

PROJEKTGRUPPE

RESSOURCENEFFIZIENTE MECHATRONISCHE VERARBEITUNGSMASCHINEN

# **ADDITIVE FERTIGUNG – INDUSTRIERELEVANTE ANWENDUNGEN IM WERKZEUGBAU UND DER PRODUKTHERSTELLUNG**

# AGENDA

- |   |                                                   |
|---|---------------------------------------------------|
| 1 | Fraunhofer IWU                                    |
| 2 | Additivstandort Augsburg IWU PG RMV & TUM         |
| 3 | Anwendungen im Werkzeugbau                        |
| 4 | BioTRIZ – Innovationen für die Produktentwicklung |
| 5 | Zusammenfassung und Ausblick                      |



# FRAUNHOFER IWU

## IM PROFIL

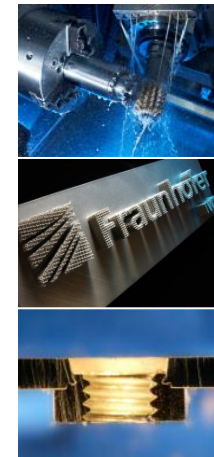
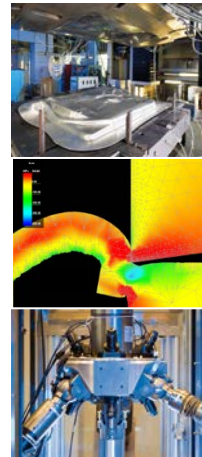
- Gegründet am 1. Juli 1991
- ca. 590 Mitarbeiter
- 37,6 Mio. Euro Jahresetat
- Standorte: **Chemnitz**, Dresden, Zittau, **Augsburg (seit 2009)**



Forschung unter dem Leitthema »Ressourceneffiziente Produktion«

### Wissenschaftsbereiche

- Mechatronik und Funktionsleichtbau
- Werkzeugmaschinen und Produktionssysteme
- Umformtechnik und Fügen
- Zerspanungstechnik



# FRAUNHOFER IWU

## FORSCHUNGSSTANDORTE



Chemnitz



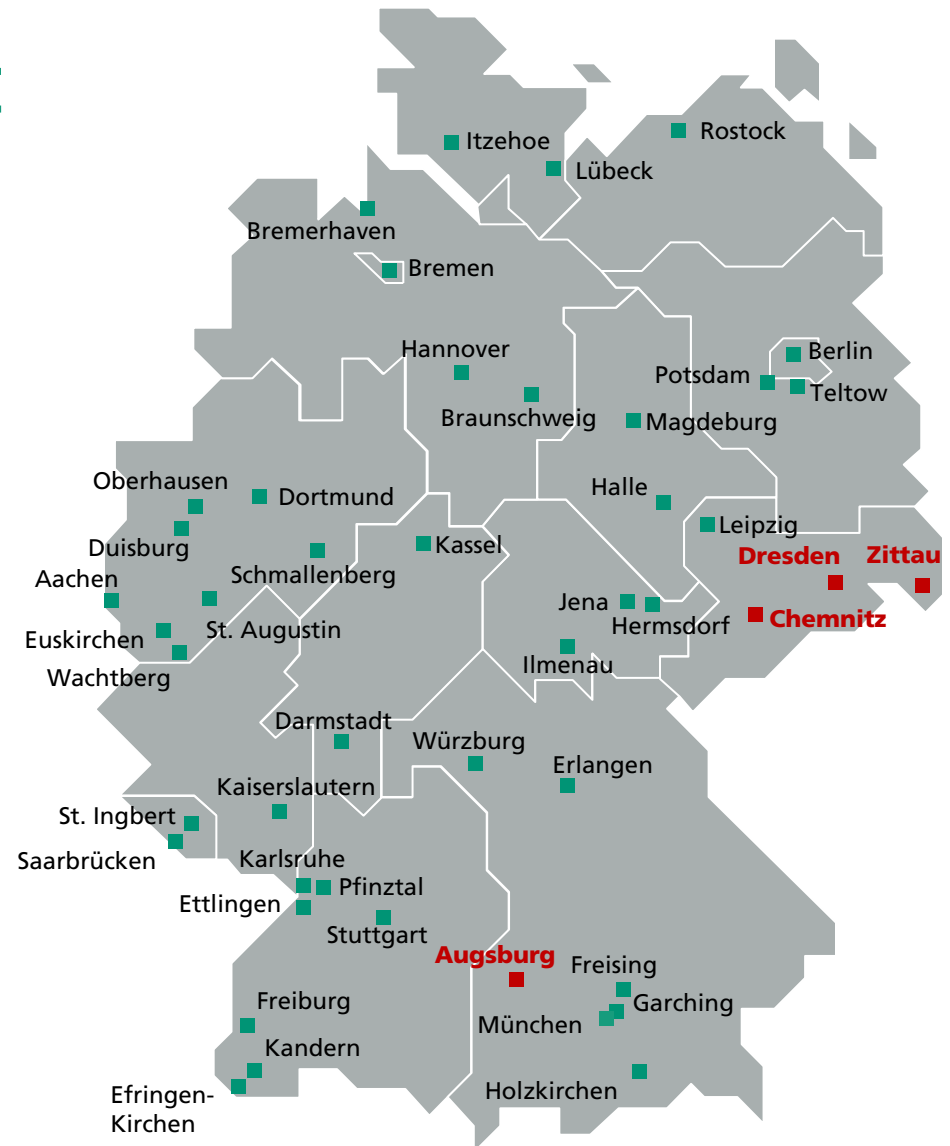
Dresden



Zittau



Augsburg



# ADDITIVE FERTIGUNG AM IWU IN DRESDEN

## ANLAGENTECHNIK

### ■ Laserstrahlschmelzanlage M2 cusing:

- Bearbeitungsbereich (x, y, z): 250 x 250 x 280 mm<sup>3</sup>,
- 400-Watt-Faserlaser, Schmelzpool-Echtzeitüberwachung, vollautomatische Siebstation



# ADDITIVE FERTIGUNG AM IWU IN DRESDEN

## ANLAGENTECHNIK

### ■ Strahlschmelzanlage SLM 100:

- 100-Watt-Faserlaser
- Bauraum ( $\varnothing D, z$ ): 125 mm x 100 mm
- Siebstation

### Peripherie / Werkstoffprüfung:

- 2 Microstrahlanlagen PEENMATIC 620 S
- Wirbelschliffvibrator P30
- Härtesystem
- GOM ATOS III Triple Scan 3D-Scanner
- phoenix v|tome|x s  $\mu$ CT-Scanner
- Werkstofflabor (REM, Dilatometer etc.)



# AGENDA

- 1 Fraunhofer IWU
- 2 Additivstandort Augsburg IWU PG RMV & TUM
- 3 Anwendungen im Werkzeugbau
- 4 BioTRIZ – Innovationen für die Produktentwicklung
- 5 Zusammenfassung und Ausblick



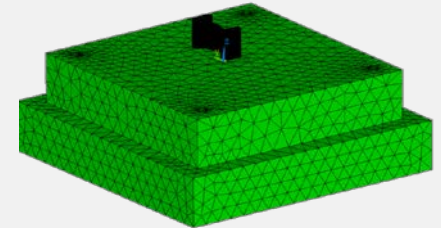
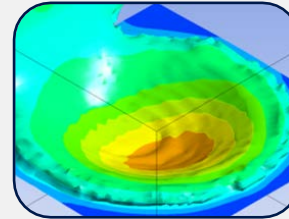
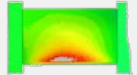
# AMLAB – GEMEINSCHAFTSLABOR DES IWB DER TU MÜNCHEN UND DER FRAUNHOFER IWU PG RMV

## FORSCHUNGSSCHWERPUNKTE

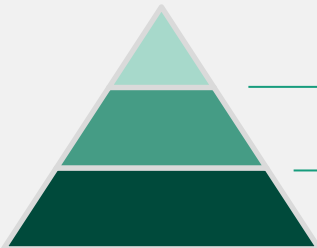
### Prozessentwicklung und -überwachung



### Simulation



### Industrieller Einsatz

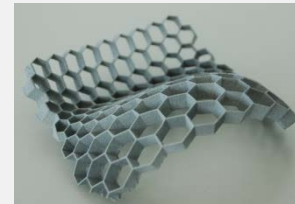


Produkt

Wertschöpfung

Organisation

### Design for additive



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

## ANLAGEN- UND PRÜFTECHNIK

Laserstrahlschmelzen

Concept Laser



Laserstrahlschmelzen Laserstrahlschmelzen

EOS



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

# ADDITIVSTANDORT AUGSBURG

## ZAHLEN UND FAKTEN

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

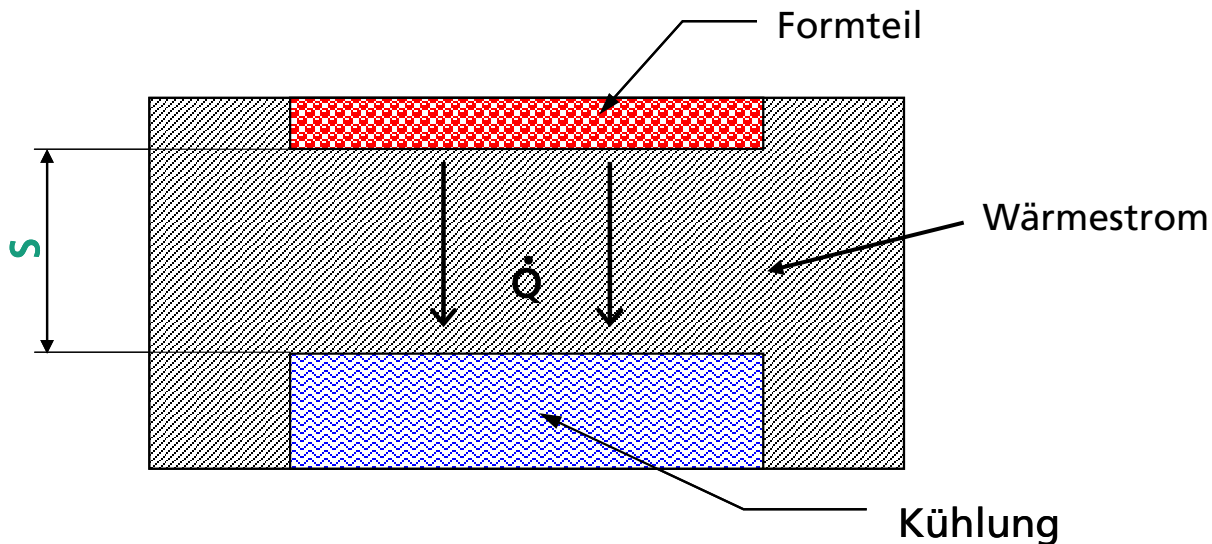
# AGENDA

- 1 Fraunhofer IWU
- 2 Additivstandort Augsburg IWU PG RMV & TUM
- 3 Anwendungen im Werkzeugbau
- 4 BioTRIZ – Innovationen für die Produktentwicklung
- 5 Zusammenfassung und Ausblick



# ANWENDUNG IM WERKZEUG- UND FORMENBAU

## GRUNDLAGEN ZU KONTURNAHEN KÜHLSYSTEMEN



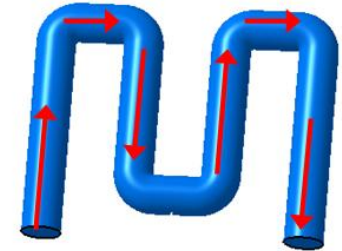
Kühlmedium

Wärmeleitfähigkeit

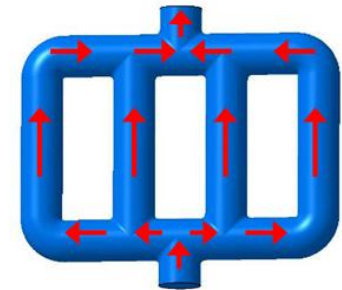
$$\dot{Q} = \frac{\Delta \text{Temp.} \cdot \lambda \cdot A}{s}$$

konturnahe Kühlung

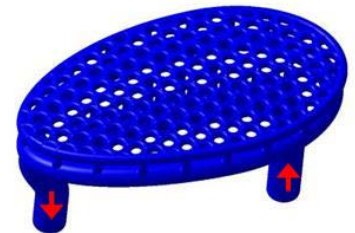
Serieller Kühlkreislauf



Paralleler Kühlkreislauf



Flächenkühlung



# ANWENDUNG IM WERKZEUG- UND FORMENBAU

## BEISPIEL 1: SPRITZGIEßEN – BESTECKKORB

### Bauteildaten:

#### ■ Abmessungen

|               |        |
|---------------|--------|
| ■ Wandstärke: | 1,1 mm |
| ■ Länge:      | 188 mm |
| ■ Breite:     | 116 mm |
| ■ Höhe:       | 143 mm |

#### ■ Werkstoff

|             |                           |
|-------------|---------------------------|
| ■ Bauteil:  | Polypropylen              |
| ■ Werkzeug: | Werkzeugstahl<br>(1.2343) |

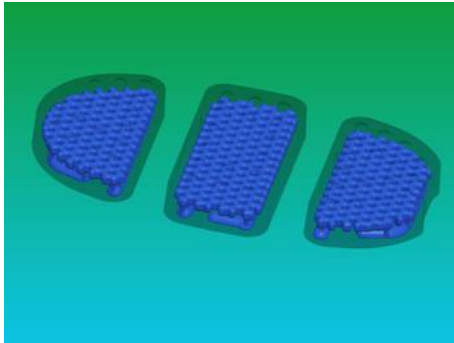


| Auswahlkriterium       | Bauteil-Einstufung |        |      |
|------------------------|--------------------|--------|------|
| Komplexität            | niedrig            | mittel | hoch |
| Platz für Kühlung      | groß               | mittel | eng  |
| Qualitätsanforderungen | niedrig            | mittel | hoch |
| Stückzahlen            | niedrig            | mittel | hoch |
| Produkt-Lebenszyklus   | kurz               | mittel | lang |

(Mit freundlicher Genehmigung vom Institute for Advanced Tooling IAT der Stellenbosch University, Südafrika)

# ANWENDUNG IM WERKZEUG- UND FORMENBAU

## BEISPIEL 1: SPRITZGIEßEN – BESTECKKORB

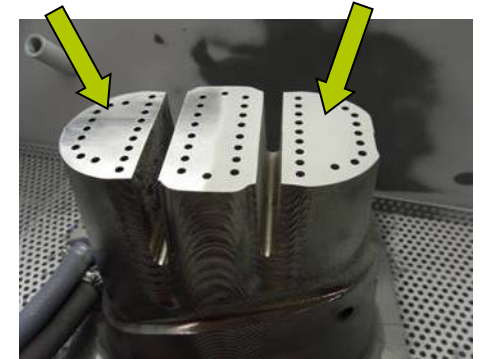


CAD-Modell der  
Flächenkühlung

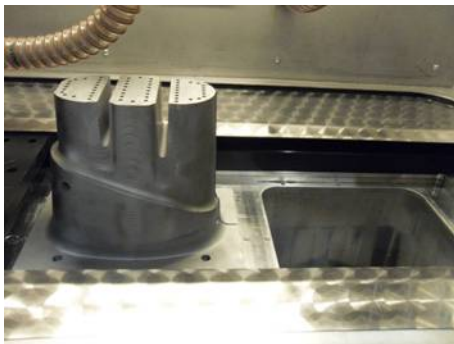


gefräster Grundkörper mit  
Kühlbohrungen (vorgeschruppt)

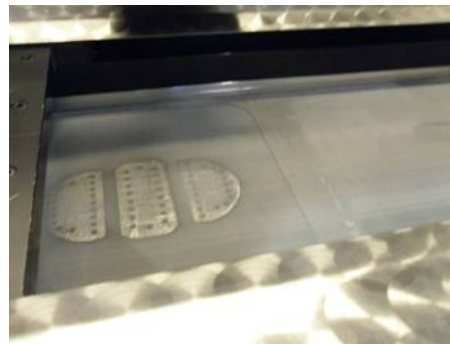
1. geschliffen    2. gestrahlt



Vorbereitung der  
Verbindungsfläche



Ausrichten und Fixieren in der  
Strahlschmelzanlage



Strahlschmelzanlage vorbereitet  
→ fertig für Bauprozess



Werkzeugeinsatz mit Flächen-  
kühlung → fertig für die  
Schlichtbearbeitung

(Mit freundlicher Genehmigung vom Institute for Advanced Tooling IAT der Stellenbosch University, Südafrika)

# ANWENDUNG IM WERKZEUG- UND FORMENBAU

## BEISPIEL 1: SPRITZGIEßEN – BESTECKKORB

### Zykluszeitenvergleich:

#### ■ mit herkömmlichen Kühleinsatz **26 s**

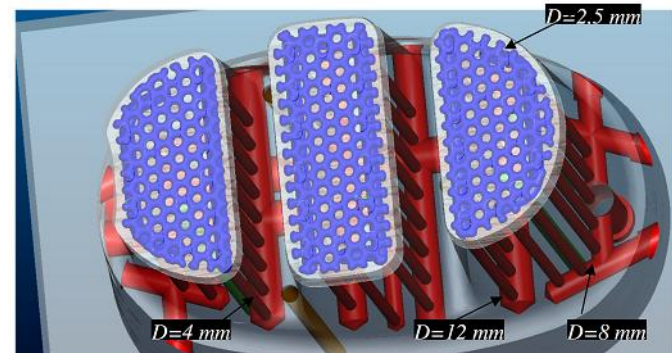
|                        |        |
|------------------------|--------|
| ■ Öffnen und Schließen | 6,0 s  |
| ■ Kühlzeit             | 12,0 s |
| ■ Formfüllung          | 3,0 s  |
| ■ Nachdrücken          | 3,5 s  |
| ■ Auswerfen            | 1,5 s  |

#### ■ mit innovativer Flächenkühlung **18 s**

|                        |       |
|------------------------|-------|
| ■ Öffnen und Schließen | 6,0 s |
| ■ Kühlzeit             | 6,0 s |
| ■ Formfüllung          | 2,0 s |
| ■ Nachdrücken          | 2,5 s |
| ■ Auswerfen            | 1,5 s |

#### ■ Reduzierung der Zykluszeit um **30,8 %**

(Mit freundlicher Genehmigung vom Institute for Advanced Tooling IAT der Stellenbosch University, Südafrika)



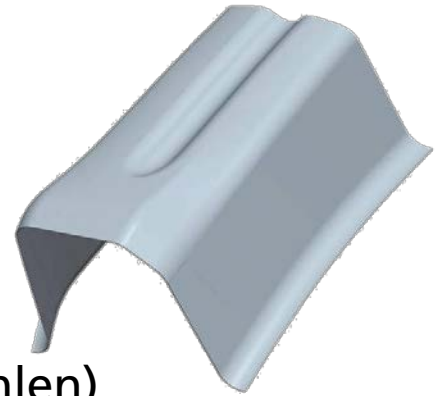
rot: konventionelle Kühlung,  
blau: Flächenkühlung

# ANWENDUNG IM WERKZEUG- UND FORMENBAU

## BEISPIEL 2: BLECHWARMUMFORMEN

### Ausgangssituation:

- steigender Bedarf an pressgehärteten Bauteilen in der Karosseriefertigung (im Golf VII 80 % der 245 kg wiegenden Rohkarosse aus hoch- und höchstfesten Stählen)  
→ höhere Festigkeit bei geringerem Gewicht
- gezielte Temperierung bestimmter Bereiche konform zur Werkzeugkontur nur sehr aufwändig und mit Einschränkungen realisierbar



### Zielstellung:

- optimale Werkzeugtemperatursteuerung
- Reduktion der Zykluszeiten (maßgeblich durch die Haltezeit bestimmt)

# ANWENDUNG IM WERKZEUG- UND FORMENBAU

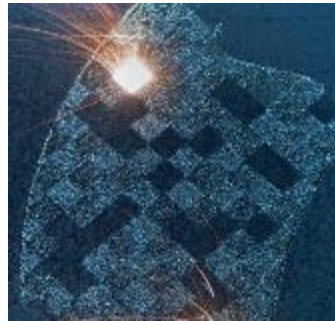
## BEISPIEL 2: BLECHWARMUMFORMEN

### Lösungsweg:

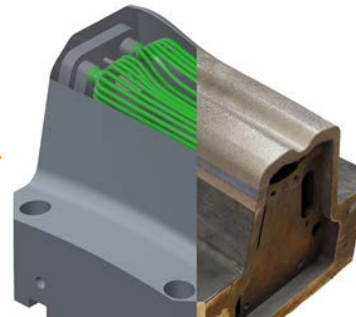
- Generative Fertigung der Werkzeugeinsätze in Hybridbauweise mit konturnaher Flächenkühlung



Werkzeuggrundkörper  
(Stempel) in  
Laserstrahlschmelzanlage



Laserstrahlschmelzprozess



Laserstrahlgeschmolzener  
Werkzeugeinsatz  
(links: CAD,  
rechts: nach Bauprozess)



fertiger Werkzeugeinsatz  
(Stempel) nach  
Schichtbearbeitung im  
Gesamtwerkzeug

# ANWENDUNG IM WERKZEUG- UND FORMENBAU

## ZUSAMMENFASSUNG

- Verbesserung bestehender und Integration neuartiger Funktionen in Werkzeugen und Formen durch Laserstrahlschmelzen
  - konturnahe Temperierung
  - Entlüftungsstrukturen in Integralbauweise
  - Verbesserung tribologischer und thermischer Eigenschaften durch poröse / zellulare Strukturen
  - Integration von Sensorik und Aktorik
- Wirtschaftlichkeit durch Zykluszeiteinsparung und verbesserte Bauteilqualität
- komplexere Bauteile mit konturnaher Temperierung herstellbar
- gezielte Einstellung von Bauteileigenschaften durch Temperierung (Blechwarmumformung)

# AGENDA

- 1 Fraunhofer IWU
- 2 Additivstandort Augsburg PG RMV & TUM
- 3 Anwendungen im Werkzeugbau
- 4 BioTRIZ – Innovationen für die Produktentwicklung
- 5 Zusammenfassung und Ausblick



# EXKURS IN DIE BIONIK

## LERNEN VON DER NATUR

Biologie →  
Technik →

Bionik<sup>1</sup>: *Wissenschaftliche Disziplin, die sich mit der technischen Umsetzung und Anwendung von Konstruktions-, Verfahrens- und Entwicklungsprinzipien biologischer Systeme befasst*

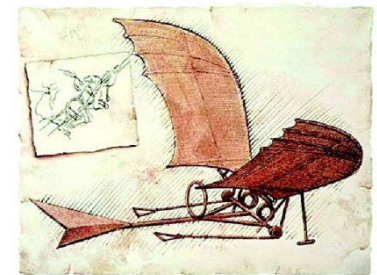
- Anfänge der Bionik: Erfindungen von Leonardo Da Vinci (1452-1519)



Natur als Vorbild



Abstraktion



Technische Anwendung

1: VDI, Bildquellen: [www.stuttgarter-zeitung.de](http://www.stuttgarter-zeitung.de); [kw-siebler.de](http://kw-siebler.de); [www.buckelwalflosse.de](http://www.buckelwalflosse.de)

# MOTIVATION AND RESEARCH FOCUS

## HOW TO OPTIMIZE THE DESIGN PROCESS SPECIFICALLY FOR LASER ADDITIVE MANUFACTURING?

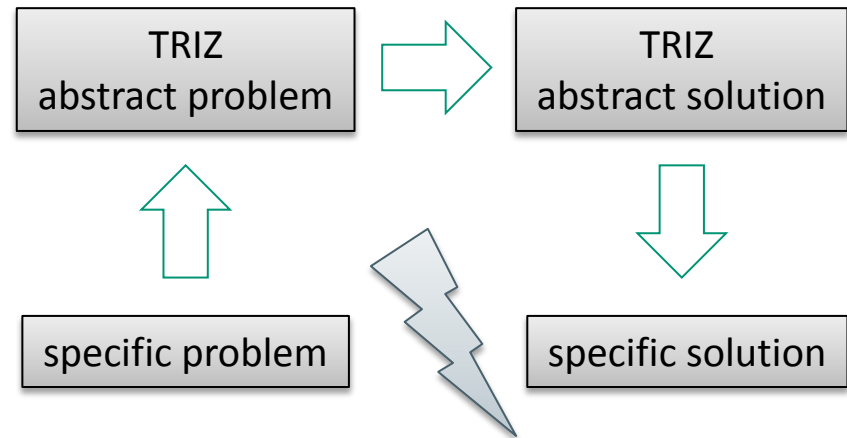
### DESIGN FOR AM

**VDI 3405:** part orientation, application of support structures, material properties, post-processing etc.

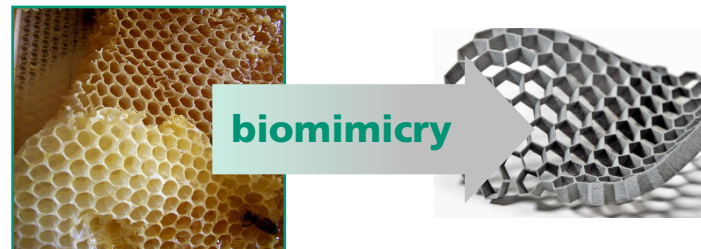
“designer’s mind-sets have to adapt to a different way of production and design”

**VDI status report of 2014**

**application-oriented methodology**



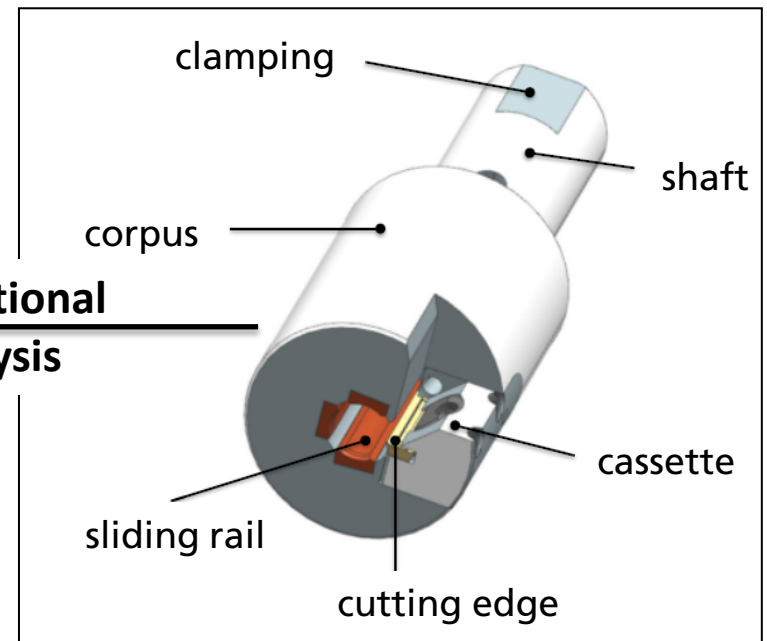
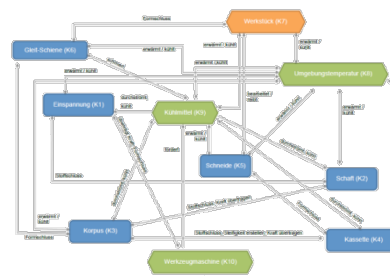
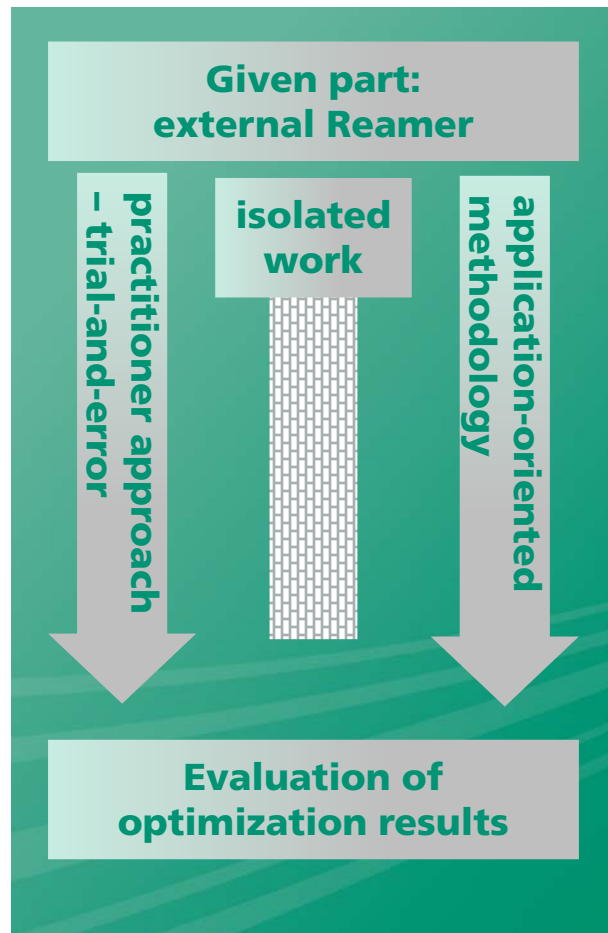
„theory of inventive problem solving”  
LINDEMANN 2009, 2014; SCHAAL 2011



„learning from nature”  
NACHTIGALL 2002

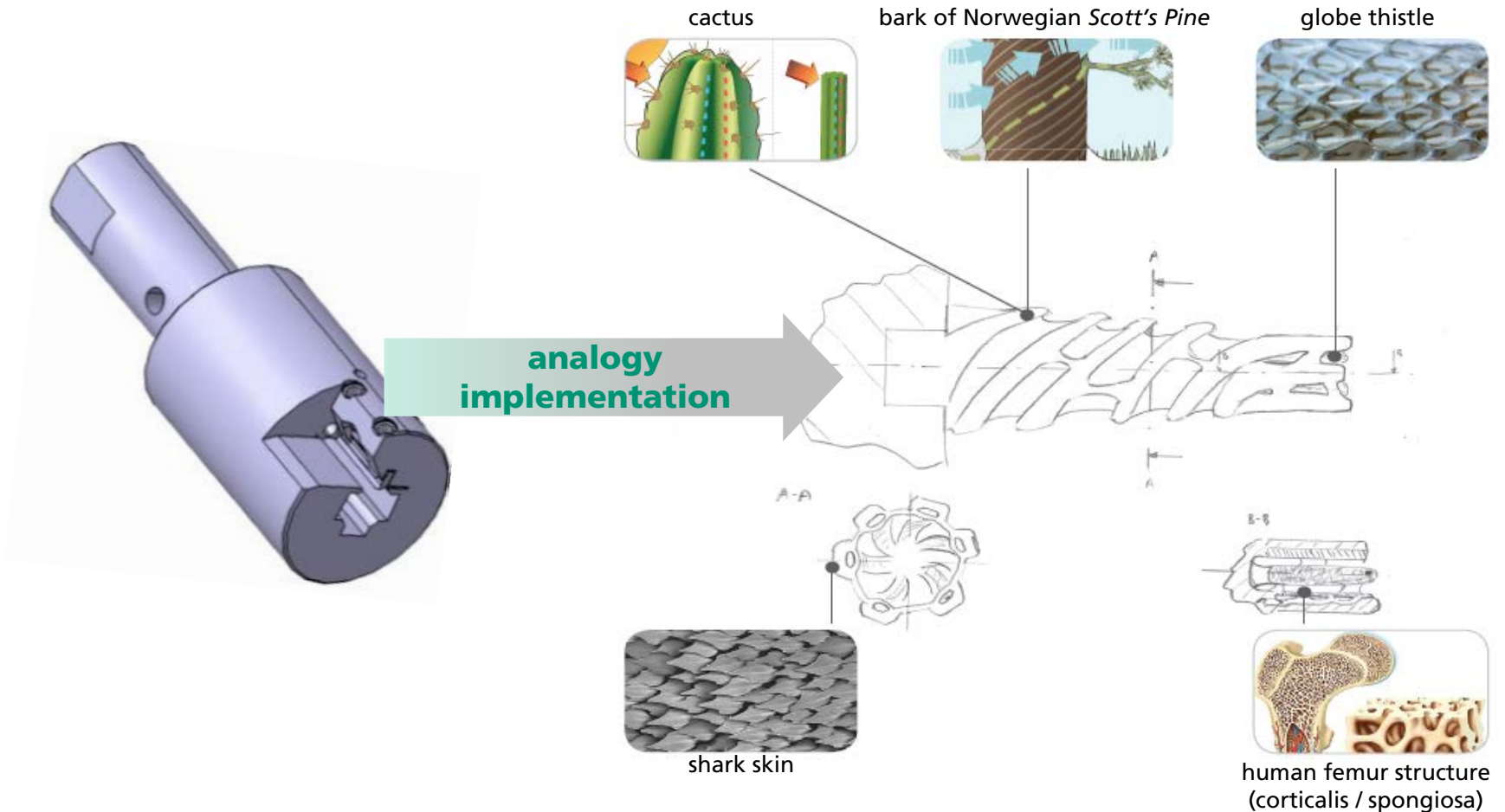
# CASE STUDY

## EXTERNAL REAMER PROVIDED BY MAPAL DR. KRESS KG - METHODOLOGY



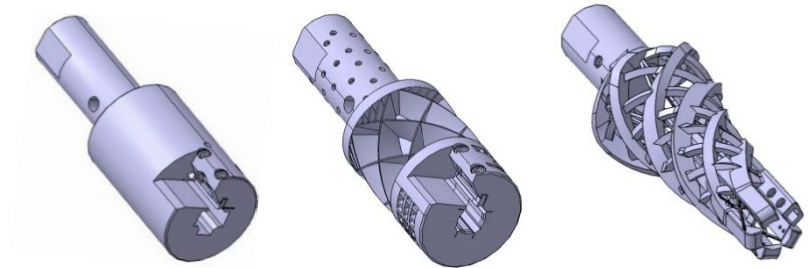
# CASE STUDY

## EXTERNAL REAMER PROVIDED BY MAPAL DR. KRESS KG – ANALOGY SEARCH



# CASE STUDY

## EXTERNAL REAMER PROVIDED BY MAPAL DR. KRESS KG – RESULTS AND EVALUATION



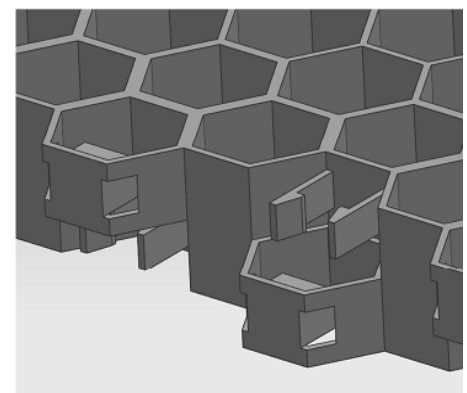
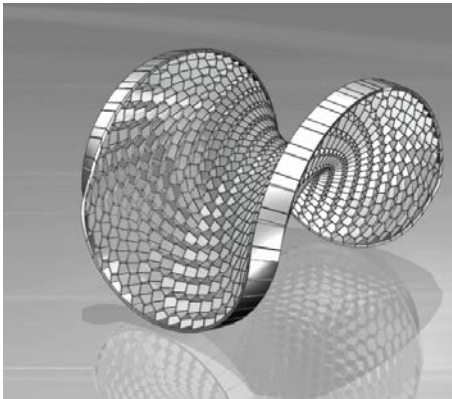
|                                    |                                    | Reamer<br>conventional | Reamer<br>LAM-non-TRIZ-<br>optimized | Reamer TRIZ-<br>optimized |
|------------------------------------|------------------------------------|------------------------|--------------------------------------|---------------------------|
| <b>PART-DATA</b>                   |                                    |                        |                                      |                           |
| mass (TiAl6V4)                     | m [g]                              | 232                    | 107                                  | 86                        |
| volume                             | $V_{BT} V_{BT}$ [mm <sup>3</sup> ] | 52080                  | 23980                                | 19280                     |
| surface                            | $O_{BT} O_{BT}$ [mm <sup>2</sup> ] | 15000                  | 33000                                | 36000                     |
| <b>PROCESS-PERFORMANCE</b>         |                                    |                        |                                      |                           |
| complexity-index                   | KI                                 | 3,28                   | 6,30                                 | 7,11                      |
| massivity-index                    | MI                                 | 0,82                   | 0,66                                 | 0,56                      |
| orientation-index                  | OI                                 | 0,63                   | 0,83                                 | 1,25                      |
| <b>PART-PERFORMANCE</b>            |                                    |                        |                                      |                           |
| lightweight construction indicator | LCI (normalized)                   | 0,03                   | 0,09                                 | 0,49                      |
| mass ratio                         | MA [%]                             | 100                    | 46                                   | 37                        |
| safety-index                       | SI                                 | 159                    | 131                                  | 29                        |

the systematic approach offers better design results  
regarding process and part performance

# FALLBEISPIELE

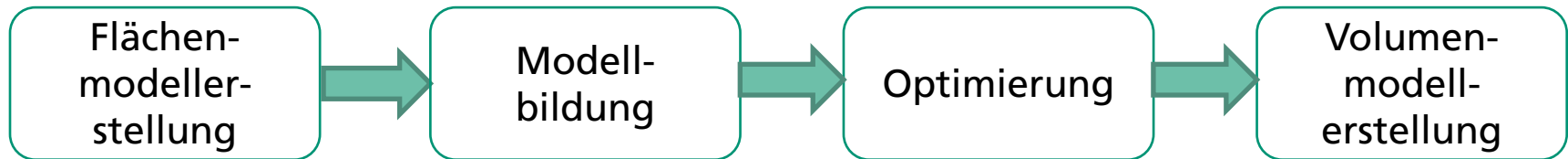
## MESOSKOPISCHER LEICHTBAU DURCH SECHSECKWABE

- 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)



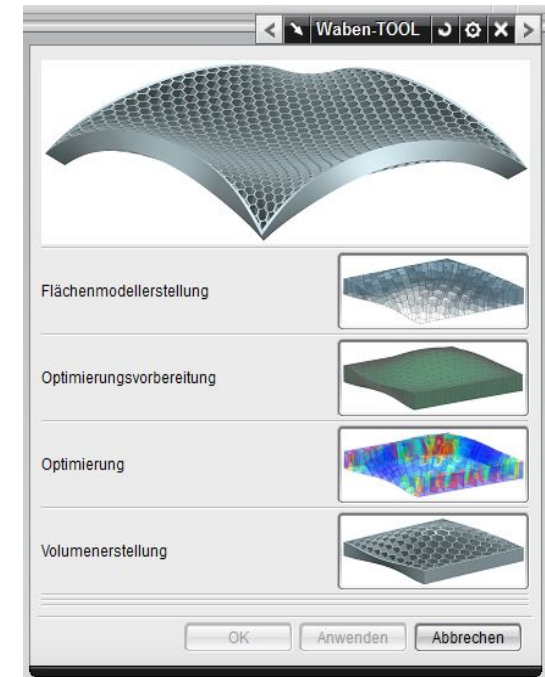
# FALLBEISPIELE

## MESOSKOPISCHER LEICHTBAU DURCH SECHSECKWABEN



Softwaretool des Fraunhofer IWU Augsburg:

- Add-on für Siemens NX
- Verwendung von Part-Dateien
- Grafische Oberfläche
- Umsetzung in C#

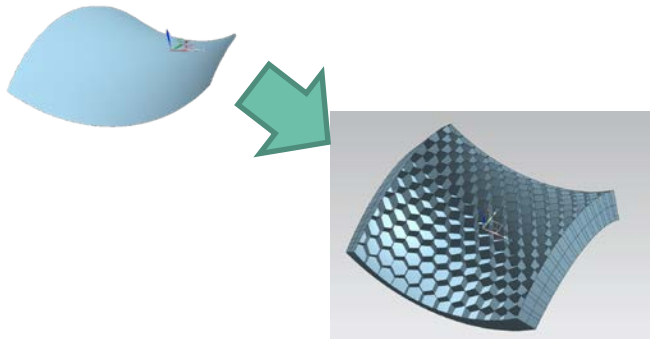


# FALLBEISPIELE

## MESOSKOPISCHER LEICHTBAU DURCH SECHSECKWABEN

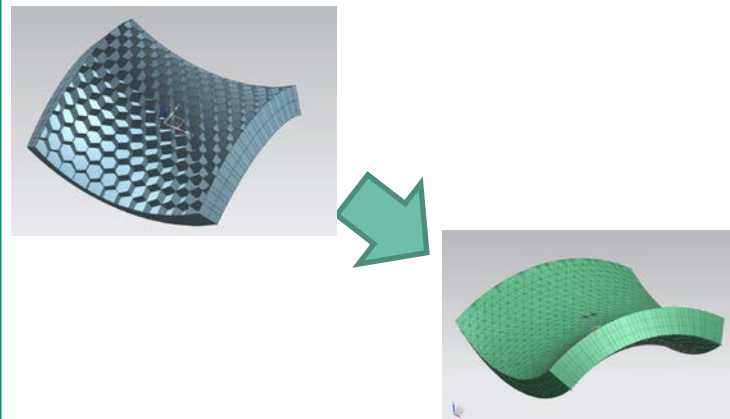
### Flächenmodellerstellung

- Erstellung einer Entwurfsfläche
- Eingabe der Parameter
- Generierung der Flächenmodelle entlang des lokalen Normalenvektors



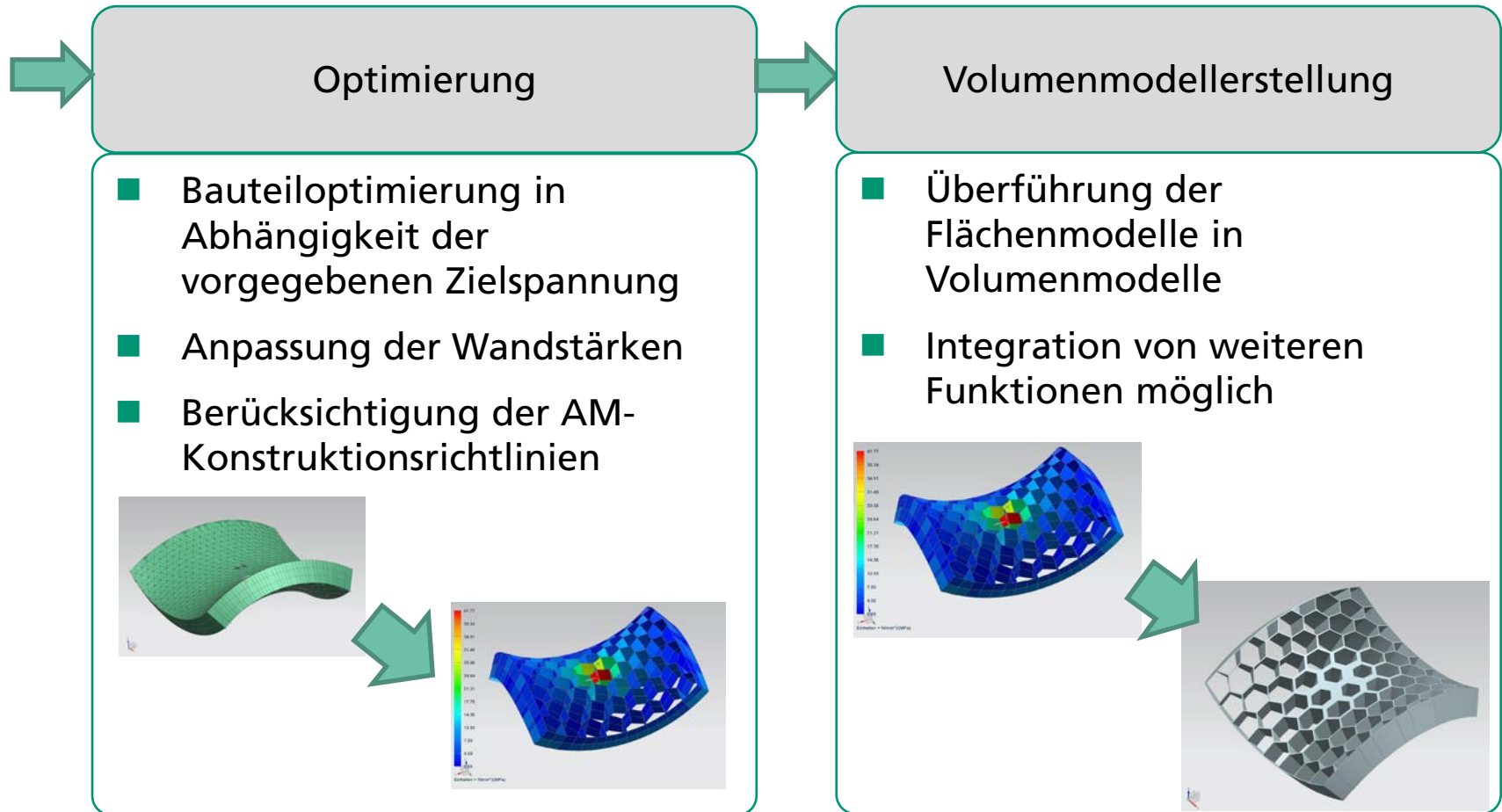
### Modellbildung

- Vernetzung des Bauteils
- Aufbringen der Decksicht
- Definition der Lasten und Lagerungen



# FALLBEISPIELE

## MESOSKOPISCHER LEICHTBAU DURCH SECHSECKWABEN



# AGENDA

- 1 Fraunhofer IWU
- 2 Additivstandort Augsburg PG RMV & TUM
- 3 Anwendungen im Werkzeugbau
- 4 BioTRIZ – Innovationen für die Produktentwicklung
- 5 Zusammenfassung und Ausblick



# ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

## ADDITIVE FERTIGUNG ALS KERNKOMPETENZ DES IWU

### Werkzeugbau @ IWU Dresden

- Innovative Lösungen für den Einsatz der additiven Fertigung im Werkzeugbau
- Verbesserung bestehender und Integration neuartiger Funktionen in Werkzeug und Formen durch Laserstrahlschmelzen
- gezielte Einstellung von Bauteileigenschaften

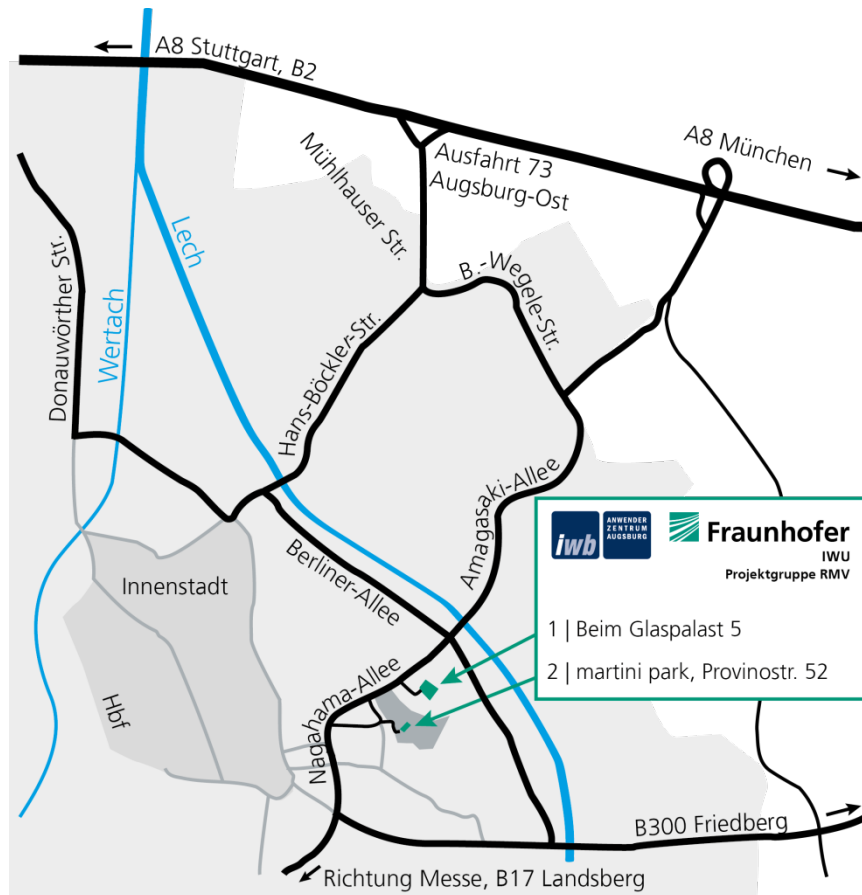
### BioTRIZ @ IWU Augsburg (AMLab)

- Methodengestützte Bauteiloptimierung hinsichtlich Leichtbau und Funktionsintegration (Topologie, Multimaterialverarbeitung)
- Spezifische Software-Lösungen für das „Design for additive“
- Schulungen und ganzheitliche Implementierungskonzepte

“Design for additive” – Denken in Funktionen – ist DIE Grundvoraussetzung für den wirtschaftlichen Serieneinsatz von AM!

# VIELEN DANK FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT!

## IHR WEG ZU UNS



Dipl.-Ing. Christian Seidel  
Abteilungsleiter Komponenten und Prozesse

Projektgruppe  
Ressourceneffiziente mechatronische Verarbeitungsmaschinen

Beim Glaspalast 5 | 86153 Augsburg  
Telefon +49 821 56883-44 | Fax -50  
[christian.seidel@iwu.fraunhofer.de](mailto:christian.seidel@iwu.fraunhofer.de)  
[www.iwu.fraunhofer.de/rmv](http://www.iwu.fraunhofer.de/rmv)