

PROJEKTGRUPPE

RESSOURCENEFFIZIENTE MECHATRONISCHE VERARBEITUNGSMASCHINEN

BIONISCHE LEICHTBAUANSÄTZE – NEUE POTENZIALE DURCH DIE ADDITIVE FERTIGUNG

AGENDA

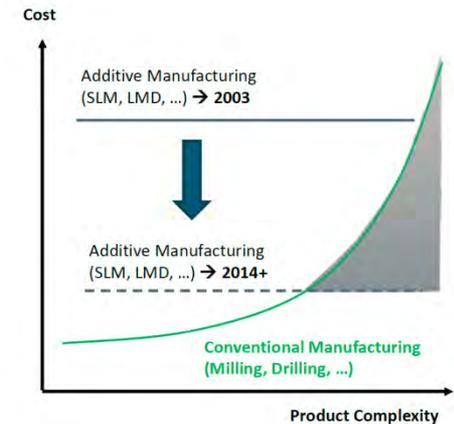
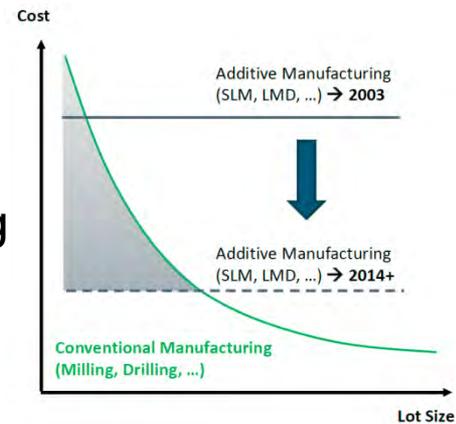
- Motivation
- Grundlagen Bionik und Leichtbau
- Formleichtbau
- Fertigungsleichtbau
- Stoffleichtbau
- Zusammenfassung

AGENDA

- **Motivation**
- Grundlagen Bionik und Leichtbau
- Formleichtbau
- Fertigungsleichtbau
- Stoffleichtbau
- Zusammenfassung

MOTIVATION

- Einsparen von Masse
 - Verringerung der Beschleunigungsenergie
 - Erhöhung der Nutzlast
- Ressourceneffiziente Verarbeitung von Werkstoffen
- Schonung knapper Ressourcen
- monetäre Einsparung



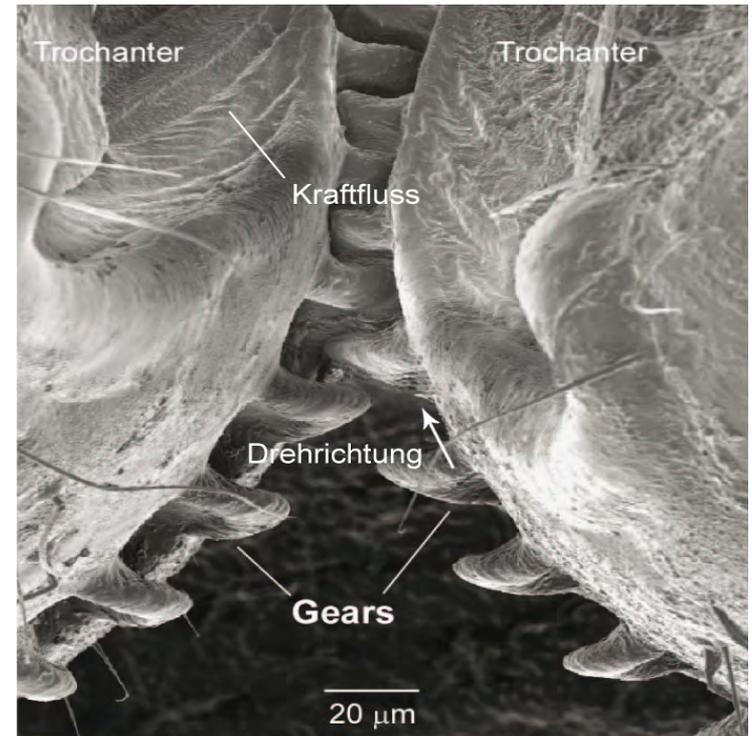
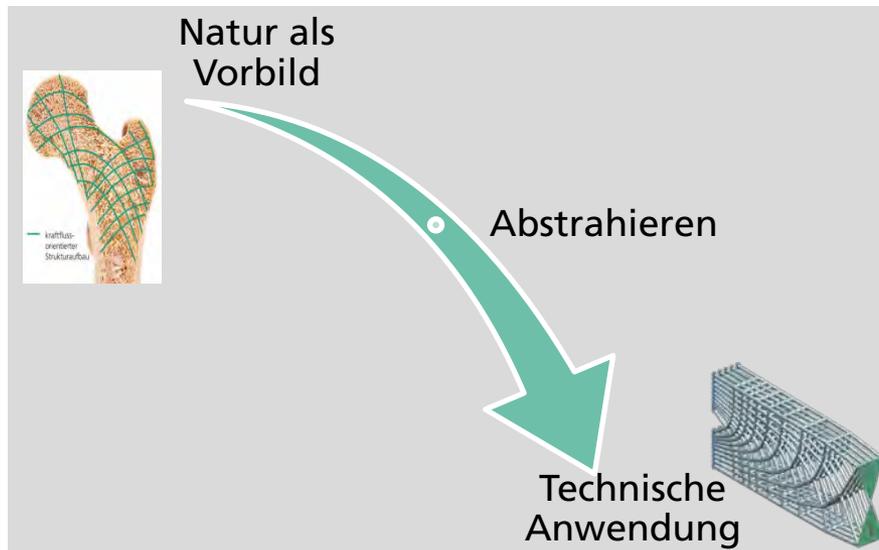
Quelle: Beyer (Airbus Defence and Space) 2014

AGENDA

- Motivation
- **Grundlagen Bionik und Leichtbau**
- Formleichtbau
- Fertigungsleichtbau
- Stoffleichtbau
- Zusammenfassung

BIONIK

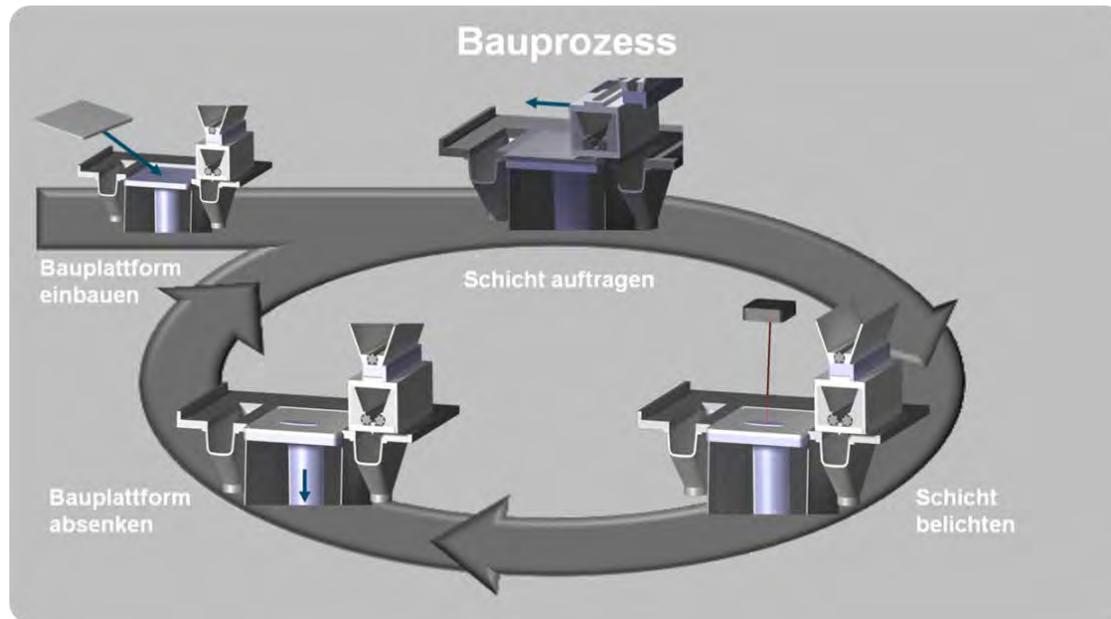
- „ Von der Natur lernen“
- Analyse und Ableitung von Bauweisen der Natur (Baumstrukturen, Insekten etc.)
- Übertragung auf technische Systeme



Quellen: Burrows & Sutton 2013

ADDITIVE FERTIGUNG

- Schichtweiser Pulverauftrag
 - ➔ Kaum Restriktionen bzgl. der Geometrie
 - ➔ Ermöglicht komplexe Bauteilstrukturen

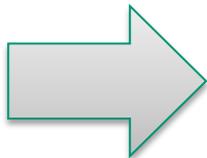


PRINZIPIEN DES LEICHTBAUS

Leichtbau kann per Definition nach Klein (2009) in folgende Kategorien gegliedert werden:

- Formleichtbau (z. B. Topologieoptimierung)
- Fertigungsleichtbau (z. B. Funktionsintegration)
- Stoffleichtbau (z. B. Leichtmetalllegierungen)

→ Vollständige Ausschöpfung des Leichtbaupotenzials nur unter Berücksichtigung von Ansätzen aus allen Kategorien möglich!



Bestmögliche Umsetzung durch Verwendung der additiven Fertigungsverfahren realisierbar

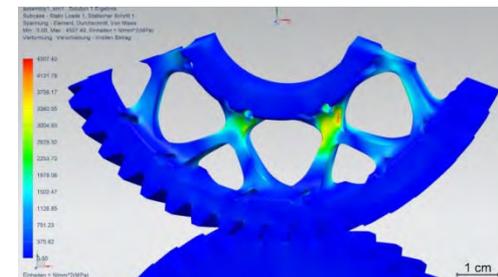
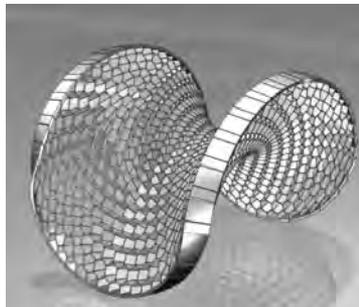
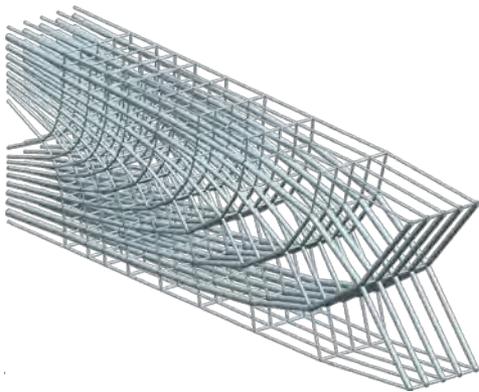
- Bauteil wird an Funktionsweise angepasst
- funktionsgerechte Konstruktionsweise

AGENDA

- Motivation
- Grundlagen Bionik und Leichtbau
- **Formleichtbau**
- Fertigungsleichtbau
- Stoffleichtbau
- Zusammenfassung

FORMLEICHTBAU

- Massereduktion durch kraftflussangepasste Bauteildesign
- Abhängig von Belastungsfall und Designraumvorgaben
 - Sandwichstrukturen mit Wabenkern
 - Gitterstrukturen
 - Baumstrukturen



FORMLEICHTBAU

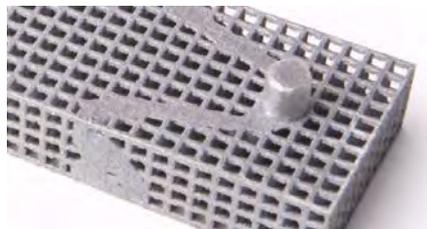
Kraftflussgerechte Strukturoptimierung

Potenzial zur Massenreduktion durch

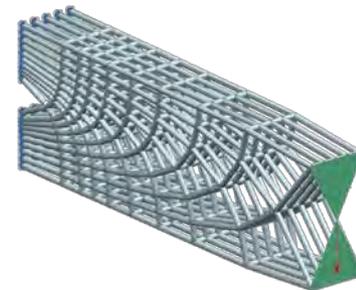
- kraftflussgerechte Anpassung
- variable Stabdurchmesser

Beispiel Biegebalken:

Massenreduktion von über 50 % im Vergleich zu regelmäßigen Gitterstrukturen realisiert

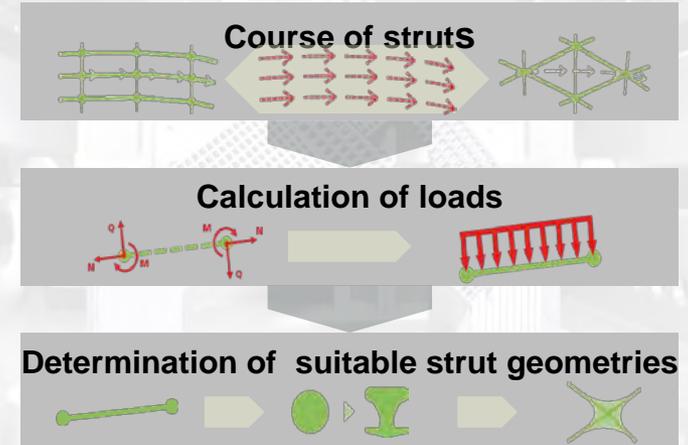


regelmäßige Gitterstruktur



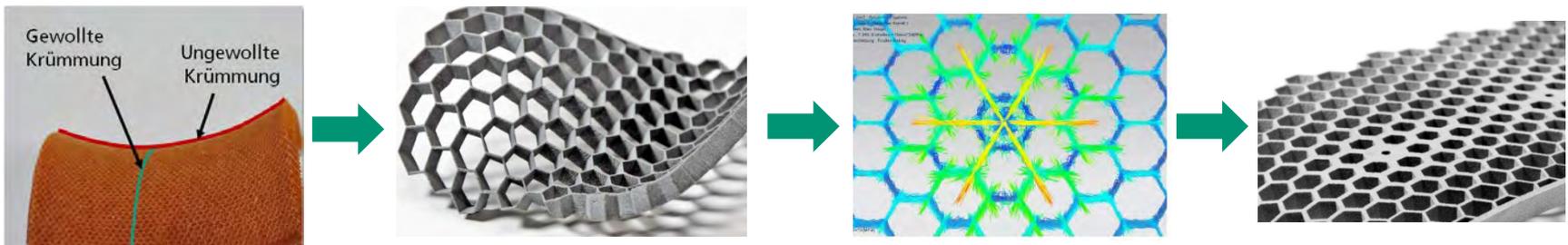
kraftflussgerechtes Design

Process-specific constraints



Strukturoptimierung Wabenstrukturen

- Anpassung der Bauteilkontur an die Belastung
- Uniformer Verlauf der Wabenstruktur
 - ➔ Senkrechte Krafteinleitung in die Struktur
 - ➔ Vermeiden von unerwünschten Kurvenverläufen
- Optimierung der Wabendicke an die Belastung
 - ➔ Optimiertes Masse-Spannungsverhältnis im Bauteil



FORMLEICHTBAU

→ Reduktion von Material in wenig belasteten Bereichen

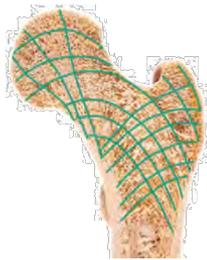
Strukturoptimierung Baumstrukturen

■ Problem

- Energieverluste durch Beschleunigung nicht benötigter Massen
- Große Massen können Unwuchten erzeugen

■ Lösung

- Massenreduktion durch bionischen Leichtbau
- Kraftflussgerechte Auslegung der Strukturen



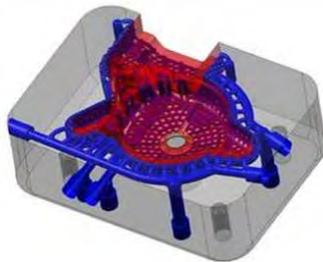
AGENDA

- Motivation
- Grundlagen Bionik und Leichtbau
- Formleichtbau
- **Fertigungsleichtbau**
- Stoffleichtbau
- Zusammenfassung

Konturnahe Kühlkanäle

Funktionsoptimierte Anordnung der Kühlkanäle möglich

- Senkung der Zykluszeit
- Erhöhung der Standzeit
- Erhöhung der Produktivität und Rentabilität



Konturnahe Kühlung von Spritzgusswerkzeugen

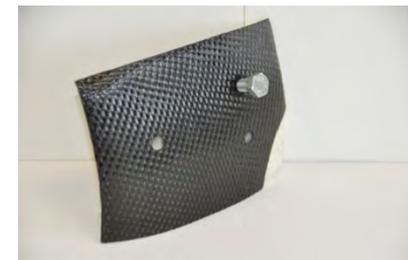
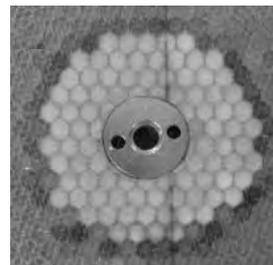
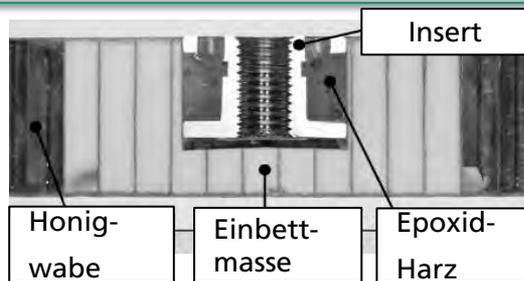


Konturnahe Kühlung von Zahnrädern

Quellen: Hofmann Innovation Group GmbH

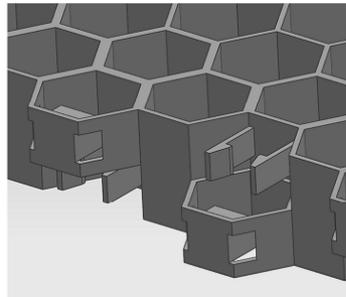
Integration von Funktionselementen

- Funktionselemente (z. B. Gewinde) können direkt integriert werden
 - ➔ Kein zusätzliches Einkleben von Inserts
 - ➔ Gewinde kann bereits mit gefertigt werden
 - ➔ Reduzierung von Montageschritten
- Kraftflussgerechte Implementierung
 - ➔ Keine Materialanhäufung am Funktionselement
- Funktionsflächen (z. B. Lagersitze) müssen nachbearbeitet werden



Verbindungselemente

- Steckverbindungen zum direkten Fügen
 - Größere additiv gefertigter Bauteile durch Anlagengröße beschränkt
 - ➔ Steckverbindungen bieten die Möglichkeit zum Einsatz beliebig großer Bauteile



AGENDA

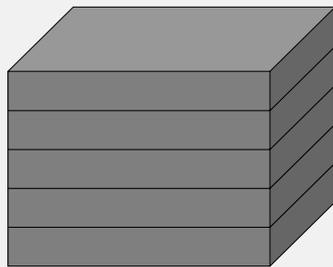
- Motivation
- Grundlagen Bionik und Leichtbau
- Formleichtbau
- Fertigungsleichtbau
- **Stoffleichtbau**
- Zusammenfassung

STOFFLEICHTBAU

Multimaterial

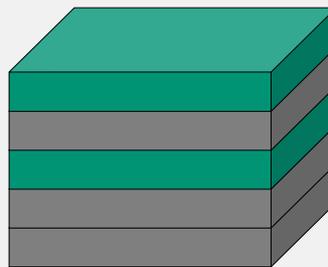
- Flexibilisierung der additiven Fertigung
- Multimaterialverarbeitung durch Parameteranpassung
- Beliebige Multimaterialkombinationen im Bauteil
- Einsatz ausgewählter Werkstoffe

1D (Monomaterialbauteil)



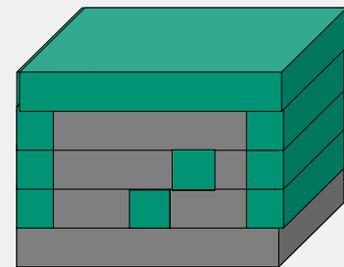
Kein Materialwechsel

2D (Hybridbauteil)



Ein Material je Schicht

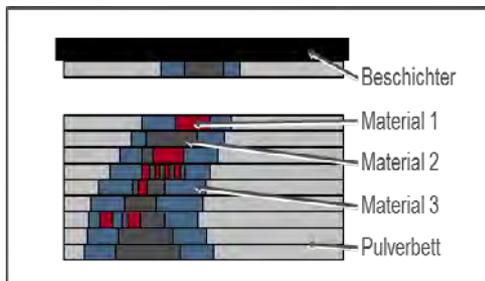
3D (Multimaterialbauteil)



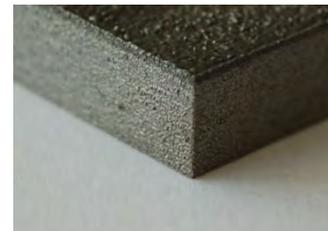
Beliebige
Materialwechsel

Multimaterial

- Eröffnung neuer Anwendungsfelder für additive gefertigte Bauteile
- ➔ „Funktionsintegration durch selektive Materialauswahl“
- Gradierte Materialübergänge in allen Bauteilachsen
- Erzeugung neuer „Legierungen“
- ➔ Erweiterung des Leichtbaupotenzials durch selektiven Einsatz geeigneter Werkstoffe



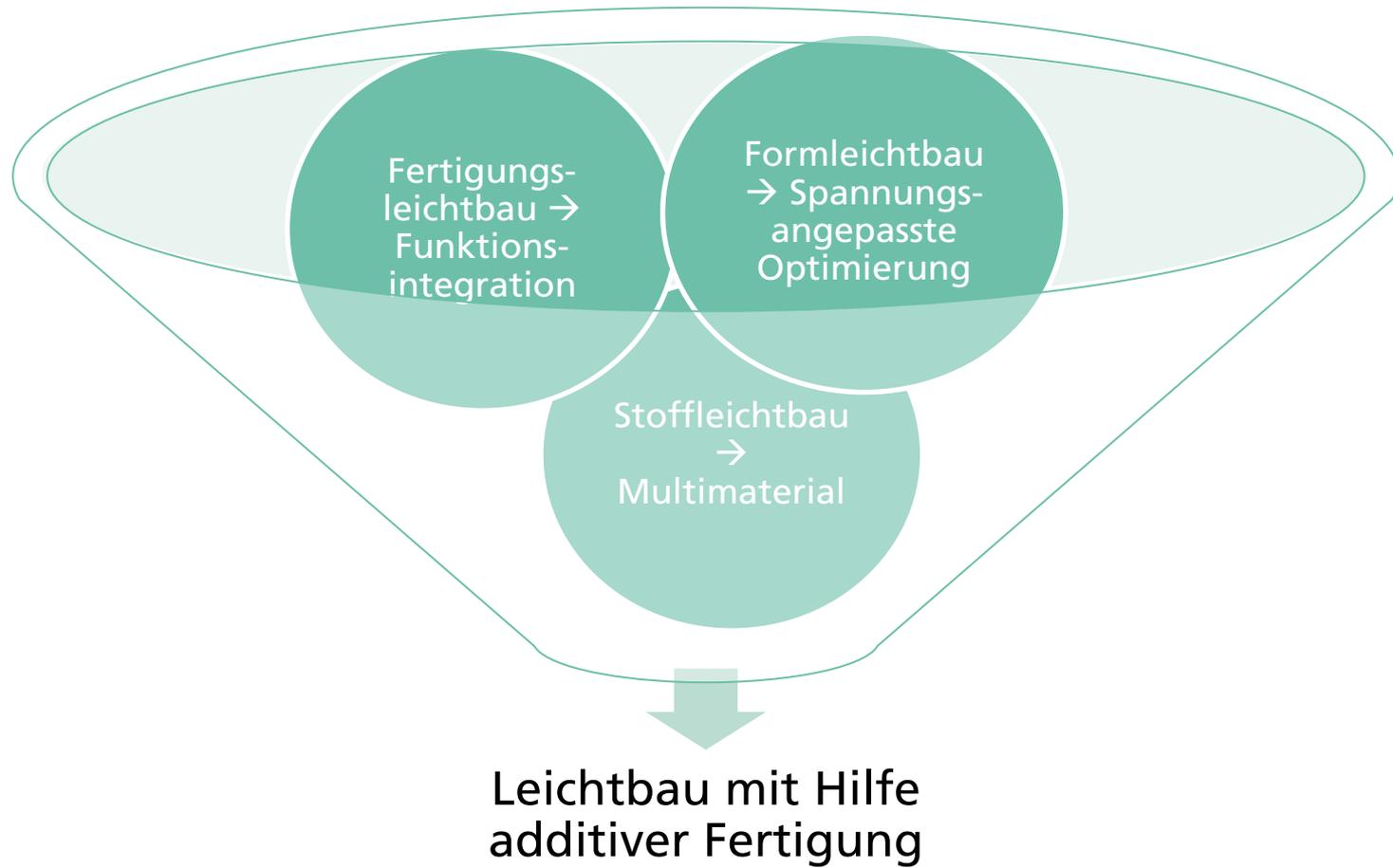
Simultaner Pulverauftrag für eine Multimaterialschicht



AGENDA

- Motivation
- Grundlagen Bionik und Leichtbau
- Formleichtbau
- Fertigungsleichtbau
- Stoffleichtbau
- **Zusammenfassung**

ZUSAMMENFASSUNG



KONTAKTDATEN



Fraunhofer

IWU

M.Sc. Christine Anstatt
wissenschaftliche Mitarbeiterin

Projektgruppe
Ressourceneffiziente mechatronische Verarbeitungsmaschinen

Beim Glaspalast 5 | 86153 Augsburg
Telefon +49 821 56883-45 | Fax -50
christine.anstaett@iwu.fraunhofer.de
www.iwu.fraunhofer.de