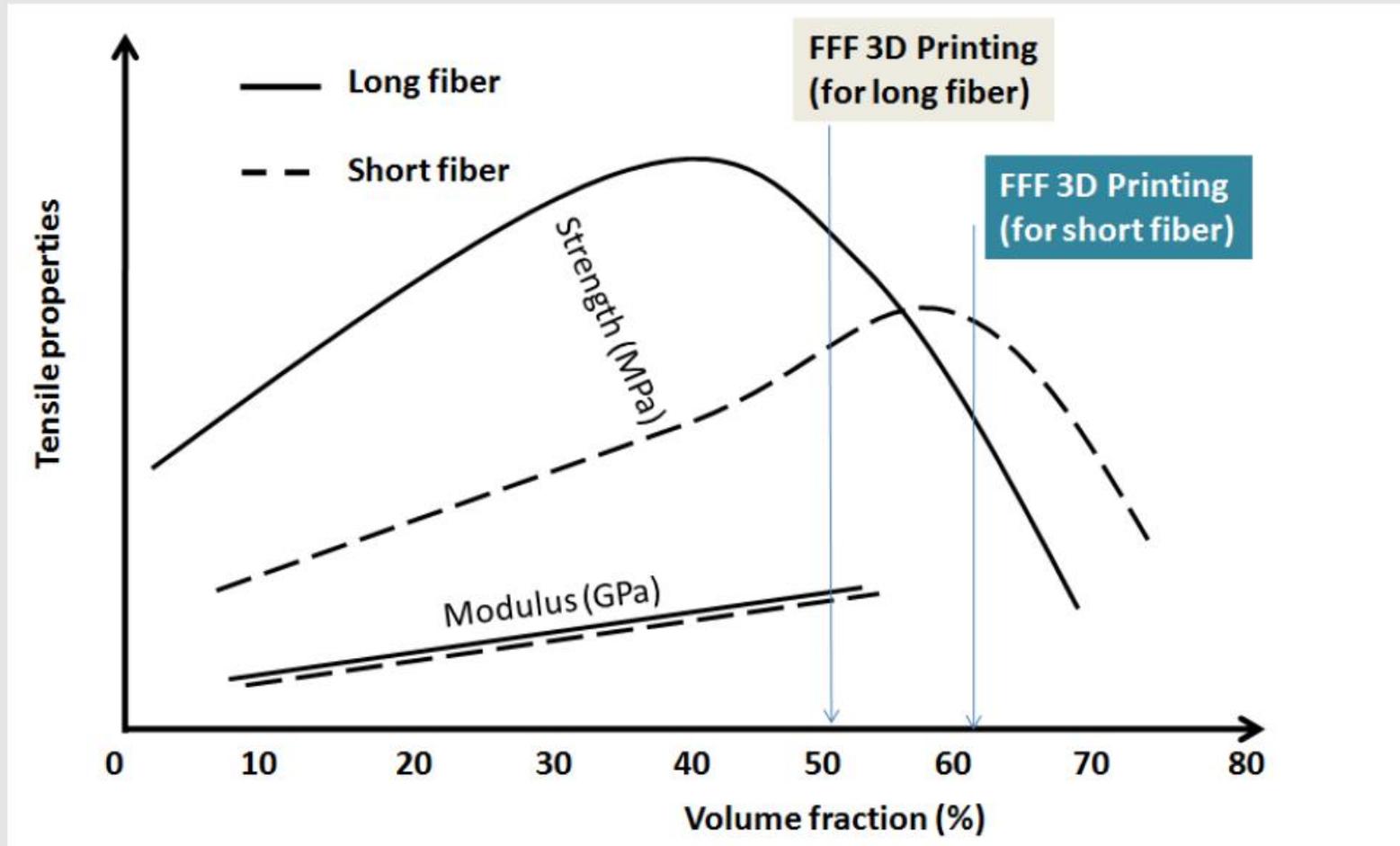
Material driven models for 3D printing





- Shrinkage effect
- Interface residual stresses
- Thermal management demand





Additive manufacturing methods are best working for specific materials

Temperatur management is critical for the quality of the printed part

The part quality is also dependend on several influential factors

The optimized print quality can be determined from an equation that takes the influential factors in account

Material properties detemine the process and post process behaviour



Christian Kolbe, FKT® Formenbau und Kunststofftechnik GmbH Triptis

Kurzvita

Lehre zum Werkzeugmechaniker bei Fa. Kreth Werkzeug- und Maschinenbau GmbH

Maschinenbaustudium an der Westsächsischen Hochschule Zwickau (FH)

Fa. FKT Formenbau und Kunststofftechnik GmbH Triptis

Aufgabenbereiche:

Verantwortlicher Projektingenieur – Strahlschmelz - Technologie,
Entwicklung und Konstruktion von Spritzgießwerkzeugen

Fachbezogenen Gremienarbeit:

VDI Fachausschüsse FA105 “Additive Manufacturing”

DVS Fachausschuss 13 „Rapid Technologien“

Kontakt

FKT Formenbau und Kunststofftechnik GmbH

07819 Triptis, Jahnstraße 2

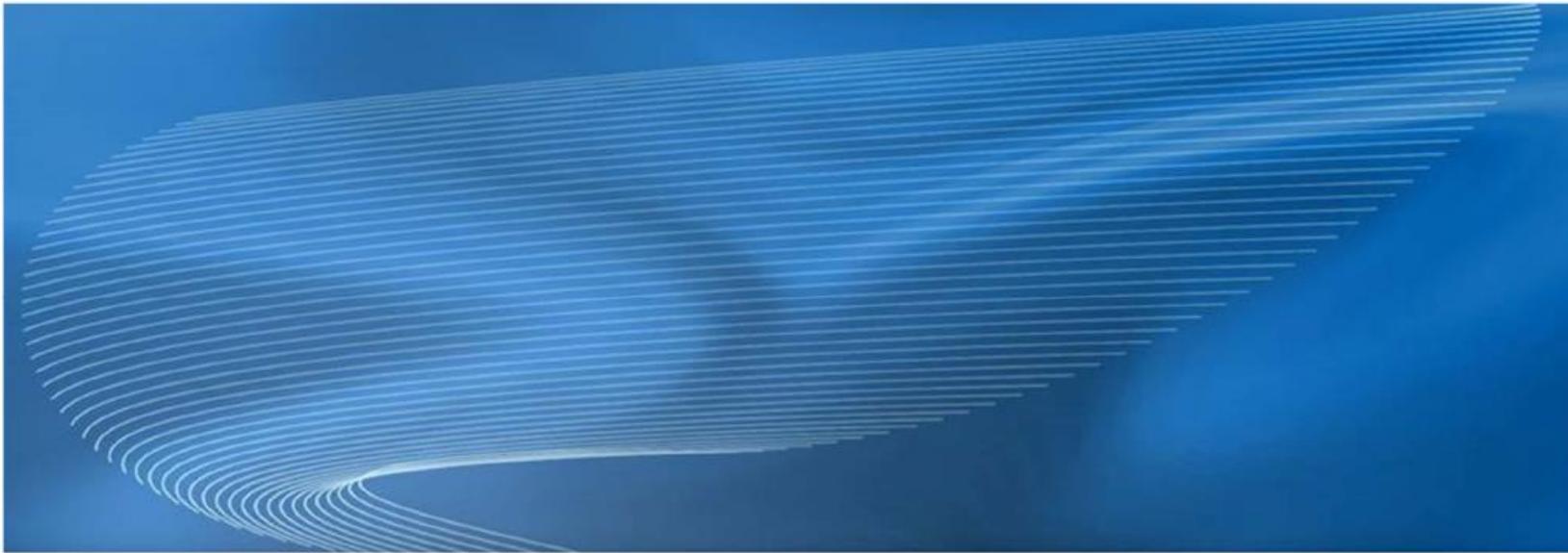
Tel.: (0364 82) 87 404, Fax: (0364 82) 87 490

Mail: Christian.Kolbe@fkt-triptis.de, Web: www.fkt-triptis.de

Abstract

Seit vielen Jahren bereits halten die generativen Fertigungsverfahren Einzug in die Fertigungskette der Werkzeug- und Formenbauer und haben dort ihren Platz als sinnvolle Ergänzung des konventionellen Technologiesparks gefestigt.

Mit dem Vortrag „Generative Fertigung im Werkzeug- und Formenbau“ sollen die Kernanwendungen entlang der Wertschöpfungskette für diese Branche näher betrachtet werden. Insbesondere der Anwendungsbereich für konturnahe Temperierkanäle und deren Effekte in Serienformen für den Spritzgießwerkzeugbau, wird anhand von Beispielen näher erläutert.



Generative Fertigung im Werkzeug- und Formenbau

Christian Kolbe, FKT[®] Formenbau und Kunststofftechnik GmbH, Triptis

FKT[®]

**BEST
PRAXIS**

Gliederung

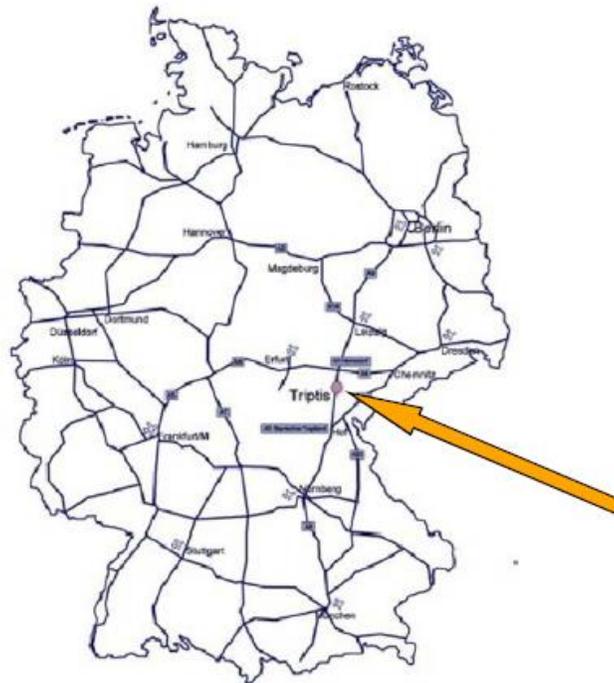
Generative Fertigung von Metallteilen für den Werkzeug- und Formenbau

- FKT® Formenbau und Kunststofftechnik GmbH
- Anwendung, Möglichkeiten
 - Konturnahe Temperierung
 - Thermische Formkernoptimierung
 - Effekte konturnaher Temperierung
- Hinweise zur kostenoptimierten Konstruktion
- Ausblick

Kurzvorstellung

Zentrale Lage!

FKT Formenbau und Kunststofftechnik GmbH



Kurzreport



FKT ... flexibel, kundenorientiert, termintreu.

Vertrieb / Marketing

Geschäftsbereiche

Entwicklung /
Konstruktion

AV /
Programmierung

Über 100 Mitarbeiter

Einkauf/Technik

Qualitätswesen

Kunststofftechnikum -
für Bemusterung und
Serie

After-Sales-Service



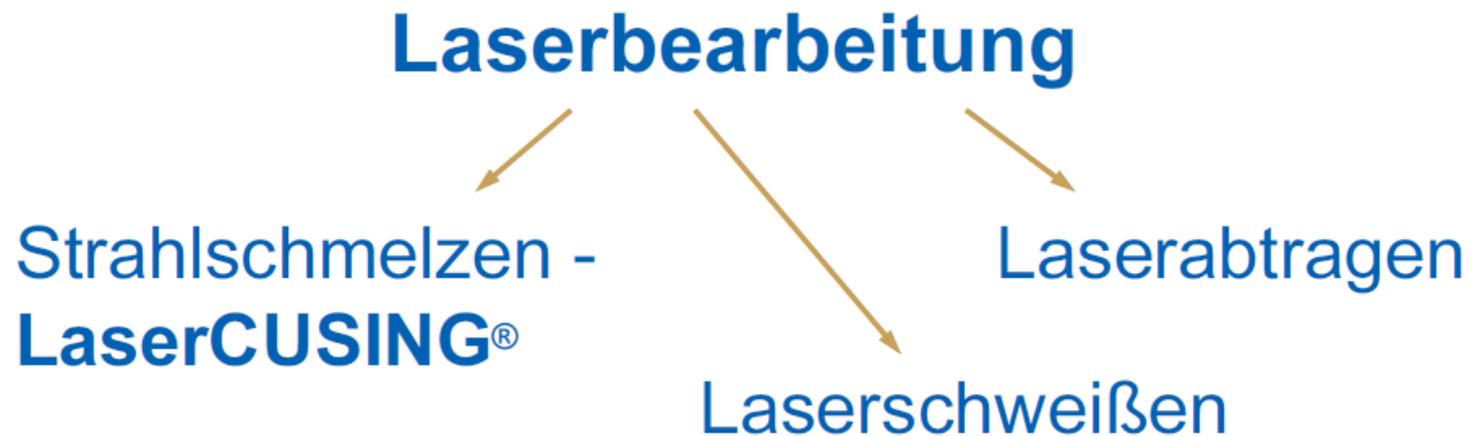
Sonderfertigung

Ø 20 Azubi's

Formenbau-Fertigungszentrum 1 -
für große Spritzgießwerkzeuge bis
20 t

Formenbau-Fertigungszentrum 2 -
für kleine und mittlere Spritzgieß-
werkzeuge mit hoher Präzision

Anwendung von Lasertechnologien im Werkzeug- und Formenbau



Arbeitsgrundlagen

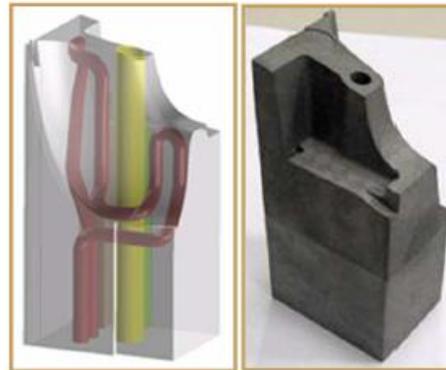
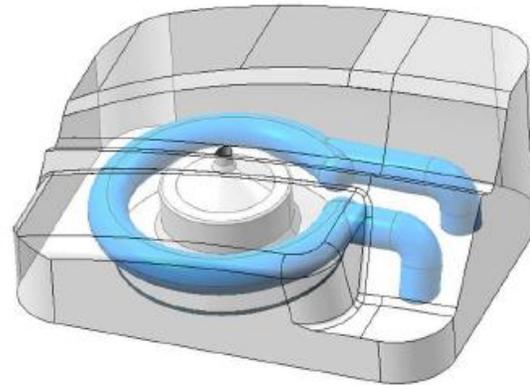
- Eigen Erfahrungen
- Richtlinien, Empfehlungen
 - VDI-Richtlinie: VDI 3404 Generative Fertigungsverfahren - Rapid-Technologien (Rapid Prototyping) - Grundlagen, Begriffe, Qualitätskenngrößen, Liefervereinbarungen
 - VDI-Richtlinie: VDI 3405 Additive Fertigungsverfahren - Grundlagen, Begriffe, Verfahrensbeschreibungen
 - VDI-Richtlinie: VDI 3405 Blatt 3 Additive Fertigungsverfahren - Konstruktionsempfehlungen für die Bauteilfertigung

Relevante Pulverwerkstoffe für den Werkzeug- und Formenbau

- Warmarbeitsstahl 1.2709 (formgebende und Funktionsteile)
- Edelstahl 1.4404 (Peripherie und Anbauteile)
- rostfreier Warmarbeitsstahl (Medienführung)
- Nickel-Basislegierung (Inconel 718)
 - Temperaturstabil auch bei hohen Temperaturen

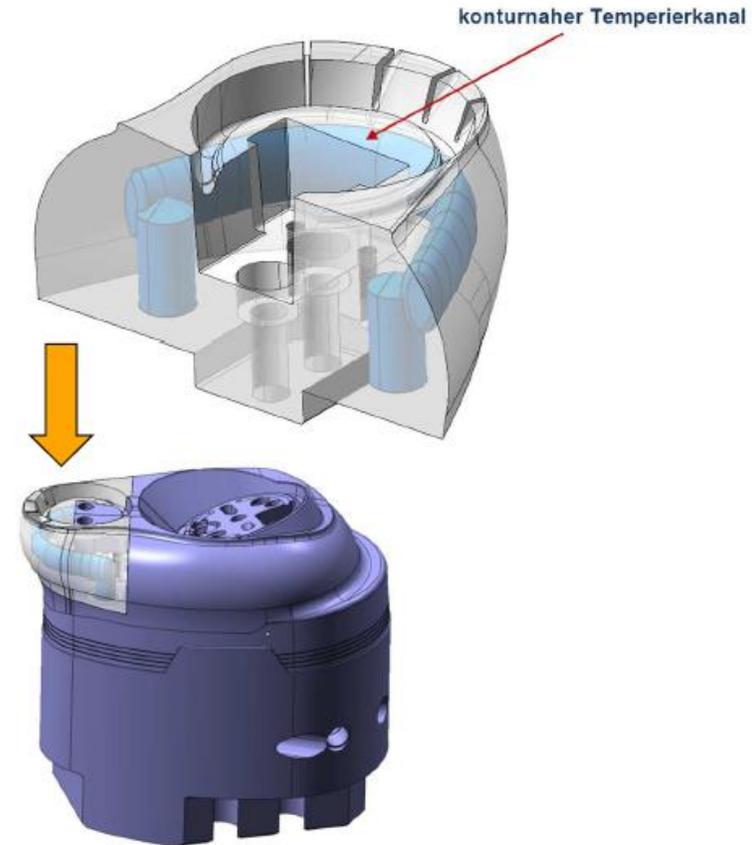
Einsatzmöglichkeiten

- Erzeugung von Bauteilen mit speziellen, nicht konventionell herstellbaren Hohlräumen
- z.B. für konturnahe Temperierkanäle



Herstellung funktionsfähiger
Prototypen / Einzelteil- und
Kleinserienfertigung
komplizierter Bauteile

Anwendung im Werkzeug- und Formenbau

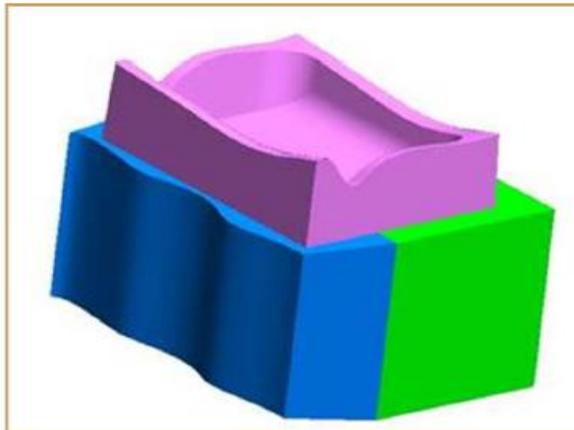


Schnelle, gleichmäßige Abkühlung von
spritzgegossenen Kunststoffteilen

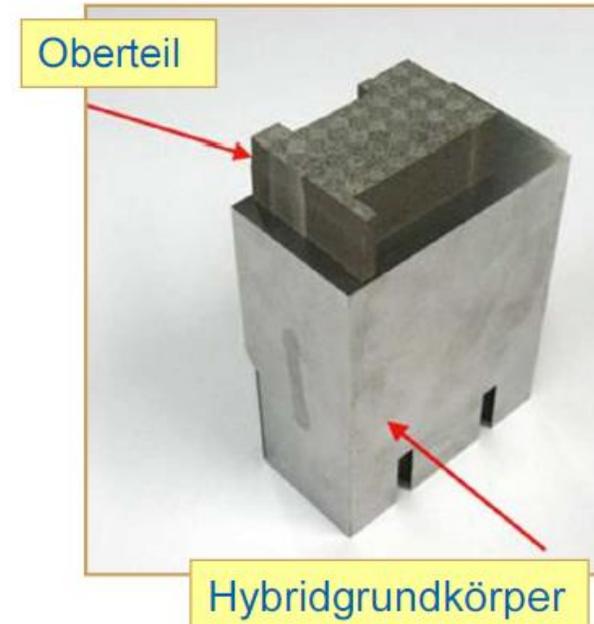
Einsatzmöglichkeiten

Hybridbauweise

- Kostengünstiger Einsatz der Strahlschmelz-Technologie
- Schnelle, preiswerte Reparaturlösung

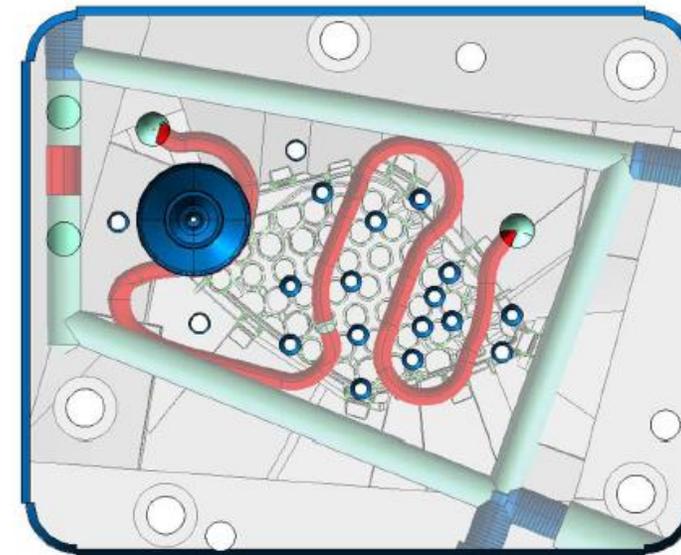
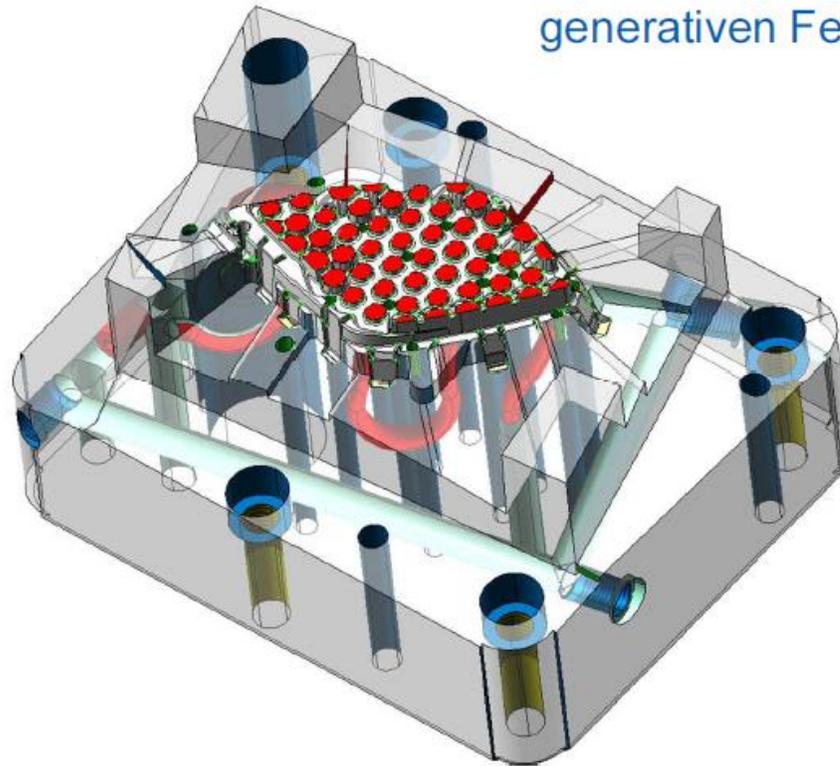


Prinziplösung



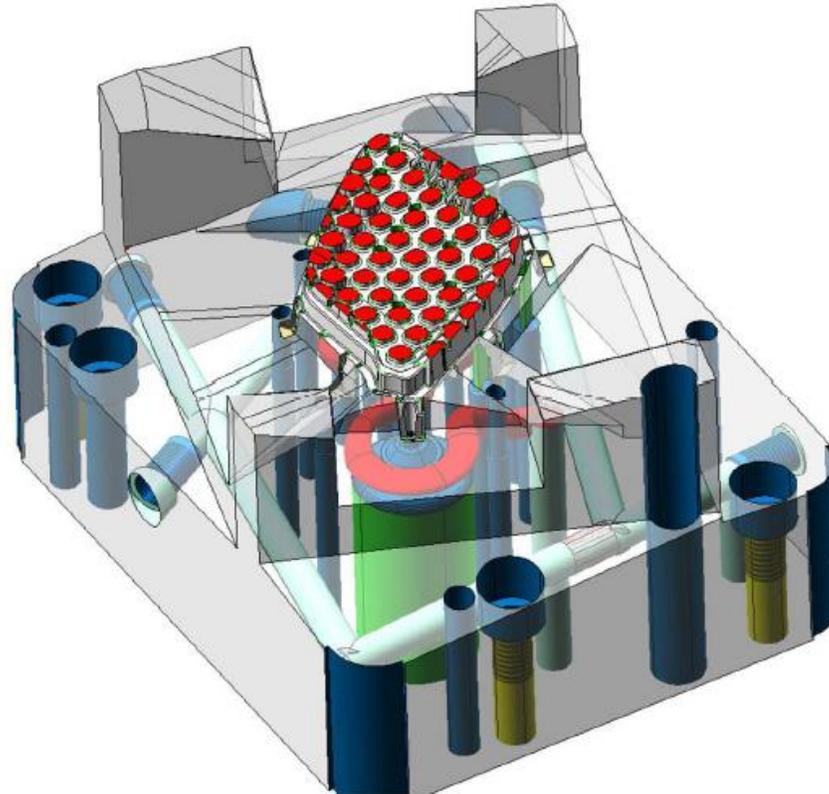
Anwendung im Werkzeug- und Formenbau

Hybridfertigung – Mix aus konventionellen und generativen Fertigungsmethoden



Ansicht von hinten

Anwendung im Werkzeug- und Formenbau



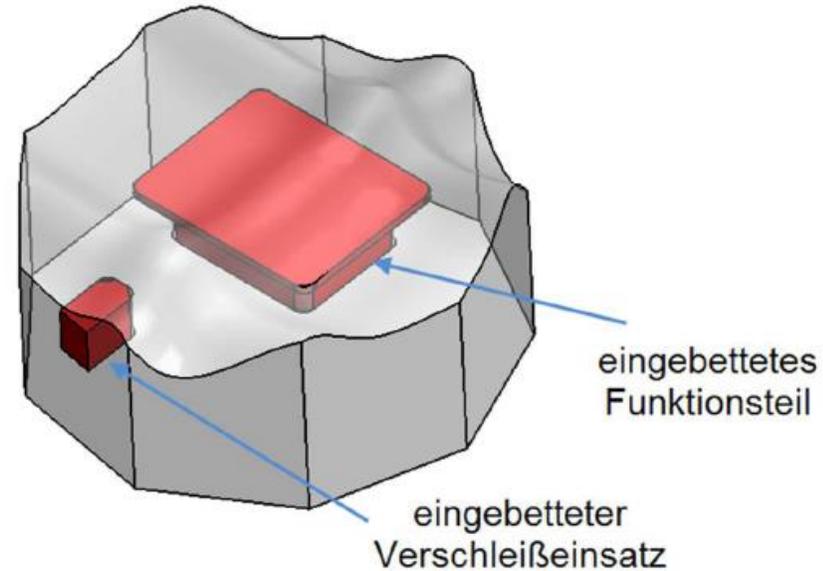
Ansicht von hinten

Einsatzmöglichkeiten

Integralbauweise

– Funktionsvielfalt in einem Stück

- Geringer Platzbedarf
- Gutes Masse – Leistungsverhältnis
- Leichtbau durch hohe Funktionsdichte



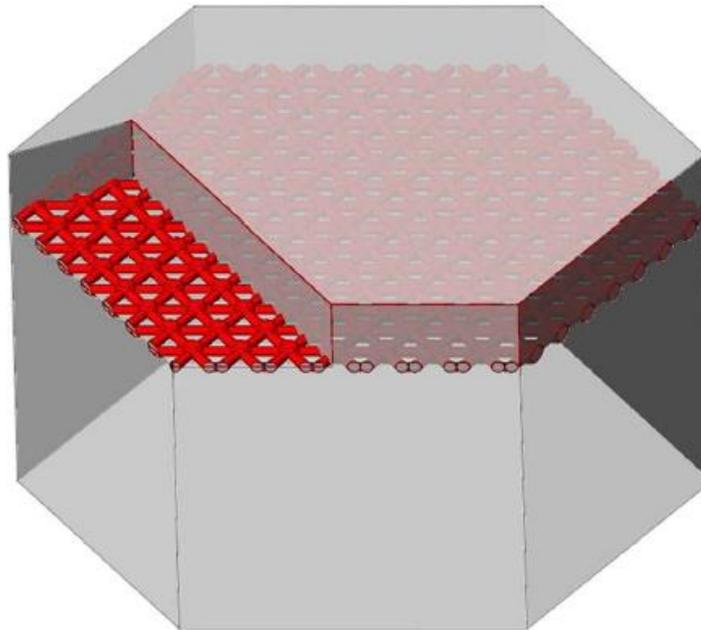
Prinziplösung

Einsatzmöglichkeiten

- Isolierschichten

z.B.

- in Verbindung mit Flächenkühlung
in Angussbuchsen



Einsatzmöglichkeiten

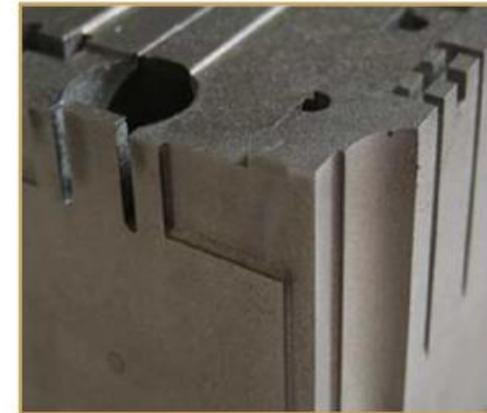
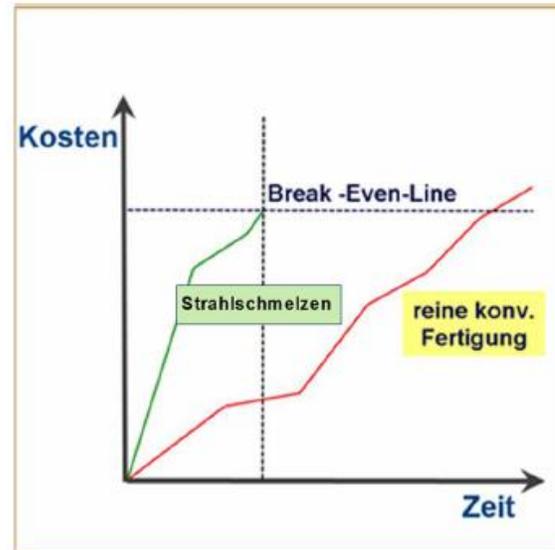
- Änderungs- und Reparaturlösung



Konturänderungen an filigranen Einsätzen

Einsatzmöglichkeiten

- Schnelle Herstellung komplizierter Konturteile mit hohem konventionellem Fertigungsaufwand



Konturbereiche mit hohem Erodieraufwand

Fertigung thermisch optimierter Kontureinsätze

- Aufgabe: schnelle und homogene Wärmeabfuhr aus der Kavität

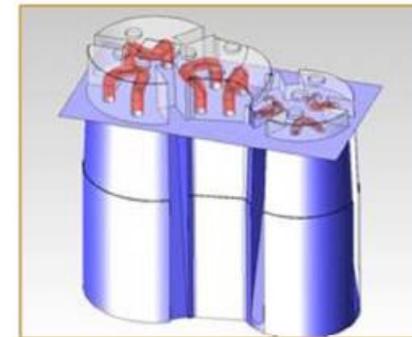
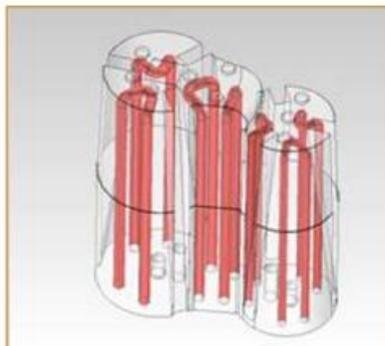
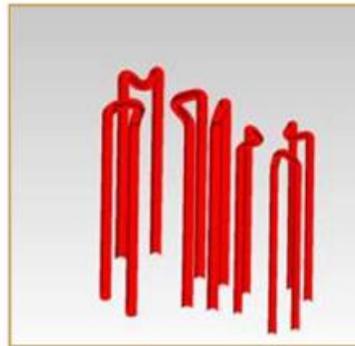


Getränkehalter - Automotivbereich

Besonderheit: Hybridteil für *genarbte Innenkontur*

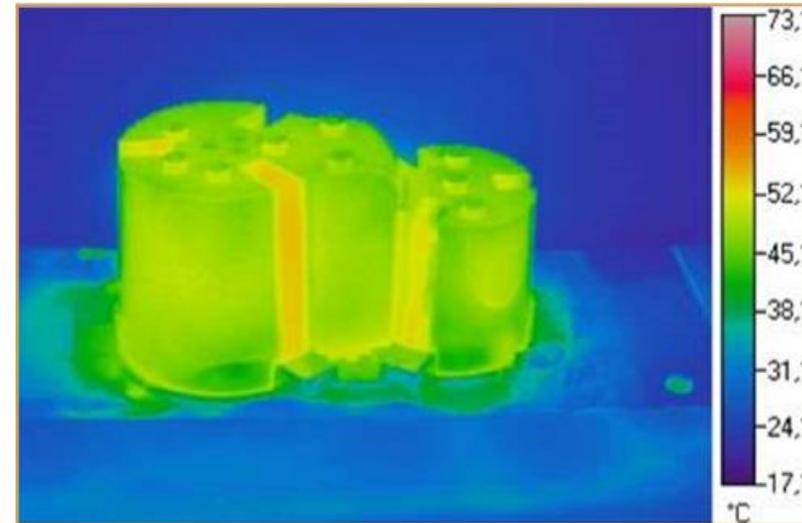
Fertigung thermisch optimierter Kontureinsätze

- Lösung: Konstruktion geeigneter, konturparalleler Temperierkanäle und Trennung für Hybridbauweise zur Kostenminimierung



Fertigung thermisch optimierter Kontureinsätze

- Ergebnis und thermografischer Nachweis

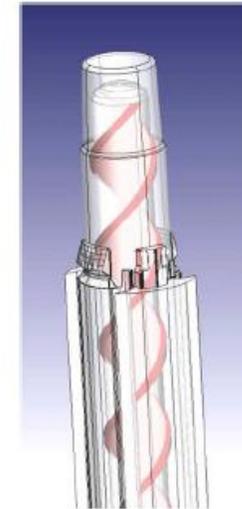
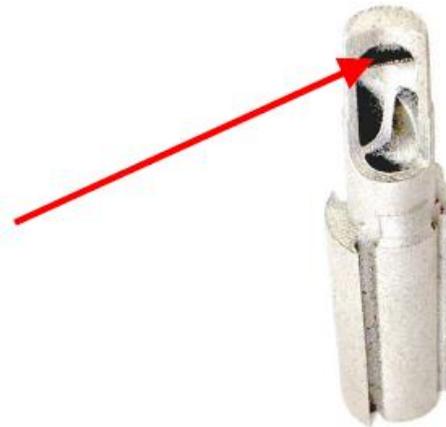


**Fazit: sehr geringer Verzug, 2s weniger Kühlzeit
als spezifiziert**

Varianten konturnaher Temperierung

1. Kältemittel- / Gas-temperierung

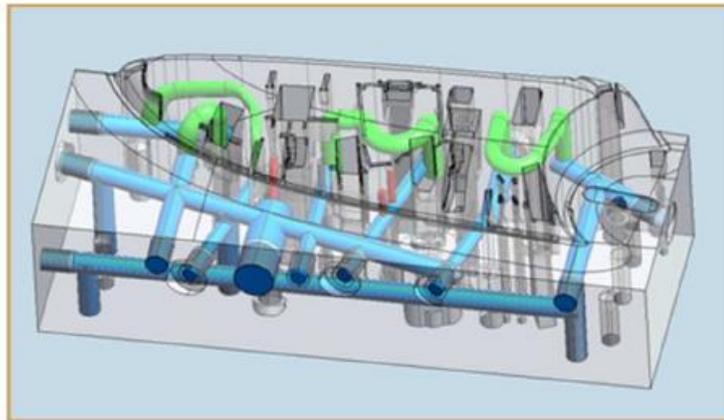
Expansionsraum



- Effekte:
 - kürzere Zykluszeit
 - schnelle Abkühlung kritischer Bereiche
 - verzugsarme Formteile
 - Wenig Platzbedarf

Varianten konturnaher Temperierung

1. Formeinsatz mit vielen auswerfertechnischen Details

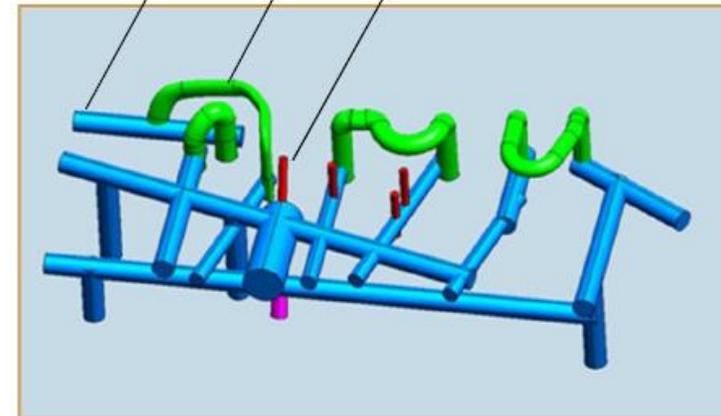


- Effekte:
 - kürzere Zykluszeit
 - homogene Temperierung
 - verzugsarme Formteile

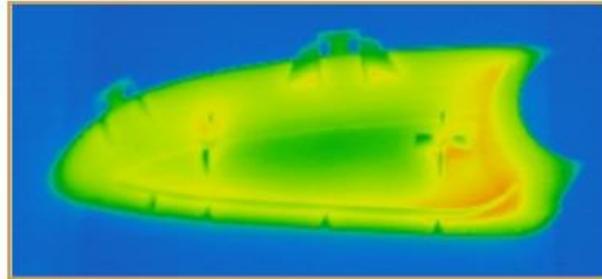
Konventionelle Bohrkanäle

CUSING®-Kanal

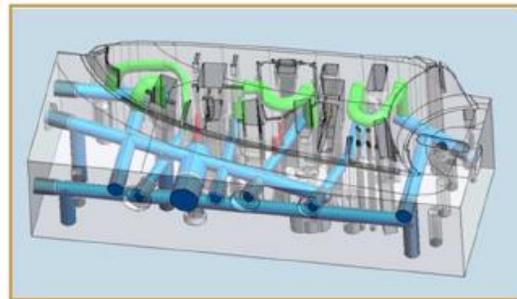
Wärmeleitstift



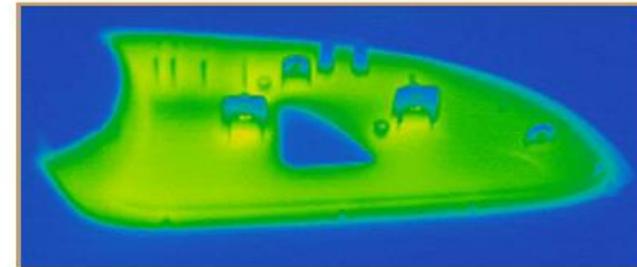
Effekte konturnaher Temperierung



Formteil mit konventioneller
Temperierung



- Homogene Temperierung



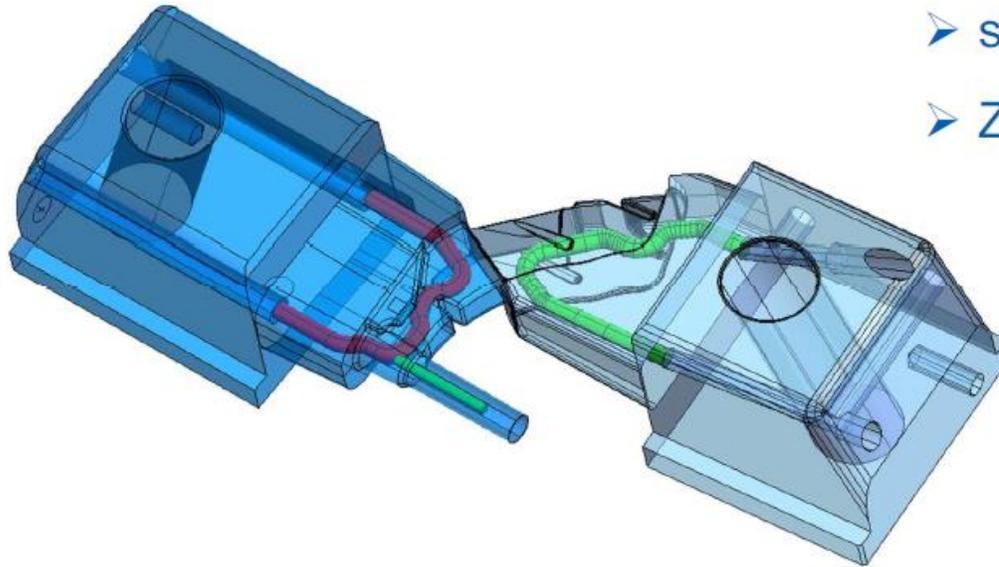
Schwesterformteil mit
Konturtemperierung

Varianten konturnaher Temperierung

2. Konturschieber

- Effekte:

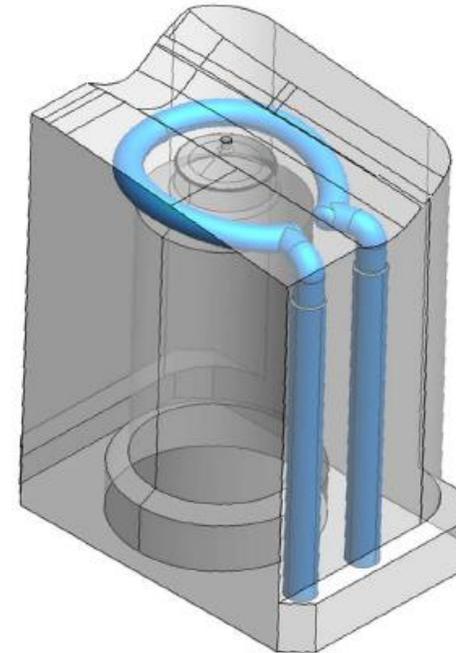
- homogene Temperaturverteilung
- schnellere Wärmeabfuhr
- Zykluszeiteinsparung: 10%

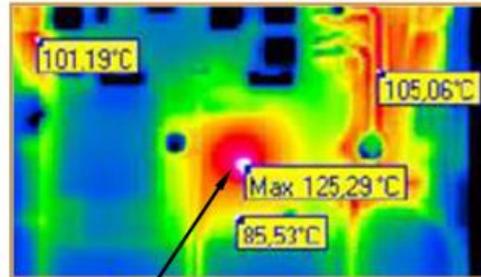


Varianten konturnaher Temperierung

3. Vorkammerbuchse

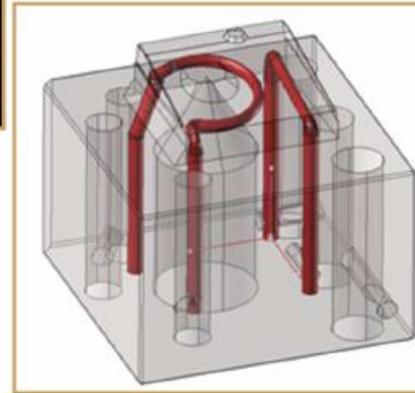
- Effekt:
 - Vermeidung eines Hotspots
 - verzugsfreier Anschnittbereich
 - Zykluszeitverkürzung 3s





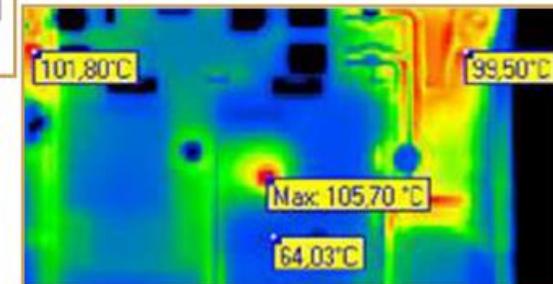
Hotspot

- Zykluszeitverkürzung: 12%



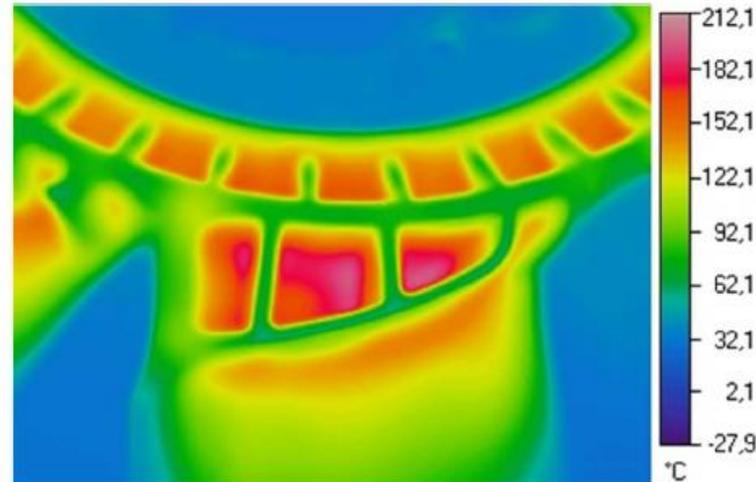
Thermographieaufnahme
nach der Optimierung

Optimierungsschleife: Eliminierung eines Hotspots durch Einbau eines Formeinsatzes mit konturfolgender Temperierung



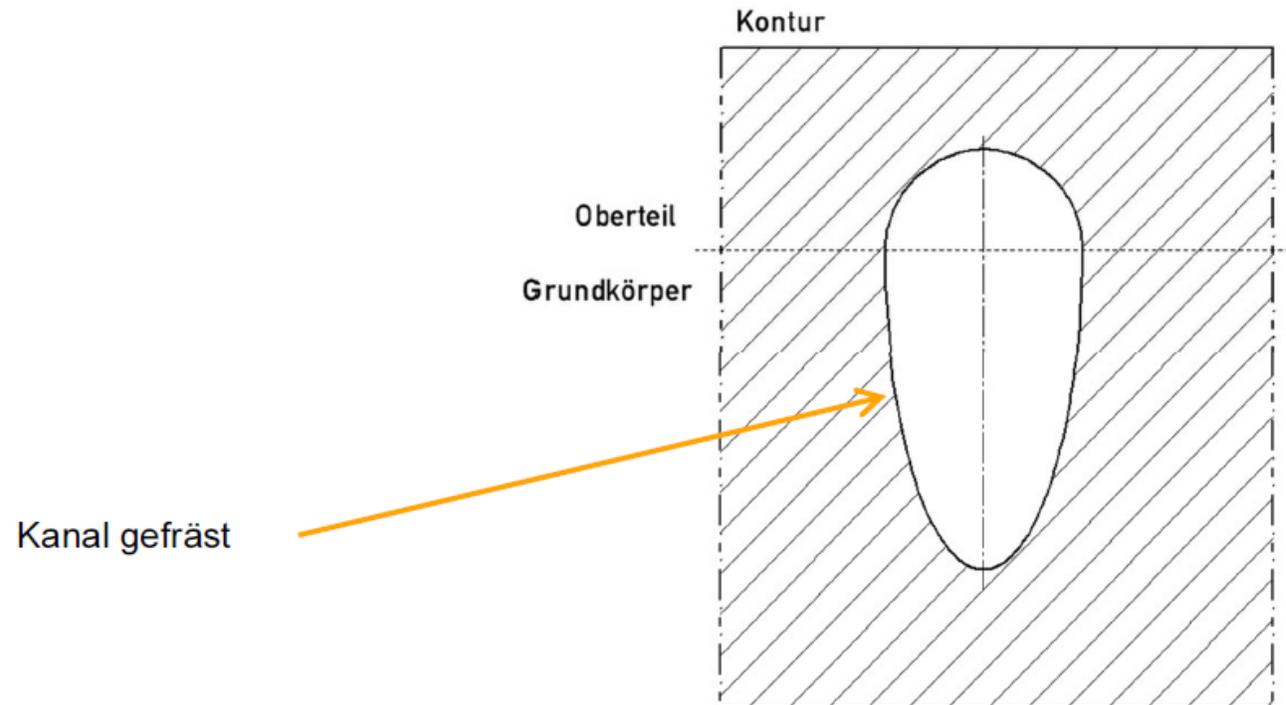
Effekte konturnaher Temperierung

- Nutzung der hauseigenen thermografischen Analyse mittels Wärmebildkamera
 - Werkzeugoptimierung
 - Hotspoterkennung
 - Thermografische Referenzen für Wartungszwecke



Kostenoptimierte Bauteilgestaltung

- Teilung von Temperierkanälen



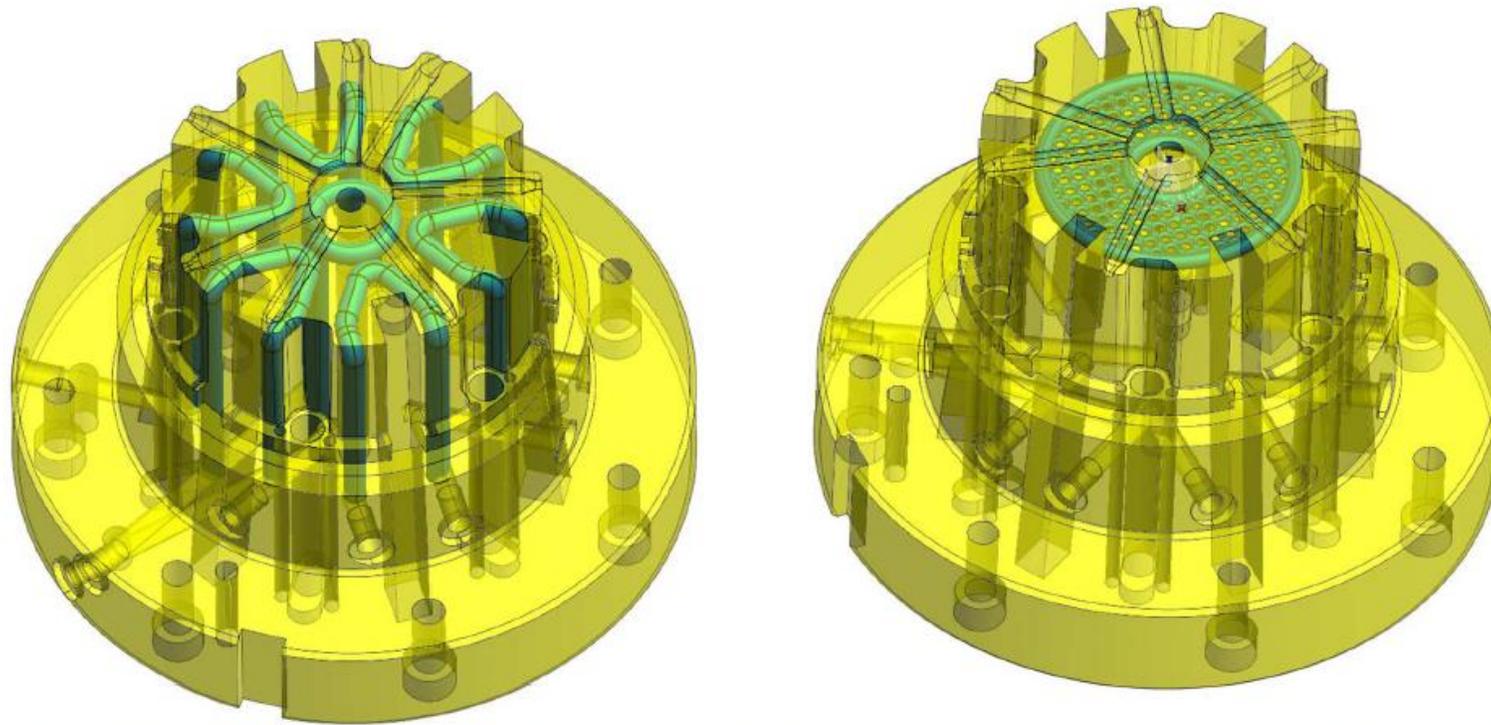
Kostenoptimierte Bauteilgestaltung

- Umgekehrte Hybridtechnik
- Anwendung bewährter „Leichtbauprinzipien“



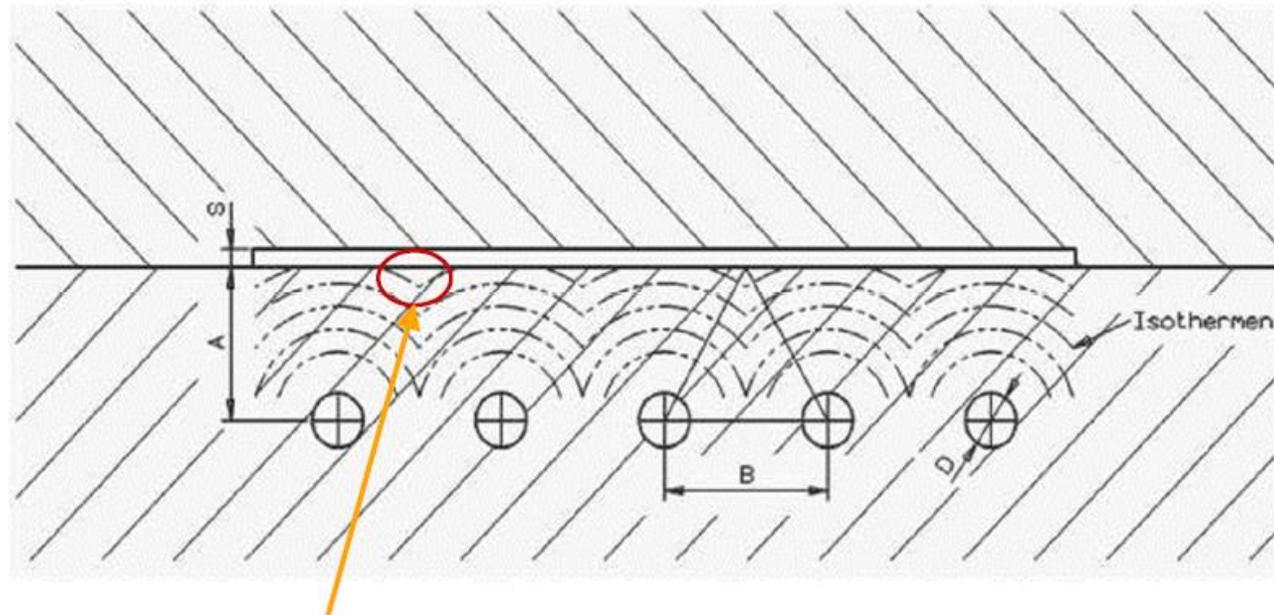
Kostenoptimierte Bauteilgestaltung

- So genau und detailliert wie nötig! – Abwägung konstruktiver Aufwendungen zum erwarteten Nutzen



Kostenoptimierte Bauteilgestaltung

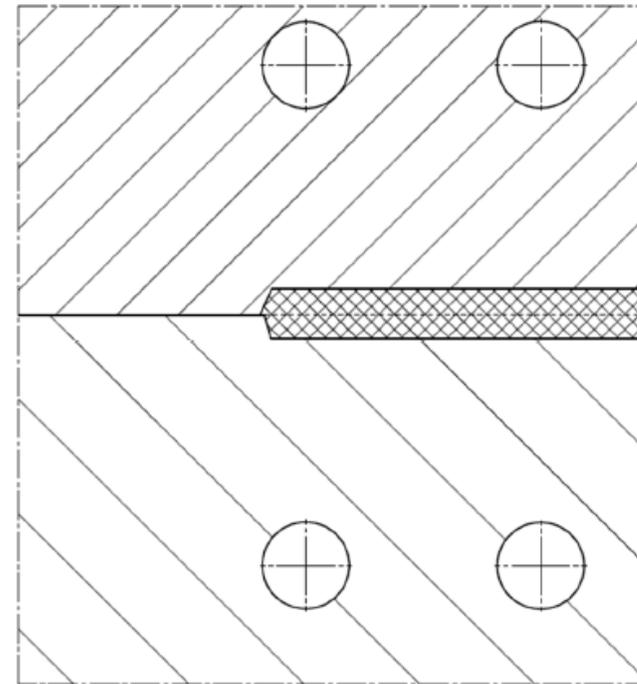
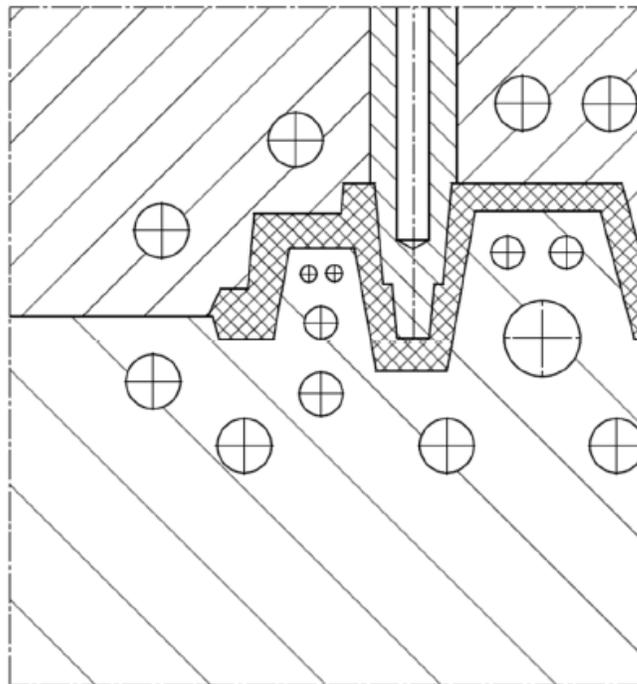
- Einhaltung wichtiger Grundregeln bei der Konstruktion von Temperierkanälen – homogene Temperierung



Mögliche Temperaturfehler

Kostenoptimierte Bauteilgestaltung

- Gegenüberstellung unterschiedlich zergliederter Temperierbereiche

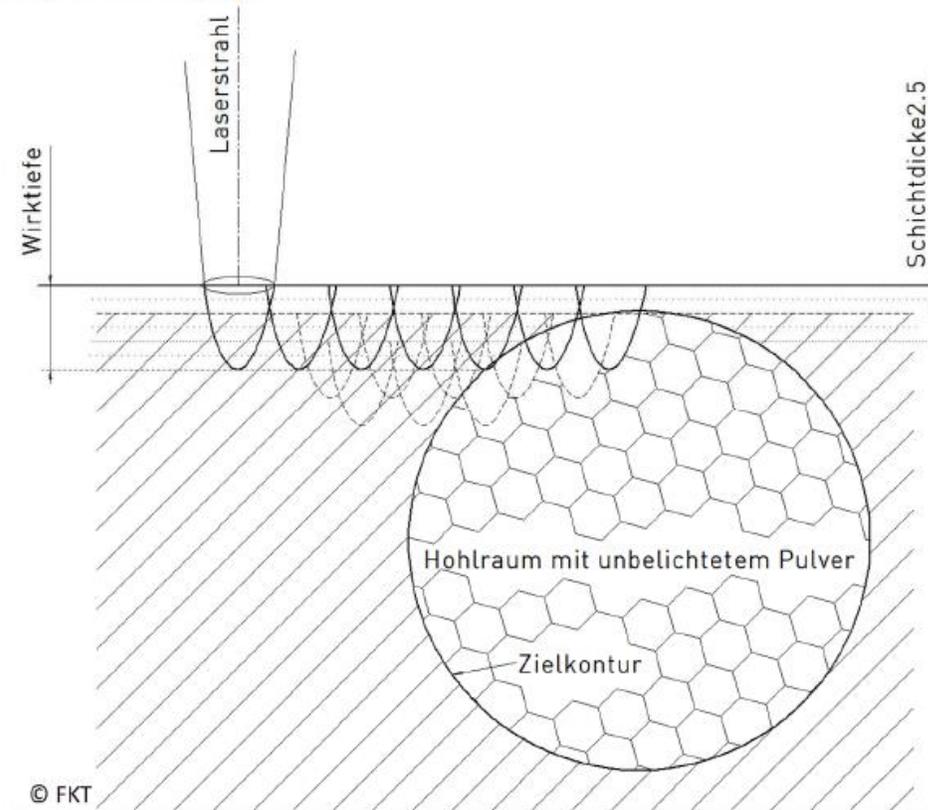
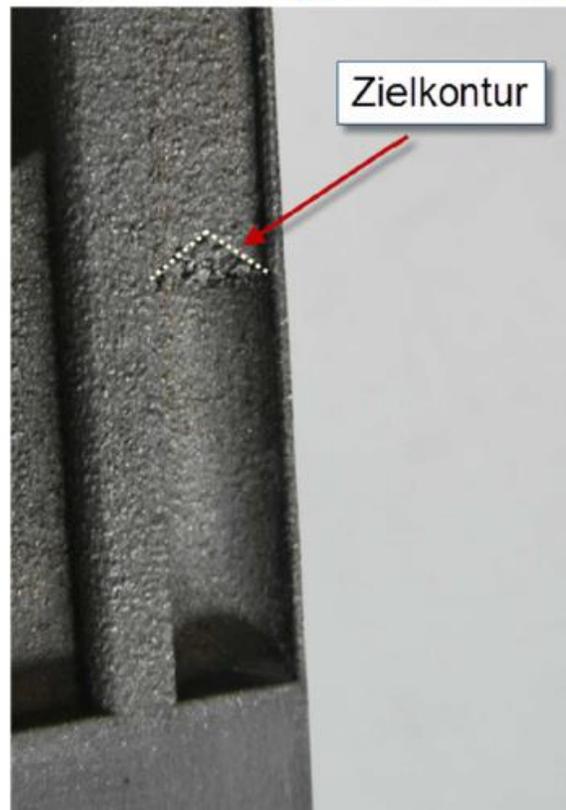


Restriktionen bei Steigerung der Aufbaurrate durch Erhöhung der Laserleistung



- Einflüsse von leistungsstarken Lasersystemen im Bereich überbauter Hohlräume und Außenbereiche mit Downskin-Flächen

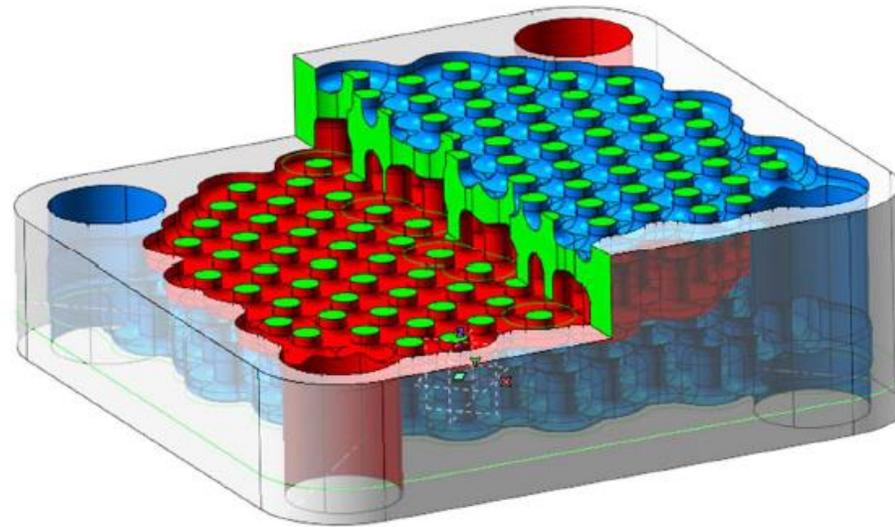
Restriktionen bei Steigerung der Aufbaurate durch Erhöhung der Laserleistung



Strahlschmelzen - Vorteile für den Wz. & Formenbau

- Homogene Oberflächentemperierung trotz geringer Platzverhältnisse
- Gezielte thermische Steuerung kritischer Bereiche
- Flexible Reparaturmöglichkeiten
- Qualitätssteigerung – geringe Maß-, Form- und Lageabweichungen im stabilen Fertigungsprozess
- Kürzere Zykluszeiten
- Hoher Detailierungsgrad
- Geringer Gesamtfertigungsaufwand bei komplizierter Bauteilgestalt – Reduzierung des Fräs- und Erodieraufwandes

Funktionsbauteile und Prototypen



Wärmetauscher

Ausblick - Motivation

- Weiterentwicklung der Strahlschmelztechnologie
 - Leistungssteigerung, Genauigkeit
 - Inhomogene Festigkeitseigenschaften
 - Supportweiterentwicklung – Materialeffizienz
 - Verbesserung der Oberflächenqualität
 - Qualitätssteigerung und –sicherung durch umfangreiche Online-Überwachungsmethoden
- Zunehmende Automatisierung (Datenaufbereitung, Pulverhandling)
- Erweiterung der Materialvielfalt
- Einordnung in die Fertigungshierarchie in Lehre und Forschung
- Standardisierung und Qualitätssicherung durch zentrale Festlegungen in Normen und Schriften (VDI-Richtlinien, DIN, EN, ISO)

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Für Fragen und Anregungen stehe ich Ihnen gerne zur Verfügung.

Kontakt:
Christian Kolbe
Tel.: 036482/87-404
Fax: 036482/87-490
Christian.Kolbe@fkt-triptis.de



SEKTION 2

Oberflächenbearbeitung und -funktionalisierung

Frank Wiesbrock, Polymer Competence Center Leoben GmbH (Austria)

Kurzvita

- seit 10/2012** **Senior Researcher** bei der Polymer Competence Center Leoben GmbH und **Manager** des Projekts ‚PolyComp: Functional Polymer Composites‘ sowie **Dozent** an der TU Graz
- 05/2008-09/2012** **Assistenzprofessor** am Institut für Chemische Technologie von Materialien (Leitung: Prof. Stelzer) der TU Graz, Österreich
04/2012: **Venia docendi**, Makromolekulare Chemie und Technologie‘
- 06/2007-04/2008** **Postdoc** an der ‚National Hellenic Research Foundation‘ in Athen, Griechenland (Arbeitsgruppe: Dr. Calogeropoulou)
Stipendiat der EU-Kommission (Marie Curie ToC)
- 01/2006-05/2007** **Produktmanager** bei Chemspeed Technologies AG, Augst, Schweiz
- 01/2004-12/2005** **Postdoc** im ‚Laboratory of Macromolecular Chemistry and Nanoscience‘ an der TU Eindhoven (Leitung: Prof. Schubert) und **Researcher** am ‚Dutch Polymer Institute‘ in Eindhoven, Niederlande



Frank Wiesbrock, Polymer Competence Center Leoben GmbH (Austria)

Kurzvita

- 09/2001-12/2003** **Doktoratsstudent** im ‚Labor für Anorganische und Allgemeine Chemie‘ der TU München (Leitung: Prof. Schmidbaur) in München, Deutschland
- 07/2003 Erhalt des **Dokortitels** („summa cum laude“)
- 09/1996-09/2001** **Chemie-Student** an der TU München, Deutschland
- 09/2001 Erhalt des **Dipl.-Chem.-Titels** („sehr gut“)
- 04/1999-04/2001 **Stipendiat** der Fritz-ter-Meer-Stiftung.
- 01/1997-12/1998 **Stipendiat** der Studienstiftung des deutschen Volkes
- 07/1995-07/1996 Zivildienstler beim DPWV in Gütersloh, Deutschland
- 09/1986-06/1995 Gymnasiast am Evangelisch-Stiftischen Gymnasium in Gütersloh
- 06/1995 Zeugnis der Allgemeinen Hochschulreife („sehr gut“)

Kontakt

Mail: frank.wiesbrock@pccl.at



Abstract

Der Einsatz von polymeren Kontaktbioziden, die Bakterien bereits durch bloßen Kontakt abtöten, ist eine erfolgsversprechende Strategie zur wartungsfreien antimikrobiellen Ausrüstung von Oberflächen. Der Wirkungsmechanismus solcher Kontaktbiozide ist auf molekularer Ebene noch nicht vollständig entschlüsselt; als gesichert gilt aber, dass das antimikrobiell wirksame Polymer kationische Gruppen enthalten muss, um die Wechselwirkung mit den Mikroben zu initiieren.

Polymere Kontaktbiozide auf Basis von Poly(2-oxazolin)en [1] lassen sich durch lebende bzw. quasi-lebende ringöffnende Polymerisationen and anschließende partielle Hydrolyse darstellen, sodass aufgrund der engen Molmassenverteilung Struktur-Aktivitäts-Beziehungen gezielt überprüft werden können, um die antimikrobielle Wirksamkeit gegen beispielsweise *E. coli*, *P. aeruginosa*, *C. albicans* und *S. aureus* zu optimieren. Werden solche polymeren Kontaktbiozide als Additiv in PE/PP-Compounds eingesetzt, lässt sich die andauernde antimikrobielle Aktivität der Oberflächen dieser Compounds durch wiederholte Bekeimung nachweisen.

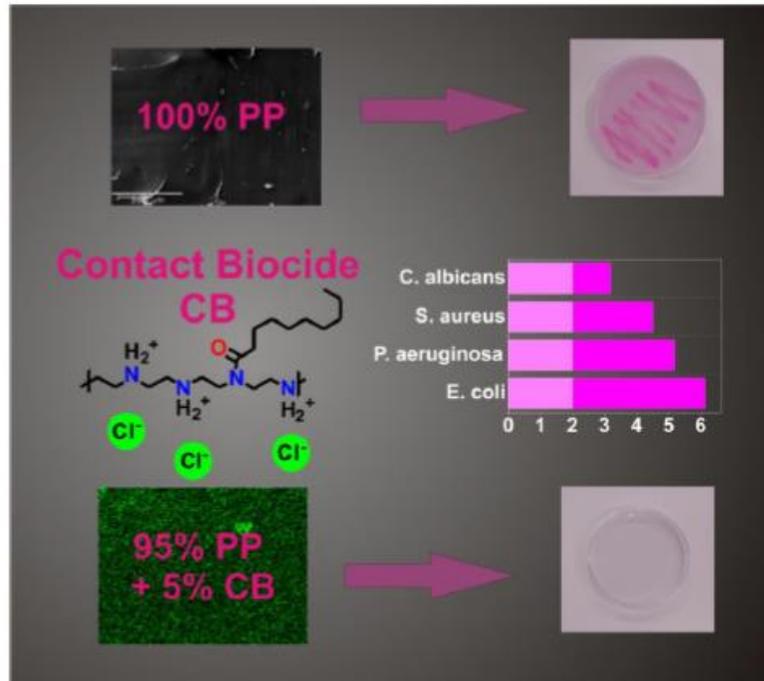
Basierend auf dieser Studie über den Einsatz partiell hydrolysierter Poly(2-oxazolin)e als antimikrobiell wirksame Kontaktbiozide wurden neue Kontaktbiozide in Form partiell hydrolysierter Poly(2-oxazolin)e und Poly(2-oxazin)e entwickelt. Motiviert waren diese Arbeiten insbesondere durch die Zielsetzungen, die Wasserlöslichkeit der Kontaktbiozide und deren Einsatzmenge in Kompositen zu verringern.

Abstract

Hierzu wurden zwei Ansätze verfolgt, einerseits die Vernetzung von Copoly(2-oxazolin)en mittels der UV-induzierten Thiol-en Reaktion [2] und andererseits die Synthese und partielle Hydrolyse höherer Homologe der Poly(2-oxazolin)e, namentlich der Poly(2-oxazin)e.

Bei Einsatz mit 2,5 Gew.-% (in PP-Compounds) und Hydrolysegraden von 50% war von den getesteten Poly(2-oxazolin)en und Poly(2-oxazin)en nur partiell hydrolysiertes Poly(2-phenyl-2-oxazin) gegen alle vier getesteten Keime (*E. coli*, *S. aureus*, *P. aeruginosa* und *C. albicans*) wirksam. Mit Ausnahme von *P. aeruginosa* erwies sich auch partiell hydrolysiertes Poly(2-phenyl-2-oxazolin) als wirksames Kontaktbiozid. Die nicht-hydrolysierten Analoga zeigten keine antimikrobielle Wirksamkeit, genauso wenig wie aminfunktionalisierte und vernetzte Poly(2-dec-9'-enyl-2-oxazolin)e. Der Synergismus Alkylketten & kationische Ladungen ließ sich nur im Fall der partiell hydrolysierten Poly(2-nonyl-2-oxazolin)e und Poly(2-nonyl-2-oxazin)e gegen *S. aureus* nachweisen.

[1] A.M. Kelly, V. Kaltenhauser, I. Mühlbacher, K. Rametsteiner, H. Kren, C. Slugovc, F. Stelzer, F. Wiesbrock, *Macromol. Biosci.* **2013**, *13*, 116-125.



Frank Wiesbrock

Polymerbasierte Kontaktbiozide als Additive zur Oberflächen-funktionalisierung

3. Mitteldeutsches Forum : 3D-Druck in der Anwendung
18.05.2016

18.05.2016, FW

www.pccl.at



Competence Centers for
Excellent Technologies

Leading Austrian Center of Excellence
for application-directed research
in the field of polymeric materials

Key Figures
(03/2014)

Foundation	2002
Organisation	GmbH (Ltd.)
Turnover p.a.	> €8 Mio.
Employees	104
Patents	20

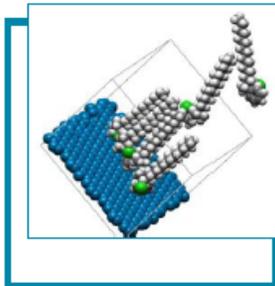


Motivation

Verbesserung und Optimierung der Leistung und Funktionalität von polymerbasierten Produkten und Komponenten unter Betriebsbedingungen



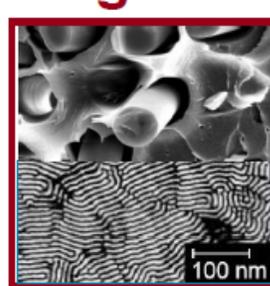
Wissenschaftliche Vorgehensweise und Methodik



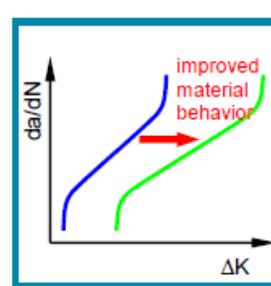
Synthese und Charakterisierung der molekularen Struktur der Polymere und Additive



Verfahrenstechnik, Prozessparameter



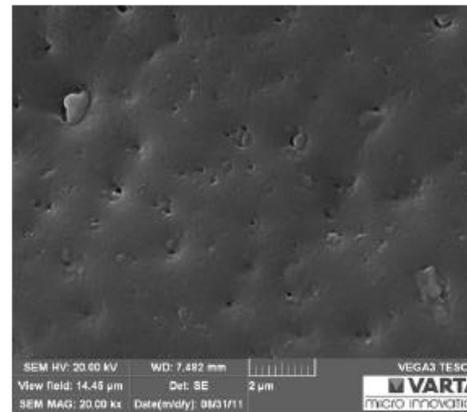
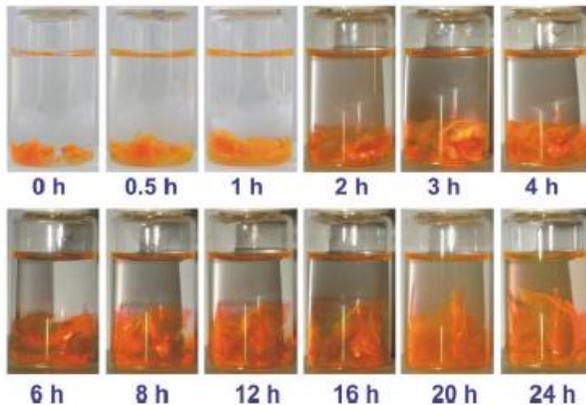
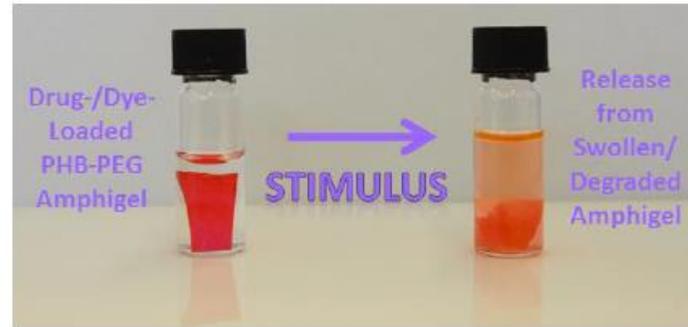
Strukturen der (neuen) Materialien



Material-eigenschaften



Anwendung und Performance der neuen Materialien



Personalisiertes
Drug Delivery &
Biodegradierbare
Implantate:
Sterile Oberflächen
benötigt in in-vivo
Anwendungen.

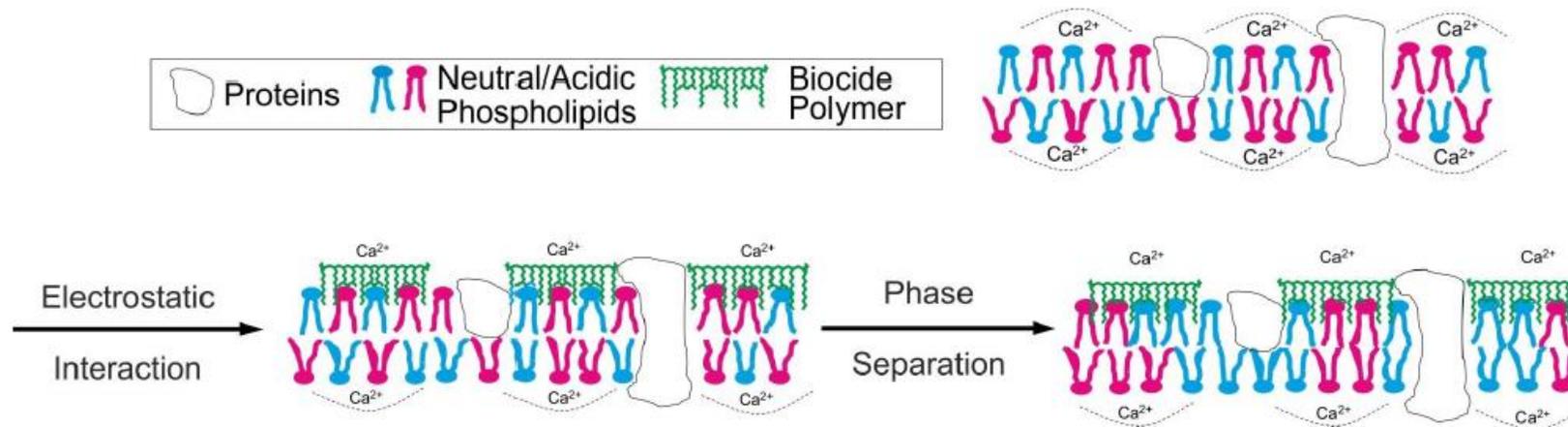
F. Wiesbrock, F. Stelzer, V. Schenk, L. Ellmaier, AT1311/2011, GRANTED.

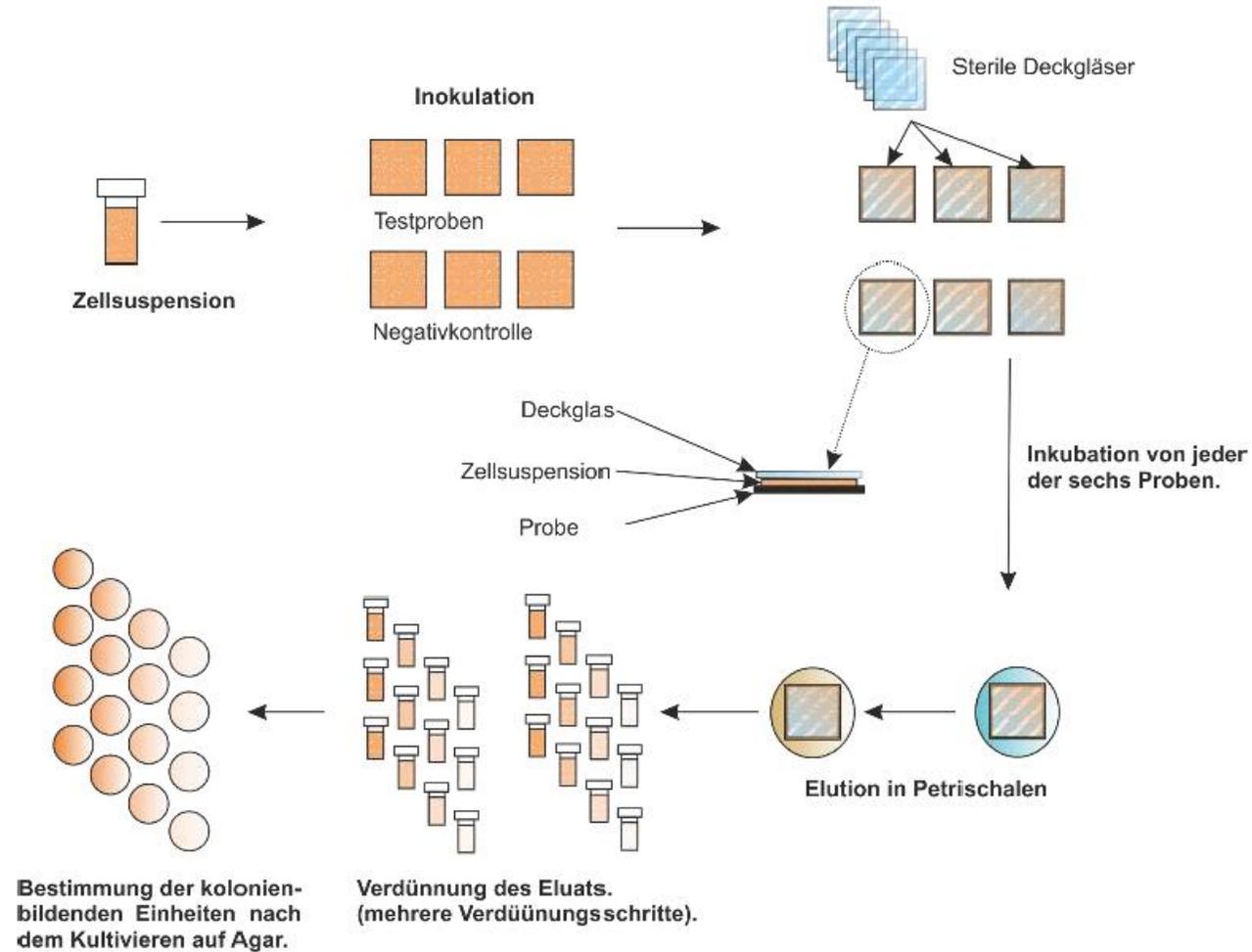
F. Wiesbrock, C. Ebner, F. Stelzer, A.-M. Weinberg, K.-D. Kühn, EP11170539.8-1214, GRANTED.

F. Wiesbrock, V. Kaltenhauser, F. Stelzer, N. Noormofidi, C. Slugovc, E. Kreuzwiesner,
K. Rametsteiner, AT620/2011, GRANTED.

Polymere für „selbstdesinfizierende“ Oberflächen:

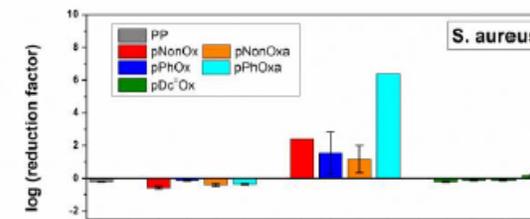
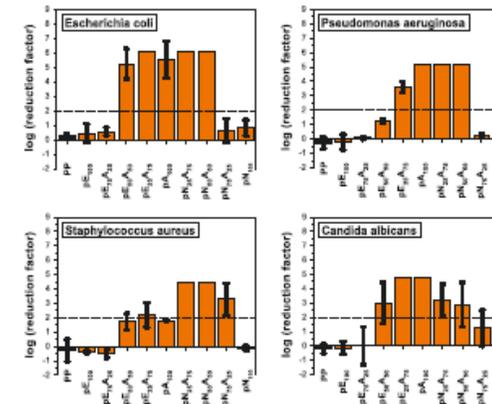
- Keine Freisetzung toxischer Verbindungen.
- Hohe Selektivität vs. „Breitband“-Wirkung
- Langwährende Wirksamkeit
- Nicht-flüchtige Verbindungen
- Chemisch stabil



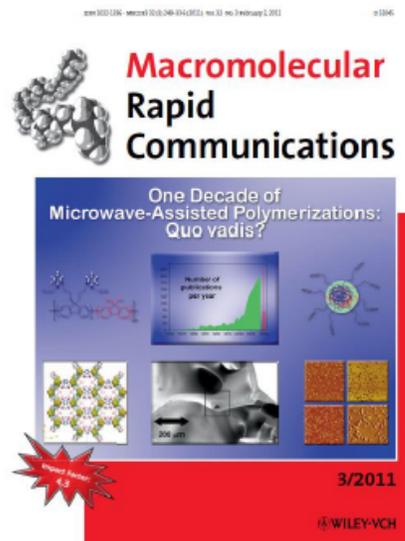
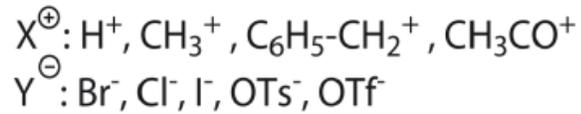
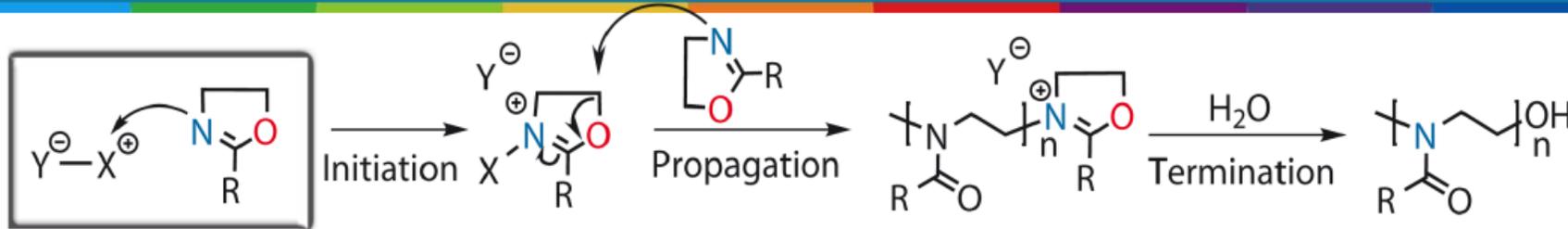


Antimikrobiell wirksame Kontaktbiozide auf Basis
partiell hydrolysierter Poly(2-oxazolin)e
Synthese – Aktivität – Potentielle Limitierungen

Neue Kontaktbiozide auf Basis partiell hydroly-
sierter Poly(2-oxazin)e
Synthese – Aktivität



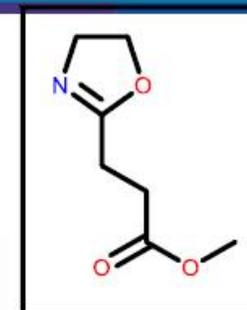
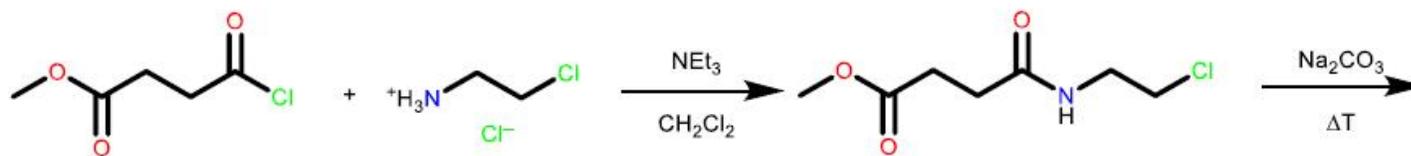
Teil 1: Antimikrobiell wirksame Kontaktbiozide auf Basis partiell hydrolysierter Poly(2-oxazolin)e



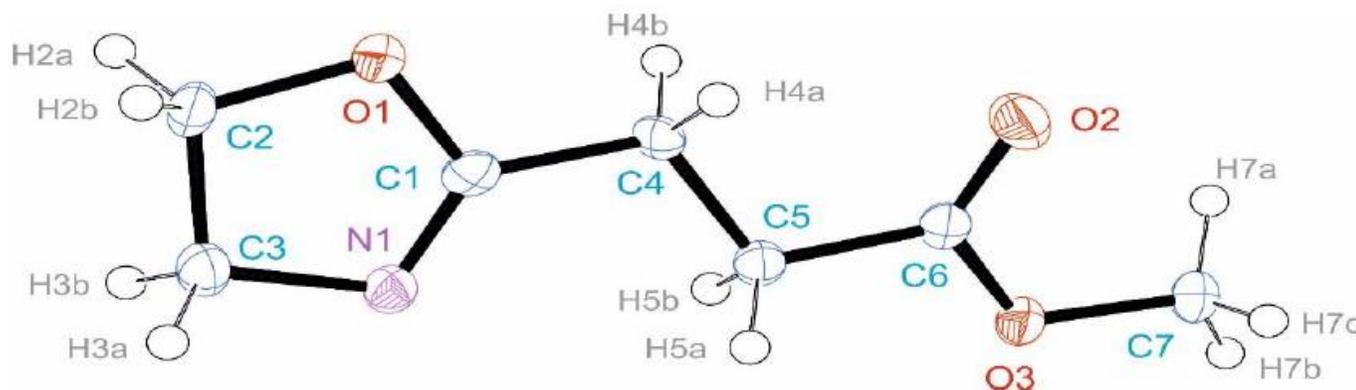
MW-unterstützte Polymerisationen

- Aktuelles Forschungsgebiet.
- Hohe Reaktionsgeschwindigkeiten.
- Lösemittelfreie Synthesen.
- Breites Anwendungsspektrum.

C. Ebner, T. Bodner, F. Stelzer, F. Wiesbrock, *Macromol. Rapid Comm.* **2011**, 32, 254-288.



EstOx



Bond lengths (Å):

C1–N1: 1.263(4),

C3–N1: 1.483(4),

C1–O1: 1.376(3),

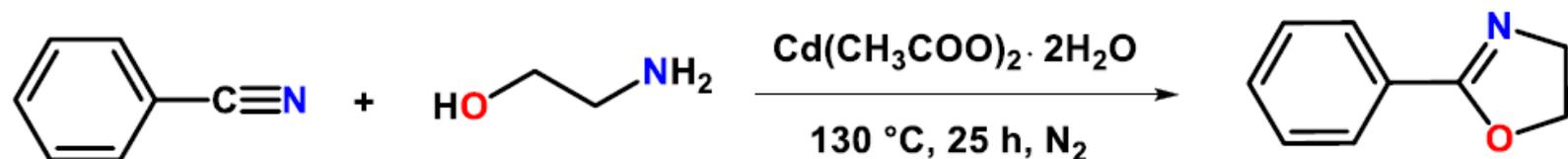
C2–O1: 1.458(3)

C6–O2: 1.211(3),

C6–O3: 1.338(3)

M. Fimberger, K.P. Luef, C. Payerl, R.C. Fischer, F. Stelzer, M. Kállay, F. Wiesbrock, *Materials* **2015**, *8*(8), 5385-5397.

Witte and Seeliger



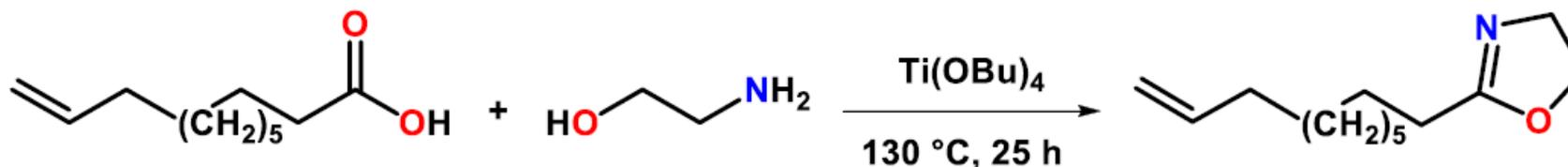
benzonitrile

aminoethanol

2-phenyl-2-oxazoline

H. Witte, W. Seeliger, *Liebigs Ann. Chem.* **1974**, 996-1009.

Henkel-Patent



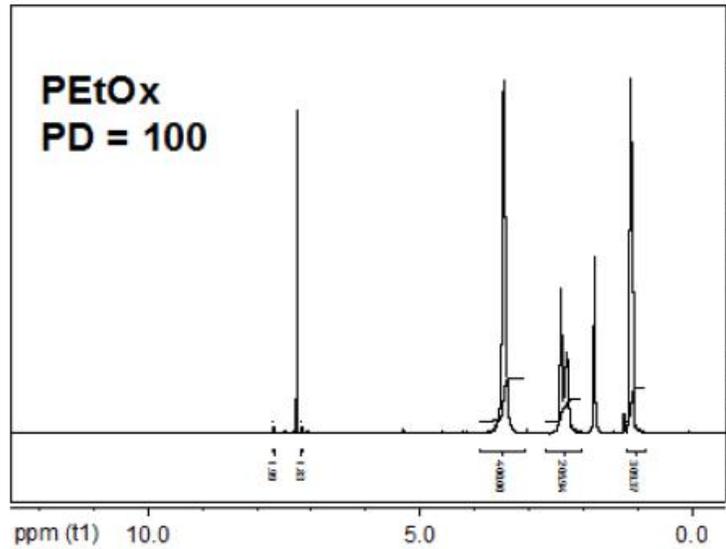
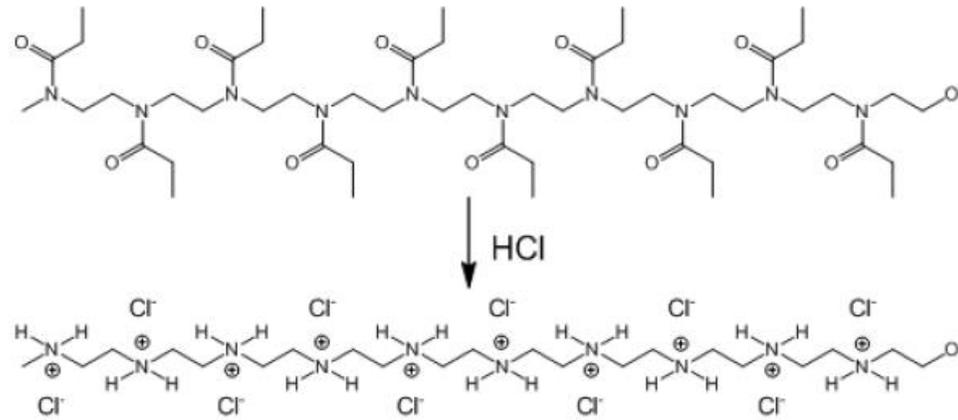
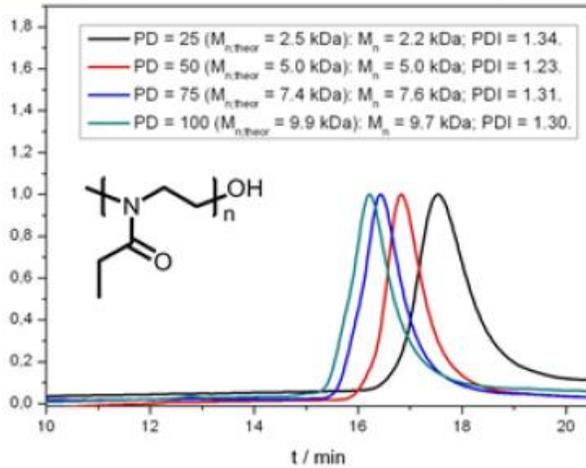
10-undecenoic acid

aminoethanol

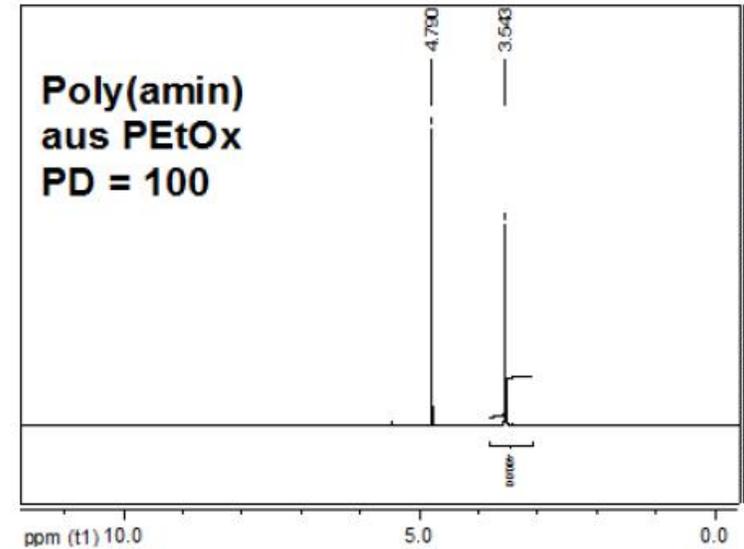
2-9'-decenyl-2-oxazoline

Henkel-Patent, 0 315 856 B1.

Hydrolyse: Übersicht

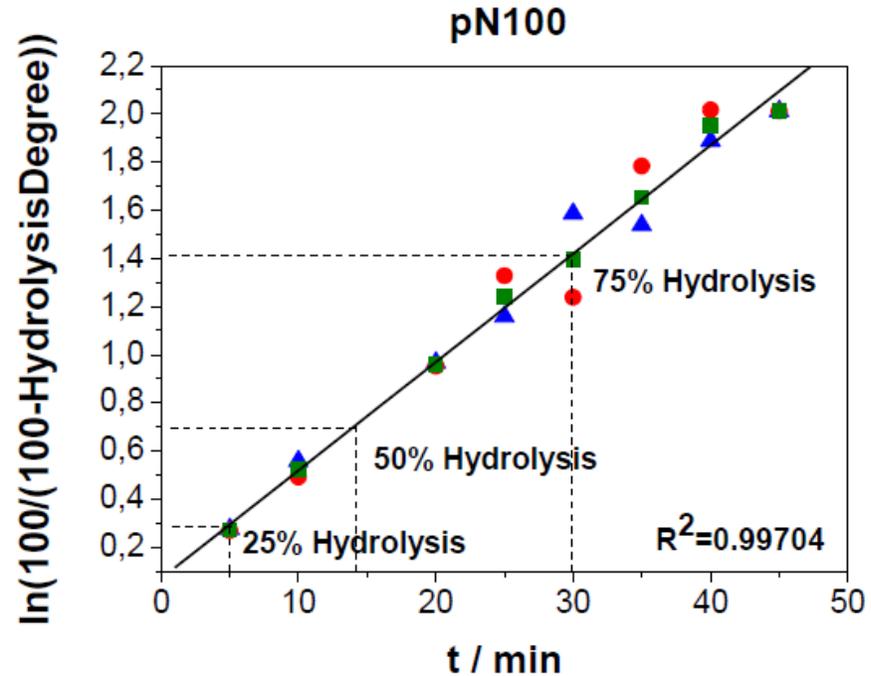
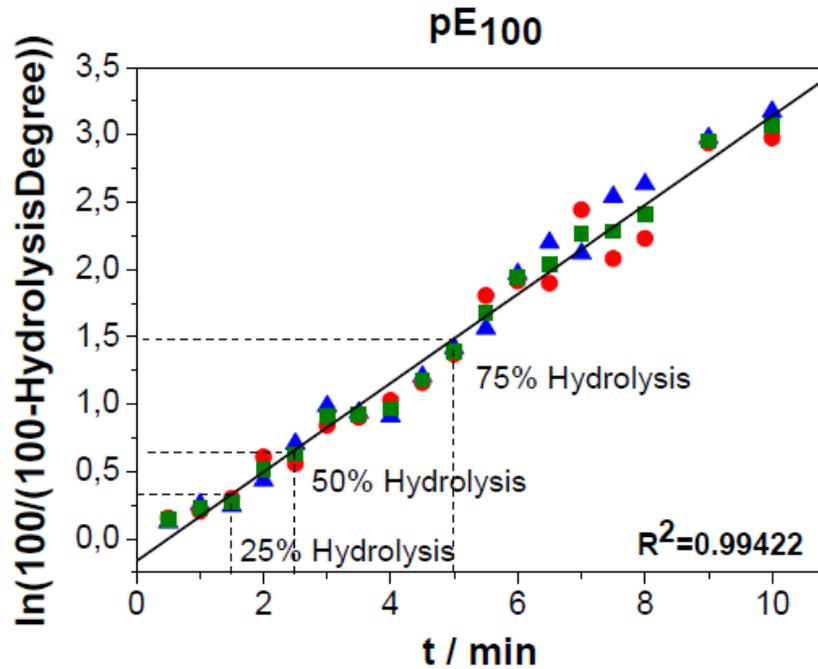


18.05.2016, fw

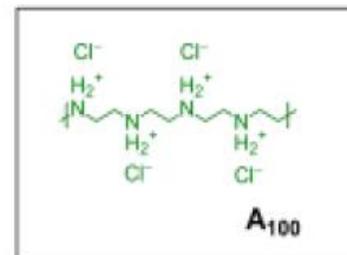
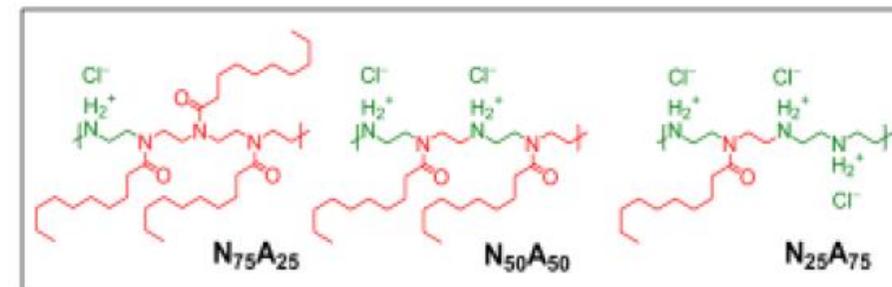
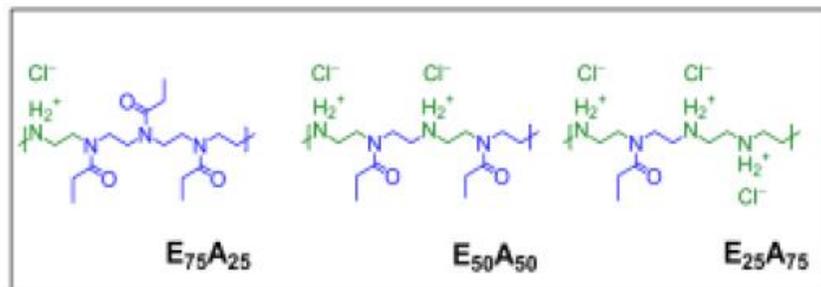
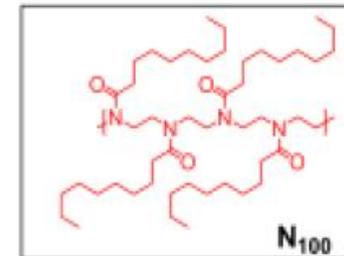
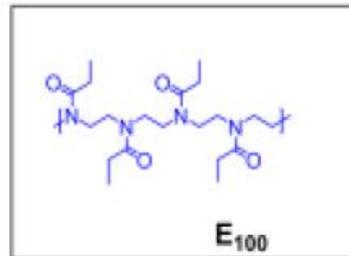


www.pccl.at

12



A.M. Kelly, V. Kaltenhauser, I. Mühlbacher, K. Rametsteiner, H. Kren, C. Slugovc, F. Stelzer, F. Wiesbrock, *Macromol. Biosci.* 2013, 13, 116-125.





(Co-)Polymere:
pulverförmig, rieselfähig,
nicht elektrostatisch.

Gut mischbar mit PE und
PP.

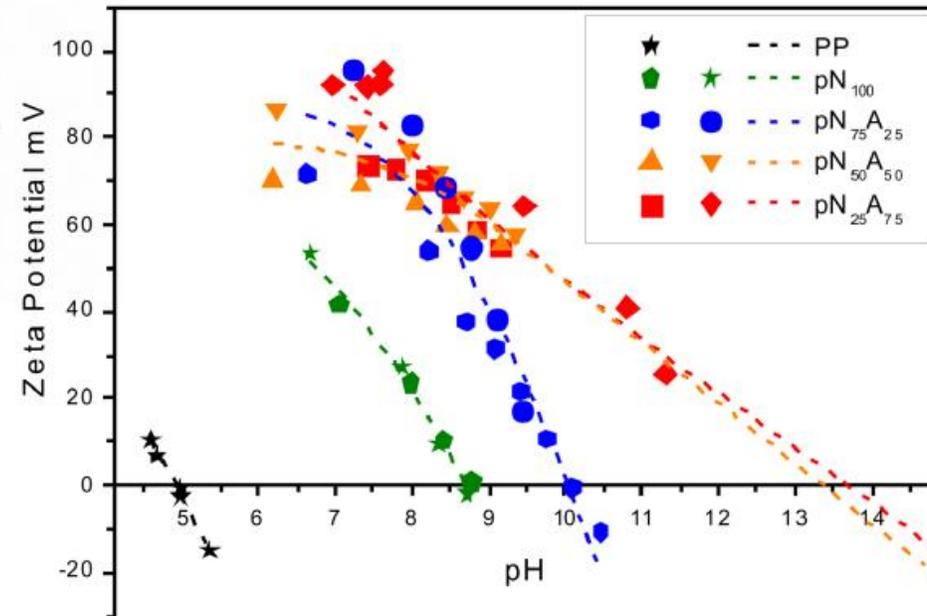
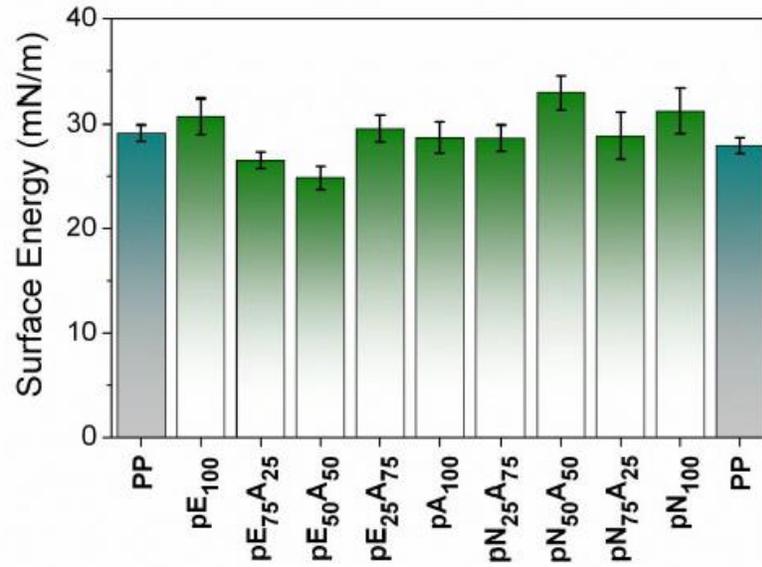


Compounds verarbeitbar
in der Plattenpresse oder
durch Spritzguss.

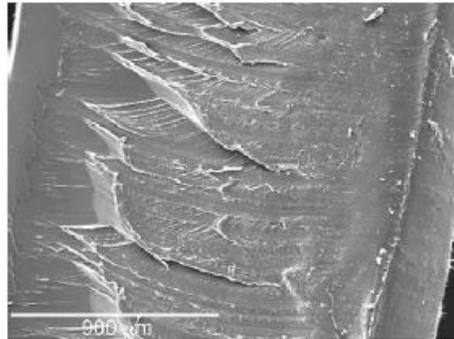
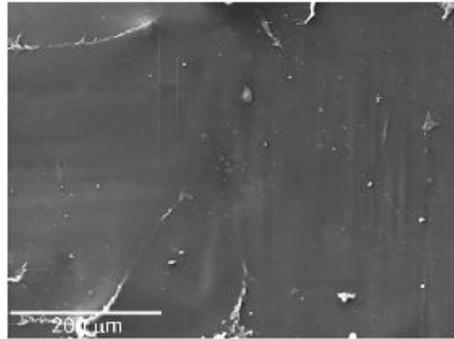
18.05.2016, fW

www.pccl.at

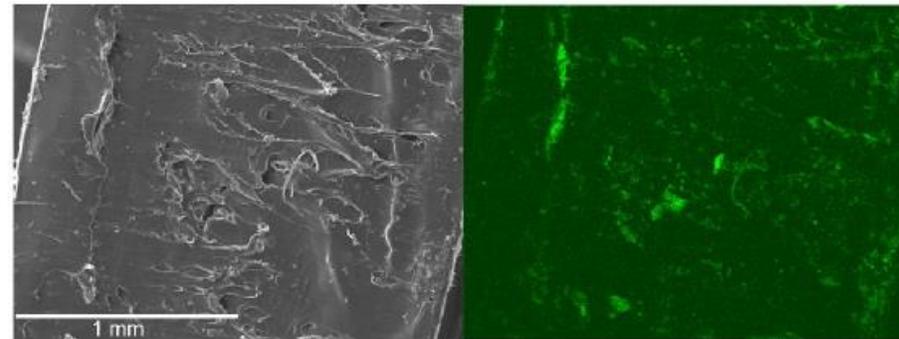
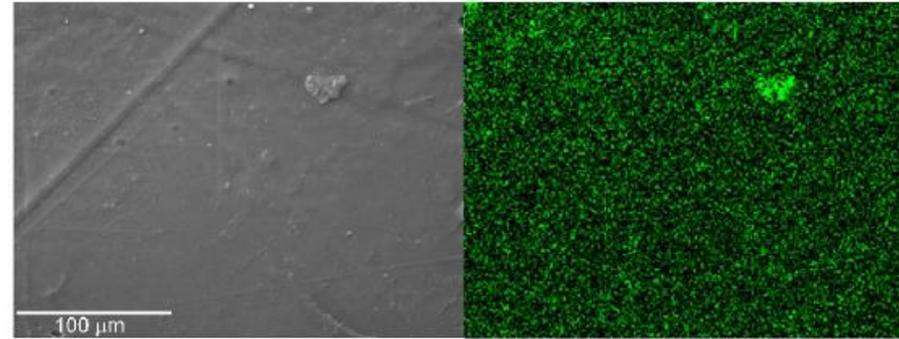
15



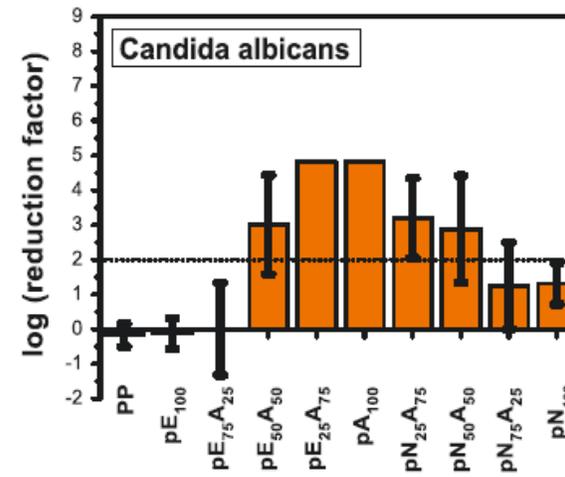
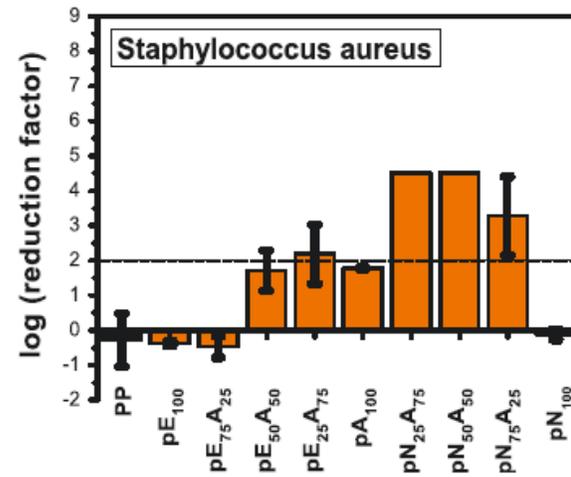
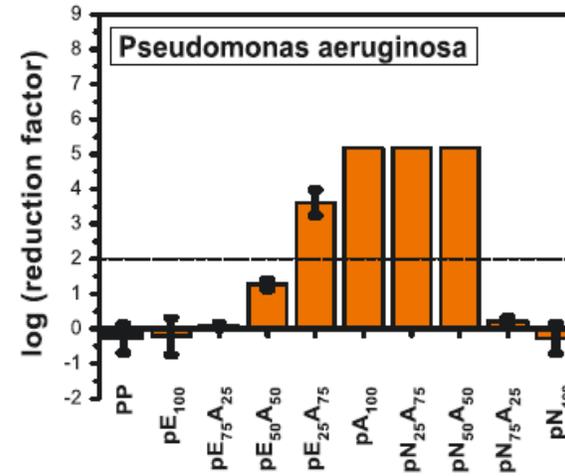
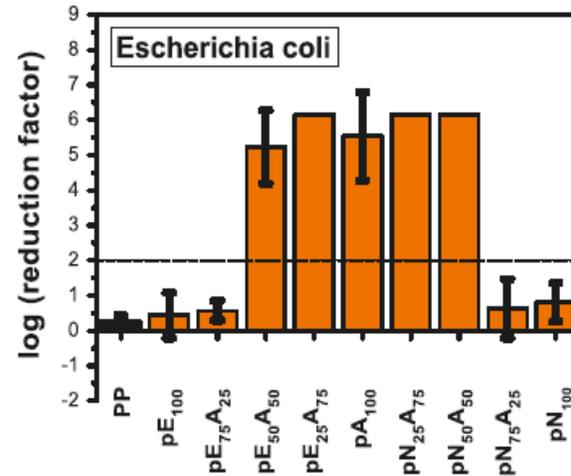
PP



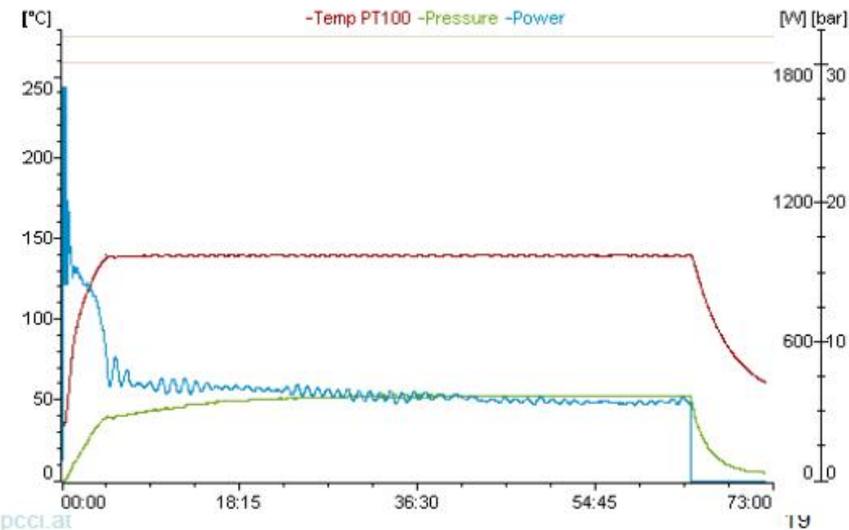
95% PP 5% pN₂₅A₇₅



A.M. Kelly, V. Kaltenhauser, I. Mühlbacher, K. Rametsteiner, H. Kren, C. Slugovc, F. Stelzer, F. Wiesbrock, *Macromol. Biosci.* 2013, 13, 116-125.



- Polymerisation des 2-nonyl-2-oxazolins
- Hydrolyse des Poly(2-ethyl-2-oxazoline)
- 100-500 g Ansätze
- Stabile Reaktionsführung.



18.05.2016, fW

www.pcci.at

Für eine Anwendung als PERMANENTES Kontaktbiozid muss die Wasserlöslichkeit der polymerbasierten Additive signifikant gesenkt werden (Stichwort: Auswaschen der Additive); ideal sind wasserUNLÖSLICHE Polymere und Copolymere.

- ⇒ Keine Kontaktbiozide auf Basis von Poly(2-ethyl-2-oxazolin)
- ⇒ Reduzierte Hydrolysegrade
- ⇒ Chemische Vernetzung der Kontaktbiozide

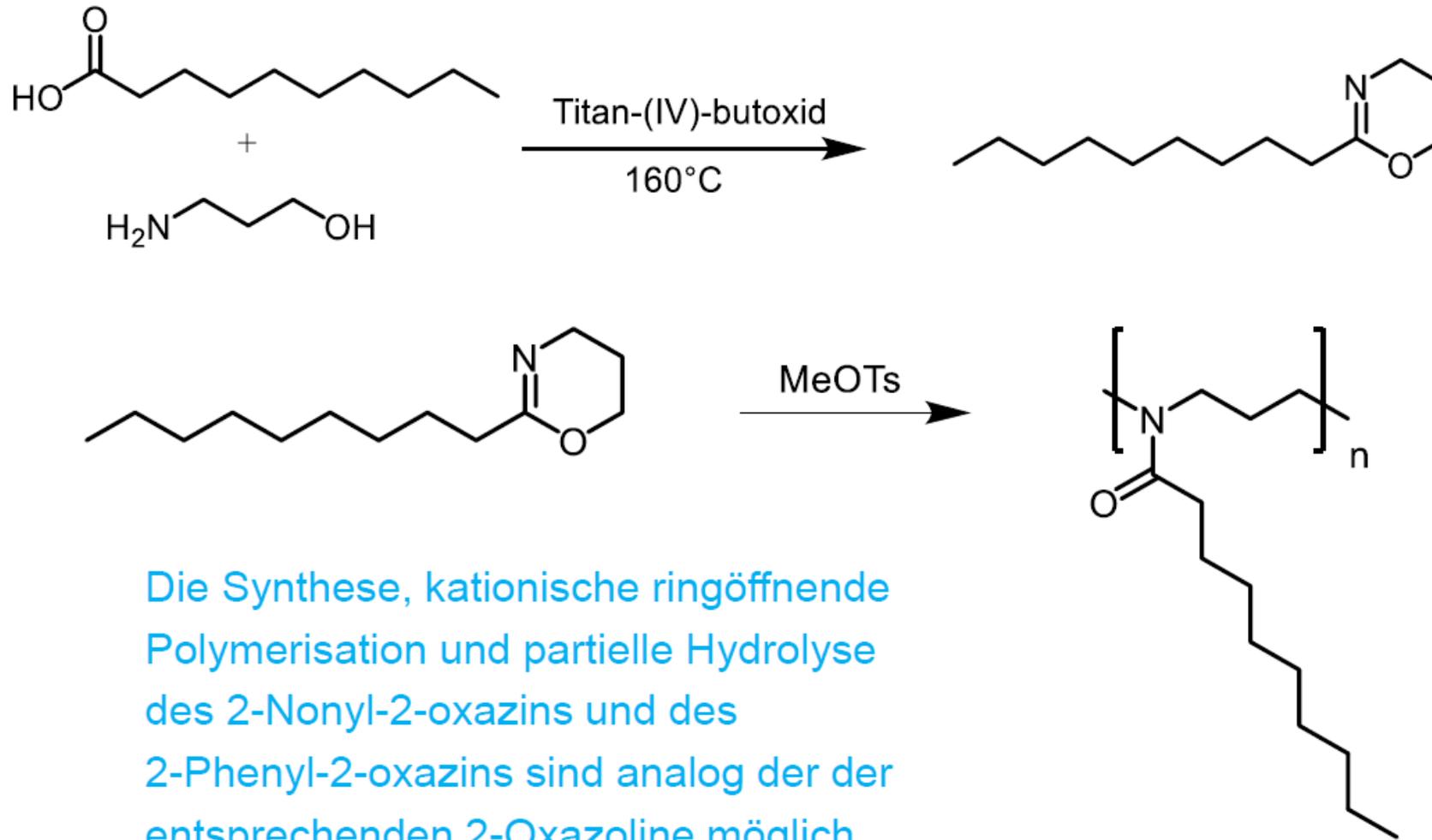
Im Vergleich zu Polyolefinen sind die poly(2-oxazolin)-basierten Additive extrem kostenintensiv.

- ⇒ Reduzierung derer Anteile im Komposit.

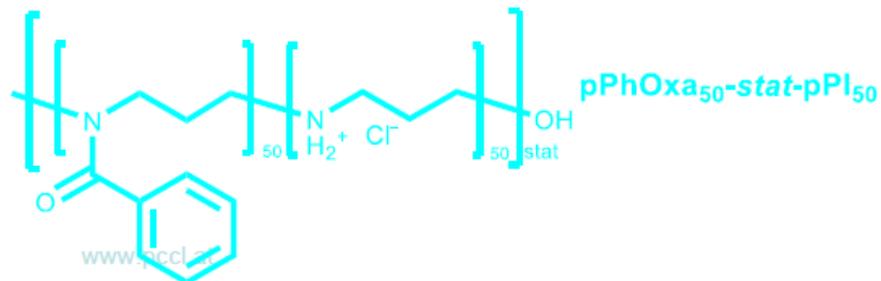
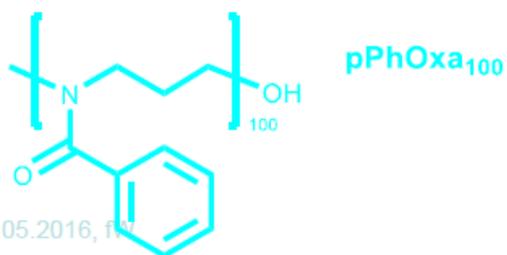
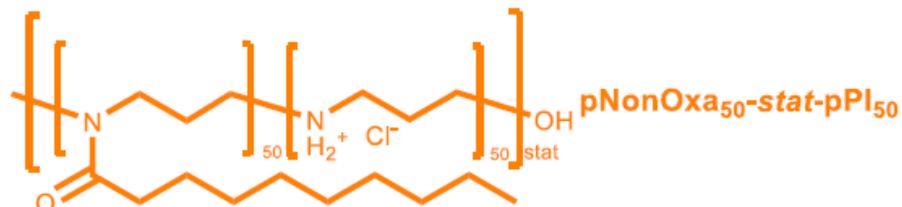
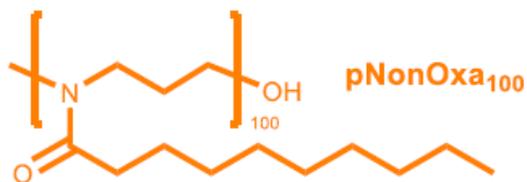
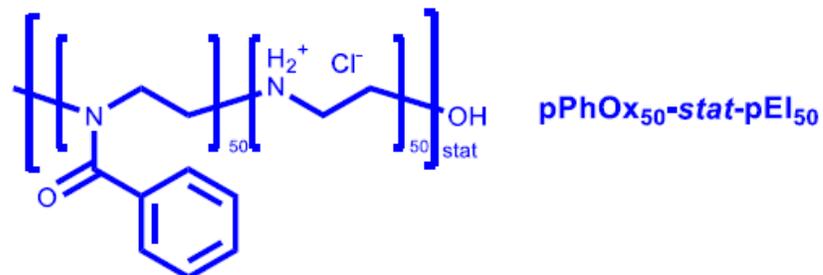
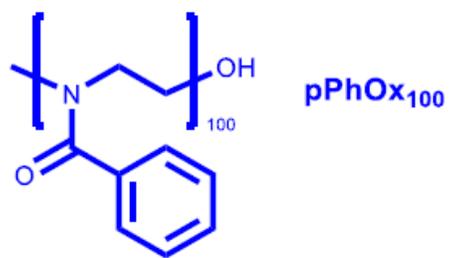
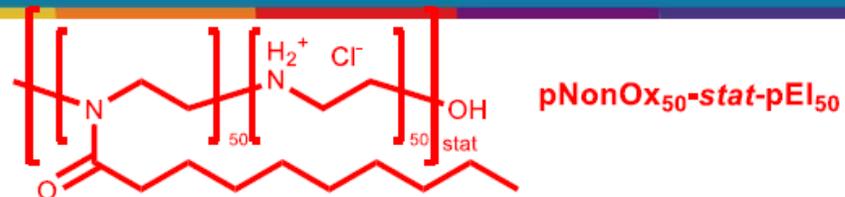
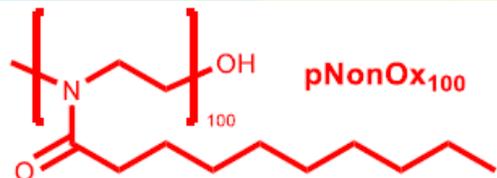
Synergismus kationische Ladungen und hydrophobe Seitenketten (insbesondere *S. aureus*).

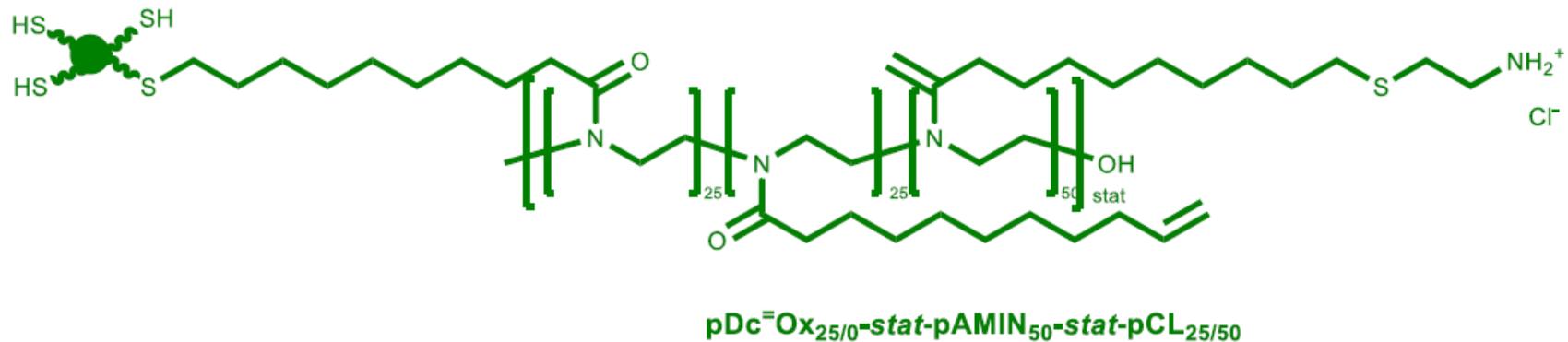
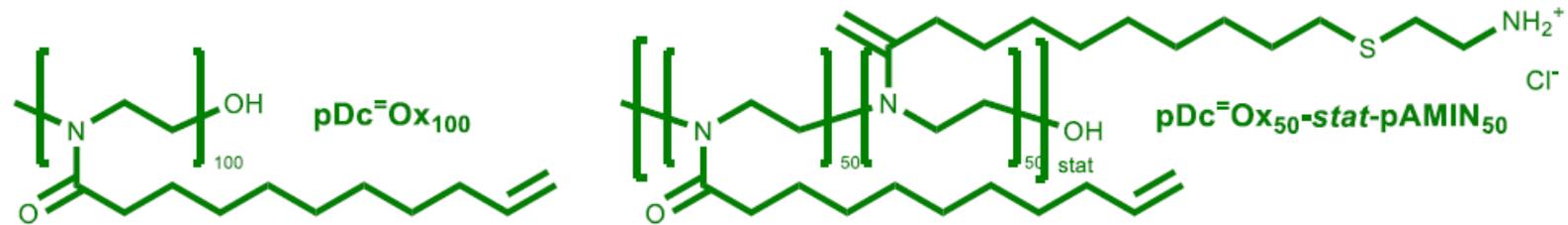
- ⇒ Fokus auf Copoly(2-oxazolin)e und verwandte Verbindungen.

Teil 2: Neue Kontaktbiozide auf Basis partiell hydrolysierter Poly(2-oxazin)e

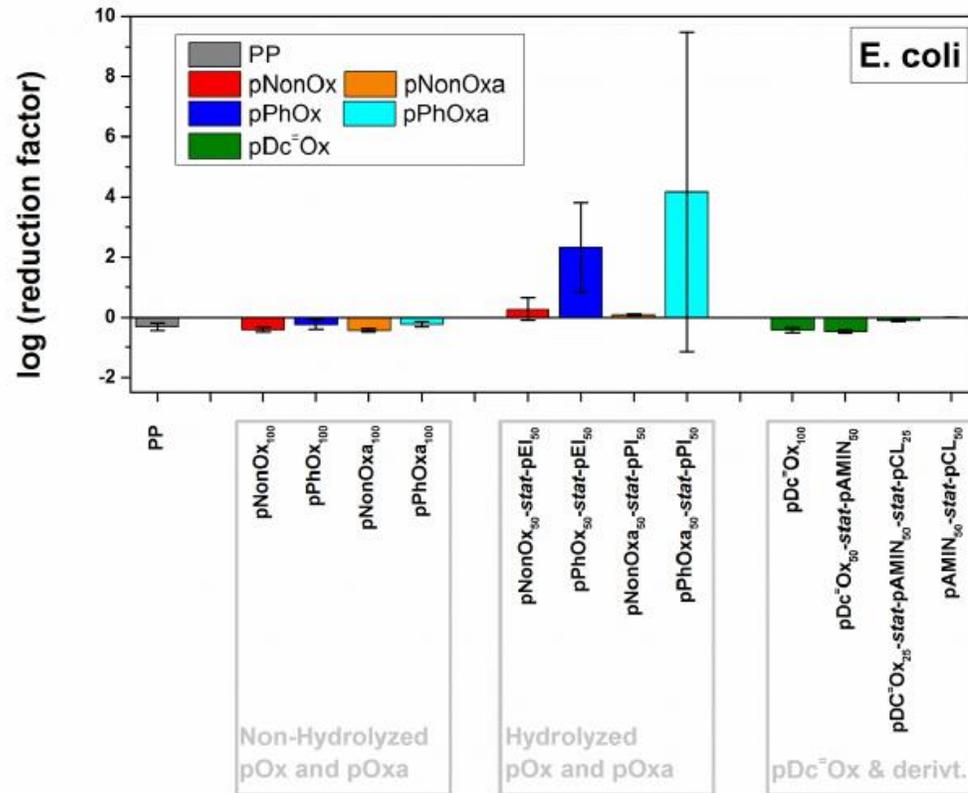


Die Synthese, kationische ringöffnende Polymerisation und partielle Hydrolyse des 2-Nonyl-2-oxazins und des 2-Phenyl-2-oxazins sind analog der der entsprechenden 2-Oxazoline möglich.

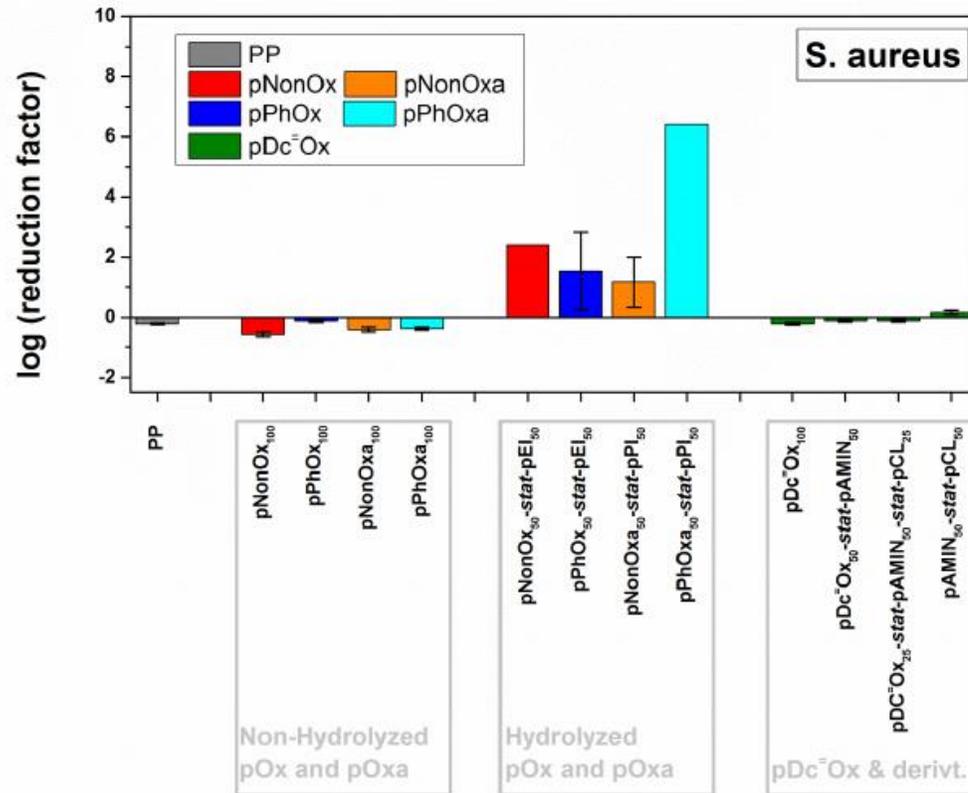




Thiol-en Reaktionen mit Cysteinamin und Tetrathiolen ermöglichen die Funktionalisierung und Vernetzung des Poly(2-dec-9'-enyl-2-oxazolin).



Gegen E. coli sind -bei Einsatz mit 2,5 Gew.-%- nur partiell hydrolysiertes Poly(2-phenyl-2-oxazolin) und Poly(2-phenyl-2-oxazin) antimikrobiell wirksam. Partiiell hydrolysiertes Poly(2-phenyl-2-oxazin) ist dabei ein wirksameres Biozid. Partiiell hydrolysiertes Poly(2-nonyl-2-oxazolin) und Poly(2-nonyl-2-oxazin) zeigen eine schwach ausgeprägte bakterio-statische Wirkung.



Gegen *S. aureus* sind -bei Einsatz mit 2,5 Gew.-%- nur partiell hydrolysiertes Poly(2-phenyl-2-oxazolin), Poly(2-nonyl-2-oxazolin), Poly(2-nonyl-2-oxazin) und Poly(2-phenyl-2-oxazin) antimikrobiell wirksam.

- Bei Einsatz mit 2,5 Gew.-% und Hydrolysegraden von 50% ist von den getesteten Poly(2-oxazolin)en und Poly(2-oxazin)en nur pPhOxa₅₀-*stat*-pPI₅₀ gegen alle getesteten Keime wirksam.
- Mit Ausnahme von *P. aeruginosa* ist auch pPhOx₅₀-*stat*-pPI₅₀ ein wirksames Kontaktbiozid; pPhOxa₅₀-*stat*-pPI₅₀ zeigt aber immer eine stärker ausgeprägte antimikrobielle Wirkung.
- Der Synergismus Alkylketten/kationische Ladungen läßt sich nur im Fall der partiell hydrolysierten Poly(2-nonyl-2-oxazolin)e und Poly(2-nonyl-2-oxazin)e gegen *S. aureus* nachweisen; partiell hydrolysiertes Poly(2-dec-9'-enyl-2-oxazolin) zeigt keine antimikrobielle Wirksamkeit.

Dem österreichischen Wissenschaftsfonds FWF sowie der französischen Forschungsagentur ANR wird im Besonderen für die Unterstützung im Projekt MiMiFlow I1123-N19 (FWF) sowie AA-12-IS08-0004-01 (ANR) gedankt. Die vorliegende Forschungsarbeit wurde an der Polymer Competence Center Leoben GmbH im Rahmen des Kompetenzzentren-Programms COMET des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie und des Bundesministeriums für Wirtschaft, Familie und Jugend durchgeführt und mit Mitteln des Bundes und der Länder Steiermark, Niederösterreich und Oberösterreich gefördert.



Der Wissenschaftsfonds.



Martin Fimberger



Klaus P. Luef

18.05.2016, fvw

www.pccl.at



Competence Centers for
Excellent Technologies

Michael Striebe, Rösler Oberflächentechnik GmbH Untermerzbach

Kurzvita

Michael Striebe ist Verkaufsleiter des Bereichs Gleitschleifen der Rösler Oberflächentechnik GmbH Deutschland und Geprüfter Handwerksmeister für CNC Maschinentechnik und Maschinenbau Bundesfachzentrum Metall und Technik Northeim.

Michael Striebe hat über 20 Jahre Erfahrung im Bereich Gleitschleifen, Prozess- und Maschinenentwicklung, sowie dem Verkauf von Maschinen und Verfahrensmitteln.

Von 2001 bis 2003 war er außerdem zuständig für die Erschließung des nordamerikanischen Marktes, sowie die Einführung der neuen Rösler-Niederlassung in den USA.

Von 2003 bis 2012 leitete er das Export-Team des Verkaufs von Rösler Deutschland.

Seit 2012 ist er Verkaufsleiter und verantwortlich für den gesamten Verkauf des Bereichs Gleitschleifen bei Rösler Deutschland.

Dank seiner umfangreichen Arbeit als Verfahrenstechniker und Verkaufsleiter mit internationalen Unternehmen wie General Electrics, Pratt & Whitney, Rolls Royce, dem Schaeffler Konzern, Bosch, Volkswagen, Johnson & Johnson etc., verfügt er über umfassende Kenntnisse und viel praktische Erfahrung mit Maschinen- und Verfahrenstechnik.

Michael Striebe, Rösler Oberflächentechnik GmbH Untermerzbach

Kurzvita

Michael Striebe ist ebenfalls zuständig für die Schulung des Verkaufspersonals der Rösler Gruppe über Gleitschliffprozesse und -maschinen.

Mit Begeisterung schult, begleitet und führt er Teams bei fordernden und schwierigen Prozessen und Situationen um zukunftsweisende Verbesserungen und innovative Lösungen zu finden.

Kontakt

Rösler Oberflächentechnik GmbH
Vorstadt 1, 96190 Untermerzbach

Ansprechpartner:

Frau Barbara Müller

Tel.: (09533) 924-802

Mail: b.mueller@rosler.com

Web: www.rosler.com

Abstract

**Perfekte Oberflächen für additiv gefertigte Teile**

Additive Manufacturing ermöglicht die materialeffiziente Herstellung komplexer und individualisierter Teile aus unterschiedlichen Materialien wie Kunststoffen, nickellegierten Werkstoffen, Titan, Edelstahl und Edelmetallen. Es können damit Formen und Geometrien realisiert werden, die sich in keinem anderen Verfahren herstellen lassen.

Allein die Beschaffenheit der Oberfläche entspricht nicht immer den Vorstellungen und Wünschen. Hier eröffnet die Gleitschlifftechnik interessante Möglichkeiten. Die Oberflächen können damit intensiv oder sehr schonend geglättet werden. Die Anpassung an die Bauteilstrukturen und Anforderungen erfolgt durch die individuelle Verfahrens- und Prozessauswahl. Nutzen Sie die Unterstützung unserer Test- und Entwicklungszentren.

Rösler Oberflächentechnik GmbH ist als Komplettanbieter internationaler Marktführer bei der Herstellung von Gleitschliff- und Strahlanlagen, Lackier- und Konservierungssystemen, sowie Verfahrensmitteln und Technologie für die rationelle Oberflächenbearbeitung (Entgraten, Entzundern, Entsanden, Polieren, Schleifen...) von Metallen und anderen Werkstoffen.

Abstract



Zur Rösler – Gruppe gehören neben den deutschen Werken in Untermerzbach / Memmelsdorf und Bad Staffelstein/Hausen Niederlassungen in Großbritannien, Frankreich, Italien, den Niederlanden, Belgien, Österreich, Serbien, Schweiz, Spanien, Rumänien, Russland, Brasilien, Südafrika, Indien, China und den USA.



Ob Consumer- oder Industrieprodukt – geht es darum, additiv gefertigten Teilen den perfekten letzten Schliff zu geben, eröffnet die Gleitschlifftechnik interessante Möglichkeiten.

Foto: Rösler Oberflächentechnik GmbH

Andreas Heilmann, Fraunhofer-Institut für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen IMWS Halle

Kurzvita

- 1988 Promotion auf dem Gebiet der Experimentalphysik an der TU Karl-Marx-Stadt
- Habilitationsstipendium der Deutschen Forschungsgemeinschaft und
- 1997 Habilitation auf dem Gebiet der Experimentalphysik an der TU Chemnitz-Zwickau, Fakultät für Naturwissenschaften
- Studienaufenthalte an der Stanford University, Kalifornien und Oulu, Finnland, Wissenschaftlicher Mitarbeiter an der RWTH Aachen und an der U-GH Essen
- 1997 Mitarbeiter und Gruppenleiter am Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik Halle IWMH
- seit 2006 Honorarprofessor für Mikro- und Nanotechnologien an der Hochschule Anhalt
- seit 2009 Geschäftsfeldleiter Biologische und biomedizinische Materialien am Fraunhofer-Institut für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen IWMS (früher IWMH)



Kontakt

andreas.heilmann@imws.fraunhofer.de

Abstract

Oberflächenmodifizierung von Kunststoffen mit Niedertemperatur-Plasmen

S. Richter, N. Teuscher, A. Heilmann

Die Oberflächenmodifizierung von Kunststoffen durch Atmosphärendruck- oder Niederdruckplasmen ist industriell etabliert. Wie bei allen Oberflächentechnologien besteht jedoch auch hier der Bedarf, die bestehenden Technologien weiter zu verbessern und neue Oberflächenfunktionalitäten zu erzeugen. Insbesondere mit den elektrisch erzeugten Niedertemperatur-Plasmen (nicht-thermische Plasmen) können aufgrund der hohen Reaktivität der Moleküle in der Gasphase und auf der Oberfläche bereits bei Raumtemperatur viele industriell gewünschte Funktionen erreicht werden - Reinigen, Aktivieren, Beschichten, Strukturieren – ohne dass der Kunststoff thermisch geschädigt wird. Wichtige Prozessparameter sind der Druck, die Gaszusammensetzung, die Energieverteilung im Plasma und besonders auch die Diffusions- bzw. Strömungsprozesse zwischen dem Plasma und der Kunststoffoberfläche.

Bei Plasma-Oberflächenbehandlungsprozessen unter Niederdruck sind die Ionisierung und die Bewegung der Gasmoleküle sehr gut steuerbar und die Kunststoffoberflächen können sowohl chemisch (Funktionalität) als auch physikalisch (Morphologie, Rauheit) sehr effektiv modifiziert werden.

Abstract

Aufgrund der benötigten Vakuumtechnik wird die Niederdruckplasmatechnologie meist nur diskontinuierlich angewendet, die Plasmabehandlung z.B. von Folienbahnen gilt als zu aufwendig.

Daher wird derzeit für kontinuierliche Oberflächenbehandlungsprozesse fast ausschließlich die Plasma-Oberflächenbehandlung bei Atmosphärendruck verwendet, die als Coronabehandlung oder Oberflächenbehandlung mittels dielektrischer Barrierentladung (DBE) bezeichnet wird. Eine aufwendige Schleusentechnik oder Vorkammern zur Vakuumerhaltung werden nicht benötigt. Atmosphärendruck-Plasmen können damit vergleichsweise einfach und direkt in die Herstellung und Beschichtung von Kunststofffolien integriert werden. Für die Plasmabehandlung wird der in der Atmosphäre vorliegende Sauerstoff ionisiert und an der Kunststoffoberfläche gebunden. Mit neuen gerätetechnischen Entwicklungen wird versucht, die Bandbreite der möglichen Funktionalisierungen durch die Zugabe von weiteren chemisch reaktiven Komponenten wie z.B. von siliziumorganischen Verbindungen zu erweitern.

Im Vortrag wird die Oberflächenmodifizierung von Kunststoffen mit Atmosphärendruck- und Niedertemperatur-Plasmen vergleichend dargestellt und ein Überblick über die jeweiligen Haupteinsatzgebiete gegeben. Erste Untersuchungen zur Oberflächenmodifizierung von generativ gefertigten Bauteilen mit Plasmaverfahren werden vorgestellt.

Sarah Lysann Göbel, Sächsisches Textilforschungsinstitut e.V. Chemnitz

Kurzvita

Geboren 1989 in Schwerin

2010-2014 Studium im Studiengang Textil- und Ledertechnik, Schwerpunkt Technische Textilien/Leder an der Westsächsischen Hochschule Zwickau mit dem Abschluss Diplom-Ingenieur (FH)

2013 Praktikumsarbeit am Sächsischen Textilforschungsinstitut e. V. zum Thema „Untersuchungen zur Applikation neuartiger, halogenfreier Flammenschutz-Beschichtungssysteme auf Basis von Metallhydroxiden im Submikronbereich“

2014 Diplomarbeit bei V. Fraas GmbH mit dem Titel „Entwicklung von Strukturmusterungen an Doppelraschelmashinen unter Berücksichtigung von Bindung und Materialfarbe“ (Mentor-Preis 2014 in der Kategorie Technik des Hochschulvereins Mentor e. V.)

Seit 2015 wissenschaftliche Mitarbeiterin am Sächsischen Textilforschungsinstitut e. V. in der Abteilung Veredlung/Beschichtung/Kaschierung/Ökologie



Sarah Lysann Göbel, Sächsisches Textilforschungsinstitut e.V. Chemnitz

Kontakt

Sächsisches Textilforschungsinstitut e.V.

Annaberger Straße 240

09125 Chemnitz

Tel.: (0371) 5274-0

Mail: stfi@stfi.de

Web: www.stfi.de



Abstract

Partieller dreidimensionaler Druck auf Textilien

Dipl.-Ing. (FH) Sarah Lysann Göbel, Dipl.-Wi.-Ing. Frank Siegel

Digitale Fertigungsverfahren bieten der Textilindustrie die Möglichkeit, die Flexibilität für individuelle Kundenanfragen zu steigern und den Fertigungsprozess besser zu kontrollieren, um den gewachsenen Qualitätsansprüchen und den verkürzten Durchlaufzeiten in der Produktion gerecht zu werden. Anders als im Siebdruck müssen für den dreidimensionalen Druck im Fused Layer Manufacturing (FLM) keine Schablonen hergestellt werden, womit auch Kleinserien und Einzelprodukte kostengünstig herstellbar sind.

Seit einigen Jahren werden verschiedene additive Fertigungsverfahren in der Modewelt ausgetestet, wobei der Fokus bisher bei den Designern auf der Textilherstellung liegt. Mittlerweile gibt es ebenfalls Forschungseinrichtungen, die sich mit der Oberflächenmodifikation mithilfe des 3D-Drucks beschäftigen.

Das Ziel der Forschungsarbeiten am Sächsischen Textilforschungsinstitut (STFI e. V.) ist es, mithilfe des 3D-Drucks funktionelle Eigenschaften textiler Substrate gezielt zu verändern. Dafür steht ein 3-Achsen-System mit drei Auftragsaggregaten zur Applikation von thermoplastischen Materialien sowie funktionellen Pasten und Dispersionen zur Verfügung.

Abstract

In ersten Untersuchungen zur Nutzbarkeit der FLM-Technologie für die lokale Applikation von Thermoplasten auf Textilien wurden verschiedene Auftragsmaterialien rheologisch charakterisiert. Zwei der untersuchten Materialien wurden auf Polyestergewebe aufgebracht und die Anhaftung zwischen Thermoplast und Textil mikroskopisch bewertet. Weiterhin wurde die breitenbezogene Biegesteifigkeit nach der Balkenmethode im Zweipunkt-Verfahren (in Anlehnung an die Norm DIN 53121) bestimmt.

Es wurde in den mikroskopischen Untersuchungen festgestellt, dass die Anbindung zwischen Soft PLA und der textilen Oberfläche gegenüber der Verbindung (starres) PLA/Textil bei einem ähnlichen rheologischen Verhalten besser ist. Weiterhin wurde die Biegesteifigkeit des Textils mithilfe des 3D-Drucks um bis zu einem Faktor von 500 erhöht. Damit sind lokale Änderungen der Flexibilität/Steifigkeit eines textilen Substrates durch Materialapplikation mittels FLM-Verfahren möglich.



SÄCHSISCHES
TEXTIL
FORSCHUNGS
INSTITUT e.V.

Partieller dreidimensionaler Druck auf Textilien

Dipl.-Ing. (FH) Sarah Lysann Göbel
Dipl.-Wi.-Ing. Frank Siegel

Gliederung

1. STFI e. V.
2. Motivation
3. Additive Fertigungsverfahren für Textilien
4. 3D-Materialauftragssystem am STFI e. V.
5. Erste Untersuchungen im FLM-Verfahren
6. Zusammenfassung
7. Ausblick



SÄCHSISCHES
TEXTIL
FORSCHUNGS
INSTITUT e.V.

1. Kompetenzen

- Jährlich werden ca. **110 nationale Forschungsvorhaben** bearbeitet
- Im Rahmen der **europäischen Forschungsprogramme** wird zur Zeit in **3 Projekten** mit Partnern aus insgesamt 15 Ländern geforscht
- Jährlich erfolgen ca. **5 – 10 Schutzrechtsanmeldungen**
- Es werden Prüf- und Zertifizierungsaufträge für **Kunden aus mehr als 60 Ländern** weltweit bearbeitet
- Mitarbeiter des STFI sind in **24 Normenausschüssen** tätig
- Das STFI ist Mitglied in **30 nationalen und internationalen Verbänden, Vereinigungen und Arbeitskreisen**

Forschungskuratorium
textil



Verband
Innovativer
Unternehmen e.V.



SÄCHSISCHES
TEXTIL
FORSCHUNGS
INSTITUT e.V.

Copyright: STFI

www.stfi.de

1. Bereiche und Leistungen des STFI



SÄCHSISCHES
TEXTIL
FORSCHUNGS
INSTITUT e.V.

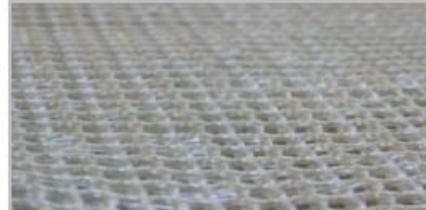
Kompetenzzentrum Vliesstoffe

- Faservliesstoffe
- Extrusionsvliesstoffe
- Textilrecycling



Innovationszentrum Technische Textilien

- Web- und Maschenwaren / Faserverbundwerkstoffe
- Veredlung / Beschichtung / Kaschierung / Ökologie
- Materialentwicklung / Prüfverfahrensentwicklung



Dienstleistungsbereich

- Akkreditierte Prüfstelle
- Zertifizierungsstelle Schutztextilien
- Zertifizierungsstelle Geokunststoffe



Transferzentrum

- Kommunikation und Prozessmanagement
- Internationale Zusammenarbeit



Copyright: STFI

www.stfi.de

2. Motivation

Anwendung des 3D-Drucks auf Textilien

- Einsatz digitaler Fertigungsverfahren für steigende Flexibilität und Prozesskontrolle
- gezielte Veränderung funktioneller Eigenschaften der Substrate
 - Flexibilität bzw. Steifigkeit
 - Abriebfestigkeit
 - Leitfähigkeit



SÄCHSISCHES
TEXTIL
FORSCHUNGS
INSTITUT e.V.

3. Additive Fertigungsverfahren für Textilien

Überblick

- **Textilherstellung**
 - Stereolithographie
 - Selektives Lasersintern
 - PolyJet
 - Schmelzsichtung (FLM)

- **Textilmodifizierung**
 - Schmelzsichtung (FLM)



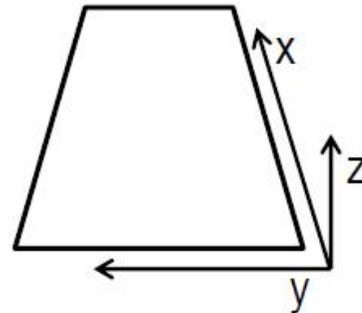
SÄCHSISCHES
TEXTIL
FORSCHUNGS
INSTITUT e.V.

4. 3D-Materialauftragssystem am STFI e. V.

3-Achsen-System

- Verfahrenswege

- $x = 1.200 \text{ mm}$
- $y = 700 \text{ mm}$
- $z = 130 \text{ mm}$



- Wiederholgenauigkeit: 0,1 mm

- 3 Auftragsaggregate

- Von Hand auswechselbar

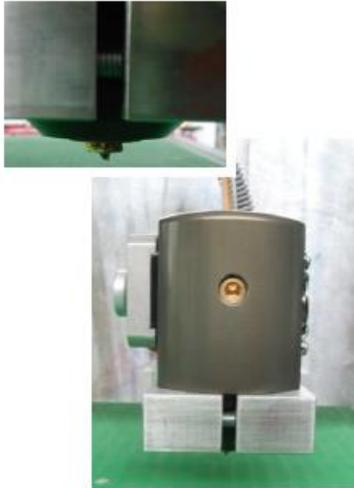
1. Filament-Extruder (FLM) → Hotmelts
2. Auftragskopf mit Nadelventil → Hotmelts
3. Dispensersystem → Dispersionen, Pasten



4. 3D-Materialauftragssystem am STFI e. V.

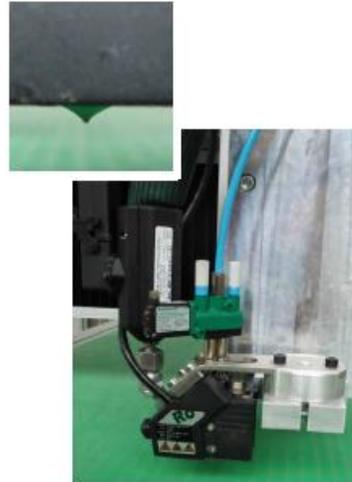
Auftragsaggregate

Filament-Extruder



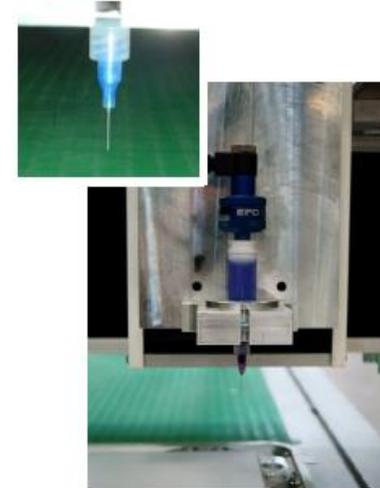
- 150 °C – 256 °C
- thermoplastische Filamente: 1,75 mm
- Düse: 0,4 mm

Auftragskopf mit Nadelventil



- 20 °C – 210 °C
- thermoplastische Kunststoffe
- Bis 50.000 mPas
- Düse: 0,2 mm

Dispensersystem

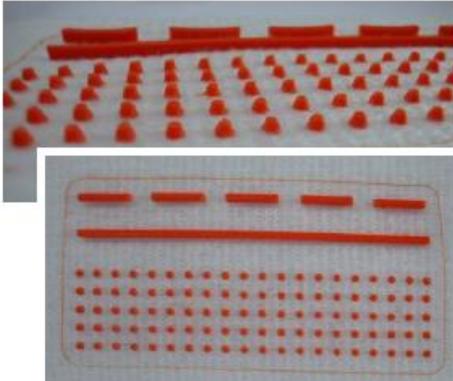


- Kartuschen: Pasten und Dispersionen
- Wässrige Systeme, UV-vernetzende Systeme

4. 3D-Materialauftragssystem am STFI e. V.

Beispiele

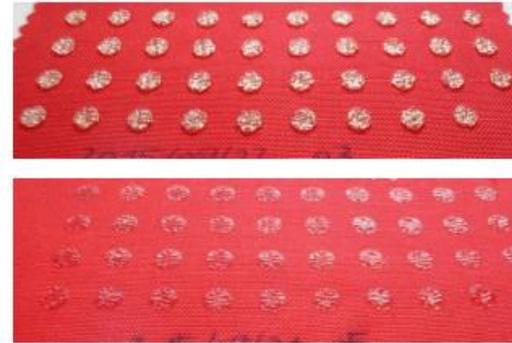
Filament-Extruder



PLA auf OptiKnit®-Vliesstoff

- Ein- und mehrlagiger Auftrag
- Hauptproblemstellung: Haftung

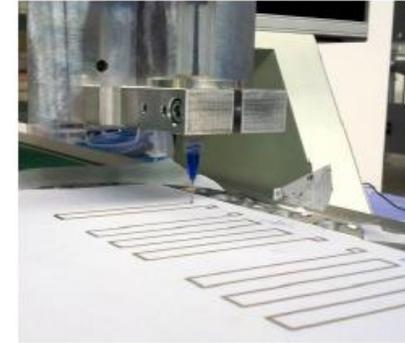
Auftragskopf mit Nadelventil



Noppenstruktur – oben zweilagig, unten einlagig

- Ein- und mehrlagiger Auftrag
- Hauptproblemstellung: Ebenenaufbau

Dispensersystem



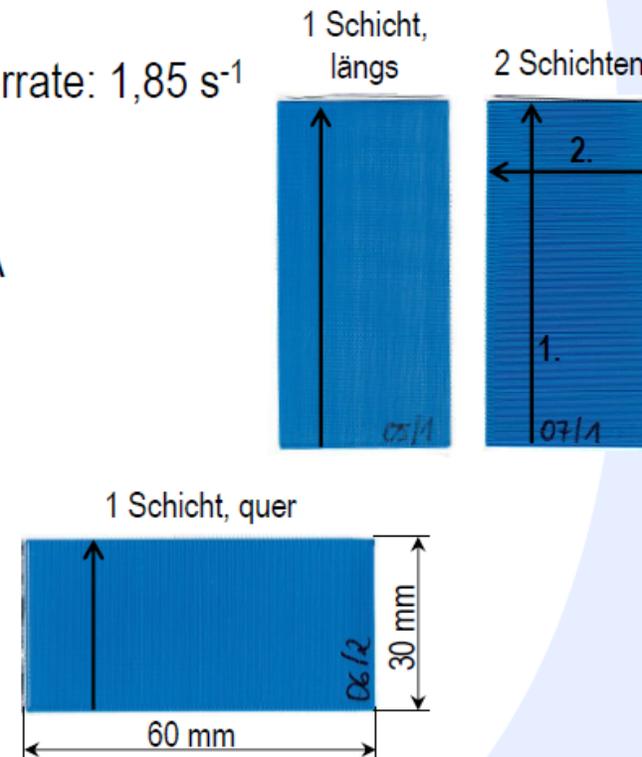
Dispenserauftrag von Silberpaste auf PES-Gewebe

- Ein- und mehrlagiger Auftrag
- Hauptproblemstellung: inline-Trocknung/-Vernetzung

5. Erste Untersuchungen im FLM-Verfahren

Untersuchungen

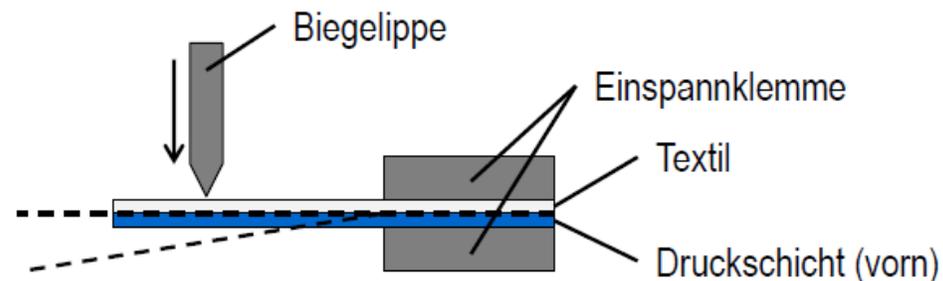
- Substrat: Gewebe (100 % PES 167x2 dtex, Leinwandbindung, 28 KF/cm, 22 SF/cm)
- Rheologie: verschiedene Polymere, Scherrate: $1,85 \text{ s}^{-1}$
- Druckparameter:
 - Filamente: EasyFil PLA, Soft PLA
 - Schichthöhe: 0,2 mm
 - Anzahl der Schichten: 1-2
 - Orientierung: längs/quer



5. Erste Untersuchungen im FLM-Verfahren

Untersuchungen

- Mikroskopie: Querschnitt
- Breitenbezogene Biegesteifigkeit:
 - Bestimmung nach Balkenmethode (Anlehnung an DIN 53121)
 - Zweipunkt-Verfahren
 - Druckschicht vorn (Stauchung); Druckschicht hinten (Dehnung)



Schematischer Prüfaufbau – Ansicht von oben

5. Erste Untersuchungen im FLM-Verfahren

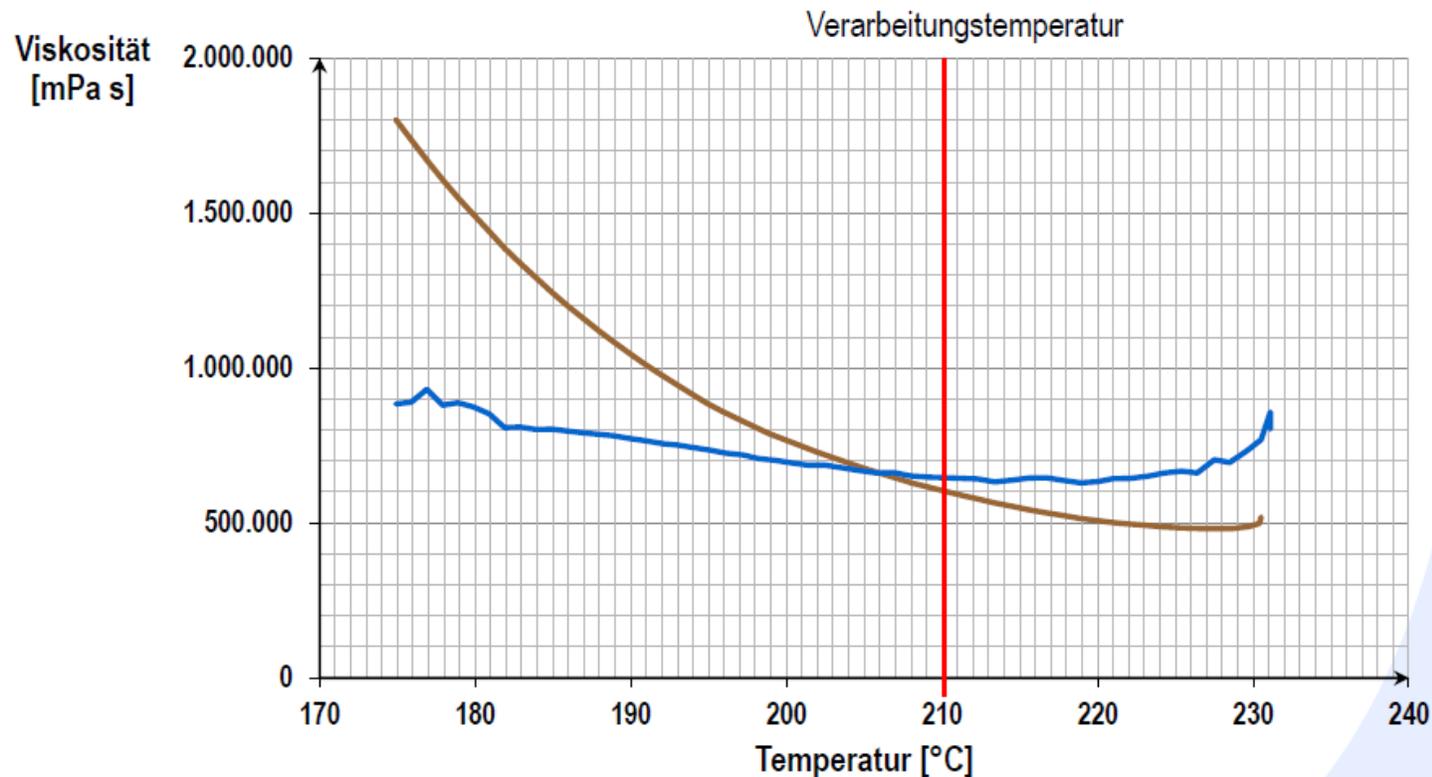


SÄCHSISCHES
TEXTIL
FORSCHUNGS
INSTITUT e.V.

Rheologie

Viskosität der PLA-Filamente

— EasyFil PLA — Soft PLA

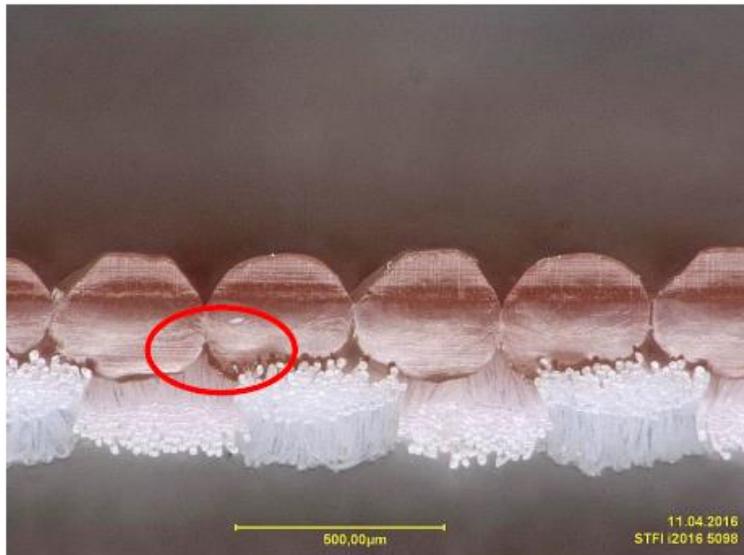


5. Erste Untersuchungen im FLM-Verfahren

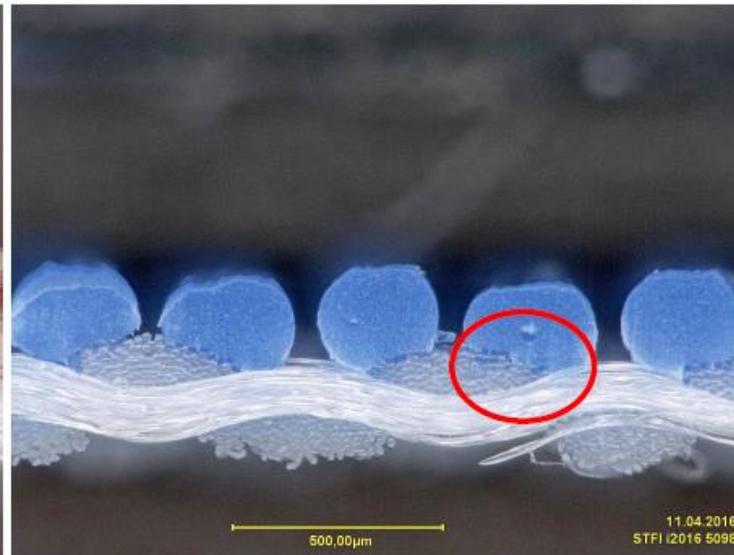
Mikroskopie



SÄCHSISCHES
TEXTIL
FORSCHUNGS
INSTITUT e.V.



EasyFil PLA – 1 Schicht, quer



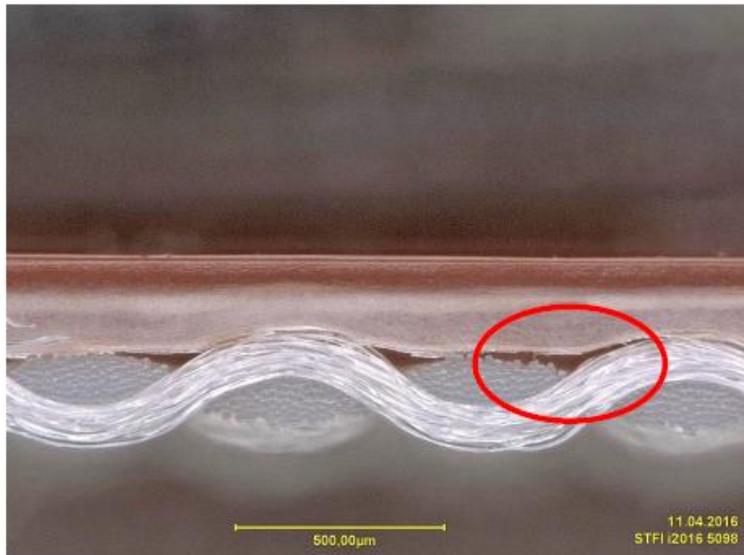
Soft PLA – 1 Schicht, quer

5. Erste Untersuchungen im FLM-Verfahren

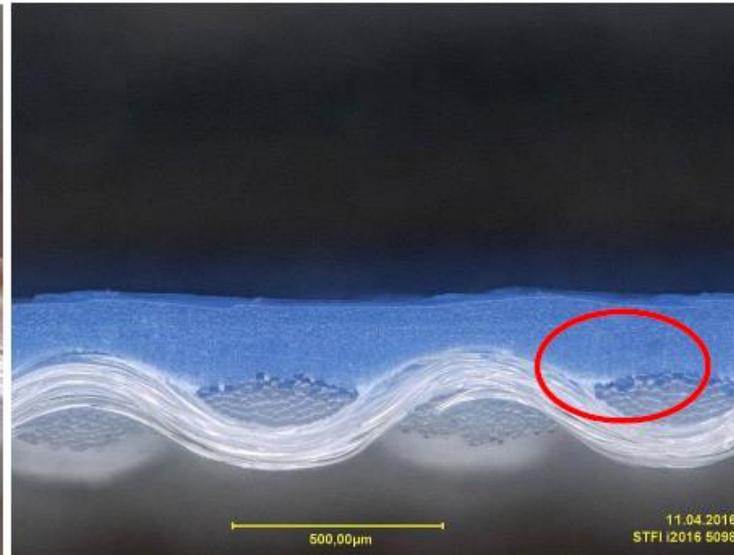
Mikroskopie



SÄCHSISCHES
TEXTIL
FORSCHUNGS
INSTITUT e.V.



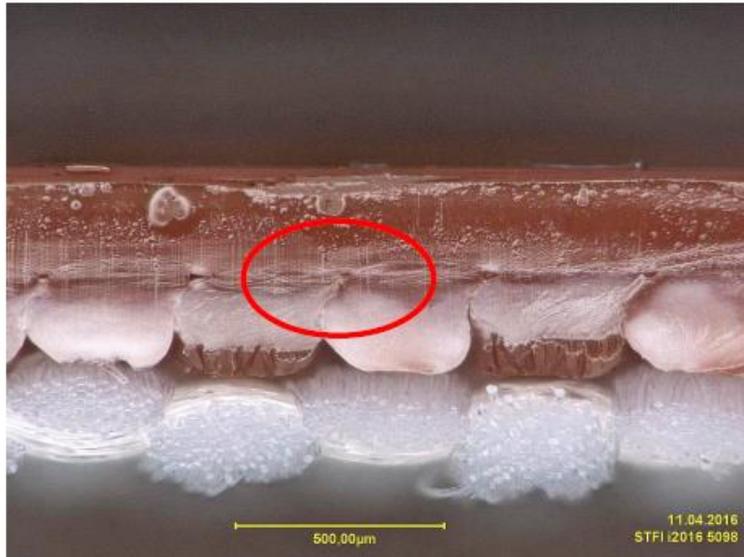
EasyFil PLA – 1 Schicht, längs



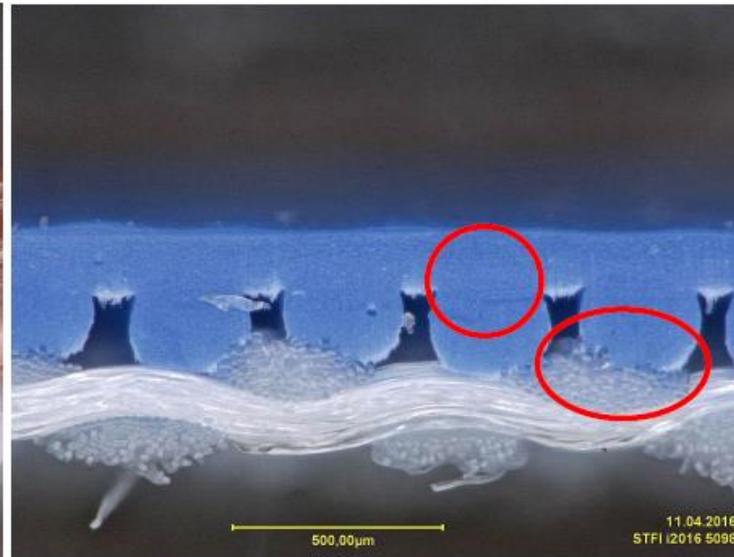
Soft PLA – 1 Schicht, längs

5. Erste Untersuchungen im FLM-Verfahren

Mikroskopie



EasyFil PLA – 2 Schichten



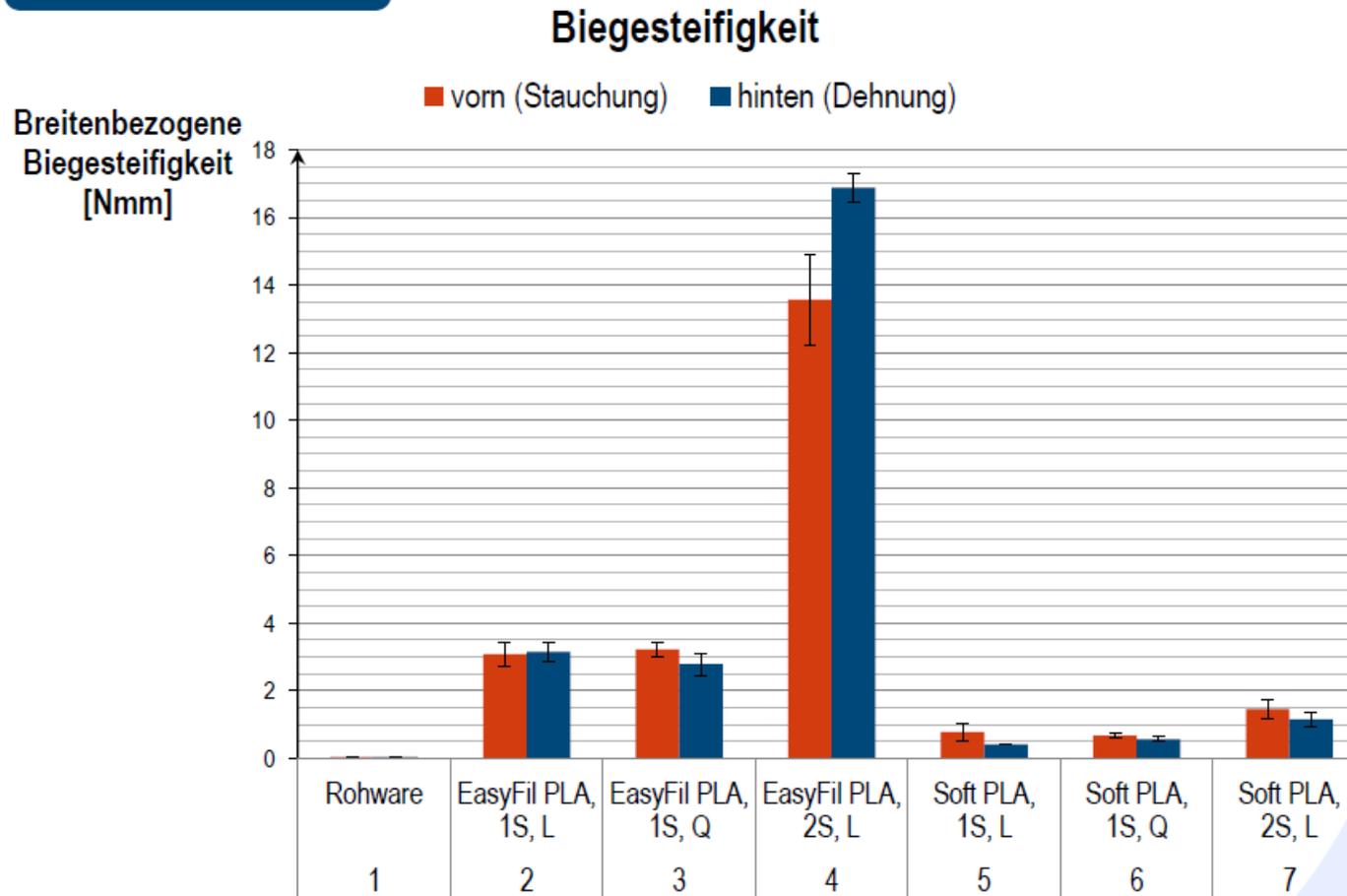
Soft PLA – 2 Schichten

5. Erste Untersuchungen im FLM-Verfahren



SÄCHSISCHES
TEXTIL
FORSCHUNGS
INSTITUT e.V.

Biegesteifigkeit



Copyright: STFI

5. Erste Untersuchungen im FLM-Verfahren

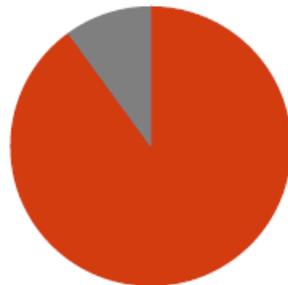
Biegesteifigkeit

Vergleich	EasyFil PLA		Soft PLA	
	1 Schicht	2 Schichten	1 Schicht	2 Schichten
Rohware	100x ↑	500x ↑	20x ↑	40x ↑

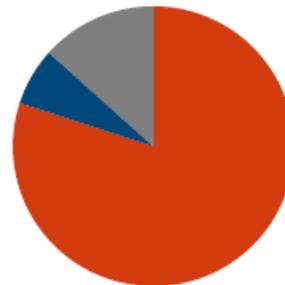
Vergleich der Biegesteifigkeit bei Stauchung und Dehnung

■ Stauchung
 ■ Dehnung
 ■ Kein Unterschied

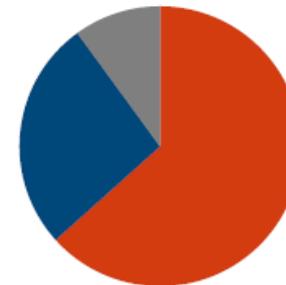
1 Druckschicht, quer
(beide Materialien)



Soft PLA
(alle Prüflinge)



Druck gesamt



6. Zusammenfassung

Ergebnisse

- Grundsätzliche Nutzbarkeit der FLM-Technologie zur lokalen Applikation von Thermoplasten auf Textil
- bessere Anbindung von Soft PLA an das Textil gegenüber PLA bei ähnlichem rheologischem Verhalten
- Erste sinnvolle Funktionen wie lokale Veränderung der Biegesteifigkeit des Textils durchführbar

→ Potential für eine flexible digitale Fertigungstechnologie für die Textilindustrie



SÄCHSISCHES
TEXTIL
FORSCHUNGS
INSTITUT e.V.

7. Ausblick

Geplante Forschungsarbeiten

- Vergleich verschiedener Substrate
- Verhalten und Verarbeitbarkeit der aufzubringenden Materialien
- Applikation verschiedener Strukturen und Geometrien auf den textilen Substraten
- Erreichen einer guten Haftfestigkeit zwischen abgelegtem Material und Textil
- Trocknung/Vernetzung von Dispersionen und Pasten mittels UV-/IR-Aggregat



SÄCHSISCHES
TEXTIL
FORSCHUNGS
INSTITUT e.V.

Danksagung

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Wir danken dem Bundesministerium für Wirtschaft und Energie für die Förderung des Förderprojektes (Reg.- Nr. VF 150005) innerhalb des Förderprogramms „FuE- Förderung gemeinnütziger externer Industrieforschungseinrichtungen in Ostdeutschland-Innovationskompetenz Ost (INNO-KOM- Ost) - Modul: Vorlauforschung (VF).



SÄCHSISCHES
TEXTIL
FORSCHUNGS
INSTITUT e.V.

Danke für Ihre Aufmerksamkeit!



SÄCHSISCHES
TEXTIL
FORSCHUNGS
INSTITUT e.V.



Sächsisches Textilforschungsinstitut e.V.

Annaberger Straße 240
09125 Chemnitz

Telefon: +49 371 5274-0
Telefax: +49 371 5274-153

Geschäftsführender Direktor:
Dipl.-Ing.-Ök. Andreas Berthel

E-Mail: stfi@stfi.de
Internet: www.stfi.de

Copyright: STFI

www.stfi.de

21

Tobias Flath, Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig

Kontakt

HTWK Leipzig

Maschinenbautechnisches Institut an der Fakultät Maschinenbau und Energietechnik

Tel.: (0341) 3076-4141

Mail: tobias.flath@htwk-leipzig.de



Abstract

Im Tissue Engineering und Medizintechnik gewinnen additive Fertigungsverfahren zunehmend an Bedeutung. Für die Verarbeitung von thermoplastischen Biopolymeren ist das Fused Deposition Modeling (FDM) von zentralem Stellenwert. Es wird ein extrudierter Materialstrang definiert in der x-y-Ebene abgelegt und schichtweise in z-Richtung zu einem beliebig strukturierten Volumenkörper aufgebaut. Somit können einfache Scaffolds bis hin zu komplexen Implantatgeometrien direkt aus digitalen Konstruktionsdaten (CAD-Files) erzeugt werden. Auf diesem Wege sind patientenspezifische Implantate unmittelbar vom 3D-Modell herstellbar. Es können thermoplastische Materialien (reine Polymere oder Polymerblends) und unter Zugabe von Additiven (Bsp.: Mineralienphasen, Wirkstoffe) vorgefertigte Mischungen dosiert werden.

Des Weiteren können auch Pasten direkt durch dieses Verfahren verarbeitet werden. Zur Dosierung des Materialstranges kommen dabei Pasten gefüllte Kartuschen, die durch Druckluft beaufschlagt sind, zum Einsatz. Die Herstellung von Mischungen mehrerer Komponenten innerhalb eines RP-Prozesses zum Aufbau von Volumenkörpern ist aktuell in konstanten Mischungsverhältnissen für pastöse, viskose und flüssige Materialien möglich. Das Mischungsverhältnis ist bei bisher bekannten Prozessen fest vorgegeben und kann während der Verarbeitung in der Regel nicht variiert werden.

Abstract

Mittels Duokartuschen (unterschiedliche Volumina), welche über einen Linearantrieb definiert entleert werden, erfolgt über einen statischen Mischaufsatz die Homogenisierung des Materials. Die Realisierung von Gradienten, d.h. Variation der Zusammensetzung eines Hybridmaterials oder die Einarbeitung von Wirkstoffen in verschiedenen Konzentrationen innerhalb eines Konstrukts, ist allerdings bisher nur bedingt möglich. Anlagen, mit denen im FDM-Verfahren Biopolymere verarbeitet werden können, zeigen im aktuellen Stand der Technik zusätzlich eine hohe Temperaturbelastung auf das Material, was insbesondere für beigemischte Additive negative Auswirkungen zeigen kann. Nutzbare Vormischungen werden über den gesamten Dosierprozess im Dosierkopf deutlich über den Schmelzpunkt des Polymers hinaus erhitzt.

Damit steigt bei thermosensitiven Zusatzstoffen die Gefahr einer frühzeitigen Degradierung des Wirkstoffes. Somit besteht das Ziel, die Voraussetzungen zur Herstellung homogener Mischungen im FDM-Prozess zu schaffen. Dabei sollen die Materialien minimalem Temperatureinfluss unterliegen. Die Materialmischungen sollen ohne an ein festes Verhältnis gebunden zu sein frei variiert werden können.

Abstract

Die Idee besteht darin, einen Doppelschneckenextruder (DSE) zu miniaturisieren und in einen FDM Prozess zu integrieren. DSE werden, u.a. in der Pharmazie für die Herstellung homogener Mischungen (Bsp. Tablettenherstellung mit Wirkstoffeinbettung) eingesetzt. Die großen Abmessungen dieser Technologie schlossen bisher die Integration in einen 3D-Printing Prozess aus.

Es wurde ein Doppelschneckenextruder (DSE) miniaturisiert und als Dosierkopf (DK) erfolgreich in eine FDM Anlage (3D-Discovery, regenHU) integriert. Für die Materialzuführungen kamen zwei modifizierte Flachbodenförderer (three-tec) zum Einsatz. Es konnte gezeigt werden, dass mittels DSE-DK unter Mischung zweier Materialien homogene Scaffolds aufgebaut werden können. Mit flexibler Variation des Mischungsverhältnisses wurde knapp oberhalb der Schmelztemperatur von PCL (60°C) bei 65°C gearbeitet. Der thermische Einflussbereich wurde qualitativ und quantitativ nachweislich minimiert. Im Vergleich der Ergebnisse vorgefertigter Mischungen mit den Materialienmischungen unter Einsatz des DSE-DK konnte ein identischer Homogenisierungsgrad gezeigt werden. Die dabei mögliche maximale Additivzumischung lag bei Einsatz des DSE-DK bei 60% Mineralanteil, hingegen mit herkömmlichem Einschneckenextruder Dosierkopf und der Verwendung von Vormischungen wurde die Verarbeitungsgrenze bereits bei 50% Mineralanteil erreicht.

Doppelschneckenextruder zur generierenden Fertigung bioaktiver Implantate

Tobias Flath

Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig,
Maschinenbautechnisches Institut an der Fakultät Maschinenbau und Energietechnik

Michael C. Hacker

Universität Leipzig, Institut für Pharmazie, Pharmazeutische Technologie

Jörg Neunzehn

Technische Universität Dresden, Professur für Biomaterialien, Max Bergmann Zentrum für Biomaterialien

Hans-Peter Wiesmann

Technische Universität Dresden, Professur für Biomaterialien, Max Bergmann Zentrum für Biomaterialien

Michaela Schulz-Siegmund

Universität Leipzig, Institut für Pharmazie, Pharmazeutische Technologie

Fritz Peter Schulze

Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig,
Maschinenbautechnisches Institut an der Fakultät Maschinenbau und Energietechnik

Einleitung

Im Tissue Engineering und in der Medizintechnik gewinnt das Rapid Prototyping (RP), das zu den additiven Fertigungsverfahren zählt, zunehmend an Bedeutung (Zhang, et al. 2015) (Li, et al. 2014). Für die Verarbeitung von thermoplastischen Biopolymeren ist das Fused Deposition Modeling (FDM, schematische Darstellung in Abbildung 1) von zentralem Stellenwert.

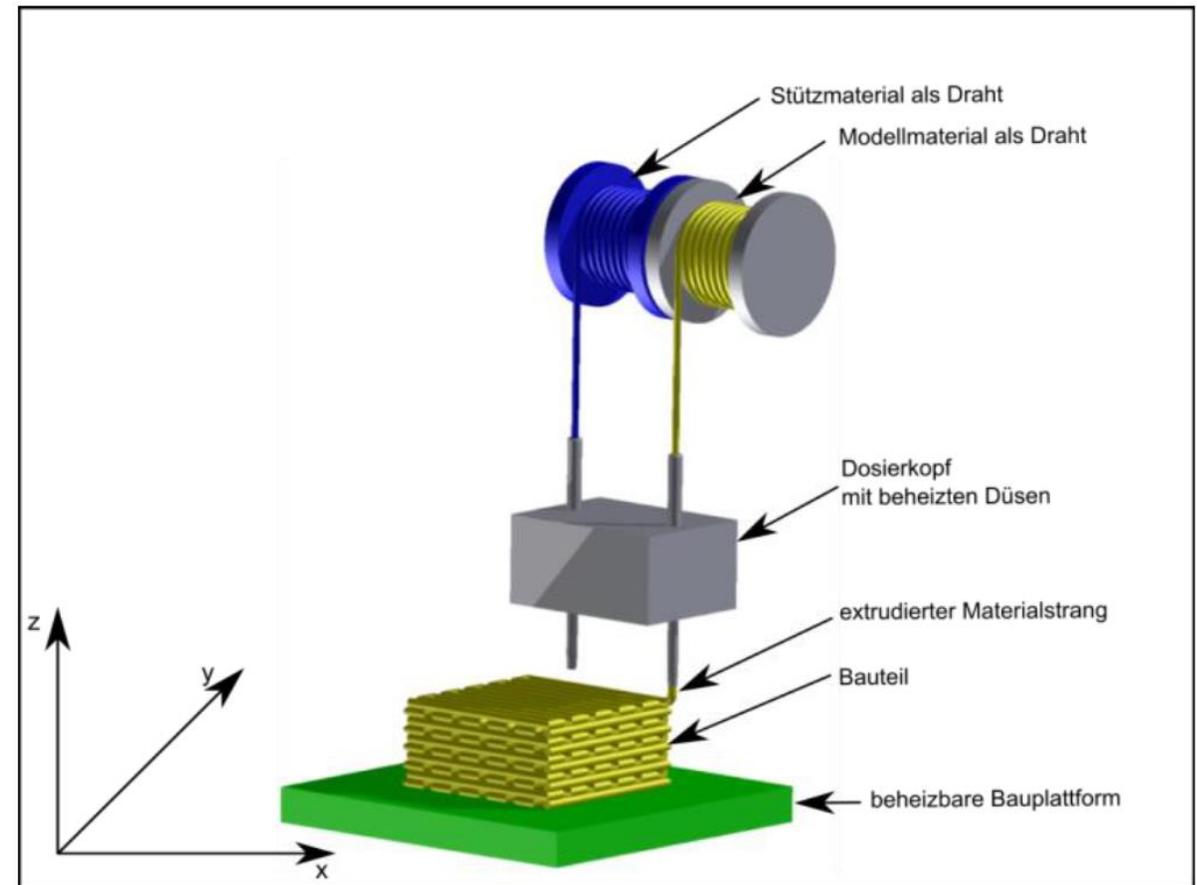


Abb. 1: Schema Fused Deposition Modeling (FDM)

Einleitung

Bei dieser Verfahrensgruppe wird ein extrudierter Materialstrang definiert in der x-y-Ebene abgelegt und schichtweise in z-Richtung zu einem beliebig strukturierten Volumenkörper aufgebaut. So können einfache Scaffolds (Volumenkörper mit definierter makroporöser innerer Strukturierung zur Besiedlung mit Zellen) aber auch komplexe Implantatgeometrien aus digitalen Konstruktionsdaten (CAD-Files) erzeugt werden (Gebhardt 2013). Auf diesem Wege sind patientenspezifische Implantate unmittelbar vom 3D-Modell herstellbar. Es können thermoplastische Materialien (reine Polymere oder Polymerblends) und unter Zugabe von Additiven (Bsp.: Mineralienphasen, Wirkstoffe) vorgefertigte Mischungen dosiert werden.

Des Weiteren können auch Pasten direkt durch diese Verfahren verarbeitet werden. Zur Dosierung des Materialstranges kommen durch Pasten gefüllte Kartuschen, die mittels Druckluft beaufschlagt sind, zum Einsatz.

Einleitung

Die Herstellung von Mischungen mehrerer Komponenten innerhalb eines RP-Prozesses zum Aufbau von Volumenkörpern ist aktuell in konstanten Mischungsverhältnissen für pastöse, viskose und flüssige Materialien möglich. Das Mischungsverhältnis ist bei bisher bekannten Prozessen fest vorgegeben und kann während der Verarbeitung in der Regel nicht variiert werden. Mittels Duokartuschen (unterschiedliche Volumina), welche über einen Linearantrieb definiert entleert werden, erfolgt über einen statischen Mischaufsatz die Homogenisierung des Materials. Die Realisierung von Gradienten, d.h. Variation der Zusammensetzung eines Hybridmaterials oder Einarbeitung von Wirkstoffen in veränderlicher Konzentration innerhalb eines Konstrukts, ist allerdings bisher nur bedingt möglich. Aktuelle Anlagen, mit denen im FDM-Verfahren Biopolymere verarbeitet werden können, zeigen zusätzlich eine hohe Temperaturbelastung des Materials, was insbesondere für beigemischte biologische/organische Additive negative Auswirkungen zeigen kann.

So werden die zu verarbeitenden Materialmischungen über den gesamten Dosierprozess im Dosierkopf deutlich über den Schmelzpunkt des Materials erhitzt (Abbildung 2).

Einleitung

Das thermoplastische Polymer muss vom Material-container bis zur Extrusion in einem plastisch viskosen Zustand gehalten werden. Damit steigt bei thermosensitiven Zusatzstoffen die Gefahr einer frühzeitigen Degradierung oder Denaturierung des Wirkstoffes. Daher haben wir uns zum Ziel gesetzt, die Voraussetzungen zur Herstellung homogener Mischungen innerhalb des FDM-Verfahrens zu schaffen, wobei die Materialien einer minimalen Temperaturbelastung ausgesetzt werden.

Zusätzlich ist es wünschenswert, die zu verarbeitenden Materialmischungen, ohne an ein festes Verhältnis gebunden zu sein, prozess-integriert zu homogenisieren.

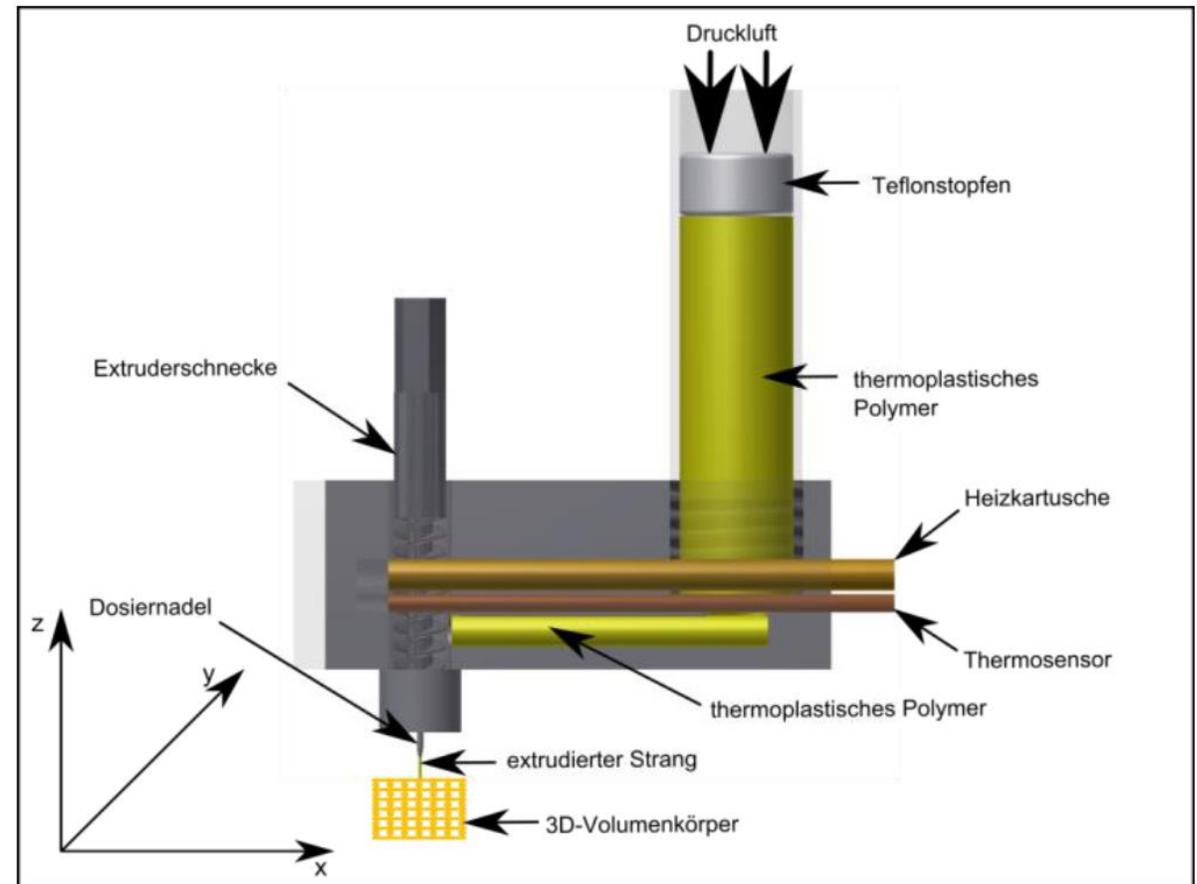


Abb. 2: Schema Polymerextruder

Einleitung

Zum Erreichen der Zielstellung, sollte ein Doppelschneckenextruder (DSE) miniaturisiert und als Dosierkopf (DK) innerhalb eines FDM Prozesses genutzt werden (Abbildung 3). DSE werden u.a. in der pharmazeutischen Industrie für die Herstellung homogener Mischungen, beispielsweise bei der Tablettenherstellung mit Wirkstoffeinbettung eingesetzt. Die typischen Dimensionierungen dieser Geräte schlossen bisher die Integration in eine RP-Anlage aus.

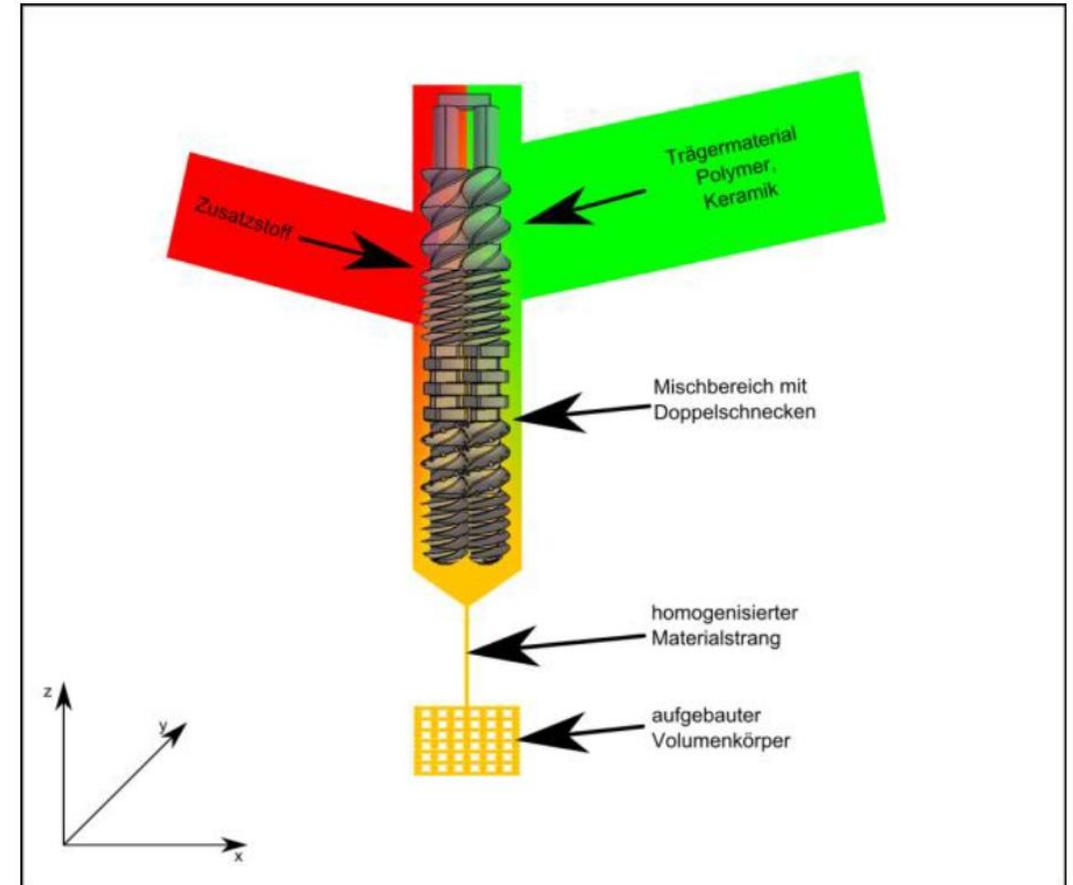


Abb. 3: Schema Doppelschneckenextruder-Dosierkopf

Material und Methoden

Zur Definition notwendiger Doppelschneckenabschnitte (Fördern/Kneten/ Verdichten) erfolgte die Entwicklung eines Funktionsmodells nach der grundsätzlichen Doppelschneckenmodulgestaltung für gleichläufige Doppelschneckenextruder nach Kohlgrueber (2007). Als CAD-Software wurden CATIA V5 (Dassault Systèmes) und Inventor 2011 (Autodesk) eingesetzt.

Zur Herstellung geeigneter Einzelteile eines vergrößerten Funktionsmodells, wurde eine RP-Anlage FDM Titan (Stratasys) genutzt. Zur Beurteilung des Materialtransports und der Homogenisierung wurde im Funktionsmodell zur Simulation eines aufgeschmolzenen Polymers weiße Vaseline unter Zugabe von Eisen(III)oxid-Pulver als homogen einzumischenden Zusatzstoff verwendet. Aufbauend auf den Testergebnissen des Funktionsmodells erfolgte die Fertigung miniaturisierter Doppelschnecken.

Des Weiteren wurden vorgefertigte Mischungen eines thermoplastischen Polymers mit Zusatzstoffen zu dreidimensionalen Scaffolds aufgebaut. Als Grundmaterial kam das thermoplastische Biopolymer Poly(ϵ -caprolacton) (PCL, Mn = 45.000 Da, Sigma-Aldrich) zum Einsatz.

Als Mineralphasen wurden Calciumphosphate ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, Sigma Aldrich) und Calciumcarbonat (CaCO_3 , Merck) zugemischt.

Material und Methoden

Die Verarbeitung von Vormischungen aus PCL mit verschiedenen Mineralanteilen (CaCO_3 und $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) konnte mit einem BioScaffolder (SYSENG) (John 2008) unter Einsatz eines DK zur Polymerextrusion (Abbildung 2) realisiert werden. Dieses Vorgehen wurde zur späteren Funktionsbeurteilung des DSE-DK gewählt.

Als Basisgerät für die Integration des Doppelschneckenextruders wurde eine 3D-Discovery der Firma regenHU genutzt.

Mittels DSE-DK hergestellte Polymer-Mineralmischungen ($\text{PCL}+\text{CaCO}_3$ / $\text{PCL}+\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) wurden auf ihre Materialzusammensetzung mittels thermogravimetrischer Analyse (TGA, Mettler Toledo) untersucht.

Zur Materialzuführung im DSE-DK werden zwei modifizierte Flachbodenförderer (three-tec) genutzt. Für die Zerkleinerung des PCL Granulats (handelsüblicher Lieferzustand ca. 2 mm Durchmesser) zur Verwendung im Flachbodenförderer wurde eine Analysemühle MF 10 (IKA) eingesetzt. Um das PCL in der Mühle in kleine Partikel ($\leq 0,4$ mm) mahlen zu können, erfolgte die Mischung des Polymers mit Trockeneis. Zusätzlich wurden alle materialberührenden Teile der Analysemühle vor Zerkleinerung des PCL mit Trockeneis gekühlt, um eine Temperaturerhöhung des Mahlgutes weitestgehend auszuschließen.

Material und Methoden

Zur Vergleichbarkeit aller hergestellten Scaffolds aus Vormischungen mittels BioScaffolder und durch prozessintegrierte Mischungen mit dem DSE-DK in 3D-Discovery, wurde eine einheitliche Geometrie gewählt:

- Würfel (8x8x4) mm (LxBxH)
- Strangabstand x-y Ebene: 0,55 mm
- Schichtabstand in z-Richtung: 0,26 mm
- Innendurchmesser der verwendeten Dosierdüse: 0,33 mm

Die Verarbeitungstemperatur der Vormischungen lag im BioScaffolder bei 74°C. Im DSE-DK konnten die Materialien bei nur 65°C prozessiert werden.

Ergebnisse

Ausgehend vom Aufbau klassischer gleichläufiger Doppelschneckenextruder wurde ein Funktionsmodell (Abbildung 4) entwickelt. Zur Erstellung der einzelnen Funktionsbauteile und Baugruppen wurden jeweils mehrere Varianten aufgestellt und zur Entscheidungsfindung anhand von selbst entwickelten einheitlichen Kriterien verglichen.

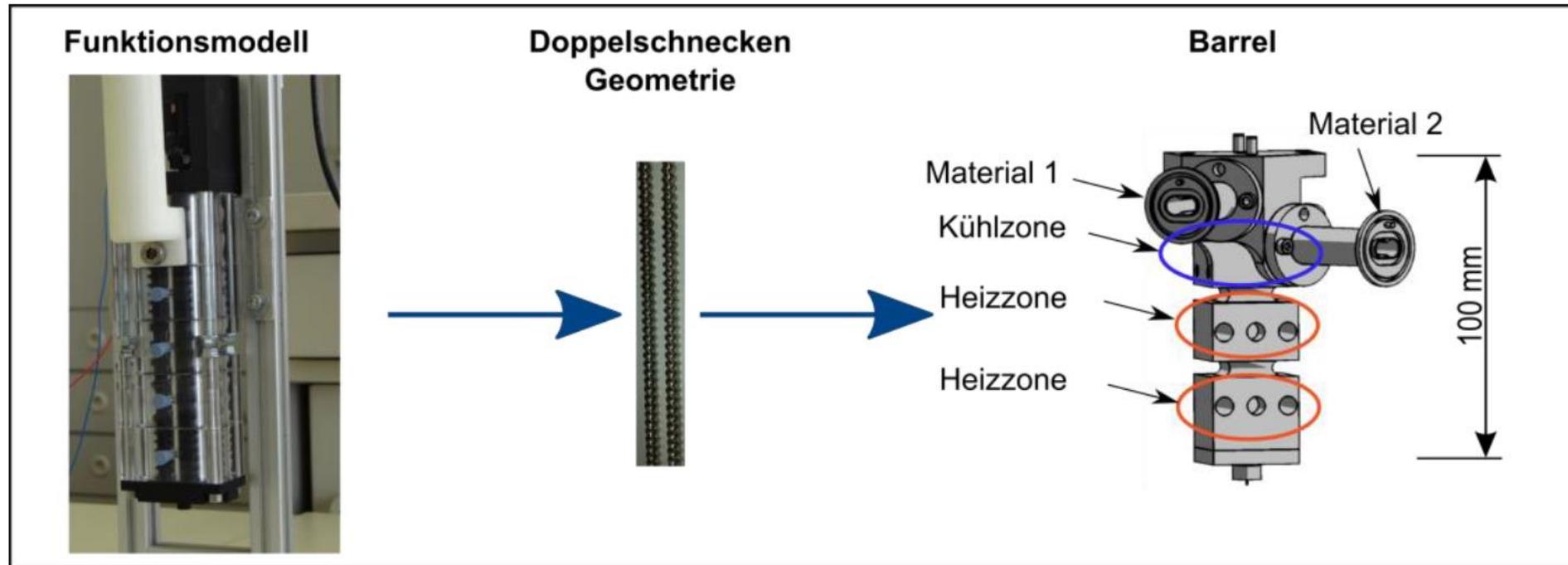


Abb. 4: Funktionsmodell / Doppelschnecken Geometrie / Barrel

Ergebnisse

Mit Hilfe des Funktionsmodells konnte eine Beurteilung der Wirksamkeit und Notwendigkeit einzelner Doppelschneckenmodule erfolgen. Es wurde gezeigt, dass im betrachteten Fall für eine Homogenisierung der verarbeiteten Materialien keine Knetmodule erforderlich und Fördermodule ausreichend sind. Dies führt zusätzlich zu einer geringeren Scherbelastung auf die Materialien bei der Verarbeitung.

Nach Testläufen mit dem Funktionsmodell wurde die Konstruktion skaliert, miniaturisiert und als Dosierkopf mit notwendigen An-/Zusatzbauteilen und Softwareanpassung in eine 3D-Discovery FDM Anlage integriert (Abbildung 5).

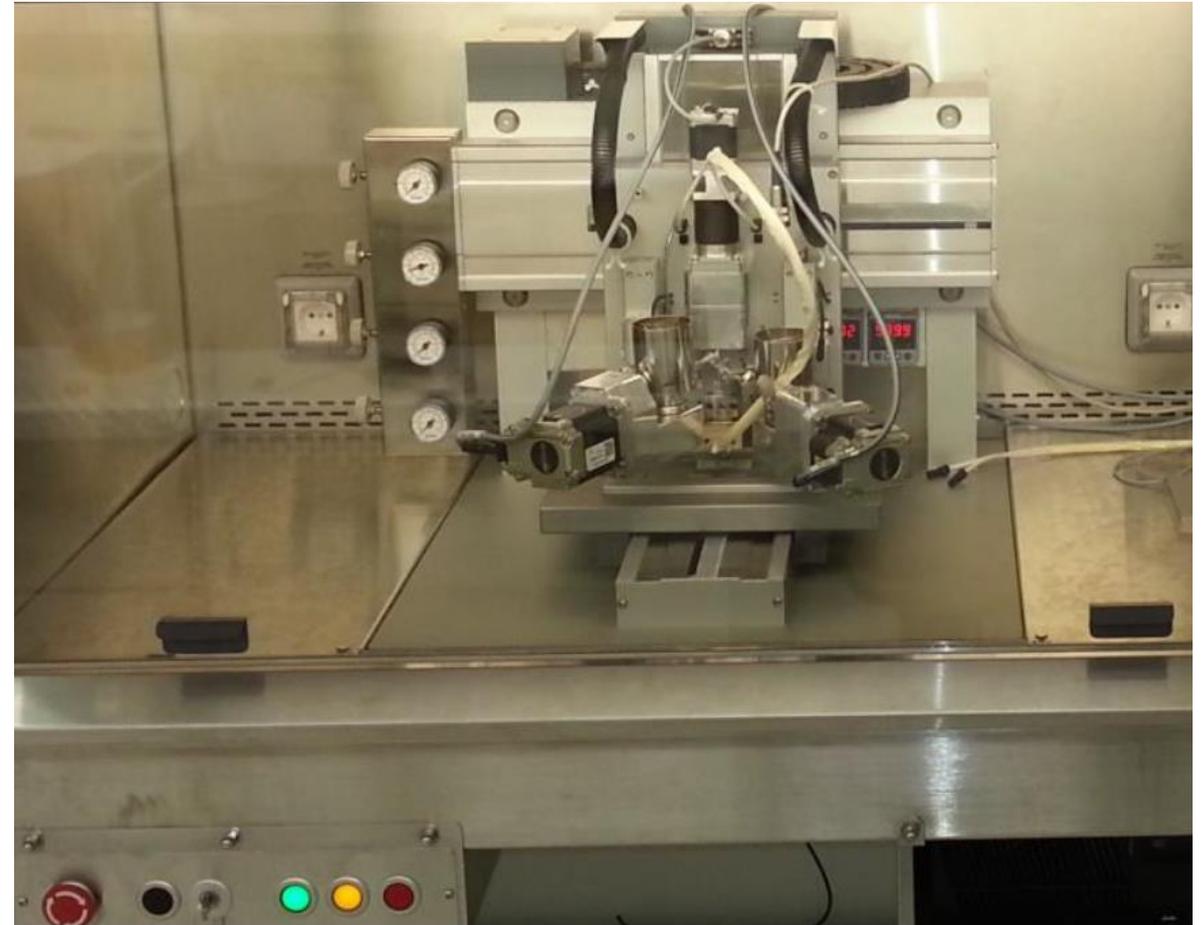


Abb. 5: In Anlage integrierter Doppelschneckenextruder-Dosierkopf (DES-DK)

Ergebnisse

Es konnte gezeigt werden, dass mittels DSE-DK homogene Scaffolds aus zwei pulverförmigen Ausgangsmaterialien hergestellt werden können (Abbildung 6).

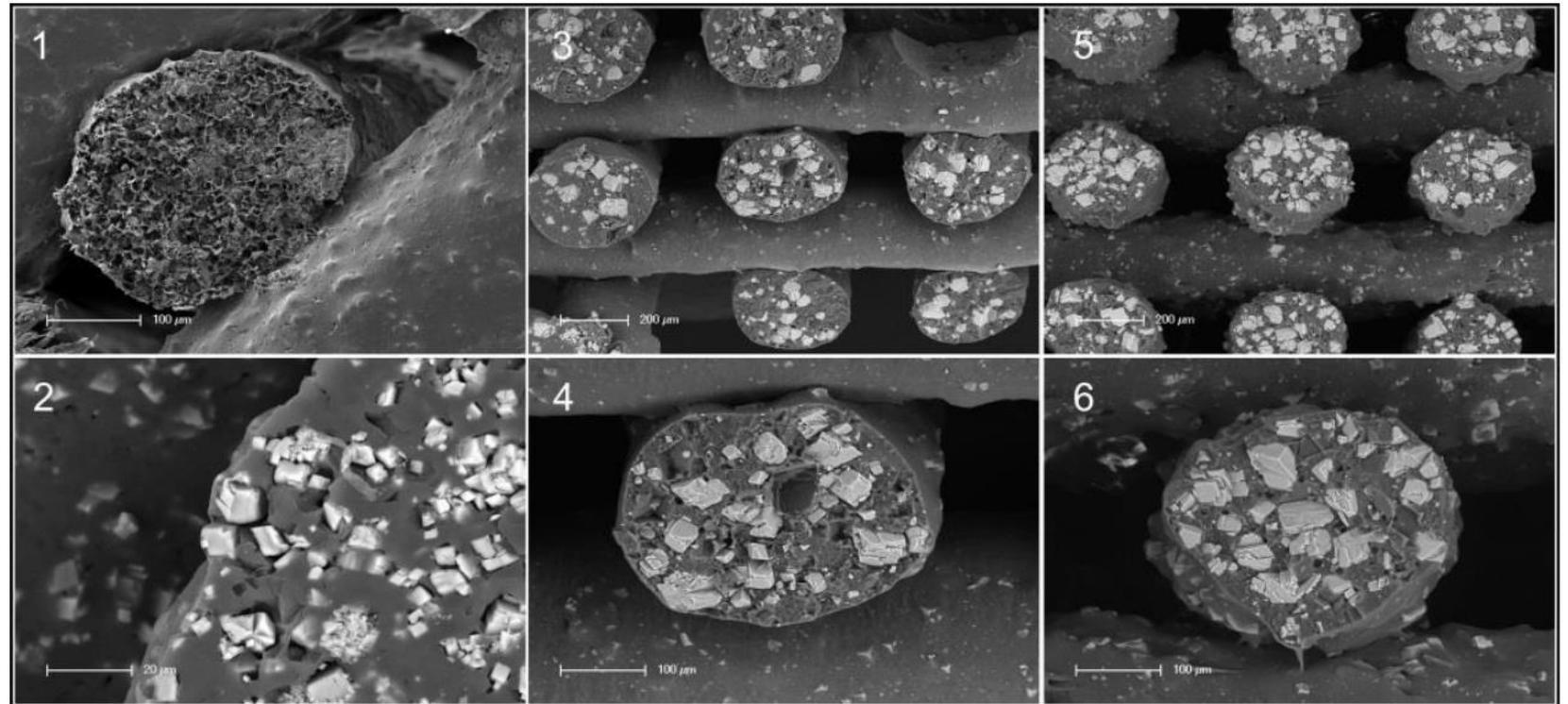


Abb. 6: REM Aufnahmen, Vormischung (PCL+ 50% CaCO_3) im BioScaffolder hergestellt (1-2), mittels DSE-DK zu Scaffolds verarbeiteter Mischungen (3-4 PCL+ 50% CaCO_3 , 5-6 PCL+ 60% CaCO_3); der Messbalken entspricht 100 μm (1, 4, 6), 20 μm (2) und 200 μm (3, 5)

Ergebnisse

Das Mischungsverhältnis konnte beliebig über die variable Dosierung der beiden Materialzuführungen definiert und verändert werden. Im Vergleich zu untersuchten Vormischungen ist in Abbildung 6 auch bei den im DSE-DK hergestellten Scaffolds eine gleichmäßige Partikelverteilung über das gesamte Volumen zu erkennen.

Über die Anlagenparameter eingestellte Mischungsverhältnisse wurden kontrolliert und real erreicht. Beispielhaft sind in Abbildung 7 die TGA-Graphen dreier unterschiedlicher Scaffolds mit identischem Mischungsverhältnis (56% CaCO_3 , Proben 1-3) gezeigt. Im Diagramm entspricht die y-Achse der Probenmasse, die x-Achse der Temperatur. Bei allen Proben ist zwischen 500 °C und 640 °C ein Plateau ersichtlich. Bis dahin ist das PCL vollständig verbrannt und die verbleibenden Gewichtsprozentage der Probe entsprechen dem zugemischten CaCO_3 Anteil von 56%.

Bei allen im DSE-DK verarbeiteten Mischungen wurde mit nur einer, der Dosiernadel am nächsten gelegenen, Heizzone (Abbildung 4, Barrel) bei einer Temperatur von 65°C knapp oberhalb des Schmelzpunktes von PCL (60°C) gearbeitet.

Ergebnisse

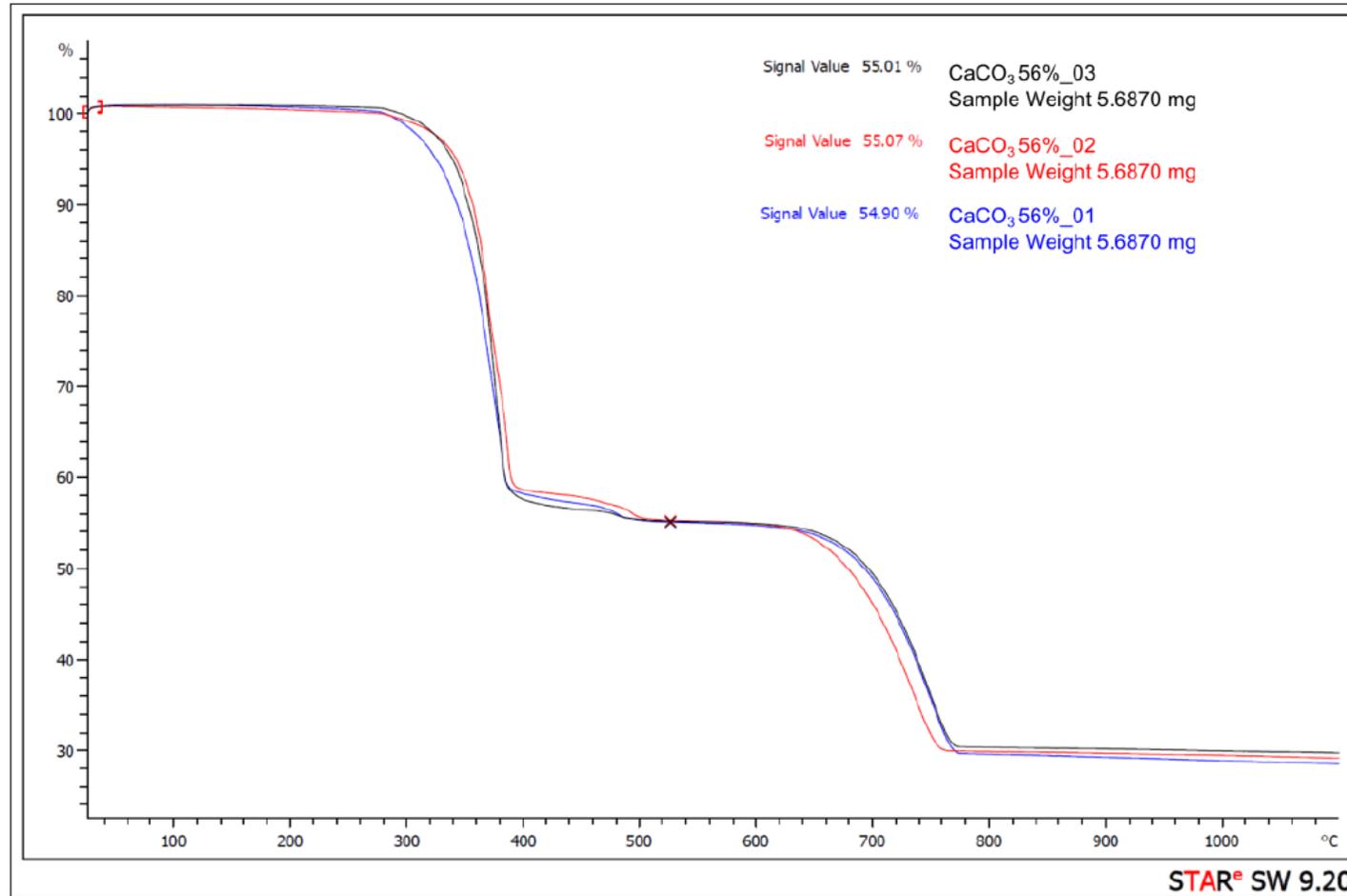


Abb. 7: TGA mittels Doppelschneckenextruder-Dosierkopf hergestellter PCL-CaCO₃ Materialmischungen mit 56% CaCO₃ - Anteil

Ergebnisse

Diese lag im Vergleich zur Verarbeitungstemperatur der Vormischungen (BioScaffolder) um 10°C niedriger. Mit dem segmentierten DSE-DK mit zwei Heizzonen und einer Kühlzone (Abbildung 4, Barrel) konnte der thermische Einfluss auf die dosierten Materialien damit nachweislich qualitativ und quantitativ minimiert werden. Im Vergleich zu den Ergebnissen vorgefertigter Mischungen konnte eine homogene Partikelverteilung der Materialien unter Einsatz des DSE-DK gezeigt werden (Abbildung 8).

Darüber hinaus konnten unter Einsatz des DSE-DK höhere Anteile der Mineralphasen mit der Polymerphase in Mischung gebracht werden.

Die dabei mögliche maximale Additivzumischung lag bei Einsatz des DSE-DK bei 60% Mineralanteil, hingegen mit herkömmlichem Einschneckenextruder-DK (BioScaffolder, Abbildung 2) und der Verwendung von Vormischungen wurde die Verarbeitungsgrenze bereits oberhalb von 50% Mineralanteil erreicht.

Ergebnisse

Mit dem Einsatz eines DSE als Dosierkopf innerhalb eines RP-Prozesses konnte damit zusammenfassend gezeigt werden, dass:

- eine homogene Mischung mit definiertem Mischungsverhältnis während der Verarbeitung erzeugt werden kann
- die Temperaturbelastung auf die verarbeiteten Materialien reduziert und damit auch die Kombination von niedrig schmelzenden thermoplastischen Polymeren mit thermosensitiven pulverförmigen Zusatzstoffen möglich wird
- im Vergleich zu herkömmlichen Anlagen höhere Anteile pulverförmiger Additive zu den Polymeren beigemischt und zu dreidimensionalen Volumenkörpern aufgebaut werden können.

Literaturverzeichnis

Zhang, X.; Zhang, Y. 2015, Tissue Engineering Applications of Three-Dimensional Bioprinting. In: Cell biochemistry and biophysics, 72:777–782

Li, X.; Cui, R.; Sun, L.; Aifantis, K. E.; Fan, Y.; Feng, Q.; Cui, F.; Watari, F. 2014: 3D-Printed Biopolymers for Tissue Engineering Application, In: International Journal of Polymer Science, Article ID 829145

Gebhardt, A. 2013: Generative Fertigungsverfahren, Additive Manufacturing und 3D Drucken für Prototyping - Tooling – Produktion, München: Hanser

John, H., 2008, SYSENG - BioScaffolder. <http://www.syseng.de/produkte/bioscaffolder.pdf>. 24.03.2016

Kohlgrueber, K. 2007: Der gleichläufige Doppelschneckenextruder; Grundlagen, Technologie, Anwendungen; München: Hanser

Jens Bliedtner, Ernst-Abbe-Hochschule Jena

Kontakt

Ernst-Abbe-Hochschule Jena

Fachbereich SciTec

Prof. Dr.-Ing. Jens Bliedtner

Carl-Zeiss-Promenade 2

07745 Jena

Tel.: (03641) 205 444

Mail: jens.bliedtner@eah-jena.de



Abstract

Es wird ein neues Laser-MID-Verfahren vorgestellt, welches im Rahmen eines Forschungsprojektes entwickelt wird und für zahlreiche Kunststoffe ohne Aktivierungsadditive angewandt werden kann. Das Verfahren stellt eine neue Möglichkeit dar, Schaltungslayouts auf dreidimensionale Kunststoffformteile aufzubringen. Die Funktionalisierung der Kunststoffbauteile wird durch einen Zweistufenprozess erzielt. Während im ersten Schritt simultan eine Laserstrahlaktivierung und Keimanlagerung stattfindet, erfolgt in einem zweiten Schritt die Metallisierung der aktivierten Oberflächenbereiche. Experimente zur Laserstrukturierung verschiedener Kunststoffe zeigen, dass diese Methode eine wirkliche Alternative zu den bisherigen MID-Technologien darstellt.

Laserstrahlfunktionalisieren von dreidimensionalen Kunststoffformteilen zur Erzeugung von elektrisch leitfähigen Strukturen

**Martin Uebel | Ferdinand Ziegler | Andrea Barz | Jens Bliedtner | Michael Möhwald |
Andreas Knauft | Stefan Fricke**

Ernst-Abbe-Hochschule Jena

Einleitung

In den letzten Jahren wurden verschiedene MID-Verfahren wie Zweikomponentenspritzgießen, Heißprägen oder Laser-MID-Technologien entwickelt, um 3D-Bauteile mit elektronischen Schaltungen zu verbinden [1, 2, 3]. MID steht für "Molded Interconnect Devices" und beschreibt elektronische Bauteile, bei denen metallische Leiterbahnen auf spritzgegossene Polymerträger aufgebracht werden.

Insbesondere die Laserdirektstrukturierung von Kunststoffbauteilen, das sogenannte LDS-Verfahren, ist eine sehr effiziente Methode flexible Schaltungslayouts zu generieren. Um jedoch eine anschließende Metallisierung der strukturierten Polymerbereiche zu gewährleisten, müssen Aktivierungsadditive im gesamten Material zugefügt werden, was das Verfahren sehr kostenintensiv gestaltet. [4, 5]

Ein weiteres Laserstrukturierungsverfahren basiert auf der Erzeugung elektrisch leitfähiger Strukturen auf Kunststoffoberflächen ohne einen nachfolgenden Metallisierungsschritt. Erreicht wird dies durch die Einlagerung von Kohlenstoffnanoröhren als Aktivierungsadditiv im gesamten Kunststoffvolumen. Die erreichbaren Leitfähigkeiten liegen deutlich unter denen metallischer Leiterbahnen. [6]

Einleitung

Im Fokus der im Folgenden vorgestellten Ergebnisse steht die Entwicklung eines Verfahrens zur Generierung laseraktivierter Strukturen auf Kunststoffformteilen ohne den Zusatz von Aktivierungsadditiven im Kunststoff. Ein großer Vorteil dieses Verfahrens ist die Anwendbarkeit für eine Vielzahl handelsüblicher und preisgünstiger Kunststoffe. Auch Bauteile, die im Rapid-Prototyping-Verfahren hergestellt wurden, sind geeignet. Das Verfahren erlaubt eine sehr gute Flexibilität bezüglich Layoutänderungen und einen hohen Komplexitätsgrad bis hin zur dreidimensionalen Bearbeitung auf beliebig geformten Kunststoffoberflächen. Die aufwändige Leiterplattenherstellung kann entfallen, das Gehäuseteil wird direkt als Schaltungsträger genutzt.

Prinzipieller Prozessablauf

Der innovative Ansatz des Verfahrens besteht darin, mit einem additiven Verfahrensschritt durch partielle Laserstrukturierung metallisierbare Strukturen gezielt nur auf die gewünschten Oberflächenbereiche aufzubringen (Aktivierung des Schaltungslayoutes).

Dieses zur Patentierung eingereichte Funktionalisierungsverfahren wird durch einen Laser-abscheidungsprozess erreicht, bei dem sich metallische Keimbildner während der Laserstrukturierung aus einer Flüssigkeit auf der bearbeiteten Kunststoffoberfläche abscheiden und anlagern. Nach einem Reinigungsprozess werden die Bauteile in ein kupferionenhaltiges Bad eingebracht, in welchem ausschließlich die laseraktivierten Bereiche verкупfert werden.

In einem anschließenden Galvanisierungsprozess kann die Schichtdicke der Leiterbahnen je nach Anforderung der Anwendung erhöht werden. In Abbildung 1 sind die Prozessschritte für die Herstellung eines funktionalisierten Gehäuseteiles aufgezeigt.

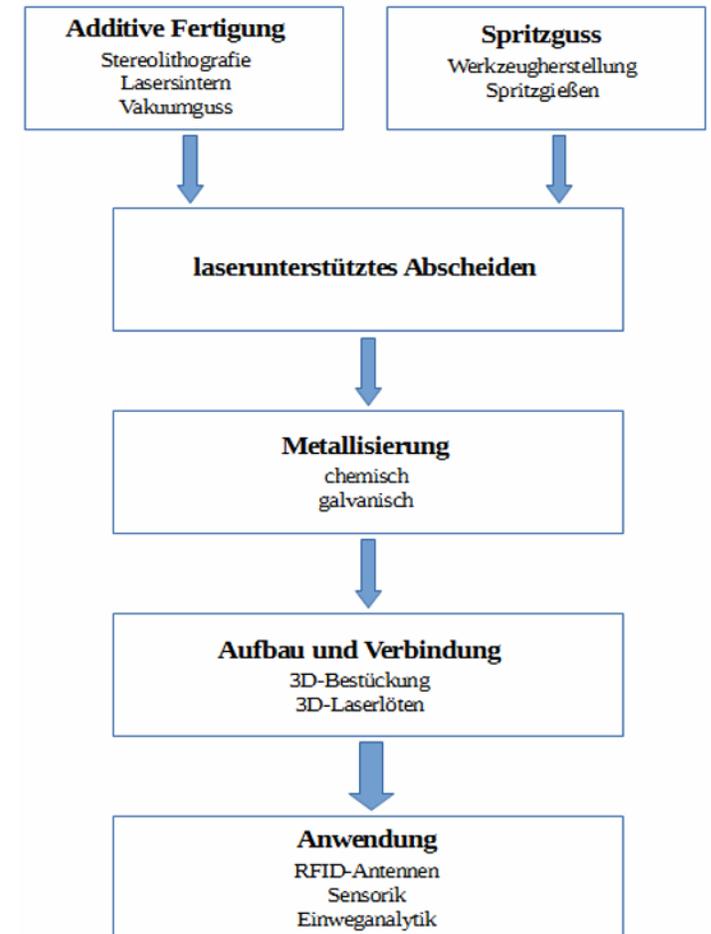


Abb. 1: Prozessablauf für funktionalisierte Kunststoffbauteile

Versuchsbeschreibung

Für erste experimentelle Untersuchungen wurden industriell häufig eingesetzte Kunststoffe ausgewählt. Sie sind in Tabelle 1 dargestellt.

Kurzbezeichnung	Polymer	Zusatzstoffe
ABS	Acrylnitril-Butadien-Styrol	keine
PP	Polypropylen	keine
PBT	Polybutylenterephthalat	grüner Farbstoff
PA6	Polyamid	schwarzer Farbstoff + Glasfasern

Versuchsbeschreibung

Die Laserstrukturierung erfolgte zur Parameteridentifikation an spritzgegossenen Platten der Abmessung 60 x 60 x 2,6 mm. Verwendet wurde ein Nd:YAG-Laser mit der Wellenlänge 1064 nm. Zur Ermittlung der Korrelationen zwischen Laserparametern und Eigenschaften der Leiterbahnen wurden Strukturmuster verschiedener Länge (10 – 40 mm) und Breite 0,1 – 3 mm) sowie mit unterschiedlichem Abstand zueinander (0,1 – 4 mm) generiert. Die untersuchten Laser- und Maschinenparameter waren die Laserleistung (bis 60 W), die Pulsfrequenz (1 - 20 kHz), Vorschubgeschwindigkeit (100 – 2000 mm/s) und die Anzahl der Bearbeitungswiederholungen (1 - 40).

Zur Keimbildung kam eine wässrige Lösung aus Palladium(II)-chlorid zum Einsatz, mit der der Kunststoff während der Laserbearbeitung bedeckt war. Nach einem Reinigungsschritt mit entionisiertem Wasser erfolgte die anschließende chemische Verkupferung der laseraktivierten Strukturen mit dem kommerziell erhältlichen Kupferbad Enthone Enplate Cu872 bei einer Temperaturen von 43 °C.

Ergebnisse

In umfangreichen Parameterstudien wurden Laser- und Prozessparameter für die jeweiligen Kunststoffe untersucht. Dabei müssen Laserleistung und Pulsfrequenz so gewählt werden, dass ein sichtbarer Umschmelzprozess stattfindet, jedoch nicht so groß, dass die Oberfläche zerstört wird. Die Scangeschwindigkeit spielt eine untergeordnete Rolle und kann in einem großen Prozessfenster abgebildet werden. Einen entscheidenden Einfluss auf die spätere Metallisierung hat die Anzahl der Überfahrten. Während bei nur einfacher Laserbearbeitung keine ausreichende Bekeimung stattfindet, kann das Ergebnis bei bis zu 40 Überfahrten kontinuierlich verbessert werden, danach tritt eine deutliche Sättigung des Effekts ein.

Nach diesen ersten Versuchen wurde festgestellt, dass die Oberflächenspannung der Keimbildnerlösung den Laserprozess negativ beeinflusst. Ausgasungen werden an der Oberfläche des Kunststoffes als Bläschen abgelagert und stören die Laseraktivierung. Durch Zusatz von Tensiden zur Aktivierungslösung kann der Effekt verringert oder ganz unterbunden werden. Ein Einfluss der Tenside auf die Bekeimung konnte nicht ermittelt werden. Der Effekt der Bekeimung kann aber verstärkt werden, wenn die Probe nach der Laserbearbeitung noch bis zu 20 Minuten in der Aktivierungslösung verbleibt.

Ergebnisse

Die Haftfestigkeit der Schichten auf dem Kunststoffbauteil ist ein entscheidendes Kriterium für eine Anwendbarkeit des neuen Laserstrukturierungsverfahrens. Es konnte ein Zusammenhang zwischen erzeugter Rauheit und verwendeten Laserparametern detektiert werden. Ein Zusammenhang zwischen Rauheit und Vorschubgeschwindigkeit konnte jedoch bisher nicht ermittelt werden.

Wie Abbildung 2 exemplarisch zeigt, ist die verwendete Laserleistung signifikant für eine Rauheitsänderung. Für jede verwendete Vorschubgeschwindigkeit steigt die Rauheit mit erhöhter Laserleistung.

Hier ist es demzufolge möglich, über die Laserleistung eine definierte Rauheit einzustellen. Wird die Rauheit jedoch zu groß, verschlechtert sich die Qualität der Leiterbahn durch zu große Flächenstrukturen. Hier ist ein Kompromiss zwischen einer glatten Fläche und einer gut haftenden Leiterbahn zu finden. Die genaue Beurteilung der Haftfestigkeit der Leiterbahnen auf den Kunststoffen ist Gegenstand aktueller Untersuchungen.

Ergebnisse

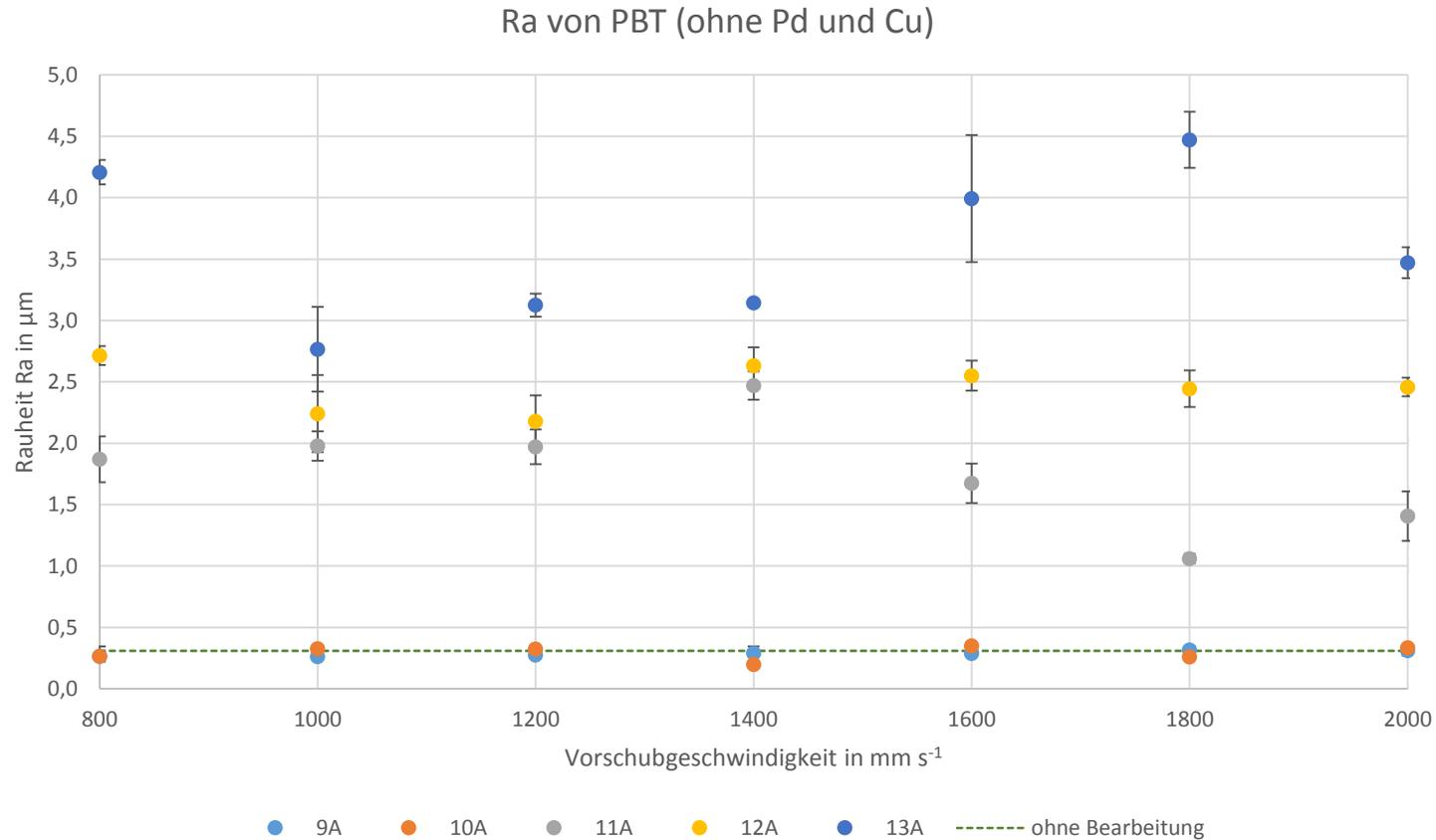


Abb. 2: Vergleich der Rauheit für PBT und verschiedene Vorschubgeschwindigkeiten und Pulsfrequenzen

Ergebnisse

Für die Anwendung des neuen Verfahrens zum Schaltungsaufbau ist es von großer Bedeutung, hinreichend dünne Strukturen zu erzeugen, um komplexe Leiterbahnlayouts realisieren zu können.

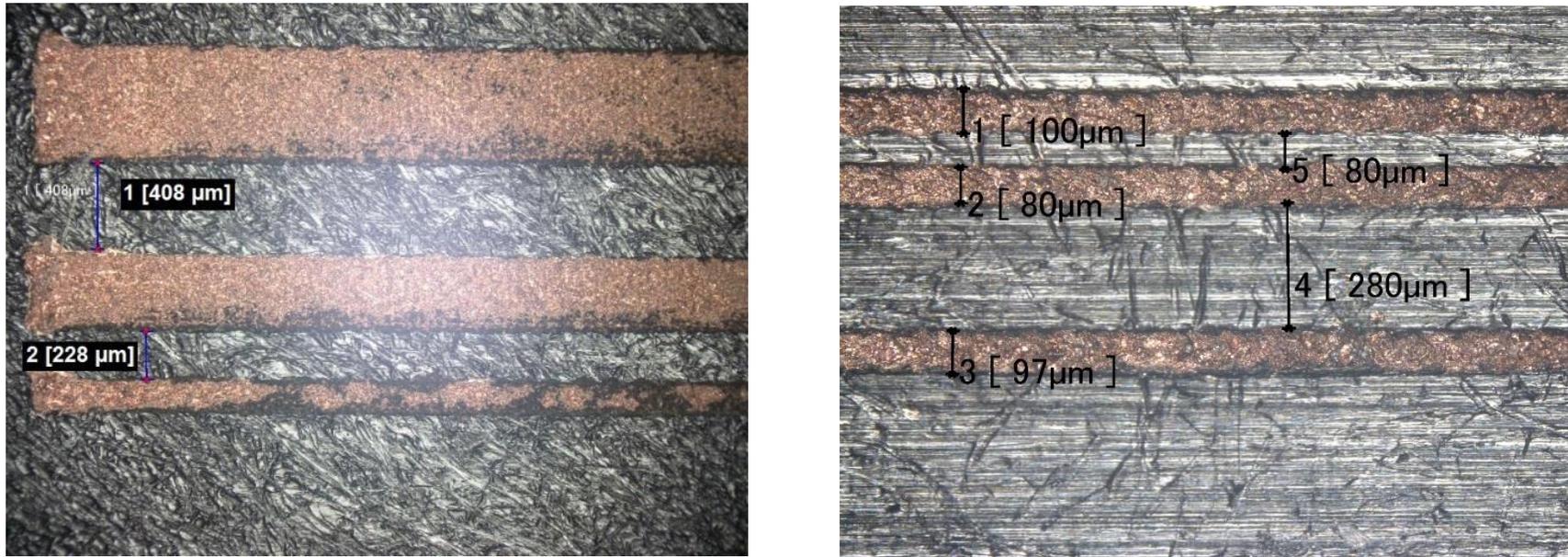


Abb. 3: Mikroskopaufnahme von dünnen Strukturen auf PA, links bis zu 0,3 mm Strukturgröße, rechts bis zu 0,08 mm

Ergebnisse

Für diese Versuche wurden unterschiedliche Leiterbahnbreiten und -abstände gewählt. Mittels Laserstrukturierung wurden Felder mit Breiten von minimal $80\ \mu\text{m}$ aktiviert, die einen Abstand von minimal $80\ \mu\text{m}$ zueinander ausweisen (Abb. 3). Für diese kleinen Strukturen kommt es vereinzelt auch zu einer Metallisierung der Polymeroberfläche zwischen den Aktivierungsbereichen. Dieser Effekt ist bei Strukturabständen und -breiten größer $300\ \mu\text{m}$ nicht zu beobachten. Eine Ursache für das beschriebene Phänomen kann eine Wärmebeeinflussung des Polymermaterials über die Abgrenzung der strukturierten Bereiche hinaus sein.

Mit den in den Untersuchungen gewonnenen Erkenntnissen konnte ein erstes Muster als Schaltungslayout hergestellt werden, das in Abbildung 4 dargestellt ist. Die Abmessungen der Versuchsplatte aus PBT betragen $60 \times 60\ \text{mm}^2$.

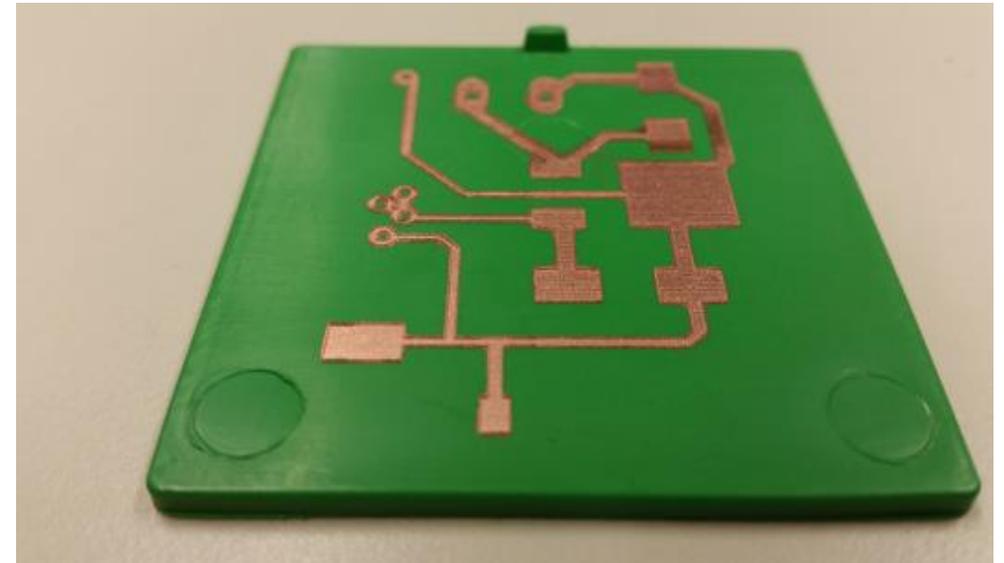


Abb. 4: Muster einer Leiterbahnanordnung, erzeugt auf dem Kunststoff PBT mit dem Verfahren der laserunterstützten Abscheidung

Zusammenfassung

Das vorgestellte Laser-MID-Verfahren stellt eine neue Möglichkeit dar, dreidimensionale Schaltungslayouts auf Kunststoffformteile aufzubringen. Die Metallisierung der Leiterbahnen erfolgt dabei zweistufig.

Im ersten Schritt werden die zu metallisierenden Bereiche laseraktiviert, im zweiten Schritt erfolgt die Metallisierung der aktivierten Oberfläche. In ersten Experimenten konnte die Funktionalität des Verfahrens nachgewiesen werden.

Es wurden für mehrere Kunststoffe geeignete Laser- und Prozessparameter ermittelt, die es ermöglichen, dünne Leiterbahnstrukturen auf den Kunststoffen zu erzeugen.

Rauheitsanalysen zeigen Zusammenhänge zwischen Laserbearbeitung und resultierender Oberfläche, die für Aussagen über die Haftfestigkeit genutzt werden sollen.

Ein erstes Muster einer Leiterbahnanordnung konnte erfolgreich hergestellt werden.

Projektpartner

Das neue Laser-MID-Verfahren wird im Rahmen eines Forschungsprojektes mit folgenden Projektpartnern entwickelt:

3D-Schilling Prototypen GmbH,
TU Ilmenau,
LCP Laser-Cut-Processing GmbH,
Jenaer Leiterplatten GmbH,
Gera-Ident GmbH

Dieses Forschungsprojekt wird gefördert vom
Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
ZIM – Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand
Förderkennzeichen VP2156319TA4

Literatur

- [1] Fraunhofer Institut Fertigungstechnik Materialforschung. www.ifam.fraunhofer.de (abgerufen im Dezember 2011).
- [2] Lanxess Deutschland GmbH. www.techcenter.lanxess.com (abgerufen im Dezember 2011).
- [3] J. Hupe, S. Fix, O. Steinius: Verfahren zur metallischen Beschichtung von Substraten. 198 22 075 DE, 16. Mai 1998.
- [4] Forschungsvereinigung Räumliche Elektronische Baugruppen 3-D MID e. V. http://www.3d-mid.de/cms/front_content.php?idcat=51. (abgerufen am 25.04.2016)
- [5] Lanxess Deutschland GmbH. Laser-Direkt-Strukturierung von dreidimensionalen Schaltungsträgern aus Pocan. 2006
- [6] M. Möhwald, A. Barz, J. Bliedtner, F. Ziegler, M. Uebel: Laser Beam Activation of CNT-Filled Polymer Blends. In: Lasertechnik Journal 2/2015, S. 52 - 55. Wiley-VCH, Weinheim 2015 ISSN 1613-7728 (print), 1863-9119 (online)

Damir Sokolov, EDAG Engineering GmbH Wolfsburg

Kontakt

EDAG Engineering GmbH
Projektkoordinator Lichttechnik und Simulation
Schweriner Straße 4
38444 Wolfsburg



Abstract

Die generative Fertigung von ultraleichten multifunktionalen Komponenten werden am Beispiel PKW Scheinwerfer (GenLight) dargestellt. Die Vision von EDAG ist die werkzeuglose Fertigung von komplexen Strukturen mit unerreichter Gestaltungsfreiheit und maximalem Leichtbaupotenzial für kleine Serien. Der GenLight verfolgt das Ziel, mittels einer bionischen 3D-gedruckten Kühlstruktur die Lichtleistung der LEDs und die Leistungsfähigkeit des Systems zu erhöhen.

Den nachfolgenden Beitrag in der ATZ 02|16 finden Sie unter

http://www.edag.de/fileadmin/edag/downloads_files/01_presse/presseclipping/2016/ATZ_Scheinwerfer_2025_02_2016.pdf



Generativ gefertigter Scheinwerfer Genlight (Quelle EDAG Engineering GmbH)



© Edag

Scheinwerfer 2025 Bionisch inspiriert und generativ gefertigt

3-D-Druck und Bionik erobern neue Anwendungen im Pkw. Edag hat eine Kombination aus Werkstoffen und Verfahren erdacht, mit der eine durchgehende generative Fertigung eines Scheinwerfers mit Ausnahme der Reflektoren möglich ist. Im Projekt namens GenLight wird die LED-Kühlleistung mit bionischen Kühlkörpern gesteigert. Bis 2025 könnte der Scheinwerfer Serienreife erlangen.

AUTOREN



Dipl.-Ing. Klaus Zander ist Teamleiter für Lichttechnik und Simulation und Verantwortlich für das GenLight-Projekt bei der Edag Engineering GmbH in Wolfsburg.



Damir Sokolov, M. B. Eng. ist Projektkoordinator Lichttechnik und Simulation bei der Edag Engineering GmbH in Wolfsburg.



Willi Schwarz ist Fachbereichsleiter Entwicklung Aufbau bei der Edag Engineering GmbH in Fulda.



Michael Frohnepfel ist Fachbereichsleiter Design Concepts bei der Edag Engineering GmbH in Fulda.

AKTUELL DREI TREIBER

In der automobilen Lichttechnik gibt es aktuell drei Treiber, die das Design von Scheinwerfern nachhaltig beeinflussen. Zum einen verlangt es tendenziell eine immer geringere vertikale Dimensionierung der Scheinwerfer. Zum anderen sollen mehr Lichtleistung auf die Straße gebracht und gleichzeitig das Gewicht und die Kosten weiter reduziert werden. Um diese Herausforderungen realiseren zu können, müssen die Domänen Design, Optikenwurf, Konstruktion, Thermomanagement und Fertigungstechnik künftig noch enger zusammenarbeiten. Es gilt, bei immer kürzer werdenden Entwicklungszeiten und Produktlebenszyklen ein Maximum an Performance des Produkts Scheinwerfer zu generieren.

Mit dem Projekt namens GenLight des Entwicklungsdienstleisters Edag wurde dieser Multi-Domänen-Ansatz aufgegriffen und in ein generativ gefertigtes Scheinwerferkonzept überführt. Als Vorlage diente der Scheinwerfer des Edag-Prototypfahrzeugs Light Cocoon. Ziel war es, per Plug-and-Play unter Nutzung der generativen Fertigung einen lichttechnisch zulassungsfähigen Scheinwerfer zu entwickeln, der ohne nennenswerte Einschnitte in das Fahrzeug integriert werden konnte. Die Ergebnisse aus dieser Arbeit werden im Folgenden vorgestellt.

AUSLEGUNG UND NOTWENDIGE DESIGNÄNDERUNGEN

Um den Herausforderungen begegnen zu können, wurden zunächst mehrere lichttechnische Konzepte erstellt. Es folgte eine Funktionsfestlegung der lichttechnischen Einzelkomponenten. Dabei wurde den hellen Streifen aus dem Anlaufbild die Tagfahrlichtfunktion (TFL) zugeordnet, wobei der untere Leuchtbereich zugleich als wischender Fahrtrichtungsanzeiger in einer Doppelfunktion fungiert. Der untere Leuchtbereich aus dem Light Cocoon wurde eingekürzt, um den gesetzlichen Vorgaben [1] des Breitenhöhen-Verhältnisses des wischenden Fahrtrichtungsanzeigers von 10 zu 6 (Stand: Januar 2015) gerecht zu werden. Der notwendige Bauraum für die Hauptlicht-Linsenmodule wurde durch Verlagerung der LEDs für die TFL-Funktionen in vertikaler Richtung geschaffen, sodass der Einsatz eines Lichtleiters für

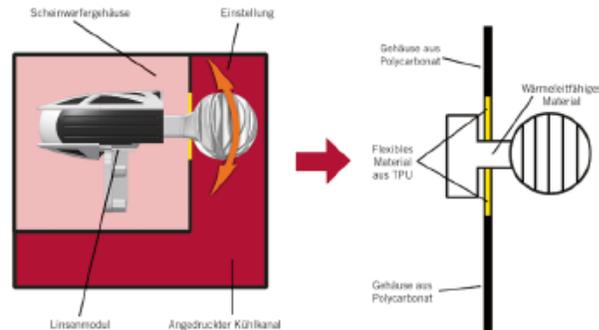


BILD 1 Schematischer Aufbau des Kühl- und Fügekonzepts für den GenLight-Scheinwerfer (© Edag)

das TFL unabhängig wurde. Um ein Höchstmaß an Homogenität der TFL-Signaturen zu erreichen, wurden vor den Lichtleitern Volumestreuer vorgesehen.

Nach der Designdefinition der Sichtseite folgte die Konzeption der Projektionsmodul-Einstellmöglichkeit. Bau-raumbedingt wurde nur die Möglichkeit der GrundEinstellung der Hauptlichtfunktionen umgesetzt. Beide Abblendlichtmodule werden im GenLight-Scheinwerfer relativ zueinander und über eine Koppelstange mithilfe eines Stellmotors je nach Beladungszustand des Fahrzeugs automatisch verstellt.

BIONISCHES KÜHLKONZEPT

Für die Kühlung der LEDs der Hauptlichtfunktionen wurde ein bionisches Kühlkonzept nach [2] aus dem Bereich der Strukturtheorie überführt, das eine möglichst effiziente Wärmeabfuhr gewährleisten soll. Dadurch konnte die Masse und das Volumen der Kühlkörper reduziert werden. Um einen Wärmestau im Scheinwerfer zu vermeiden, wurden die Kühlkörper auf der Außenseite des Gehäuses angebracht und nach einer Vorstudie dimensioniert, BILD 1.

Um nicht mehr Gewicht in das Fahrzeug zu bringen, zum Beispiel durch ein aktives Kühlsystem mit Zusatzlüftern, wurde die natürliche Ressource Fahrwind zur Steigerung der Kühlleistung identifiziert. Konstruktiv stellte sich die Frage, wie man den Luftstrom ohne zusätzliche Bauteile aus der Fahrzeugfront in das Scheinwerfergehäuse lenken könnte.

Dafür prädestiniert ist der durch generative Fertigung erstellte Rohbau des Light Cocoon, in den ohne aufwendige Werkzeuge und Zusatzbauteile oder Fügeverfahren ein Luftkanal eingebracht werden kann. Dieser kann zur Stiefigkeitserhöhung der Karosserie und sekundär zur Gewichtsreduktion am Fahrzeug beitragen. Der Luftmassenstrom wird an der Rückseite des Gehäuses geteilt, um die Kühlung der Einzelkühlkörper zu realisieren. Für die Verstellbarkeit des Linienmoduls wäre der Einsatz einer Gummimanschette notwendig, um die Dichtigkeit des Gehäuses beim erforderlichen Freigang zu gewährleisten.

VORTEILE DER GENERATIVEN FERTIGUNG

An dieser Stelle jedoch kommen die künftigen Vorteile der generativen Fertigung zum Tragen. Aus einem Arbeitskreis mit einem Lieferanten für Kunststoffe und einem Hersteller einer 3-D-Druckmaschine, die leicht modifiziertes Spritzgussgranulat in einem FDM-Schmelzverfahren nutzt, ging hervor, dass es bereits heute möglich ist, mit generativen Verfahren Materialpaarungen aus wärmeleitfähig modifiziertem Polycarbonat und thermoplastischem Polyurethan (TPU) als Mehrkomponentendruck darzustellen. In Verbindung mit einem in Zukunft möglichen Multi-Materialdruck kann somit die gesamte Gehäusestruktur inklusive des Plattformträgers in einem Fertigungsschritt hergestellt werden.

Mit diesem Grundkonzept wurden die Detailkonstruktion vorangetrieben und alle Vorzüge der generativen Fertigung genutzt. Zu ihnen zählt unter anderem der Wegfall von Einformrichtungen aus dem herkömmlichen Werkzeugbau. Aktuell weisen 3-D-Druckverfahren noch diverse Schwachstellen bei Festigkeit, Verzug und Temperaturbeständigkeit auf. Auf Basis einer aus dem Light-Cocoon-Projekt erstellten Werkstoff- und Fertigungsverfahrensmatrix konnten für dieses Projekt die geeigneten Kombinationen für die Bauteile des Scheinwerfers definiert werden, TABELLE 1.

Des Weiteren wurde der Frage nachgegangen, ob die unterschiedliche Oberflächenqualität der Bauteile, abhängig vom gewählten generativen Fertigungsverfahren, und eine mögliche Nachbearbeitung zielgerichtet im Sinne der Licht-

technik genutzt werden können. So wurde zum Beispiel bei der Hauptblende bewusst eine geringe Auflösung des CAD-Datensatzes beim Überführen in das STL-Format gewählt, um eine raue Oberfläche darzustellen. Dadurch kann auf zusätzliche und meist kostenintensive Bearbeitungsschritte wie das Einbringen von Strukturen in ein Werkzeug verzichtet werden. Daneben können sehr feine Darstellungen von Oberflächen in kleinsten Dimensionen im µm-Bereich realisiert werden.

OPTIKENTWICKLUNG

Der Definition des Fertigungsverfahrens der optisch nicht-relevanten Bauteile folgte eine Toleranzanalyse. Das optische System, BILD 2, für das Abblendlicht wurde dabei aus der LED-Leuchtmittel

Osram Ostar Headlamp Pro in Verbindung mit einem Reflektor-Shutter-System und einer vorgesetzten Linse gebildet. In BILD 3 ist die Abblendlichtverteilung des GenLight-Konzepts dargestellt.

Für das Fernlicht wurde das gleiche System mit angepasstem Reflektor und Linse ohne Shutter genutzt. Eine Toleranzanalyse ergab, dass optische Komponenten druckbar sind. Ausgenommen ist nur der Reflektor. Bei diesem kann auf ein einfaches Werkzeug mit vielen Kavitäten in Kombination mit einer Bedampfung zurückgegriffen werden.

Des Weiteren wurde ein Fertigungsverfahren definiert, mit dem beispielsweise Linsen hergestellt werden können. Bei dem Verfahren handelt es sich um das sogenannte Polyjet-Verfahren, bei dem ein Kunstharz in Verbindung mit UV-Strahlung zu der gewünschten Form

BILD 2 Strahlengänge des GenLight-Scheinwerfers in der Abblendlichtfunktion (© Edag)

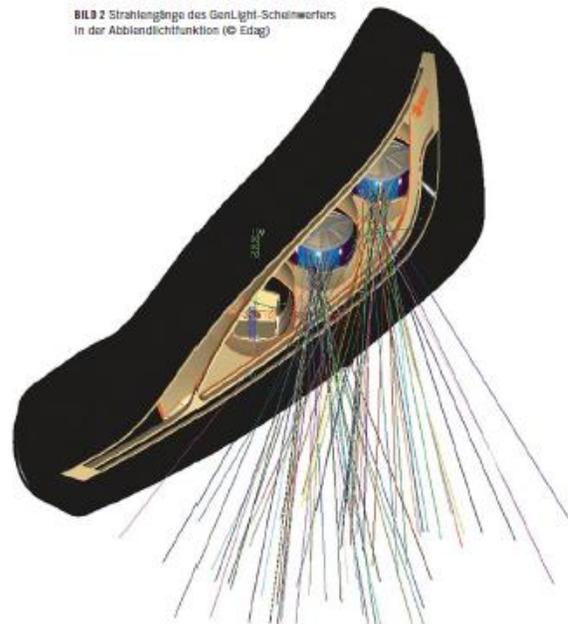


TABELLE 1 Übersicht über die Bauteile des Scheinwerfers und ihre prognostizierten Fertigungsverfahren (© Edag)

Bauteil des Scheinwerfers	Fertigungsverfahren	Werkstoff	Verfügbarkeit der Technik
Bionikstrukturen des TFL	SLS/FDM SLM ¹	Kunststoffe Aluminium	≥ 5 Jahre
Koppelstangen	SLS/FDM SLM ² 3-D-Faser-FDM ³	Kunststoffe Aluminium Kunststoffe + Kohlenstofffasern	≥ 5 Jahre
Koppelarme	SLS/FDM SLM ² 3-D-Faser-FDM ³	Kunststoffe Aluminium Kunststoffe + Kohlenstofffasern	≥ 5 Jahre
Halter für Leuchtwellenregulierung	SLS/FDM SLM ²	Kunststoffe Aluminium	≥ 5 Jahre
Kugelskopfaufnahmen	SLS/FDM	Kunststoffe	SLS: sofort FDM: ≥ 5 Jahre
Abschlusscheibe	Hochdrucktiefziehen mit generativem Werkzeug	Kunststoffe hoch transparent (optische Güte)	< 8 Jahre
Lichtleiter	SLA, Polyjet	Kunststoffe hoch transparent (optische Güte)	< 8 Jahre
Linsen	SLA, Polyjet	Kunststoffe hoch transparent (optische Güte)	< 8 Jahre
Diffuse TFL-Scheiben	FDM	Kunststoffe, opake Strou-Werkstoffe	< 8 Jahre
Gehäuse	FDM	Kunststoffe	< 8 Jahre
Frontpanel	FDM	Kunststoffe	< 8 Jahre
Blende des TFL	FDM; SLA	Kunststoffe	< 8 Jahre; SLA: sofort
Hauptblende	FDM; SLA	Kunststoffe	< 8 Jahre; SLA: sofort
Diverse Modulblenden	SLS	Kunststoffe	sofort
Reflektor + Shutter	3DP	Keramik	≥ 5 Jahre
Kühlkörper + Dichtung + Gehäuse	Multi-K-FDM	PC-TPU-wärmeleitfähiger Kunststoff	< 8 Jahre

Legende
 FDM = Schmelzschiichtung (Fused Deposition Modelling)
 3-D-Faser-FDM = 3-D-faserverstärkte Schmelzschiichtung
 SLA = Stereolithografie
 SLS = Selektives Lasersintern
 SLM = Selektives Laserschmelzen (Selective Laser Melting)
 3DP = 3-D-Druck
 Multi-K-FDM = Mehrkomponenten-Schmelzschiichtung

¹ Wenn die Funktionsintegration „Wärmeabfuhr“ bei hoher Spitztemperatur gefordert ist
² Wenn größte Momente übertragen werden sollen unter Anwendung von biotisch/topologisch angeleiteten (filigranen) Minimalstrukturen (Werkstoff-, Gewichtsoptimierung)
³ Wenn größte Momente übertragen werden sollen unter Anwendung von endlosfaserverstärkten generativ gefertigten Compositlösungen (natr. Werkstoff-, Gewichtsoptimierung)

führen kann. Die aktuell noch bestehenden werkstoffspezifischen Herausforderungen wie zum Beispiel die gelbliche Verfärbung der Linsen, die am erhöhten Absorptionskoeffizienten im niedrigen Wellenlängenbereich liegt, sollen neben der niedrigen Temperaturbeständigkeit der verwendeten Harze in einem Zeithorizont kleiner zwei Jahre gelöst werden. Darüber hinaus besteht aktuell eine technische Limitation der Linsenhöhe von circa 20 mm, die jedoch in den nächsten Jahren aufgehoben werden sollte.

Damit wäre die generative Herstellung von Lichtleitern ebenfalls möglich. Aufgrund des geringen zur Verfügung stehenden Bauraums, der Formgebung und der Vorgabe eines bestmöglichen homogenen Erscheinungsbilds über einen großen Winkelbereich wurde auf die bereits bewährte Einkopplung des Lichts in die negative x- oder z-Achse in den TFL-beziehungsweise Fahrtrichtungsanzeiger-Lichtleiter verzichtet. Es wurde eine

spezifische Mischung aller drei Raumrichtungen für die Lichtkopplung umgesetzt. Abschließend wurden Prismenoptiken ausgelegt und zur Lichtlenkung aufgebracht, die aktuell schon mithilfe generativer Verfahren darstellbar sind. Weiterhin trug der Einsatz von volumenstreuenden Werkstoffen vor der Optik zur Homogenität bei.

Im Entwicklungsprozess wurde in Abstimmung mit der Designarbeitsgruppe Abstand von dem ursprünglichen Ziel, einer totalen homogenen Anmutung des TFL, genommen und eine minimale Inhomogenität toleriert, um einen Kohlenfaser-Struktur-Effekt (CarbonLight) zu erhalten. Aktuell ist der Einsatz volumenstreuender Werkstoffe denkbar, jedoch soll im weiteren Verlauf des Projekts untersucht werden, inwieweit sich zum Beispiel Spritzgussgranulate für diesen Einsatzzweck anbieten, da sich durch einen gezielten Schichtenaufbau des Bauteils lichttechnische Eigenschaften erzielen lassen können.

INDIVIDUALISIERUNG DURCH LICHTTECHNIK ALS DESIGNELEMENT

Die TFL-Signaturen sollen in Zukunft über das Car-Connectivity-System separat per HMI oder Fernbedienung angesteuert werden können. Je nach Fahrweise – wie sportlich, effizient oder normal – kann das TFL angepasst werden. In BILD 4 werden die drei möglichen Modi eines schaltbaren Tagfahrlichts SDRL (Switchable DRL) dargestellt.

Im Sportmodus soll nur der obere, im Ecomodus nur der untere und im normalen Modus beide TFL-Signaturen vor Fahrantritt gewählt werden können, BILD 4. So eröffnet sich eine weitere Möglichkeit zur Personalisierung und Individualisierung des Fahrzeugs.

Dieses Konzept ist unter den gegebenen Randbedingungen zulassungstechnisch diskutabel. Daneben wurde im unteren Signaturbereich unter Verwendung selbstentwickelter Platinen mit aufgebracht 21 Nichia-LEDs (Typ NJS-W172AT) für das TFL und zusätzlichen 21 LEDs (Typ NC2A170A) in Kombination über eine eigenentwickelte Software ein wischender Fahrtrichtungsanzeiger realisiert. Dabei werden die PCB-Platinen auf einen Platinenträger aufgebracht.

Im Sinne der Funktionsintegration fungiert dieser Träger gleichzeitig als Aufnahme für den TFL-Lichtleiter und als Kühlkörper für die LEDs. Dabei lässt sich die Anzahl der gesamten Einzelkörper von 45 auf 2 reduzieren. Diese Bionikstruktur kann nach einer Qualitätsprüfung des Werkstoffs auf der gleichen Maschne wie das Gehäuse gedruckt werden. Weiterführend wäre denkbar, in diese Struktur Leiterbahnen einzubringen, um die Funktion des Bauteils um einen Freiheitsgrad zu erhöhen. Durch diese Maßnahmen können die Einzelteile drastisch reduziert und die Kosten für den Zusammenbau gesenkt werden.

THERMISCHE ABSICHERUNG DURCH CFD

Auf Basis der erzeugten Konzeptgeometrie des Scheinwerfers wurde eine CFD-Simulation mithilfe der Open-Source-Software OpenFoam durchgeführt, um die Funktionsfähigkeit des Stauluftsystems in Verbindung mit dem bionischen Kühlkörper nach [2] zu bestätigen. Die Absiche-

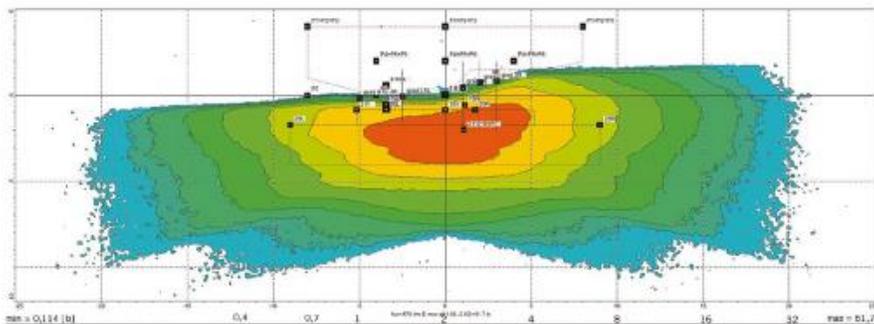


BILD 3 Simulationsergebnis in Beleuchtungsstärkekartendarstellung der Abblendlichtfunktion des GenLight-Scheinwerfers (© Edag)

Die Entwicklung durchlief dabei mehrere Einzelschritte. Im ersten Schritt wurde die reine Wärmeleitung des Kühlkörperkonzepts betrachtet, um sicherzustellen, dass der Wärmeeintrag der LED in den aktiv gekühlten Teil des Kühlkörpers geleitet wird. Anschließend folgte die Bewertung der Luftströmung, die die Wärme von der Kühlkörperoberfläche abführen soll. Das Ergebnis ist in BILD 5 ersichtlich.

Zunächst wurde als Werkstoff für den Kühlkörper Aluminium verwendet, um eine Vergleichbarkeit eines konventionellen Kühlkörperwerkstoffs mit dem eines wärmeleitfähigen Kunststoffes zu erhalten. Die Wärmeleitfähigkeit von derzeit verfügbaren Kunststoffen ist dabei in etwa um den Faktor 10 geringer als von Aluminium. Als

erste Annahme wurde eine geringe Strömungsgeschwindigkeit angesetzt. Diese trug zur Steigerung der Kühlleistung des Kühlkörpers bei. Für den aus Aluminium gefertigten Kühlkörper stellte sich dieser Ansatz bereits als ausreichend heraus. Für den Kunststoff mit der deutlich geringeren Wärmeleitfähigkeit reichte jedoch eine deutliche Erhöhung der Strömungsgeschwindigkeit nicht aus, um die LED ausreichend zu kühlen.

In einem letzten Schritt folgte die Ermittlung eines Kunststoffs, der unter gegebenen Bedingungen zur Kühlung der LED ausreichend ist. So wäre ein Kunststoff notwendig, dessen Wärmeleitkoeffizient um den Faktor 4 derzeit konventioneller wärmeleitender Kunststoffe übersteigt. Kunststoffe, die diese

Eigenschaften aufweisen, sind zwar aktuell denkbar, jedoch aufgrund des Nischenmarkts für aktuelle Serienprojekte nicht wirtschaftlich darstellbar.

FAZIT

Auf Basis des GenLight-Projekts konnte Edag folgende Erkenntnisse gewinnen: Zum einen eignen sich die vorgestellten Werkstoffe und Fertigungsverfahren teilweise bereits heute für den Einsatz im Bereich der Kleinserien. Zum anderen sollte der Scheinwerfer mit all seinen Komponenten im Jahr 2025 darstellbar sein. Das umgesetzte Stauluftsystem ist nachweislich funktionsfähig und kann mithilfe des 3-D-Drucks zur Gewichtsreduktion beitragen.

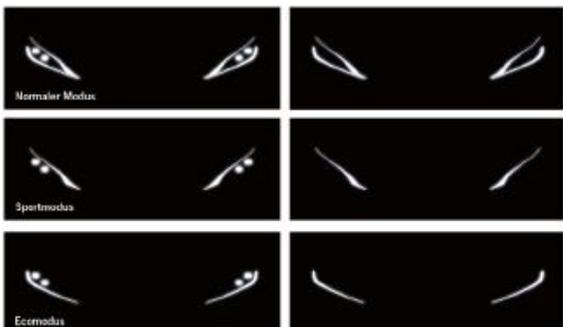


BILD 4 Darstellung des schaltbaren Tagfahrlichts SORL – mit Abblendlicht (linke Spalte) und ohne Abblendlicht (rechte Spalte) (© Edag)

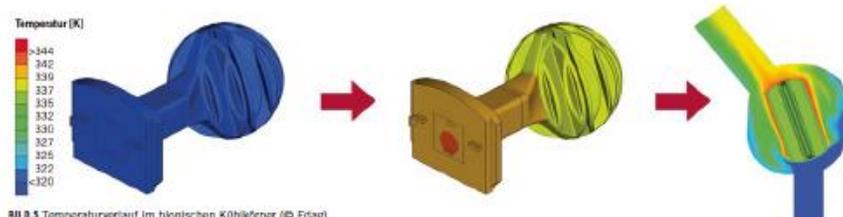


BILD 5 Temperaturverlauf im bläulichen Kühlkörper (© Edag)

Zusätzlich wird die Kühlleistung der bläulichen Kühlkörper gesteigert. Unter Berücksichtigung, dass ein bestimmter technischer Reifegrad der vorgestellten Fertigungsverfahren in Zukunft erfolgt, können die vorgestellten Ansätze in die Serie überführt werden. Schließlich wurde mit dem schaltbaren Tagfahrlicht (SDRL) der Reifegrad der Individualisierung und mit dem CarbonLight eine neue Annäherung des TFL eingeführt.

LITERATURHINWEISE

- [1] Economic Commission for Europe (ECE): World Forum for Harmonization of Vehicle Regulations (WP.29), <http://www.unece.org/trans/main/wp29/wp29.html>, abgerufen am 15. Januar 2015
- [2] Herbold, G.; Neumann, C.: Vorbild Natur: Bionische Strukturen zur Entwärmung von LEDs. Vortrag, 20. Gemeinschaftstagung Licht 2012 der Deutschen Lichttechnischen Gesellschaft e. V., der Niederländischen Lichtgesellschaft, der Lichttechnischen Gesellschaft Österreichs und der Schweizer Licht-Gesellschaft, Berlin, 2012

DANKE

Die Autoren danken Jörg Ohlsen, CEO von Edag, für seine Unterstützung des GenLight-Projekts sowie der Edag-Projektgruppe für die fachliche und organisatorische Unterstützung; Dr. Martin Hillebrecht, Leiter des Competence Center Leichtbau, Werkstoffe und Technologien, Fulda; Michael Berger, Innovationsmanager im CC Leichtbau, Werkstoffe & Technologien, Fulda; Shakoor Sath, Projektleiter Lichttechnik und Simulation, Wolfsburg; Sven Orloff, Teamleiter CAE, Hamburg; Martin Morgensiemer und Jan-Eike Rieks, Systemintegratoren Infotainment und Connectivity, Wolfsburg; Martin Fiedler, Projektleiter Konstruktion Licht & Sicht, Wolfsburg; Matthias Schlegel und Jörgen Hornig, Modell- und Prototypenbau, Fulda.

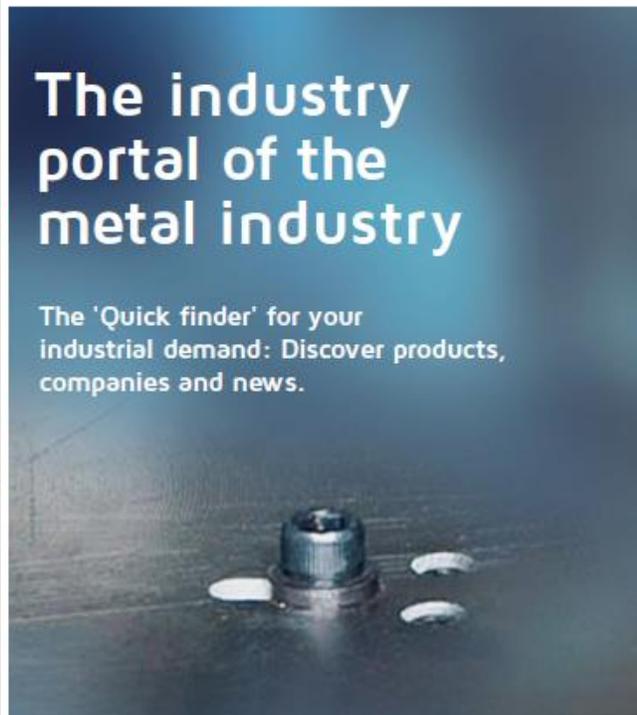
READ THE ENGLISH E-MAGAZINE
Test now for 30 days free of charge.
www.atz-worldwide.com

ATZ 02|2016 118. Jahrgang

metsearch
metsearch.net

The industry portal of the metal industry

The 'Quick finder' for your industrial demand: Discover products, companies and news.



SEKTION 3

Design und Datengenerierung

Oliver Jan Wagner, Rapidobject GmbH Leipzig

Kurzvita

Oliver Jan Wagner, Jahrgang 83, studierte Nachrichtentechnik (Bachelor of Engineering) und Informatik (Diplominformatiker FH).

Nach seinem Studium widmete er sich 6 Jahre der automatischen Audio Mustererkennung von Schimpansen innerhalb des Max-Planck-Instituts für evolutionäre Anthropologie sowie des Fraunhofer Instituts für digitale Medien als wissenschaftlicher Anwendungsprogrammierer.

Nach dem erfolgreichen Abschluss des geförderten Forschungsprojekts gründete er die 3D-Druck-Firma Mindprinter.

Seit Anfang 2015 ist Oliver Jan Wagner Produktionsleiter der Rapidobject GmbH.

Kontakt

Rapidobject GmbH

Weißenfelsener Straße 84

04229 Leipzig

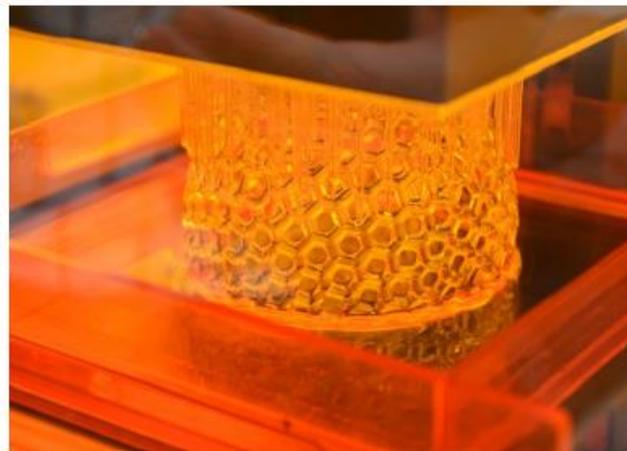
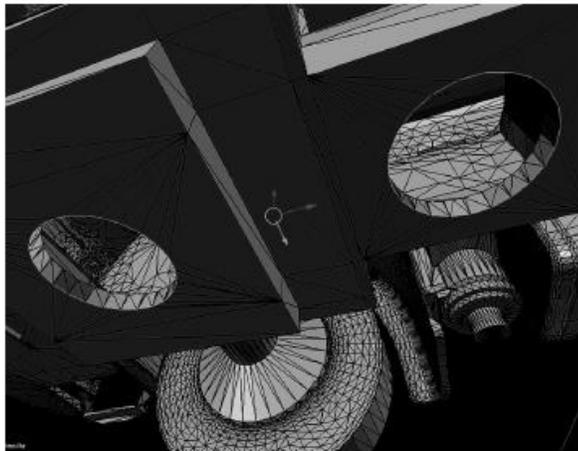
Tel.: (0341) 23 18 37 14

Mail: oliver.wagner@rapidobject.com



Vom 3D Drucker ins Museum

Geschichte zum Anfassen



Oliver Jan Wagner, Rapidobject

3. Mitteldeutsches Forum "3D-Druck in der Anwendung"

Aus digitaler Jetztzeit: T-Rex-Schädel



© Carola Radke/Naturkundemuseum Berlin (<http://www.ingenieur.de/Themen/3D-Druck/Original-zu-schwer-T-Rex-Schaedel-kommt-3D-Drucker>)

11.05.16

2

Aus digitaler Jetztzeit: T-Rex-Schädel



© Carola Radke/Naturkundemuseum Berlin (<http://www.ingenieur.de/Themen/3D-Druck/Orginal-zu-schwer-T-Rex-Schaedel-kommt-3D-Drucker>)

- Tristan im Naturkundemuseum in Berlin
- 66 Millionen Jahre altes Knochengerüst
- Höhe: 3,5m, Länge: 12m
- Erste Skelett eines Tyrannosaurus, das in Europa öffentlich gezeigt wird

Aus digitaler Jetztzeit: T-Rex-Schädel



© TU Berlin/Pressestelle/Philipp Arnoldt (<http://www.ingenieur.de/Themen/3D-Druck/Original-zu-schwer-T-Rex-Schaedel-kommt-3D-Drucker>)

- Riesenschädel mit Kiefern voller Zähne zu schwer für Skelett
-> möglichen Halsbruch durch 3D Druck Modell ausschließen
- Digitalisierung des Schädels mit Fotogrammetrie und CT-Scans
- 3D Druck von 50 Einzelknochen des Schädels in 30 Stunden



Forschungsgrundlage über Grenzen hinweg „Mine für Kupfer- & Zinkgewinnung“

Auf einen Blick

Projekt	<ul style="list-style-type: none">• Kidd Mine, weltweit tiefste Mine für Kupfer & Zink (3000 m), Ontario/Kanada
Auftraggeber	<ul style="list-style-type: none">• Museum focusTerra der ETH Zürich (Eidgenössische Technische Hochschule Zürich)
Anwendung	<ul style="list-style-type: none">• Forschungsexponat für Ausstellung
Material	<ul style="list-style-type: none">• Kunststoff• Oberflächenveredelung: Lackierung
Maße	<ul style="list-style-type: none">• 30 x 15 x 60 cm• Maßstab 1:5000• Wandstärke: nur 1,5 mm

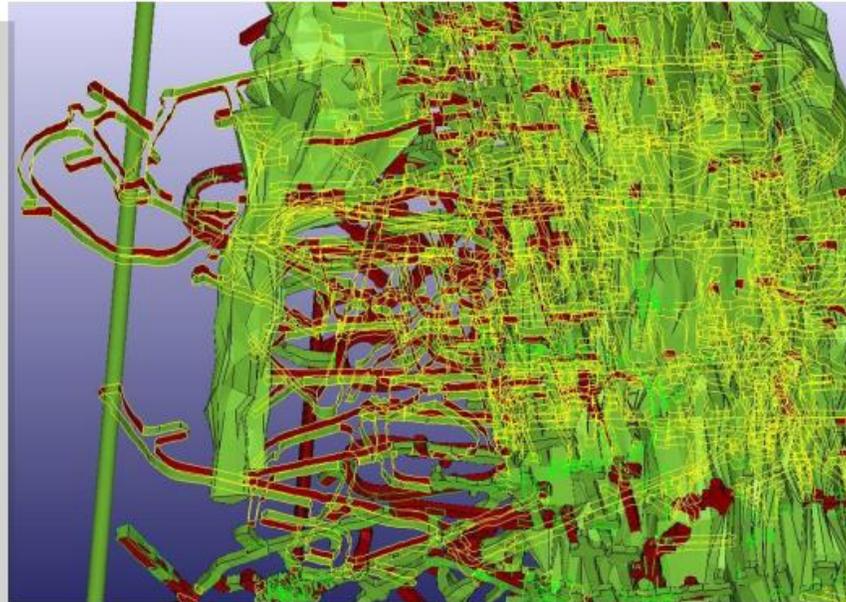
11.05.16

6

Datenbearbeitung für den Druck des filigranen Modells



Konstruierte 3D Daten



Fehlerhafte Daten (Rot: Löcher Gelb: Nicht verbundene
Kanten / Flächenüberlappungen)



Visualisierung

© Rapidobject GmbH

11.05.16

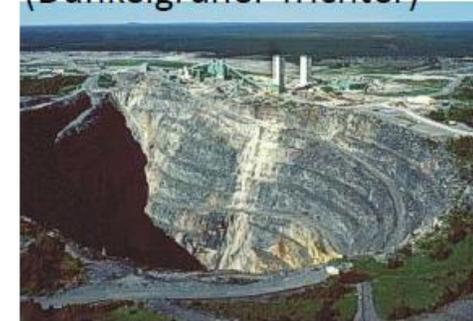
7

Kidd Mine als Forschungsexponat



© focusTerra, ETH-Zürich, Jon Etter, 2015

Tagebau ab 1966
(Dunkelgrüner Trichter)



©<http://blogs.agu.org/martianchronicles/2011/08/01/9800-feet/>

Untertagebau

Wandstärke von 1,5 mm

Ausstellung
„BodenSchätzeWerte – Unser
Umgang mit Rohstoffen“

11.05.16

8

Seismic Truck



Für den Abbau der Mine erhalten Geologen durch Schwingungen Informationen über Vorkommnisse von Kupfer und Zink



© MDR/ Dom zu Halberstadt

Archivierung bei Verlust oder zur Schonung des Originals Projekt „Dom zu Halberstadt“

Auf einen Blick

Projekt	<ul style="list-style-type: none">• Altarrelief des Doms zu Halberstadt
Auftraggeber	<ul style="list-style-type: none">• MDR
Anwendung	<ul style="list-style-type: none">• Requisite für Dokumentarfilm
Material	<ul style="list-style-type: none">• Kunststoff• Oberflächenveredelung: Lackierung
Maße	<ul style="list-style-type: none">• 30 x 15 x 60 cm• Maßstab 1:5000• Wandstärke: nur 1,5 mm

MDR Doku „Dom zu Halberstadt“: Altarrelief wieder komplett



© MDR/ Dom zu Halberstadt

11.05.16

12

Historische 3D Druck Modelle als Filmrequisiten



3D Modeling



3D Druck Modell als Requisite



Original: nur zum Abfilmen geeignet

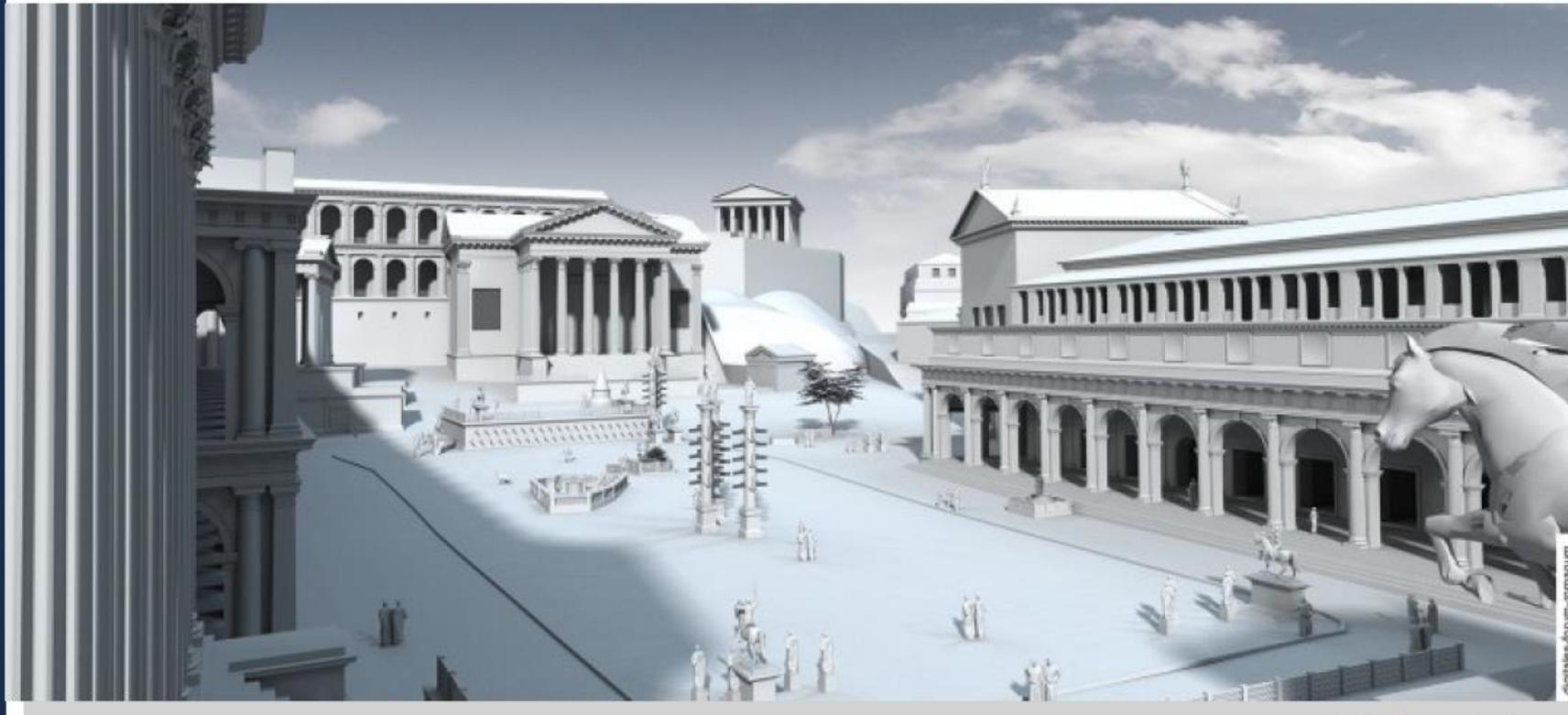
© MDR/ Dom zu Halberstadt



Rekonstruktionen von zerstörten Anlagen: „Forum Romanum“

Auf einen Blick

Projekt	<ul style="list-style-type: none">• Forum Romanum
Auftraggeber	<ul style="list-style-type: none">• Winkelmann Institut der Humboldt-Universität zu Berlin
Anwendung	<ul style="list-style-type: none">• Architekturmodelle für Ausstellung
Material	<ul style="list-style-type: none">• Kunststoff
Maße	<ul style="list-style-type: none">• Größtes Modell: 28 cm x 4 cm x 2,6 cm• Maßstab 1:350



© Winkelmann Institut

11.05.16

16

Tempel „Aedes Castoris“



Tempelruine



3D Daten



3D Druck Modelle

- Einer der ältesten Tempel auf dem Forum Romanum (484 v. Chr.)

© <https://www.experia.de/Forum-Romanum-Rom.d502481.POI>

- 10 cm x 15 cm x 10 cm
- Maßstab 1:350)

© Rapidobject GmbH

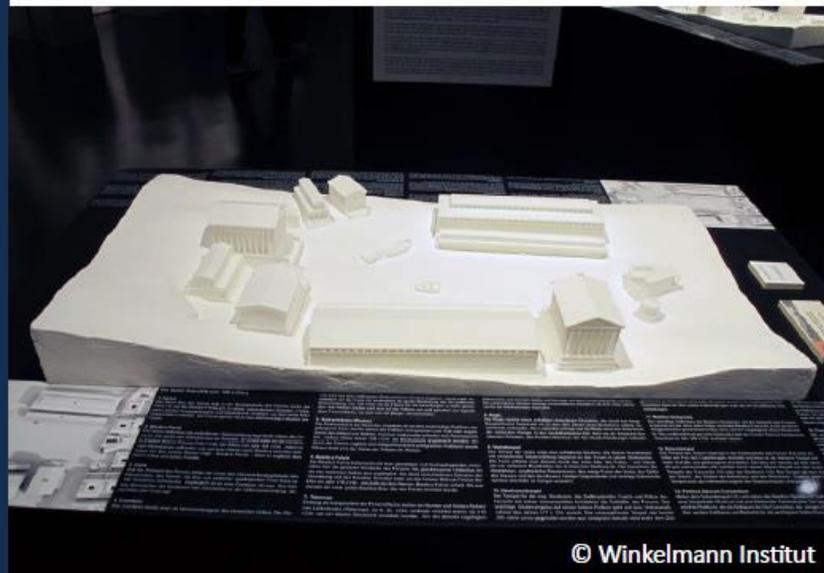
- PA2200

© Rapidobject GmbH

Das Zentrum der politischen Macht in verschiedenen Bauphasen

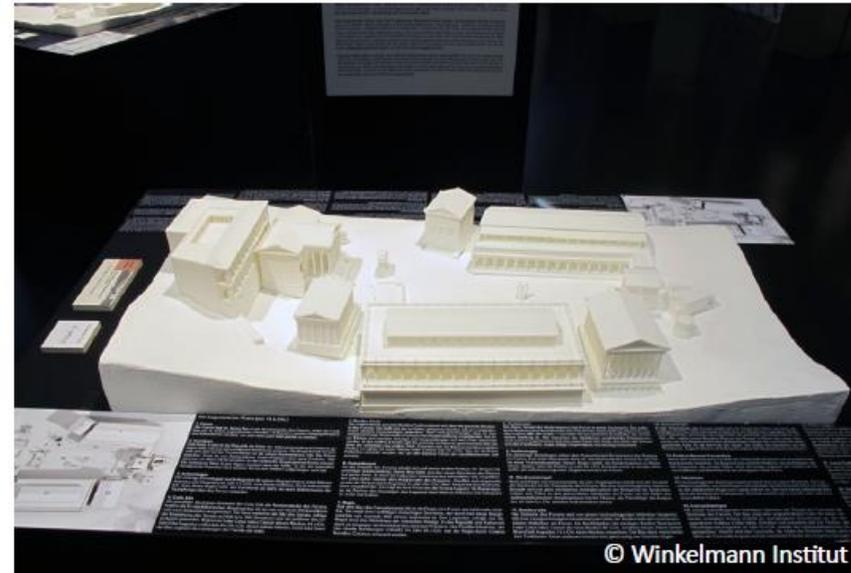


© Winkelmann Institut



© Winkelmann Institut

Bauphase um 100.v.Chr



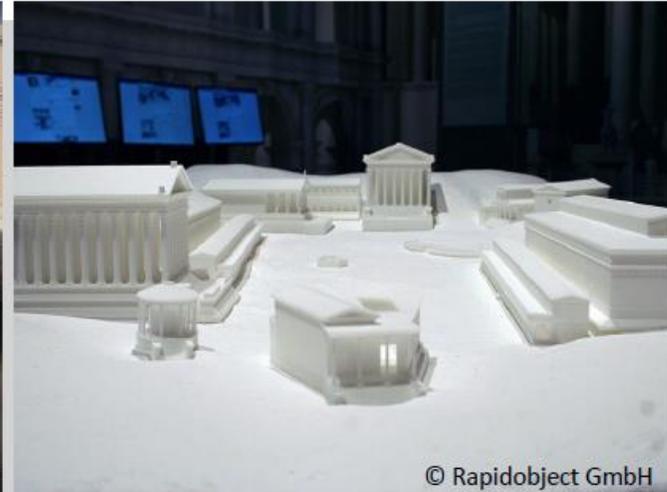
© Winkelmann Institut

Bauphase um 14 n. Chr.

11.05.16

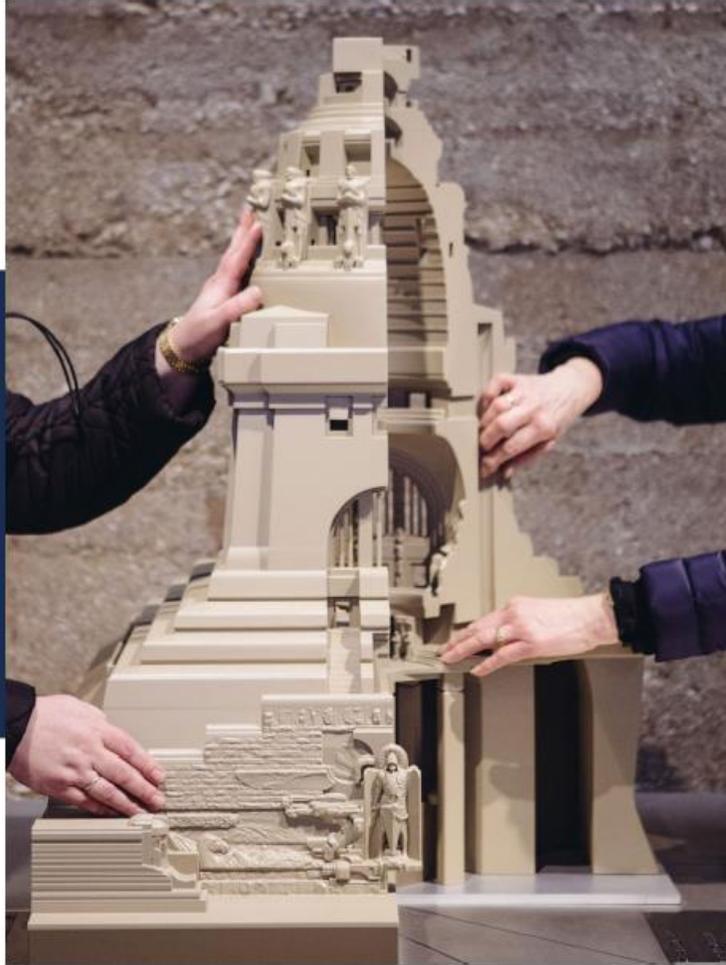
18

Eröffnung der Ausstellung in der Humboldt-Universität zu Berlin



11.05.16

19



Übergroße Objekte in verschiedenen Maßstäben „Völkerschlachtdenkmal Leipzig“

© Rapidobject GmbH

Auf einen Blick

Projekt	<ul style="list-style-type: none">• Völkerschlachtdenkmal
Auftraggeber	<ul style="list-style-type: none">• Stadtgeschichtliches Museum Leipzig
Anwendung	<ul style="list-style-type: none">• Exponat für Dauerausstellung
Material	<ul style="list-style-type: none">• Kunststoff• Oberflächenveredelung: Lackierung
Maße	<ul style="list-style-type: none">• 91 cm• Maßstab 1:100

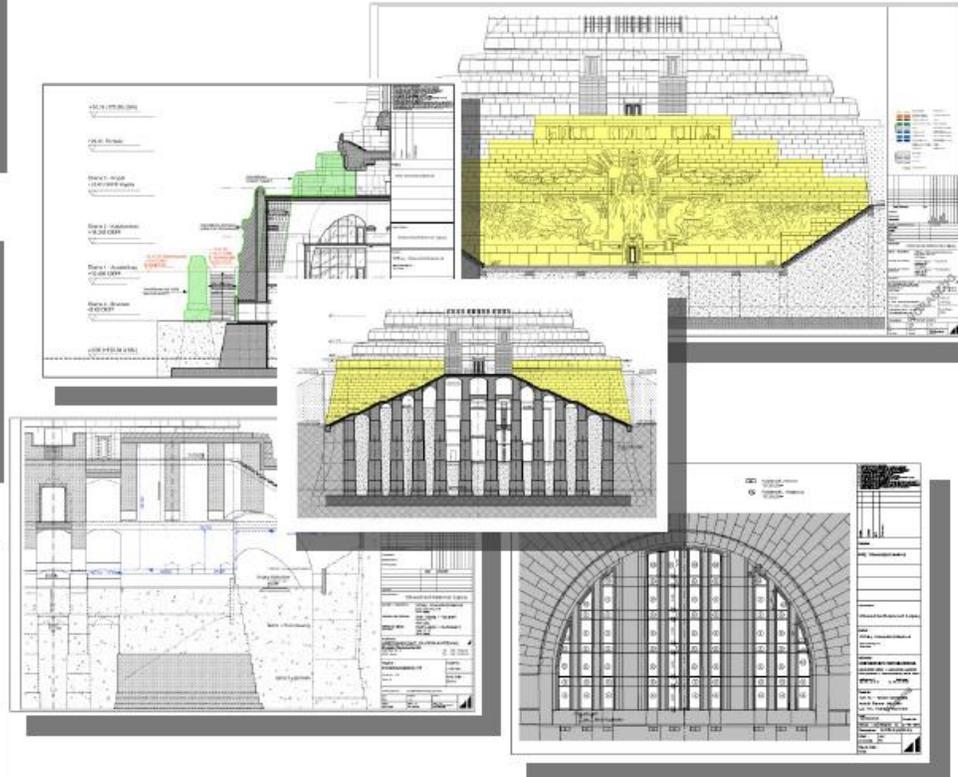
Vorlagen für das 3D Modeling



Fotos

© Stadtgeschichtliches Museum Leipzig

11.05.16

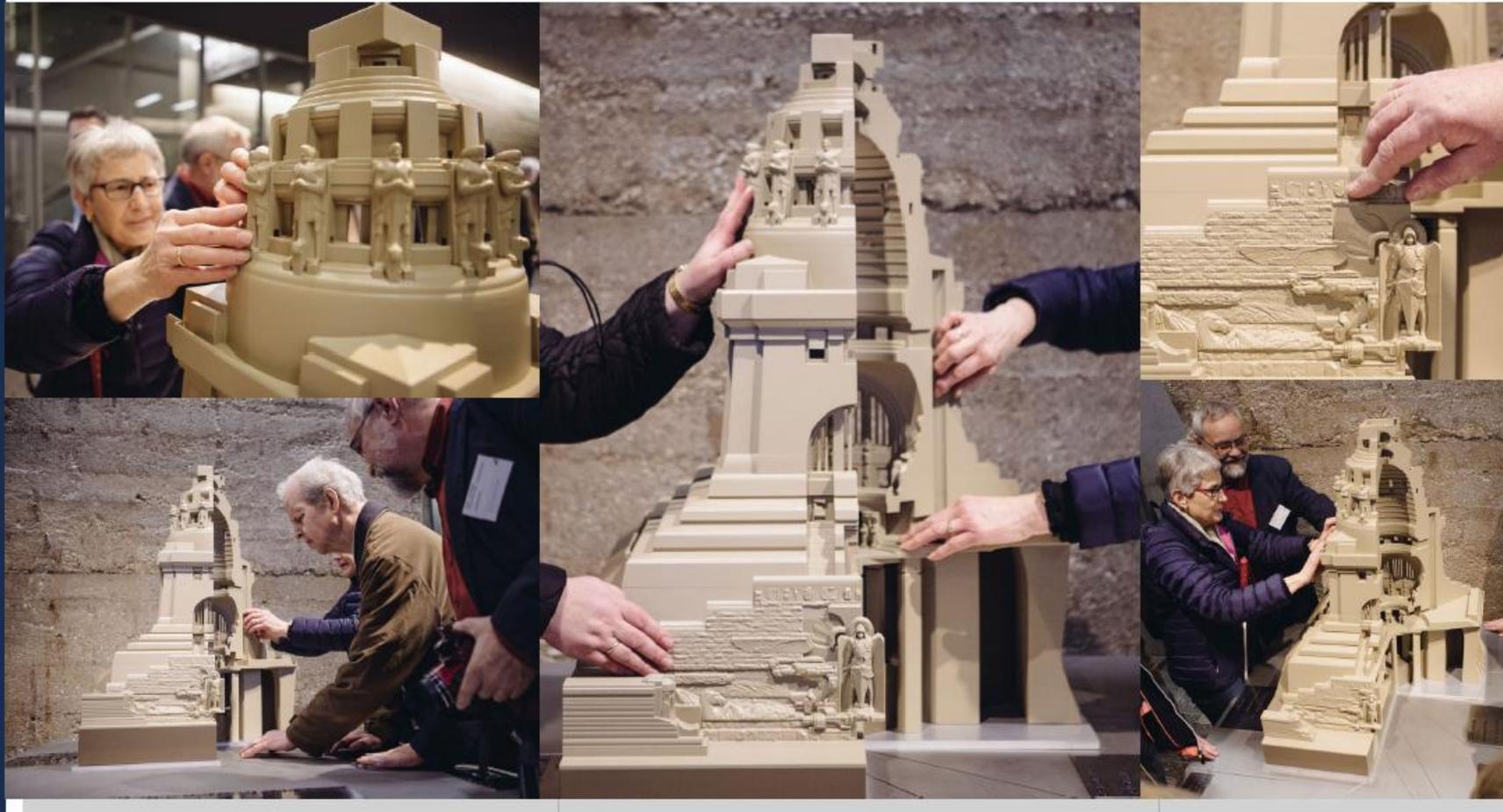


Planzeichnungen

© Stadtgeschichtliches Museum Leipzig

22

Völkerschlachtdenkmal im Völkerschlachtdenkmal



© Rapidobject GmbH

11.05.16

23



© Rapidobject GmbH

Vorlage zur Rekonstruktion im Außenbereich „Gellert-Medaillon“

Auf einen Blick

Projekt	<ul style="list-style-type: none">• Medaillon von Christian Fürchtegott Gellert für Grabplatte im Grassimuseum Leipzig
Auftraggeber	<ul style="list-style-type: none">• Kulturamt Leipzig
Anwendung	<ul style="list-style-type: none">• Repikat
Material	<ul style="list-style-type: none">• Transparenter Kunststoff• Bronzeguss
Maße	<ul style="list-style-type: none">• 32 cm Durchmesser

Grabplatte im Außenbereich des Grassimuseums Leipzig



© Rapidobject GmbH



© Rapidobject GmbH

11.05.16

26

Gipsabdruck

Vorlage zum berührungslosen 3D Scannen



rapidobject
ideenzumanfassen



© Rapidobject GmbH



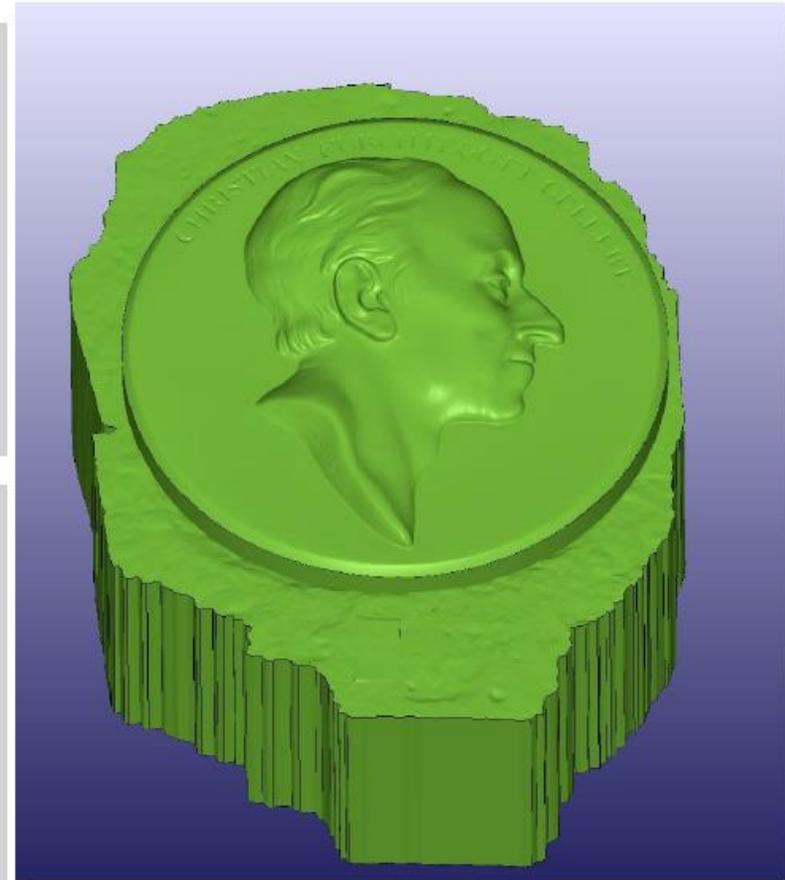
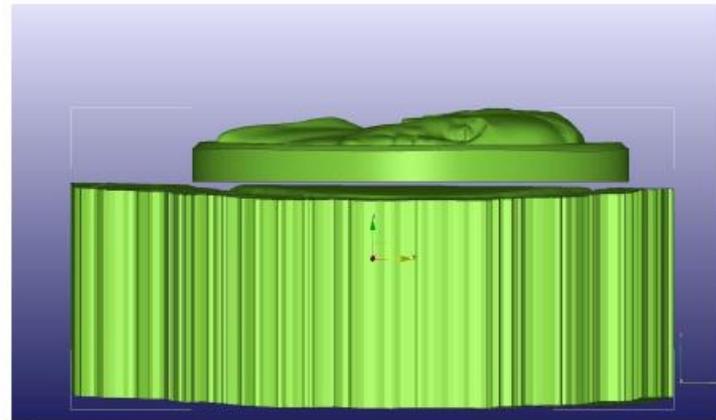
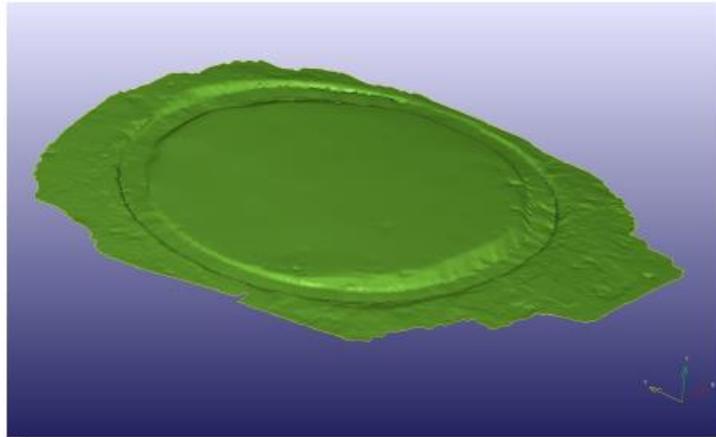
© Rapidobject GmbH

11.05.16

27

Erhobene 3D Daten

Inkl. Unebenheiten der Grabplatte



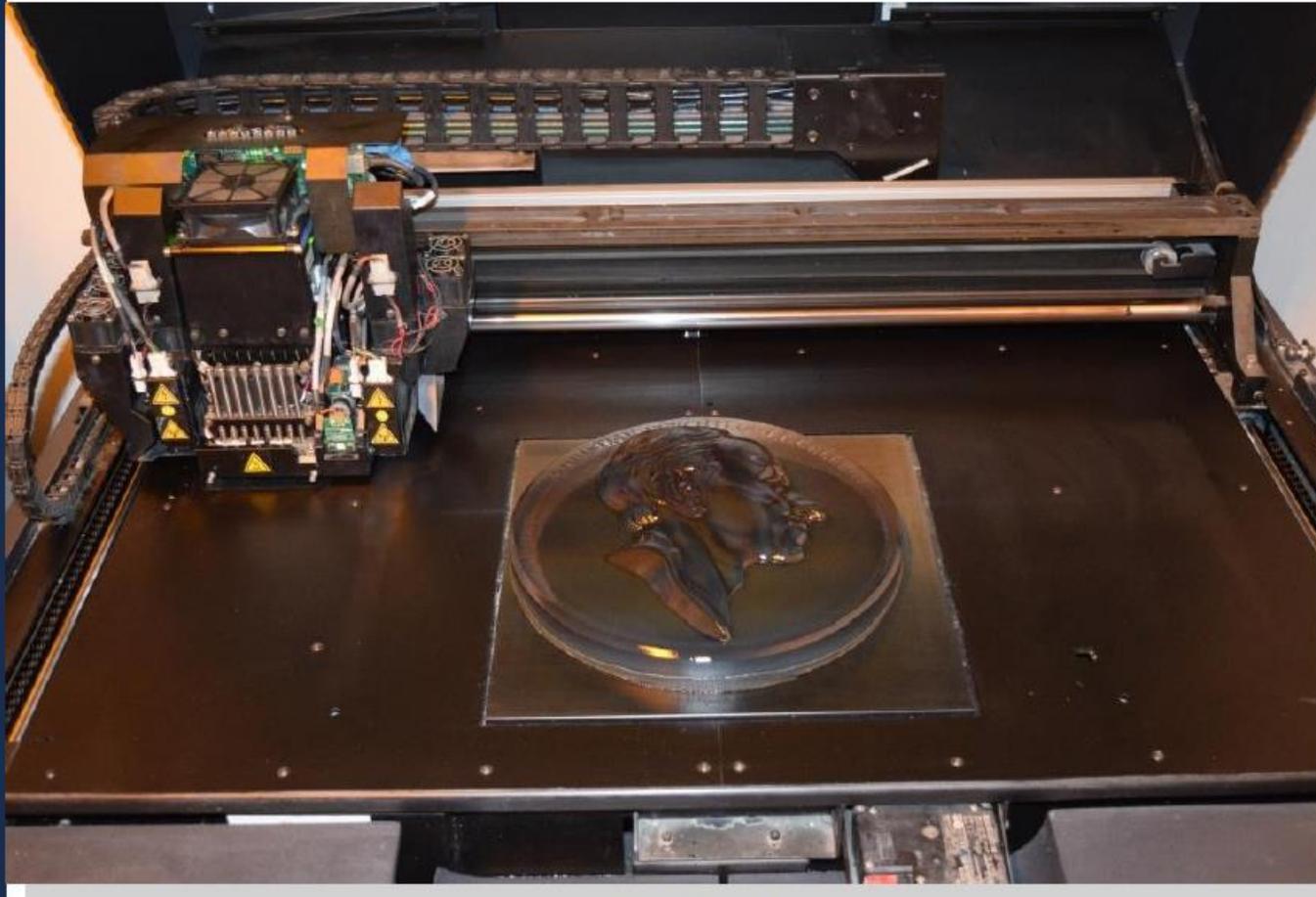
© Rapidobject GmbH

11.05.16

28

3D Druck Modell im 3D Drucker

Volle Auslastung des Bauraumes



© Rapidobject GmbH

11.05.16

29

Kunststoffmodell als detailgenaue Vorlage



3D Druck Modell

© Rapidobject GmbH



Medaillon aus Bronze

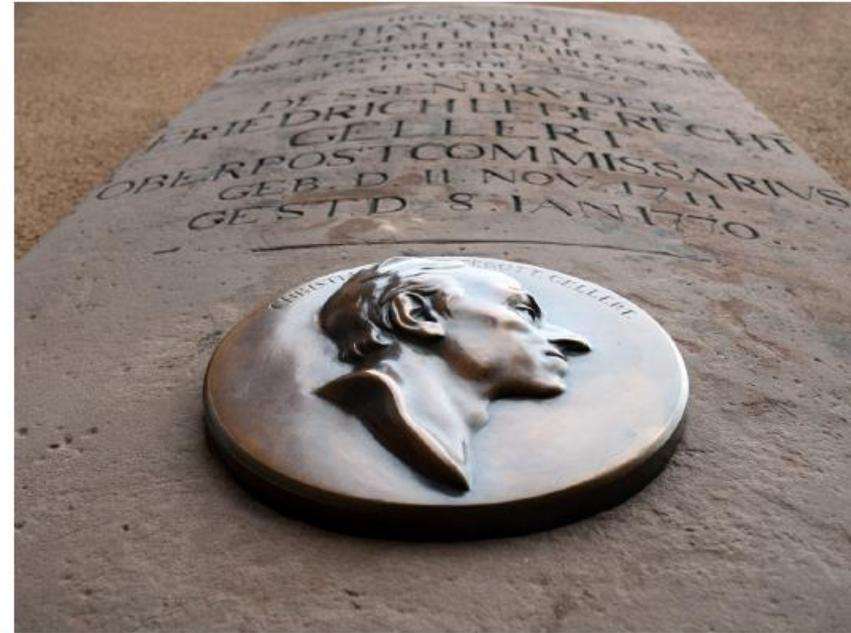
© Rapidobject GmbH

Fertiges Bronzemodell

Außenfassade des Grassimuseums Leipzig



rapidobject[®]
ideenzumanfassen



Medaillon aus Bronze

© Rapidobject GmbH

11.05.16

31



© Rapidobject GmbH

Tastmodelle für Blinde „3D Druck historischer Wandgemälde“

Auf einen Blick

Projekt	<ul style="list-style-type: none">• Wandgemälde der Albrechtsburg Meißen
Auftraggeber	<ul style="list-style-type: none">• Schlösserland Sachsen
Anwendung	<ul style="list-style-type: none">• Tastmodell für Blinde und Sehbehinderte
Material	<ul style="list-style-type: none">• Kunststoff• Oberflächenveredelung: Farbe
Maße	<ul style="list-style-type: none">• 37 x 29 x 4 cm

3 Wandgemälde als Vorlagen



Gründung der Burg
Meißen durch Heinrich
I. im Jahr 929



Bestürmung der Burg
Meißen durch Herzog
Mieszko v. Polen in 1015



Einzug Konrads des
Großen auf die Burg
Meißen in 1127

Anforderungen

- Umsetzung von 3 Szenen/Wandbildern (19. Jh.)
 - Fokus auf Details
 - Mehrere Höhenniveaus
- Ziel: Szenen für Blinde ertastbar



Gründung der Burg Meißen durch
Heinrich I. im Jahr 929
Vorlage aus 1877



Bestürmung der Burg Meißen durch
Herzog Mieszko von Polen in 1015,
Vorlage aus 1879



Einzug Konrads des Großen auf die
Burg Meißen in 1127,
Vorlage aus 1879

© Rapidobject GmbH

11.05.16

35

Pressekonferenz in der Albrechtsburg Meißen



11.05.16

© Rapidobject GmbH

36

 : www.rapidobject.com

 : www.facebook.de/Rapidobject

Sie finden uns auch auf:  

Oliver Jan Wagner
Produktionsleiter

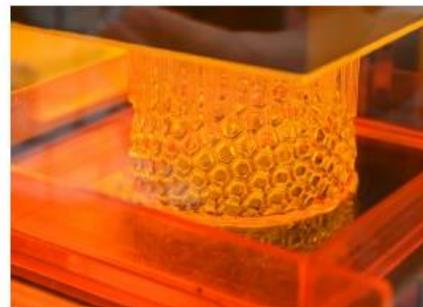
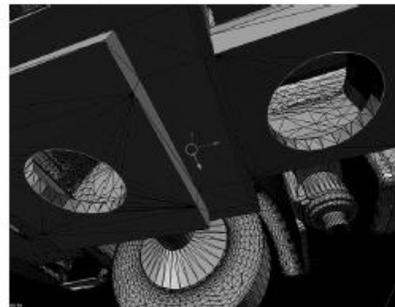
oliver.wagner@rapidobject.com

Unsere Leistungen:

3D Druck
3D Datenkonvertierung
3D Scannen

3D Modeling
3D Visualisierung
3D Konstruktion

3D Fräsen
3D Modell Veredelung
3D Schulung



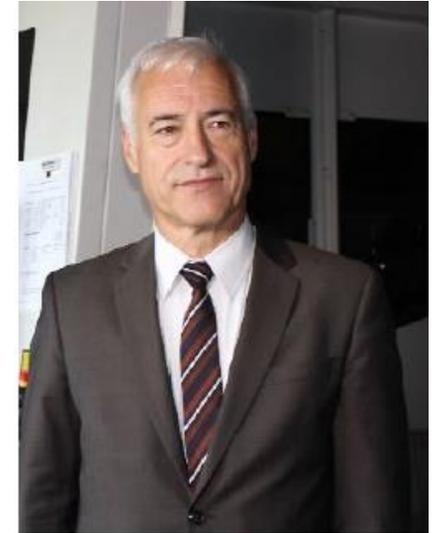
Horst Exner, Laserinstitut Hochschule Mittweida

Kurzvita

Geburtsdatum: 05. Dezember 1954

Akademischer Werdegang

Grad	Fachbereich / Betreuer	Datum	Universität
Dr. h.c.	Physik / Prof. Dr. rer. nat. Lazov	2011	TU Gabrovo
Dr.-Ing.	Physik / Prof. Dr. rer. nat. sc. nat. Zscherpe	1984	Ingenieurhochschule Mittweida
Dipl.-Ing.	Elektrotechnik / Prof. Dr.-Ing. sc. techn. Boden	1980	Ingenieurhochschule Mittweida



Beruflicher Werdegang

Position	Datum	Beschreibung
Institutsdirektor	seit 2010	Laserinstitut Hochschule Mittweida
Prorektor Forschung	2006-2010	HS Mittweida, Rektorat
Institutsdirektor	seit 1997	Laserinstitut Mittelsachsen e.V.
Professor für Physikalische Technik / Laseranwendungen	seit 1992	HTW Mittweida (FH)
Technischer Leiter	ab 1988	IH Mittweida , Laserapplikationszentrum (LAZ)
Entwicklungsingenieur für Lehre und Forschung	ab 1984	IH Mittweida, Sektion Elektroniktechnologie
Wissenschaftlicher Assistent	1980-1984	IH Mittweida, Sektion Elektroniktechnologie

Horst Exner, Laserinstitut Hochschule Mittweida

Kurzvita

Patente: mehr als 40

Publikationen: mehr als 200

Kontakt

Laserinstitut Hochschule Mittweida

Prof. Dr. Horst Exner

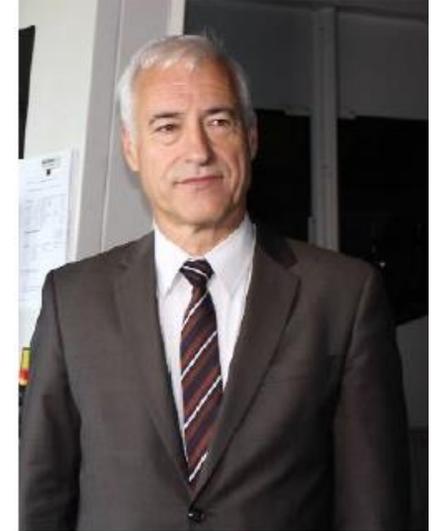
Technikumplatz 17

09648 Mittweida

Tel.: (03727) 581413

Mail: exner@hs-mittweida.de

Web: <http://www.laserinstitut.org>



Abstract

High Speed Drucken von Mikrostrukturen aus Metall mit Micro Cladding

Martin Erler, Robby Ebert, Matthias Horn, Stefan Gronau, Sascha Klötzer, Horst Exner

Micro Cladding ist ein Verfahren zum flexiblen Generieren von Mikrostrukturen auf beliebig gekrümmten Oberflächen. Die Besonderheit der speziellen Variante am Laserinstitut Hochschule Mittweida liegt in der Nutzung eines gepulsten Faserlasers in Verbindung mit einer schnellen Strahlablenkung. Das bietet den Vorteil der Steuerung des Energieeintrags im Mikrometerbereich und der Minderung der thermischen Belastung des Substrates sowie der aufzutragenden Struktur. Eine weitere Besonderheit stellt die gezielte Erzeugung von Mikrokavitäten zur Pulverspeicherung während des Aufbauprozesses dar. Damit konnte eine erhebliche Erhöhung der Volumenbaurate erzielt werden.

Hochrate Micro Cladding ist die Weiterentwicklung des Micro Cladding Verfahrens durch Skalierung der Prozessparameter Pulsfrequenz, Scangeschwindigkeit und mittlere Laserleistung. Hierfür kommen derzeit zwei verschiedene Strahlquellen und Strahlablenksysteme zum Einsatz. Zum einen werden ein kurzgepulster Hochleistungsfaserlasers und ein Hochleistung-Galvanometer-Scanner verwendet, zum anderen ein cw-Hochleistungsfaserlasers in Verbindung mit einem akustooptischen Modulator und einem Polygonspiegelscanner.

Abstract

Mit dem Verfahren ließen sich extrem hohe Volumenbauraten von bis zu 3.900 mm³/h (Steigerung: Faktor 20 gegenüber Micro Cladding) bei Ablenkgeschwindigkeiten bis 100 m/s erzielen. Der Fokusbereich betrug dabei 73 µm und die mittlere Leistung 200 W. Die Auflösung der Strukturen konnte durch Anwendung extrem kurzer Pulse mit einer Dauer von 30 ns bis auf 20 µm erhöht werden. Dafür wurde ein Fokusbereich von 23 µm angewandt. Durch geschickte Prozessführung konnten ein Array von elastischen Mikronadeln mit einem Durchmesser von 35 µm und einer Länge von 3,6 mm sowie Mikroröhrchen mit einem Außendurchmesser von 130 µm bei einer Wandstärke von 35 µm erzeugt werden.

Für die Untersuchungen wurde überwiegend ein Edelstahlpulver mit Korngrößen kleiner 10 µm verwendet. Andere Metalle wie z.B. Kupfer konnten jedoch auch erfolgreich aufgetragen werden.

Mögliche Anwendungen zum High Speed Drucken von 3D-Mikrostrukturen sind in der Oberflächenstrukturierung zur Reduzierung von Strömungswiderständen, in der Erzeugung von Mikrostrukturen mit Hinterschneidungen auf Turbinenschaufeln zur Stabilisierung von Thermoschichten oder in der Erzeugung von Mikro-Heizelementen sowie der Reparatur von Mikroteilen zu finden. Die Mikroröhrchen und -nadeln könnten für medizinische Anwendungen eingesetzt werden.



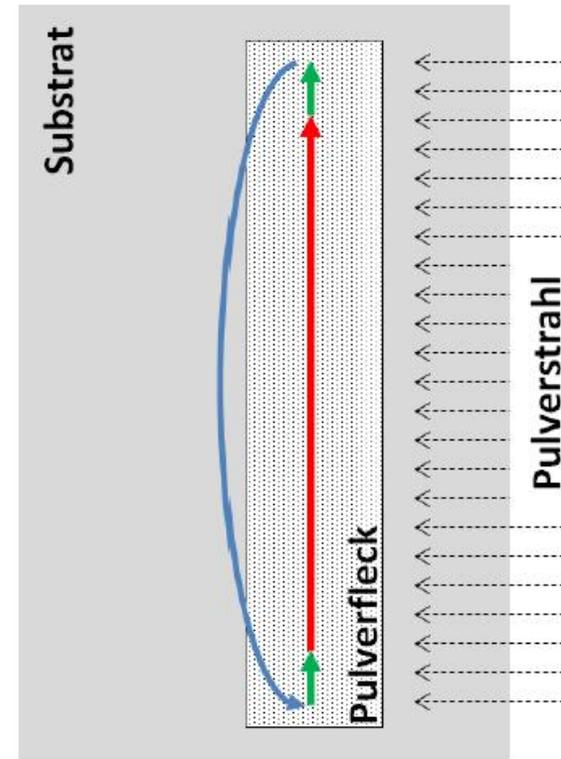
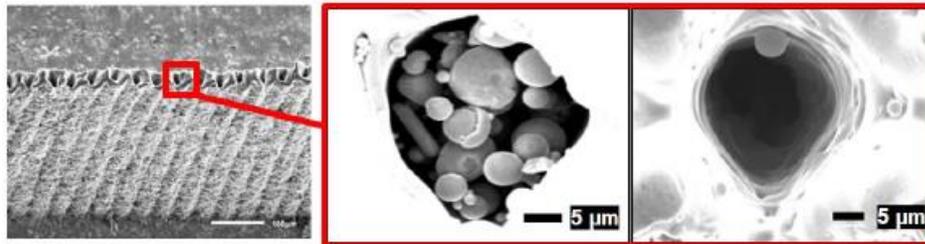
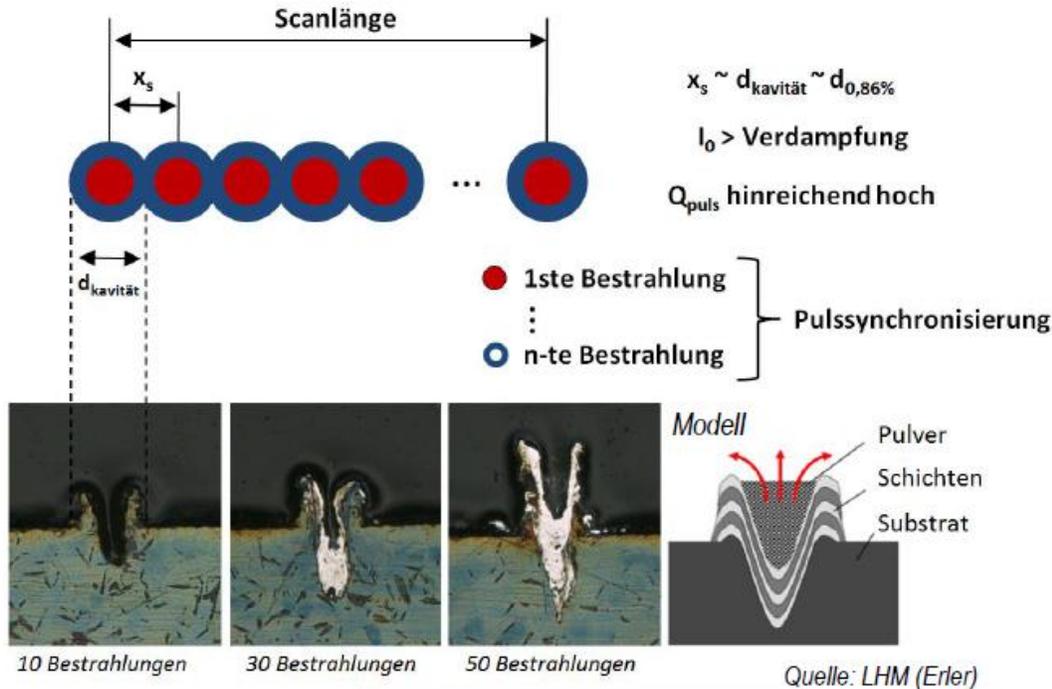
PROF. DR.-ING. DR. H.C. HORST EXNER

HIGH SPEED DRUCKEN VON MIKROSTRUKTUREN 
AUS METALL MIT MICRO CLADDING

- Stand der Wissenschaft
- Ergebnisse zum Hochrate Micro Cladding
 1. Mit kurzgepulsten Faserlaser und Galvanometer-Scanner
 2. Mit modulierter cw-Laserstrahlung und Polygonspiegelscanner
 3. Demonstratoren
- Zusammenfassung der Ergebnisse
- Ausblick / Wie könnte es weiter gehen?

STAND DER WISSENSCHAFT

!!! Im Gegensatz zu herkömmlichen Verfahren → Verwendung von Nanosekundenpulsen in Kombination mit Galvanometer-Scanner !!!



- Scanlänge
- Beschleunigungsstrecken
- Rücksprung (+ Scannerdelays)

	Bearbeitungs- geschwindigkeit	Spurbreite	Einzel- schichthöhe	Strecken- energie	Intensität
LHM	2.000 mm/s	50 μm	0,7 μm	< 0,1 J/cm	> 10^8 W/cm ²
Stand der Technik	< 100 mm/s	30-50 μm	5-10 μm	> 10 J/cm	< 10^6 W/cm ²

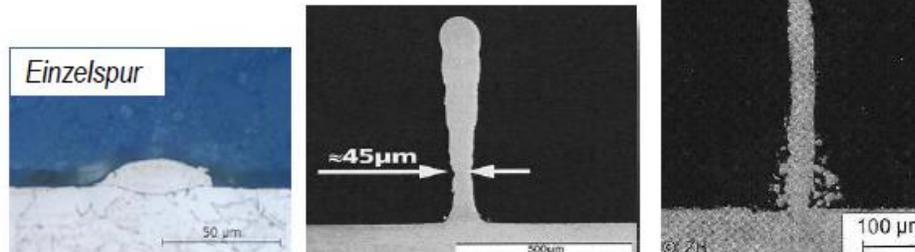
1500
Bestrahlungen



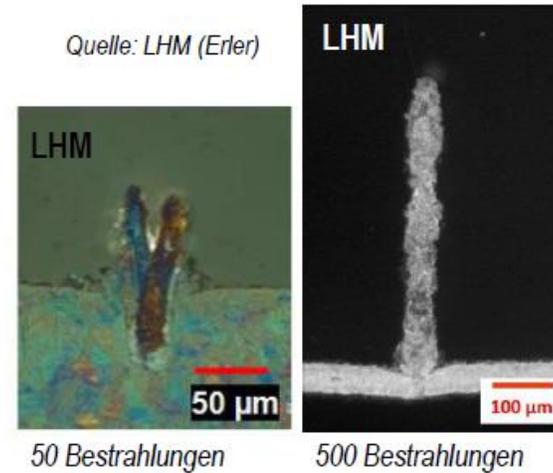
Vergleich zum Stand der Technik

- 2-3fach schnellerer Materialauftrag
- Minimaler Wärmeeintrag

Quelle: Fraunhofer ILT und IWS, LZH Hannover



Quelle: LHM (Erler)



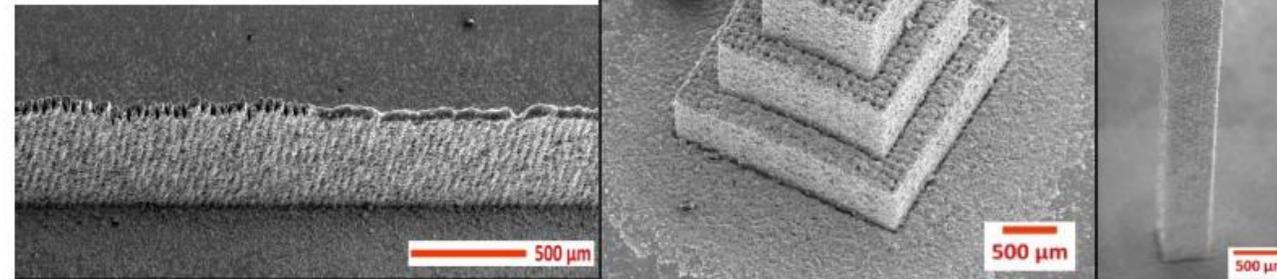
BISHERIGE ERGEBNISSE UND PROJEKTZIELE

	<u>bisher</u>	Ziele:	1. Galvo + pw	2. Polygon + cw
▪ Laserleistung :	14 W	→	140 W	1,4 kW
▪ Ablenkgeschwindigkeiten:	2 m/s	→	20 m/s	200 m/s
▪ Pulswiederholfrequenzen:	50 kHz	→	500 kHz	cw
▪ Strukturauflösung:	50 µm	→	gleich oder kleiner	
▪ Volumenbaurrate:	187 mm³/h	→	Faktor 10	Faktor 100

weitere Ziele:

- Untersuchung unterschiedlicher Materialkombinationen
- Generierung von Demonstratoren

Beispiele (bisher)

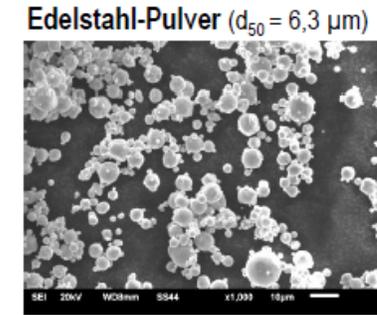
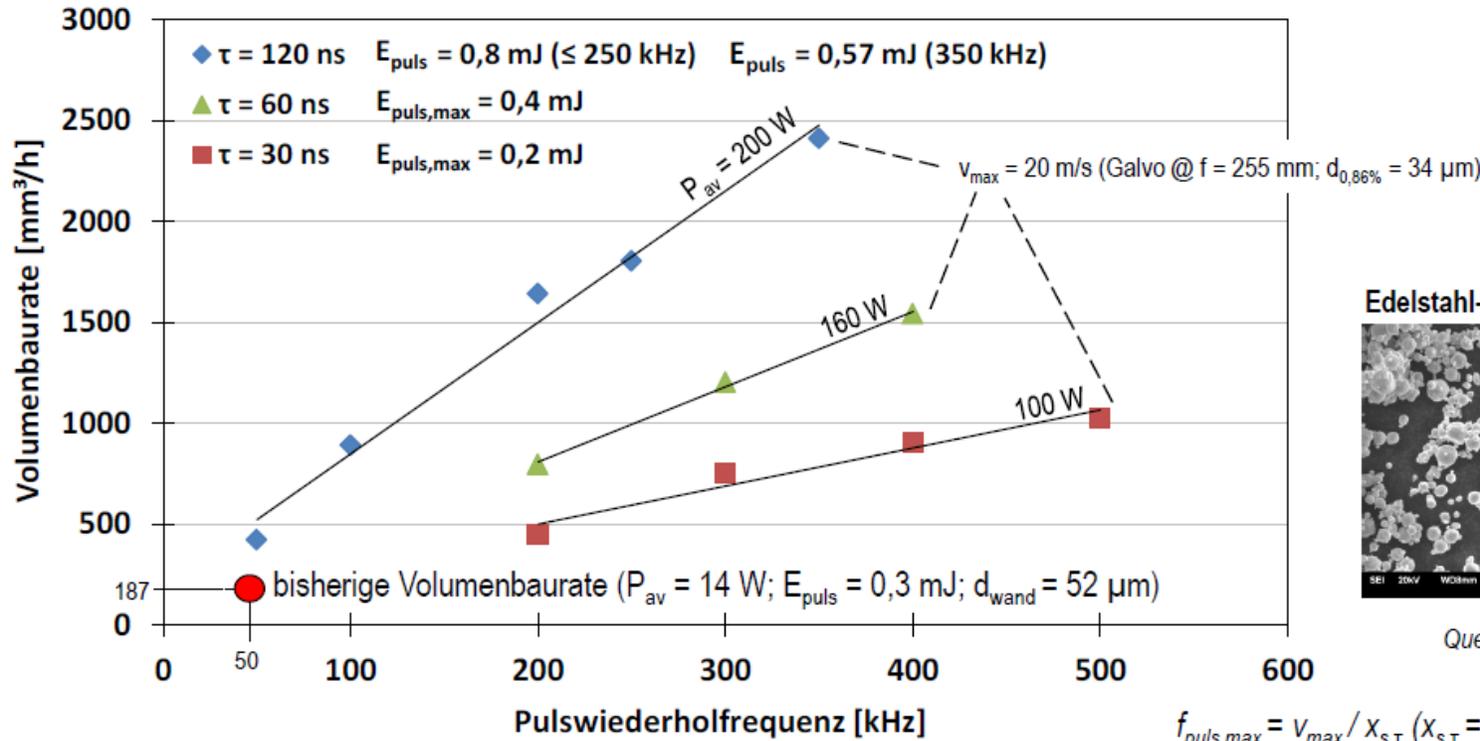


Quelle: LHM (Erler)

ERGEBNISSE ZUM HOCHRATE MICRO CLADDING

1. MIT KURZGEPULSTEN FASERLASER UND GALVANOMETER-SCANNER

1. MIT KURZGEPULSTEN FASERLASER UND GALVANOMETER-SCANNER



Quelle: LHM (Erlar)

$$f_{puls,max} = v_{max} / x_{s,\tau} \quad (x_{s,\tau} = \text{konstant})$$

- Erhöhung der Volumenbaurrate um den Faktor 13 bei vergleichbarer Auflösung
- Weitere Steigerung der Volumenbaurrate durch größeren Fokussdurchmesser ($d_{0,86\%} = 73 \mu\text{m}$) mit max. $3.900 \text{ mm}^3/\text{h}$ realisiert (Faktor 20)!
- Verringerung der Wandstärke → Höchste Strukturauflösung von $20 \mu\text{m}$ @ $\tau = 30 \text{ ns}$; $f = 167 \text{ mm}$; $d_{0,86\%} = 22,6 \mu\text{m}$

theoretisch möglich:

$$\tau = 60 \text{ ns} \rightarrow f_{puls,max} = 500 \text{ kHz}$$

$$\tau = 30 \text{ ns} \rightarrow f_{puls,max} = 1000 \text{ kHz}$$

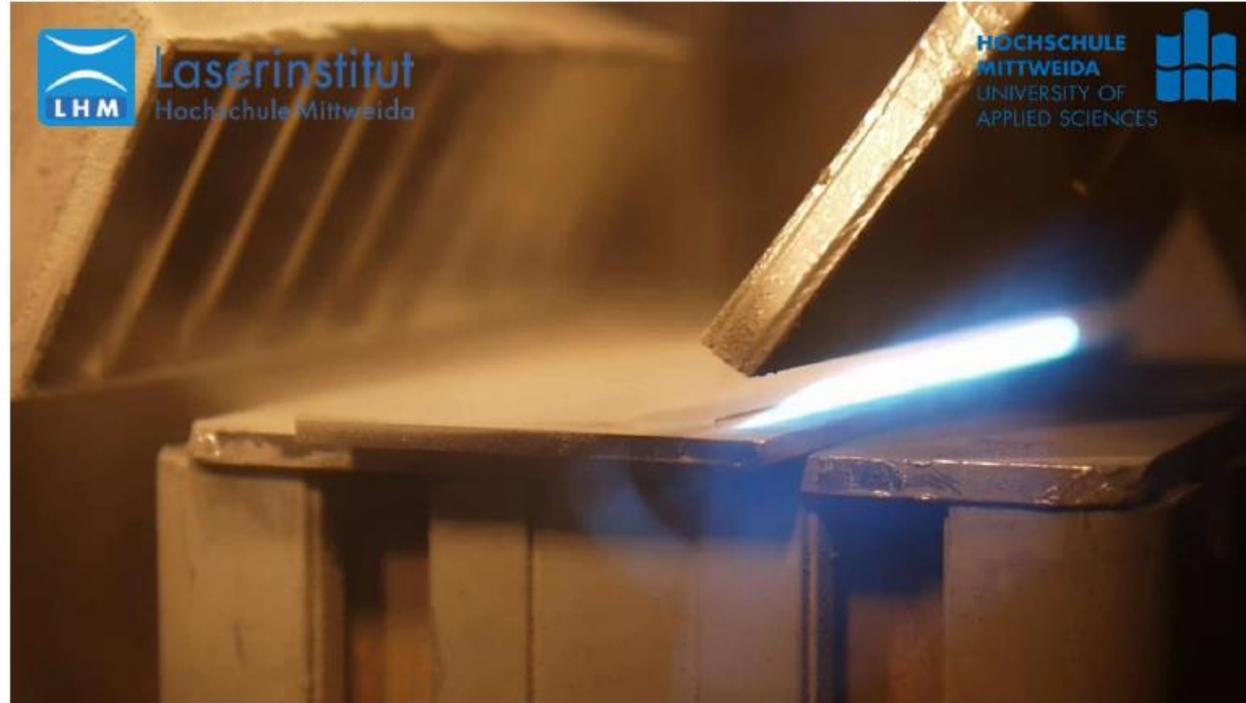
	$\tau = 120 \text{ ns}, E_{\text{puls}} = 0,8 \text{ mJ}$	$\tau = 60 \text{ ns}, E_{\text{puls}} = 0,4 \text{ mJ}$	$\tau = 30 \text{ ns}, E_{\text{puls}} = 0,2 \text{ mJ}$
REM-Aufnahmen der Wandprofile			
Lichtmikroskop-aufnahmen von geätzten Querschliffen			

Quelle: LHM (Erler)

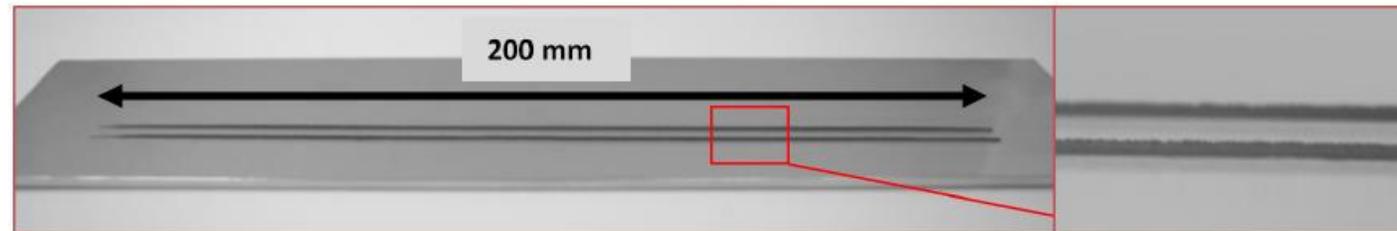
-----> Verringerung der Wandrauheit
 -----> Verbesserung der Auflösung
 -----> Dichtezunahme

100 mm Düsenbreite!

YouTube: <https://youtu.be/Ht22ZExlliE>



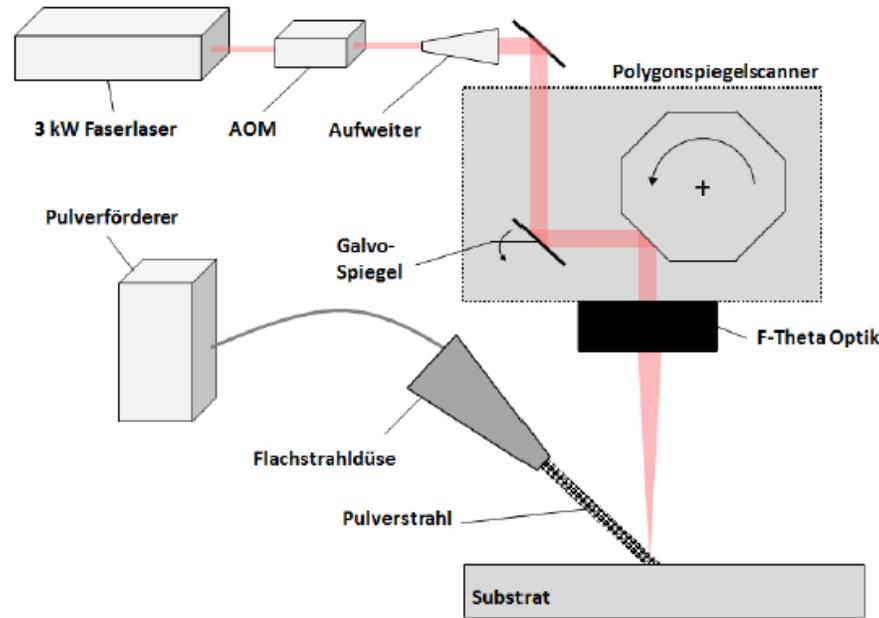
Quelle: LHM (Erlar)



ERGEBNISSE ZUM HOCHRATE MICRO CLADDING

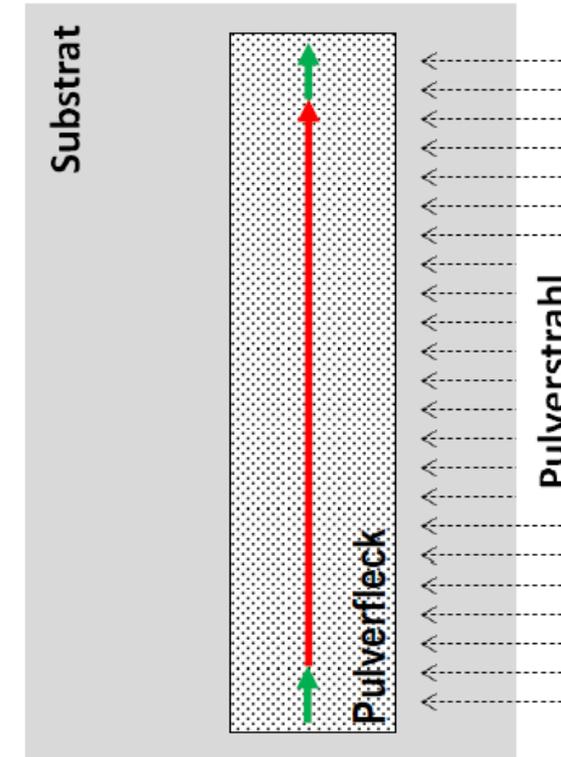
2. MIT MODULIRTER CW- LASERSTRAHLUNG UND POLYGONSPIEGELSCANNER

2. MIT MODULIERTER CW-LASERSTRAHLUNG UND POLYGONSPIEGELSCANNER



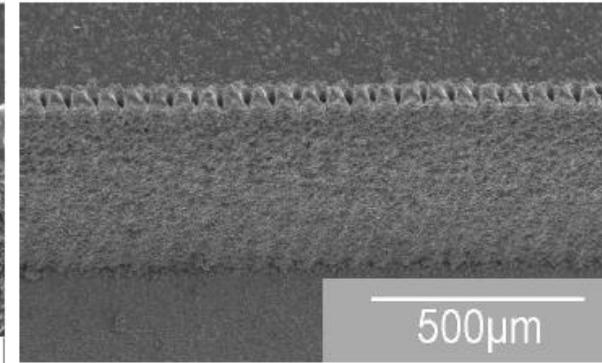
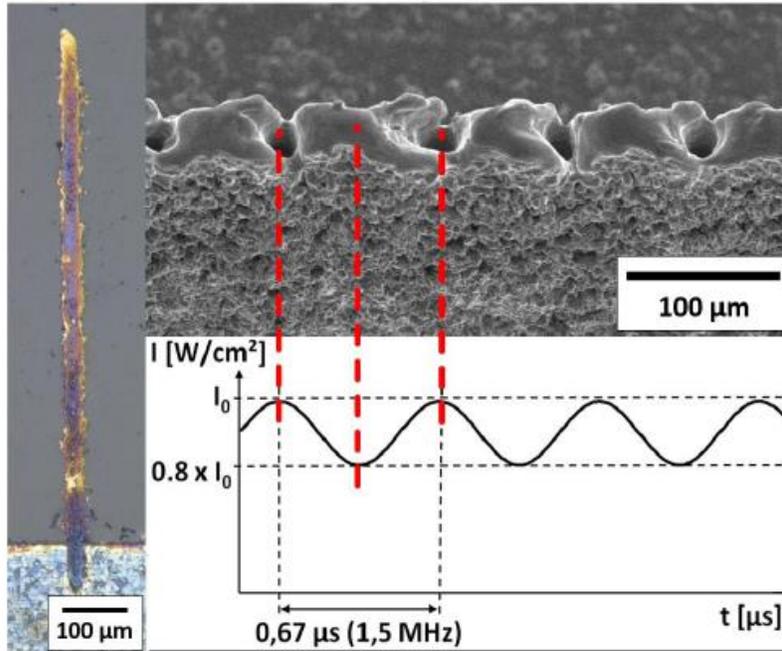
Quelle: LHM (Erler)

- Monomode-Hochleistungsfaserlaser (bis 3 kW @ IPG)
- Eigenentwickelter Polygonspiegelscanner (bis 500 m/s)
- Akustooptischer Modulator (AOM) (bis 2 MHz @ 500 ns)

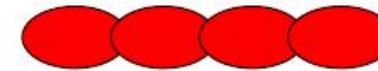


- Scanlänge
- Pausenzeiten (Facettenwechsel)

2. MIT MODULIERTER CW-LASERSTRAHLUNG UND POLYGONSPIEGELSCANNER

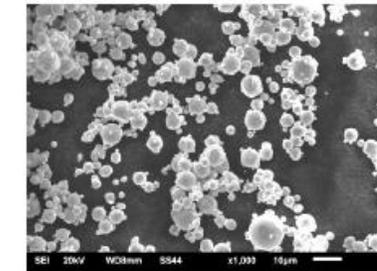


Quelle: LHM (Erler)



Pulsstreckung von ca. 25 µm

Edelstahl-Pulver ($d_{50} = 6,3 \mu\text{m}$)

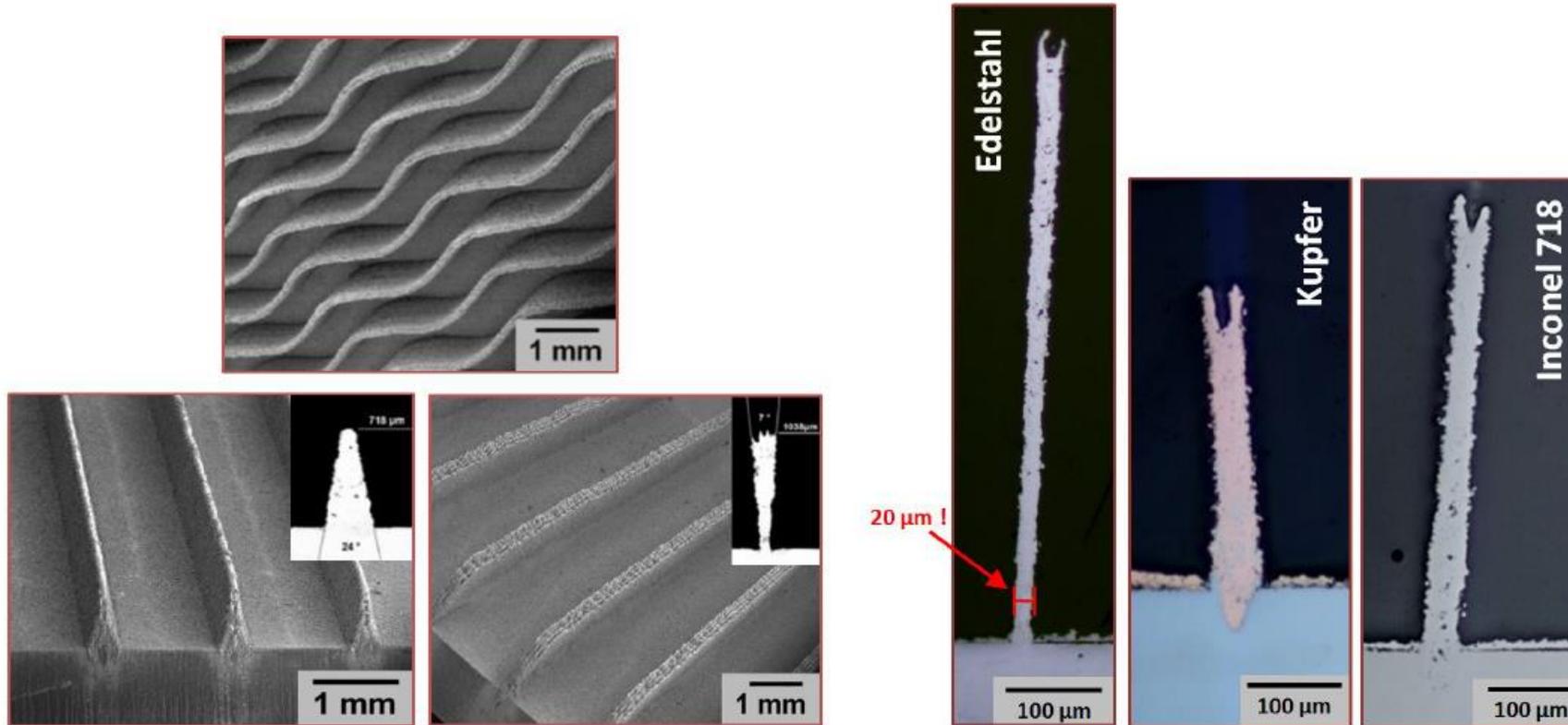


	Galvo + kurzgepulster Faserlaser	Polygon + modulierte cw-Laserstrahlung
Pulsspitzenintensität [10^8 W/cm^2]	1,4	2
Ablenkgeschwindigkeit [m/s]	20	100
Wandstärke bzw. Auflösung [μm]	40	40
Schichtdicke pro Bestrahlung [μm]	0,35	0,25
Volumenbaurrate [mm^3/h]	1.095	3.600

ERGEBNISSE ZUM HOCHRATE MICRO CLADDING

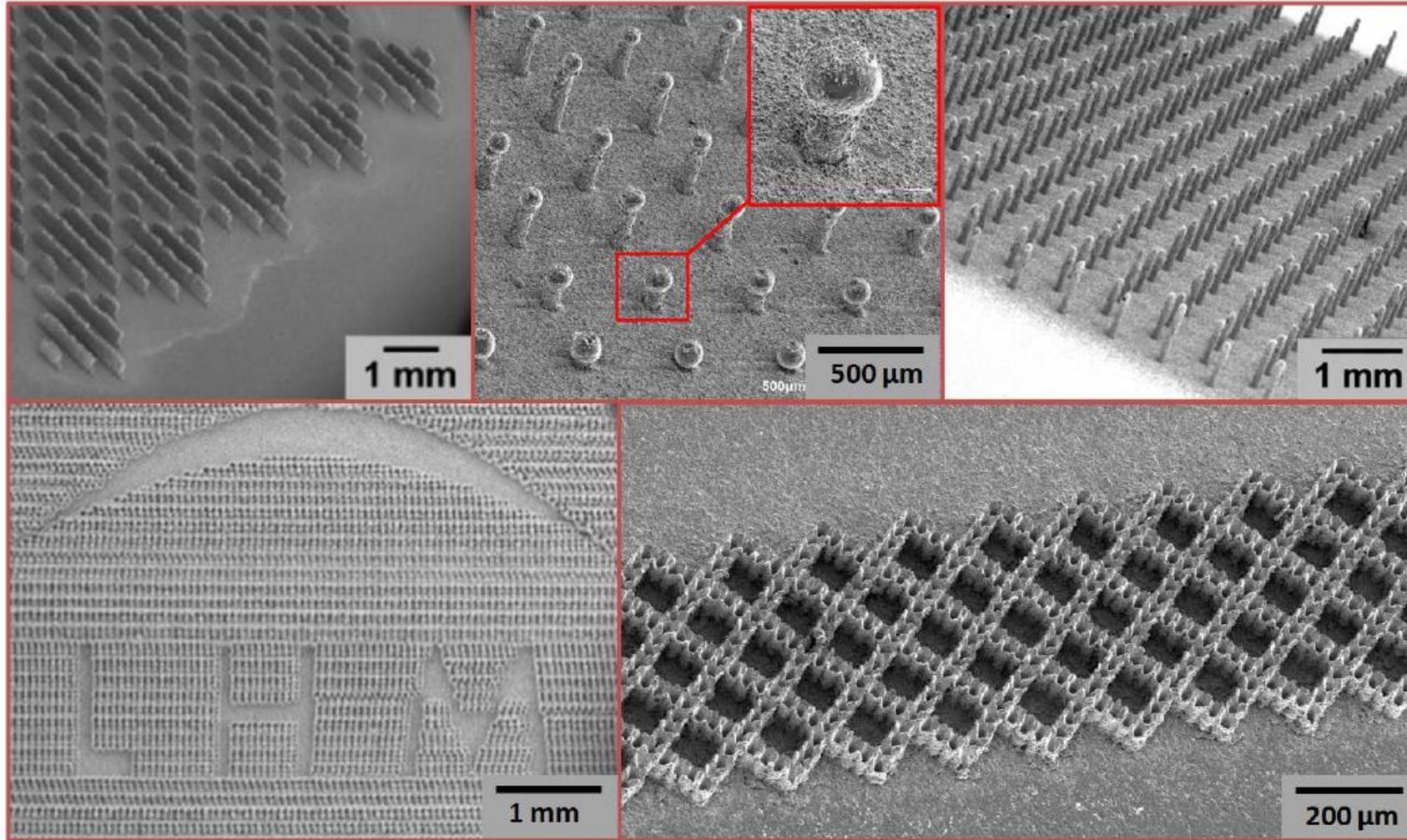
3. DEMONSTRATOREN

3. DEMONSTRATOREN



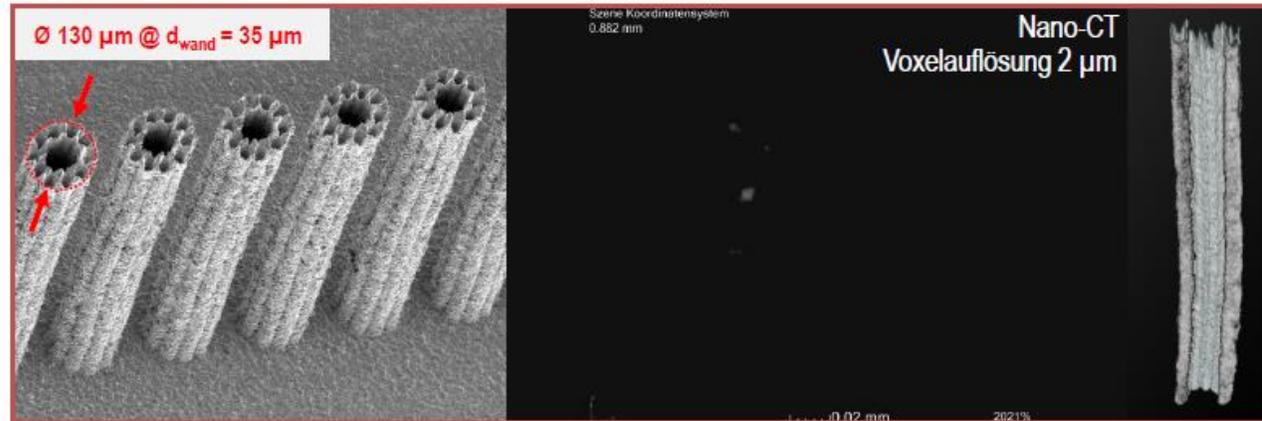
Quelle: LHM (Erler)

3. DEMONSTRATOREN



Quelle: LHM (Erler)

3. DEMONSTRATOREN



Parameter:

$\tau = 30 \text{ ns}$

$x_s = 200 \mu\text{m}$

$f_{\text{puls}} = 100 \text{ kHz}$

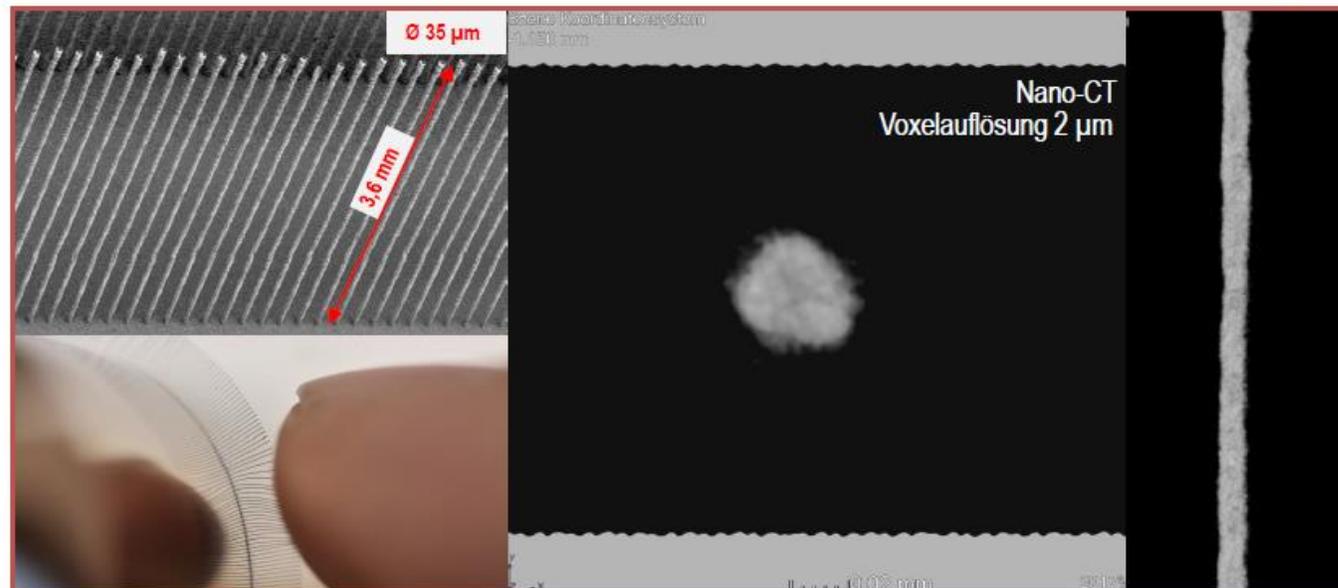
$P_{\text{av}} = 20 \text{ W}$

$v_{\text{scan}} = 20 \text{ m/s}$

theoretisch möglich mit:

$f_{\text{puls}} = 1 \text{ MHz}$ und $P_{\text{av}} = 200 \text{ W}$ aber:

$v_{\text{scan}} = 200 \text{ m/s}$ (pulssynchron!)



Quelle: LHM (Erler)

ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE

- Deutliche **Erhöhung der Volumenbaurrate** durch Skalierung der Prozessparameter (Frequenz, mittlere Laserleistung, Ablenkgeschwindigkeit)

187 mm³/h → 3.900 mm³/h

- Verbesserung der Auflösung auf **20 µm** durch Einsatz kürzerer Pulse (30 ns) und kleinerer Fokusbereich
- Weitere **Erhöhung der Volumenbaurrate (ca. Faktor 3)** durch modulierten cw-**Laserstrahl** in Verbindung mit Polygonspiegelscanner bei vergleichbar hoher Auflösung

AUSBLICK / WIE KÖNNTE ES WEITER GEHEN?

- Umsetzung der maximalen mittleren Laserleistung von 200 W (@ $f_{\text{puls}} = 1 \text{ MHz}$) bei einer Pulsdauer von **30 ns** durch Einsatz eines Polygonspiegelscanners
→ *aktuelles Problem: keine Pulssynchronität*
- Weitere Skalierung der Prozessparameter / Volumenbauraten (**Faktor 2,5**) durch Einsatz einer noch höheren Laserleistung von **500 W** in Verbindung mit Polygonspiegelscanner
→ *aktuelles Problem: keine Pulssynchronität*
- Weiterführende Untersuchungen mit modulierter cw-Laserstrahlung und Polygonspiegelscanner

**VIELEN DANK FÜR IHRE
AUFMERKSAMKEIT!**



Federal Ministry
of Education
and Research

INNOPROFILE
UNTERNEHMEN
REGION
Die BMBF-Innovationsinitiative
Neue Länder

rapid
MICRO TOOLING

Heiko Schinzer, Hochschule Merseburg

Kurzvita

Geburtsdatum 08.06.1968

01.04.2013 Erstberufung Hochschule Merseburg, FB Wirtschaftswissenschaften, Professur für ABWL, Prozessmanagement und Business Consulting

Beruflicher Werdegang

01.02.01-31.03.13 Gründer, Teilhaber und Vorstandsvorsitzender bei der Administration Intelligence AG, einem mittelständischen SW-Haus mit knapp 60 Mitarbeitern im E-Government

01.08.95-31.01.01 Wissenschaftlicher Assistent von Prof. Dr. Rainer Thome am Lehrstuhl für Betriebswirtschaftslehre und Wirtschaftsinformatik an der Universität Würzburg

01.06.92-31.07.95 Wissenschaftlicher Angestellter am Lehrstuhl für Betriebswirtschaftslehre und Wirtschaftsinformatik von Prof. Dr. R. Thome an der Universität Würzburg (Vollzeit)



Heiko Schinzer, Hochschule Merseburg

Kurzvita

Gründertätigkeiten und Beratungsmandate

- Ab 01.05.13 Mitglied im Aufsichtsrat der Beta Software Systems AG, einem börsennotierten Softwarehaus aus Berlin
- 01.03.95-30.06.10 Mitgründer, Teilhaber und Stellvertretender Vorsitzender des Aufsichtsrats der Multa Medio AG in Würzburg
- 01.07.99-31.12.09 Mitgründer und Mitglied im Gesellschafterbeirat der BARC GmbH und Tätigkeit als Coach für den Aufbau und das Controlling von Tochtergesellschaften und Auslandsbeteiligungen

Hochschulausbildung

- 31.05.2005 Abschluss der Habilitation. Lehrbefähigung im Bereich „Betriebswirtschaftslehre insbesondere Wirtschaftsinformatik“
- 01.06.92-31.07.95 Promotionsstudium der Betriebswirtschaftslehre an der Julius-Maximilians-Universität in Würzburg, Promotion zum Dr. rer. pol.
- 01.11.88-31.05.92 Studium der Betriebswirtschaftslehre an der Julius-Maximilians-Universität in Würzburg, Abschluss mit Prädikat als Diplom-Kaufmann (Univ.)



Heiko Schinzer, Hochschule Merseburg

Kontakt

Hochschule Merseburg

Eberhard-Leibnitz-Straße 2

Fachbereich Wirtschaftswissenschaften

Prof. Dr. Heiko Schinzer

Tel.: (03461) 46-3410

Mail: heiko.Schinzer@hs-merseburg.de



Abstract

3D-Drucker halten derzeit Einzug in kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) und sogar bei Privatanutzern. Viele erwarten, dass ausgehend von den 3D-Druckern in den kommenden Jahren ein ähnlich radikaler Wandel in Industrie und Gesellschaft ausgelöst wird wie durch die Verbreitung von Computer, Druckern oder dem Internet. Wissenschaftlich verbirgt sich hinter dem Schlagwort des 3D-Druckers die Welt der additiven Fertigung, auch „generative Fertigung“, „Digital Fabrication“ oder „Additive Manufacturing“ genannt.

Das Potential der additiven Fertigungsverfahren wurde in Deutschland bereits von vielen Universitäten, Forschungseinrichtungen und Unternehmen erkannt. Diese entwickelten und entwickeln marktfähige Anlagen, die von ihren Anwendungen im Prototypenbau (Rapid Prototyping) den Weg in die Fertigung von Endprodukten (Rapid Manufacturing) gefunden haben. Ein neuer Wirtschaftszweig ist gewachsen, der Einfluss in viele Branchen hat, denn die Wertschöpfungskette reicht von der Werkstoffherstellung über den Anlagenbau, den additiven Fertigungsverfahren als Dienstleistung bis hin zur Integration additiv gefertigter Bauteile in ansonsten konventionell gefertigte Produkte.

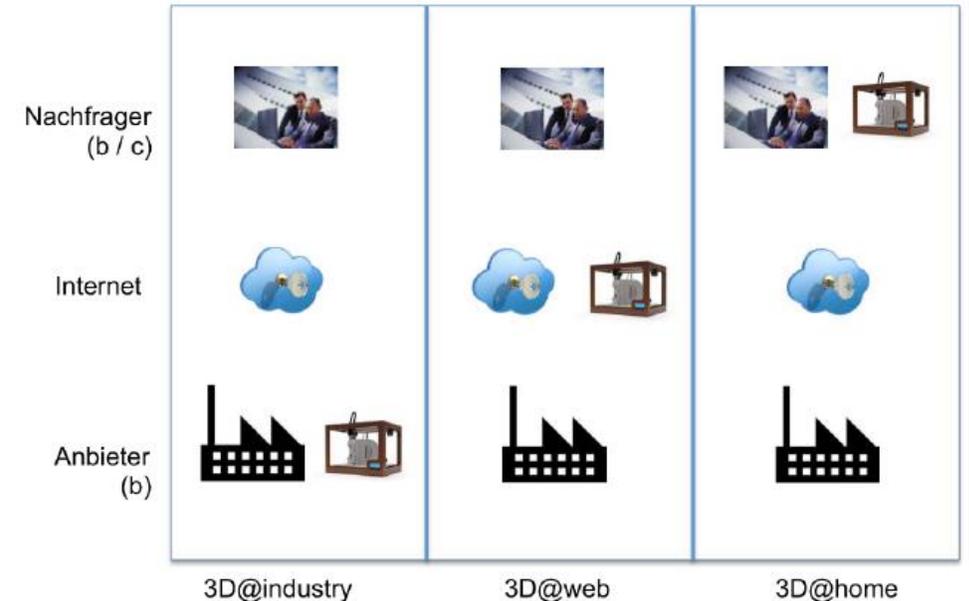
Die Konzentration in Forschung und Entwicklung liegt jedoch zumeist auf industriellen Anwendungen und bei den technischen Aspekten der additiven Fertigung. Wenig Aufmerksamkeit wird dagegen den Bedürfnissen und Anforderungen der KMU geschenkt. Für diese sind die Potentiale der additiven Fertigung derzeit noch nicht transparent.

Abstract

Denn während große und ausreichend kapitalisierte Unternehmen bereits seit knapp 20 Jahren 3D-Drucker einsetzen, verändert sich das Angebot und die Nachfrage in den kommenden Jahren stark in Richtung KMU und Privathaushalte. In diese Lücke greift das Projekt von Prof. Dr. Heiko Schinzer, der mit seinem Team antritt wirtschaftliche Einsatzpotenziale zu erforschen und zu untersuchen wie sich diese Technologien auf Märkte, Geschäftsmodelle, Produkte und Prozesse in den Unternehmen auswirken werden.

In der Praxis werden sich in den kommenden Jahren die nebenstehenden Anwendungsszenarien durchsetzen.

Ziel ist es, an der Schnittstelle zwischen einsatzbereiten Produkten und Technologien und den Einsatzmöglichkeiten bei KMU und in Privathaushalten zu forschen und mit Good Practice Guides sowie direkt einsetzbaren Prototypanwendungen direkt verwertbare Ergebnisse zu erzielen.



Anwendungsszenarien für 3D-Druck

3D@KMU

Auswirkungen des 3D-Drucks auf die Produktionsprozesse bei KMU

Prof. Dr. Heiko Schinzer

3D@KMU

20/04/16 | Seite 1





GEFÖRDERT VOM

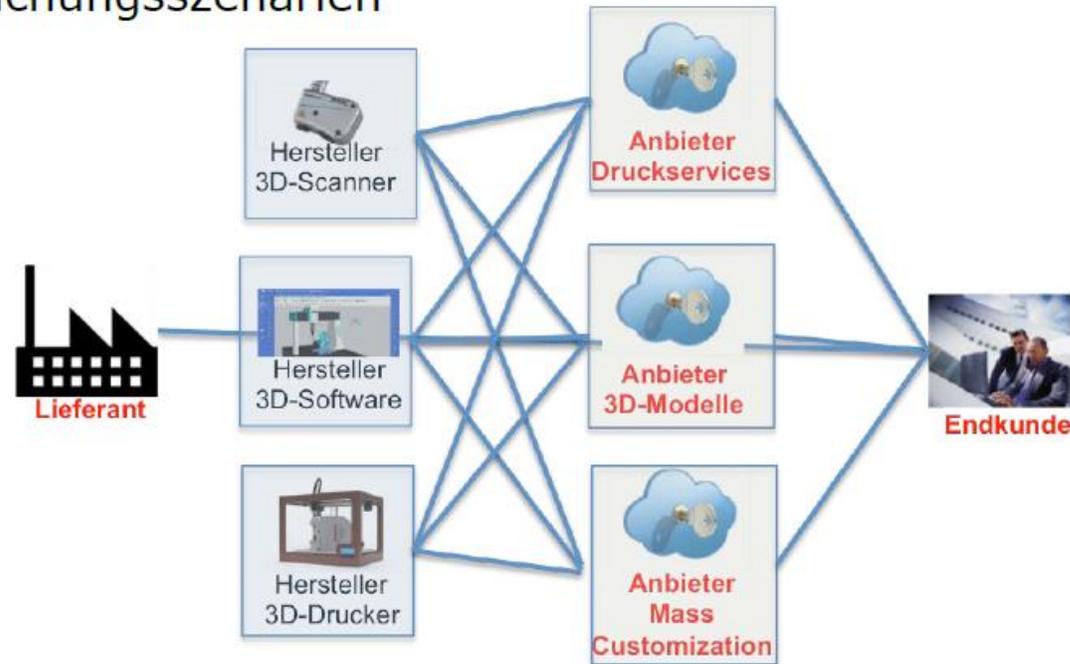


Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



Projektidee

- wirtschaftliches Einsatzpotenzial der Additiven Fertigung noch sehr wenig erforscht
- unklar wie sich diese Technologien auf Märkte, Geschäftsmodelle, Produkte und Prozesse in den Unternehmen auswirken werden
- Untersuchungsszenarien

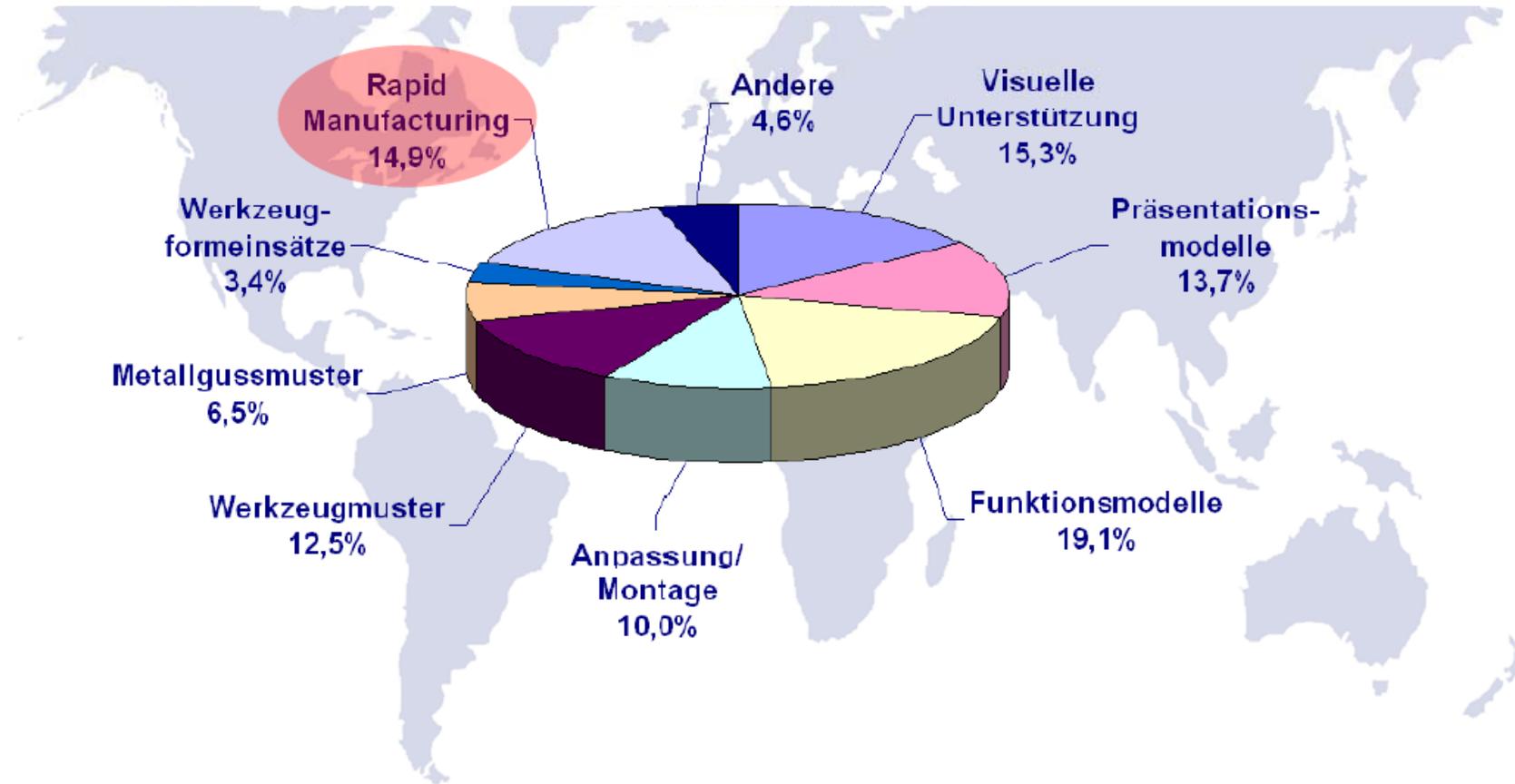


Ziele



- Entwicklung von Good Practice Guides
- Gestaltung einsatzbereiter Prototypanwendungen
- Aufzeigen neuer Anwendungsfelder für die additiven Fertigungstechnologien in KMU
- Entwicklung eines Leitfadens, um die Technologien und deren Auswirkungen für die Unternehmen transparent zu machen
- Realisierung direkt verwertbarer Systeme für die Umsetzung hochintegrierter Einkaufs- und Produktionsprozesse

Rapid-Technologie-Einsatz



(Quelle: Wohlers Report 2008)

3D@KMU | Prof. Dr. Schinzer

20/04/16 | Seite 5

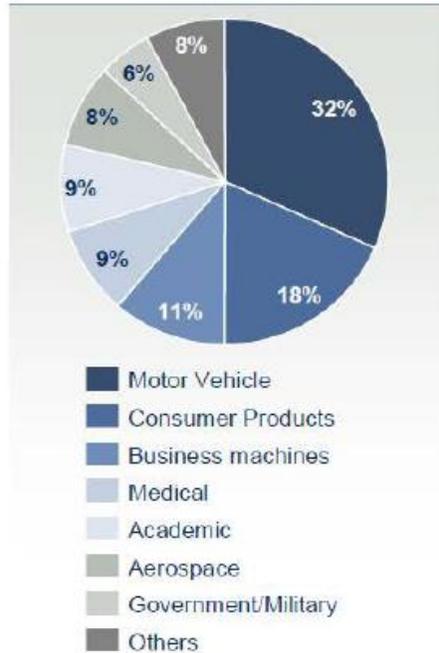
HOME
HOCHSCHULE
MERSEBURG
University of
Applied Sciences

FACHBEREICH
WIRTSCHAFTS-
WISSENSCHAFTEN

3D@KMU
FORSCHUNG AN
FACHHOCHSCHULEN

3D-Druck meint Additive Fertigung

Branchen



Top Player

	Unternehmen	Technologien
Polymere / Plastik	3D Systems	SLA, SLS, Ink-Jet u.a.
	Stratasys	FDM, u.a.
	MakerBot	FDM
Metall	Arcam	EBM
	EOS	LS
	Fabrisonic	UAM

Technologien

Abkürzung	Methode
LS	Laser Sintering
FDM	Fused Deposition Molding
SLA	Stereo Lithographie
EBM	Electron Beam Melting
Ink-Jet	Ink-Jet
LOM	Laminated Object Modeling
UAM	Ultrasonic Additive Manufacturing
...	...

3D@KMU | Prof. Dr. Schinzer

20/04/16 | Seite 6



Projektausstattung



Desktop-Computertomograph
exaCT® XS



Ultimaker 2 Extended
3D-Drucker

Quellen: Wenzel Group, Ultimaker

3D@KMU | Prof. Dr. Schinzer

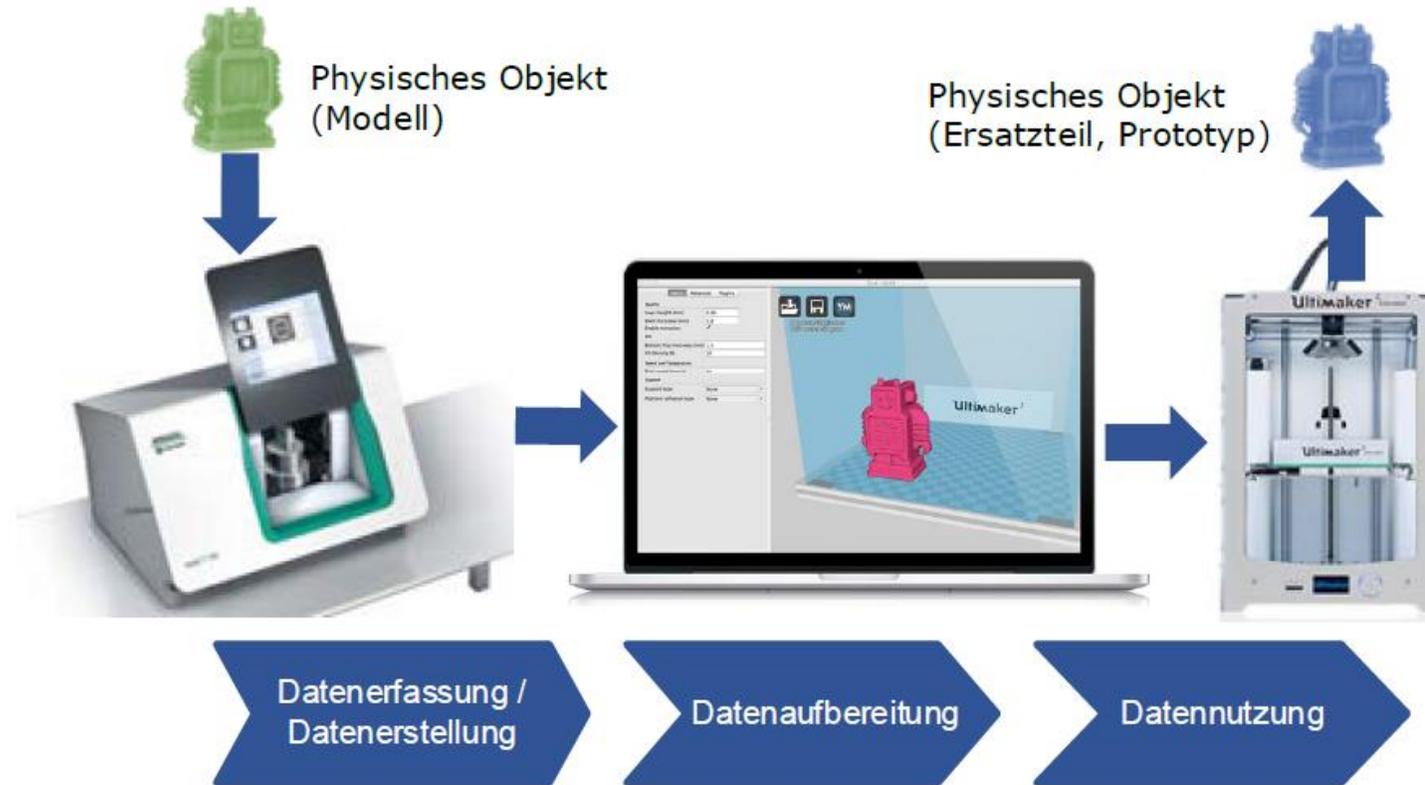
20/04/16 | Seite 7

HOME
HOCHSCHULE
MERSEBURG™
University of
Applied Sciences

FACHBEREICH
WIRTSCHAFTS-
WISSENSCHAFTEN

3D@KMU
FORSCHUNG AN
FACHHOCHSCHULEN

Prozesskette



Quellen: 3D HUBS, Wenzel Group, iGo3D, Ultimaker

3D@KMU | Prof. Dr. Schinzer

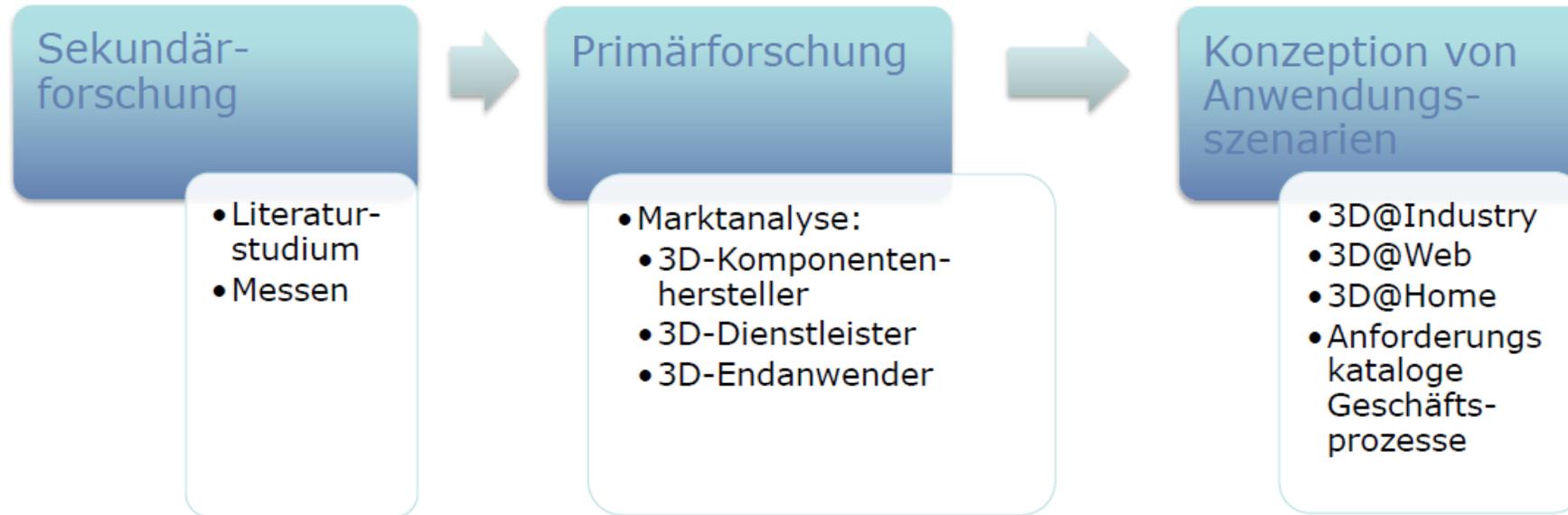
20/04/16 | Seite 8

HOME
HOCHSCHULE
MERSEBURGTM
University of
Applied Sciences

FACHBEREICH
WIRTSCHAFTS-
WISSENSCHAFTEN

3D@KMU
FORSCHUNG AN
FACHHOCHSCHULEN

Forschungsdesign



→ sieben Arbeitsberichte

Sie befinden sich hier: [HoMe](#) | [WW](#) | [3D@KMU](#) | [Arbeitspapiere](#)

HOME
HOCHSCHULE
MERSEBURG™
University of
Applied Sciences

FACHBEREICH
WIRTSCHAFTS-
WISSENSCHAFTEN

Arbeitspapiere

Hier finden Sie in unregelmäßigen Abständen unsere Arbeitspapiere zu den behandelten Themengebieten.

Arbeitspapiere

	Arbeitspapier 1: Verfahren der additiven Fertigung	740 kB
	Arbeitspapier 2: Geschichte der additiven Fertigung	187 kB
	Arbeitsbericht 3: Begriffe zum Thema additive Fertigung	103 kB
	Arbeitsbericht 4: Reverse Engineering	140 kB
	Arbeitsbericht 5: Metastudie additive Fertigung	1.8 MB

<http://www.hs-merseburg.de/ww/3dkmu/arbeitspapiere/>

3D@KMU | Prof. Dr. Schinzer

20/04/16 | Seite 10

Forschungsstand

Primärforschung

→ Marktanalysen



Q: http://www.iws.fraunhofer.de/content/dam/iws/de/images/presseinformationen/2013/p13_15f2_logo_300dpi.jpg

Q: http://de.123rf.com/photo_29612792_eine-abbildung-einer-umfrage-clip-board-oder-feedback-formular-und-computer-maus-konzept.html

3D@KMU | Prof. Dr. Schinzer

20/04/16 | Seite 11

HOME
HOCHSCHULE
MERSEBURG™
University of
Applied Sciences

FACHBEREICH
WIRTSCHAFTS-
WISSENSCHAFTEN

3D@KMU
FORSCHUNG AN
FACHHOCHSCHULEN

Forschungsstand

Primärforschung

Umfrage Hersteller

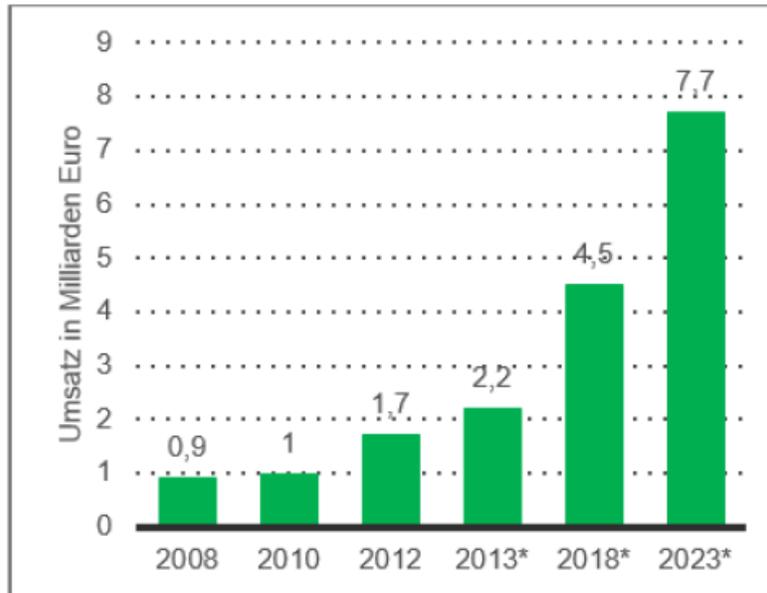


Abbildung 1: Prognose zum Marktvolumen von "Additive Manufacturing" weltweit bis zum Jahr 2023 (in Milliarden Euro)¹

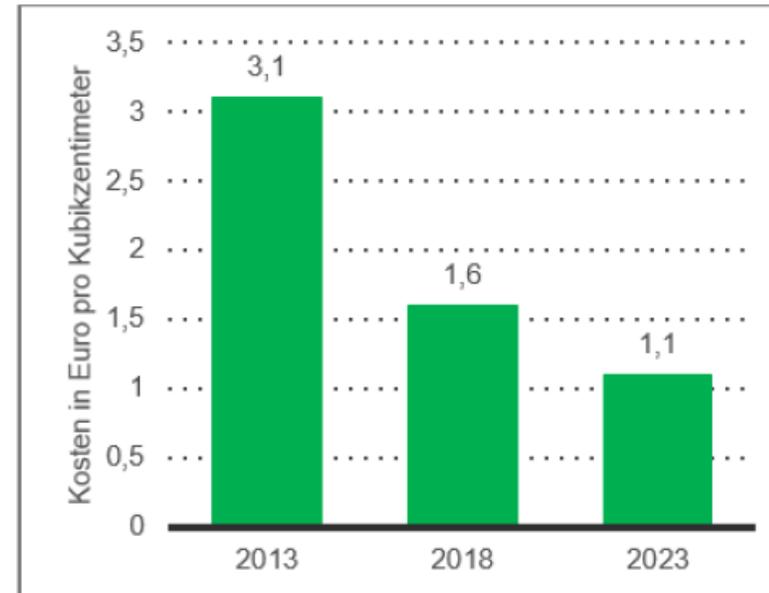


Abbildung 2: Prognose zur Kostenentwicklung in der additiven Metallfertigung weltweit bis zum Jahr 2023 (in Euro pro Kubikzentimeter)²

Forschungsstand

Primärforschung

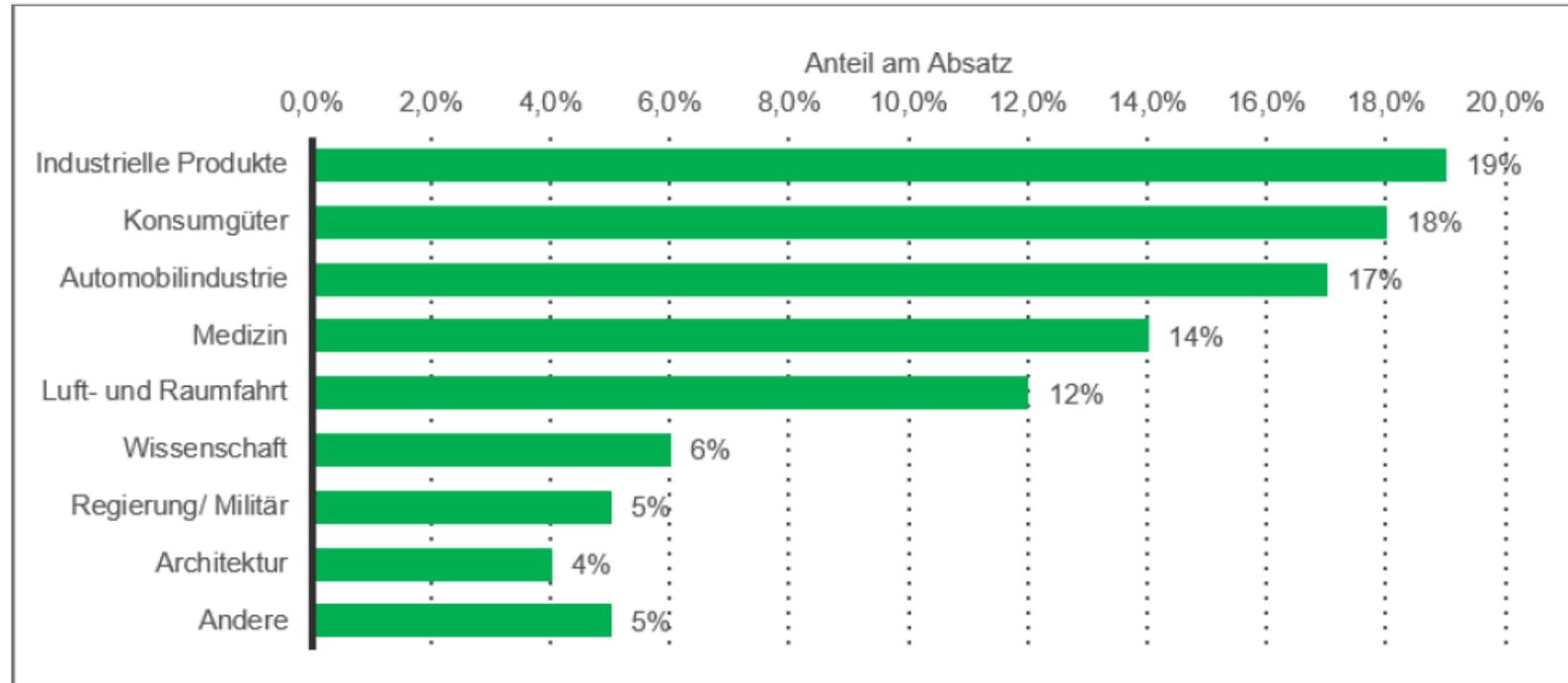
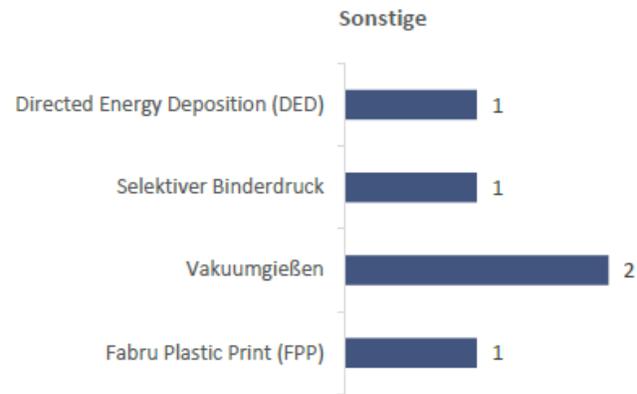
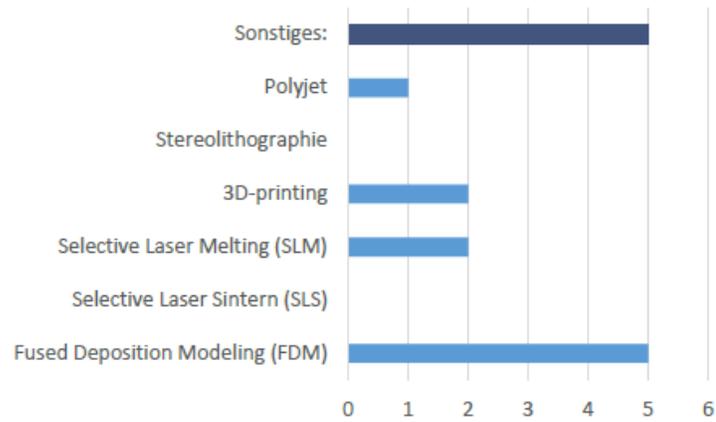


Abbildung 3: Umsatzverteilung* von 3D-Druckern weltweit nach Branche im Jahr 2013⁵

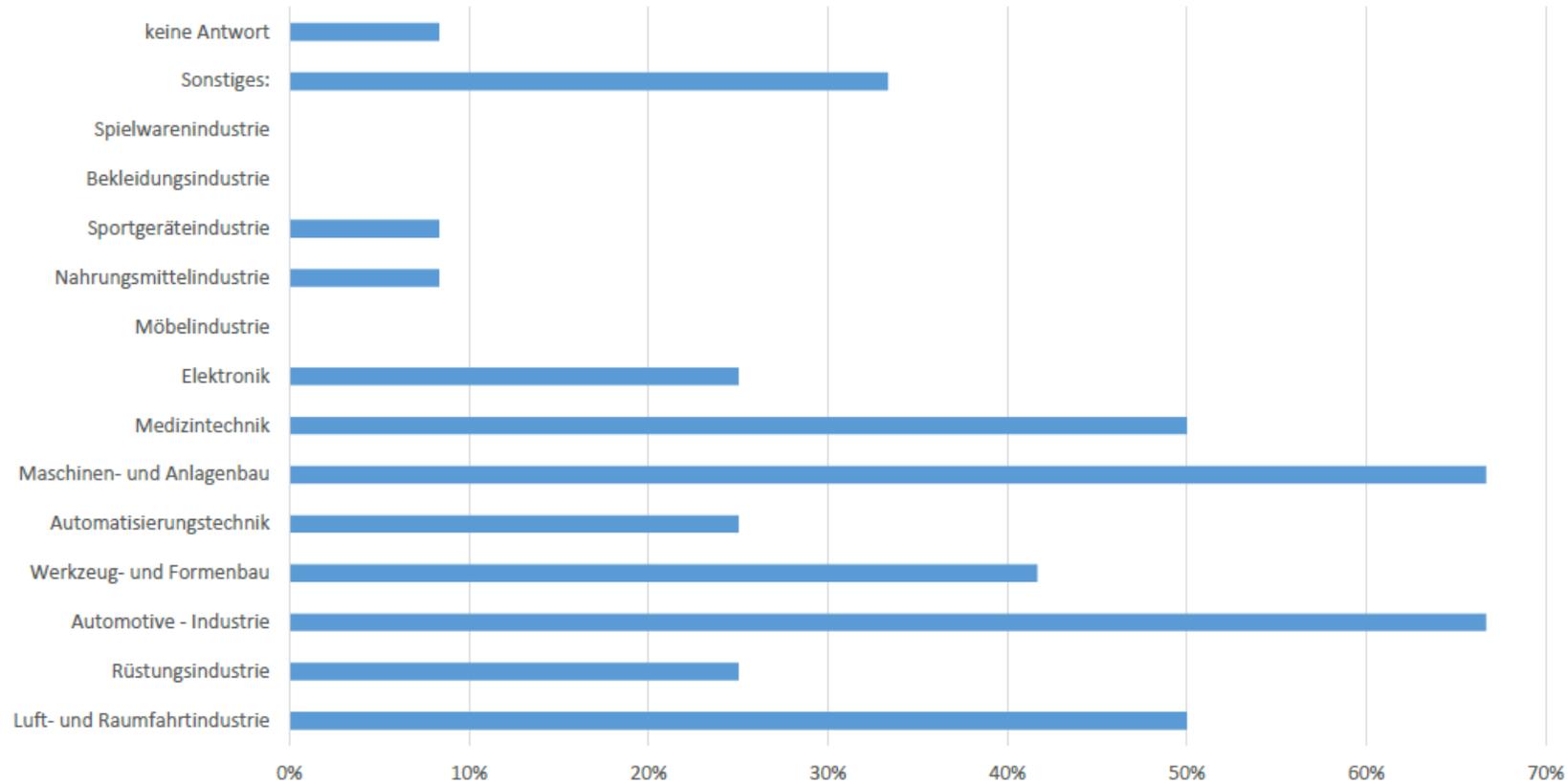
Forschungsstand

Primärforschung



Forschungsstand

Primärforschung



3D@KMU | Prof. Dr. Schinzer

20/04/16 | Seite 15

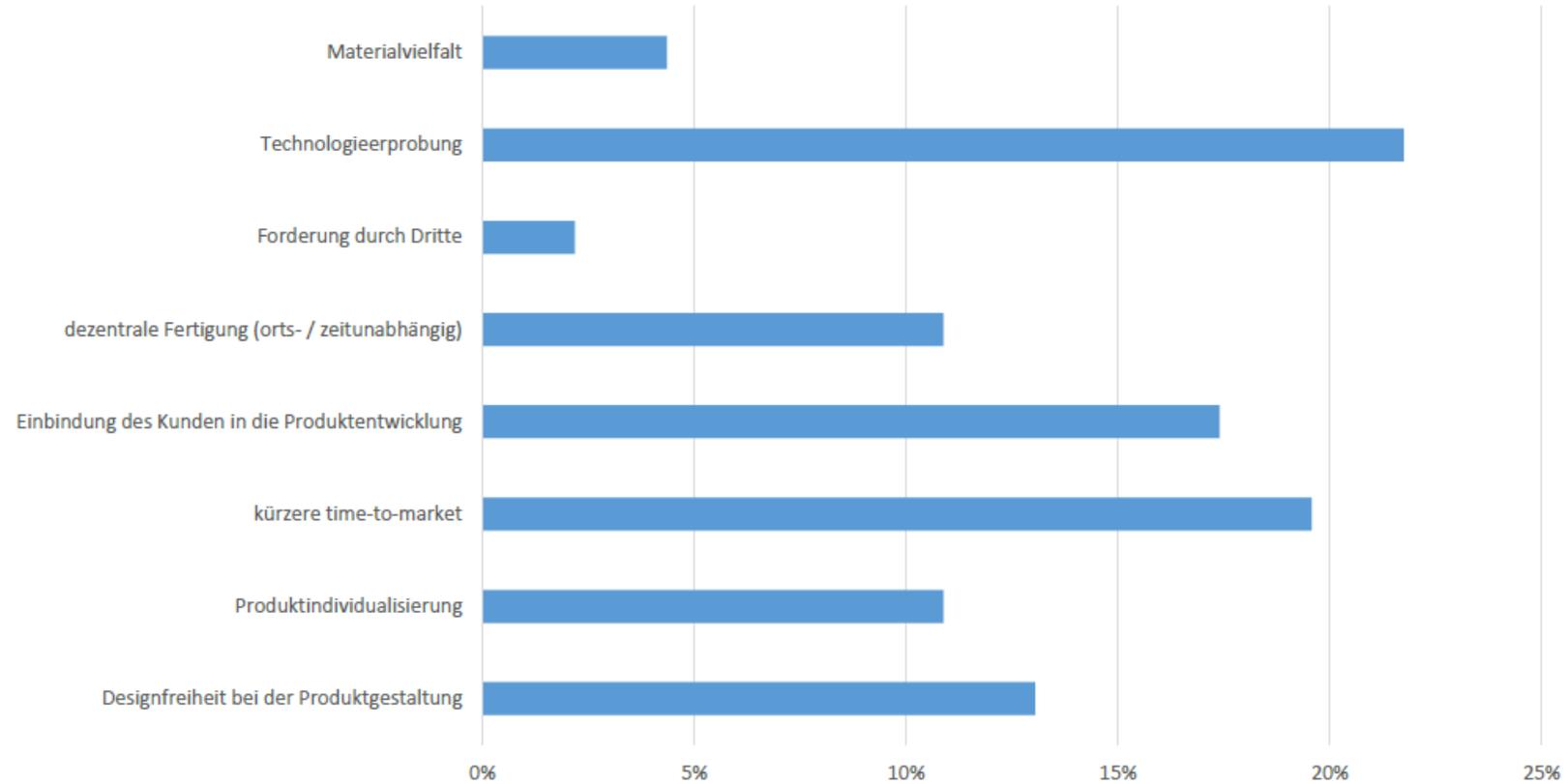
HOME
HOCHSCHULE
MERSEBURG
University of
Applied Sciences

FACHBEREICH
WIRTSCHAFTS-
WISSENSCHAFTEN

3D@KMU
FORSCHUNG AN
FACHHOCHSCHULEN

Forschungsstand

Faktoren für 3D-Druck



3D@KMU | Prof. Dr. Schinzer

20/04/16 | Seite 16

HOME
HOCHSCHULE
MERSEBURGTM
University of
Applied Sciences

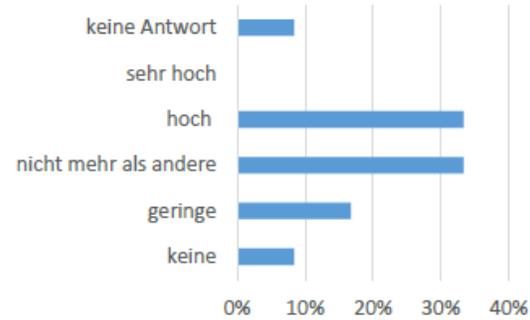
FACHBEREICH
WIRTSCHAFTS-
WISSENSCHAFTEN

3D@KMU
FORSCHUNG AN
FACHHOCHSCHULEN

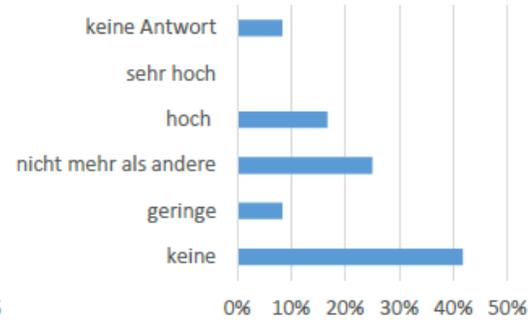
Forschungsstand

Hemmnisse 3D-Druck

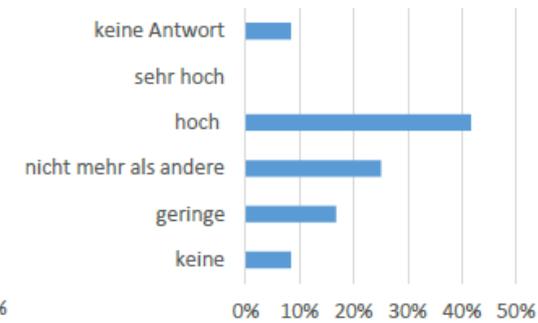
Qualitätssicherung



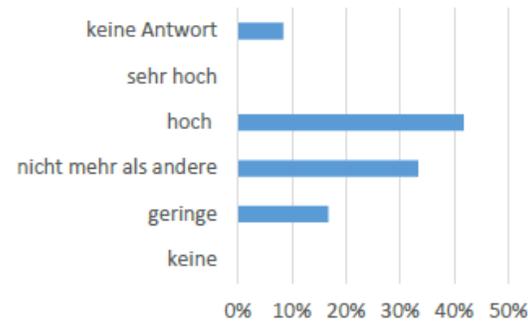
Gewährleistung



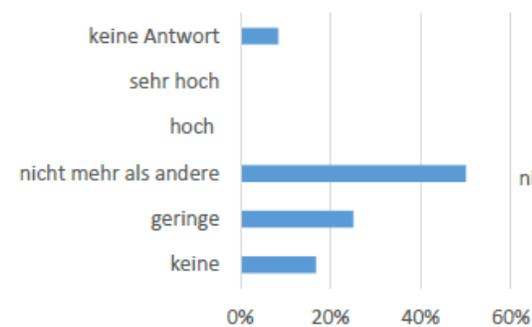
Automatisierung



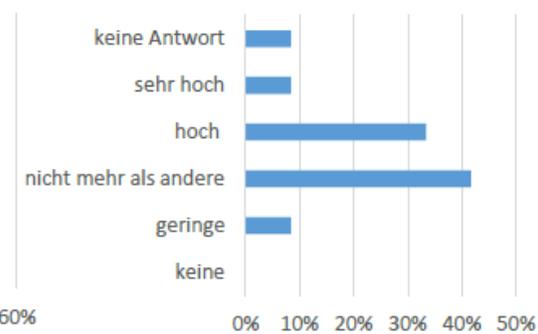
Prozessintegration



Datenschutz

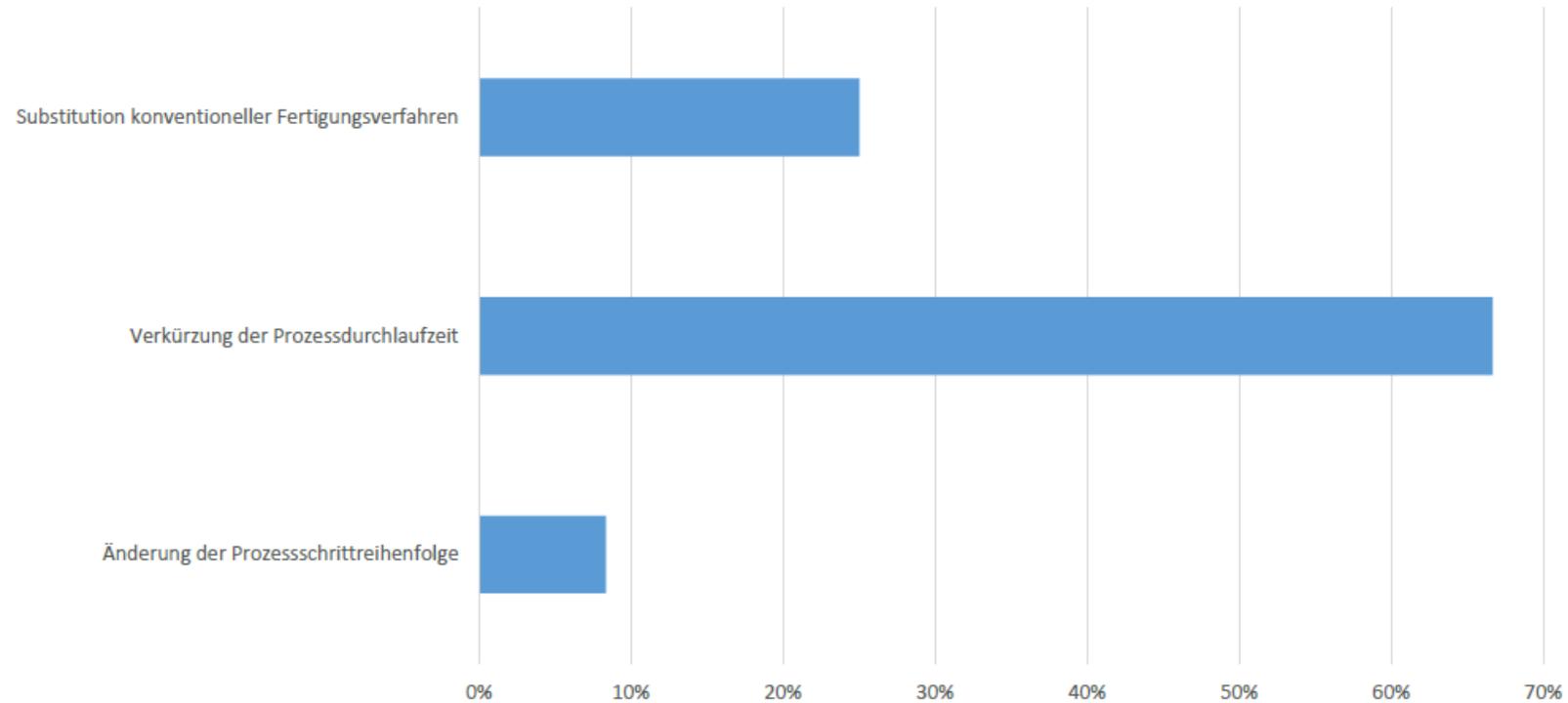


Qualifikation (Wissensaufbau)



Forschungsstand

Auswirkung Geschäftsprozesse



3D@KMU | Prof. Dr. Schinzer

20/04/16 | Seite 18

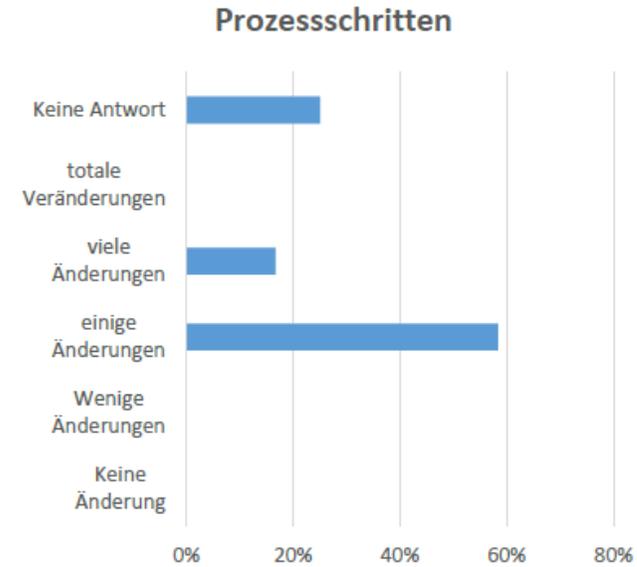
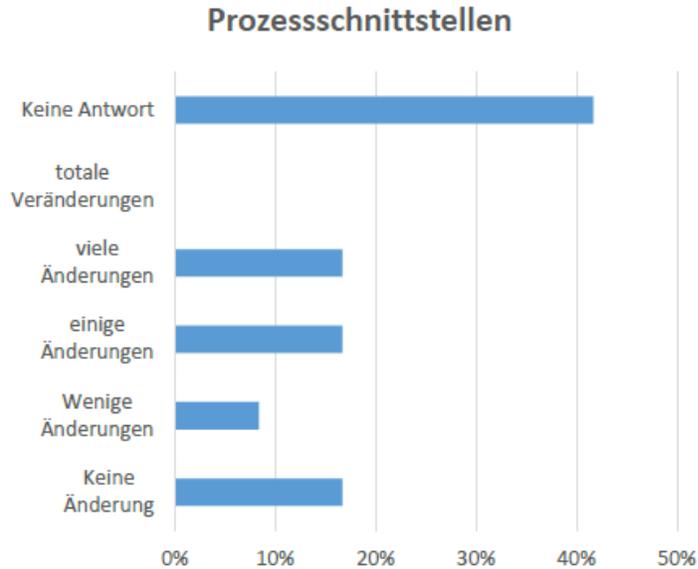
HOME
HOCHSCHULE
MERSEBURG™
University of
Applied Sciences

FACHBEREICH
WIRTSCHAFTS-
WISSENSCHAFTEN

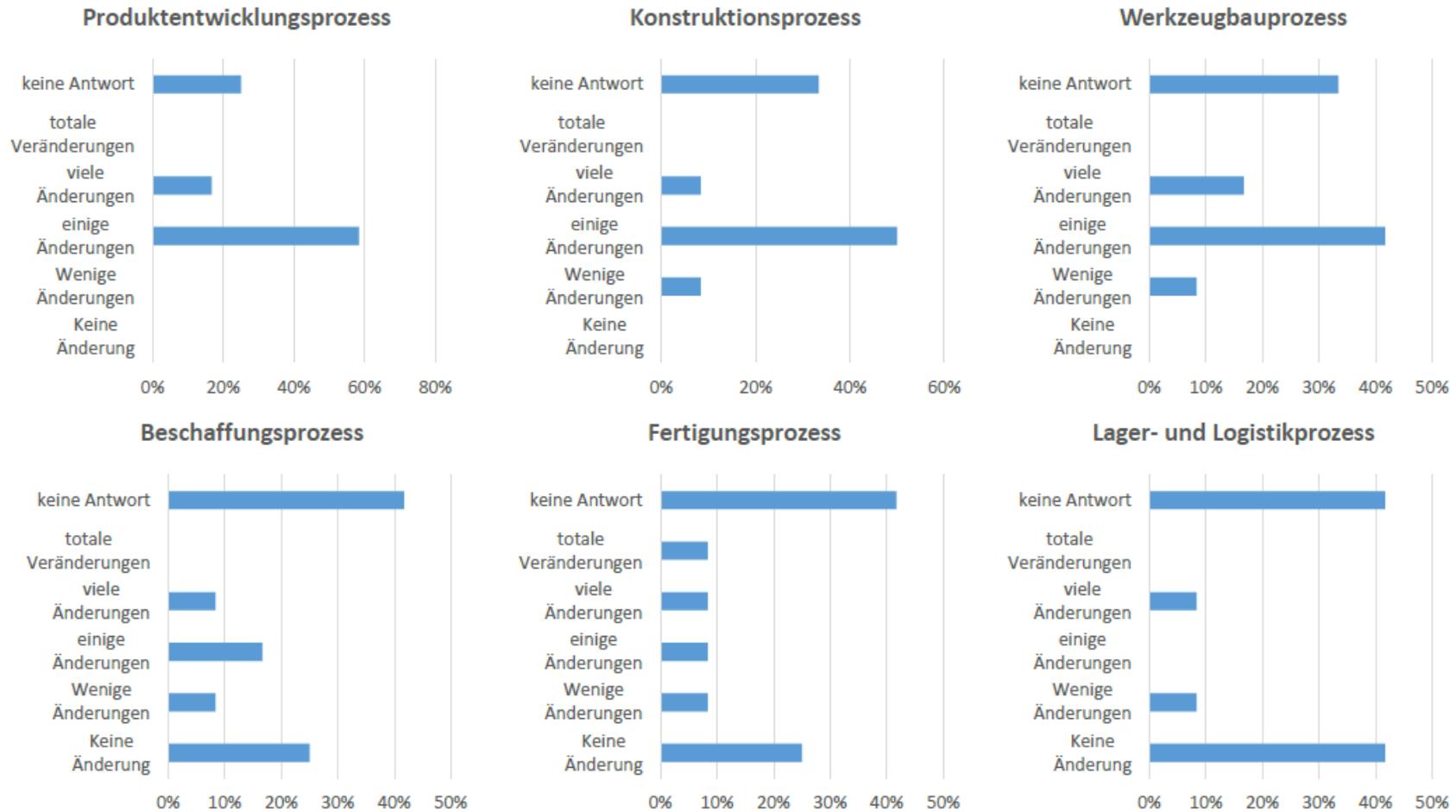
3D@KMU
FORSCHUNG AN
FACHHOCHSCHULEN

Forschungsstand

Auswirkung Geschäftsprozesse



Auswirkung Prozesskosten



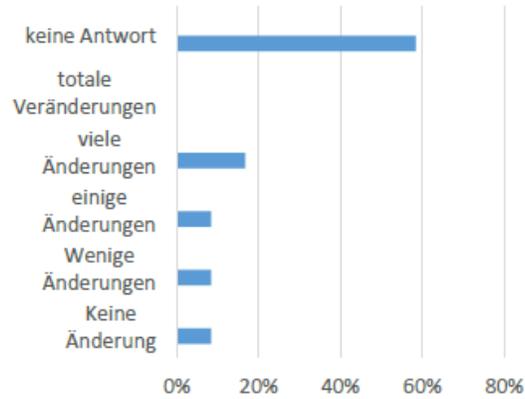
3D@KMU | Prof. Dr. Schinzer

20/04/16 | Seite 20

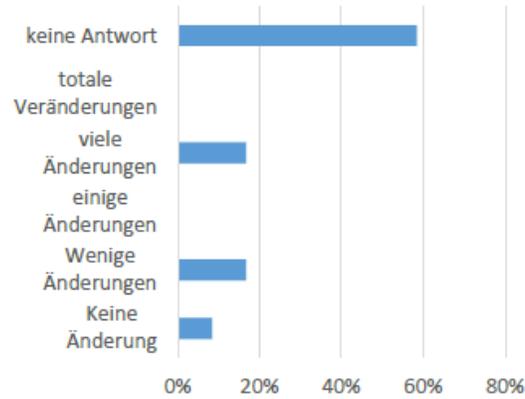


Auswirkung Produktqualität

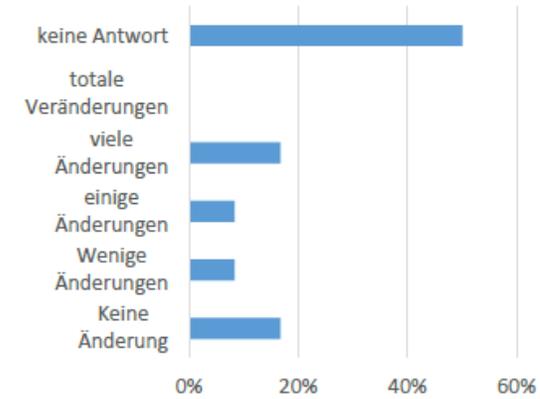
Produktentwicklungsprozess



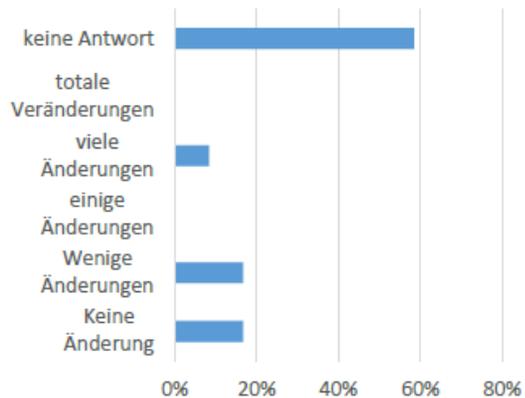
Konstruktionsprozess



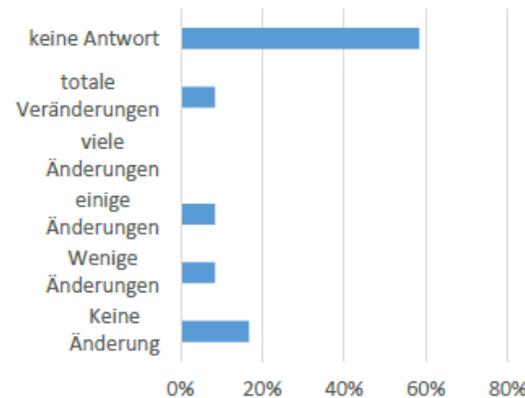
Werkzeugbauprozesses



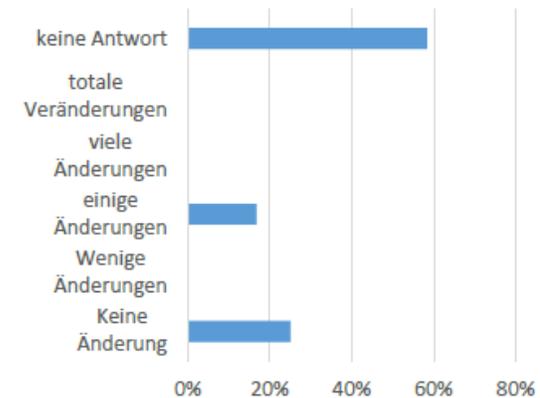
Beschaffungsprozess



Fertigungsprozess

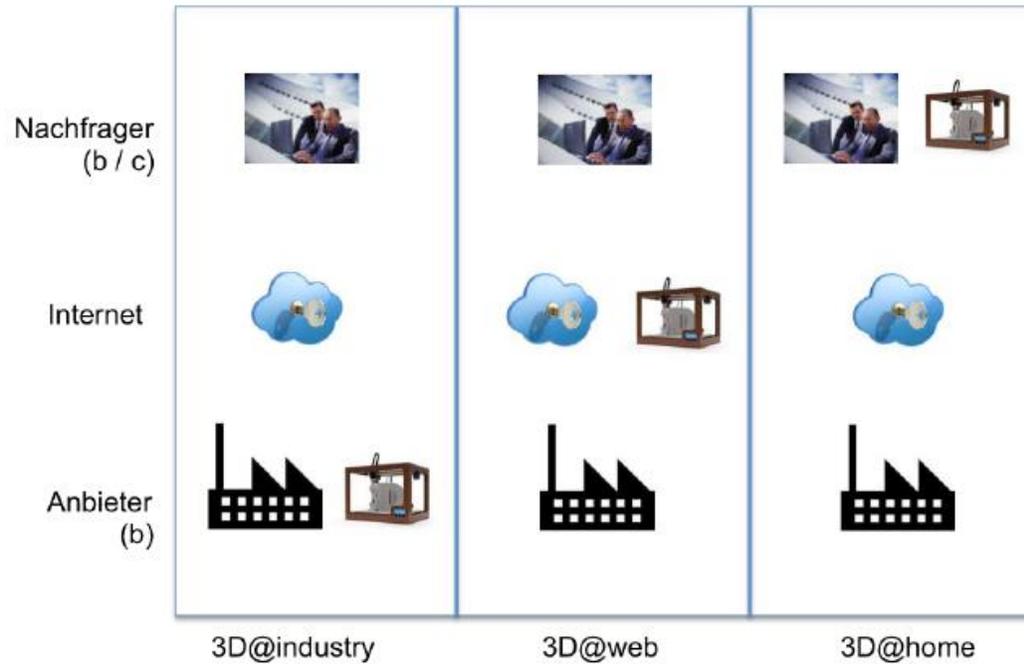


Lager- und Logistikprozess



Forschungsstand

Anwendungsszenarien



3D@KMU | Prof. Dr. Schinzer

20/04/16 | Seite 22

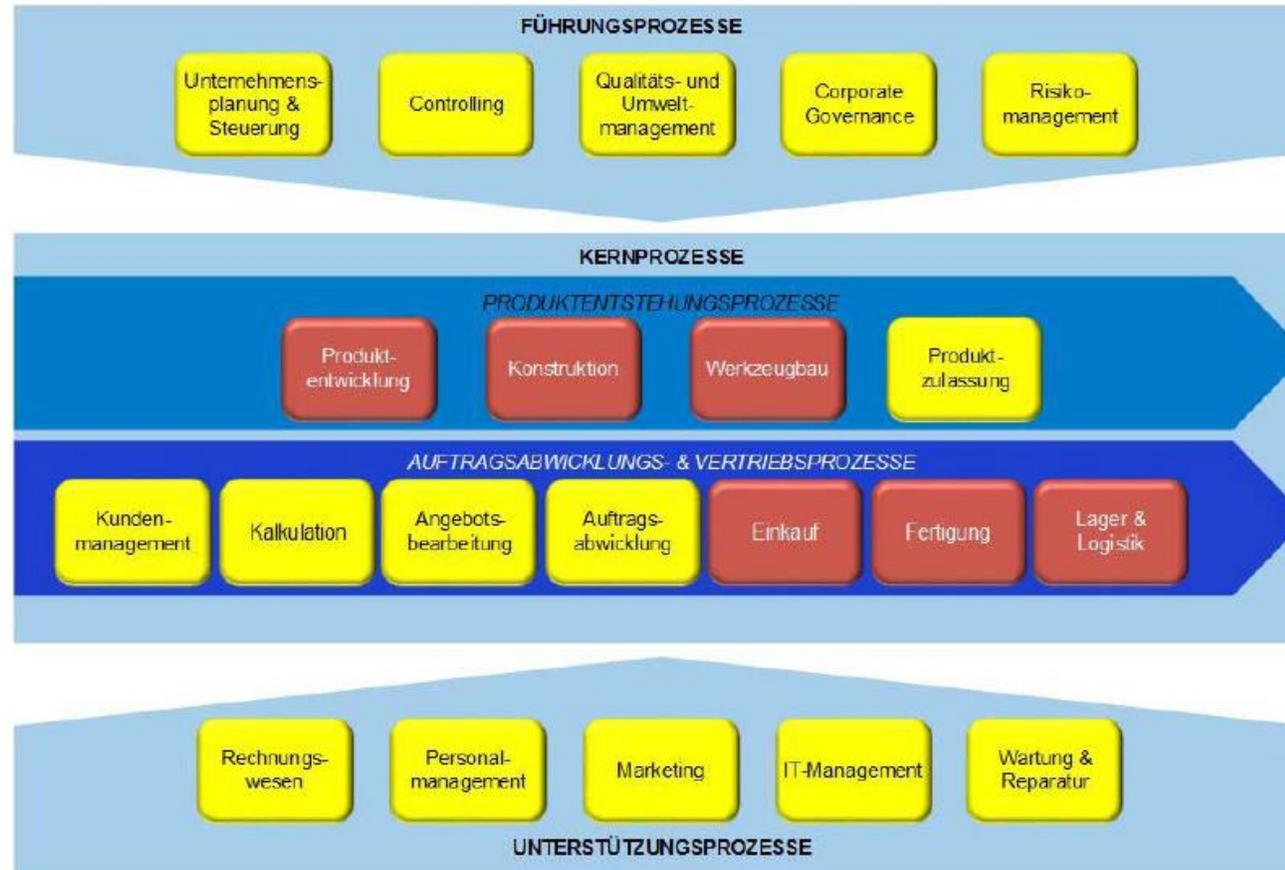
HOME
HOCHSCHULE
MERSEBURG
University of
Applied Sciences

FACHBEREICH
WIRTSCHAFTS-
WISSENSCHAFTEN

3D@KMU
FORSCHUNG AN
FACHHOCHSCHULEN

Forschungsstand

Anwendungsszenarien



3D@KMU | Prof. Dr. Schinzer

20/04/16 | Seite 23

HOME
HOCHSCHULE
MERSEBURGTM
University of
Applied Sciences

FACHBEREICH
WIRTSCHAFTS-
WISSENSCHAFTEN

3D@KMU
HOCHSCHULE
MERSEBURG
FORSCHUNG AN
FACHHOCHSCHULEN

Forschungsstand

Produktion



3D@KMU | Prof. Dr. Schinzer

20/04/16 | Seite 24

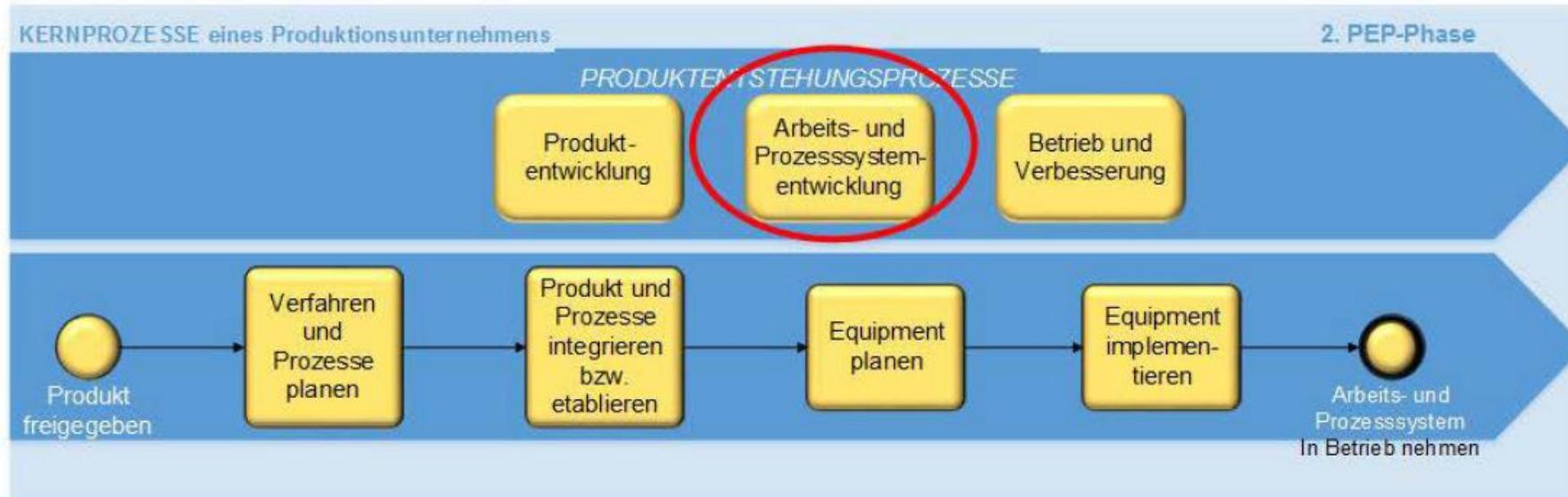
HOME
HOCHSCHULE
MERSEBURGTM
University of
Applied Sciences

FACHBEREICH
WIRTSCHAFTS-
WISSENSCHAFTEN

3D@KMU
FORSCHUNG AN
FACHHOCHSCHULEN

Forschungsstand

Produktion



3D@KMU | Prof. Dr. Schinzer

20/04/16 | Seite 25

HOME
HOCHSCHULE
MERSEBURG
University of
Applied Sciences

FACHBEREICH
WIRTSCHAFTS-
WISSENSCHAFTEN

3D@KMU
FORSCHUNG AN
FACHHOCHSCHULEN

Forschungsstand

Produktion



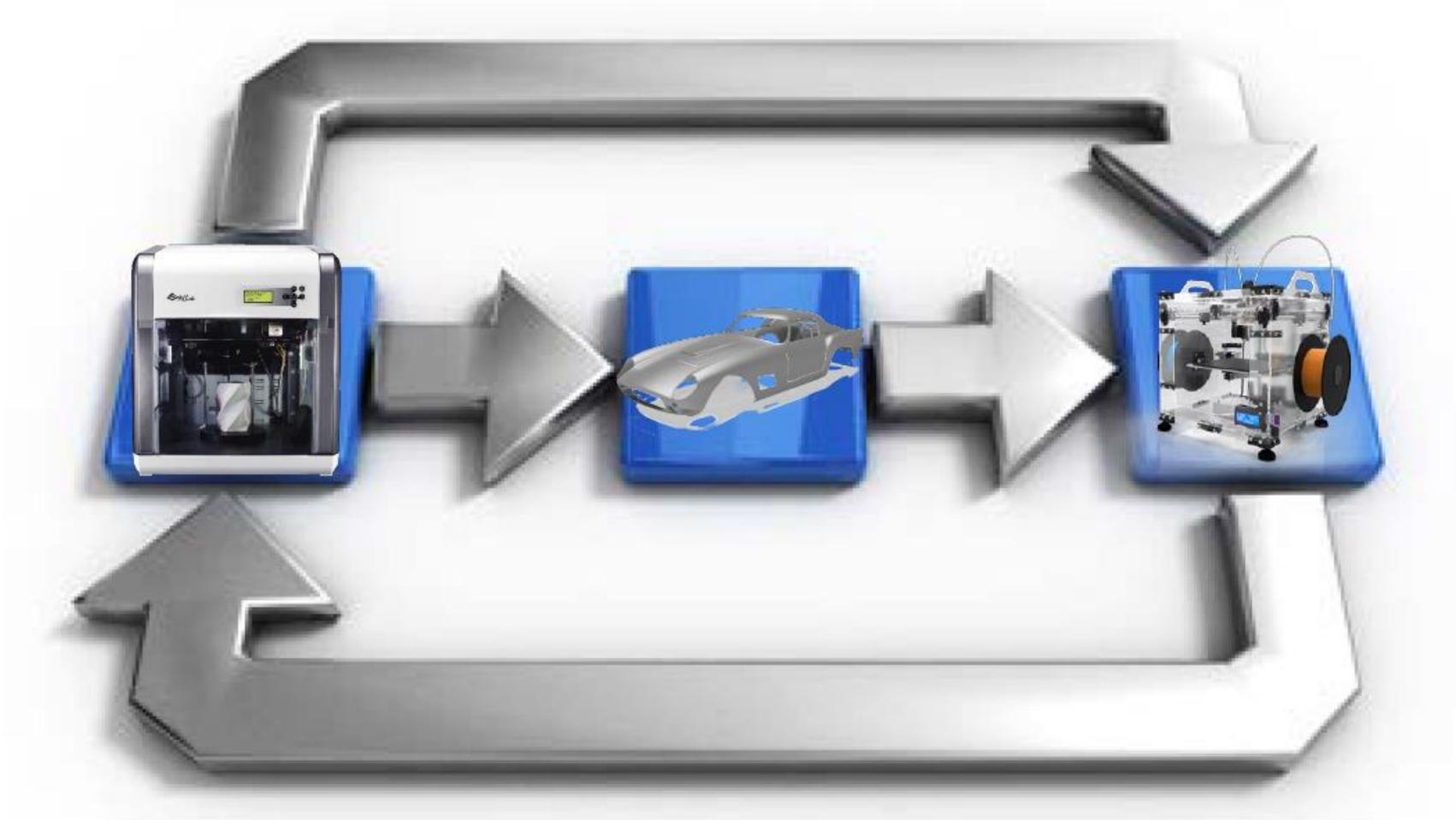
3D@KMU | Prof. Dr. Schinzer

20/04/16 | Seite 26

HOME
HOCHSCHULE
MERSEBURGTM
University of
Applied Sciences

FACHBEREICH
WIRTSCHAFTS-
WISSENSCHAFTEN

3D@KMU
FORSCHUNG AN
FACHHOCHSCHULEN



3D@KMU | Prof. Dr. Schinzer

20/04/16 | Seite 27

HOME
HOCHSCHULE
MERSEBURGTM
University of
Applied Sciences

FACHBEREICH
WIRTSCHAFTS-
WISSENSCHAFTEN

3D@KMU
FORSCHUNG AN
FACHHOCHSCHULEN

Jochen Zimmer, Stratasys GmbH Rheinmünster

Kontakt

Stratasys GmbH | MakerBot Division

Dr. Jochen Zimmer

Senior Sales Engineer

Airport Boulevard B 120

77836 Rheinmünster

Tel.: (07229) 777 25 53

Mail: jochen.zimmer@makerbot.com

Web: <http://eu.makerbot.com> | <http://www.thingiverse.com>



Abstract

Bis vor kurzem haben nur wenige Schüler und Studenten von den Möglichkeiten des 3D-Drucks profitieren können.

Mit der neuesten Generation von MakerBot Replicator 3D-Druckern ist diese Technologie so bezahlbar geworden, und so einfach zu bedienen, dass sie endlich in der Breite in der Bildung eingesetzt werden kann.

Der Vortrag gibt einen Überblick über die Einsatzmöglichkeiten und zahlreiche Beispiele aus Schulen und Universitäten weltweit.

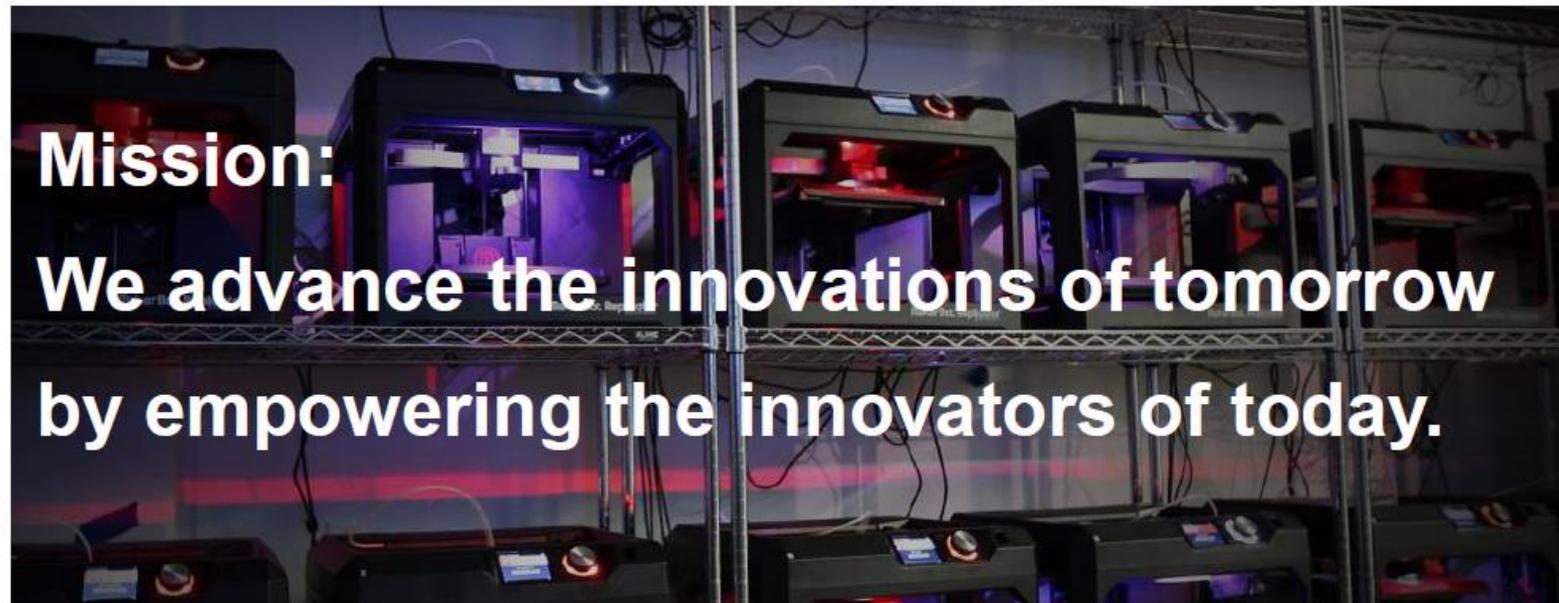


3D-Druck für die nächste Generation

Dr. Jochen Zimmer, Stratasys GmbH - MakerBot Division

Merseburg, 18. Mai 2016

MakerBot – an innovation company

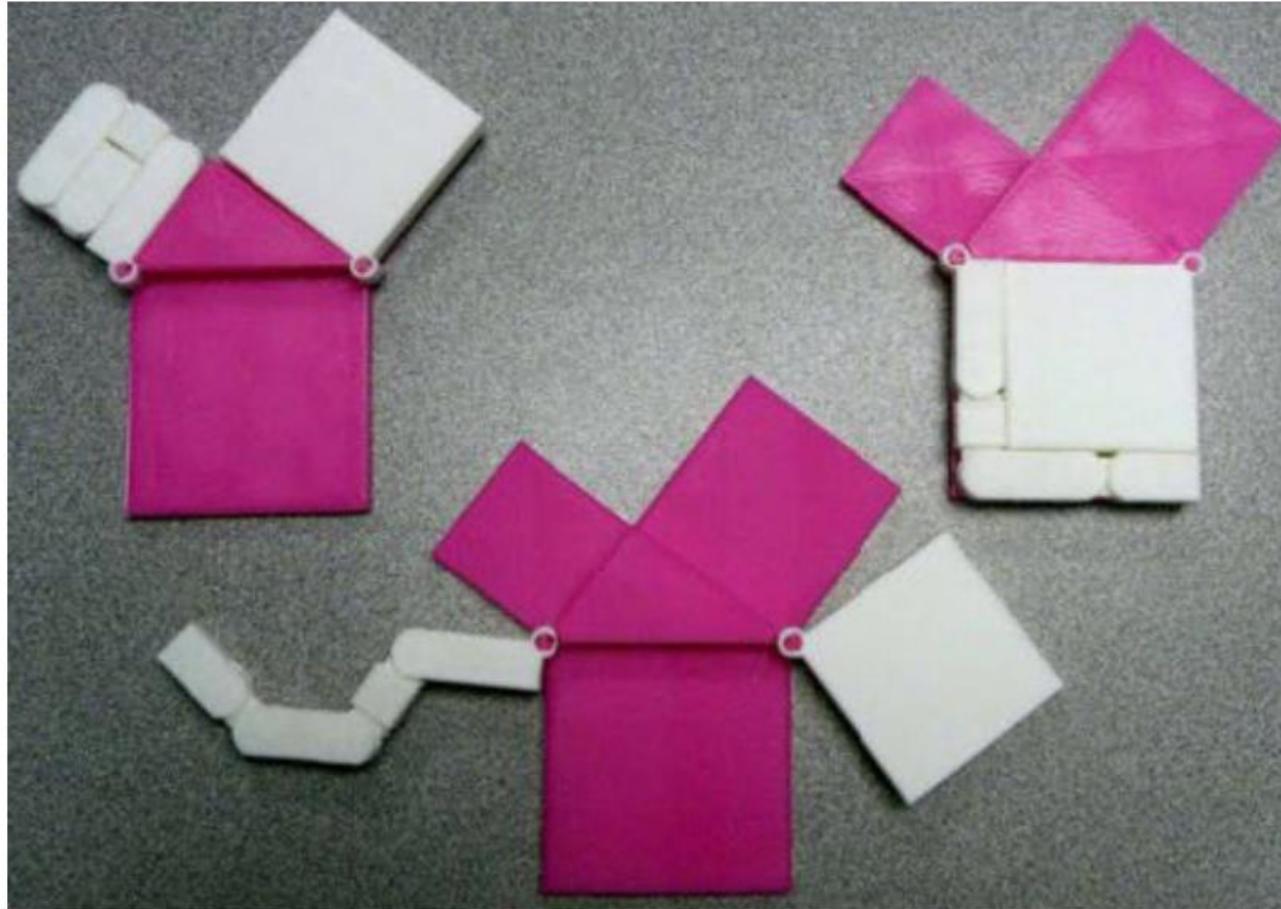


MakerBot – empowering the innovators of today!



Einsatzbeispiele in der Schulbildung

3D-gedruckte Lernhilfen



Pythagorean Theorem by mshscott, published Feb 9, 2014

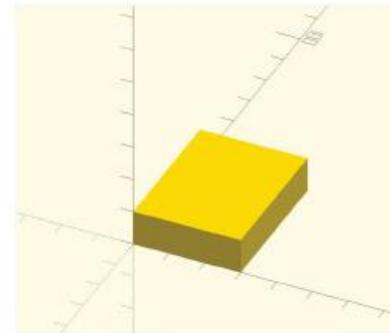
<http://www.thingiverse.com/thing:245202>

Grundlagen von 3D-CAD und Design



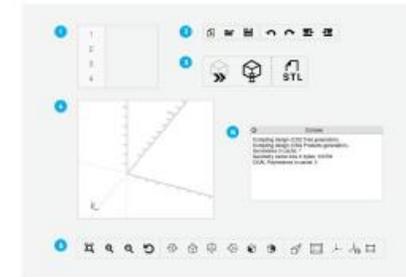
EXPLORE: MODELING WITH OPENS CAD

When you open the OpenSCAD software, you'll see a window like the one shown. The basic workflow is to type code into the **editor window** on the left, press **F5** on a PC (or **Function-F5** on a Mac Laptop) to compile the code, and then look in the **view area window** on the right to see the result. A small **console log** at the bottom right will display output notes and sometimes error messages. You can use the mouse to navigate in the **view area**. Follow the steps below to get comfortable with how OpenSCAD works.



INTERFACE:

- 1. Editor window** – Type code here to define your model.
- 2. System options** – Save your file, undo/redo actions, and format your code.
- 3. Model options** – **Preview**, **Render**, and **Export STL** files from this menu.
- 4. View area** – Displays the model defined in the editor window.
- 5. View menu** – Change your viewing angle using your mouse or the buttons in this menu.
- 6. Console** – Displays output notes and error messages.



STEP 1: TYPE AND COMPILE YOUR FIRST OPENS CAD COMMAND

- Type `cube([30,40,10]);` in the editor window. Be sure to type it exactly as written.
- Press **F5** (or **Function-F5**) to see the resulting 3D box. As an alternative to using **F5**, you can use the **Preview** button in the **Model Options** menu.
- If your axes and/or scale markers are not visible, turn them on from the **View** menu.
- Notice that the cuboid is 30 mm in the x-direction, 40 mm in the y-direction, and 10 mm in the z-direction.

Whitby School in Greenwich, CT

MakerBot Stories: <https://www.youtube.com/watch?v=AQ8eeYe0fmY>

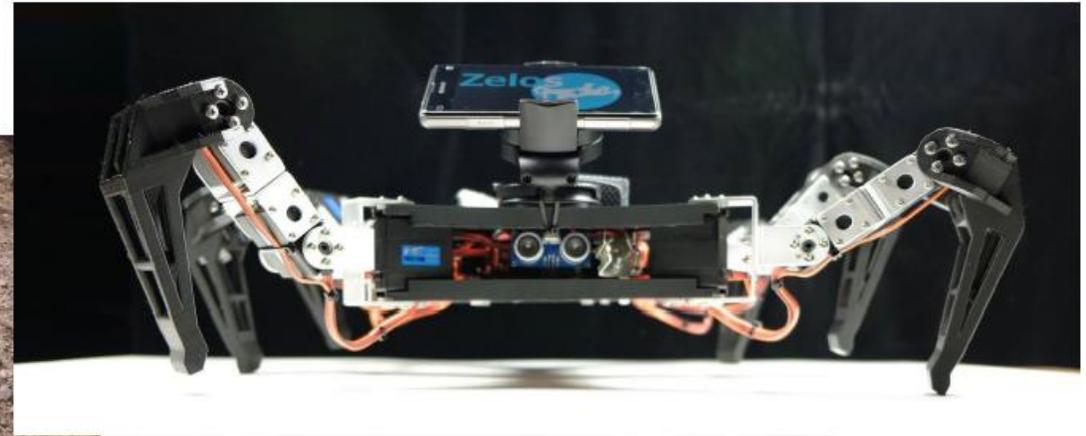
Vorbereitung auf MINT-Fächer



zdi-Schülerlabor coolMINT.Paderborn, Universität Paderborn

https://eu.makebot.com/fileadmin/Inhalte/Referenzen/150903_Reference_Story_Uni_Paderborn_DE.pdf

Realisierung von Schülerprojekten



Janning Meinert, *Jugend forscht 2015*

https://eu.makebot.com/fileadmin/Inhalte/Referenzen/150408_Reference_Story_Hexapod_web.pdf

Unternehmerische Fähigkeiten

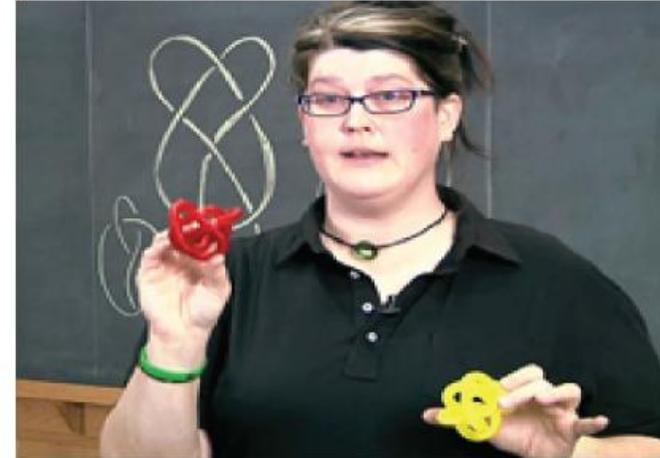
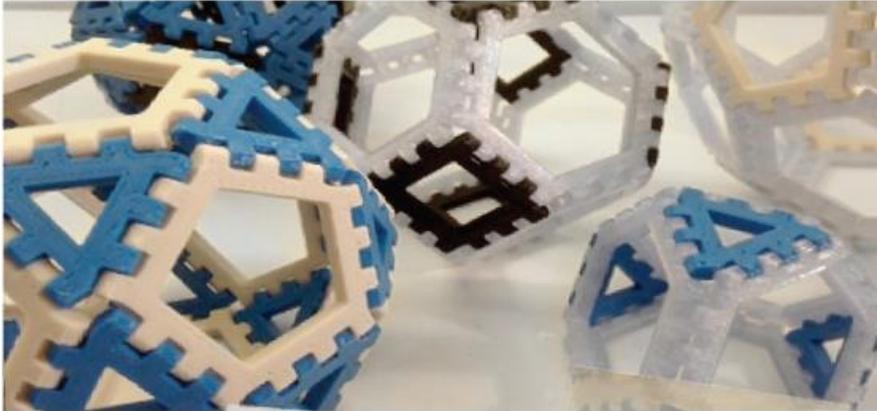


Schülerfirma "Schiller 3D-Druck", Schiller-Mittelschule in Augsburg-Lechhausen

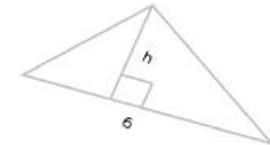
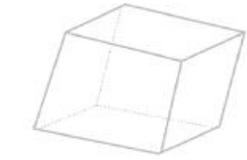
https://eu.makerbot.com/fileadmin/Inhalte/Referenzen/150710_Reference_Story_Schiller-Mittelschule.print.pdf

Einsatzmöglichkeiten in der universitären Bildung

3D-gedruckte Lernhilfen

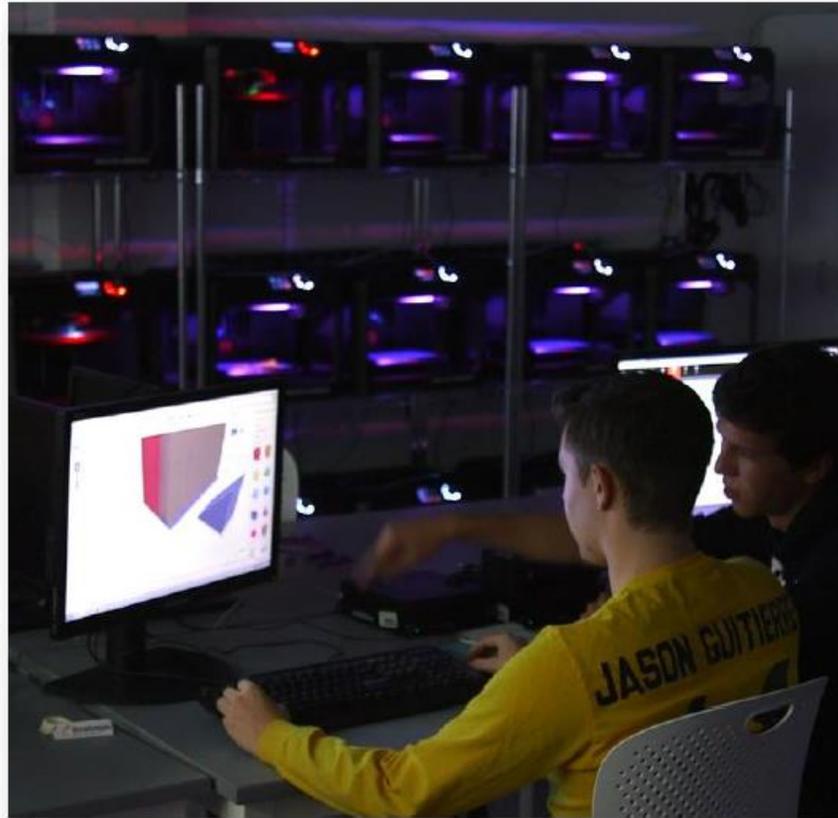


Laura Taalman
(a.k.a. Mathgrrl)
Professor of Mathematics, James
Madison University



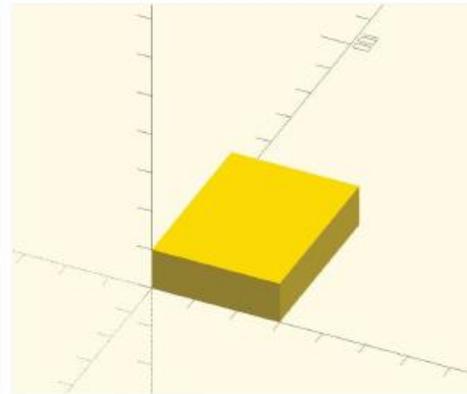
<http://www.thingiverse.com/mathgrrl/about>

3D-CAD für Studierende aller Fachrichtungen



EXPLORE: MODELING WITH OPENS CAD CODE

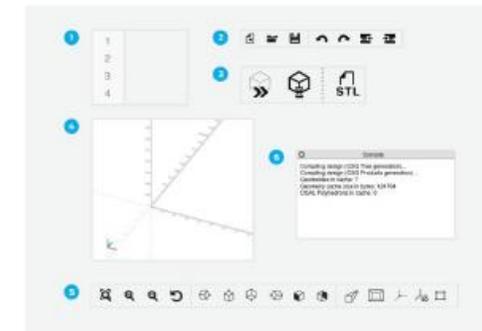
When you open the OpenSCAD software, you'll see a window like the one shown. The basic workflow is to type code into the **editor window** on the left, press **F5** on a PC (or **Function-F5** on a Mac laptop) to compile the code, and then look in the **view area window** on the right to see the result. A small **console log** at the bottom right will display output notes and sometimes error messages. You can use the mouse to navigate in the **view area**. Follow the steps below to get comfortable with how OpenSCAD works.



PROJECT: PARAMETRIC MODELING WITH OPENS CAD MARKSHOOT IN THE CLASSROOM

INTERFACE:

1. **Editor window** – Type code here to define your model
2. **System options** – Save your file, undo/redo actions, and format your code
3. **Model options** – **Preview**, **Render**, and **Export STL** files from this menu
4. **View area** – Displays the model defined in the editor window
5. **View menu** – Change your viewing angle using your mouse or the buttons in this menu
6. **Console** – Displays output notes and error messages



STEP 1: TYPE AND COMPILE YOUR FIRST OPENS CAD COMMAND

- Type `cube([30,40,10]);` in the editor window. Be sure to type it exactly as written.
- Press **F5** (or **Function-F5**) to see the resulting cuboid. As an alternative to using F5, you can use the **Preview** button in the **Model Options** menu.
- If your axes and/or scale markers are not visible, turn them on from the **View** menu.
- Notice that the cuboid is 30 mm in the x-direction, 40 mm in the y-direction, and 10 mm in the z-direction.

MARKSHOOT IN THE CLASSROOM | PROJECT: PARAMETRIC MODELING WITH OPENS CAD

Semesterprojekte



3D gedruckter Rohling eines Rotorblatts

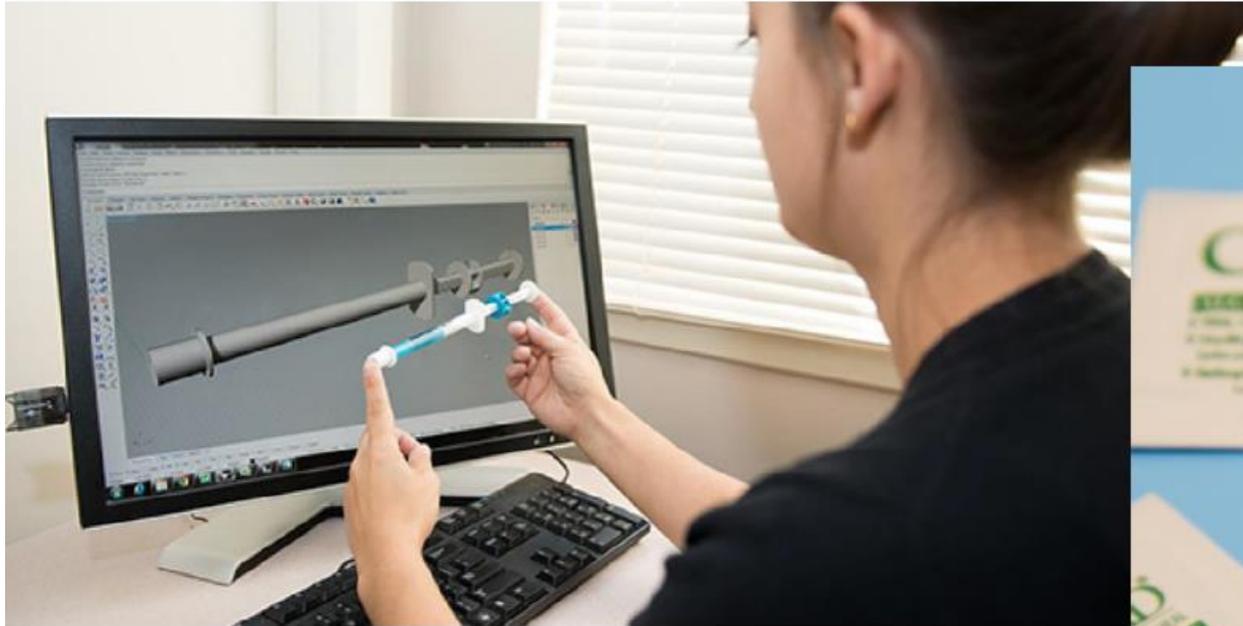


Vorbereitung der Druckdatei der Rotorblattsegmente in der kostenlosen MakerBot Desktop Software

Stuttgarter Lehrstuhl für Windenergie (SWE) @ Institut für Flugzeugbau, Universität Stuttgart

https://eu.makerbot.com/fileadmin/Inhalte/Referenzen/150416_Reference_Story_UniStuttgart_web.pdf

Unternehmertum



Danielle Aylmer, Syngies

<http://pages.makerbot.com/syngies-3d-printing-case-study.html>

Breiter Zugang zu 3D-Druck



Gunther Bigl, Formicum 3D-Service GmbH Leipzig

Kontakt

Formicum 3D-Service GmbH

Max-Planck-Straße 5

04105 Leipzig

Mobil: (0177) 3 913 076

Tel.: (0341) 39280630

Mail: bigl@formicum.de

Web: <http://www.formicum.de>



Abstract

„Und die Erde ist eine Scheibe“ möchte man manchmal erwidern, um seiner Ungläubigkeit über die von Herstellern und Verkäufern verbreiteten Märchen und Mythen über die Gewinnung von brauchbaren 3D-Daten von schon real existierenden Gegenständen zu artikulieren.

Nach dem „Hype“ des „3D-Drucks“ befindet sich der 3D-Endverbrauchermarkt bereits in der Konsolidierung.

Ein Grund scheint auch der Mangel an druckbaren 3D-Daten. Wer nicht selber ein 3D-Konstruktionsprofi ist oder über genügend Geld für den Kauf maßgeschneiderter Modelle verfügt für den steht Früher oder Später die Frage: Wie bekomme ich meine schon real existierenden Objekte in eine digitale (und wieder reproduzierbare) Form?

3D-Produktfotografie - vollautomatische professionelle 2D- und 3D-Datenerzeugung für den Onlinehandel

Gunther Bigl

Formicum 3D-Service GmbH Leipzig



Der Markt bietet hier eine Fülle von Scanverfahren und -technologien an, die alle mehr oder weniger gut funktionieren, mehr oder weniger kosten, mehr oder weniger genau und schnell arbeiten oder (mehr oder weniger) Nachbearbeitung erfordern. Gern vergleiche ich diese Fülle mit einem Werkzeugkasten: Für jede Anwendung gibt es mehr oder weniger geeignete Verfahren. Was es bisher, wenn überhaupt, nur im Höchstpreissegment gibt, sind wirklich automatische Lösungen, die vom Scan bis zum druckbaren 3D-Modell und abgesehen von der Platzierung des Modells im Scanner ohne manuelle Tätigkeiten auskommen.

Ein Motor für die Etablierung neuer Standards im 3D-Bereich ist neben Computerspielen natürlich das Internet und hier wiederum der Online-Handel. Erstaunlich und das Problem indirekt am besten beleuchtend ist, dass bisher weder Händler auf große Plattformen noch mit eigenen Shopsystemen im großen Maßstab und über Pseudo-3D-Ansichten von Produkten hinausgehende 3D-Darstellungen anbieten.

Grund hierfür scheint nicht die fehlende Darstellungs-Technik (Ebay bietet zum Beispiel auf Wunsch für größere Shops einen Viewer für echte 3D-Modelle an), sondern das Fehlen eines einfachen Zugangs zu hochwertigen, bezahlbaren Produkt-Scans. Dies könnte sich jedoch bald ändern.

Am Markt vorhandene Systeme, wie der Packshot Creator, erstellen automatisch freigestellte Produktfotos aus allen möglichen Positionen und verknüpfen diese dann zu einer 3D-Animation. Ein echtes 3D-Gefühl oder gar die Reproduzierbarkeit eines Modells ist dabei aber nicht gegeben. Die Fotos ließen sich sicherlich per Software mittels fotogrammetrischer Verfahren zu einem wasserdichten 3D-Modell umwandeln, die Automatisierbarkeit ist bei dieser Vorgehensweise aber eher gering und die manuelle Nachbearbeitung des Modells fast immer notwendig.

Die Firma CRUSE Spezialmaschinen GmbH, ein deutsches Unternehmen aus Nordrhein-Westfalen, spezialisiert auf großformatigen 2D-Scanverfahren geht nun mit der 3D-Photostation dieses Problem und diesen Markt an. Mit der CRUSE 3D-Photostation sollen 2D-Datenerstellung und echter 3D-Scan mittels Streifenlichtverfahren und icc-Profil-zertifizierter Farbe in einem Arbeitsgang und vollständig automatisiert möglich werden.

Der Vortrag beschäftigt sich mit dem Verfahren und zeigt an einem eigenen Beispiel und einem Finalen Prototypen der 3D-Photostation die Möglichkeiten für die Etablierung im Massenmarkt auf.

Einzigste Handarbeit für unser Modell, einen Oldtimer Stoßfänger-Bumper ist das Platzieren im Bauraum. Mittels Licht-Presets für 30 getrennte Beleuchtungskanäle wird für die optimale Beleuchtung gesorgt und mit einem kurzen Vorschaufoto die Lage im Scanner festgehalten, so kann das Objekt auch verlässlich und wiederholbar an derselben Stelle platziert werden. Danach werden in der Maschinensteuerung die gewünschten Scanwinkel und Fotoanzahlen festgelegt. Alle Einzelheiten werden pro Modellart einmal gespeichert. Nun versieht die Maschine autonom Ihren Dienst und liefert neben einer hochwertigen 2D-360°-Fotografie auch einen echten 3D-Scan. Der Export erfolgt dann wahlweise als vollfarbiges OBJ mit Texturdatei als monochrome STL-Datei und natürlich als tif und png für den 2D-Bereich.

Die entstandenen 3D-Scan-Ergebnisse erstaunen uns durchaus, die Verrechnung der Hinterschneidungen ist intelligent, das System nimmt an, das sich die im sichtbaren Bereich ermittelte Wandstärke auch in den nicht scanbaren Bereich erstreckt und interpoliert diese. Damit erhalten wir ein stimmiges und sofort druckbares wasserdichtes Modell ohne jede Nachbearbeitung.

Unser Fazit:

Die Automatische Erfassung von 3D-Daten wird in Zukunft sicher zu einer ähnlichen Veränderung unserer Lebewelt führen wie der 3D-Druck. Einfache Zugänglichkeit und geringe Betriebsmittelkosten durch Automatisierung werden auch beim 3D-Scan über Erfolg oder Niederlage einer Technologie entscheiden.

Durch die hervorragende Farbwiedergabe und die Möglichkeit eines hohen Automatisierungsgrades macht die 3D-Photostation zu einem idealen 2D/3D-Scanner für den E-Commerce-Bereich, bei dem hohen Stückzahlen für eine Darstellung in Internetshops benötigt werden.

Seine wahre Stärke einer sehr hohen Farbechtheit macht ihn für Museen, Auktionshäuser und Archäologische Grabungen (zum Katalogisieren von Artefakten, Knochen oder Schmuckstücken) zu einem wertvollen und Personalkosten sparenden Helfer.



Foto: <https://cruse-scanner.de/>

Durch die Verknüpfung von zwei Anwendungsbereichen in einem Arbeitsgang empfiehlt sich in unseren Augen diese Technologie auch für den Einstieg in den Markt, mit dem automatisch mit generierten 3D-Scan ist man als Anwender auch für die Zukunft gerüstet.

Einziges Wermutstropfen ist der kleine Scanbereich: mit nur 250mm x 250mm x 250mm großen Objekten ist man schon an der Grenze des Machbaren. Dies bestätigt wieder: es gibt auch bei dieser Technologie noch viele Möglichkeiten zur Weiterentwicklung.

Martin Schilling, 3D-Schilling GmbH Sondershausen/Oberspier

Kurzvita

Dr.-Ing. Schilling wurde am 1954 in Apolda geboren. 1975 begann er sein Studium der Elektrotechnik an der damaligen Technischen Hochschule Ilmenau. Nach erfolgreicher Promotion absolvierte er 1983/84 ein Zusatzstudium der Anorganischen Chemie am Moskauer Chemisch Technologischen Institut. 1984 wechselte er in das Forschungszentrum des damaligen Kombinat Carl Zeiss in Jena und wurde zunächst Mitarbeiter in der Vorlaufforschung, anschließend Referent beim Forschungsdirektor und war ab 1986 Mitarbeiter des Stellvertretenden Generaldirektors für Mikroelektronik.

Ab Februar 1990 war er als technischer Direktor von ELSO, einem Hersteller von Elektroinstallationsmaterial tätig. Im Mai 1993 gründete Dr. Schilling ein Ingenieurbüro für die Entwicklung von technischen Komponenten und Herstellung von Prototypen. 1996 verlegte er den Betrieb nach Oberspier bei Sondershausen. 1997 wurde ein Werkzeug- und Formenbau und 2002 ein Betrieb für die Herstellung von Spritzgussteilen gegründet.

Seit 1993 ist Dr. Martin Schilling auf dem Gebiet des Additiv Manufacturing aktiv tätig. Dr. Martin Schilling engagiert sich als Sprecher im Nordthüringer Kunststoffnetzwerk AufFAHRT .



Martin Schilling, 3D-Schilling GmbH Sondershausen/Oberspier

Kontakt

3D Schilling GmbH

Dr. Martin Schilling

Mühlenweg 4

99706 Sondershausen/Oberspier

Tel.: (036 32) 522 730

Fax: (036 32) 522 740

Mail: info@3d-schilling.de



Abstract

Die Ansprüche an Teile, die mittels additiven Fertigungsverfahren hergestellt sind, steigen ständig. Trotz aller Rasanzen in der Entwicklung haben sich bisher additive hergestellte Teile in der Industrie bzw. im Serieneinsatz nur in wenigen Fällen durchgesetzt. Das liegt zum einen in der mangelnden Produktivität der additiven Verfahren, zum anderen in der Reproduzierbarkeit der Teile. Ein Problem ist im Bereich Kunststoff die begrenzte Möglichkeit, Teile festigkeitsoptimiert herzustellen.

Diese Optimierung erfolgt gegenwärtig vorwiegend durch Platzierung und Optimierung des Teiles im Bauraum. Die platzierten und orientierten CAD-Daten werden in Schichten parallel zur Bauplattform / -arbeitsebene zerlegt. Der Teileaufbau erfolgt schichtweise, der 3D-Druck ist somit nur ein 2 1/2D-Druck.

In dem vorliegenden Beitrag soll eine Möglichkeit aufgezeigt werden, Teile in einem echten 3D-Verfahren aufzubauen.

Ziel dieses 3D-Aufbaus ist ein festigkeitsoptimiertes Bauteil.

Gedruckte Teile im echten 3D-Verfahren – ein Lösungsansatz

Dr.-Ing. Martin Schilling | Leander Schmidt | Dr. Frank Backes

3D-Schilling Prototypen GmbH, Sondershausen OT Oberspier

Die Stärken der additiven Technologie liegen nach wie vor dort, wo eine starke Individualisierung des einzelnen Produktes im Vordergrund steht und kleine Losgrößen gleichartiger Bauteile gefragt sind. Der Einsatz additiver Verfahren wird begrenzt durch die Produktivität der Verfahren, der Preis für die eingesetzten Materialien und letztlich die Reproduzierbarkeit der Teile. Insbesondere im Bereich der additiven Herstellung von Kunststoffteilen spielt die Anisotropie eine große Rolle.

Der additive Aufbau der Kunststoffteile erfolgt in einem 2 ½ D-Verfahren: Im CAD wird das Teil auf einer Bauplattform (SLA bzw. FDM) bzw. im Bauraum (SLS) platziert und in meist gleichdicke Schichten aufgeteilt (slicen). Diese Daten werden Schicht für Schicht aufgebaut und erzeugen in ihrer Gesamtheit das reale Teil.

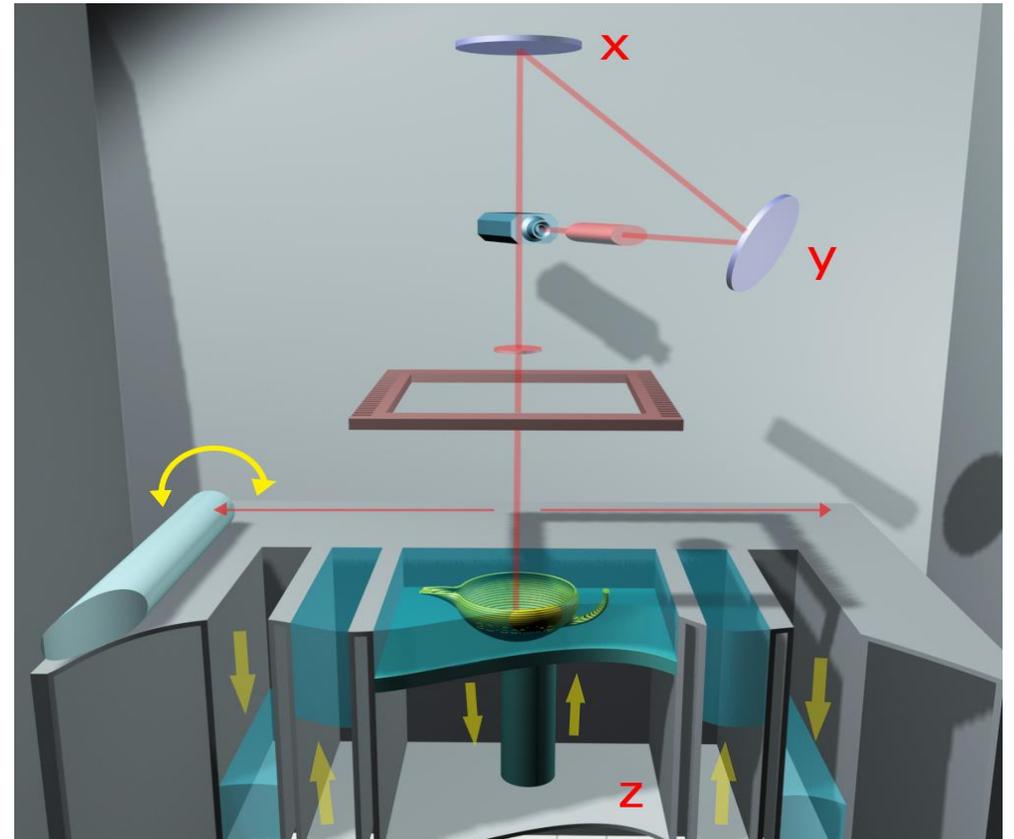


Bild 1: Aufbau eines Artikels im Lasersintern

Beim Aufbau der Schicht werden die jeweils auszuhärtenden Volumina untereinander und mit der darunterliegenden Schicht verbunden.

Durch den Laserimpuls wird ein Bereich der Breite B und mit der Tiefe T ausgehärtet, mehrere Schichten werden hierbei mit einer Schichtdicke S aufgebaut. Wichtig ist, dass es eine Überlappung in der Schichtdicke T_a gibt.

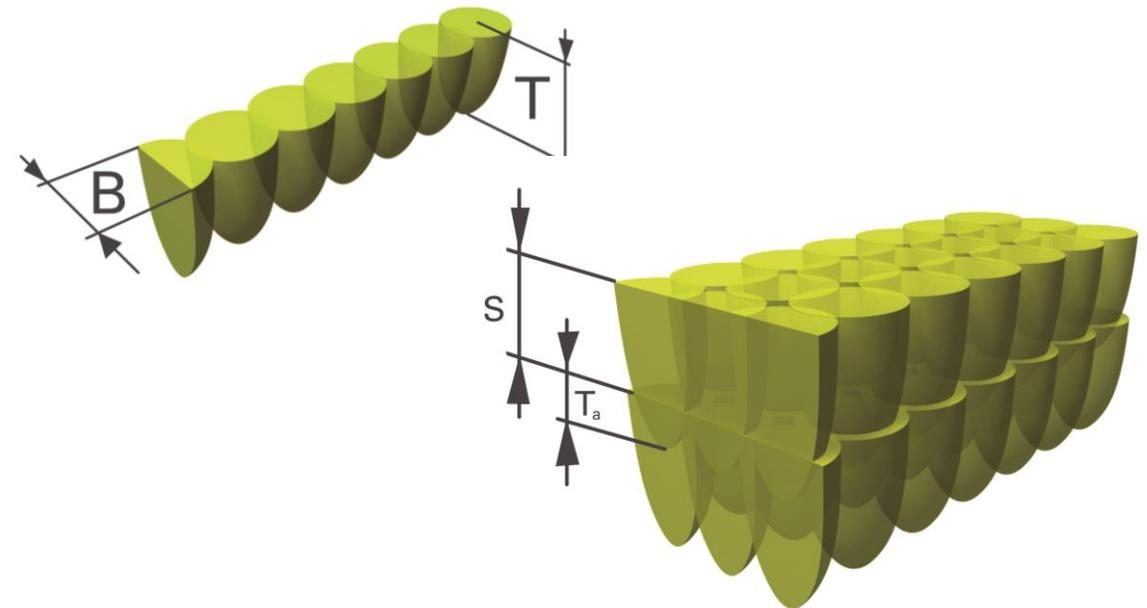


Bild 2: Schichtaufbau bei Stereolithografie und Lasersintern

Beim FDM-Verfahren wird Kunststoffmaterial so erhitzt, dass es zähflüssig durch eine Düse extrudiert wird und in Strangform auf der unteren Schicht abgelegt wird. Dabei wird die untere Schicht angeschmolzen und verbindet sich mit dem abgelegten Strang.

Wie bereits aufgeführt hat die Baurichtung einen entscheidenden Einfluss auf die Festigkeit. Dies wiederum unterscheidet sich auch je nach Fertigungsverfahren.

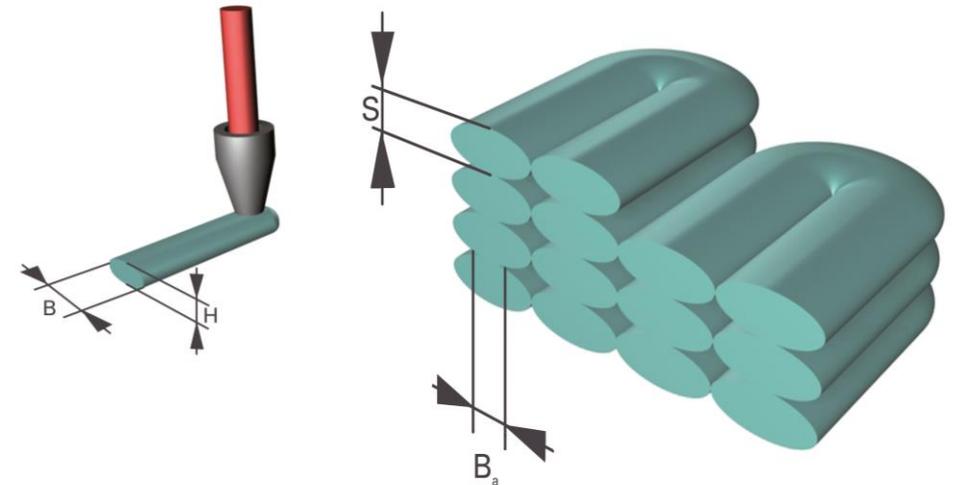


Bild 3: Schichtaufbau beim FDM-Verfahren

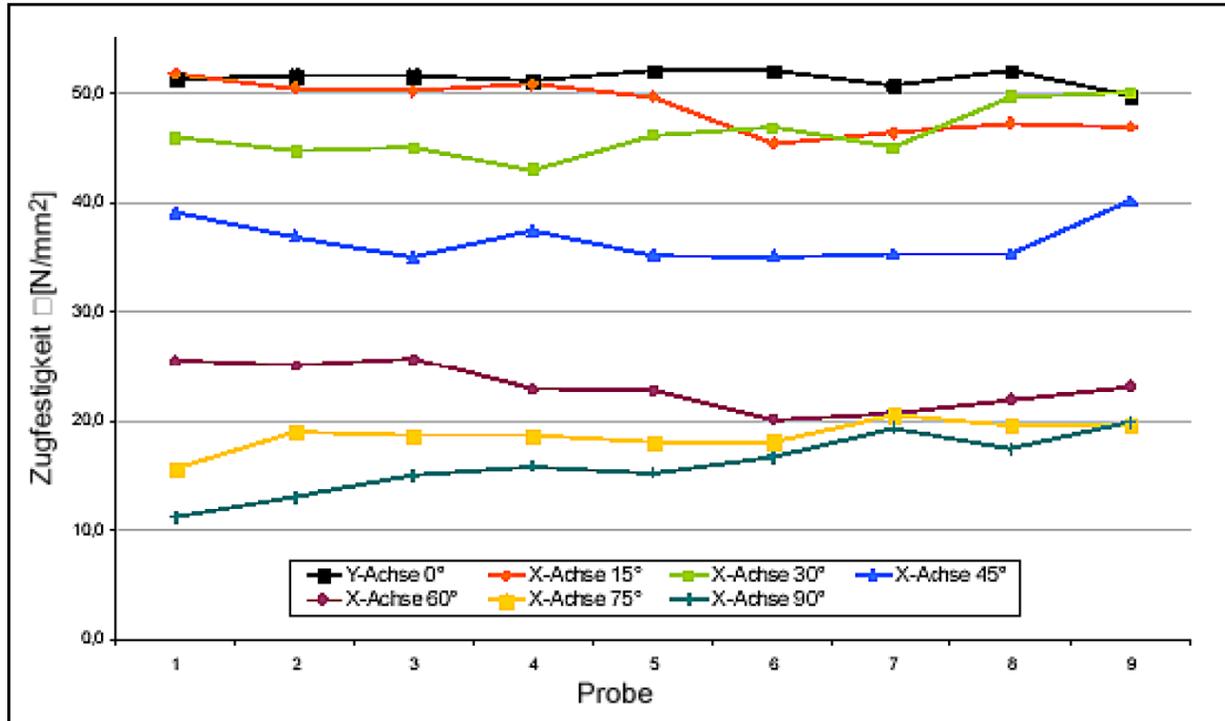
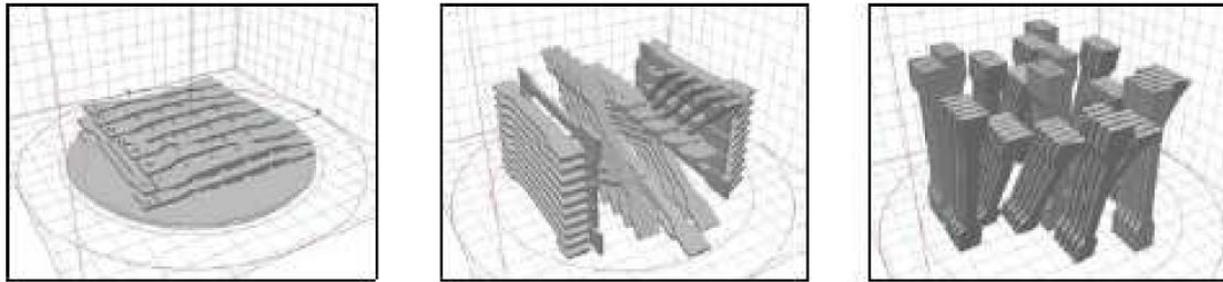


Bild 4: Eigenschaften von thermoplastischen Lasersinter-Bauteilen - Vergleich der Zugfestigkeit bei unterschiedlichen Baurichtungen /1/

Verfahren	SLA	SLS	FDM
Baumedium	Lichthärtende Polymere	Pulver (Thermoplaste)	Thermoplaste
Festigkeit	homogen	$XY > XZ / YZ$	$XY > XZ / YZ$
Baurichtung	(ergibt sich aus Schichtaufbau und Überhärtung)	(ergibt sich aus dem Schichtaufbau im Pulver)	(ebenen Schichtaufbau mit Extrusionsfaden)

Bild 5: Übersicht über Verfahren und Festigkeiten in Abhängigkeit von der Baurichtung

Stand der Technik ist, dass eine optimale Bauteilfestigkeit bei den 2 ½ D-Verfahren nur durch das sinnvolle Platzieren und Orientieren des Teiles im Bauraum möglich ist.

Was würde es bedeuten, vom 2 ½ D-Verfahren zu einem echten 3D-Verfahren überzugehen? Bei der Stereolithografie und dem Lasersintern ist ein echtes 3D-Verfahren anscheinend nicht möglich.

Das FDM-Verfahren ist für das räumliche Legen der Bahnen geeignet. Hierzu wurde ein Extruder auf einem Knickarm-Roboter gebaut und dessen Verfahrensbewegungen programmiert. Der Übergang vom üblichen FDM-Verfahrens zu einem echten 3D-Verfahren erfordert eine andere Art der Datenaufbereitung.

Hierzu wurde folgendes Modell entwickelt: Es werden die Wände eines Körpers in Schalen aufgebaut. Die erste Schale kann z.B. in 2 ½ D-Verfahren aufgebaut. Anschließend wird der Körper um 90° gedreht und eine zweite Schale konturfolgend aufgebracht. Anschließend erfolgt eine weitere Verdrehung des Körpers und es folgt die nächste Schale, bis die gewünschte Wandstärke erreicht wird.

Damit ist es möglich, Wände und letztlich ganze Teile so auszulegen, dass sie einem vorher simulierten Kraft- und Momentenfluss entsprechen. Wenn für dieses „echte“ 3D-Verfahren zudem noch ein Knickarm-Roboter eingesetzt wird, können z.B. auch Inserts bzw. Outserts im Bauprozess direkt eingebracht werden. Inserts können ebenso hochpräzise Kunststoffteile sein. Durch den Einsatz von mehreren Extrudern sind auch unterschiedliche Baumaterialien möglich.

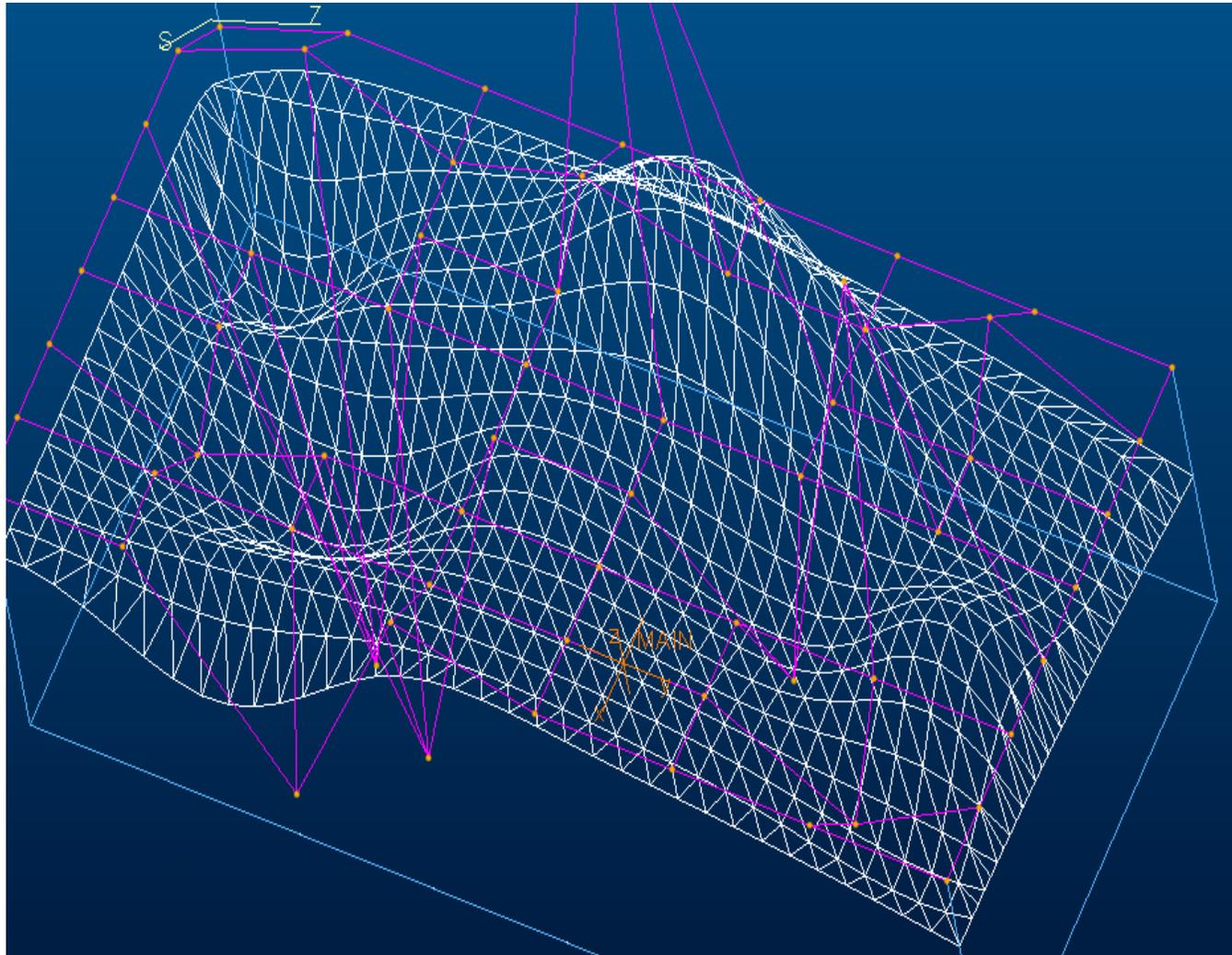


Bild 6: 3D-Oberfläche mit 3D-Verfahrwegen



Bild 7: Extruder geführt durch einen Knickarmroboter und diverse bereits hergestellte Teile

Für die Umsetzung des „echten“ 3D-Druck-Verfahrens soll zukünftig mit einer feststehenden Extrudereinheit und bewegtem Bauteil gearbeitet werden. Dies erfordert die Entwicklung einer speziellen Robotersoftware auf der Basis einer inversen Kinematik.

Literatur:

- /1/ Wegner: „Optimierung der Eigenschaften von thermoplastischen Lasersinter-Bauteilen“
- /2/ Wartzack: „Besonderheiten bei der Auslegung und Gestaltung lasergesinterter Bauteile“
- /3/ Kaddar: „Die Festigkeit in Abhängigkeit von Scanstrategien & -optionen beim Lasersintern vom Kunststoff“
- /4/ Sauer: „Optimierung der Eigenschaften von thermoplastischen Lasersinter-Bauteilen“
- /5/ Berufsakademie Eisenach Schilling, M.: „Prototypenbau zwischen Entwicklung und Produktion – Überblick und aktuelle Trends“

Kjell Bühler, HTWK Leipzig

Kurzvita

- 2011-2014 Bachelorstudium Maschinenbau an der Hochschule Darmstadt,
Abschluss: Bachelor of Engineering
- seit 2014 Masterstudium Maschinenbau an der HTWK Leipzig

Abstract

Innerhalb eines Forschungsprojektes der HTWK Leipzig, Maschinenbau-Technisches Institut Leipzig (MaTIL) und dem Institut für Pharmazeutische Technologie der Universität Leipzig wurde ein Dosierkopf für eine FDM-Anlage entwickelt, der es ermöglicht, ein Biopolymer während der Verarbeitung mit einem pharmazeutischen Wirkstoff homogen zu vermischen, zu extrudieren und zu dreidimensionalen Volumenkörpern aufzubauen.

Thermische Finite-Elemente-Analyse eines Dosierkopfes für generative Herstellung von bioaktiven Implantaten

Kjell Bühler | Tobias Flath | Fritz Peter Schulze | Stephan Schoenfelder

HTWK Leipzig, Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur,
Maschinenbau-Technisches Institut Leipzig (MaTIL) an der Fakultät Maschinenbau und Energietechnik

Neben der Herstellung von Prototypen und dem Fertigen von Kleinserien, findet das Rapid Prototyping (RP) zunehmend im Bereich des Tissue Engineering Anwendung. Ein hier häufig eingesetztes RP-Verfahren ist das Fused Deposition Modeling (FDM).

Innerhalb eines Forschungsprojektes der HTWK Leipzig, Maschinenbau-Technisches Institut Leipzig (MaTIL) und dem Institut für Pharmazeutische Technologie der Universität Leipzig wurde ein Dosierkopf für eine FDM-Anlage entwickelt, der es ermöglicht, ein Biopolymer während der Verarbeitung mit einem pharmazeutischen Wirkstoff homogen zu vermischen, zu extrudieren und zu dreidimensionalen Volumenkörpern aufzubauen.

Sowohl die Vermischung als auch die Extrusion werden durch einen beheizten Dosierkopf mit integriertem Doppelschneckenextruder (DSE-DK) realisiert (vgl. Abbildung 1a).

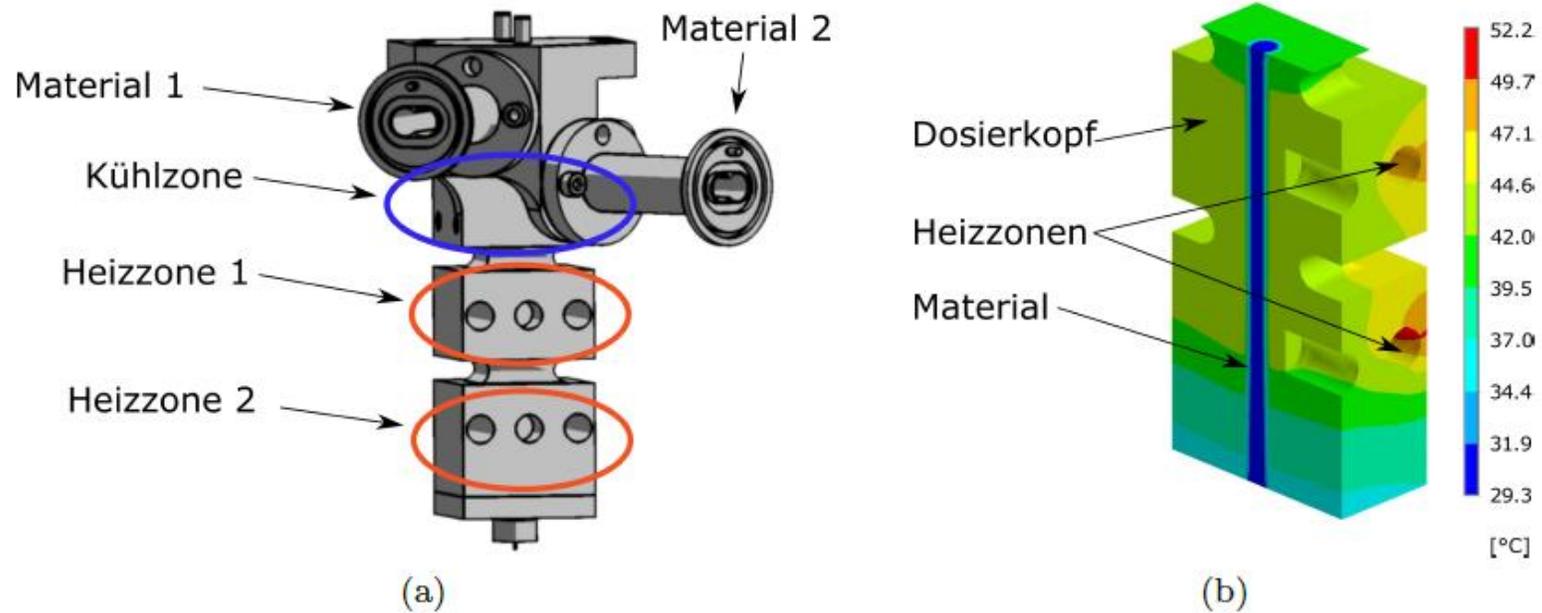


Abbildung 1: (a) Schematische Darstellung des DSE-DK
(b) FE-Modell mit visualisierter Temperaturverteilung

Schwierig stellt sich die Situation dar, wenn temperaturempfindliche Wirkstoffe, deren Denaturierungstemperatur nur wenige Kelvin über dem Schmelzpunkt des verwendeten Polymers liegen, eingesetzt werden müssen. Um in diesem Fall die Einhaltung der werkstofftechnischen Grenzen sicherstellen zu können, muss die genaue Temperaturverteilung innerhalb des Dosierkopfes bekannt sein.

Mit Hilfe einer Finite-Elemente-Simulation wurde diese untersucht. Nach der Erstellung eines vereinfachten Modells (vgl. Abbildung 1b) wurden u.a. die Einflüsse der Schmelzenthalpie des Polymers auf die Verteilung der Temperatur im DSE-DK untersucht und die Temperaturverteilung während des Aufheizvorganges sowie im Arbeitspunkt betrachtet.

Weiterhin wurde die Simulation parametrisch aufgebaut, um eventuell abweichende Temperaturausbreitungen innerhalb des Dosierkopfes, infolge entwicklungsbedingter Änderungen der Materialkennwerte, Randbedingungen oder Prozessparameter, vorab detektieren zu können.

Durch die aus der Simulation resultierende Analyse der Temperatur des Polymergemisches konnte gezeigt werden, dass die gewählte Solltemperatur für den Ort und die Zeit innerhalb des Materialkanals nicht signifikant überschritten wird.

Somit kann mit dem vorliegenden Modell eine Denaturierung des Wirkstoffes bereits vor der Materialverarbeitung und -analyse weitestgehend ausgeschlossen werden, sofern die Denaturierungstemperatur bekannt ist und unterhalb der an der FDM-Anlage gewählten Solltemperatur liegt. Weiterhin wurde deutlich, dass die Schmelzenthalpie des Polymers keinen sichtbaren Einfluss auf die Temperaturverteilung innerhalb des Dosierkopfes ausübt.

Damit ist gezeigt, dass diese nicht in die Analyse einbezogen werden muss, wodurch das Modell vereinfacht und der benötigte Rechenaufwand verringert werden konnte.

Des Weiteren wurde durch die Simulation die Funktionalität konstruktiver Gestaltungselemente zur thermischen Entkopplung der beiden Heizzonen des DSE-DK aufgezeigt und bestätigt.

KOOPERATIONSBÖRSE

Teilnehmer der Kooperationsbörse

3D-Schilling | Sondershausen

3Faktur | Jena

ARC Solutions GmbH | Chemnitz

Bauhaus -Universität Weimar, Fakultät Gestaltung/Produktdesign | Weimar

BTZ Bildungs- und Technologiezentrum der Handwerkskammer Halle (Saale) | Halle (Saale)

BTZ Berufsbildungs- und Technologiezentrum Rohr Kloster der Handwerkskammer Südthüringen | Rohr

Burms | Jena

C³ Chemnitzer Veranstaltungszentren GmbH c/o Messe Chemnitz „LiMA 2016“ | Chemnitz

Cluster BioEconomy e.V. | Halle (Saale)

Dick & Dick GmbH Generative Fertigung | Leipzig

Dr. Henke Medical Training & Education GmbH | Leipzig

EDAG Lichttechnik/Simulation | Wolfsburg

Ernst-Abbe-Hochschule Jena, AG Fertigungstechnik und -automatisierung | Jena

Teilnehmer der Kooperationsbörse

FabLab Thüringen | Sondershausen

Formicum 3D-Service GmbH | Leipzig

Gesellschaft zur Förderung von Medizin-, Bio- und Umwelttechnologien e.V. (GMBU) | Halle (Saale)

Hasenauer & Hesser GmbH | Ötisheim

Hochschule Magdeburg-Stendal | Magdeburg

Hochschule Merseburg, Fachbereich Ingenieur- und Naturwissenschaften | Merseburg

IfW Günter-Köhler -Institut für Fügetechnik und Werkstoffprüfung GmbH | Jena

Industrie- und Handelskammer Halle-Dessau

Ingenieurbüro Herbst | Zella-Mehlis

JUREC Dr. Juergen Reinemuth Consulting | Blankenburg

Kompetenznetzwerk für Angewandte und Transferorientierte Forschung (KAT)

Mediendesign Miersch | Zella-Mehlis

Messe Erfurt GmbH | Erfurt

Teilnehmer der Kooperationsbörse

Mitteldeutsches Netzwerk Rapid Prototyping enficos | Merseburg

Netzwerk Thüringer Prototyper PROTONETZ | Sondershausen

PCCL Polymer Competence Center Leoben GmbH | Leoben (Austria)

Portec GmbH | Zella-Mehlis

PTS Jena GmbH | Jena

Rapidobject GmbH | Leipzig

Saalesparkasse | Halle

SATTLER media datasystems | Erfurt

shapeWerk.com | Leipzig

Stratasys GmbH | Rheinmünster

VDI Hallescher Bezirksverein | Halle

Verein der Ingenieure und Techniker in Thüringen e.V. (VITT e.V.) | Erfurt

VMS Schneider GmbH & Co. KG | Suhl

Sponsoren

Die Veranstalter danken

der Handwerkskammer Halle (Saale),

der Industrie- und Handelskammer Halle-Dessau,

der Saalesparkasse,

dem Förderkreis Merseburger Innovations- und Technologiezentrum e. V.

und dem VDI Hallescher Bezirksverein,

die zum Gelingen des
3. Mitteldeutschen Forums 3D-Druck in der Anwendung
beigetragen haben.



Handwerkskammer
Halle (Saale)



Industrie- und Handelskammer
Halle-Dessau



Saalesparkasse



Förderkreis



Hallescher
Bezirksverein

Impressum

Herausgeber:

Hochschule Merseburg

Eberhard-Leibnitz-Straße 2, 06217 Merseburg

Ausgabe:

Erstellt für das 3. Mitteldeutsche Forum 3D-Druck in der Anwendung 18.05.2016

ISBN-Nr. 978-3-942703-51-2

Inhalt:

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