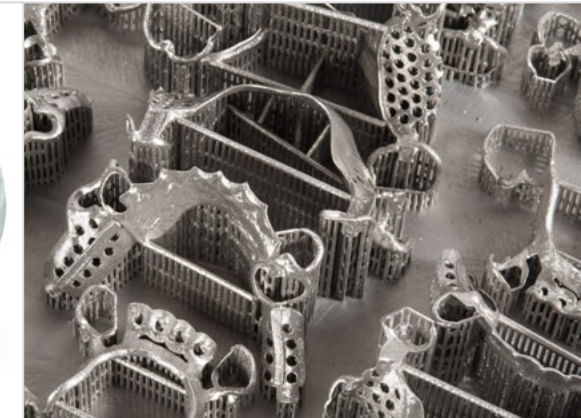
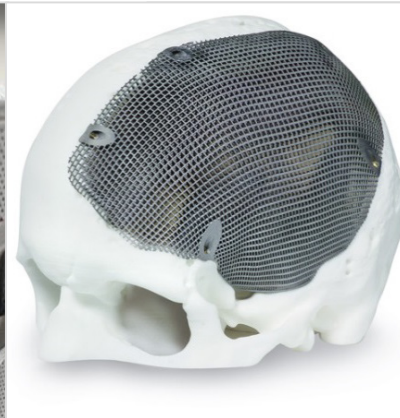
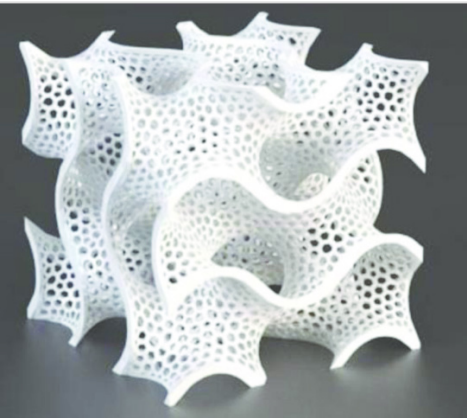


ADDITIVE FERTIGUNG



Sommersemester 2018

INFORMATIONEN ZUR VORLESUNG

Professur für Additive Fertigung am IMKF

Informationen zur Professur und dem Institut unter: <http://tu-freiberg.de/fakult4/imkf>

Lehrinformationen, Einschreibung und Dokumente im **OPAL**:

OPAL > Technische Universität Bergakademie Freiberg > 04_Fakultät für Maschinenbau, Verfahrens- und Energietechnik > Institut für Maschinenelemente, Konstruktion und Fertigung > Professur für Additive Fertigung > Studienjahr 2017/2018 > Additive Fertigung SS 2018

Lehrender: Prof. Dr.-Ing. Henning Zeidler

Raum: KKB 93

Mail: henning.zeidler@imkf.tu-freiberg.de



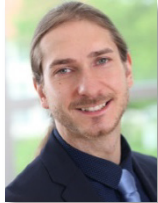
MITWIRKENDE DER PROFESSUR ADDITIVE FERTIGUNG



Dr.-Ing. Thomas Geipel

Raum: KKB 105A

Mail: thomas.geipel@imkf.tu-freiberg.de



Dipl.-Ing. Stefan Krinke

Raum: KKB 93

Mail: stefan.krinke@imkf.tu-freiberg.de



Dipl.-Ing. Anton Zelenskyi

Raum: KKB 92

Mail: anton.zelenskyi@imkf.tu-freiberg.de



Additive Fertigung

MODUL ADDITIVE FERTIGUNG

Vorlesung: Prof. Dr.-Ing. H. Zeidler 2 SWS

Übung: Prof. Dr.-Ing. H. Zeidler 1 SWS

Endnote = Prüfungsnote

Kontakt für Rückfragen: Prof. Dr.-Ing. H. Zeidler

Tel.: 39 3066; henning.zeidler@imkf.tu-freiberg.de; KKB Zimmer 93



Additive Fertigung

ORGANISATORISCHES

Vorlesung: DO 18:00-19:30, KKB 1069

Übungen: DI 14:00-15:30, KKB 1069 in der geraden Woche

Bitte unbedingt für diese
Veranstaltungen (V) im OPAL
einschreiben!

ORGANISATORISCHES III

Skripte

- Bereitstellung der Vorlesungsfolien als Hörsaalversion auf OPAL
- Format: PDF

Aufbau

- Vorlesungsfolien mit **Lücken** im Text: während der Vorlesung zu ergänzen
- **Wichtung** der Folie am oberen Rand:
 - 1: Prüfungsrelevantes Kernwissen
 - 2: Prüfungsrelevantes Ergänzungswissen
 - 3: Exkurs/Zusatzinformationen/Add-on



2

Warum Fertigungstechnik?

BEISPIEL: GETRIEBE / ZAHNRAD

- Um Produkte und Bauteile herzustellen, benötigt man Fertigungsverfahren
- I.d.R. werden mehrere Verfahren eingesetzt, um ein Bauteil zu fertigen
- Die Auswahl der Verfahren richtet sich u. a. nach **Material** und dessen **Eigenschaften und Ausgangsform**, zu erzeugender **Form**, **Anforderung an Oberflächen**, **Stückzahl**, **Kosten**
- Die Einteilung und Beschreibung der Verfahren erfolgt in einer Norm (z.B. DIN 8580)

imkf TU Bergakademie Freiberg | Institut für Maschinenelemente, Konstruktion und Fertigung | Professur für Additive Fertigung
Agricolastraße 1 | 09599 Freiberg DE | Tel.: +49 3731 39 2986 | http://www.imkf.tu-freiberg.de | Prof. Dr.-Ing. Henning Zeidler

12



2

Warum Fertigungstechnik?

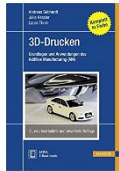
BEISPIEL: GETRIEBE / ZAHNRAD

- Um Produkte und Bauteile herzustellen, benötigt man Fertigungsverfahren
- I.d.R. werden mehrere Verfahren eingesetzt, um ein Bauteil zu fertigen
- Die Auswahl der Verfahren richtet sich u. a. nach _____ und dessen **Eigenschaften und Ausgangsform**, zu erzeugender _____, **Anforderung an** _____, **Kosten**
- Die Einteilung und Beschreibung der Verfahren erfolgt in einer Norm (z.B. **DIN 8580**)

imkf TU Bergakademie Freiberg | Institut für Maschinenelemente, Konstruktion und Fertigung | Professur für Additive Fertigung
Agricolastraße 1 | 09599 Freiberg DE | Tel.: +49 3731 39 2986 | http://www.imkf.tu-freiberg.de | Prof. Dr.-Ing. Henning Zeidler

15

LITERATUREMPFEHLUNGEN



3D-Drucken: Grundlagen und Anwendungen des Additive Manufacturing (AM)

Herausgegeben von A. Gebhardt, J. Kessler, L. Thurn

Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG; 2. Auflage

ISBN: 978-3-446-44672-4



Additive Fertigungsverfahren: Additive Manufacturing und 3D-Drucken für Prototyping – Tooling – Produktion

Herausgegeben von A. Gebhardt

Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG; 5. Auflage

ISBN: 978-3-446-44401-0



Additive Fertigung von Bauteilen und Strukturen

Herausgegeben von A. Richard, B. Schramm, T. Zipsner

Springer Vieweg; 1. Auflage

ISBN: 978-3-658-17779-9

GLIEDERUNG

1. **Einführung in das Thema additive Fertigungstechnik**
2. **Produktentstehungsprozess**
3. **Modelle und Prototypen in der Produktentwicklung**
4. **Klassifizierung und Verfahrensablauf**
5. **Preprocessing (Datenaufbereitung, Datennutzung)**
6. **Additive Fertigungsverfahren**
 1. Powder bed fusion
 2. Vat photopolymerization
 3. Material jetting
 4. Material extrusion
 5. Binder jetting
 6. Sheet lamination
 7. Directed energy deposition
7. **Postprocessing**
8. **Wirtschaftlichkeit**

EINFÜHRUNG - GLIEDERUNG

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

DEFINITION (VDI 3405)

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

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

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

HYPE -> REALITÄT

A government-commissioned review on industrial digitalisation in the UK, has pinpointed additive manufacturing (AM) as one of the major innovations that could catapult the UK manufacturing economy to £455 billion over the next

EXKURS: „3D DRUCK“ ≠ 3D DRUCK

Stereolithographie

Laser-Strahlschmelzen

Elektronen-Strahlschmelzen

Multi-Jet Modeling

Poly-Jet Modeling

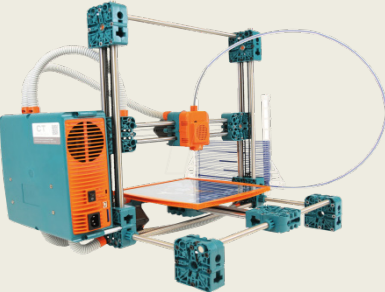
Thermotransfer-Sintern

Digital Light Processing

Layer Laminated Manufacturing

Laser-Sintern

Fused Layer Modelling



[Sintermask]

3D-Drucken



[Z-Corporation]

www.uni-due.de/fertigungstechnik

SYSTEMATIK DER ADDITIVEN FERTIGUNGSVERFAHREN

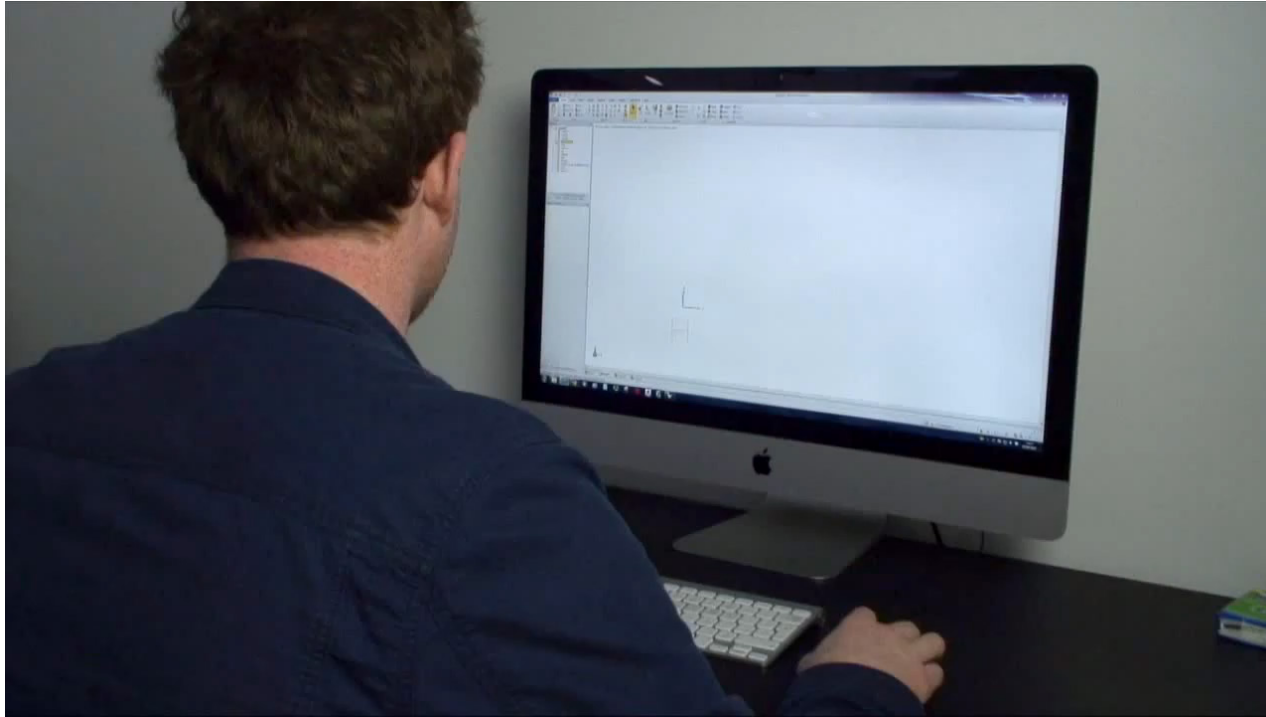
Besondere Kennzeichen der additiven Fertigungsverfahren:

- die Generierung der Schichtgeometrie erfolgt direkt aus den 3D-CAD-Daten
- es ist kein Einsatz von produktspezifischen Werkzeugen von Nöten
- die Erzeugung der mechanisch-technologischen Eigenschaften geschieht während des Bauprozesses
- die Datensätze können grundsätzlich in jeder beliebigen Orientierung gebaut werden (Entfall der Spannproblematik)
- alle heute auf dem Markt befindlichen Maschinen können mit dem gleichen (STL)-Datensatz angesteuert werden

TECHNOLOGISCHE PROZESSKETTE

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

SELEKTIVES LASER SINTERN (SLS)



1 Einführung

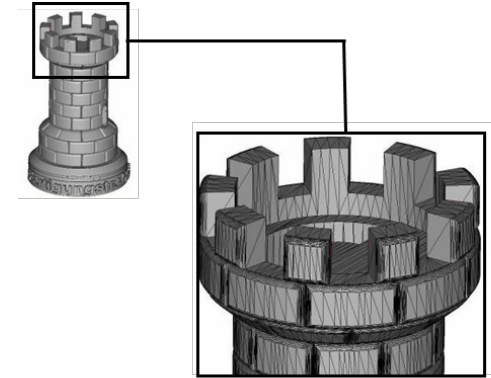
VERFAHRENSABLAUF

1. 3D-CAD-Modell

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

2. Triangulation

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



STL-Modell mit
triangulierter Oberfläche



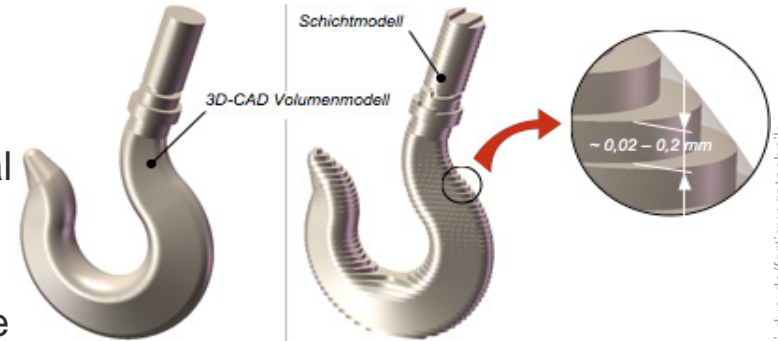
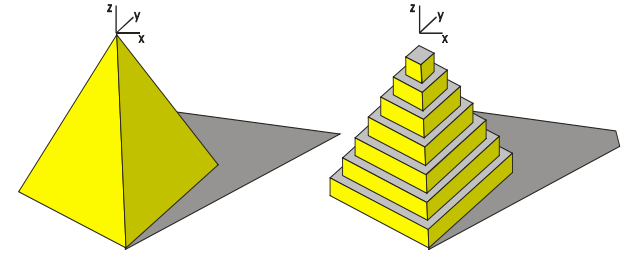
Gefertigtes Bauteil

1 Einführung

VERFAHRENSABLAUF

3. Modellaufbereitung

- Bauteil (STL-Modell) in Schichten „zerlegen“
- Für jede Schicht werden Geometrieinformationen für den Bauvorgang erzeugt
- „Stufeneffekt“ an Rundungen, Freiformflächen und stumpfen Winkeln
- geringe Oberflächenqualität
- Für gute Oberflächenqualität und -genauigkeit sollten gerade Bauteilflächen möglichst vertikal oder horizontal im Bauraum angeordnet sein
- Stufeneffekte werden minimiert.
- Je größer die Schichtdicke ist, desto kürzer die ist Bauzeit aber der Stufeneffekt wird größer.

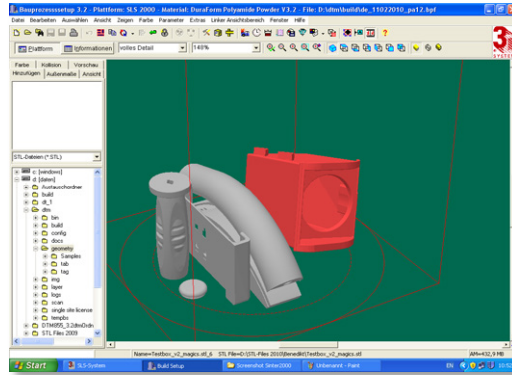


VERFAHRENSABLAUF

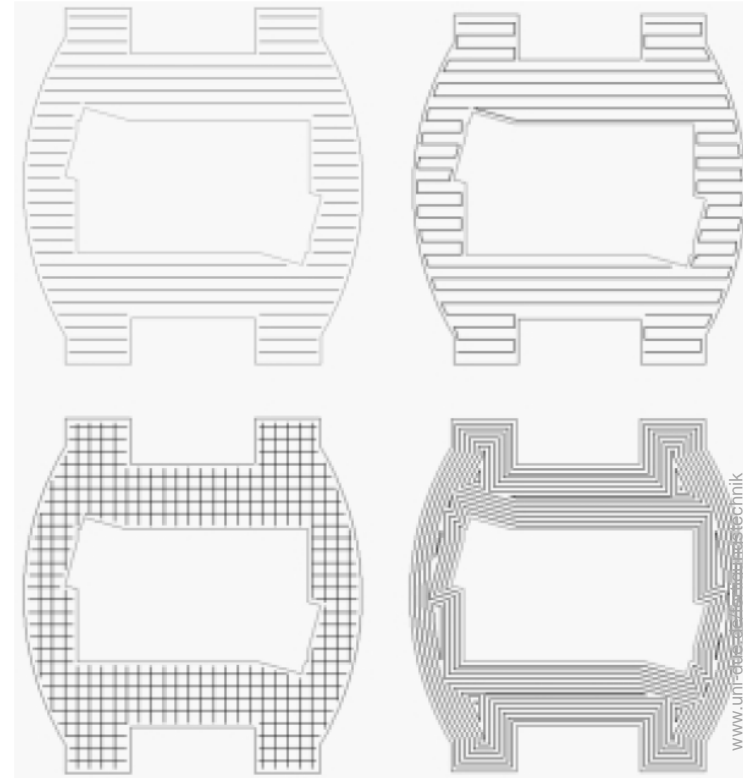
4. Prozessvorbereitung:

- Schichtinformationen werden mit Steuerinformationen in der Anlage verknüpft
- Materialspezifische Verarbeitungseigenschaften sind zu beachten
- Scannen: Pfade berechnen, die während des Bauprozesses abgefahren werden

Bauteilorientierung



Unterschiedliche Scan-Strategien

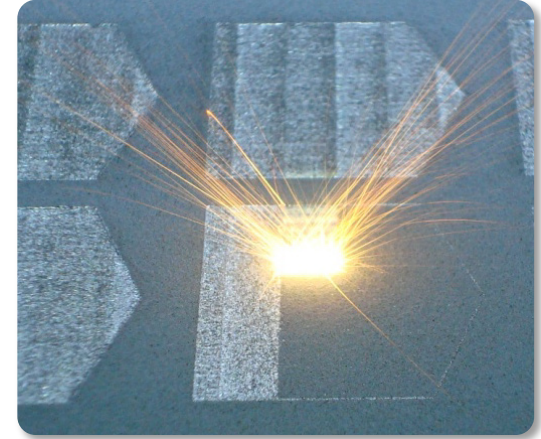


1 Einführung

VERFAHRENSABLAUF

5. Bauprozess:

- Ausgangsmaterialschicht wird auf die Bauplattform aufgebracht
- Ausgangsmaterial wird durch eine Energiequelle oder einen chemischen Aktivator verfestigt
- Absenken der Plattform um eine Schichtdicke und Aufbringen einer neuen Materialschicht



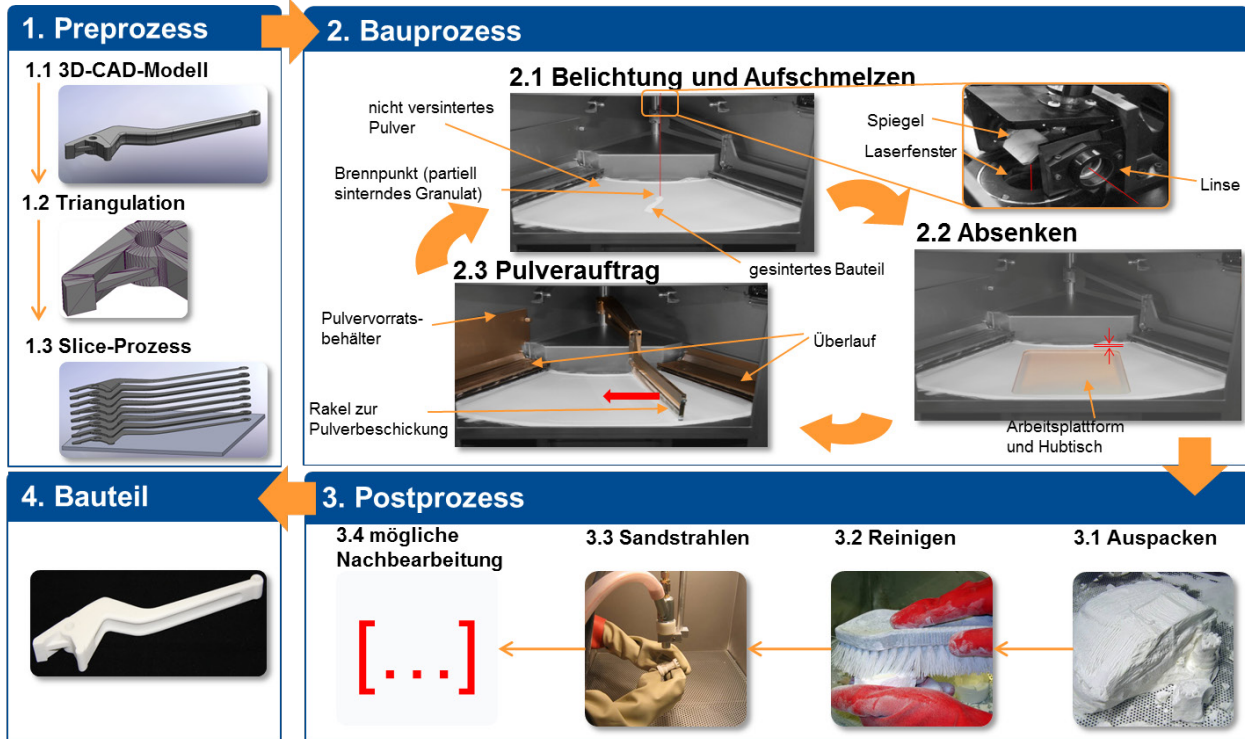
6. Nachbearbeitung:

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

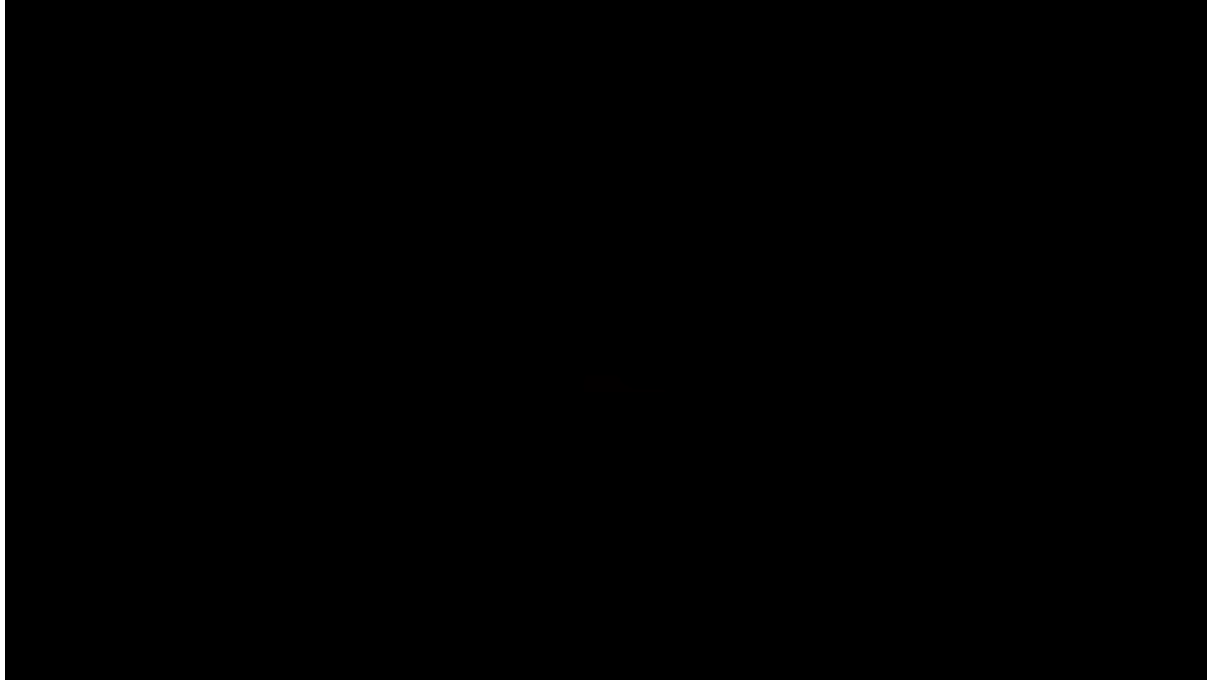


1 Einführung

PROZESSABLAUF AM BEISPIEL SLS



SELEKTIVES LASERSCHMELZEN (SLM)



1 Einführung

INDUSTRIELLER EINSATZ

Typische Einsatzgebiete:

- Kleine Stückzahlen und/oder kundenspezifisch angepasste Produkte
- Fertigung nach Bedarf
- Fertigung vor Ort
- Fertigung von Ersatzteilen für ältere Serienprodukte
- Verkürzung der Iterationszyklen bei der Produktentwicklung
- Leichtbau...

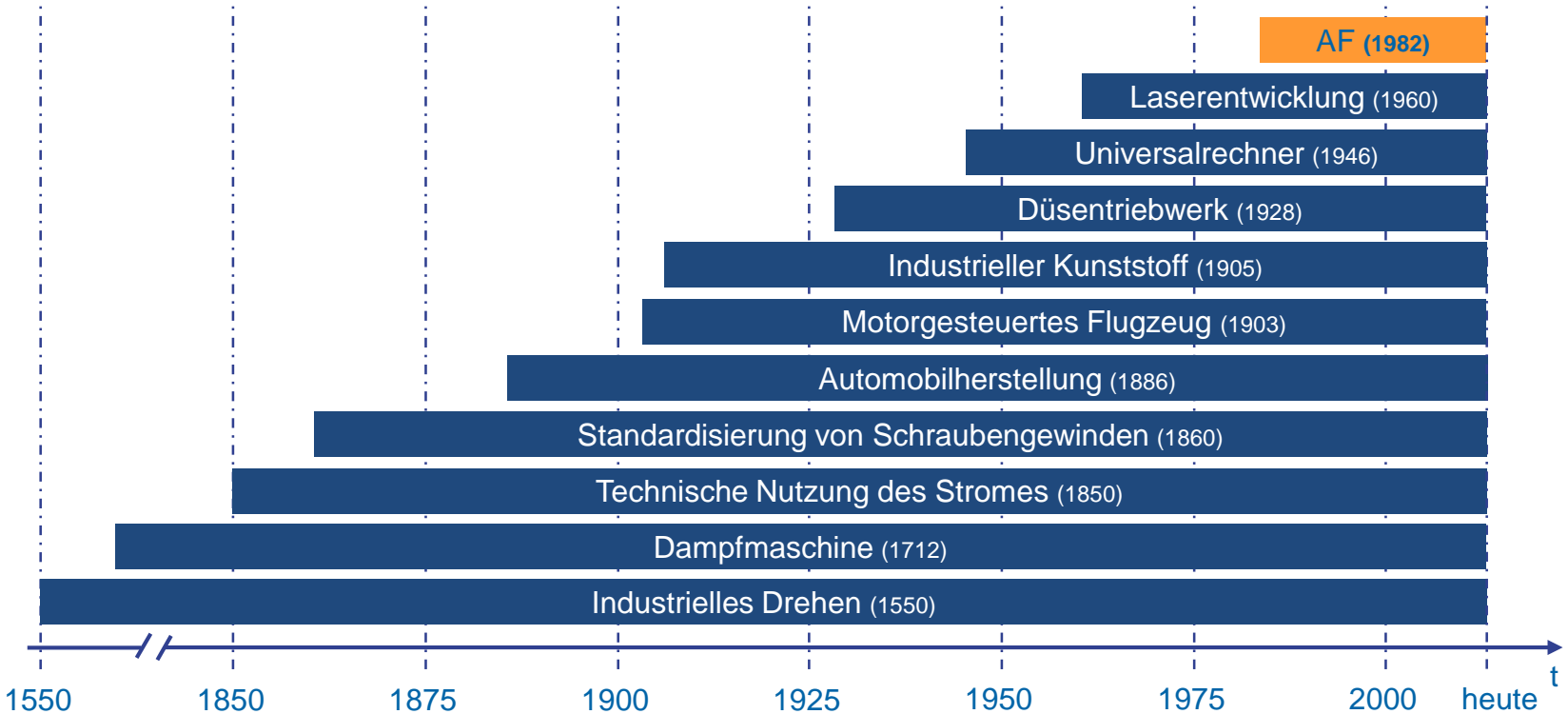


EINFÜHRUNG - GLIEDERUNG

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

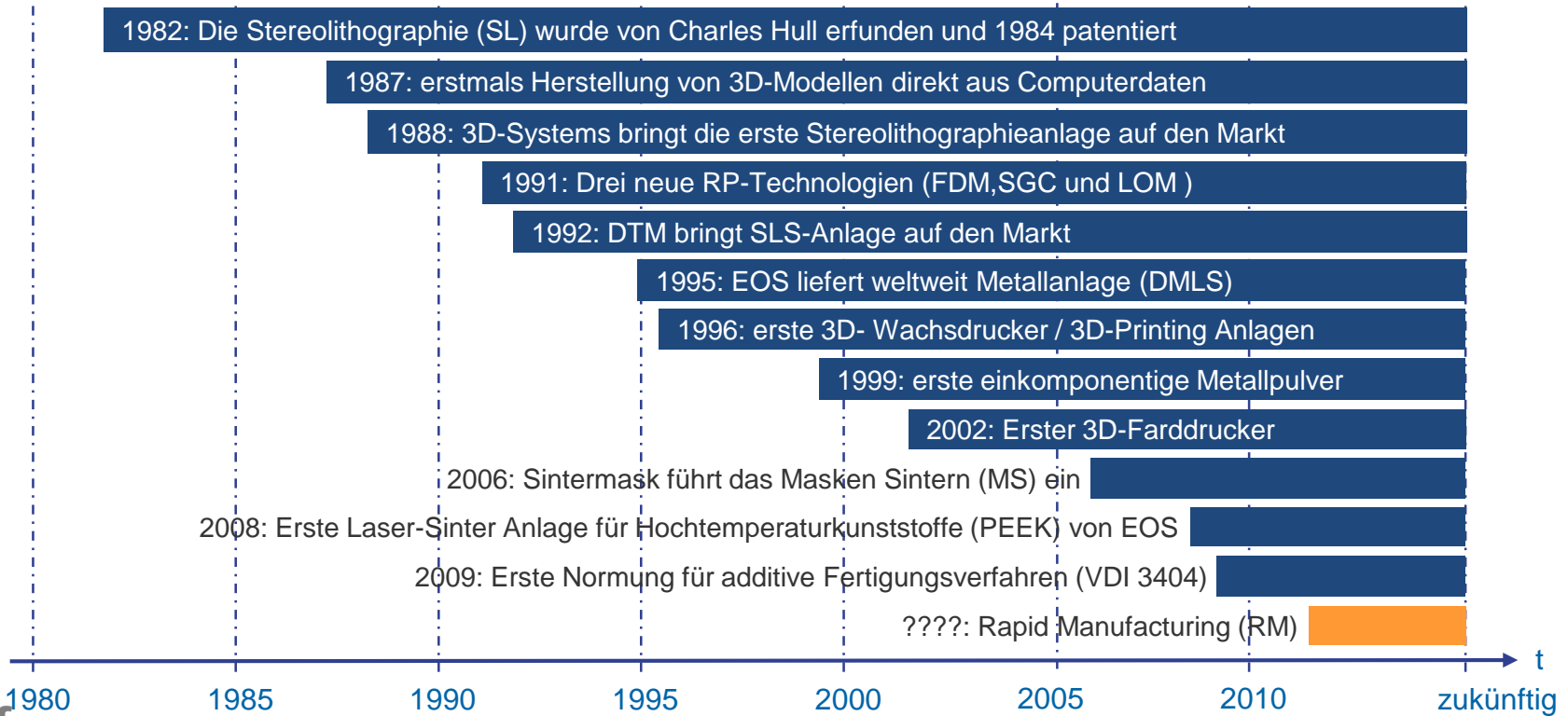
1 Einführung

ZEITLICHE EINORDNUNG DER ADDITIVEN FERTIGUNG



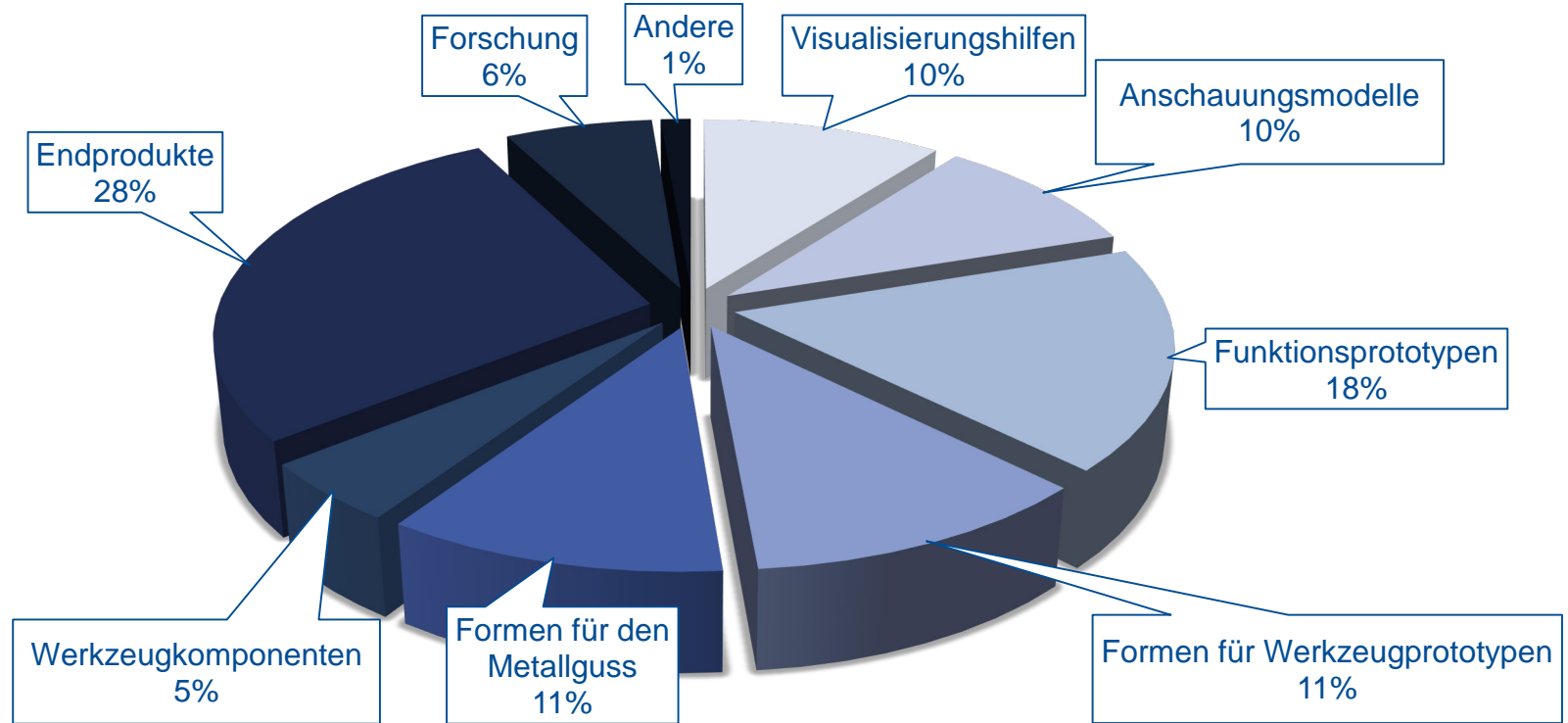
1 Einführung

ZEITLICHE ENTWICKLUNG DER ADDITIVEN TECHNOLOGIEN



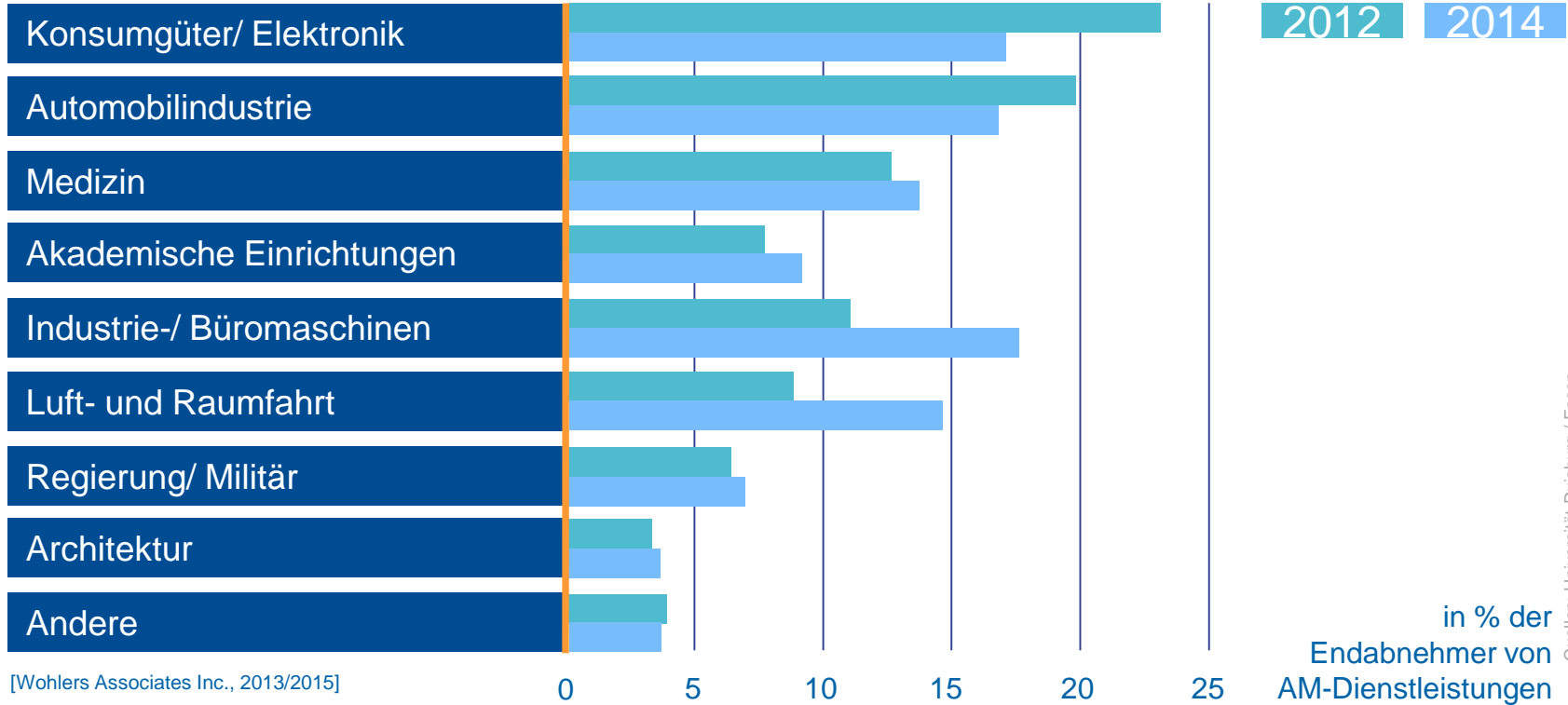
Quellen: Universität Duisburg / Essen

ANWENDUNGSGEBIETE AKTUELL



1 Einführung

BRANCHEN DER ADDITIVEN FERTIGUNGSTECHNIK



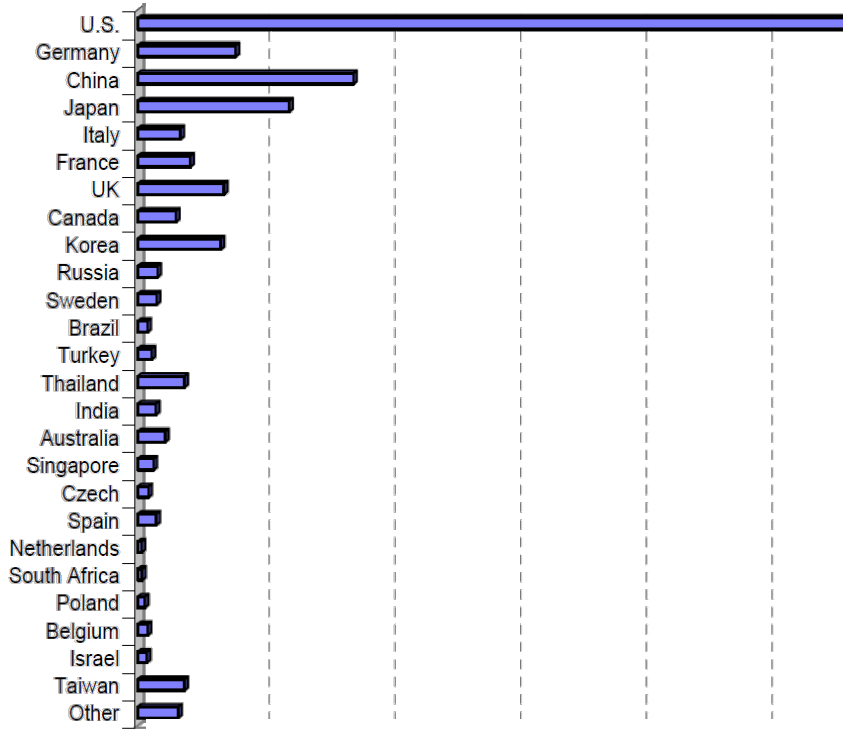
[Wohlers Associates Inc., 2013/2015]

in % der
Endabnehmer von
AM-Dienstleistungen

Quellen: Universität Duisburg / Essen

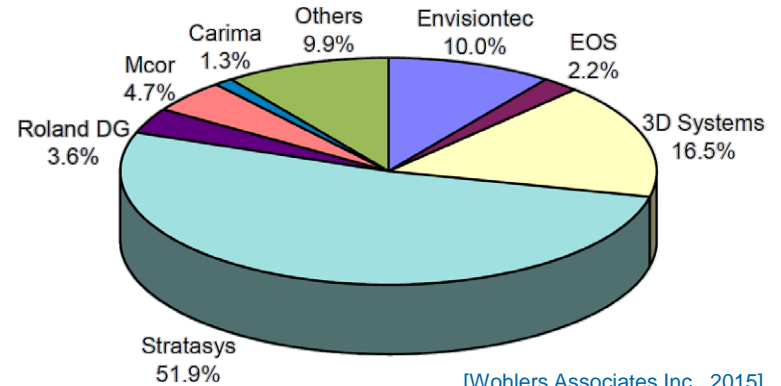
1 Einführung

WELTWEITER VERKAUF VON AM – SYSTEMEN (2014)



Markt verändert sich rasant; nur Momentaufnahme!

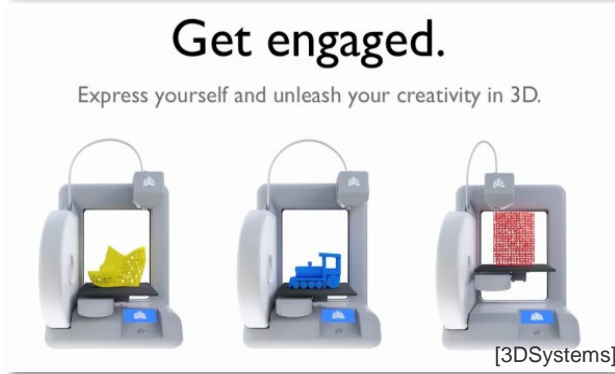
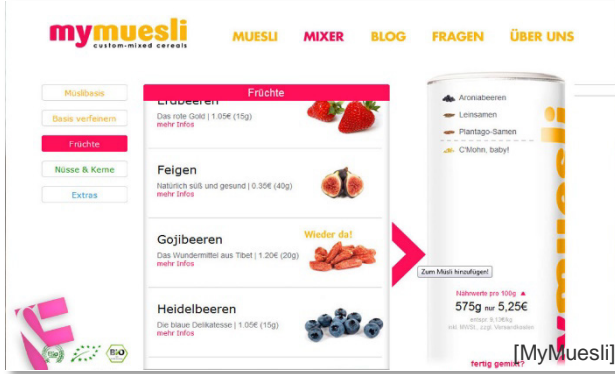
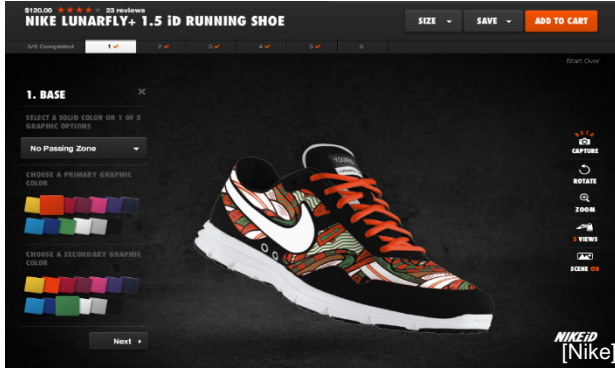
Anlagenverkäufe nach Firmen:



[Wohlers Associates Inc., 2015]

1 Einführung

AKTUELL: TREND VOM CONSUMER ZUM PROSUMER



1 Einführung

MEDIALE VISIONEN ZUM „3D-DRUCK“

3D Druck auf dem Mond



3D Druck von Flugzeugen



Ein 3D Drucker für Alles



Quellen: Universität Duisburg / Essen

1 Einführung

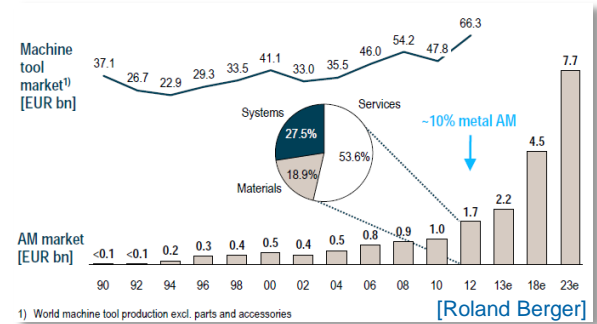
MARKTANALYSEN

Hohes Marktpotential

- Quantifizierbare Aussagen zur weiteren Marktentwicklung
- Studien zur konkreten Anwendung der Verfahrensvorteile



- 85 g Gewichtsreduktion / Stk.
- 72,5 kg Gewichtsred. / A380
- Hochgerechnet 3.300.000 l Kerosinersparnis im Lebenszyklus eines A380: ~ 2.000.000 €



IDC
Analyze the Future

IDC: Weltweite Ausgaben für 3D-Druck sollen bis 2020 auf über \$ 35 Milliarden ansteigen

Datens - Aug 16, 2016

EY

EY's Global 3D printing Report 2016

Ernst & Young Studie: Deutsche Unternehmen führend beim Einsatz von 3D-Druck

Datens - Jul 25, 2016

FROST & SULLIVAN

Additive Fertigung soll bis 2025 \$ 4,3 Milliarden in Autoindustrie erwirtschaften

Datens - Jan 24, 2016

IDTechEx

Metall-3D-Druck am schnellsten wachsendes Segment der Additiven Fertigung

Datens - Aug 8, 2016

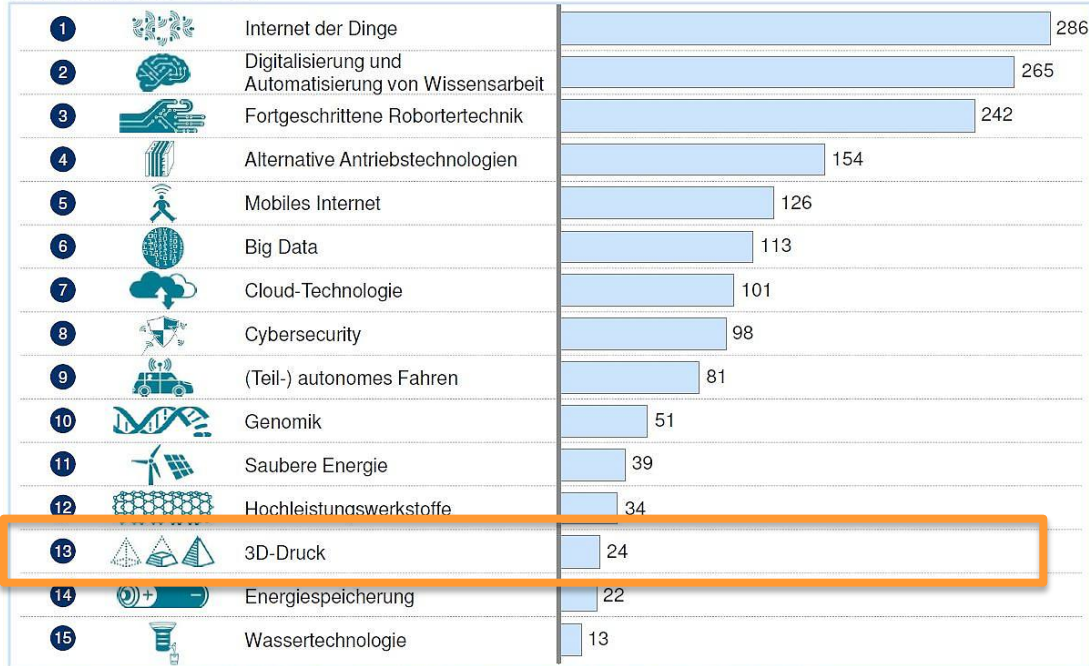
[3druck.com]

1 Einführung

MARKTANALYSEN

Potentielle Auswirkungen auf das deutsche BIP im Jahr 2025¹

in Milliarden US Dollar

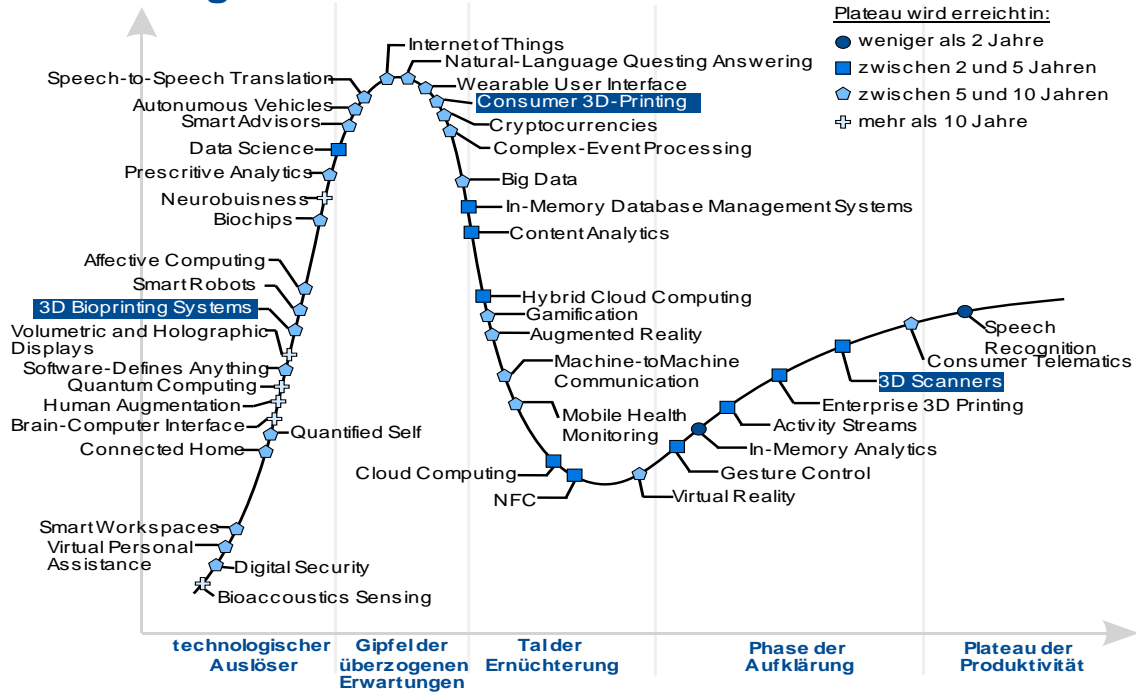


¹ Bei einem nominalen BIP von USD 5.700 Mrd. im Jahr 2025 (Annahme 2,1% BIP-Wachstum p.a., 1,9% Inflation)

1 Einführung

MARKTANALYSEN

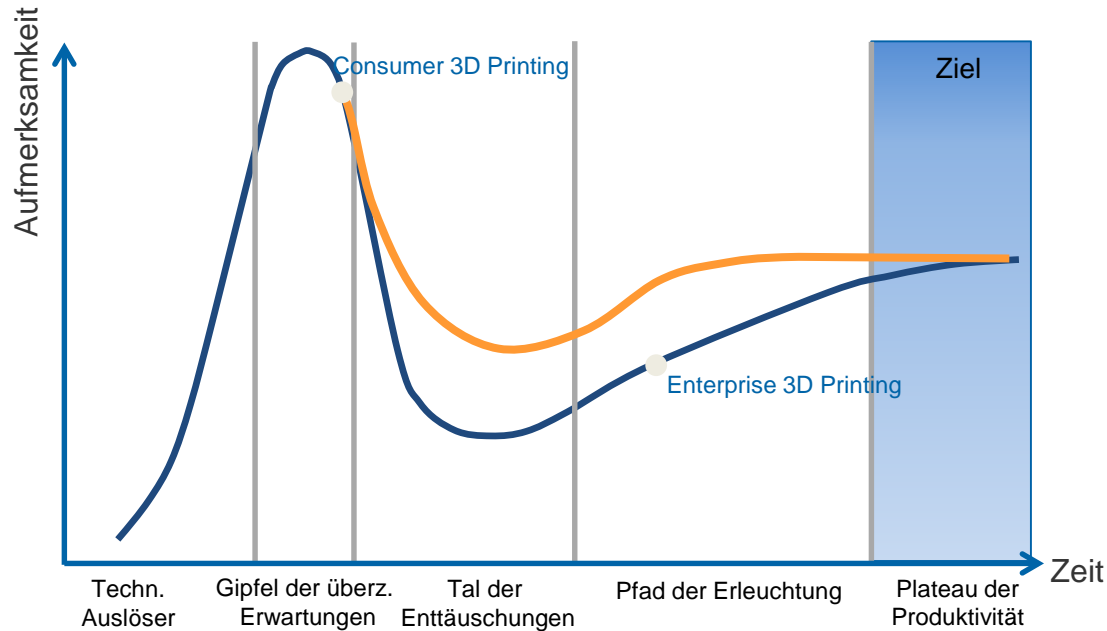
Erwartungen



Quellen: Universität Duisburg / Essen

MARKTANALYSEN

Modifikationspotential



MARKTPROGNOSEN

Einschätzung zur Entwicklung der Schlüssel- Parameter im AM durch Roland Berger:

Parameter	Prognose	Begründung
Baugeschwindigkeiten		Multi Laser Systeme, kontinuierliche Fertigung, höhere Prozessstabilität
Bauvolumen		Aktuell nicht signifikant limitierender Faktor, Prozessstabilität muss gewährleistet bleiben
Maschinenpreise		Momentane Preise werden akzeptiert, Maschinen Upgrades durch neue Technologien
Materialpreise		Verzehnfachung des Materialbedarfs bis 2023, Direktabnahme ohne Zwischenverkauf
Lohnkosten		Stabilere und robustere Prozesse, Automatisierung

Quellen: Universität Duisburg / Essen

1 Einführung

GESCHÜRTE ERWARTUNGEN AN DIE TECHNOLOGIE

Unrealistische Erwartungen?

- Für zukünftige Projekte visionär, aber realistisch bleiben!
- Keine falschen Aussagen treffen: „Jeder kann alles mit jeglichen Materialien in allen Farben zu geringen Kosten bis morgen drucken!“
- Formulierungen wie “Heutzutage ist es nicht möglich, komplette Maschinen ganzheitlich mit einem Drucker herzustellen, aber was zukünftig möglich sein wird...” verwenden.
- Verständnis, Wissen & Vertrauen schaffen



EINFÜHRUNG - GLIEDERUNG

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

ÜBERWINDEN VON HÜRDEN - HANDLUNGSFELDER

Etablierung der Technologie erfordert Wissen zu...

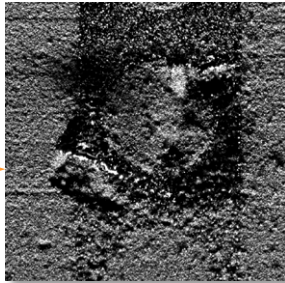
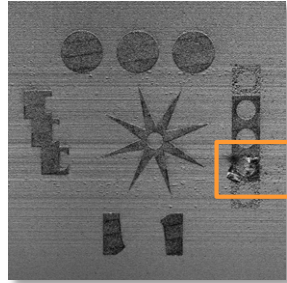


1 Einführung

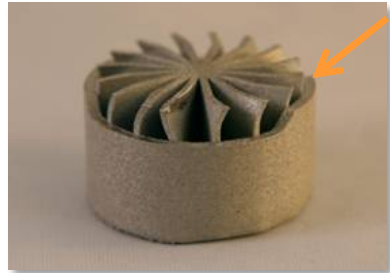
QUALITÄT VON AM

Prozessabbrüche im SLM

Inkorrekte Aufschmelzung



Kollision von Beschichter mit Bauteil

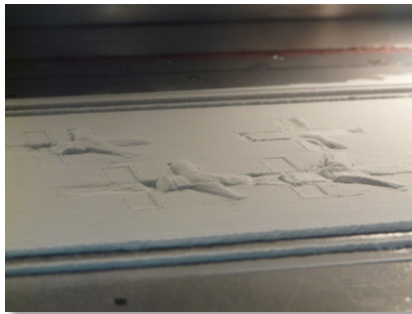


1 Einführung

QUALITÄT VON AM

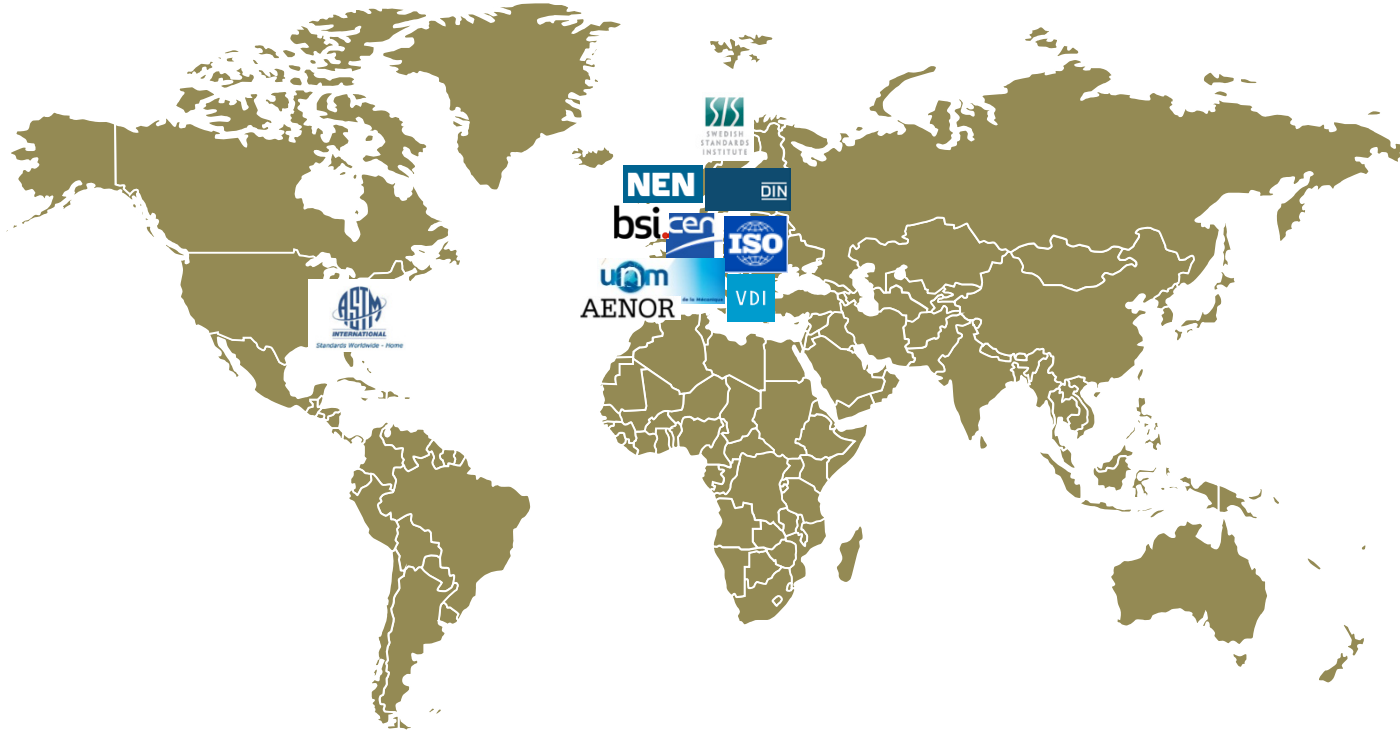
Prozessabbrüche im SLS

- Curling der ersten Bauteilschichten
- Bauteilverzug
- Melt-Down im Bauraum
- Schichtablösungen
- Scannerfehler
- Kollision Beschichter mit Bauteil



1 Einführung

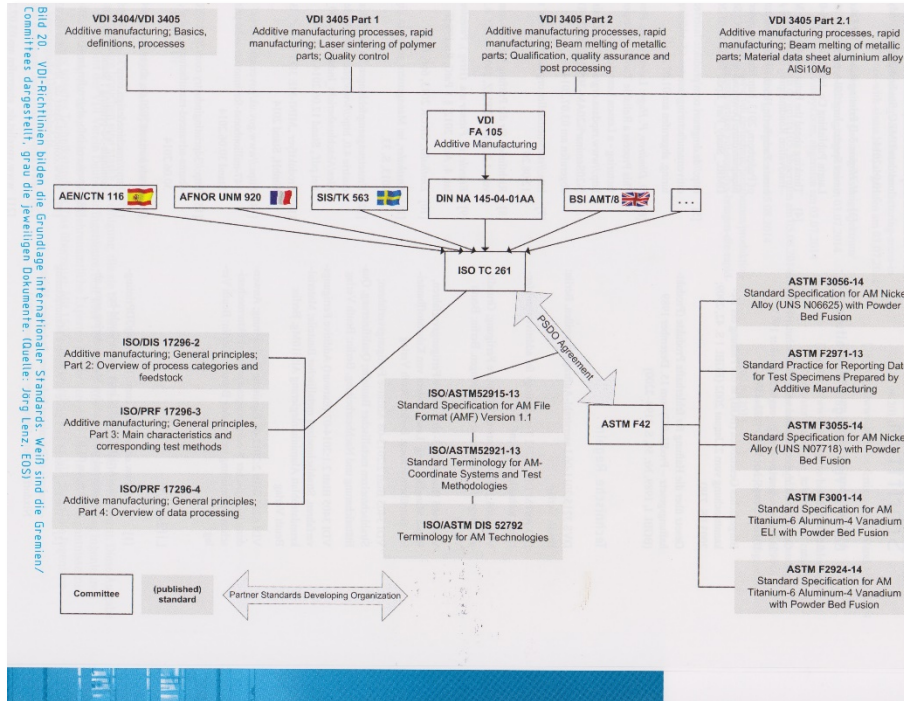
STANDARDISIERUNG IM BEREICH AM



1 Einführung

STANDARDISIERUNG IM BEREICH AM

VDI-Richtlinien als Grundlage für int. Standards



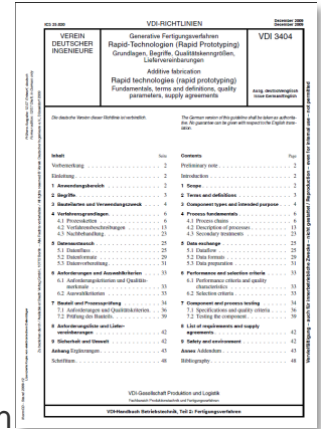
STANDARDISIERUNG IM BEREICH AM

VDI Richtlinie 3404

In der VDI Richtlinie 3404 sind wesentliche Gesichtspunkte zusammengestellt, die bei der Planung, Fertigung und Beurteilung von additiv gefertigten Bauteilen von Bedeutung sein können.

Erweiterung der VDI-Richtlinie:

- VDI 3405 - Additive Fertigungsverfahren - Grundlagen, Begriffe, Verfahrensbeschreibungen
- VDI 3405 - Blatt 1 (Additive Fertigungsverfahren, Rapid Manufacturing - Laser-Sintern von Kunststoffbauteilen - Güteüberwachung)
- VDI 3405 - Blatt 2 (Additive Fertigungsverfahren - Strahlschmelzen metallischer Bauteile - Qualifizierung, Qualitätssicherung und Nachbearbeitung)
- VDI 3405 - Blatt 3 (Additive Fertigungsverfahren - Konstruktionsempfehlungen für die Bauteilfertigung mit Laser-Sintern und Laser-Strahlschmelzen)
- VDI 3405 - Blatt 4 (Additive Fertigungsverfahren - Extrusionsbasierte add. Fertigung von Kunststoffbauteilen)
- VDI 3405 - Blatt 5 (Additive Fertigungsverfahren - Rechtliche Aspekte der add. Fertigungsverfahren)
- VDI 3405 - Blatt 6 (Additive Fertigungsverfahren - Anwendersicherheit beim Betrieb der Anlagen)
- VDI 3405 - Blatt 7 (Additive Fertigungsverfahren - Güteklassen für add. gefertigte Kunststoffbauteile)



VDI-RICHTLINIEN		Normen-Nr.
VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE	Generative Fertigungsverfahren: Rapid-Technologien (Rapid Prototyping) Grundlagen, Begriffe, Qualitätsanforderungen, Liefervereinbarungen	VDI 3404
	Additive Fertigung	
	Rapid technologies (rapid prototyping) Fundamentals, terms and definitions, quality parameters, supply agreements	
Die Normen werden in deutscher Sprache veröffentlicht. Die Normen werden in gleicher Weise auch in englischer Sprache veröffentlicht.		
Normen-Nr.	Titel	Normen-Nr.
1	Einleitung	1
2	Angabe	2
3	Bestandteile und Verwendungsgebiete	3
4	Verfahrensgruppen	4
5	Spezifikationen	5
6	Qualitätsanforderungen	6
7	Beurteilung	7
8	Anforderungen und Anforderungen	8
9	Beurteilung	9
10	Beurteilung	10
11	Beurteilung	11
12	Beurteilung	12
13	Beurteilung	13
14	Beurteilung	14
15	Beurteilung	15
16	Beurteilung	16
17	Beurteilung	17
18	Beurteilung	18
19	Beurteilung	19
20	Beurteilung	20
21	Beurteilung	21
22	Beurteilung	22
23	Beurteilung	23
24	Beurteilung	24
25	Beurteilung	25
26	Beurteilung	26
27	Beurteilung	27
28	Beurteilung	28
29	Beurteilung	29
30	Beurteilung	30
31	Beurteilung	31
32	Beurteilung	32
33	Beurteilung	33
34	Beurteilung	34
35	Beurteilung	35
36	Beurteilung	36
37	Beurteilung	37
38	Beurteilung	38
39	Beurteilung	39
40	Beurteilung	40
41	Beurteilung	41
42	Beurteilung	42
43	Beurteilung	43
44	Beurteilung	44
45	Beurteilung	45
46	Beurteilung	46
47	Beurteilung	47
48	Beurteilung	48
49	Beurteilung	49
50	Beurteilung	50
51	Beurteilung	51
52	Beurteilung	52
53	Beurteilung	53
54	Beurteilung	54
55	Beurteilung	55
56	Beurteilung	56
57	Beurteilung	57
58	Beurteilung	58
59	Beurteilung	59
60	Beurteilung	60
61	Beurteilung	61
62	Beurteilung	62
63	Beurteilung	63
64	Beurteilung	64
65	Beurteilung	65
66	Beurteilung	66
67	Beurteilung	67
68	Beurteilung	68
69	Beurteilung	69
70	Beurteilung	70
71	Beurteilung	71
72	Beurteilung	72
73	Beurteilung	73
74	Beurteilung	74
75	Beurteilung	75
76	Beurteilung	76
77	Beurteilung	77
78	Beurteilung	78
79	Beurteilung	79
80	Beurteilung	80
81	Beurteilung	81
82	Beurteilung	82
83	Beurteilung	83
84	Beurteilung	84
85	Beurteilung	85
86	Beurteilung	86
87	Beurteilung	87
88	Beurteilung	88
89	Beurteilung	89
90	Beurteilung	90
91	Beurteilung	91
92	Beurteilung	92
93	Beurteilung	93
94	Beurteilung	94
95	Beurteilung	95
96	Beurteilung	96
97	Beurteilung	97
98	Beurteilung	98
99	Beurteilung	99
100	Beurteilung	100

1 Einführung

FOKUSSIERUNG DER F&E-AKTIVITÄTEN

Arbeitskreise werden initiiert / intensiviert:

VDI

Statusreport

Additive Fertigungsverfahren

September 2014



„Neue Arbeitsgemeinschaft Additive Manufacturing im VDMA gestartet“

28.05.2014



EINFÜHRUNG - GLIEDERUNG

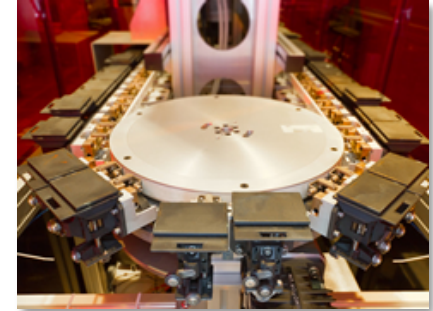
1. Einordnung der additiven Fertigungstechnik
2. Entwicklung
 1. Aktueller Hype
 2. Visionen
 3. Erwartungen
3. Möglichkeiten und Grenzen
 1. Handlungsfelder
 2. Auslegung und Design
 3. Qualität der additiven Fertigung
 4. Standardisierung
4. (R)Evolution der Produktion!?

1 Einführung

(R)EVOLUTION DER PRODUKTION!?

PrintValley

Prototyp eines „Alles-Druckers“ durch Hybrid-Technologie



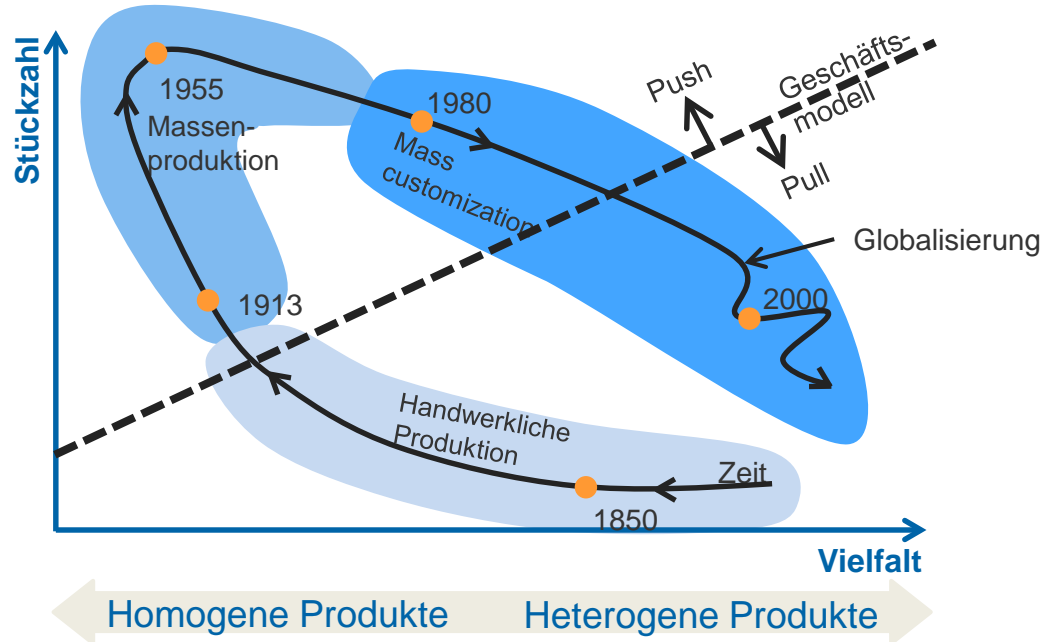
<https://www.youtube.com/watch?v=lsSyGph33Hk>



1 Einführung

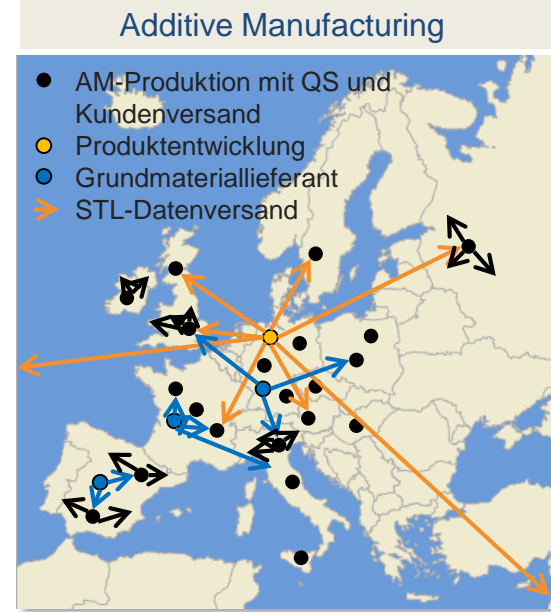
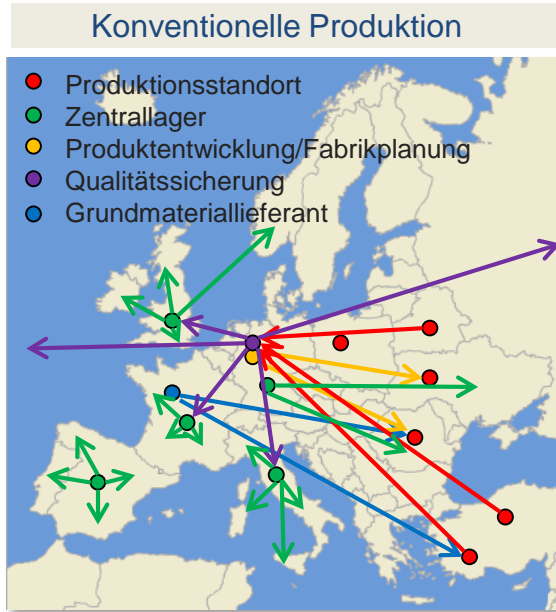
(R)EVOLUTION DER PRODUKTION!?

„Individuelle Massenproduktion“



(R)EVOLUTION DER PRODUKTION!?

(R)Evolution in der Logistik?

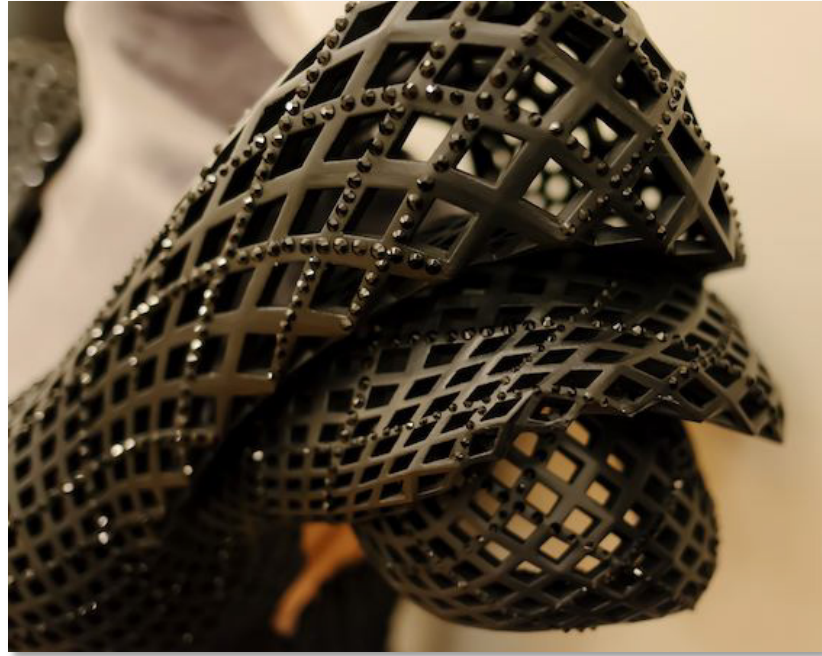


Konzentration auf die Produktentwicklung

1 Einführung

(R)EVOLUTION DER PRODUKTION!?

(R)Evolution in der Mode?

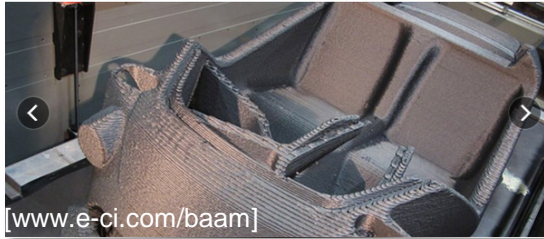


1 Einführung

(R)EVOLUTION DER PRODUKTION!?

R)Evolution in der Automobilbranche

John B. Rogers, Jr., CEO and co-founder of Local Motors. “Using 3D printing, we have reimagined how cars are created using modern manufacturing techniques. The results are astounding. We have reduced the amount of car parts from 25,000 to less than 50, proving that we can take a car from designed to driven in less than six months. That is the game changer in the automotive world.”



1 Einführung

(R)EVOLUTION DER PRODUKTION!?

(R)Evolution in der Lebensmittelbranche?

3D-Drucker als Haushaltsgerät



1 Einführung

(R)EVOLUTION DER PRODUKTION!?

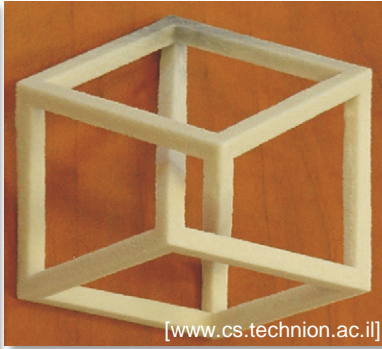
(R)Evolution in der Kunst?

Unmögliches wird möglich

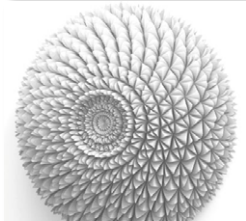
Individuelle Kunstobjekte



[www.cs.technion.ac.il]



[www.cs.technion.ac.il]



[src.avant-mardi.com/]



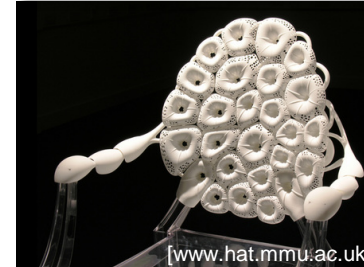
[www.southernguild.co.za]



[static1.schoener-wohnen.de/]



[www.rapidtech.de]



[www.hat.mmu.ac.uk]



[www.freedomofcreation.com]

1 Einführung

(R)EVOLUTION DER PRODUKTION!?

(R)Evolution in der Kunst?

Restauration von beschädigten Kunstwerken:



[3druck.com]

1 Einführung

(R)EVOLUTION DER PRODUKTION!?

(R)Evolution in der Schmuckindustrie?

Vom Goldschmied zum CAD-Designer:



1 Einführung

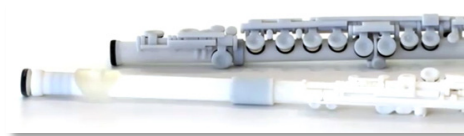
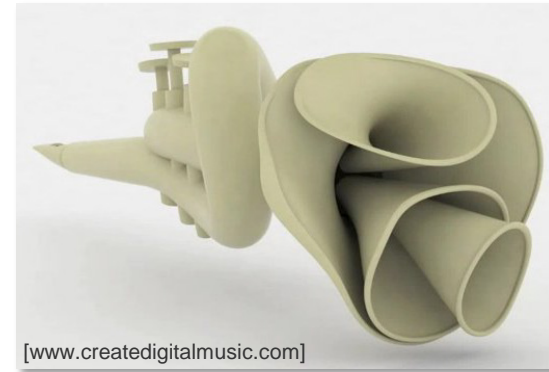
(R)EVOLUTION DER PRODUKTION!?

(R)Evolution in der Musik?

Neues Design / Neuer Sound:



Neue Instrumente?

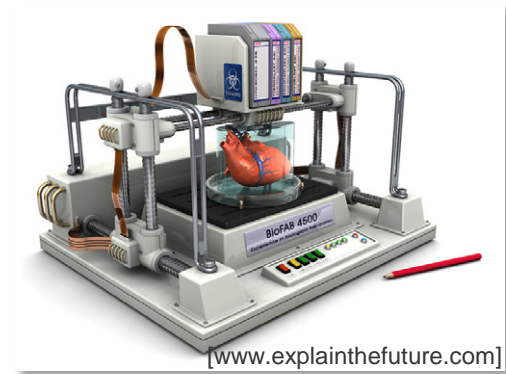
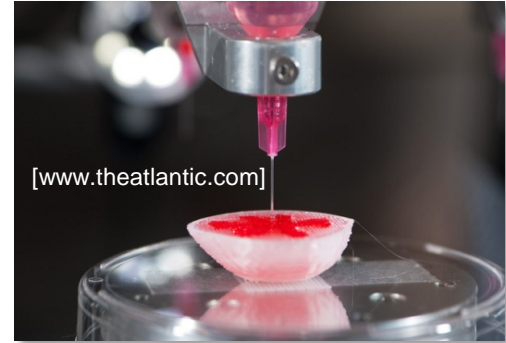
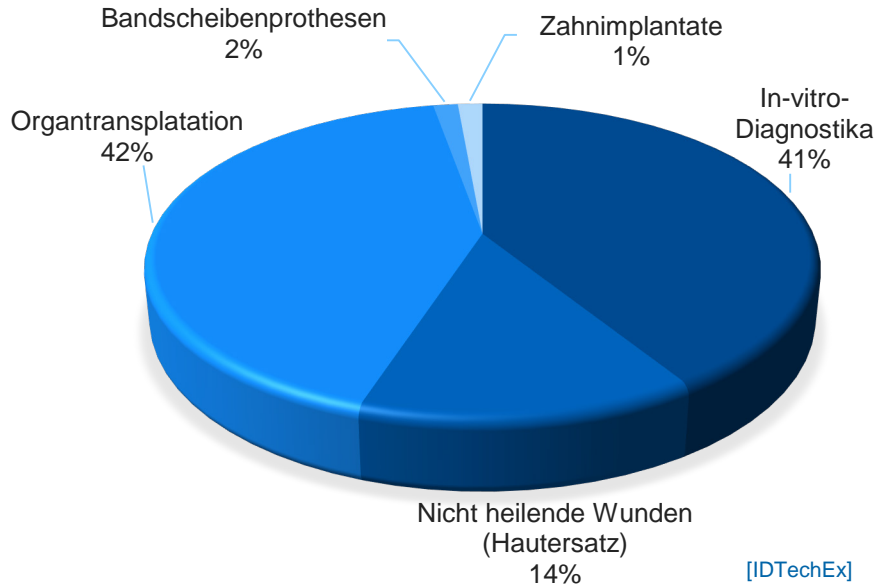


1 Einführung

(R)EVOLUTION DER PRODUKTION!?

(R)Evolution in der Humanmedizin?

Prognostizierter Markt für 3D Bioprinting [in US\$B]:

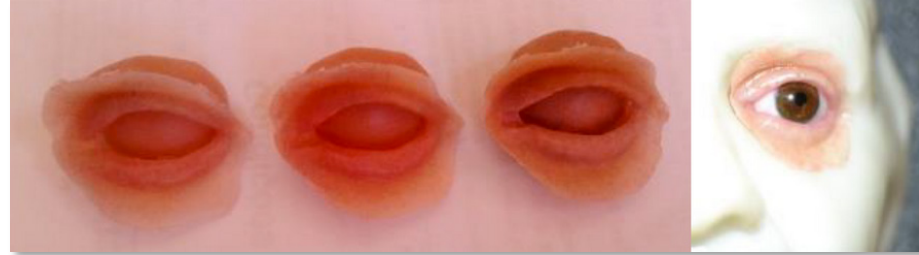


1 Einführung

(R)EVOLUTION DER PRODUKTION!?

(R)Evolution in der Humanmedizin?

Prothesen:



[3druck.com]

1 Einführung

(R)EVOLUTION DER PRODUKTION!?

(R)Evolution in der Veterinärmedizin?

Derby the Dog



[<http://www.3dsystems.com>]



[<http://www.3dsystems.com>]

Bagpipes the Pinguin



[Int.AntarcticCenter/NZL]



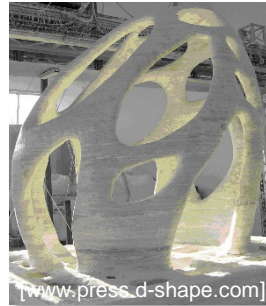
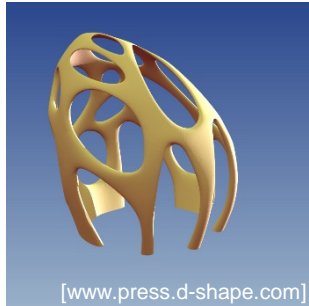
[Int.AntarcticCenter/NZL]

1 Einführung

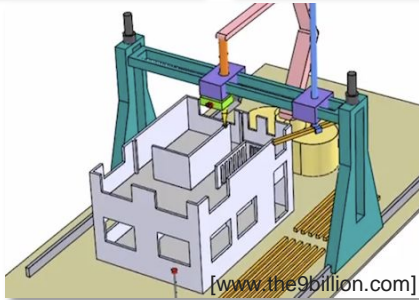
(R)EVOLUTION DER PRODUKTION!?

(R)Evolution in der Bauindustrie?

D-Shape 3D Drucker



Zement Drucker



(R)EVOLUTION DER PRODUKTION!?

(R)Evolution in der Holzindustrie?



[CC-Products]



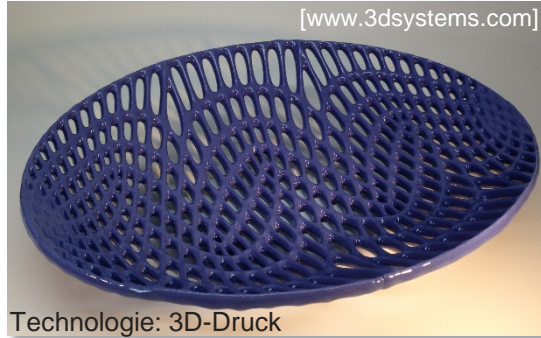
[Wired-Magazine]

1 Einführung

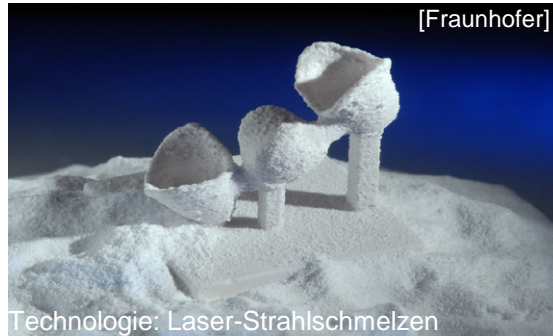
(R)EVOLUTION DER PRODUKTION!?

(R)Evolution in der Keramikindustrie?

Indirekt:



Direkt:



1 Einführung

(R)EVOLUTION DER PRODUKTION!?

(R)Evolution in der Anlagentechnik

“Neuartige Wertschöpfungsketten (Bionik, Automatisierung, Qualitätssicherung) werden entwickelt und führen mit bis zu 100-1000 fach schnelleren Lasermaschinen zum Durchbruch dieser Technik in allen Branchen in den nächsten 10-20 Jahren!”

[Emmelmann, C., Wischeropp, T.: Light Engineering durch Laser Additive Manufacturing, 2. VDI Fachkonferenz AM, Duisburg, 23.-24.09.2014]



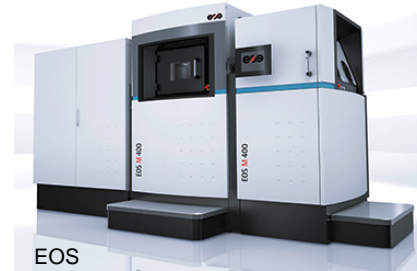
SLM Solutions

Bauraum: 500x280x325 [mm]
 2 Strahlquellen (Skin-Core)
 Laserleistung: 2 x 400/1000 W



Concept Laser

Bauraum: 630x400x500 [mm]
 1 Strahlquelle (Skin-Core)
 Laserleistung: 1000 W
 Linear verfahrbare Optik
 2 drehbare Baukammern



EOS

Bauraum: 400x400x400 [mm]
 Modulares Plattformkonzept
 (Prozess- & Rüststation)
 Laserleistung: 1000 W

1 Einführung

AKTUELLE TRENDS IN DER ADDITIVEN FERTIGUNGSTECHNIK

(R)Evolution in der Demokratisierung/ Drucker?

Auswahl Firmenübersicht von Home Printern (< 3.000 €)



1 Einführung

AKTUELLE TRENDS IN DER ADDITIVEN FERTIGUNGSTECHNIK

(R)Evolution in der Demokratisierung/ Drucker?

Auswahl Firmenübersicht über Dienstleister



[http://shapeways.tumblr.com/]



[http://www.ponoko.com]



[http://cubify.com/]



[www.3Dprintgalaxy.de]



[http://www.makielab.com]



www.fabbermania.de



[http://www.thingiverse.com/]



[http://exact.ebay.com/]



[http://german.alibaba.com/]



[http://blog.sculpteo.com]



[http://www.kraftwurx.com/de/]



[www.fit.technology/]



[http://www.fabberhouse.de]



[http://i.materialise.com/]

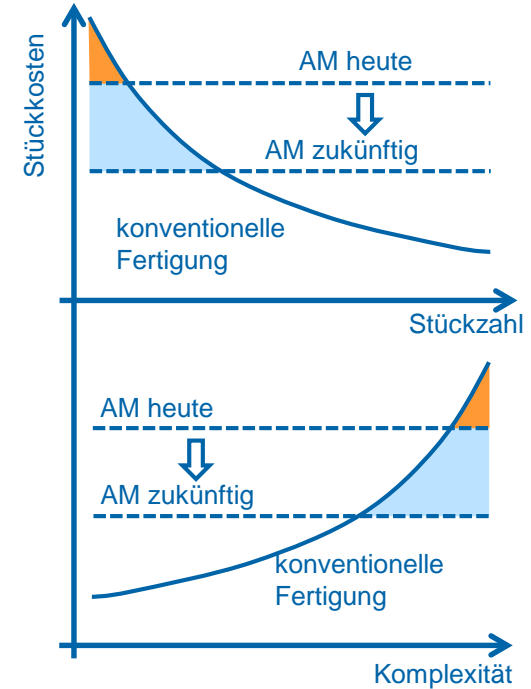


[www.techshop.ws/]

ZUSAMMENFASSENDE BEWERTUNG

Erfolgsfaktoren für das Additive Manufacturing

- Wissen, Vertrauen und Akzeptanz schaffen
- Designvorteile nutzen und Bauteilmehrwerte generieren
- Ausbildungsinhalte anpassen
- Implementierung einer QK
- Qualitätsverbesserung
- Vereinfachung des Post-Prozesses
- Reproduzierbarkeit, Robustheit
- Standardisierung



HERAUSFORDERUNGEN

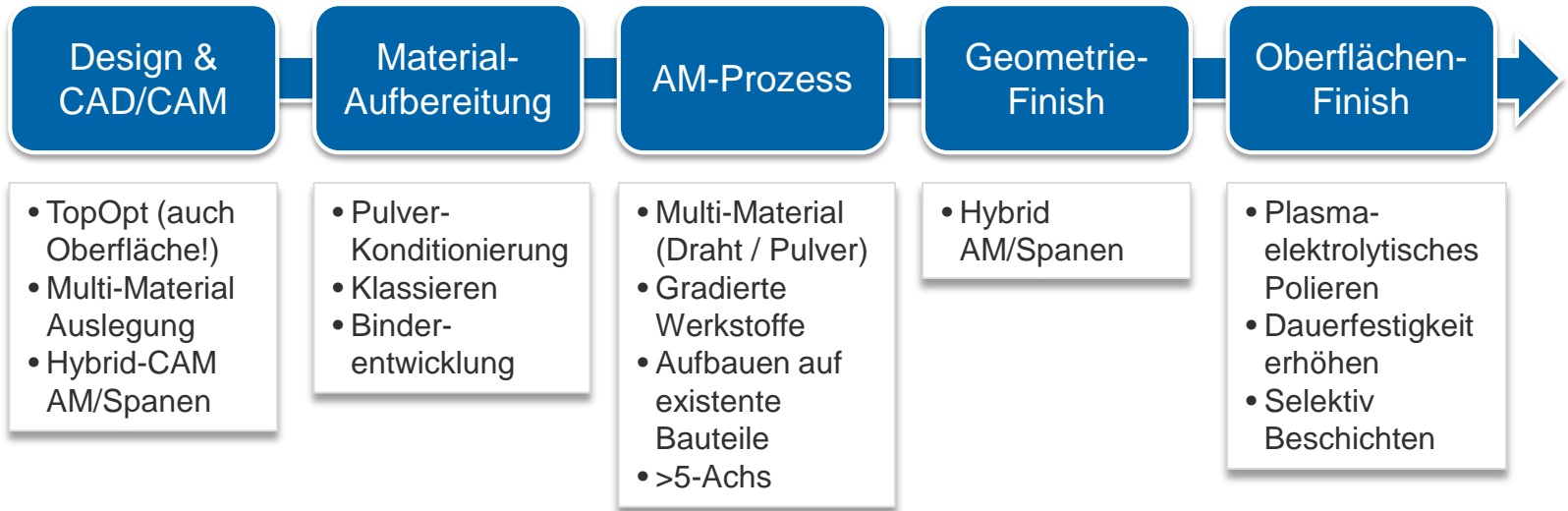
Zielstellung: funktionales Bauteil

1. Eigenschaften **kennen**
2. Eigenschaften gezielt **einstellen**
3. Optimal **fertigen**

Voraussetzung: Verständnis

- Material
- Prozess
- Prozesskette

PROZESSKETTE: F&E AM IMKF



3DP MIT NACHWACHSENDEN ROHSTOFFEN

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

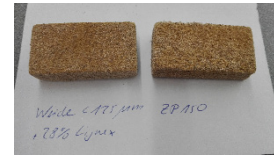
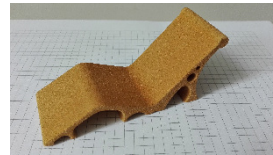
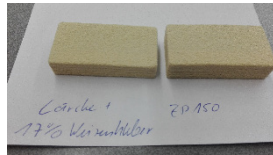
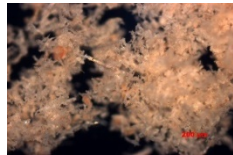
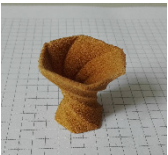
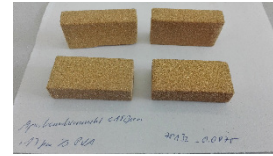
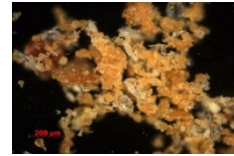
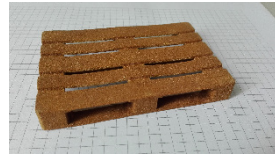
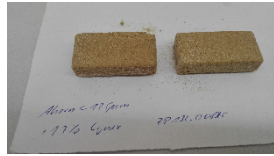
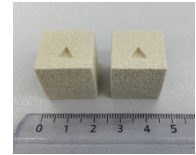
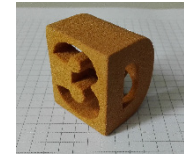
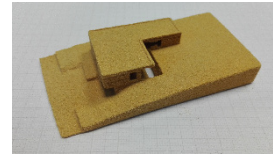
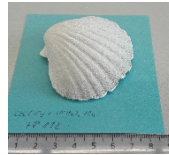
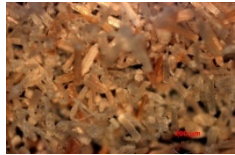


3D Printing mit nachwachsenden Rohstoffen (© BTE)



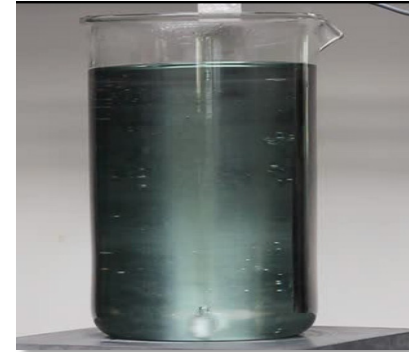
Miscanthusschilf als Rohstoff für AM, Bauteil

3DP VON BIOBASIERTEN, BIOABBAUBAREN MATERIALIEN MATERIALAUSWAHL



PLASMA-ELEKTROLYTISCHES POLIEREN

- Entgraten, glätten und glänzen von metallischen Bauteilen
- Komplexe Geometrien polierbar
- Rauheitsreduktion -> Erhöhung der Dauerfestigkeit
- ➔ Entwicklung von Elektrolyt/Legierung Kombinationen
- ➔ Entwicklung von Maschinenteknik (Bauteilgröße/Selektivität/Innenbearbeitung)
- ➔ Definition von Oberflächenanforderungen

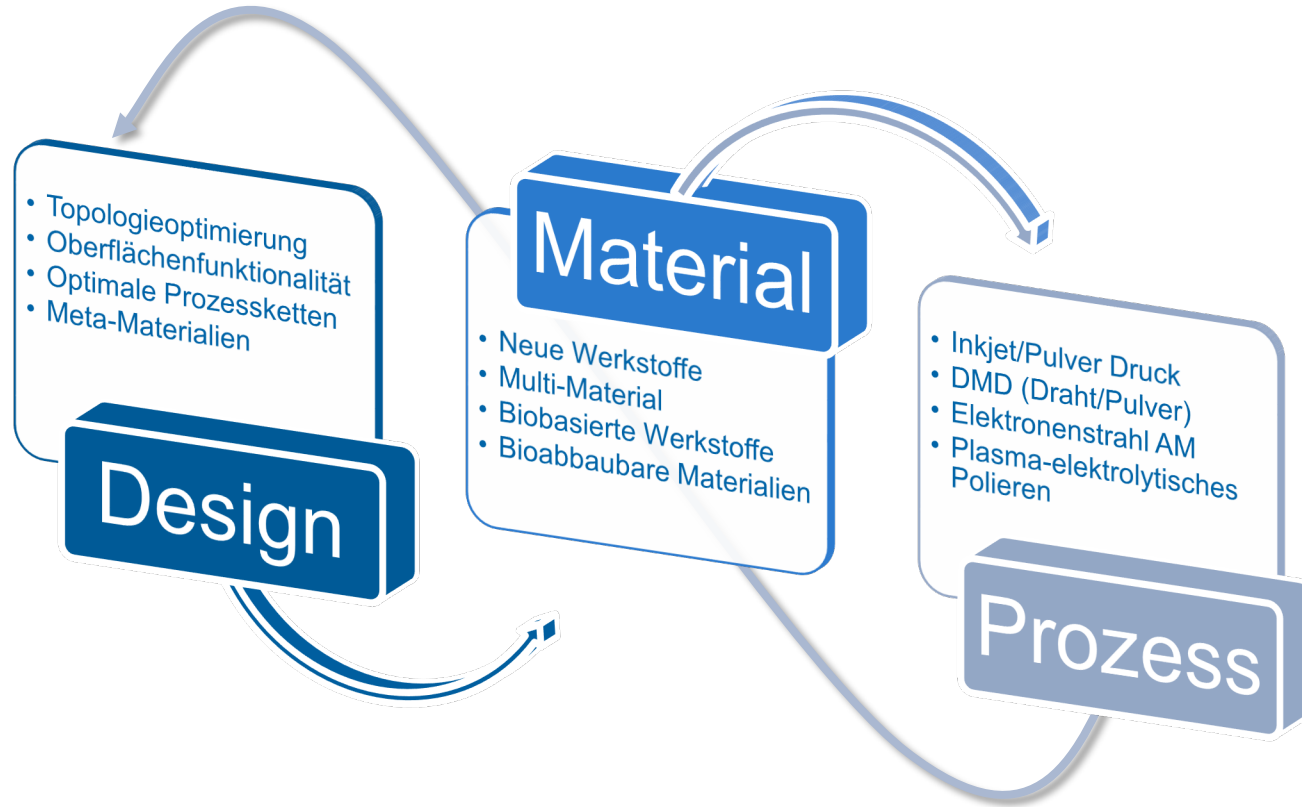


PeP von Messing (© BTE)



PeP von Ti-Dentalgußteilen, Stahlnetz, Schweißnähten

1 Einführung - Additive Fertigung





Additive Fertigung

Additive Fertigung 18 - 01

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

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



imkf
INSTITUT FÜR MASCHINENELEMENTE
KONSTRUKTION UND FERTIGUNG



TU Bergakademie Freiberg | Institut für Maschinenelemente, Konstruktion und Fertigung | Professur für Additive Fertigung
Agricolastraße 1 | 09599 Freiberg DE | Tel.: +49 3731 39 2986 | <http://www.imkf.tu-freiberg.de> | Prof. Dr.-Ing. Henning Zeidler