Fraunhofer IWU

PROJEKTGRUPPE
RESSOURCENEFFIZIENTE MECHATRONISCHE VERARBEITUNGSMASCHINEN

FORSCHUNG ZUM FRÜHSTÜCK

Christian Seidel

22.04.2015

AGENDA

1	Begrüßung
2	Einführung in additive Fertigungsverfahren
3	Bionischer Leichtbau mittels AM

© Projektgruppe RMV des Fraunhofer IWU

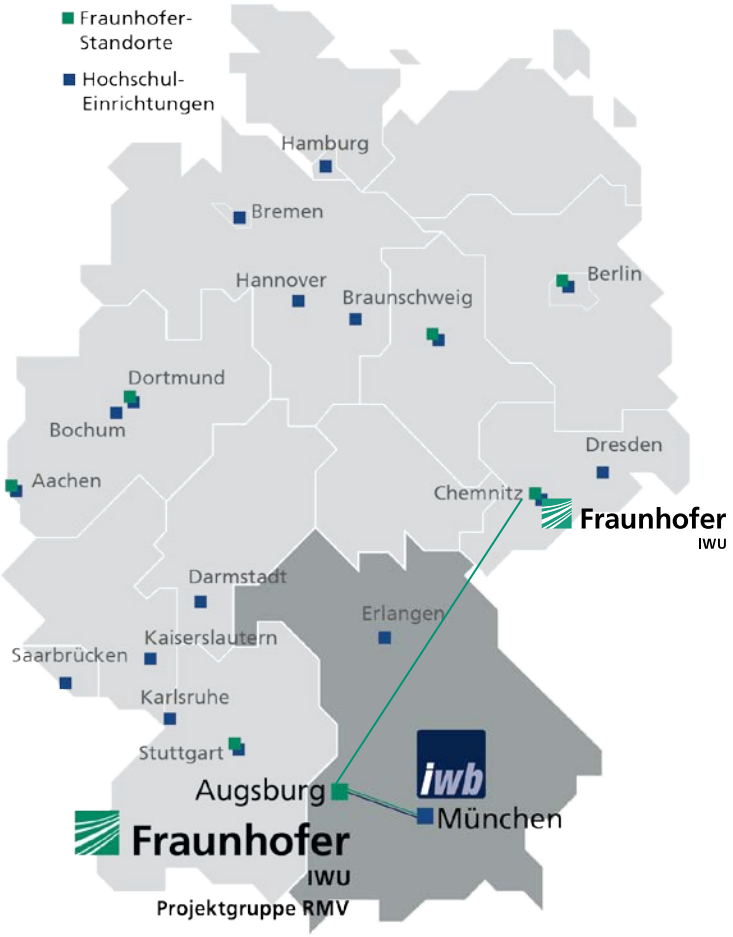
PRODUKTIONSTECHNISCHE FORSCHUNG
PROJEKTGRUPPE RMV AM STANDORT AUGSBURG

GRÜNDUNG:
1. Januar 2009

AUFBAUPHASE: Gemeinsames Wachstum mit dem *iwb* der TUM – Fortführung der Arbeiten des iwb Anwenderzentrums

ENTWICKLUNGSZIEL 2017:
Aufbau eines eigenständigen Fraunhofer-Instituts für ressourceneffiziente Produktion und Verarbeitung mit einem Gebäude im „Augsburg Innovationspark"

Fraunhofer IWU Projektgruppe RMV



© Projektgruppe RMV des Fraunhofer IWU
Fraunhofer IWU

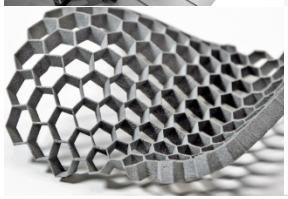
KURZVORSTELLUNG DER PROJEKTGRUPPE RMV
KERNKOMPETENZEN

RESSOURCENEFFIZIENZ IN PROZESSEN

INTELLIGENT VERNETZTE PRODUKTION

FLEXIBILISIERUNG DER PRODUKTION

VERNETZTE MODELLBILDUNG UND SIMULATION



ADDITIVE FERTIGUNG

© Projektgruppe RMV des Fraunhofer IWU

Fraunhofer IWU

KURZVORSTELLUNG DER PROJEKTGRUPPE RMV

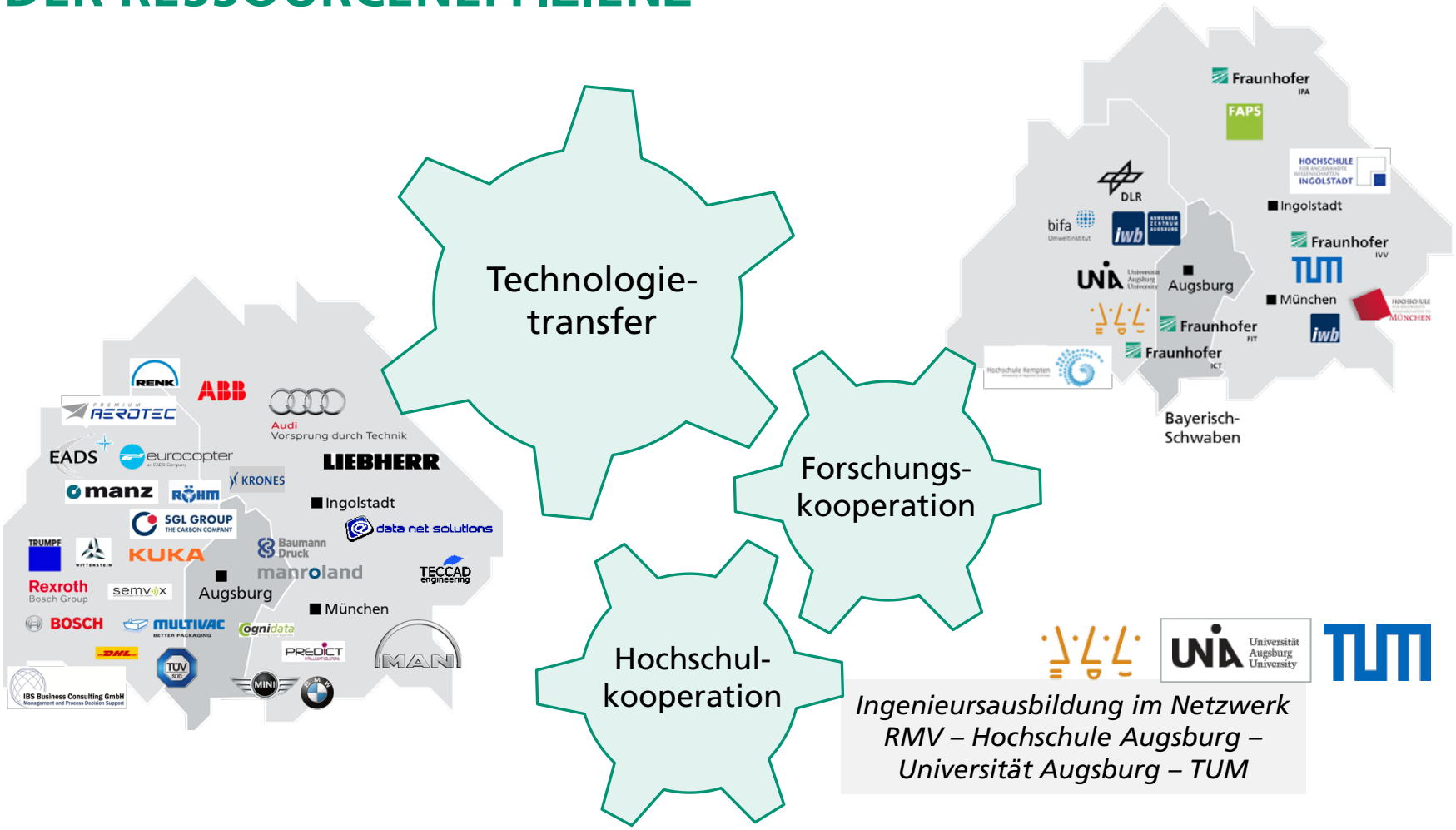
DYNAMISCHES TEAMS AUS 50 MITARBEITER/INNEN SOWIE ZAHLREICHEN STUDIERENDEN

© Projektgruppe RMV des Fraunhofer IWU

Fraunhofer IWU

PROJEKTGRUPPE RMV IN AUGSBURG

DER STADT DER MECHATRONIK, DES LEICHTBAUS UND DER RESSOURCENEFFIZIENZ



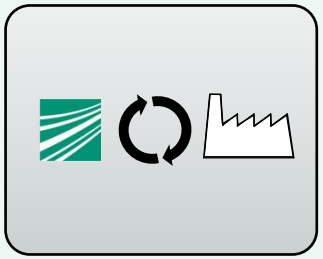
Ingenieursausbildung im Netzwerk RMV – Hochschule Augsburg – Universität Augsburg – TUM

© Projektgruppe RMV des Fraunhofer IWU
Fraunhofer IWU

KURZVORSTELLUNG DER PROJEKTGRUPPE RMV

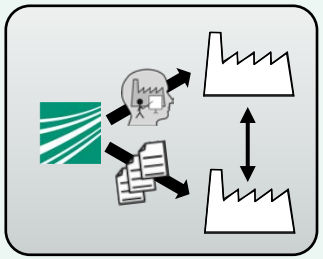
KOOPERATIONSMODELLE – WIE ARBEITET MAN MIT UNS ZUSAMMEN?

Bilaterale Industrieprojekte & FhG-Modell



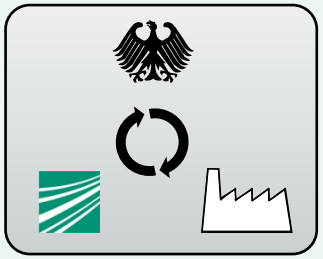
- Individuelle Aufgabenstellung für Industriekunden
- Kurz- bis mittelfristige Auftragsforschung
- 3-jährige Kooperation, FhG-Mitarbeiter arbeiten direkt vor Ort beim Kunden

Industrielle Verbundprojekte



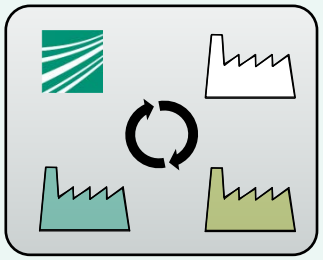
- Sich ergänzende Partner (z. B. Anwender und Zulieferer)
- Nutzung der Methoden und Kompetenzen des RMV

Öffentlich geförderte Projekte



- Verbund aus Forschungs- und Industriepartnern
- Mittel- und langfristige Forschungsprojekte

Industrielle Arbeitsgemeinschaften



- Gemeinsame Lösungsfindung in konkurrenzarmem Wirkungsfeld
- Langfristige Projekte

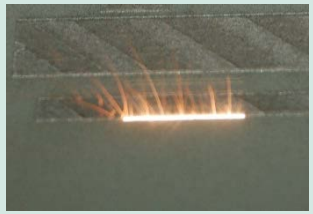
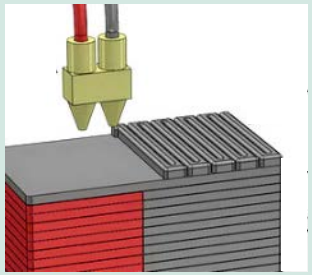
© Projektgruppe RMV des Fraunhofer IWU

AGENDA

1	Begrüßung
2	Einführung in additive Fertigungsverfahren
3	Bionischer Leichtbau mittels AM

© Projektgruppe RMV des Fraunhofer IWU

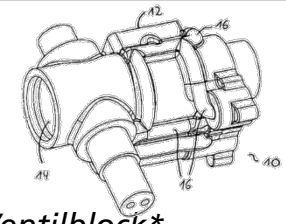
GRUNDLAGEN DER ADDITIVEN FERTIGUNG
VERFAHRENSAUSZUG (VERWEIS AUF VDI3405:2014)

Material	Methode	Technologie	Funktionsprinzip	Beispiel
Metalle	Pulverbett-basiert	Laserstrahlschmelzen (LBM) Elektronenstrahlschmelzen (EBM)	Lokale Verfestigung im Pulverbett	
	Material ablegen	Laser Metal Deposition (LMD) *Laser Powder Deposition (LPD)* *Laser Wire Deposition (LWD)*	Einbringen des Pulvers / des Drahtes (durch Düse) direkt in den Laserstrahl	
Kunststoffe	Flüssiges Kunststoff-bad	Stereolithographie (SLA)	Lokale Polymerisation lichtaushärtender Kunststoffe	
	Material Deposition	Multi-Jet Modelling (MJM), Fused Deposition Modeling (FDM)	Aufbringung eines verflüssigten Materials durch Druckkopf	

© Projektgruppe RMV des Fraunhofer IWU

GRUNDLAGEN DER ADDITIVEN FERTIGUNG
POTENZIALE

- Formgebungsfreiheit
- Leichtbau & Funktionsintegration
- Ressourceneffizienz
- Reduzierte Abhängigkeit von Zulieferern
- Personalisierung



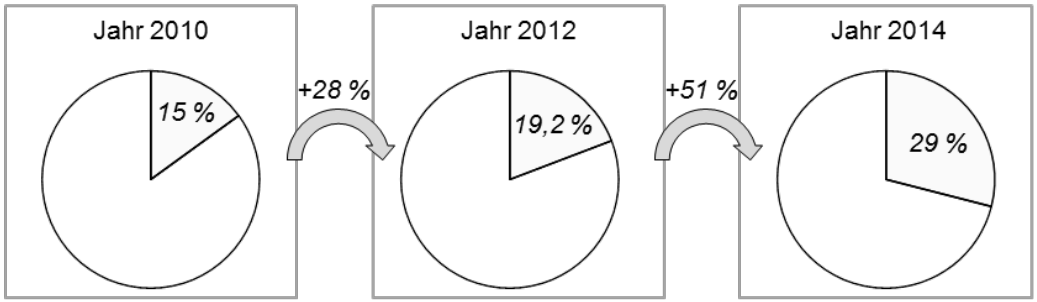
*Ventilblock**
(Liebherr 2014)

Kühlmittel-Spritzdüsen
(MTU Aero Engines AG)

Boroskopauge
(MTU Aero Engines AG)

Zahnrad,
flankengekühlt

Anteil der Anwendung additiver Fertigungsverfahren zur direkten Herstellung von Bauteilen

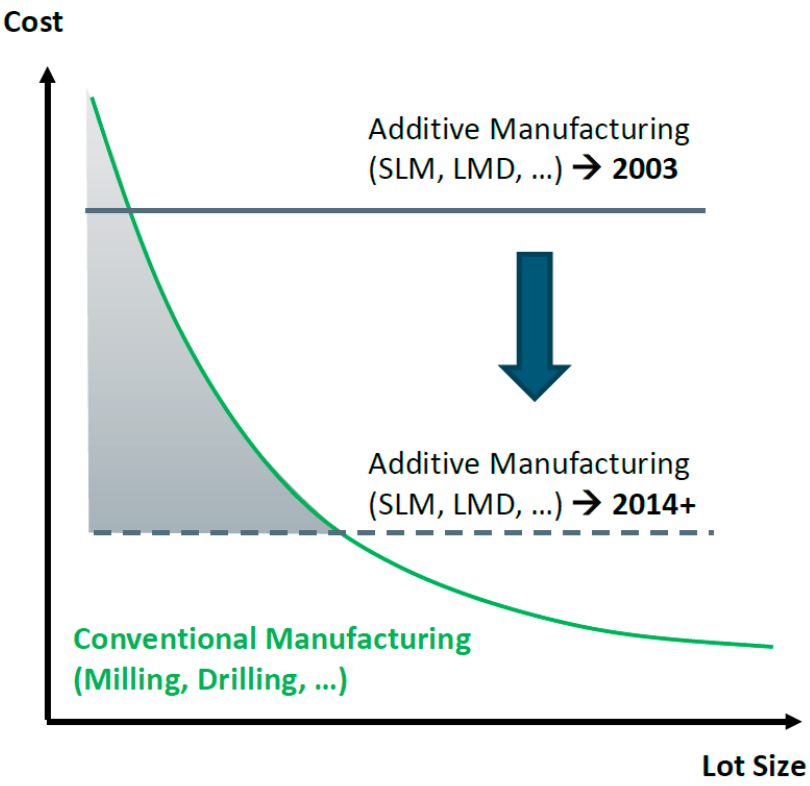


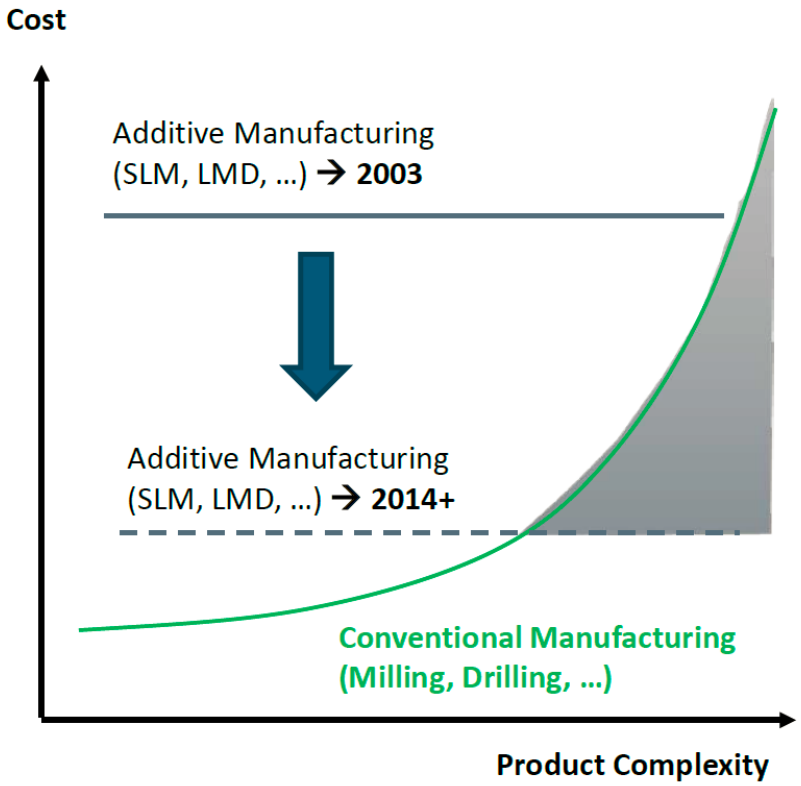
Datenquelle: Wohlers Associates, Inc. via Wohlers Report der Jahre 2010 und 2012 aus der Kategorie „*Direct Part Production*“, 2014 aus der Kategorie „*Functional parts*“

*Quelle: Patentanmeldung The flap actuator, DE 102012018649 A1

© Projektgruppe RMV des Fraunhofer IWU

GRUNDLAGEN DER ADDITIVEN FERTIGUNG
KOSTENENTWICKLUNG





➔ In den nächsten Jahren ist mit einem weiteren Rückgang der Kosten pro hergestelltem Volumen zu rechnen.

Quelle: Beyer (Airbus Defence and Space) 2014

© Projektgruppe RMV des Fraunhofer IWU

3-D-DRUCK/ADDITIVE FERTIGUNG – HYPE ODER CHANCE

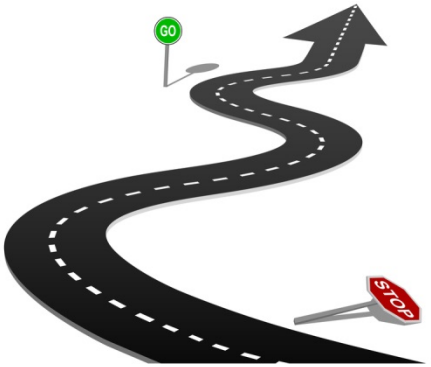
AMLAB 3-STUFEN-MODELL

1 Potenzialstudie

- Ist die Technologie für mein Unternehmen relevant?
- Welche Teile bergen hohes Potenzial?

2 Implementierungsstrategie

- Wie lautet eine sinnvolle Roadmap für Nutzung dieser dynamischen Technologie?
- Wie binde ich alle relevanten Unternehmensbereiche bestmöglich ein?



3 Labor-/Produktionsplanung und Umsetzungsbegleitung

- Welches ist das beste Layout – heute und in den nächsten Jahren?
- Welches Sicherheitskonzept ist notwendig?
- Wie setze ich die Fertigung um?

© Projektgruppe RMV des Fraunhofer IWU

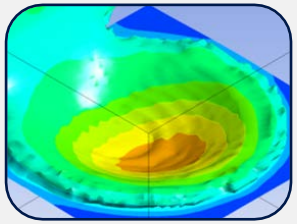
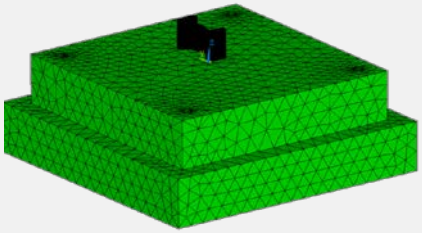
Fraunhofer IWU

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

FORSCHUNGSSCHWERPUNKTE

Prozessentwicklung und -überwachung

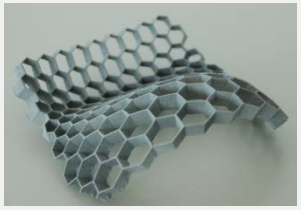
Simulation

AMLab

Industrieller Einsatz

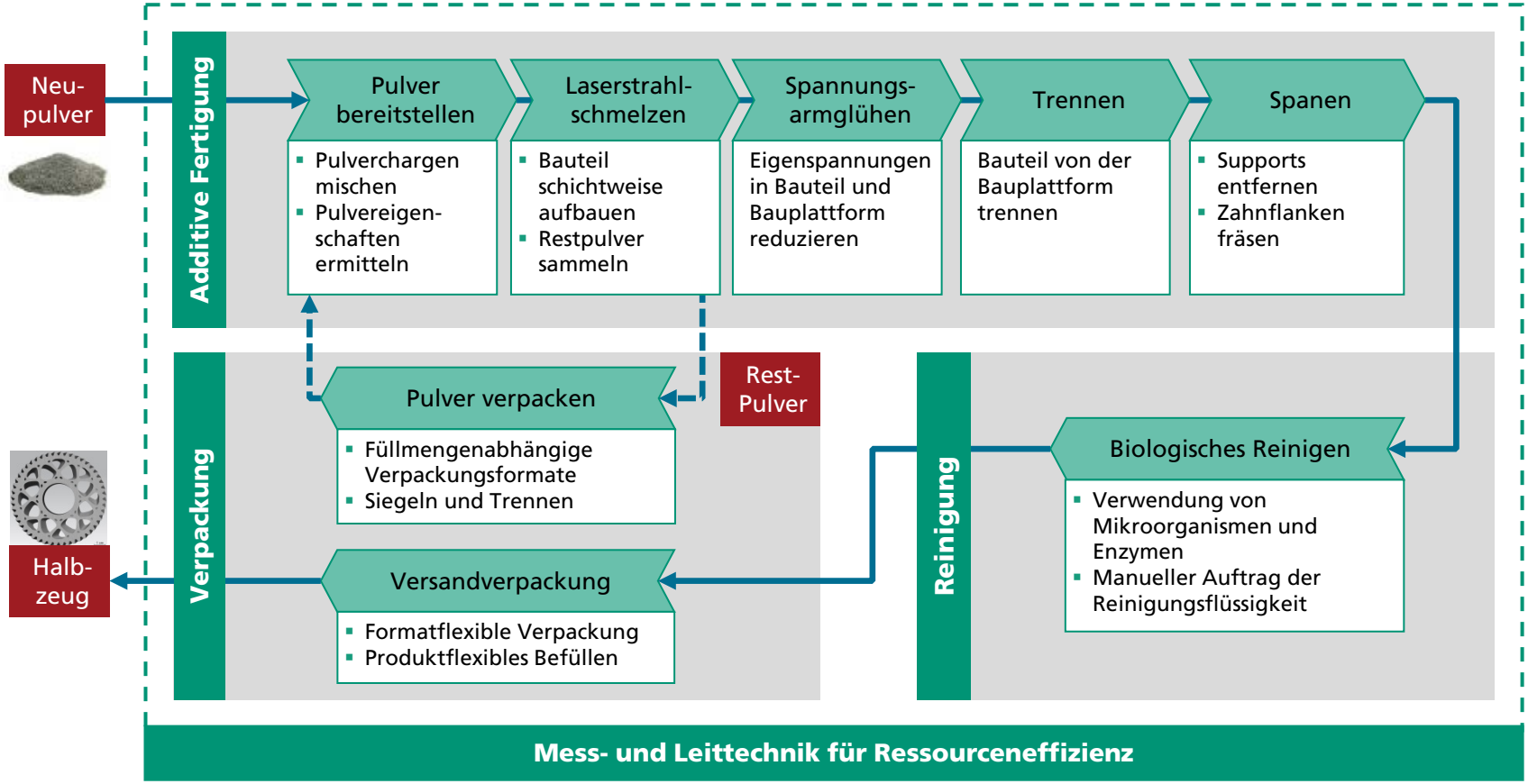
Design for additive



© Projektgruppe RMV des Fraunhofer IWU

Fraunhofer IWU

MATRIXPROJEKT GREEN FACTORY BAVARIA
DIE GESAMTE ADDITIVE PROZESSKETTE IM FOKUS



© Projektgruppe RMV des Fraunhofer IWU

Fraunhofer IWU

ADDITIVSTANDORT AUGSBURG
ZAHLEN UND FAKTEN

- **20 wissenschaftliche Mitarbeiter tätig entlang der additiven Prozesskette, davon 14 mit Fokus auf den additiven Fertigungsprozess**
- **Laufend etwa 40 studentische Hilfskräfte**
- **Über 20-jährige Historie in der Additiven Fertigung**
- **Regelmäßig über 100 Besucher beim jährlichen Industrieseminar zur additiven Fertigung**

© Projektgruppe RMV des 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

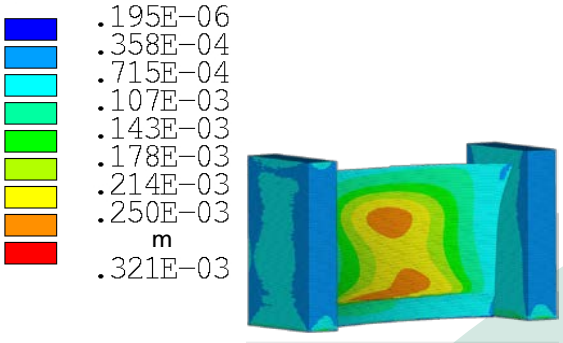
© Projektgruppe RMV des Fraunhofer IWU

Fraunhofer IWU

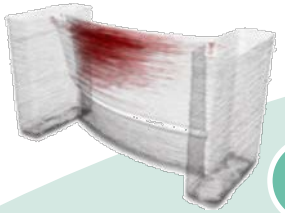
CASE STUDY – TRIEBWERKSSCHAUFEL

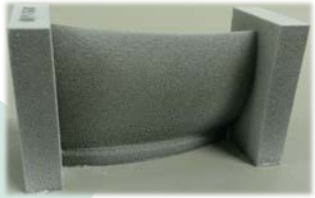
DIGITALE PROZESSAUSLEGUNG FÜR FIRST-TIME-RIGHT-FERTIGUNG

Berechnete Verformungen nach Bauprozessende



„AMLab-Prozessüberwachung“ zur Qualitätssicherung (Temperaturprofil während des Aufbaus)





CAD-Konstruktion

„AMLab-Aufbauprozess-simulation“

Vorskalierung des Bauteils entsprechend thermischer Verzüge

Aufbau des vorskalierten Bauteils

Bauteil entsprechend Zeichnungs-vorgaben

Im anlagenlesbaren STL-Format exportiertes Bauteil, das um den negativen Betrag der simulierten Verformungen vorskaliert wurde

© Projektgruppe RMV des Fraunhofer IWU

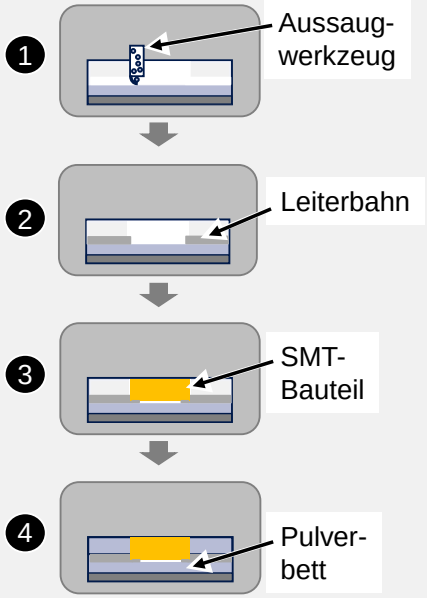
CASE STUDY – 3-D-DRUCK MECHATRONISCHER KOMPONENTEN

3-D-GEDRUCKTE ELEKTRONIKKOMPONENTEN

Anlagentechnik

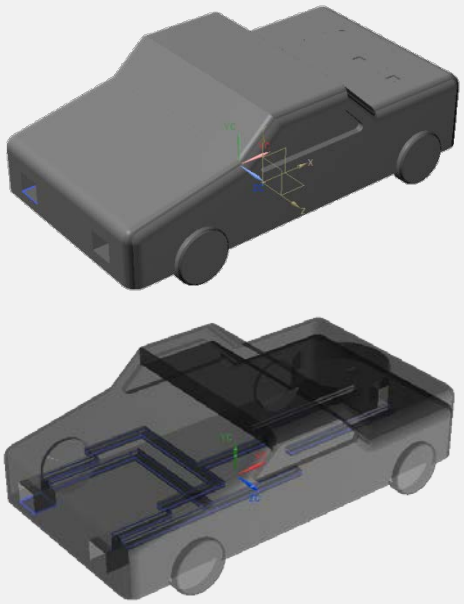
3-D-Drucker der Firma Voxeljet (Augsburg) als Experimentierplattform zur Integration elektrischer Komponenten in Kunststoffbauteile

Prozesserweiterung



Einbringen von Leiterbahnen und Bauteilen in den konventionellen 3-D-Druck-Prozess

Demonstrator



3-D-gedrucktes Modellauto mit Beleuchtung

© Projektgruppe RMV des Fraunhofer IWU

AGENDA

1	Begrüßung
2	Einführung in additive Fertigungsverfahren
3	Bionischer Leichtbau mittels AM

© Projektgruppe RMV des Fraunhofer IWU

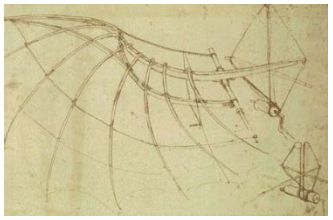
EXKURS IN DIE BIONIK
LERNEN VON DER NATUR

*Bio*logie → Bionik[1]: *Wissenschaftliche Disziplin, die sich mit der technischen Umsetzung und Anwendung von Konstruktions-, Verfahrens- und Entwicklungsprinzipien biologischer Systeme befasst*

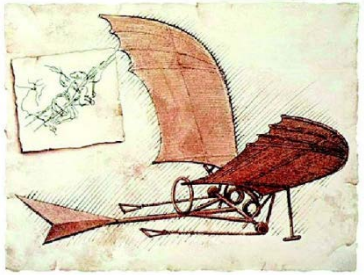
Tech*nik* →

- Anfänge der Bionik: Erfindungen von Leonardo Da Vinci (1452-1519)

Natur als Vorbild



Abstraktion



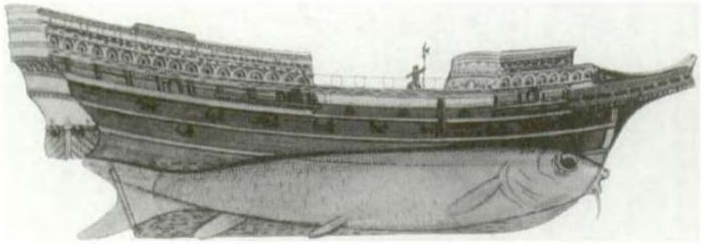
Technische Anwendung

1: VDI, Bildquellen: www.stuttgarter-zeitung.de; kw-siebler.de; www.buckelwalflosse.de

© Projektgruppe RMV des Fraunhofer IWU

EXKURS IN DIE BIONIK
LERNEN VON DER NATUR - BEISPIELE

- Bionik früher:

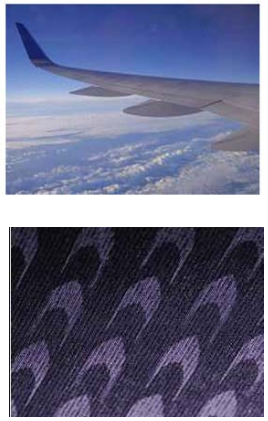


Strömungsoptimierter Rumpf der Galeone des Schiffsbaumeisters Matthew Baker (1576) durch Dorschkopf- und Makrelenschwanz-Gestalt

+ Manövrierfähigkeit

+ Wasserwiderstand

- Bionik heute:



Nachgebaute Hautstruktur eines schnellschwimmenden Hais

→ Ribletfolie führt zu Widerstandsreduktion bei Flugzeugen (bis 8 % Treibstoff-einsparung)

→ Fatskin Schwimmanzug immitiert Eigenschaften der Haihaut

Quellen: Nachtigall (2008), Braun (2008); Bildquellen: www.synergetik-institut.de; www.bionikzentrum.de

© Projektgruppe RMV des Fraunhofer IWU

EXKURS IN DIE BIONIK
LERNEN VON DER NATUR - BEISPIELE

Zahlreiche weitere Beispiele:

- Sonar von Fledermäusen → Technisches Sonar
- Eigenschaften der Delphinhaut → U-Boot-Bau
- Körperform von Vögeln
Körperform von Fischen } → Flugzeug-, Automobil-, Schiffs-Raketenbau
- Bauformen der Natur → Architektur (Olympiadach München)
- Katzenpfoten → Reifendesign
- Bienenwaben → Leichtbau und Winter-Reifendesign
- …

➔ Heute ist die Bionik ein vielbeachtetes Wissenschaftsgebiet.

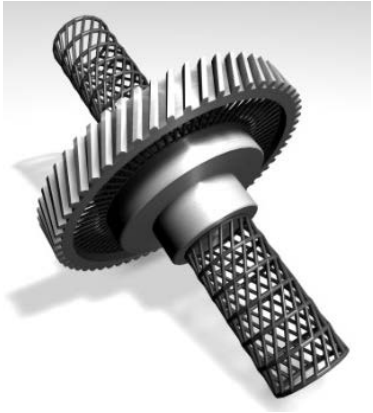
In Anlehnung an D.V.M. Knut Braun "Die Geschichte von Leonardo bis in die Gegenwart"

© Projektgruppe RMV des Fraunhofer IWU

FALLBEISPIELE
FUNKTIONSINTEGRIERTES LEICHTBAUZAHNRAD

- Strukturoptimierung aufgrund von
  - Energieverlusten durch Beschleunigung nicht benötigter Massen.
  - möglichen Unwuchten durch große Massen.
- Bionische Optimierung:
  - Reduktion von Material in wenig belasteten Bereichen
  - Kraftflussgerechte Auslegung der Strukturen

Leichtbauoptimiertes Zahnrad

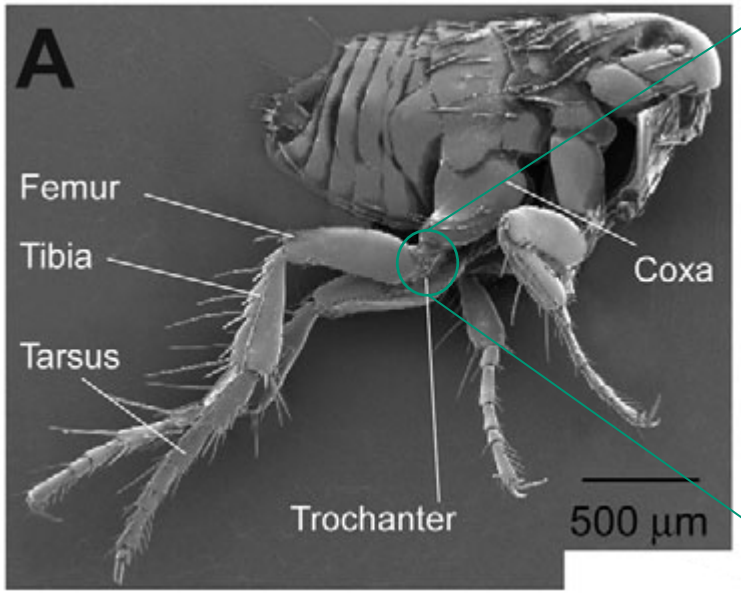


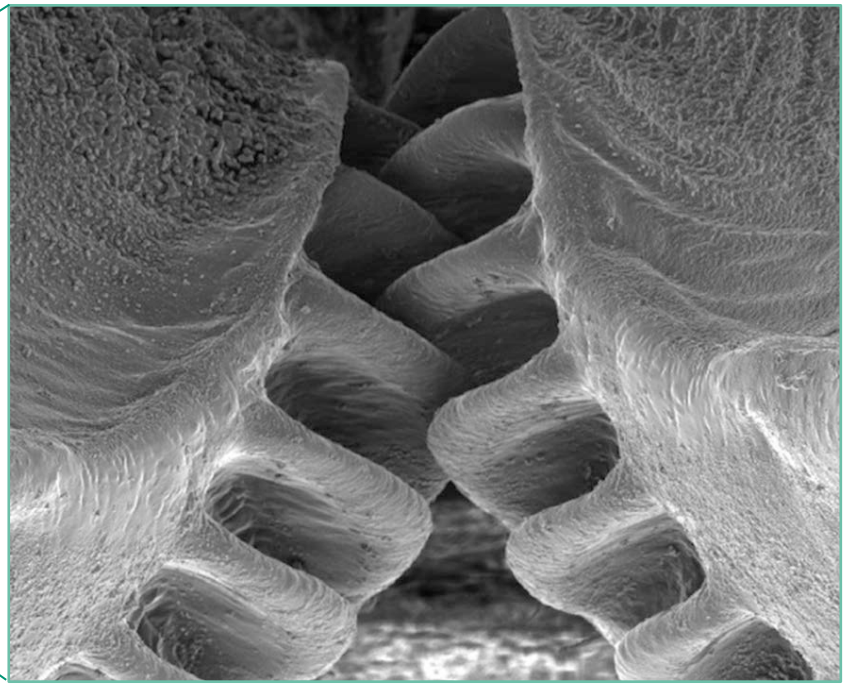
Konzeptstudie: Leichtbaugetriebestufe

© Projektgruppe RMV des Fraunhofer IWU

FALLBEISPIELE
FUNKTIONSINTEGRIERTES LEICHTBAUZAHNRAD

…warum Flöhe so hoch springen können…



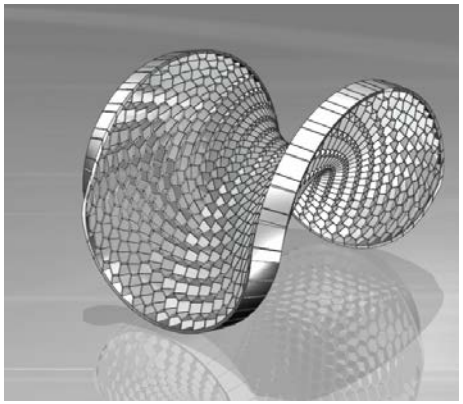


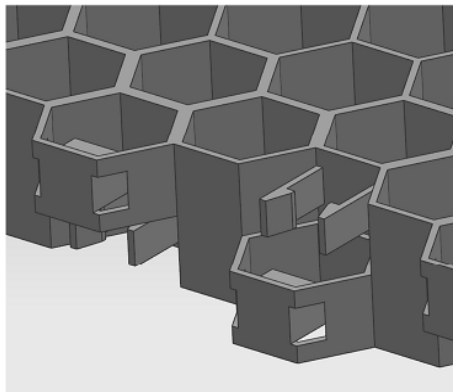
Bildquellen: www.core77.com, Martin Bäker über science blogs, inspiriert von Burrows & Sutton 2013

© Projektgruppe RMV des Fraunhofer IWU
Fraunhofer IWU

FALLBEISPIELE
WABENSTRUKTUREN

- Honigwabenkerne sind aufgrund der Struktur höher belastbar als homogene Kerne.
- Nutzung als Sandwichbauteil vorteilhaft
- Vorteile durch AM:
  - Adaption von Wabenkernen an eine beliebige Freiformfläche
  - Funktionsintegration in Sandwichbauteile (z. B. Integrierte Gewinde oder Steckverbindungen)

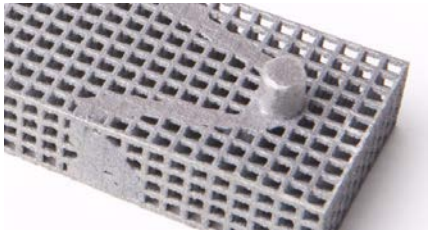




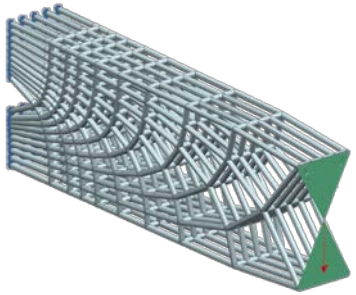
© Projektgruppe RMV des Fraunhofer IWU

FALLBEISPIELE
GITTERSTRUKTUREN

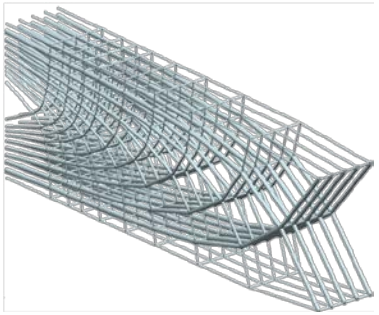
- Ersetzen von massiven Materialbereichen durch filigrane Gitterstrukturen
- Anpassung der Struktur an innere Spannungszustände durch kraftflussgerechte Strukturoptimierung
- Variation der Stabdurchmesser und zukünftig der Materialien



regelmäßige Gitterstruktur
(max. Kraft/Masse: 2.76 N/g)



kraftflussgerechtes Design
(max. Kraft/Masse: 6,18 N/g)



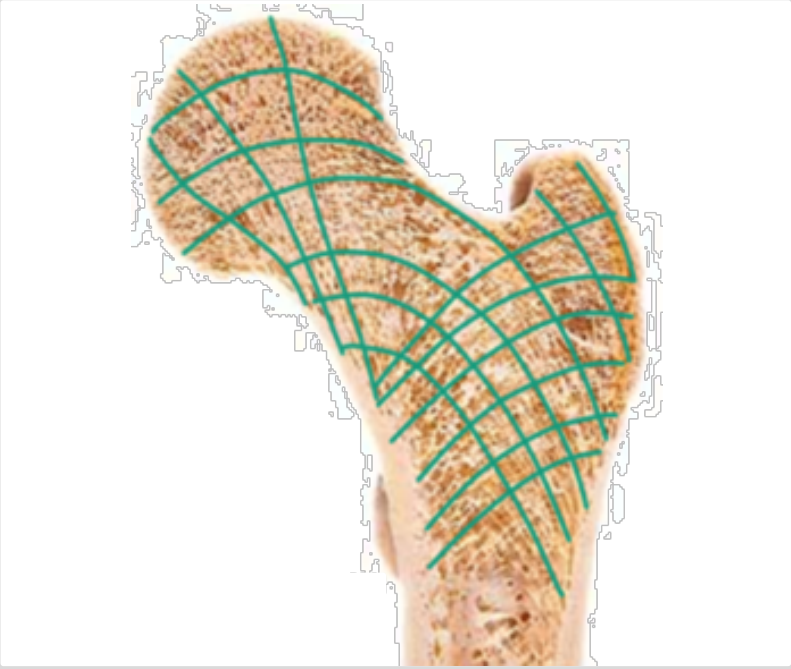
Design mit optimierten Stabdurchmessern
(max. Kraft/Masse: 8,98 N/g)

Teufelhart 2014 (SFF)

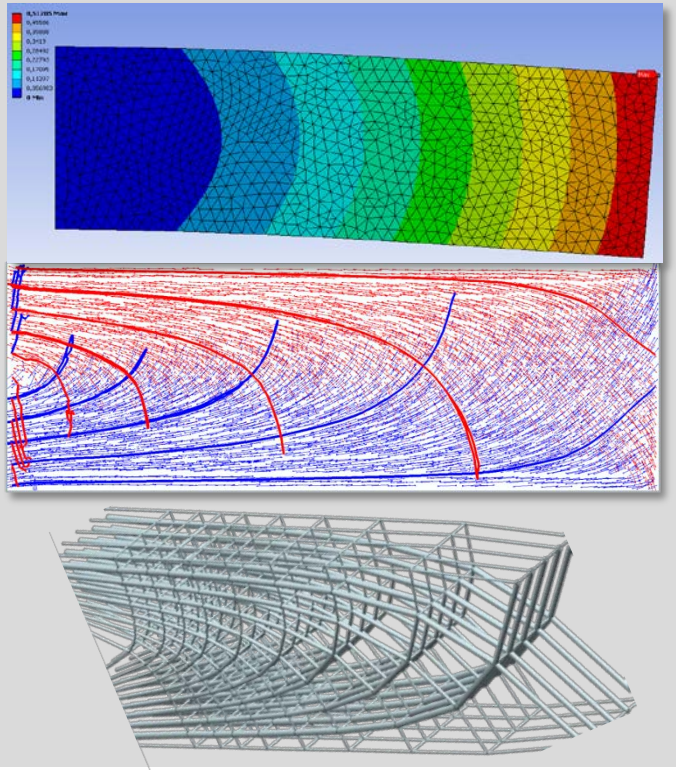
© Projektgruppe RMV des Fraunhofer IWU
Fraunhofer IWU

FALLBEISPIELE
GITTERSTRUKTUREN

Vorbild menschlicher Knochen



Umsetzungsschritte



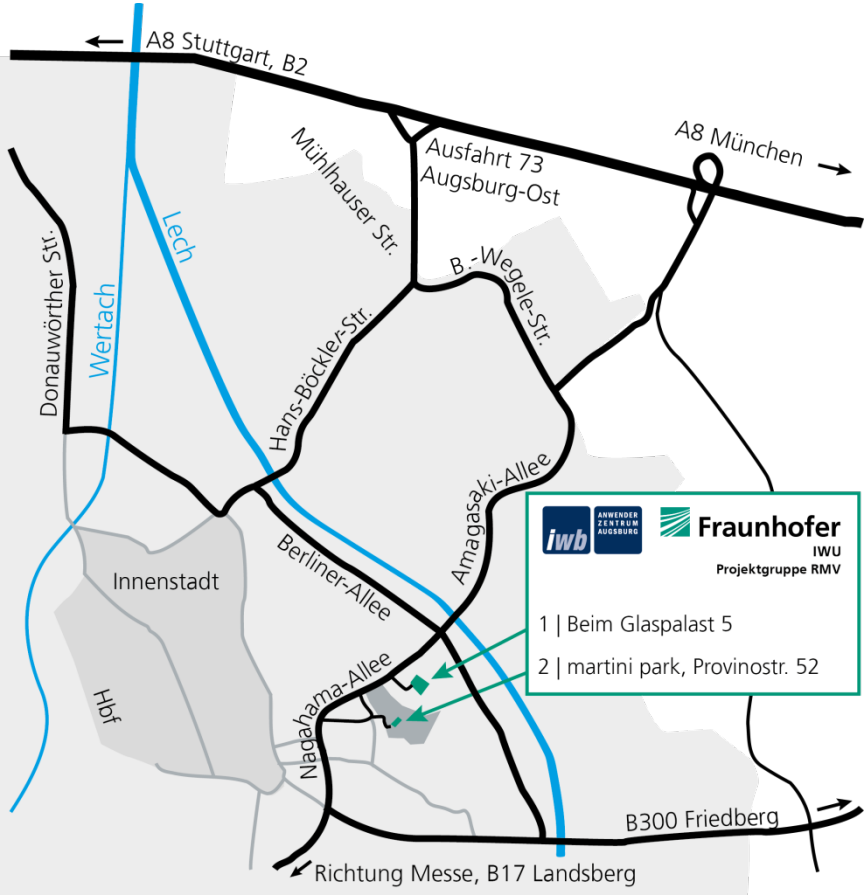
Teufelhart 2014 (SFF)

© Projektgruppe RMV des Fraunhofer IWU

Fraunhofer IWU

IHR WEG ZU UNS

BEIM GLASPALAST 5 | MARTINI PARK, PROVINOSTR. 52
86150 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