Fraunhofer
IWU

PROJEKTGRUPPE
RESSOURCENEFFIZIENTE MECHATRONISCHE VERARBEITUNGSMASCHINEN

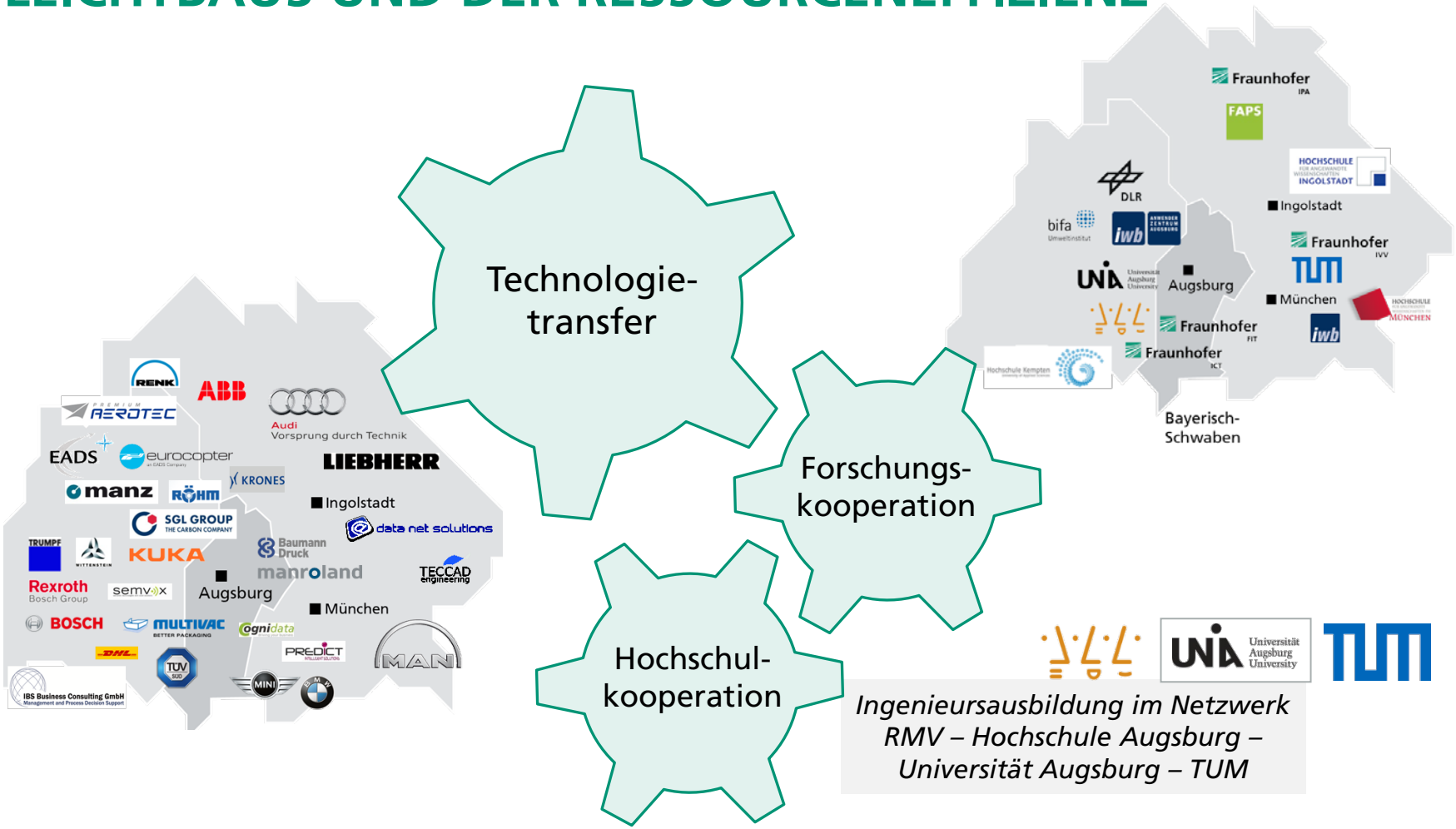
ADDITIVE FERTIGUNG – PRAXISRELEVANTE GESCHÄFTSMODELLE UND ANWENDUNGSBEISPIELE

Dipl.-Ing. Christian Seidel
M.Sc. Fabian Riß, Dipl.-Wirt.-Ing. Tobias Kamps, M.Sc., M.Sc. Max Lutter-Günther

21.10.2015

PROJEKTGRUPPE RMV IN AUGSBURG

RMV ALS TEIL DER „STADT DER MECHATRONIK, DES LEICHTBAUS UND DER RESSOURCENEFFIZIENZ“



Ingenieursausbildung im Netzwerk RMV – Hochschule Augsburg – Universität Augsburg – TUM

© Projektgruppe RMV des Fraunhofer IWU
Fraunhofer IWU

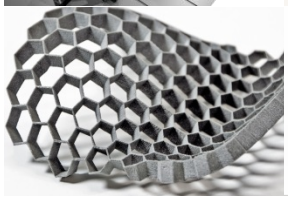
KURZVORSTELLUNG DER PROJEKTGRUPPE RMV
KERNKOMPETENZEN

RESSOURCENEFFIZIENZ IN PROZESSEN

INTELLIGENT VERNETZTE PRODUKTION

FLEXIBILISIERUNG DER PRODUKTION

VERNETZTE MODELLBILDUNG UND SIMULATION



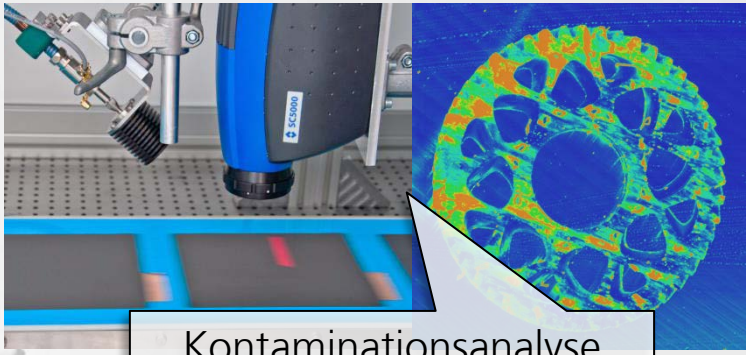
ADDITIVE FERTIGUNG

© Projektgruppe RMV des Fraunhofer IWU

Fraunhofer IWU

GRUPPE „QUALITÄT UND TECHNISCHE SAUBERKEIT“
DETEKTION & ENTFERNUNG VON VERSCHMUTZUNGEN

Entfernung partikulärer und filmischer Verschmutzungen



Kontaminationsanalyse und Restschmutz-überwachung

Wissensbasierte Verfahrensauswahl, Parametrierung und Prozessführung

Implementierung und Bewertung konventioneller sowie innovativer Reinigungsverfahren

Optimierung von industriellen Reinigungsprozessen in Bezug auf Ressourceneffizienz

Reinigung additiv gefertigter Bauteile

© Projektgruppe RMV des Fraunhofer IWU

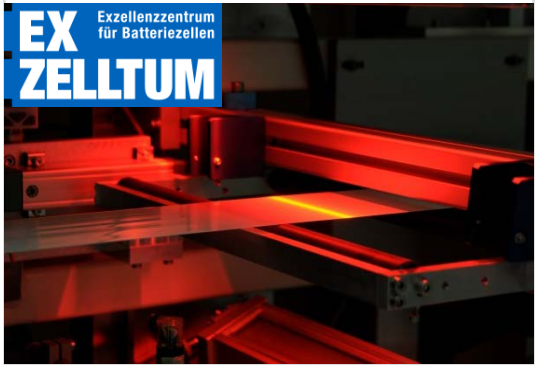
GRUPPE „QUALITÄT UND TECHNISCHE SAUBERKEIT“
AKTUELLE FORSCHUNGSAKTIVITÄTEN

Bauteilreinigung in der Prozesskette der additiven Fertigung

- Bewertung von Ressourceneffizienz und Umweltauswirkungen konventioneller sowie innovativer Reinigungsprozesse
- Etablierung ausgewählter Reinigungsverfahren für additiv gefertigte Bauteile
- Integration eines ortsaufgelösten Detektionssystems für Restverschmutzungen

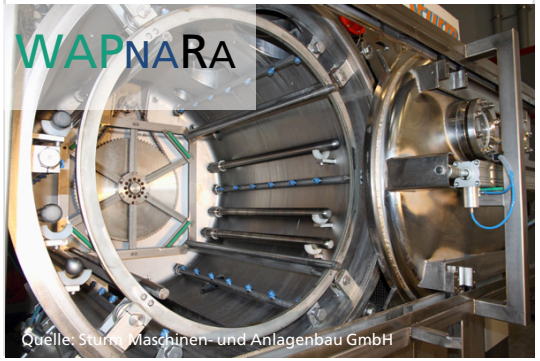
Qualitätssicherung von Lithium-Ionen-Zellen

- Optische Qualitätsprüfung von Batterieseparatoren hinsichtlich Fehlstellen und Deformationen
- Detektion von Partikeln auf Elektrodenoberflächen mittels aktiver Thermografie
- Reinigung von Elektrodenoberflächen



Wissensbasierte Auslegung und Prozessführung nasschemischer Reinigungsanlagen

- Reinigungsuntersuchungen der Verfahren Ultraschall und Umfluten
- Aufbau einer Wissensbasis als Plattform der Datenerfassung und Vernetzung von Wirkzusammenhängen
- Ermittlung geeigneter Parametrierungen bezüglich der Ressourceneffizienz optimierter Reinigungsergebnisse



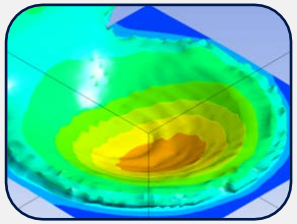
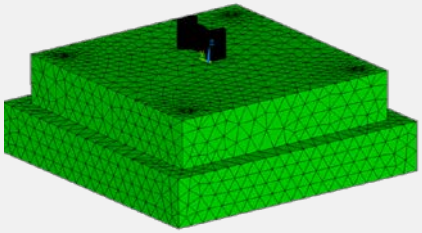
© Projektgruppe RMV des Fraunhofer IWU
Fraunhofer IWU

AMLAB – GEMEINSCHAFTSLABOR DES *IWB* DER TU MÜNCHEN UND DER FRAUNHOFER IWU PG RMV

FORSCHUNGSSCHWERPUNKTE

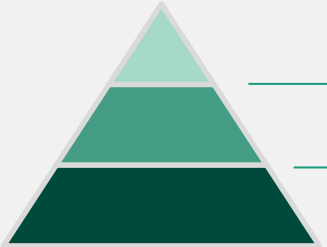
Prozessentwicklung und -überwachung

Simulation

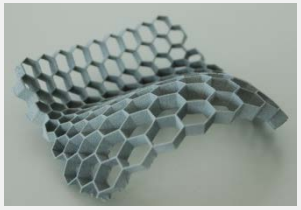



AMLab

Industrieller Einsatz



Design for additive



© Projektgruppe RMV des Fraunhofer IWU
Fraunhofer IWU

AMLAB – GEMEINSCHAFTSLABOR DES *IWB* DER TU MÜNCHEN UND DER FRAUNHOFER IWU PG RMV

ANLAGEN- UND PRÜFTECHNIK

Laserstrahlschmelzen
Concept Laser

Laserstrahlschmelzen
EOS

Laserstrahlschmelzen
SLM Solutions

Lasersintern
EOS

Rauheitsmessung
Mitutoyo

Elektronenstrahlschmelzen
Eigenentwicklung

Mechanische Prüfung
Zug, Härte (Zwick Roell)

3-D-Druck
Voxeljet

Fused Deposition Modelling
Stratasys

Digitalisierung
Steinbichler

Laserscan-Mikroskopie
Keyence

Metallographielabor
ATM

© Projektgruppe RMV des Fraunhofer IWU

Fraunhofer IWU

AGENDA

ADDITIVE FERTIGUNG – PRAXISRELEVANTE GESCHÄFTSMODELLE UND ANWENDUNGSBEISPIELE

1	Praxisrelevante Geschäftsmodelle
2	Design for AM – Methoden, Software, Beispiele
3	Schlussfolgerungen

© Projektgruppe RMV des Fraunhofer IWU

EINFÜHRUNG

INDUSTRIELLER STATUS QUO – AUSGANGSSITUATION UND IMPLEMENTIERUNG

Bewusstsein

- Additive Fertigung (AM) ist relevant!
- 40 % der Führungskräfte und Experten aus der Produktion sind nicht mit der additiven Fertigung vertraut (höchstens durch die Presse informiert)[1]

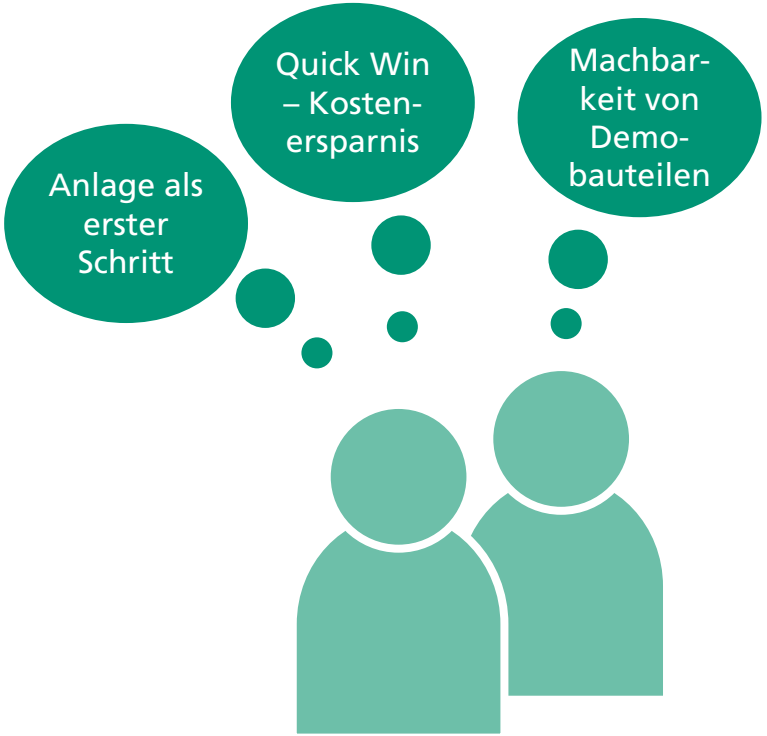
Häufige Herangehensweise für AM

- (wenig systematische) Bauteilauswahl als erster Schritt
- Beschaffung der Anlage als erster Schritt

Häufige Probleme

- Unklarheit über Kriterien bei der Bauteilauswahl und über das Langzeitziel
- Fehleinschätzung der Potenzialfelder bzw. des Gesamtpotenzials
- Unklarheit über benötigte Kompetenzen

Mögliche Ansätze zur Implementierung von AF

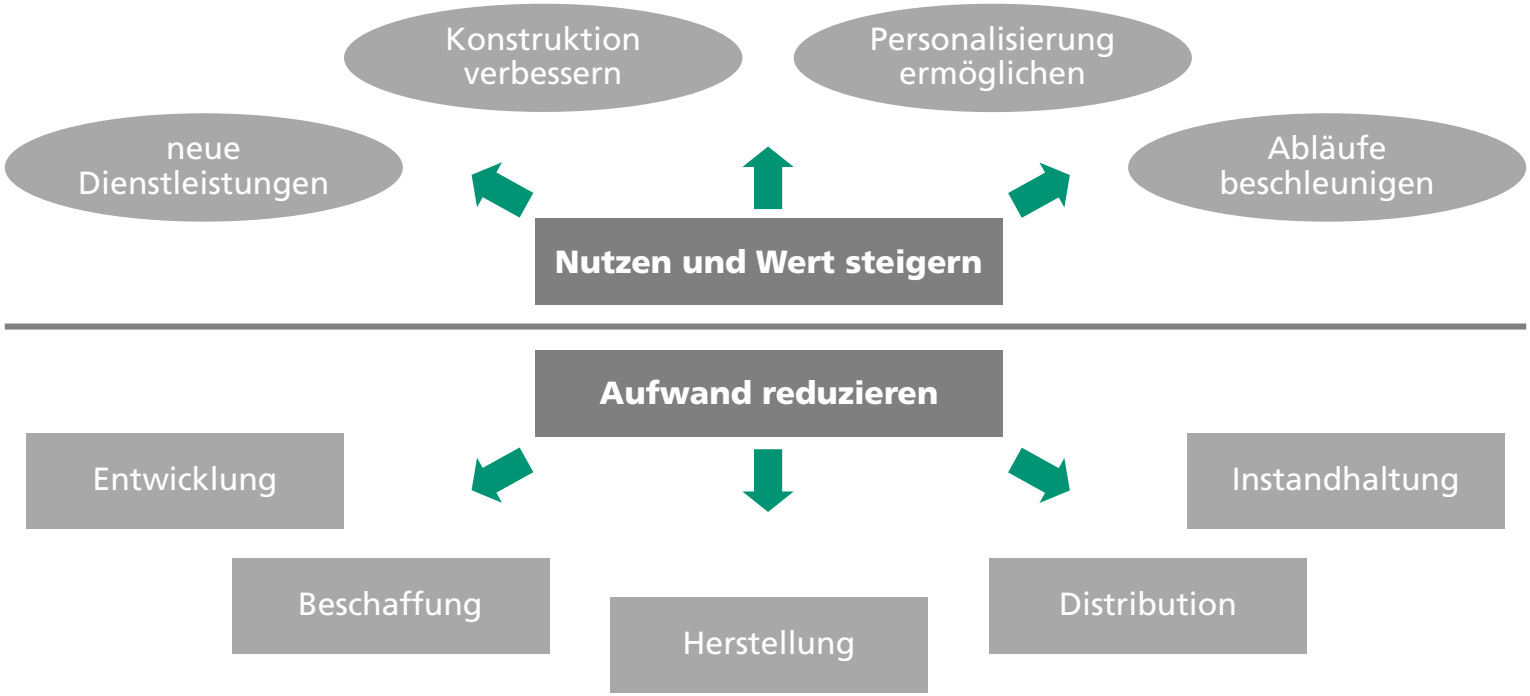


© Projektgruppe RMV des Fraunhofer IWU

[1]Cohen 2014

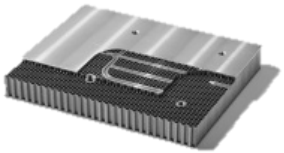
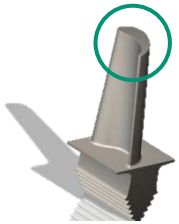
Fraunhofer IWU

GESCHÄFTSMODELLE
TREIBER DER WIRTSCHAFTLICHKEIT



© Projektgruppe RMV des Fraunhofer IWU
Fraunhofer IWU

TYPOLOGIE DER AM-GESCHÄFTSMODELLE
…FÜR PRODUZIERENDE UNTERNEHMEN

1	2	3	4	5
Neue Wege in der Konstruktion	Mehrwert durch Individualisierung	Kostengünstige Produktion	Neue Wege in der Supply Chain	Neue Wege der Bauteilreparatur
verbesserte Bauteil-eigenschaften	verbesserte Anforderungs-erfüllung durch kundenspezifische Bauteile	verbesserte Herstellungskosten pro Bauteil	verbesserte räumliche und zeitliche Verfüg-barkeit des Bauteils	verbesserte Möglichkeiten zur Bauteilreparatur („mehr Teile und schneller“)
Relevanz/Trend	Relevanz/Trend	Relevanz/Trend	Relevanz/Trend	Relevanz/Trend
				
Strukturelement mit konturnaher Kühlung	*Patienten-spezifisches Schädelimplantat*	*Instrumenten-gehäuse*	*Schraubenschlüssel (gebaut auf der ISS[1])*	*Turbinenschaufel*

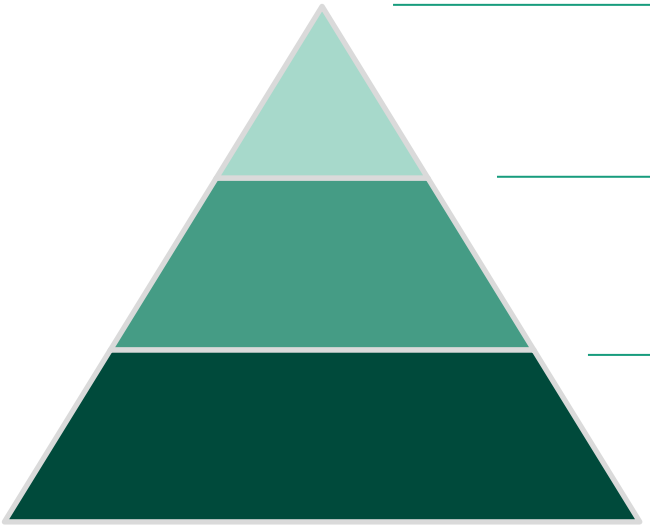
[1] *International Space Station;* Bilder: Fraunhofer IWU, growit3d.com, Stratasys, 3dprint.com, grabcad.com

© Projektgruppe RMV des Fraunhofer IWU

Fraunhofer IWU

RICHTLINIEN ZUR GESTALTUNG VON ANWENDUNGEN
GEMEINSAMKEITEN UNTERSCHIEDLICHER GESCHÄFTSMODELLE

Handlungsfelder bei der Implementierung von AM-Geschäftsmodellen



Bauteil

- Auswahlkriterien
- Umkonstruktion
- …

Prozesskette

- AM-Verfahren
- Nachbearbeitung
- …

Organisation

- Tools
- Verantwortung
- …

© Projektgruppe RMV des Fraunhofer IWU

RICHTLINIEN ZUR GESTALTUNG VON ANWENDUNGEN
BEISPIEL: NEUE WEGE IN DER KONSTRUKTION

BAUTEIL

- systematische Auswahl
- unternehmensspezifische Kriterienkataloge (bspw. Bauteilabmaße, massenspezifische Fertigungskosten [EUR/kg], Potenzial hinsichtlich einer Umkonstruktion)

  → z. B. Leichtbau (1), Integralbauweise (2), Funktionserweiterung (3)

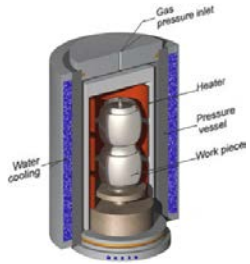
(1) (2) (3)

PROZESSKETTE

- Prozesskettenvergleich
- bauteilspezifische Nachbearbeitungsverfahren

  → z. B. Heißisostatisches Pressen (4), Druckfließläppen, Sandstrahlen

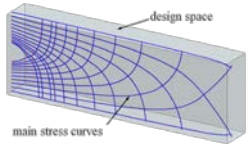
(4)



ORGANISATION

- detaillierte Kenntnisse über Konstruktionsrichtlinien
- geeignete leistungsfähige Software-Tools
- Schulungen für Konstrukteure, Anlagenbediener und Sicherheitsingenieure

  → z. B. für bionische Leichtbaustrukturen (5)



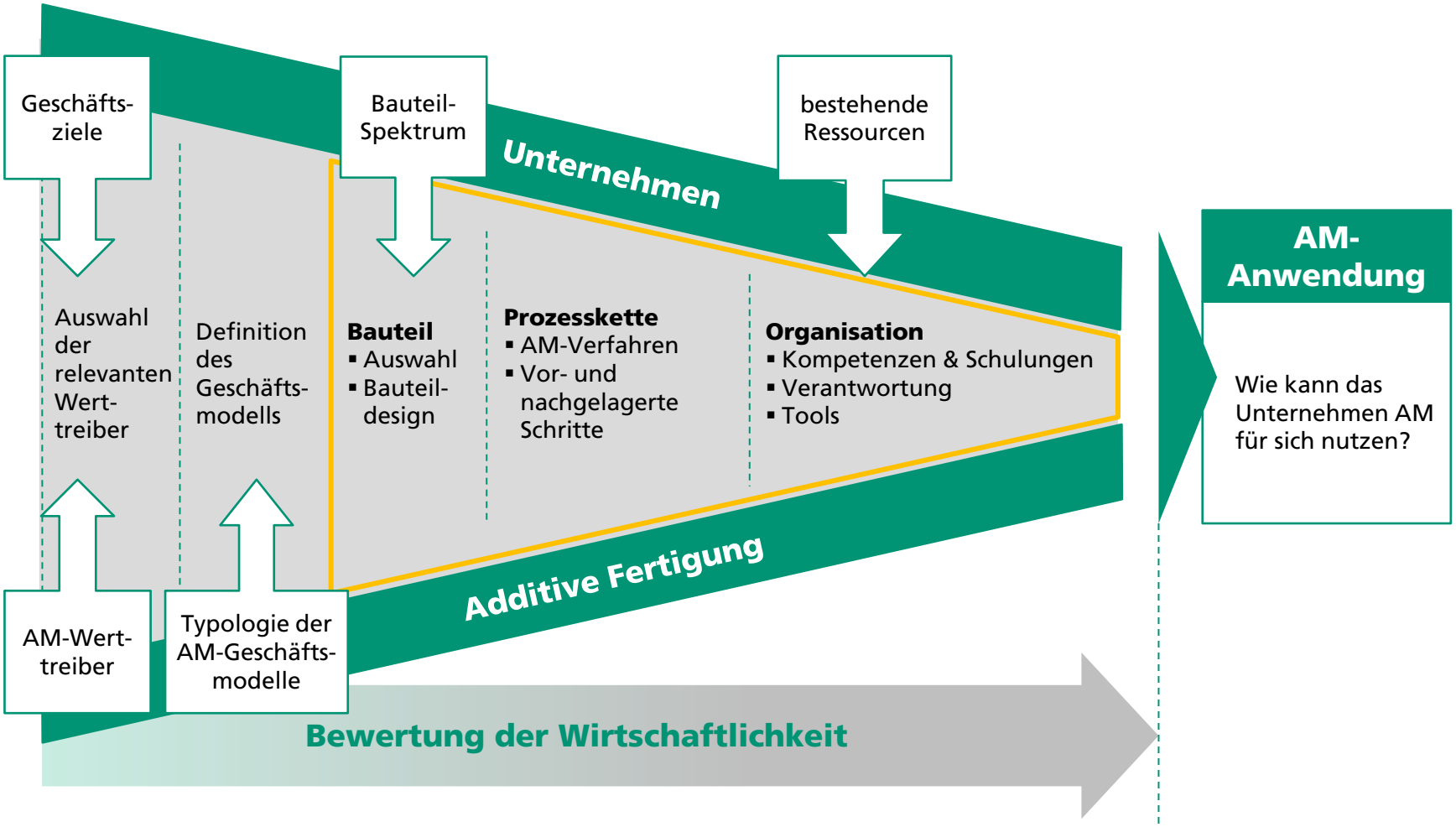
(5)

Bildquellen: iwb, pinstake.com, Fraunhofer IWU

© Projektgruppe RMV des Fraunhofer IWU

Fraunhofer IWU

VORGEHENSMODELL ZUR IMPLEMENTIERUNG
ENTWICKLUNG VON AM-ANWENDUNGEN



© Projektgruppe RMV des Fraunhofer IWU
Fraunhofer IWU

AGENDA

1	Praxisrelevante Geschäftsmodelle
2	Design for AM – Methoden, Software, Beispiele
3	Schlussfolgerungen

© Projektgruppe RMV des Fraunhofer IWU

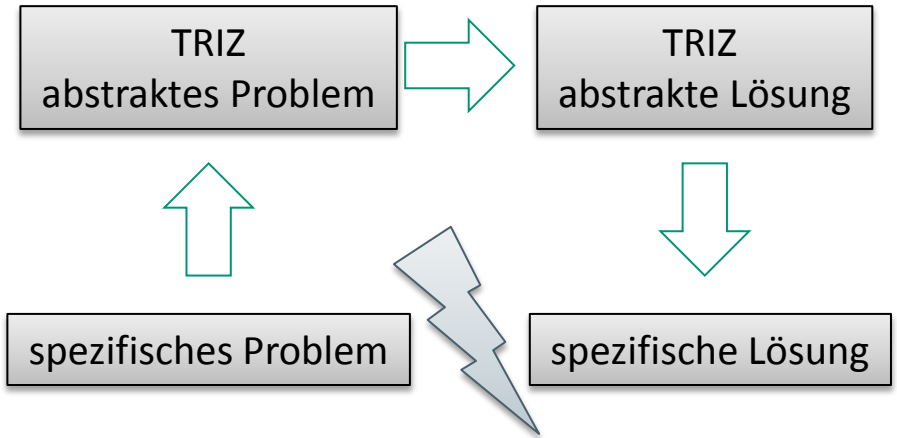
METHODE FÜR FORTSCHRITTLICHES DESIGN
BioTRIZ – MELANGE AUS BIONIK UND TRIZ

DESIGN FOR AM

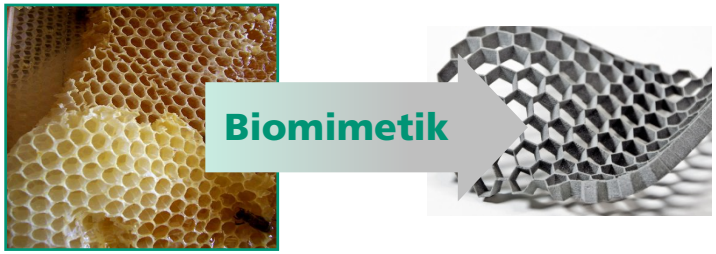
VDI 3405/ISO 17296 etc.:
Grundlagen zu Terminologie, zur Bauteilorientierung, -gestaltung, zu Materialeigenschaften etc.

"...die speziellen Eigenschaften der additiven Fertigungsverfahren kennen, um deren Potenzial voll auszuschöpfen."
VDI-Statusreport 2014

Anwendungsorientierte Methode wird benötigt!



„TRIZ-Theorie des erfinderischen Problemlösens"
LINDEMANN 2009, 2014; SCHAAL 2011



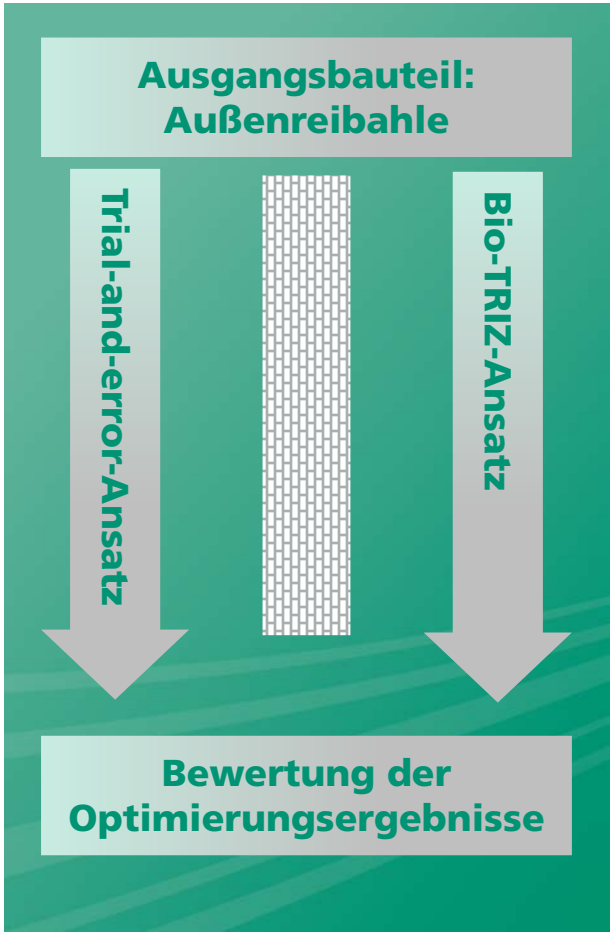
„lernen von der Natur"
NACHTIGALL 2002

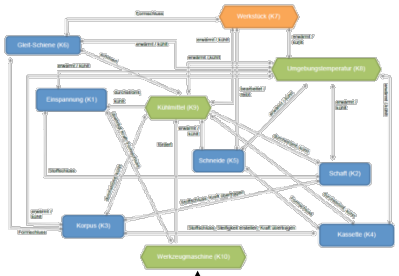
© Projektgruppe RMV des Fraunhofer IWU

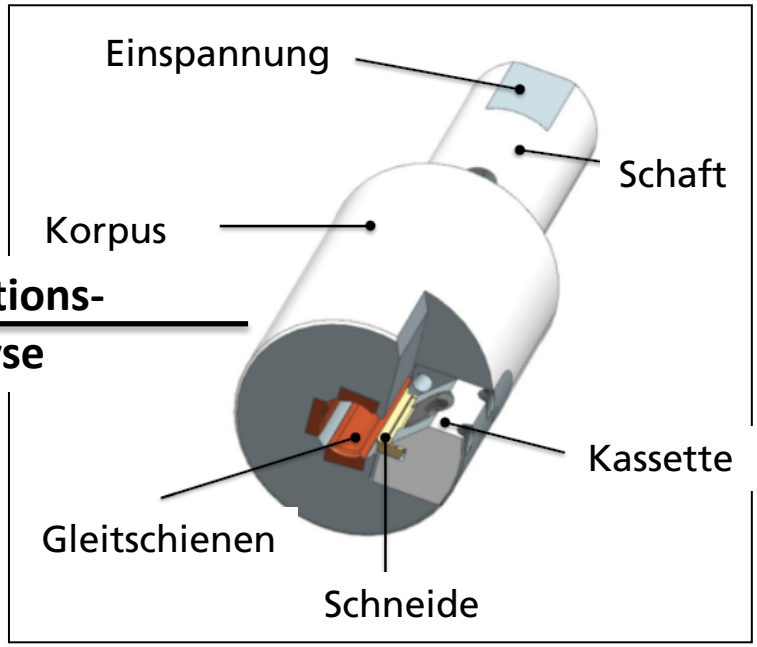
Quelle: Kamps et al. LIM 2015

Fraunhofer IWU

FALLSTUDIE VERGLEICH BioTRIZ VS. TRIAL-AND-ERROR
AUßENREIBAHLE (ZUR VERFÜGUNG GESTELLT VON MAPAL DR. KRESS KG)







Funktions-analyse

© Projektgruppe RMV des Fraunhofer IWU

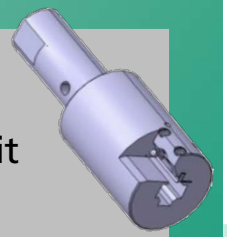
Quelle: Kamps et al. LIM 2015

Fraunhofer IWU

FALLSTUDIE VERGLEICH BioTRIZ VS. TRIAL-AND-ERROR

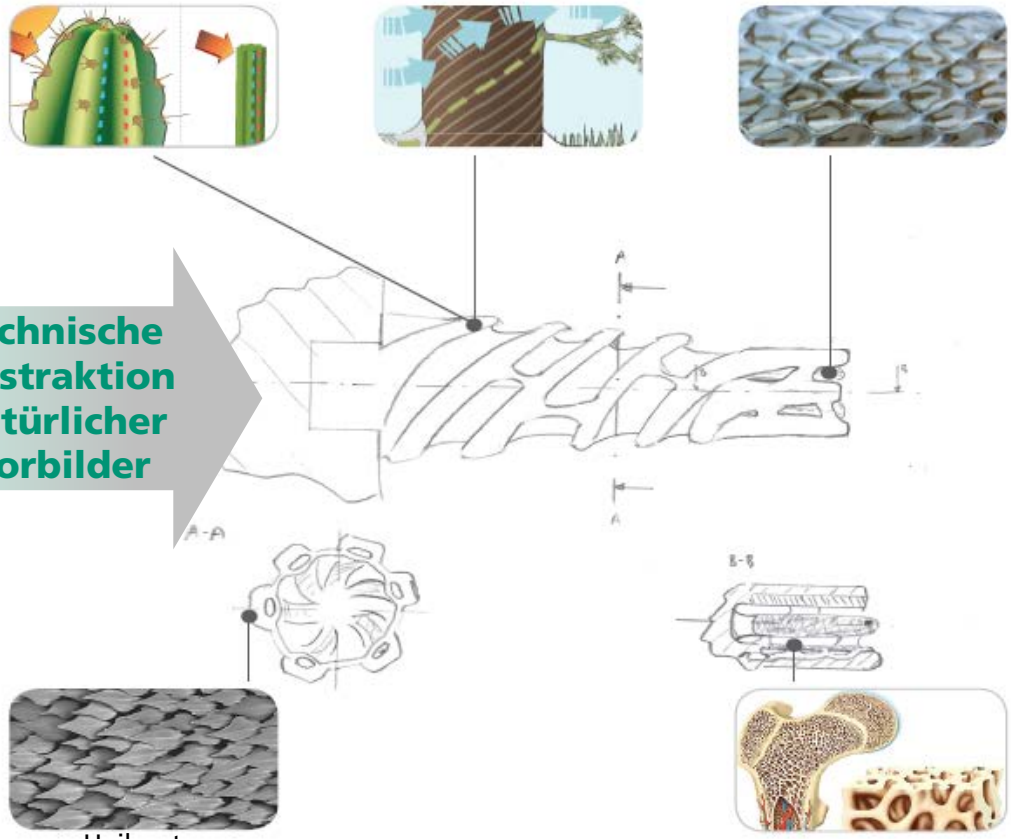
ABSTRAKTE LÖSUNGEN AUS DER NATUR FÜR ABSTRAKTE TEILPROBLEME

ABSTRAKTE TEILPROBLEME



1. **Steifigkeit**
   Schaft- und Gesamtsteifigkeit sicherstellen
2. **Reibung**
   geringe Reibung an Gleitschienen
3. **Kühlung**
   effiziente Kühlung relevanter Bereiche
4. **Fluidkanäle**
   Kühlkanäle ohne Verringerung der Steifigkeit

Technische Abstraktion natürlicher Vorbilder

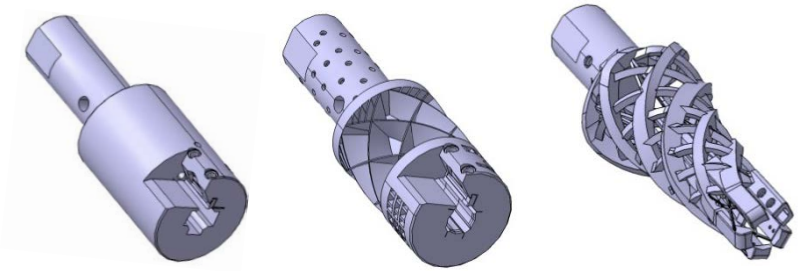


© Projektgruppe RMV des Fraunhofer IWU

Quelle: Kamps et al. LIM 2015

Fraunhofer IWU

FALLSTUDIE VERGLEICH BioTRIZ VS. TRIAL-AND-ERROR
KENNZAHLENVERGLEICH UND BEWERTUNG



		Außenreibahle Ausgangsstand	Außenreibahle Trial-and-error-Optimierung	Außenreibahle BioTRIZ-optimiert
Bauteildaten				
Masse (TiAl6V4)	**m** [g]	232	107	86
Volumen	$V_{BT}V_{BT}$ [mm³]	52080	23980	19280
Oberfläche	$O_{BT}O_{BT}$ [mm²]	15000	33000	36000
Prozess-Performance				
Komplexitäts-Index [Zhang et al. 2014]	**KI**	3,28	6,30	7,11
Massivitäts-Index [Macht 1999]	**MI**	0,82	0,66	0,56
Bauteil-Performance				
Massen-Verhältnis	**MA** [%]	100	46	37

Der systematische Bio-TRIZ-basierte Ansatz führt zum besten Ergebnis hinsichtlich Bauteil- und Prozess-Performance

© Projektgruppe RMV des Fraunhofer IWU

Quelle: Kamps et al. LIM 2015

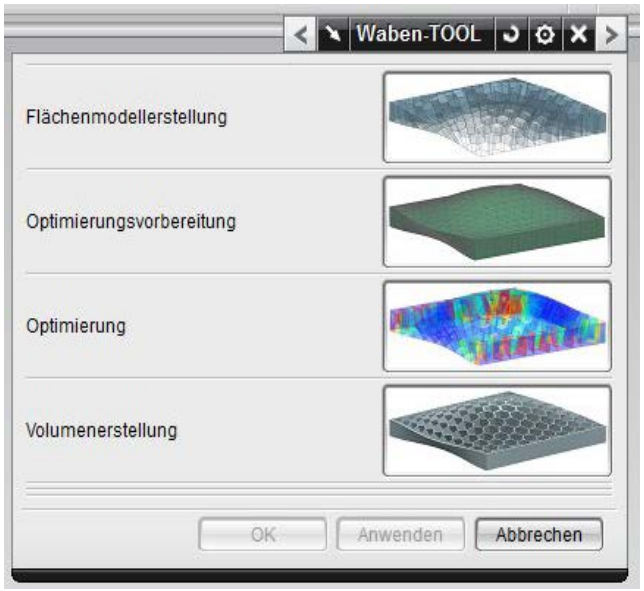
Fraunhofer IWU

MESOSKOPISCHER LEICHTBAU DURCH GITTER- UND WABENSTRUKTUREN

METHODEN UND AMLAB-SOFTWARE-WERKZEUGE

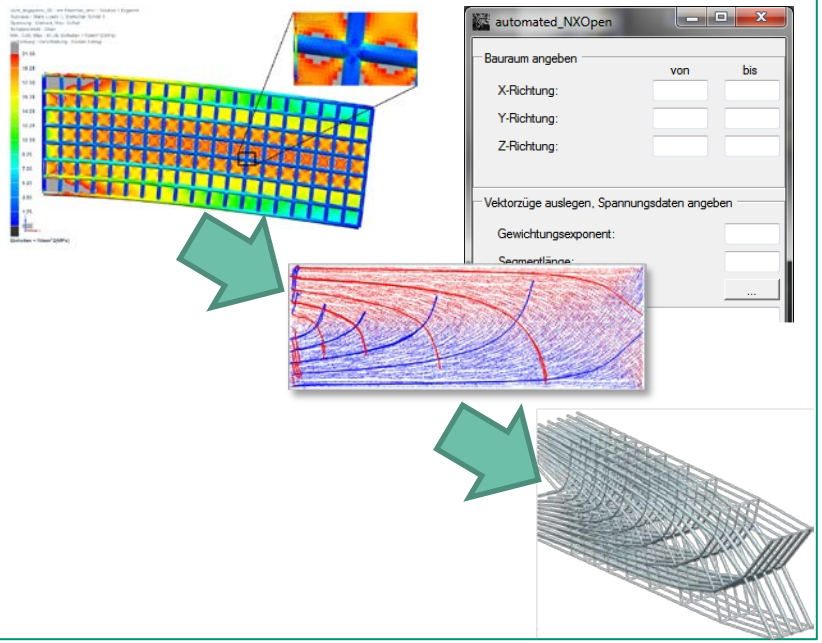
Wabenstrukturen

- 4-stufiges Vorgehen
- belastungsgerecht angepasste Wabenstrukturen (z. B. auch zur Nutzung als Sandwich-Bauteil)



Gitterstrukturen

- 2-stufiges Vorgehen
- Vermeidung von Schubspannungen → homogene Zug-Druck-Belastung



© Projektgruppe RMV des Fraunhofer IWU
Fraunhofer IWU

MESOSKOPISCHER LEICHTBAU DURCH GITTER- UND WABENSTRUKTUREN

VIDEO AMLAB-WABEN-TOOL

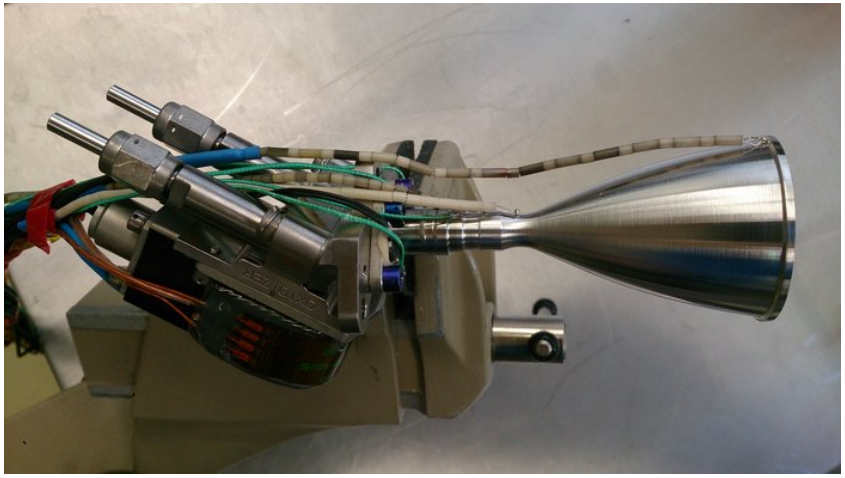
© Projektgruppe RMV des Fraunhofer IWU

BEISPIEL (TYPOLOGIE: “KOSTENGÜNSTIGE PRODUKTION”)

INDUSTRIELLE ANWENDUNG PLATIN-BRENNKAMMER

BRENNKAMMER (AIRBUS DS)

- **Material**
  schwer verarbeitbare Pt-Rh 50-50-Legierung wurde im AMLab für den Prozess qualifiziert
- **Folgeprozesse**
  Finish des additiv *near net shape* gefertigten Bauteils bei Airbus (u. a. Spanen, Schweißen)
- **Test unter Realbedingungen**
  mehr als einstündiger Brennkammertest mit 618 Einspritzungen (T bis 1.253 °C) in Lampoldshausen bei Airbus Defence & Space (DS)



© Projektgruppe RMV des Fraunhofer IWU

http://www.esa.int/Our_Activities/Space_Engineering_Technology/Hot_firing_of_world_s_first_3D-printed_platinum_thruster_chamber

Fraunhofer IWU

BEISPIEL (VIDEO)
INDUSTRIELLE ANWENDUNG PLATIN-BRENNKAMMER

http://www.esa.int/Our_Activities/Space_Engineering_Technology/Hot_firing_of_world_s_first_3D-printed_platinum_thruster_chamber

© Projektgruppe RMV des Fraunhofer IWU

AGENDA

1	Praxisrelevante Geschäftsmodelle
2	Design for AM – Methoden, Software, Beispiele
3	Schlussfolgerungen

© Projektgruppe RMV des Fraunhofer IWU

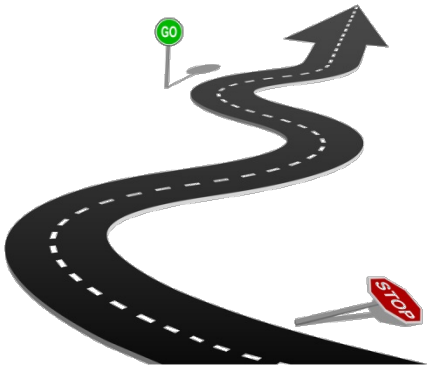
SCHLUSSFOLGERUNG ZU GESCHÄFTSMODELLE
DREI-STUFEN-MODELL

1 Potenzialstudie

- Welchen Methoden führen zu einer ganzheitlichen, verlässlichen Bewertung des Potenzials?
- Ist die Technologie für mein Unternehmen relevant?
- Welche AM-Geschäfts-modelle bergen hohes Potenzial?

2 Implementierungsstrategie

- Wie lautet eine sinnvolle Roadmap für die Nutzung dieser dynamischen Technologie?
- Wie berücksichtige ich die relevanten Handlungsfelder Bauteil, Prozesskette, Organisation?



3 Labor-/Produktionsplanung und Umsetzungsbegleitung

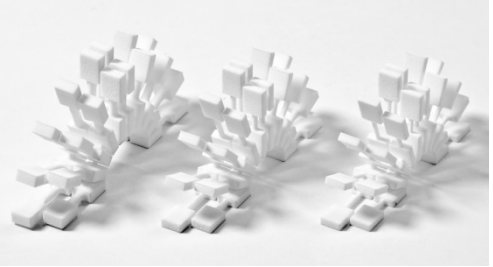
- Welches ist das beste Layout – heute und in den nächsten Jahren?
- Welches Sicherheitskonzept ist notwendig?
- Welche Anpassungen sind in den Unternehmensbereichen vorzunehmen (Produkt-entwicklung, Produktion etc.)?

© Projektgruppe RMV des Fraunhofer IWU
Fraunhofer IWU

SCHLUSSFOLGERUNG ZU DESIGN FOR AM
PRODUKT- UND PROZESS-KNOW-HOW VERSCHMELZEN

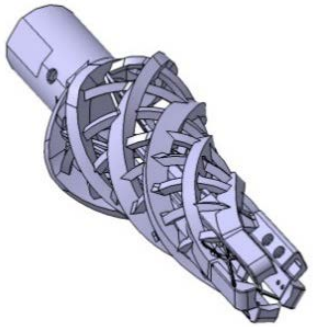
1 Prozess-Know-how

- Wie kann der Prozess zur Verarbeitung kunden-spezifischer Materialien qualifiziert werden?
- Welche Baubarkeitsgrenzen liegen unter Berücksichtigung unternehmensspezifischer Prioritäten vor?
- Welche Design-Rules lassen sich daraufhin ableiten?



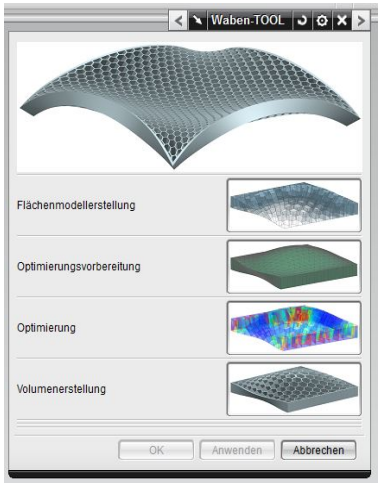
2 Fortschrittliche Methoden

- Welche Methoden helfen mir, in Funktionen zu denken?
- Wie kann das volle Potenzial des „Design for additive“ im Unternehmen ausgeschöpft werden?



3 Leistungsfähige Software

- Welche Software ist dazu geeignet, das fortschrittliche Design umzusetzen?
- Wie ist die Software- und Hardware-Prozesskette zu gestalten?



© Projektgruppe RMV des Fraunhofer IWU
Fraunhofer IWU

VIELEN DANK FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT!

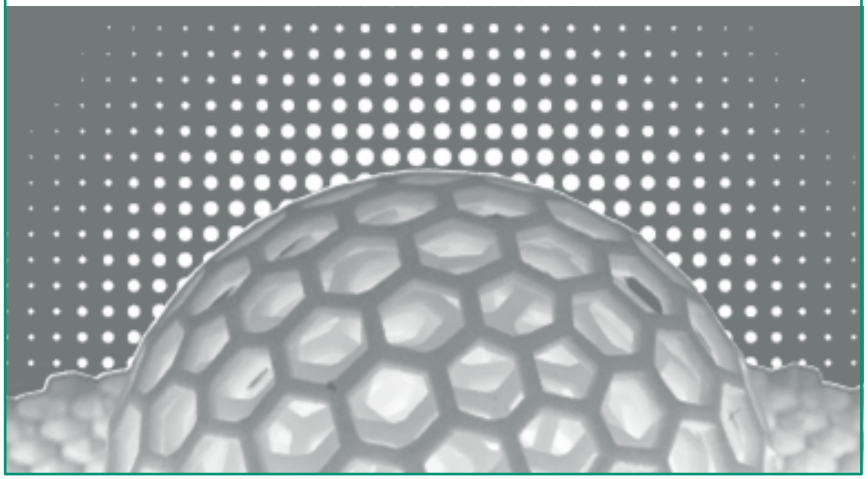
FRAGEN ODER ANMERKUNGEN?

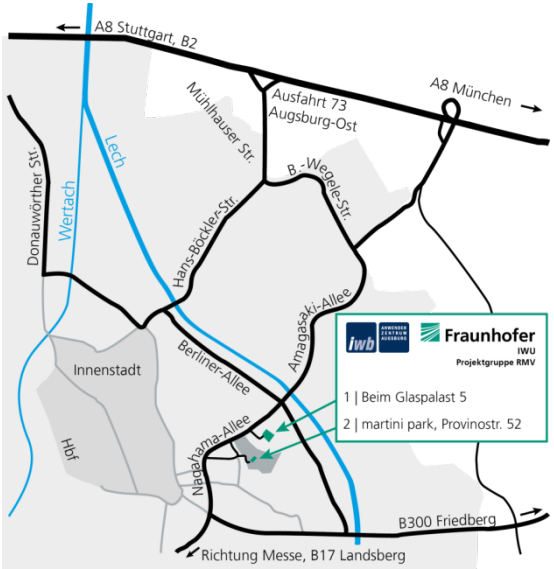
Save the date

20. Augsburger Seminar für Additive Fertigung – Meilensteine der Forschung und Zukunftsthemen für die Industrie

Datum: 05.07.2016

Ort: Kongress am Park, Augsburg





Dipl.-Ing. Christian Seidel
Abteilungsleiter

Projektgruppe
Ressourceneffiziente mechatronische Verarbeitungsmaschinen

Beim Glaspalast 5 I 86153 Augsburg
Telefon +49 821 56883-44 I Fax -50
christian.seidel@iwu.fraunhofer.de

www.iwu.fraunhofer.de/rmv

© Projektgruppe RMV des Fraunhofer IWU

Fraunhofer IWU