



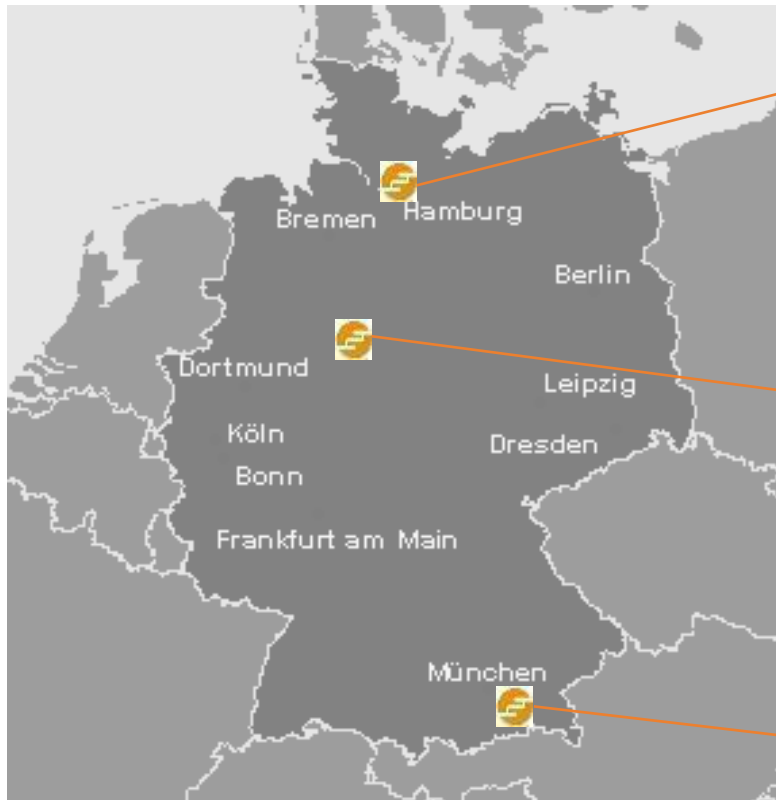
Wenn es drauf ankommt ...

AUFDECKUNG DER TECHNISCHEN UND WIRTSCHAFTLICHEN POTENTIALE DES METALL-LASERSCHMELZVERFAHRENS



Gründung	1996 durch Raphael und Markus Hoffmann
Hauptsitz	Deutschland, Ostwestfalen, Leopoldshöhe, 10 km östlich von Bielefeld
Mitarbeiter	120, davon ca. 15 Entwicklungsingenieure
Umsatz 2014	ca. 13 Mio. Euro
Rechtsform	GmbH
Produktionsfläche	ca. 6.000 m ²
Zertifizierung	DIN EN ISO 9001:2008

DIE H&H STANDORTE SIND KUNDENNAH AUFGESTELLT



H & H Vertrieb Nord

H & H Gesellschaft für Engineering und Prototypenbau mbH

Große Bleichen 34

20354 Hamburg

Tel.: 0 40 34 96 298 - 10

Fax.: 0 40 34 96 298 - 15

Hauptsitz

H & H Gesellschaft für Engineering und Prototypenbau mbH

Gewerbestrasse 11

33818 Leopoldshöhe

Tel.: 0 52 02 98 76 - 0

Fax.: 0 52 02 98 76 - 510

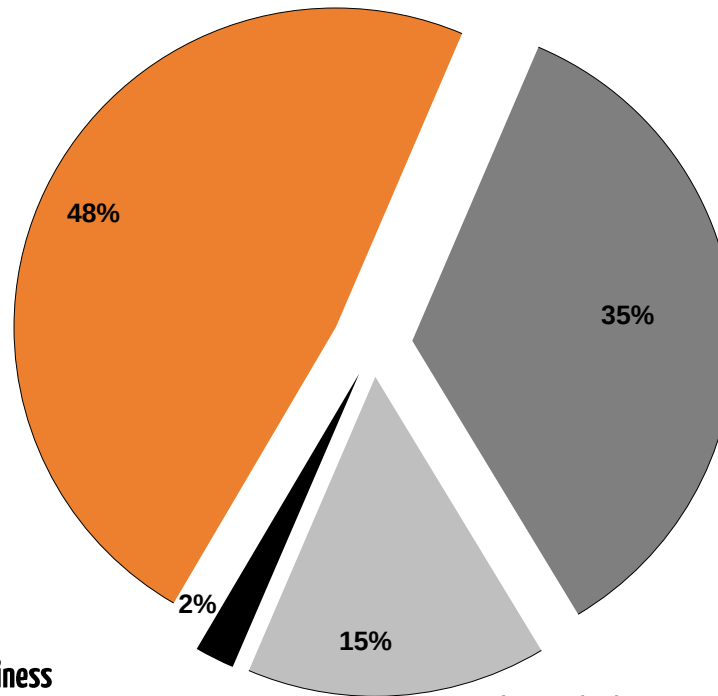
H&H Vertrieb Süd

H&H KONZENTRIERT SICH AUF DIE AUTOMOBIL- SOWIE HAUS- UND ELEKTROKLEINGERÄTEINDUSTRIE

H&H Umsatzstruktur 2014

Automotive

Konstruktion, Rapid Prototyping und Klein- und Exklusivserienproduktion für z.B. Kunststoffkomponenten für den Innenraum, Front- und Rückleuchten, Stoßfänger



Haus- und Elektrokleingeräteindustrie

Konstruktion, Rapid Prototyping und Klein- und Exklusivserienproduktion für z.B. Wasserkocher, Kaffeemaschinen, Wasch- und Spülmaschinenkomponenten

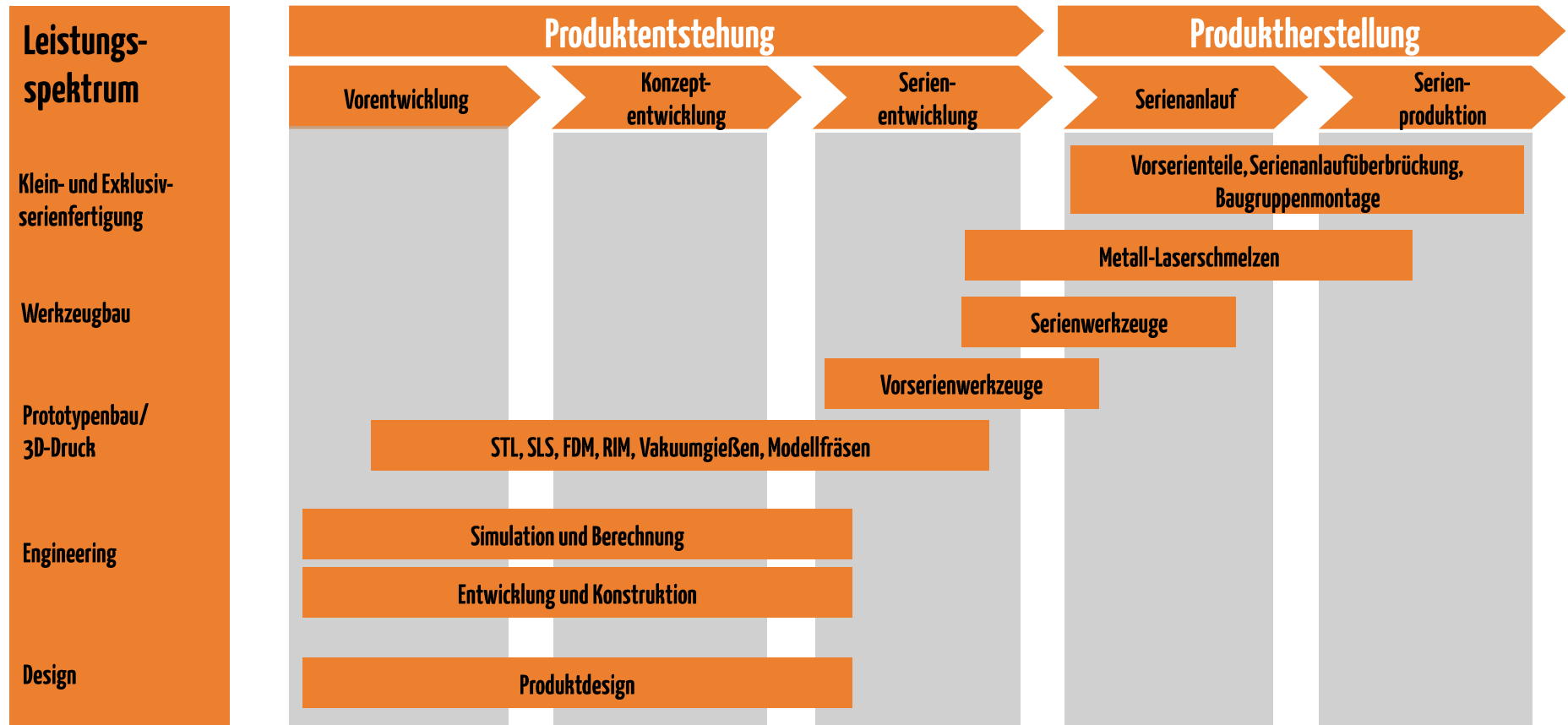
Special Business

Telekommunikation, Möbelindustrie, elektrische Geräte

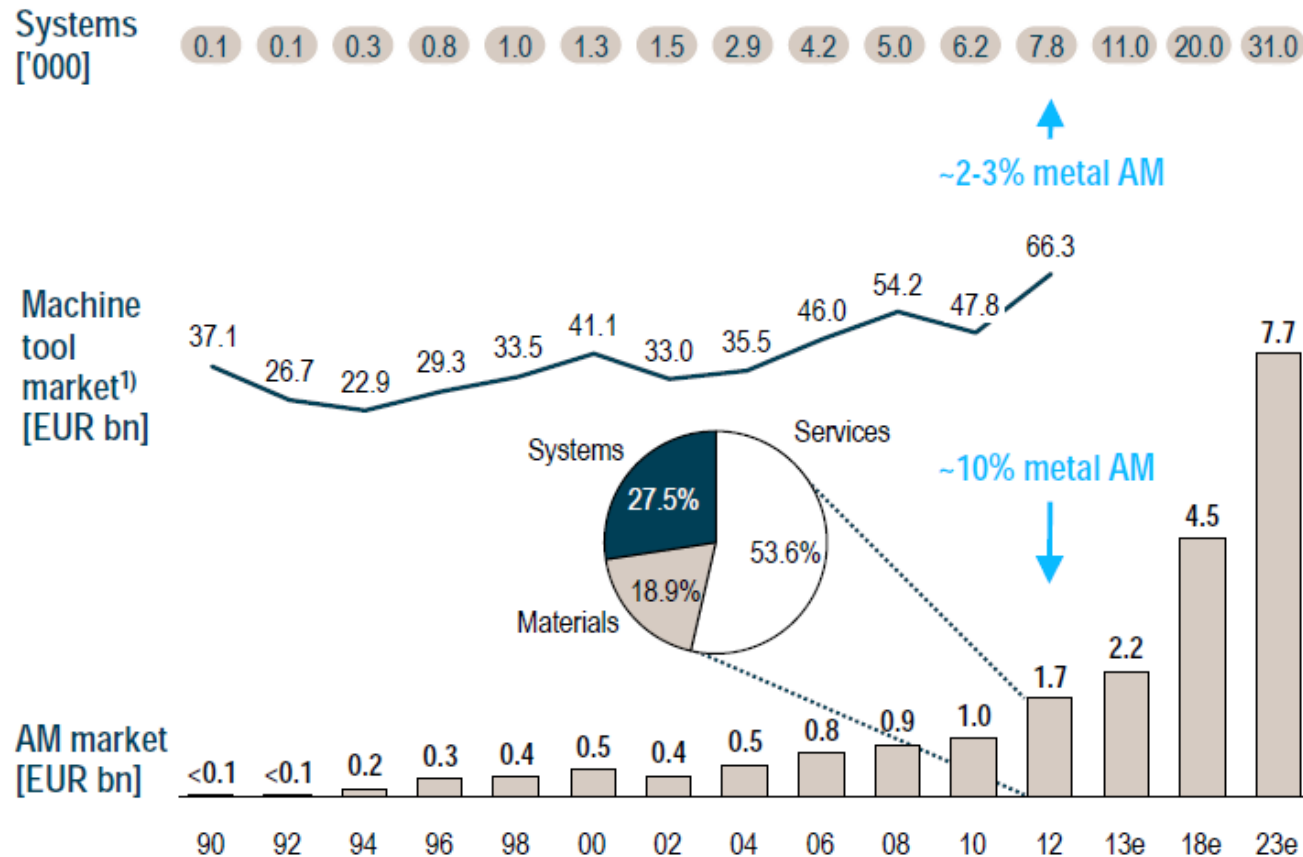
Medizintechnik

Konstruktion und Rapid Prototyping, Klein- und Exklusivserienproduktion von Geräten und Applikatoren für die Medizintechnik

DER KUNDE PROFITIERT VON EINER UMFASSENDEN PRODUKT- UND PROZESSKOMPETENZ



Globaler AM-Markt wächst stark



1) World machine tool production excl. parts and accessories

Quelle: Roland Berger – Strategy Consultants.
Additive manufacturing market outlook

Competence Center 5 Metall-Laserschmelzen

Entwicklung

- Konzeptphase
- Überarbeitungsphase
- Detailierungsphase
- Prototypenbau
- Optimierungsphase
- Topologie-Optimierung



Fertigung

- Datenaufbereitung
- Laserschmelzprozess
- Parameterentwicklung
- Optimierung der Stützstrukturen



Nachbearbeitung

- Trovalisieren
- Spanende Nachbearbeitung
- Wärmebehandlung
- Finish



Qualitätssicherung

- Messbericht erstellen
- Mechanische Bauteilprüfung
- Datensicherung



Die langjährigen Partner an unserer Seite garantieren uns die neuesten Technologien und Prozesse aus Forschung und Entwicklung.

Hochschule Ostwestfalen-Lippe
University of Applied Sciences



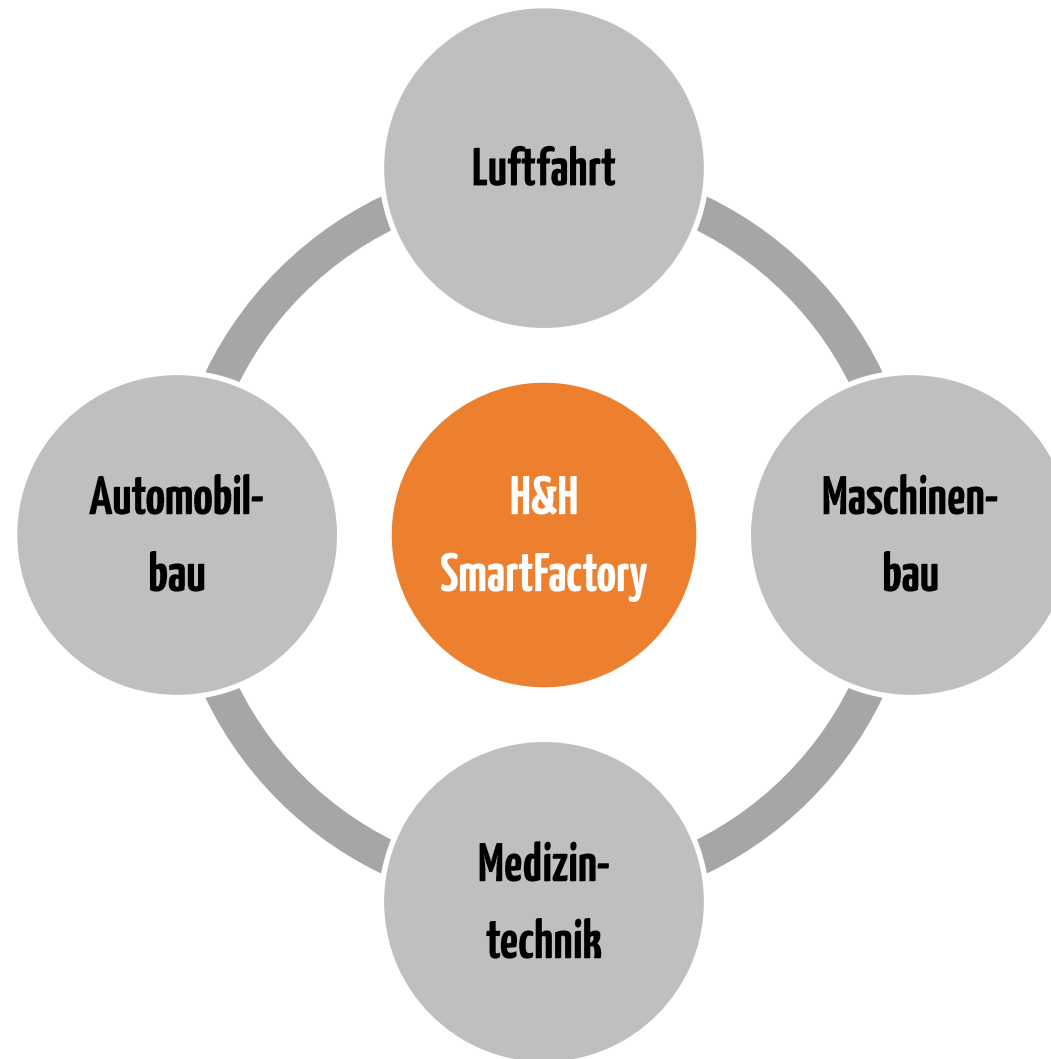
DMRC
DIRECT MANUFACTURING RESEARCH CENTER



**Hochschule für Angewandte
Wissenschaften Hamburg**
*Department Maschinenbau und
Produktion*



**LASER ZENTRUM NORD
HAMBURG**



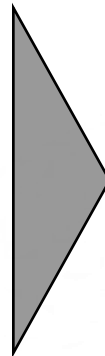


FALLSTUDIE ANHAND EINES STRUKTURBAUTEILS

Untersuchung und Validierung der Potentiale des Laserschmelzverfahrens anhand eines ausgewählten Demonstrator-Bauteils

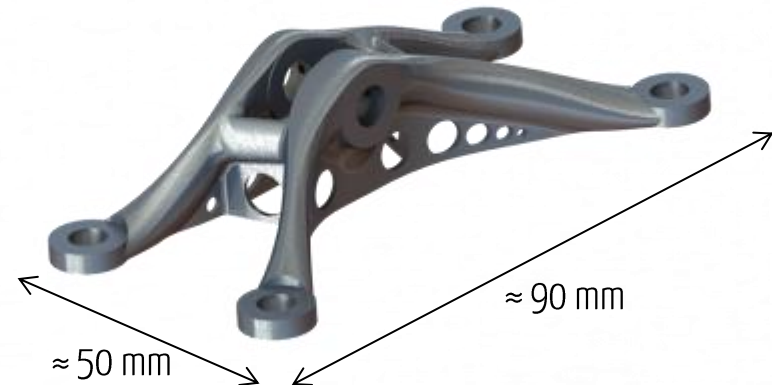
Auswahlkriterien:

- Komplexität (hohes Leichtbaupotential)
- Stückzahl (Kleinserie)
- Bauteilgröße (geringe Bauteilgröße)

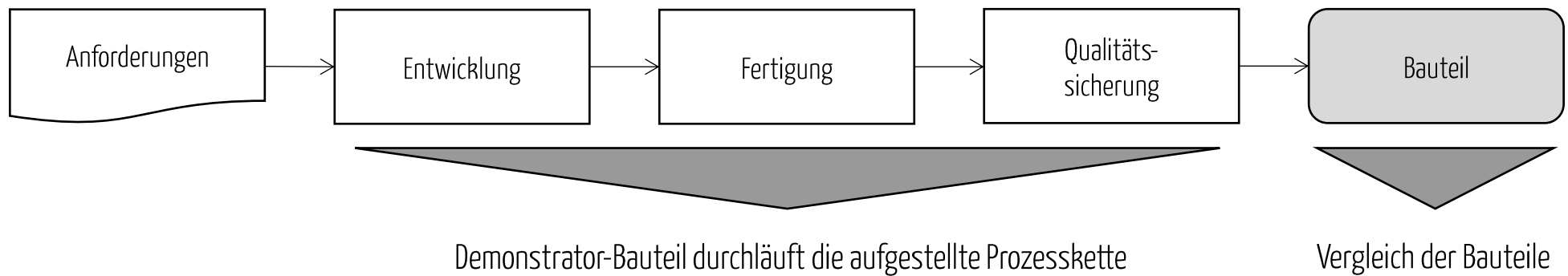


Bracket

Anwendungsgebiet: Luftfahrt



Erarbeitung des Demonstrator-Bauteils anhand der aufgestellten Prozesskette



Ziele

- Vergleich des Laserschmelzverfahrens mit konventionellen Fertigungsverfahren anhand des Demonstrator-Bauteils
- Ableiten der technischen und wirtschaftlichen Potentiale des Laserschmelzverfahrens



Basis der Fallstudie: Dämpferbracket

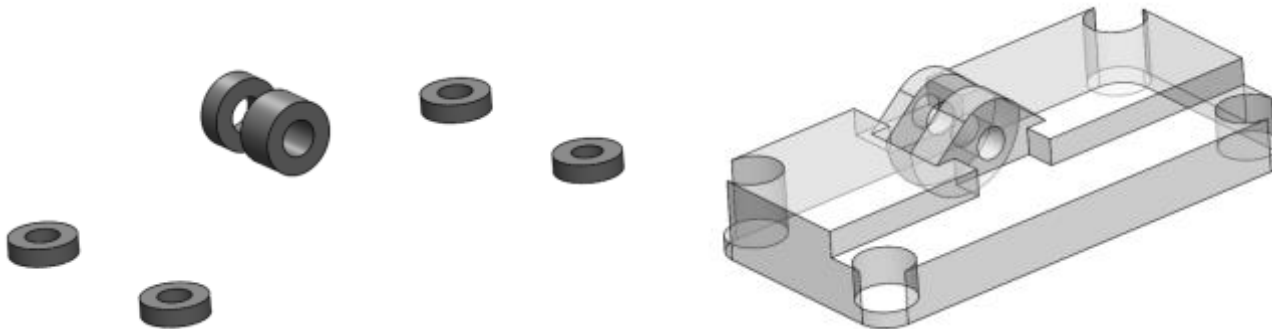
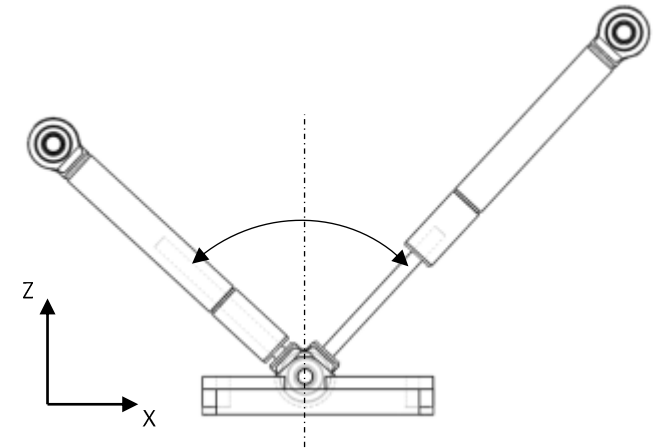
Funktion:

- Stützung von Gepäckklappen im Innenraum einer Langstreckenmaschine

Geometrische Anforderungen

Verschraubungspunkte:

Bauraum:





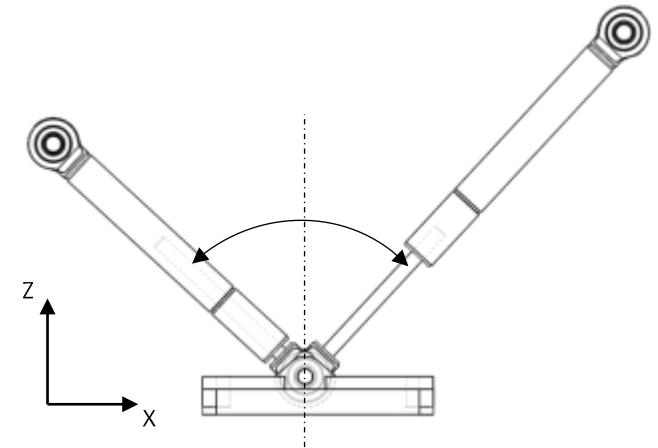
Basis der Fallstudie: Dämpferbracket

Funktion:

- Stützung von Gepäckklappen im Innenraum einer Langstreckenmaschine

Mechanische Anforderungen

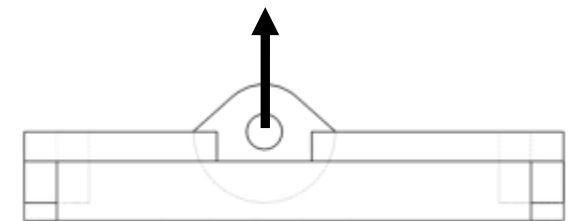
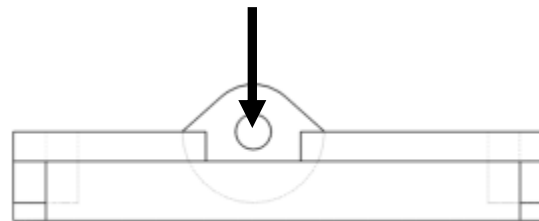
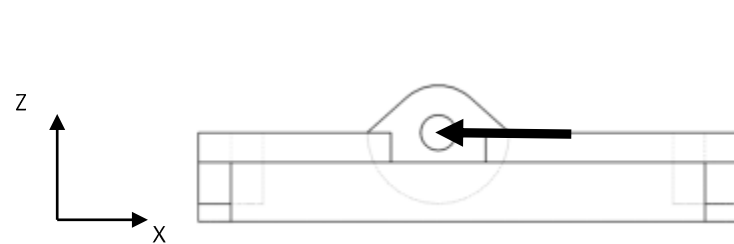
Vorgegebene Bauteilprüfung:



Lastfall 1: 3200 N

Lastfall 2: 3200 N

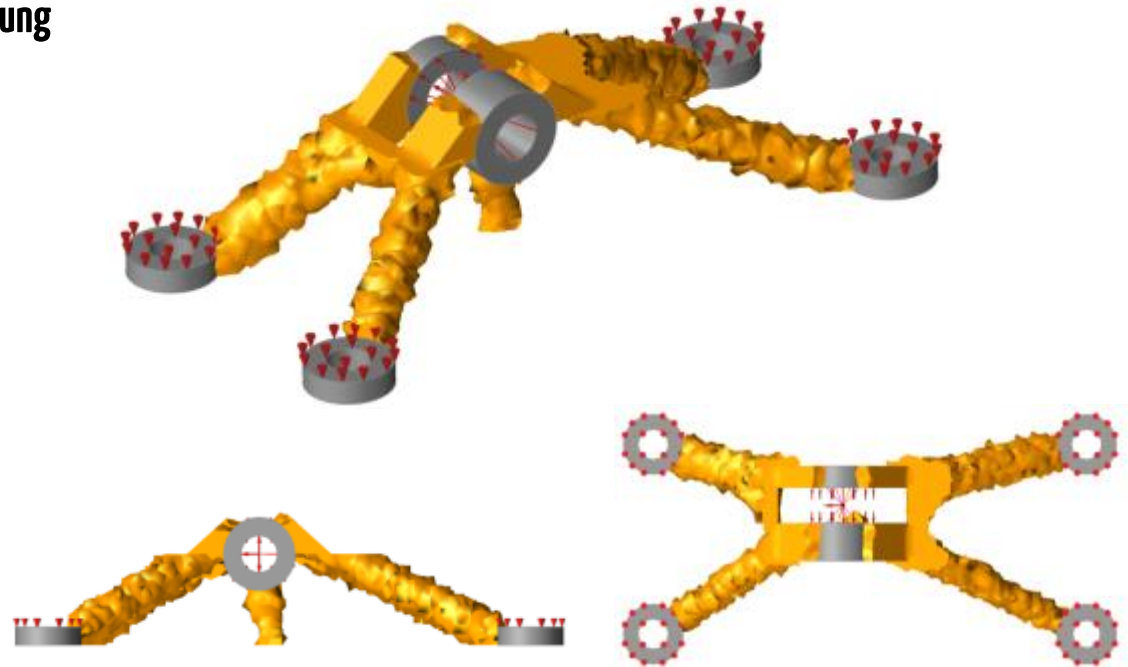
Lastfall 3: 2800 N





Strukturentwurf basierend auf einer Topologie-Optimierung

- Zielfunktion: minimaler Massebedarf
- Randbedingungen: 3 Lastfälle, Bauraum
- Werkstoff: AlSi10Mg (Auswahl durch Leichtbaukennzahlen)



➔ Ermitteltes Bauteilgewicht: $\approx 16\text{g}$



Entwicklung des Laserschmelzbauteils

Konstruktion:

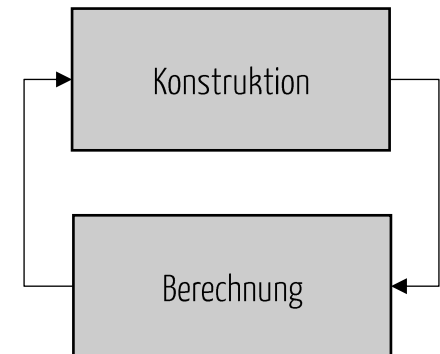
- Topologie-Optimierung
- Bionik
- Konstruktionsrichtlinien



Hoher Leichtbau bei fertigungsgerechter Gestaltung

Berechnung:

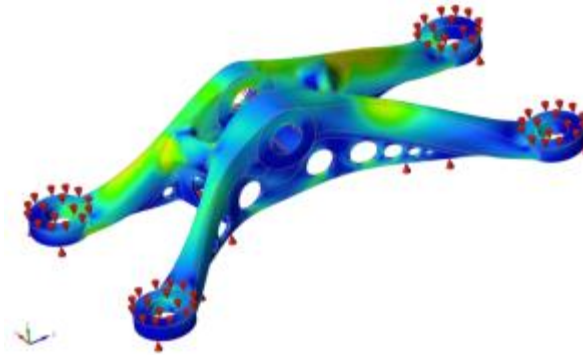
- Spannungsanalyse durch FEM-Berechnung





Finales Bauteildesign

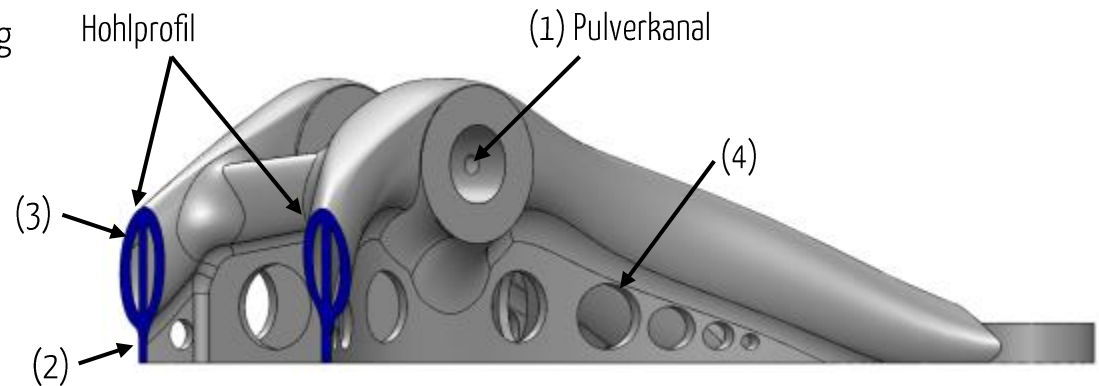
- Bauteilgewicht: 16,1 g
- Maximale Beanspruchung: 223 MPa (Lastfall 3)
- Streckgrenze (AlSi10Mg): 227 MPa



Konstruktionsrichtlinien [Ada15]

1. Erforderlicher Mindestdurchmesser zur Pulverentfernung
2. Einhaltung der minimalen Wanddicke
3. Optimierte Gestaltung zur Reduzierung des Supportbedarfs
4. Einhaltung der maximalen Durchmesser ohne Supportbedarf

Quelle: Adam, G. A. O.: Systematische Erarbeitung von Konstruktionsregeln für die additiven Fertigungsverfahren Lasersintern, Laserschmelzen und Fused Deposition Modeling, 2015.



Finales Bauteildesign



Fräsbauteil

Bauteilgewicht: 29,98 g

Werkstoff: Al 7075



Spritzgussbauteil

Bauteilgewicht: 28,14 g

Werkstoff: PEEK450GL30



Druckgussbauteil

Bauteilgewicht: 24,80 g

Werkstoff: AlSi10Mg T6



Laserschmelzbauteil

Bauteilgewicht: 16,10 g

Werkstoff: AlSi10Mg



Gestaltung basiert auf Ausgangsbauteil der Fallstudie



Gestaltung basiert auf Topologie-Optimierung



Gestaltung basiert auf Topologie-Optimierung und Bionischen-Strukturen

Finales Bauteildesign



Fräsbauteil

Bauteilgewicht: 29,98 g

Werkstoff: Al 7075

Spritzgussbauteil

Bauteilgewicht: 28,14 g

Werkstoff: PEEK450GL30

Druckgussbauteil

Bauteilgewicht: 24,80 g

Werkstoff: AlSi10Mg

Laserschmelzbauteil

Bauteilgewicht: 16,10 g

Werkstoff: AlSi10Mg

-46 %

Gestaltung basiert auf Ausgangsbauteil der Fallstudie

Gestaltung basiert auf Topologie-Optimierung

Gestaltung basiert auf Topologie-Optimierung und Bionischen-Strukturen



Baujobvorbereitung

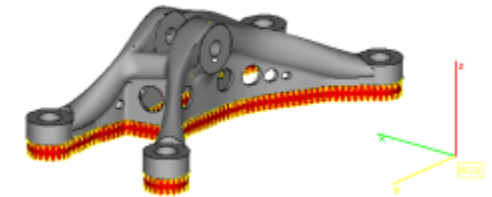
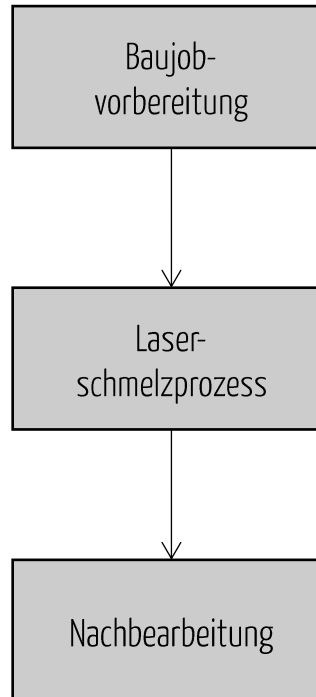
- Hinzufügen der Stützstrukturen
- Erzeugung der Schichtinformationen

Laserschmelzprozess

- Laserschmelzanlage SLM 250^{HL} (DMRC)
- Werkstoff: AlSi10Mg
- Bauzeit: 5,5 h / 8 Brackets

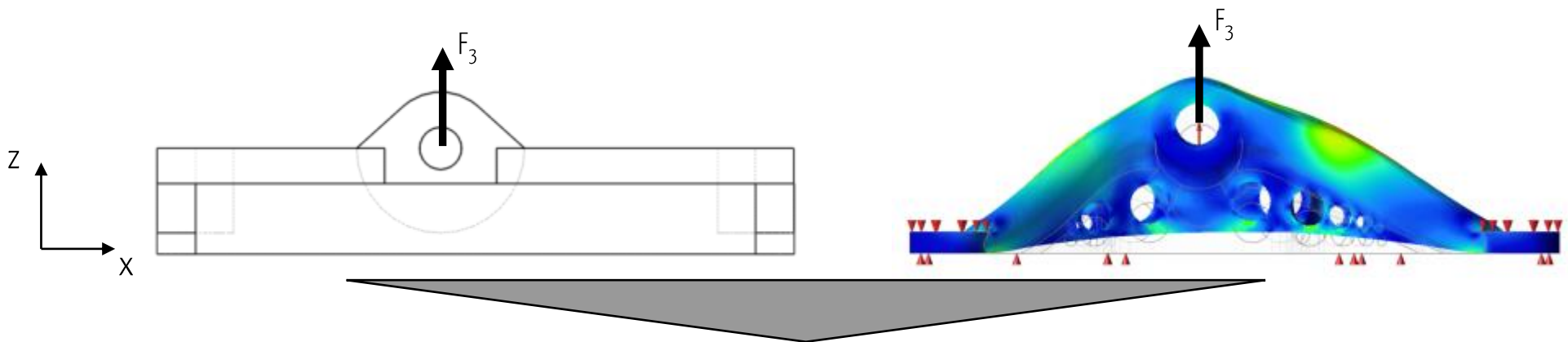
Nachbearbeitung:

- Entfernung der Bauteile von der Bauplattform
- Spanende Nachbearbeitung der Supportfläche





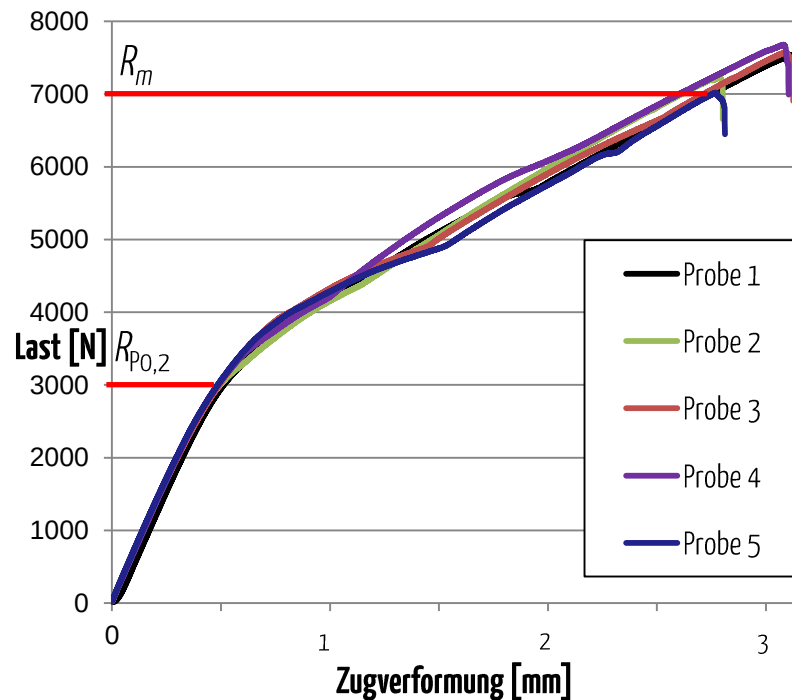
➔ Lastfall 3 ($F_3=2800\text{ N}$) führt zur größten Bauteilbeanspruchung (FEM)



Mechanische Bauteilprüfung bei Lastfall 3

ERARBEITUNG EINER FALLSTUDIE

ÜBERPRÜFUNG DER MECHANISCHEN ANFORDERUNGEN



$R_m > 7000 \text{ N}$

→ Restsicherheit bei Überlast beträgt $\approx 2,5$ bis zum Versagen durch Bruch

$R_{p0,2} \approx 3000 \text{ N}$

→ Keine plastische Verformung bei Lastfall 3 (2800 N)

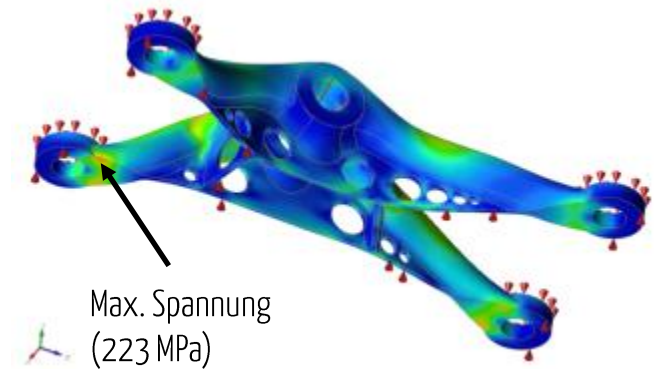




Auswertung des Kraft-/ Wegverlaufs



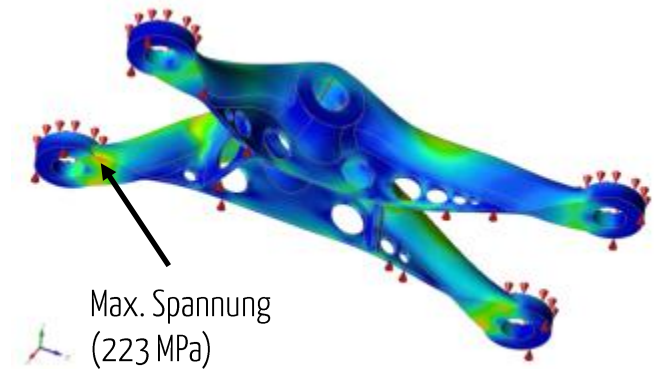
Bruchstelle



- ➔ Bestätigung der FEM-Berechnung
- ➔ Bruchstelle zeigt Reproduzierbarkeit der Bauteile



Auswertung des Kraft-/ Wegverlaufs



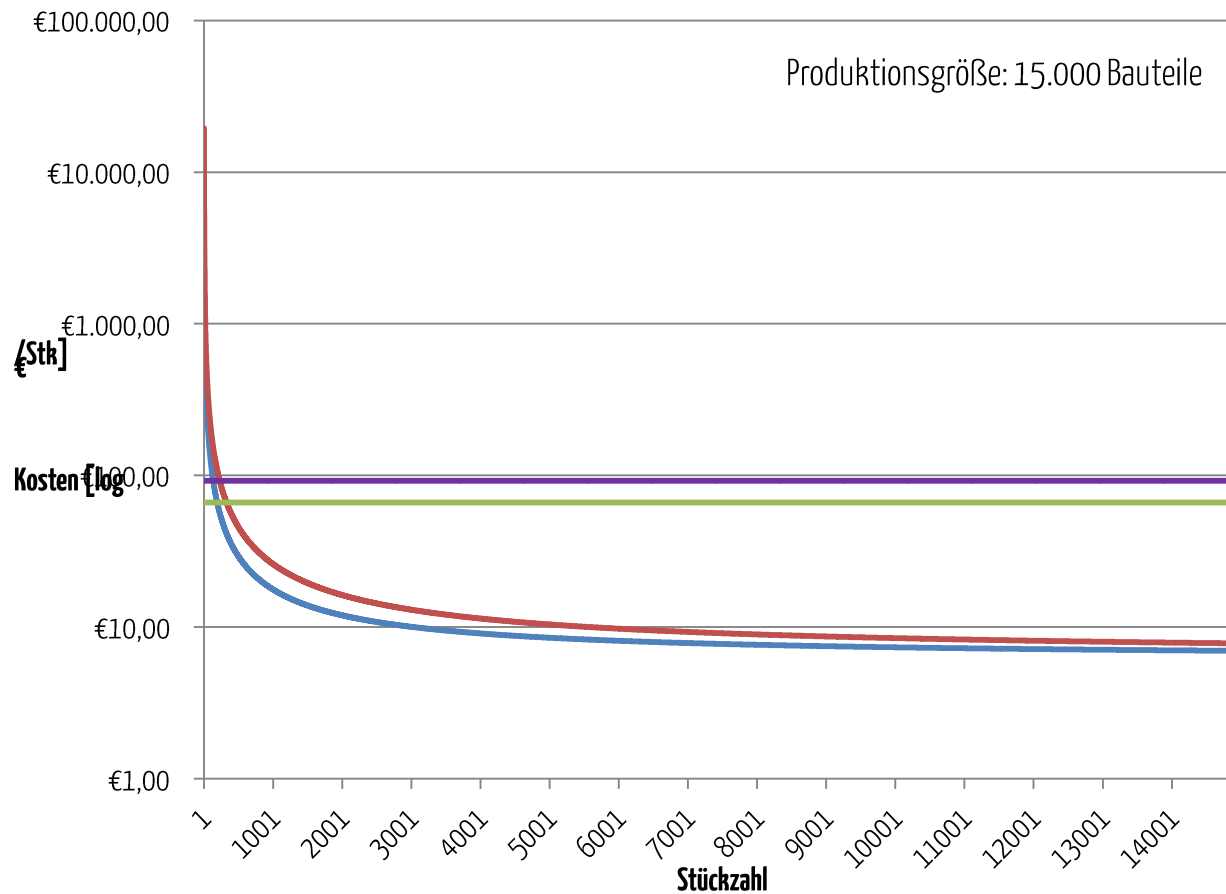
- ➔ Bestätigung der FEM-Berechnung
- ➔ Bruchstelle zeigt Reproduzierbarkeit der Bauteile

Fazit

- Gewichtsvorteil von bis zu 46,2 % aufgrund der Fertigung mit dem Laserschmelzverfahren
- Einhaltung der mechanischen Anforderungen

Hohes Leichtbaupotential durch Fertigung mit dem Laserschmelzverfahren erzielbar

Vergleich der Herstellkosten



Anwendungsszenario der Fallstudie

Losgröße: 500 Bauteile

3 Los pro Jahr

Produktlebenszeit: 10 Jahre

— Spritzgussbauteil

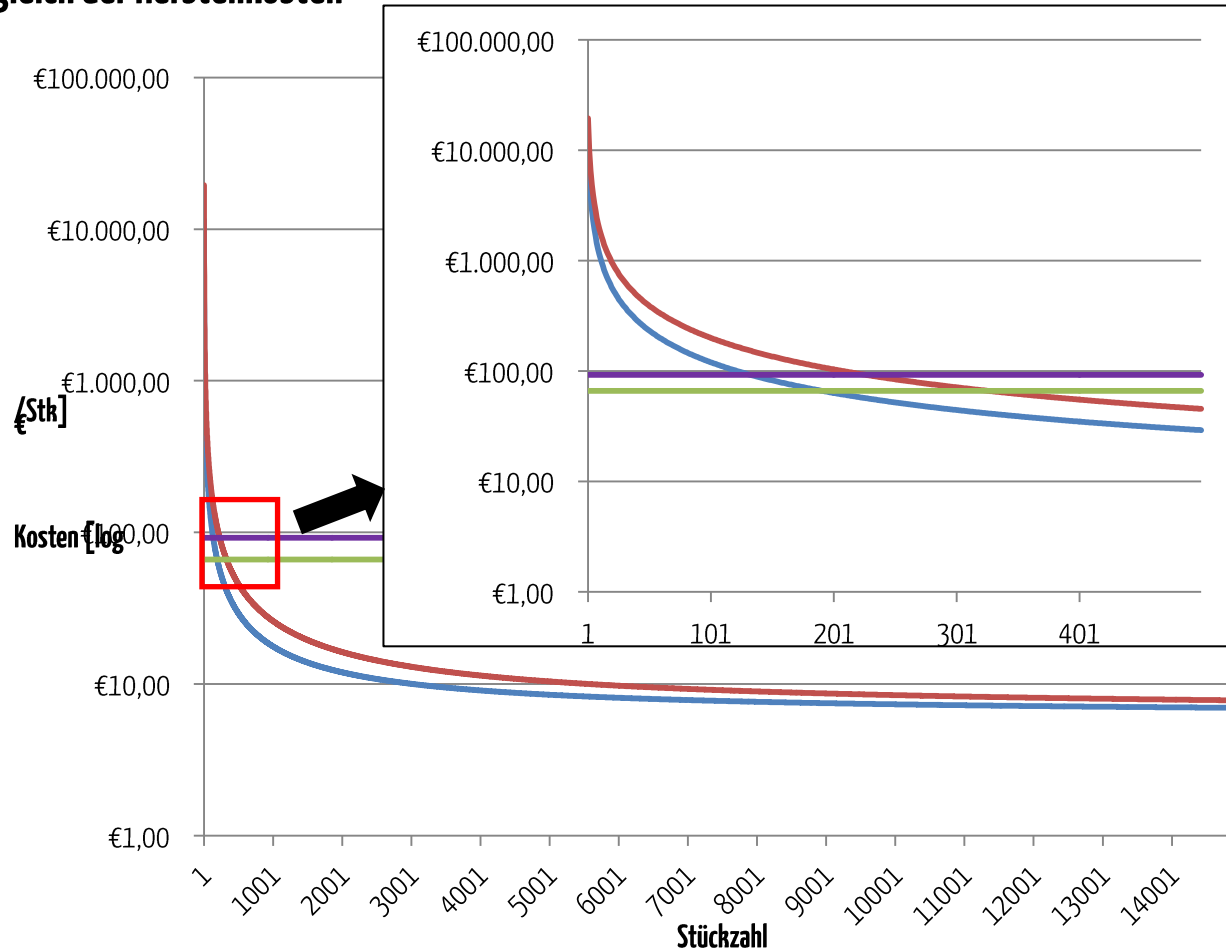
— Druckgussbauteil

— Fräsbauteil

— Laserschmelzbauteil

➔ Deutlich höhere Herstellkosten
des Laserschmelzbauteils

Vergleich der Herstellkosten



Anwendungsszenario der Fallstudie

Losgröße: 500 Bauteile

3 Los pro Jahr

Produktlebenszeit: 10 Jahre

— Spritzgussbauteil

— Druckgussbauteil

— Fräsbauteil

— Laserschmelzbauteil

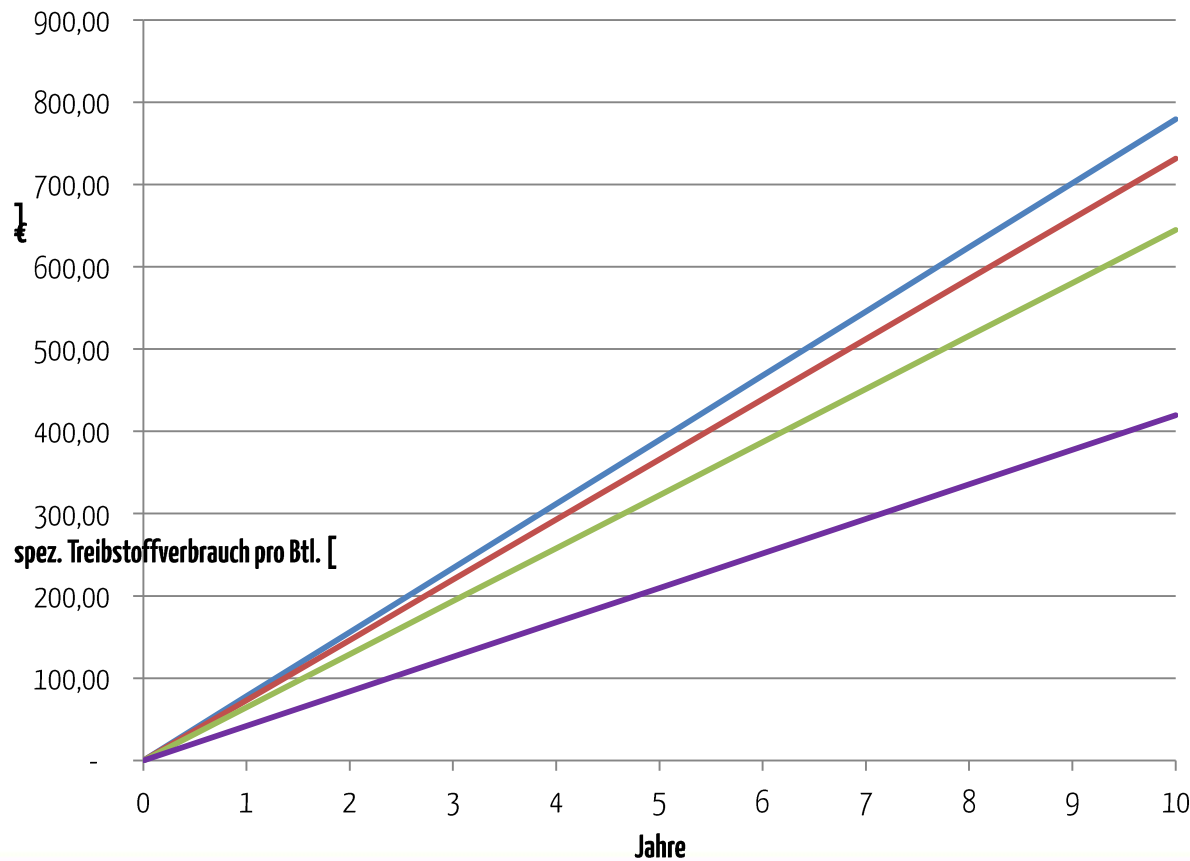
➔ Geringere Herstellkosten gegenüber konventioneller urformender Fertigungsverfahren bei geringer Produktionsgröße

Kalkulation der Betriebskosten K_B

(spezifischer Treibstoffverbrauch pro Bauteil)

Richtwert Treibstoffverbrauch einer Langstreckenmaschine:

2600 €/kg pro Jahr [Ree12]



Berechnung:

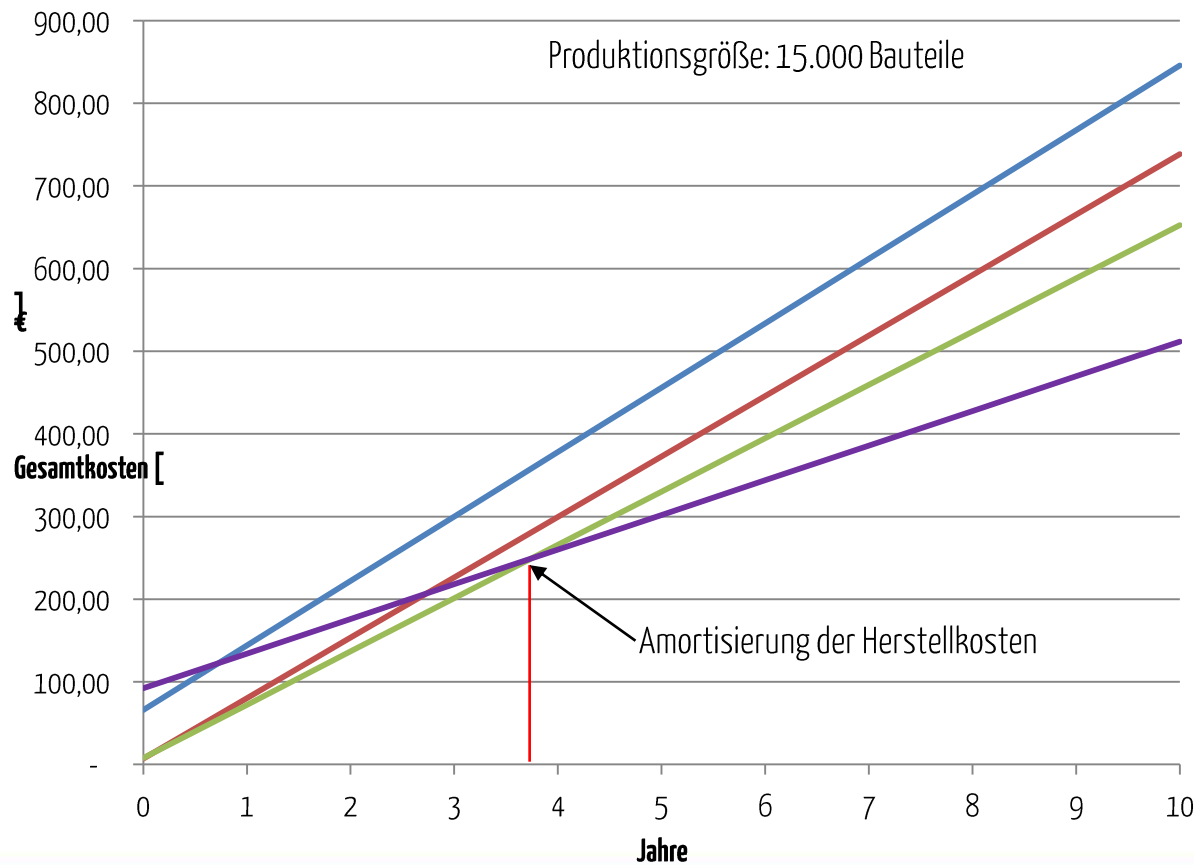
$$K_B(a) = G * K_T * a$$

K_B	Betriebskosten pro Bauteil
K_T	Kosten Treibstoffverbrauch pro kg
G	Bauteilgewicht
a	Zeit in Jahre

- Fräsbauteil
- Spritzgussbauteil
- Druckgussbauteil
- Laserschmelzbauteil

Quelle: Reeves, P.: Example of Econolyst research – Understanding the benefits of AM on CO2. Econolyst Ltd. Derbyshire UK, 2012.

Kalkulation der Gesamtkosten K_{H+B} (Herstellkosten + Betriebskosten)



Berechnung:

$$K_{H+B}(a) = \frac{H_{ges}}{15.000} + K_B(a)$$

K_{H+B}
 H_{ges}
 K_B
 a

Gesamtkosten pro Bauteil
Herstellkosten (15.000 Bauteile)
Betriebskosten pro Bauteil
Zeit in Jahre

- Fräsbauteil
- Spritzgussbauteil
- Druckgussbauteil
- Laserschmelzbauteil

Das Laserschmelzverfahren besitzt hohe Einsatzpotentiale für eine technisch und wirtschaftlich nutzenbringende Fertigung

Essentiell für einen nutzenbringenden Einsatz:

- Produktivitätssteigerung durch optimierte Gestaltung der Bauteile
- Betrachtung der gesamten Produktlebenszeit

Konventionelle Fertigungsverfahren



Laserschmelzverfahren



Hindernisse:

- ***Zertifizierung für die Luftfahrt***
- ***Nachweis der Reproduzierbarkeit und Dauerfestigkeit***



Wenn es drauf ankommt ...

VIELEN DANK FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT!