

The background of the slide is black with several white, red, and yellow lines forming abstract, geometric shapes that resemble technical drawings or wireframe models of mechanical parts. These lines are scattered across the left and top portions of the slide.

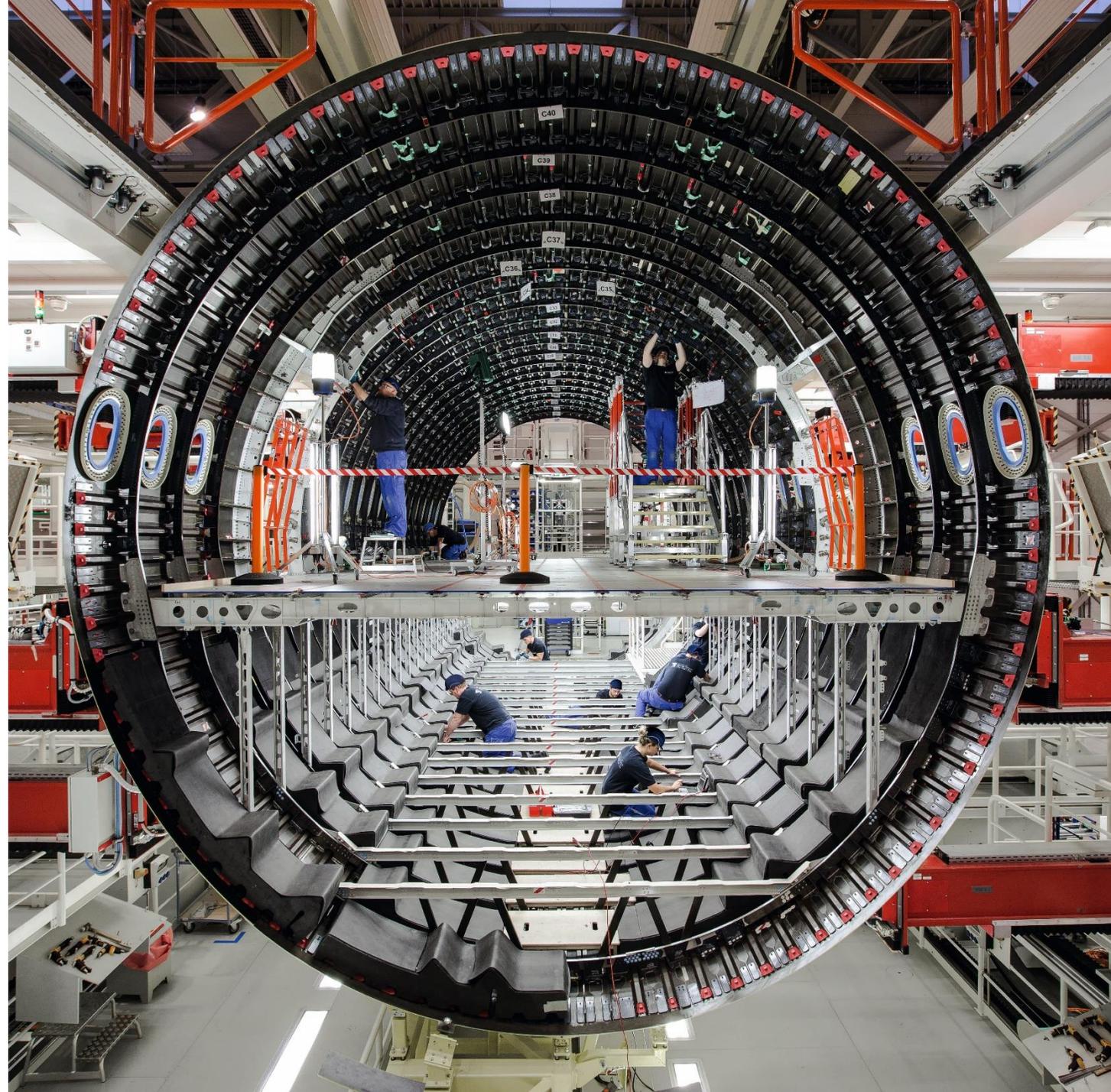
## Validation & Verifikation Test topologisch optimierter und additiv gefertigter Brackets

Matthias Niedermair

DLR Wissenschaftstag, 24.10.2019

# Inhaltsverzeichnis

- 1 Firmenprofil
- 2 Was haben wir seit dem DLR Wissenschaftstag 2018 getan
- 3 Entwickeln von neuen Technologien, Materialien und Konstruktionsprinzipien
- 4 Testen (Validieren) & Verifizieren
- 5 Fazit, Lessons Learned





# 1 Firmenprofil - Premium AEROTEC



**PREMIUM  
IN ALL WE DO**

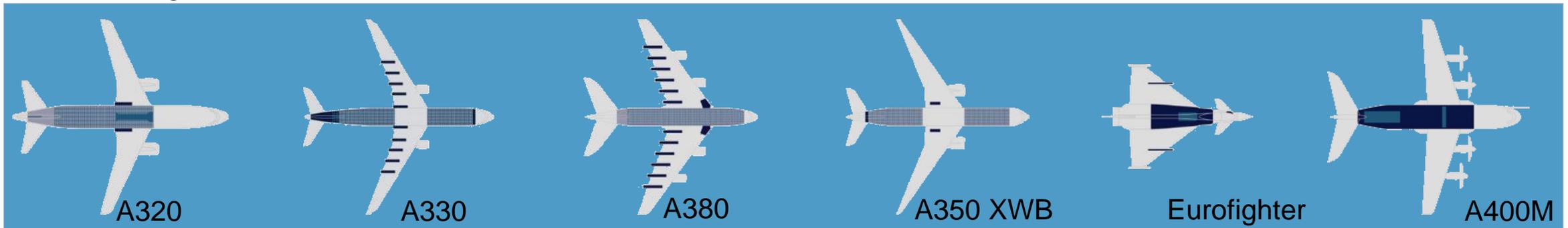
DIE HIGHLIGHTS AUS 10 JAHREN



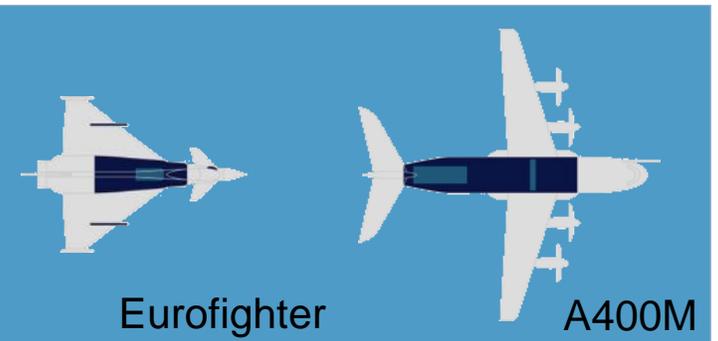
# 1 Firmenprofil - Premium AEROTEC



## Zivile Programme



## Militärische Programme





# 1 Firmenprofil - Premium AEROTEC

6 Standorte





## Produkte

- Schalen und Rumpfsektionen
- Flügelstrukturen
- Druckkalotten
- Fußboden Strukturen

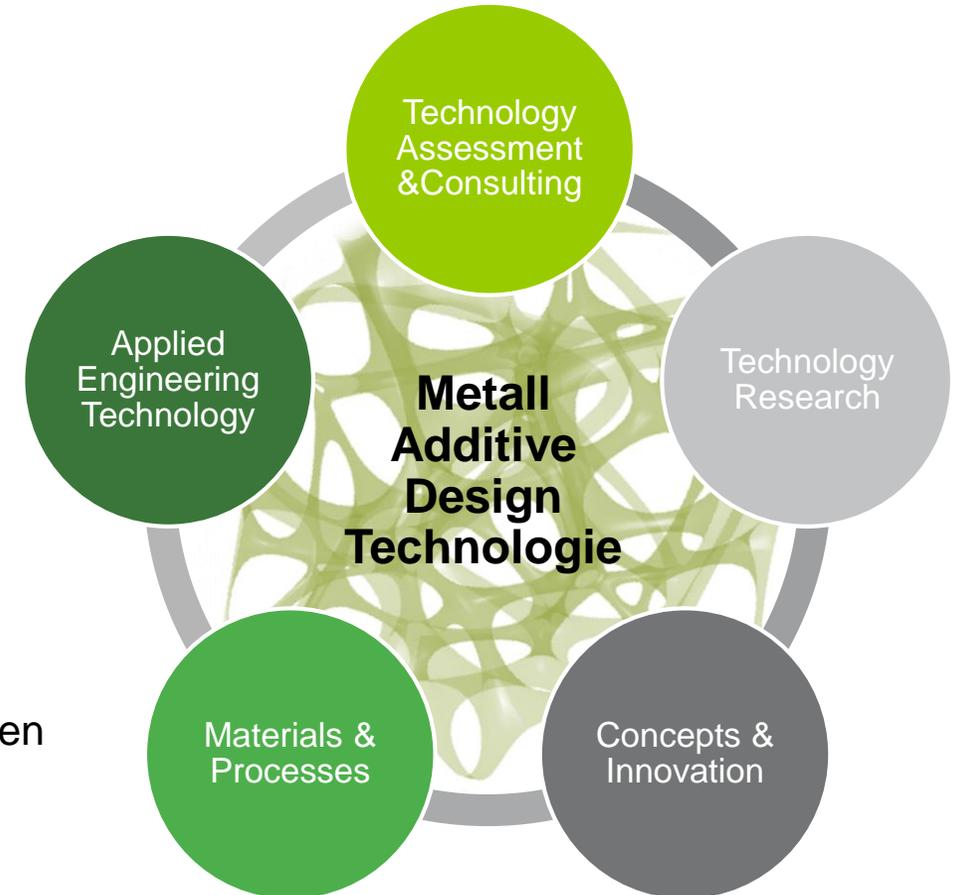




# 1 Firmenprofil - Premium AEROTEC

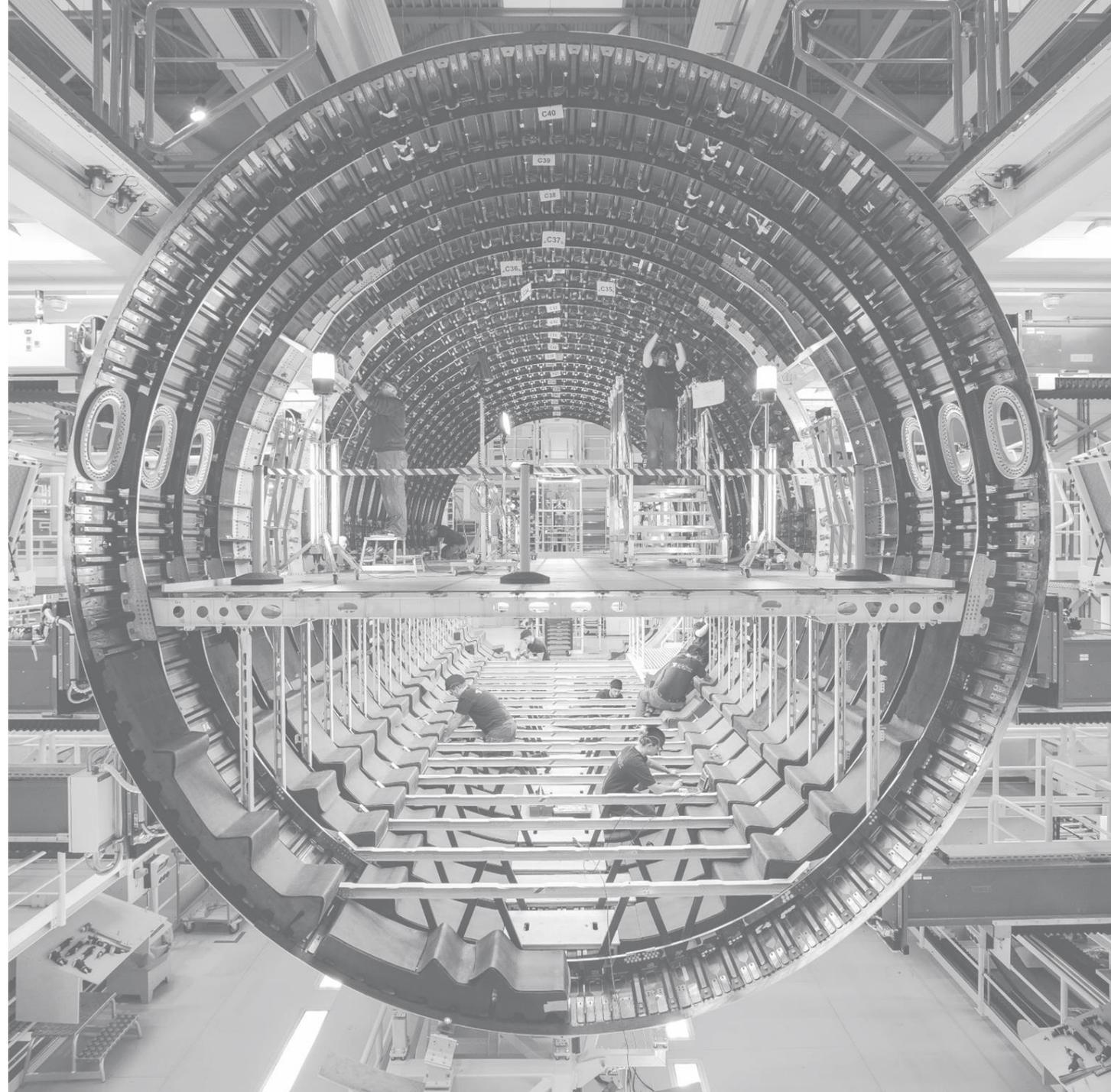
## Metal Additive Design Technologie

- Entwicklung der Technologie metallischer 3D-Druck
- AM Prozess Qualifikation (Materialien und Prozesse)
- Bauteil und Komponenten Screening
- Anwendungsbeurteilung
- Prototypen und Prototypen – Projekte
- Kostenbewertungen & Geschäftsmodellerstellung
- **Konstruktionsprinzipien** & Materialkennwerte (Ti & Al)
- Technology Scouting und Ermittlung von neuen Anwendungsfeldern & Kunden
- Leitung von geförderten R&T Projekte (BWMI: LuFo V-2 / LuFo V-3)
- Standorte in Hamburg / Augsburg



# Inhaltsverzeichnis

- 1 Firmenprofil
- 2 Was haben wir seit dem DLR Wissenschaftstag 2018 getan
- 3 Entwickeln von neuen Technologien, Materialien und Konstruktionsprinzipien
- 4 Testen (Validieren) & Verifizieren
- 5 Fazit, Lessons Learned

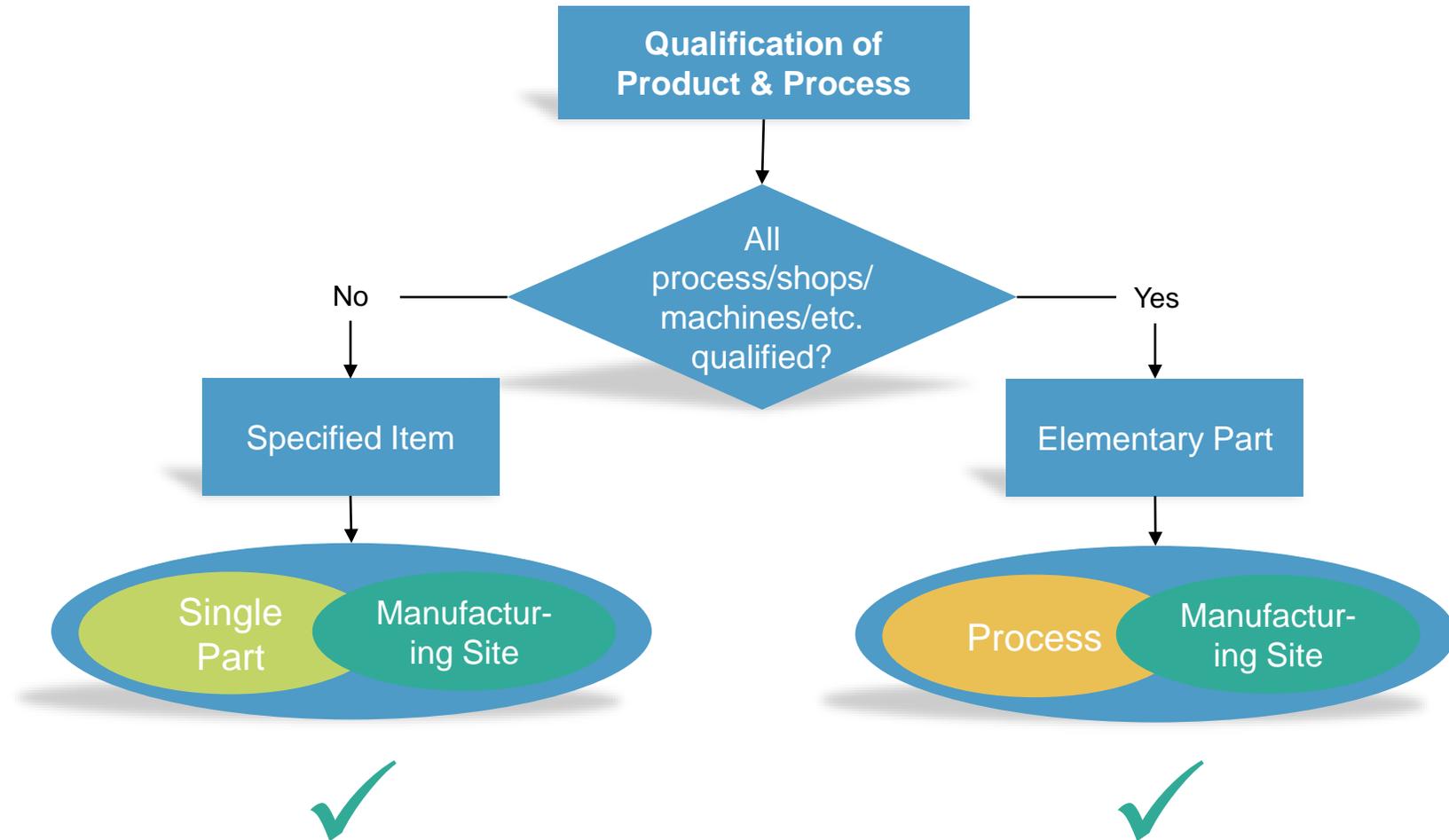




## 2 Was haben wir seit dem DLR Wissenschaftstag 2018 getan

### Qualifizierung von Zulassungsprozessen

- **Struktur Kategorien**
- Abgeleitete **Functional Classes**
- Abgeleiteter **Type of process**
  - **Single part** qualification
    - Prozesskette nicht qualifiziert
    - Unstetigkeiten und unbekannte Fakten im Fertigungsvorgang
    - Kleine Anzahl an Bauteile
  - **Process** qualification
    - Komplette Prozesskette qualifiziert
    - Etablierte und geprüfte Prozesse
    - Große Anzahl an Bauteile

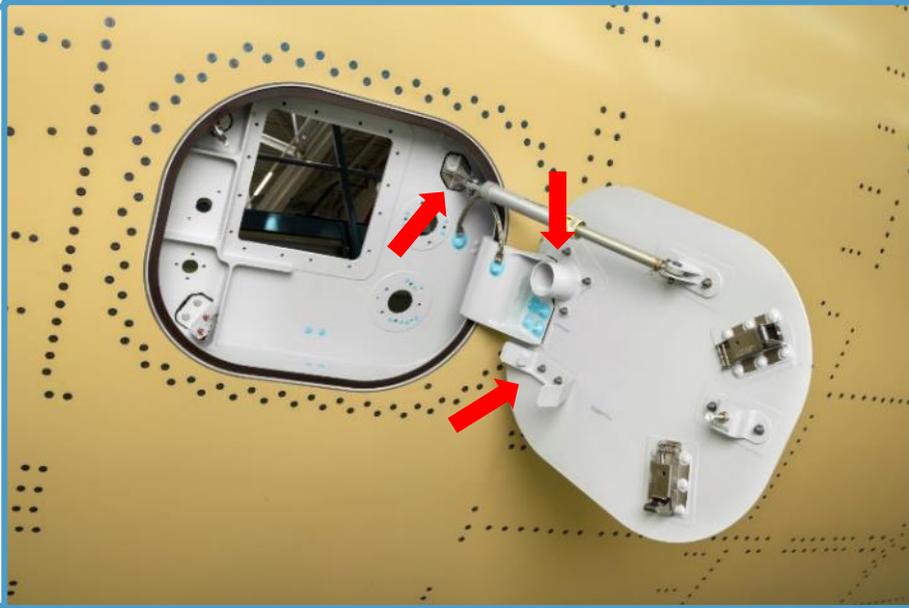




# 2 Was haben wir seit dem DLR Wissenschaftstag 2018 getan

## Erfolgsgeschichten

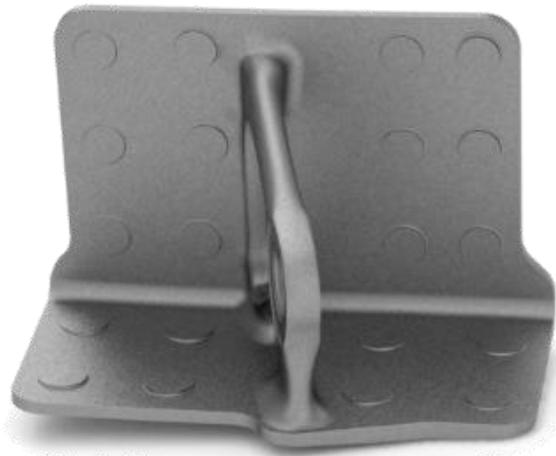
- Qualifikation von drei AM Bauteilen für **Airbus A350** in Q1/2019
- Einzelteil qualifiziert (**Single part** qualification)
- >180 Bauteile insgesamt bisher an die Fertigungslinie geliefert
- Prozess und Arbeitsabläufe nachhaltig gestaltet



## 2 Was haben wir seit dem DLR Wissenschaftstag 2018 getan

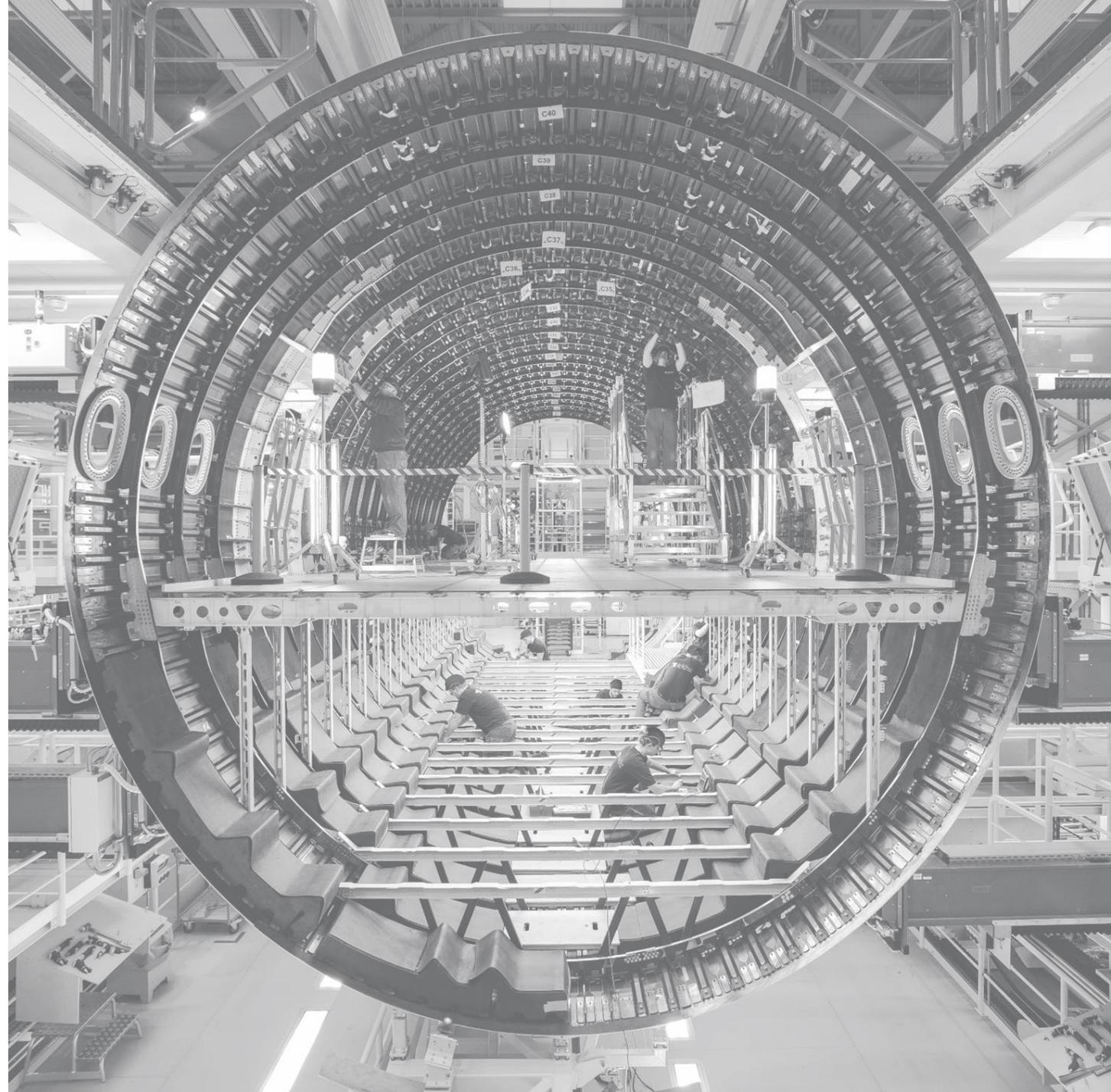
### Erfolgsgeschichten

- Erfolgreicher Abschluss der Prozessqualifikation (**Process** qualification) für Ti-PB im Q1/2019!
  - **Erster** Airbus Zulieferer mit qualifiziertem AM Prozess auf einer Multi-Laser Anlage
  - Materialkennwerte über Erwartungen → besser als Ti6Al4V Platten Material!
- **Sechs** Bauteile für **Airbus A350** aktuell in der Zeichnungsfreigabe → Auslieferung 05/2020
- Alle Bauteile Topologie optimiert für Kosten- und Gewichtgünstige Fertigung



# Inhaltsverzeichnis

- 1 Firmenprofil
- 2 Was haben wir seit dem DLR Wissenschaftstag 2018 getan
- 3 Entwickeln von neuen Technologien, Materialien und Konstruktionsprinzipien
- 4 Testen (Validieren) & Verifizieren
- 5 Fazit, Lessons Learned





# 3 Entwickeln von neuen Technologien, Materialien und Konstruktionsprinzipien



Technologie

Guss    Biegen    Schmieden  
Zerspanen  
3D-Druck    3D-Druck  
Pulverbett    Auftragsschweißen



Material

Ti6Al4V    AlSi10  
Scalmalloy  
AlSi10    AlSi7



Konstruktions-  
prinzipien

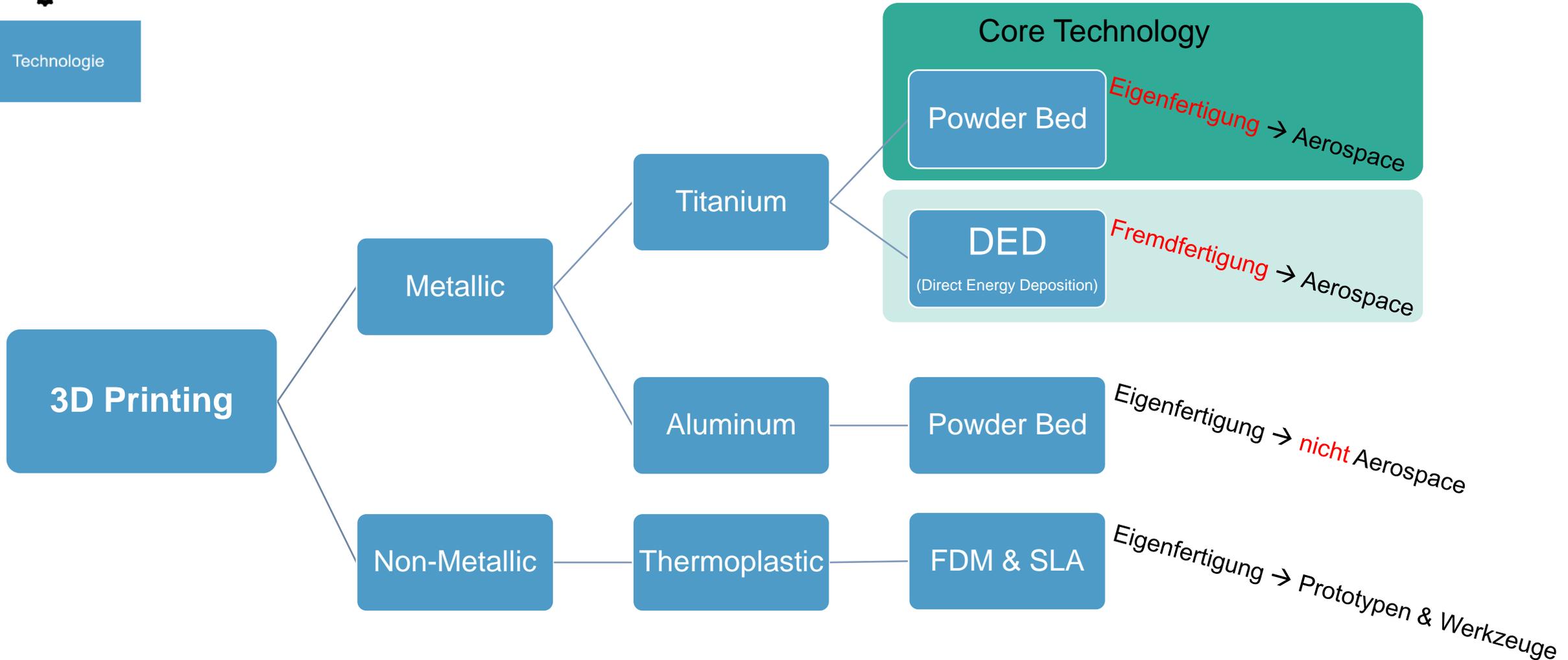
integral    differenzial  
Solid    Fachwerk  
parametrisiert  
Freiformflächen



# 3 Entwickeln von neuen Technologien, Materialien und Konstruktionsprinzipien



Technologie





# 3 Entwickeln von neuen Technologien, Materialien und Konstruktionsprinzipien



Material

## Ti6Al4V

- hohe Bruchdehnung/Duktilität

### Ti6Al4V – Blech

Dimension	<b>0,6 &lt; a &lt; 1,6 mm</b>		
Richtung	L		
Zug	Rp0,2	MPa	870
	Rm	MPa	<b>925</b>
	A	%	<b>8</b>

Dimension	1,6 < a < 6,0 mm		
Richtung	L		
Zug	Rp0,2	MPa	870
	Rm	MPa	<b>925</b>
	A	%	10

### Ti6Al4V – Platte

Dimension	6 < a < 12 mm		
Richtung	L		
Zug	Rp0,2	MPa	830
	Rm	MPa	<b>900</b>
	A	%	10

Dimension	<b>12 &lt; a &lt; 40 mm</b>		
Richtung	L		
Zug	Rp0,2	MPa	830
	Rm	MPa	<b>900</b>
	A	%	<b>8</b>

### Ti6Al4V – Additiv

Dimension	Wanddicke ≤ 20 mm		
Zug	Rp0,2	MPa	830
	Rm	MPa	<b>920</b>
	A	%	10

- Isotrop
- Reproduzierbar



# 3 Entwickeln von neuen Technologien, Materialien und Konstruktionsprinzipien

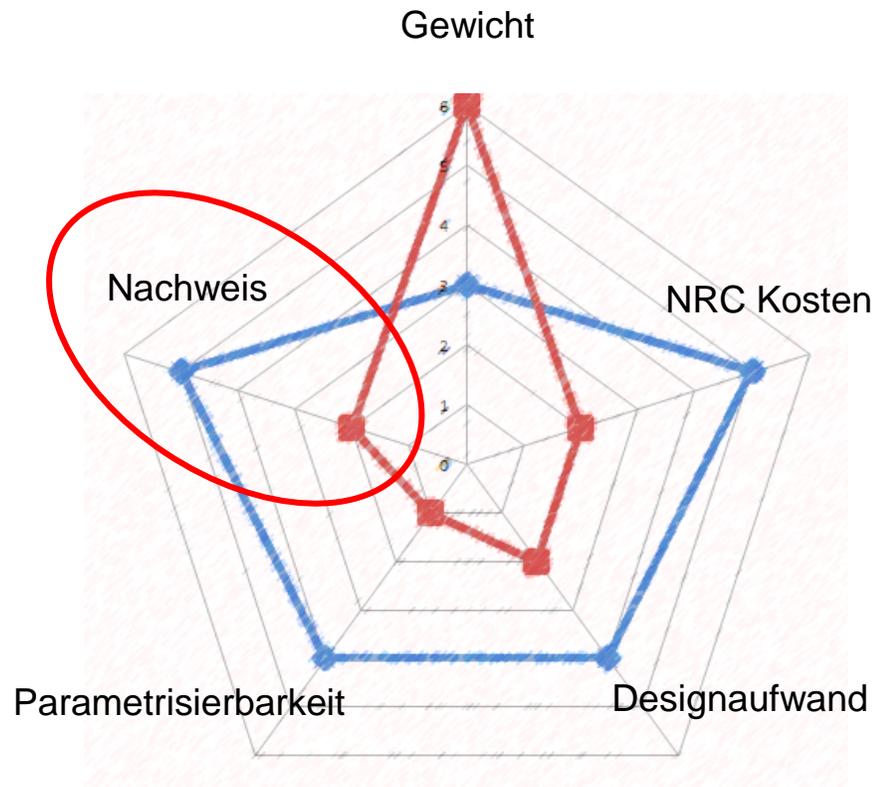


Konstruktions-  
prinzipien

*“Design for manufacturing”*



Skala: 0 (schlecht) – 6 (Sehr gut)



*“Design for weight and structure function”*



- Klassisch: A<sub>K</sub> = 11
- Topologie: A<sub>K</sub> = 4



# 3 Entwickeln von neuen Technologien, Materialien und Konstruktionsprinzipien



Konstruktions-  
prinzipien

*“Design for manufacturing”*



*“Design for weight and structure function”*



	Auslegungskriterien gleich
1	Linear statisch
2	Fest eingespannt
3	Kein plastifizieren erlaubt



# 3 Entwickeln von neuen Technologien, Materialien und Konstruktionsprinzipien



Konstruktions-  
prinzipien

Skala: 0 (schlecht) – 6 (Sehr gut)

Idee

- |                               |                                              |
|-------------------------------|----------------------------------------------|
| 1. Reduzieren und Analysieren | <i>Möglichkeiten- &amp; Problemerkennung</i> |
| 2. Konzipieren                | <i>Prinzipielle Festlegung</i>               |
| 3. Entwurf                    | <i>Gestalterische Festlegung</i>             |
| 4. Optimieren und Ausarbeiten | <i>Herstellungstechnische Festlegung</i>     |

Serienreife

***“Design for weight and structure function”***



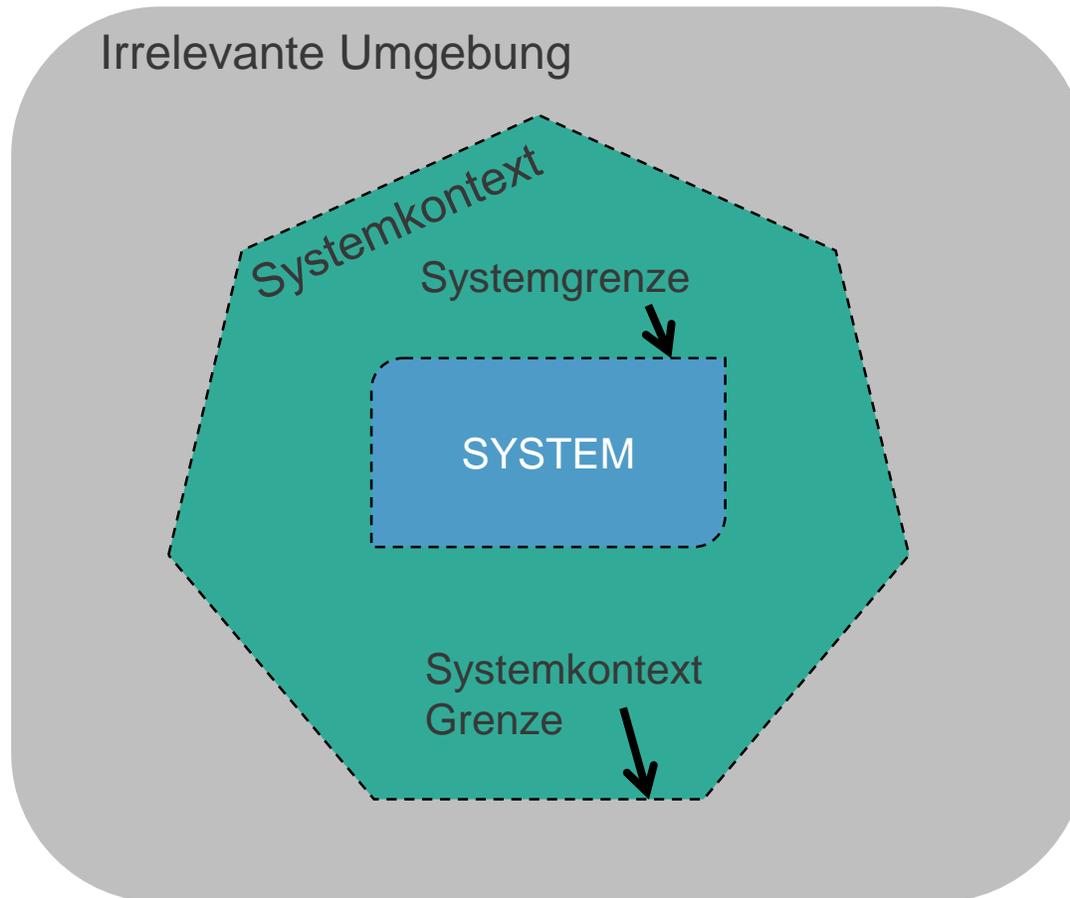
-  Klassisch:  $A_K = 11$
-  Topologie:  $A_K = 4$



# 3 Entwickeln von neuen Technologien, Materialien und Konstruktionsprinzipien



Konstruktions-  
prinzipien

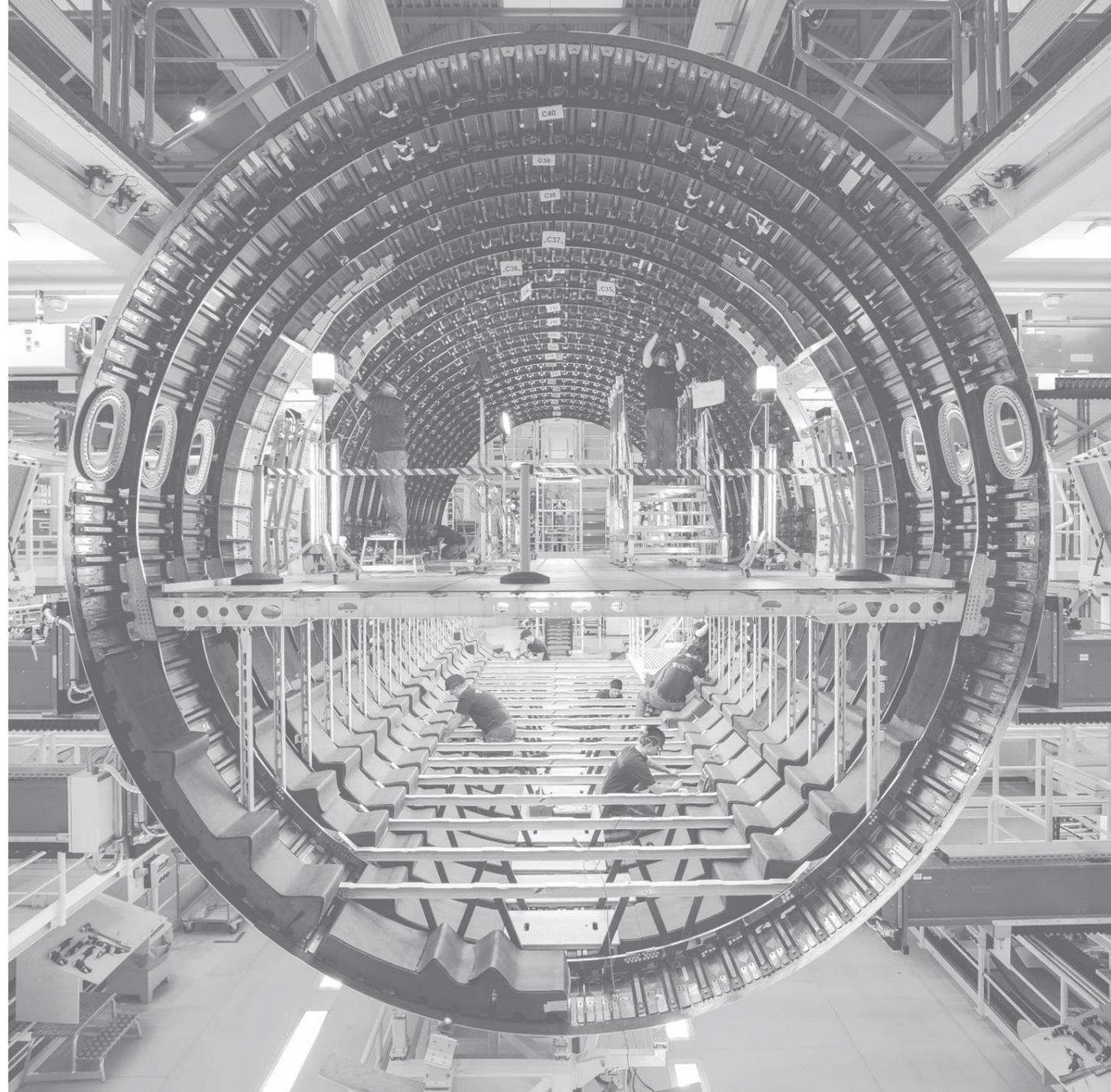


*“Design for weight and structure function”*



# Inhaltsverzeichnis

- 1 Firmenprofil
- 2 Was haben wir seit dem DLR Wissenschaftstag 2018 getan
- 3 Entwickeln von neuen Technologien, Materialien und Konstruktionsprinzipien
- 4 Testen (Validieren) & Verifizieren
- 5 Fazit, Lessons Learned





# 4 Testen (Validieren) & Verifizieren

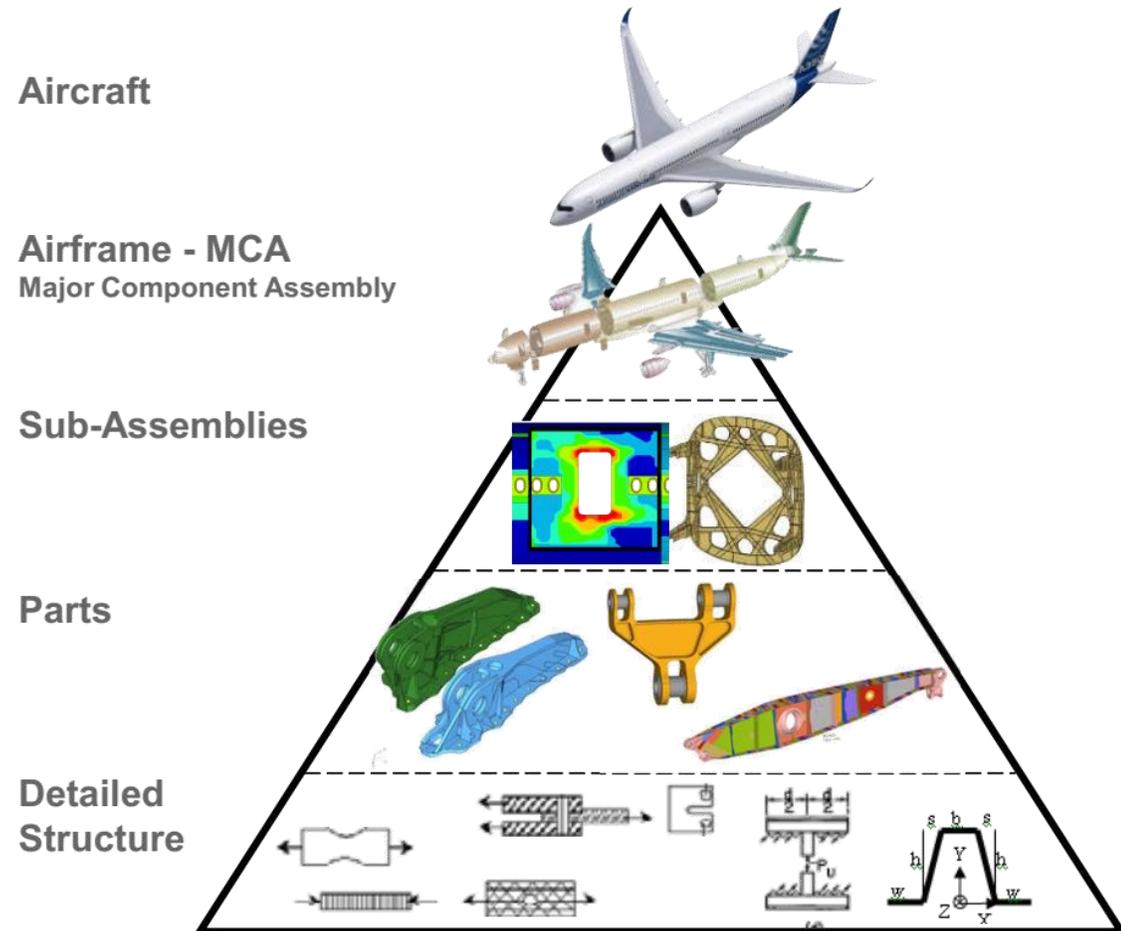
## Test Pyramide

### EASA – CS25

Neue Konstruktionsprinzipien mittels Test bestätigen

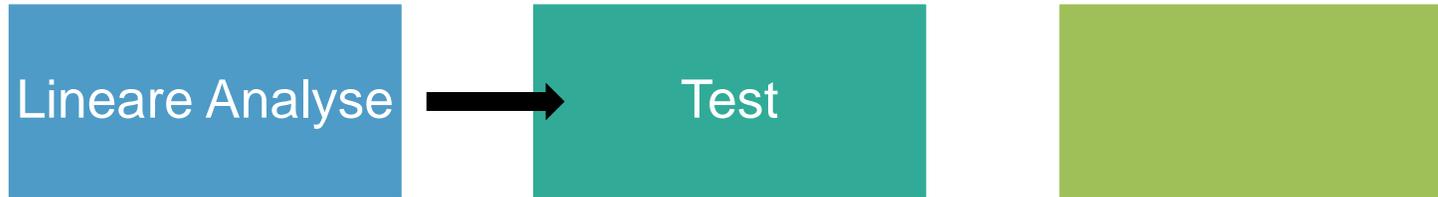
### EASA – Form 1

Bauteil wird mit übereinstimmenden und zugelassenen Konstruktionsprinzipien gefertigt





## 4 Testen (Validieren) & Verifizieren

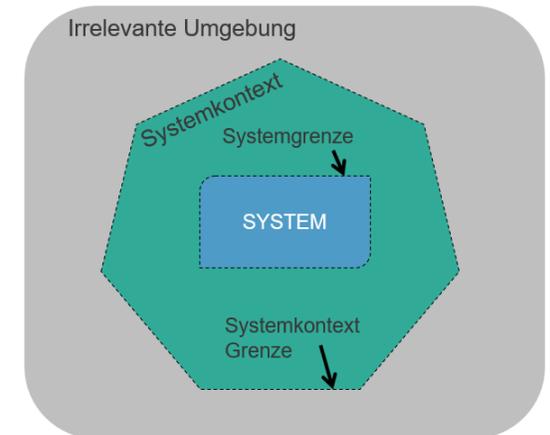


### 4.1 Lineare Analyse & statischer Abgleich

- Simulation linear statisch (NASTRAN SOL101)
  - Analyse bei folgendem Lastniveau:  
2,4kN (vorhergesagte Fehlerlast)

→ Testaufbau mit DMS\* und ARAMIS\*\*

→ Vorhersehbares Ergebnis, da sehr konservativ und innerhalb des angenommenen Systems



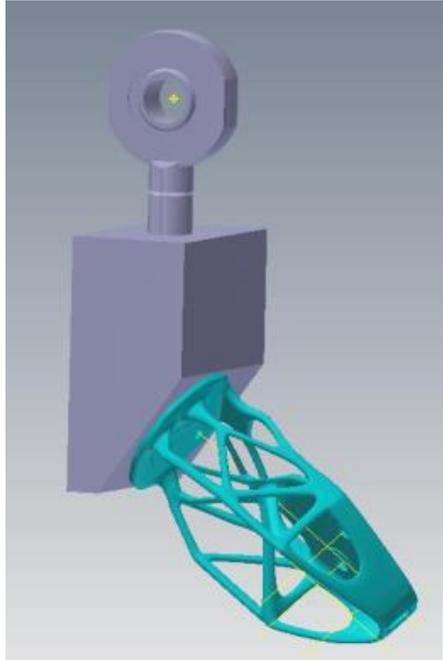
\* Dehnmessstreifen

\*\* Kamera gestützte Bewegungs- und Verformungsanalyse

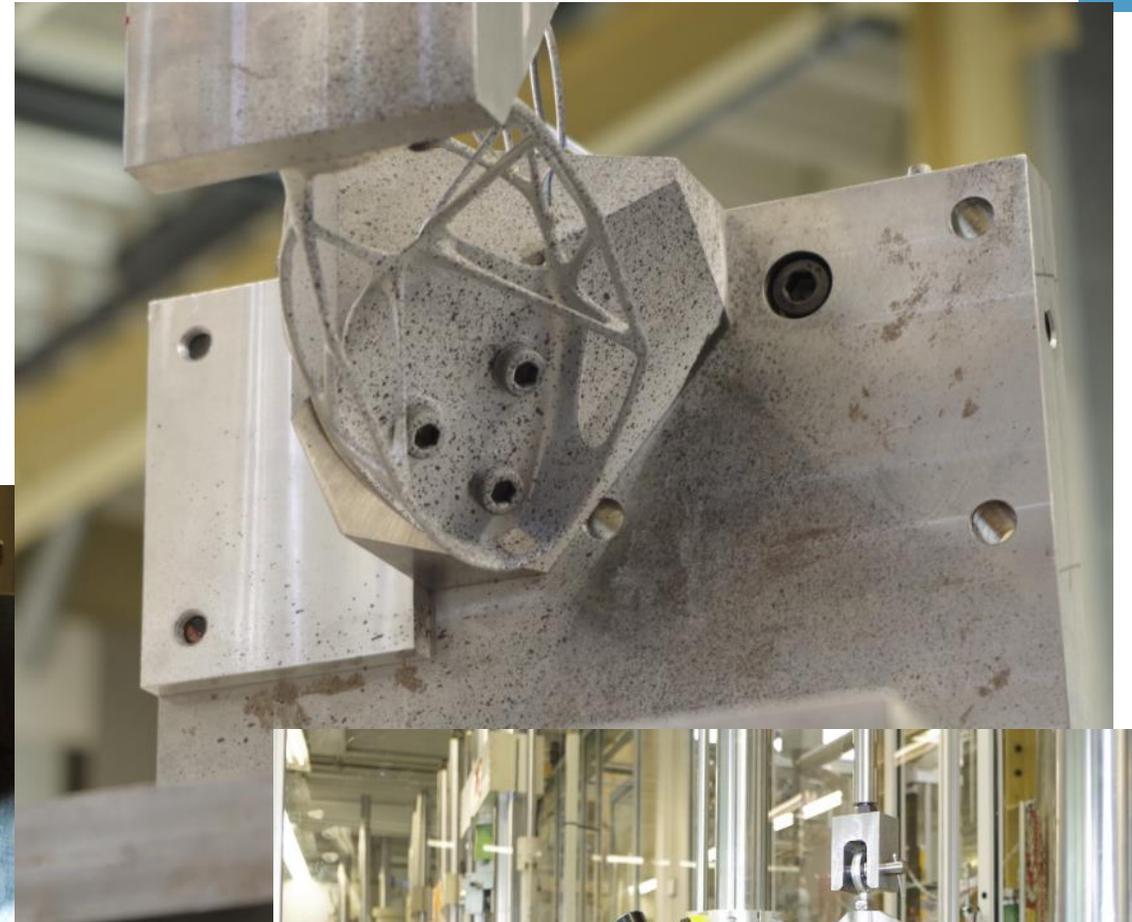


# 4 Testen (Validieren) & Verifizieren

## 4.1 Lineare Analyse & statischer Abgleich



DMS



ARAMIS

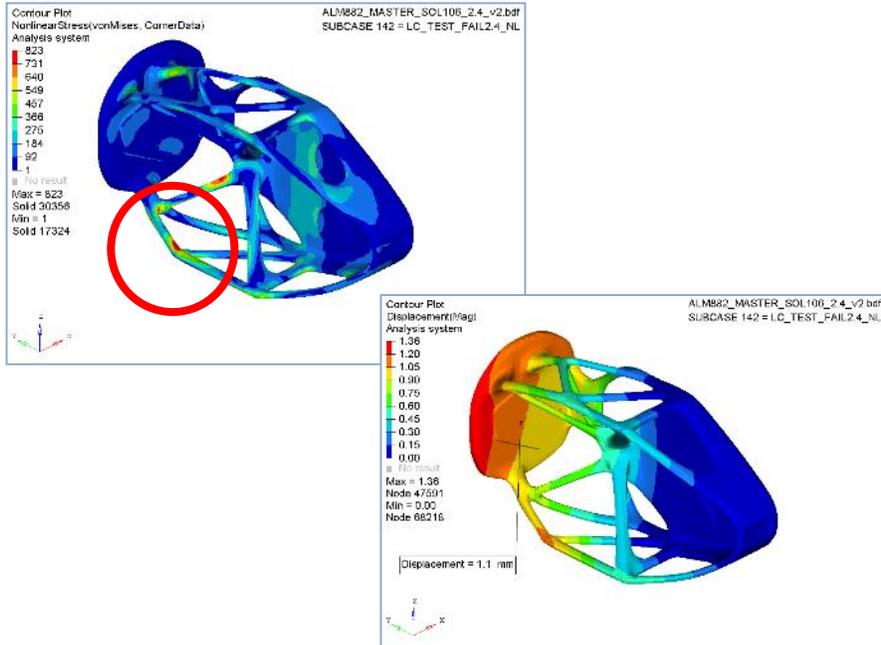




# 4 Testen (Validieren) & Verifizieren

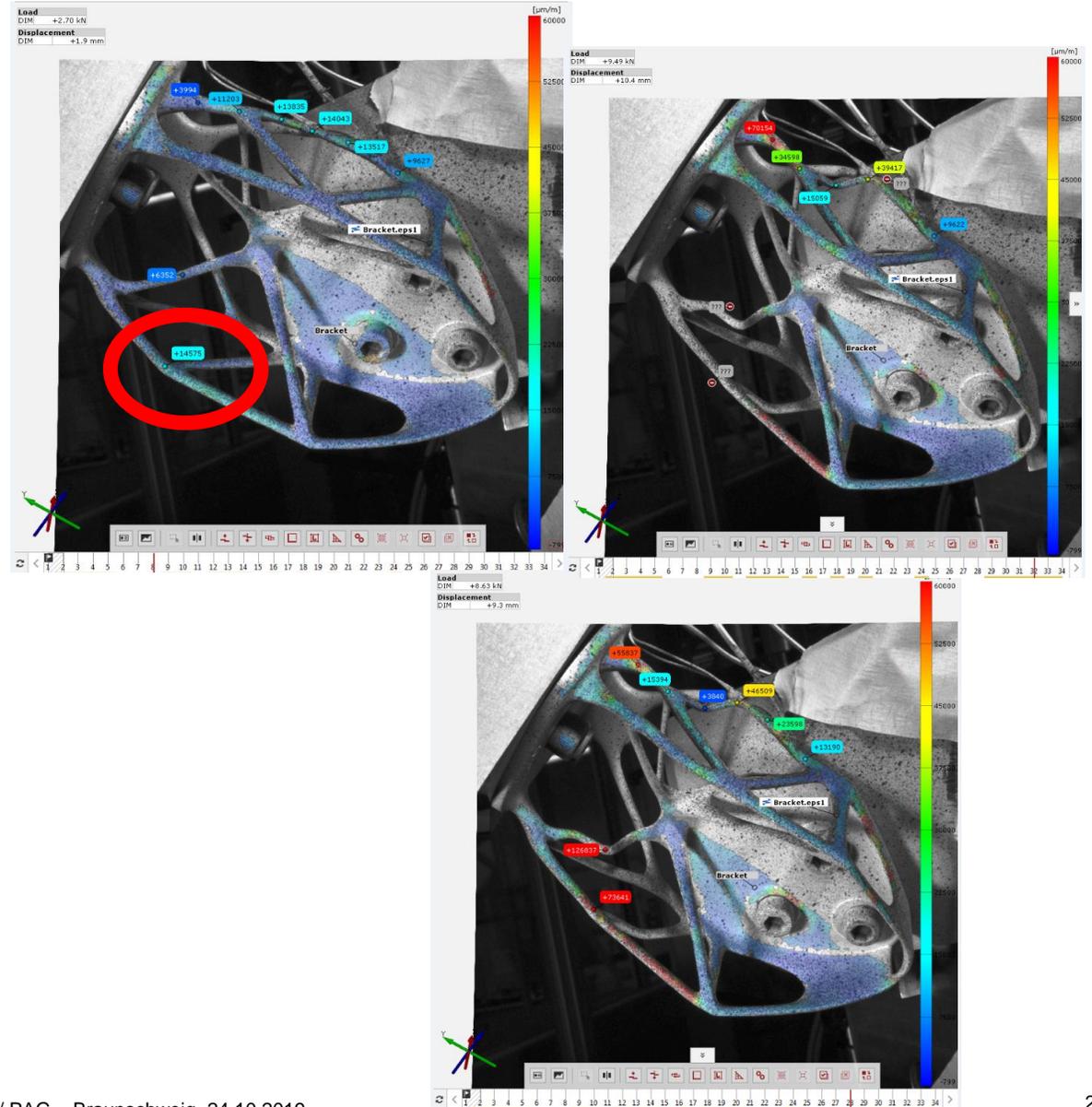
## 4.1 Lineare Analyse & statischer Abgleich

### Simulation



	Step 1	Step 2
Displacement:	1,10 mm	1,90 mm
Force:	2,4 kN	2,70 kN
Stress:	823 MPa	850 MPa

### Test

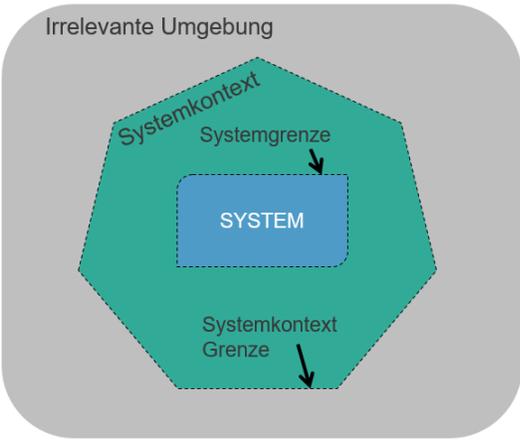




# 4 Testen (Validieren) & Verifizieren

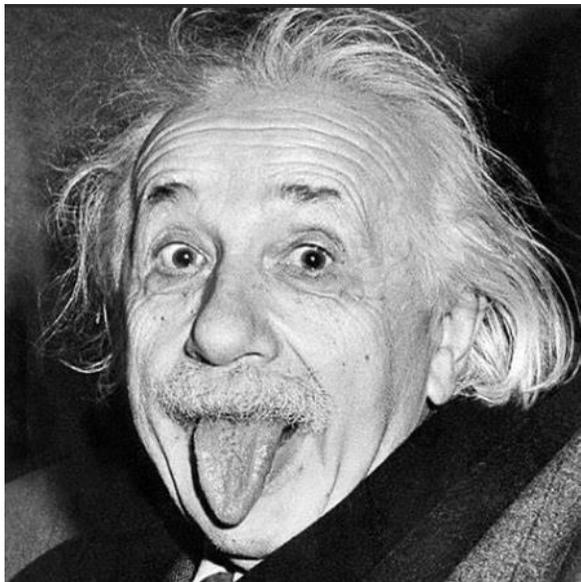
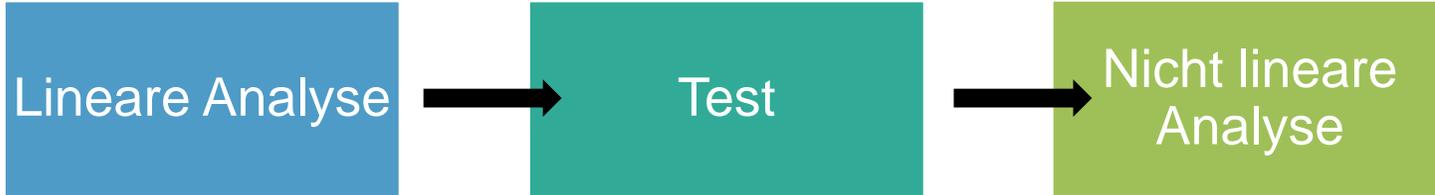
## 4.1 Lineare Analyse & statischer Abgleich

- Konstruktionsprinzipien bestätigt
- Potential des Bauteils NICHT ausgeschöpft
- System verlassen





# 4 Testen (Validieren) & Verifizieren

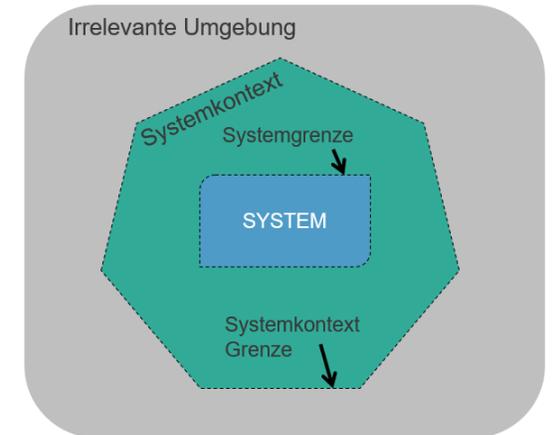


## 4.1 Lineare Analyse & statischer Abgleich

- Simulation linear statisch (NASTRAN SOL101)
  - Analyse bei folgendem Lastniveau:  
2,4kN (vorhergesagte Fehlerlast)
- ➔ Faktor 4 höhere Last möglich, ABER Systemgrenzen verletzt

## 4.2 Nicht Lineare Analyse

- Simulation nicht linear statisch (NASTRAN SOL106 und ABAQUS)
  - 8,89kN (maximal errechnete Fehlerlast inkl. Lastumlagerungen)





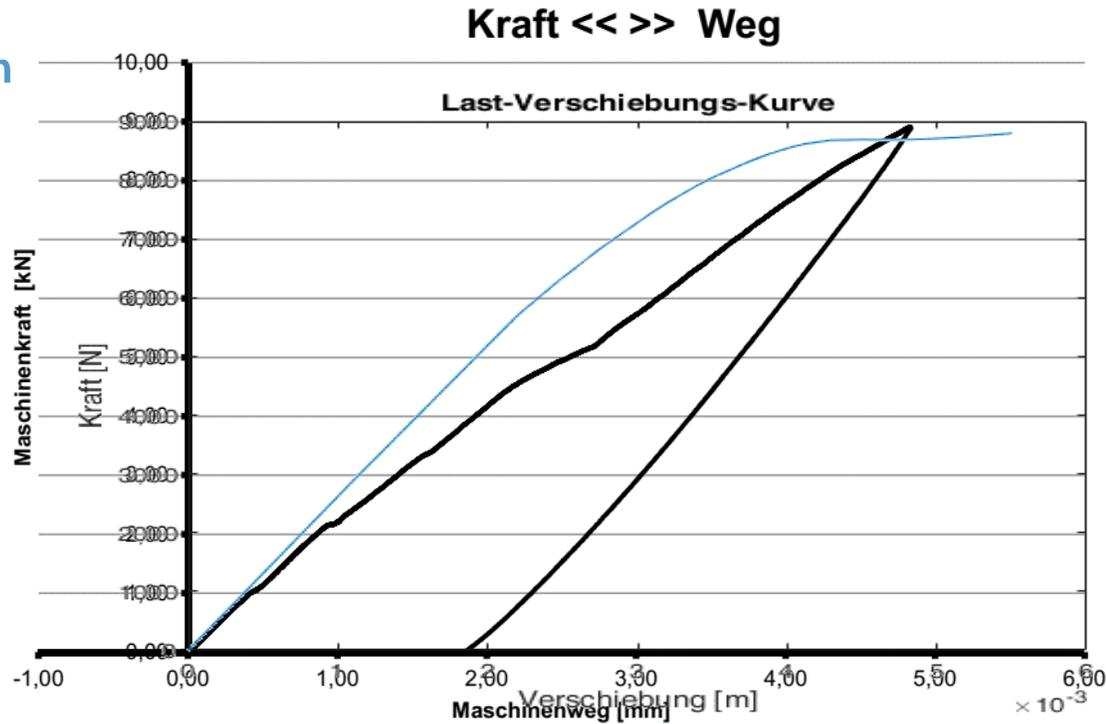
# 4 Testen (Validieren) & Verifizieren

## 4.2 Nicht Lineare Analyse



→ Simulation

→ Test



→ Geometrische Nichtlinearität auf Gesamtstruktur, ABER keine Einschnürung

→ Einschnürung mittels Materialmodell modellieren



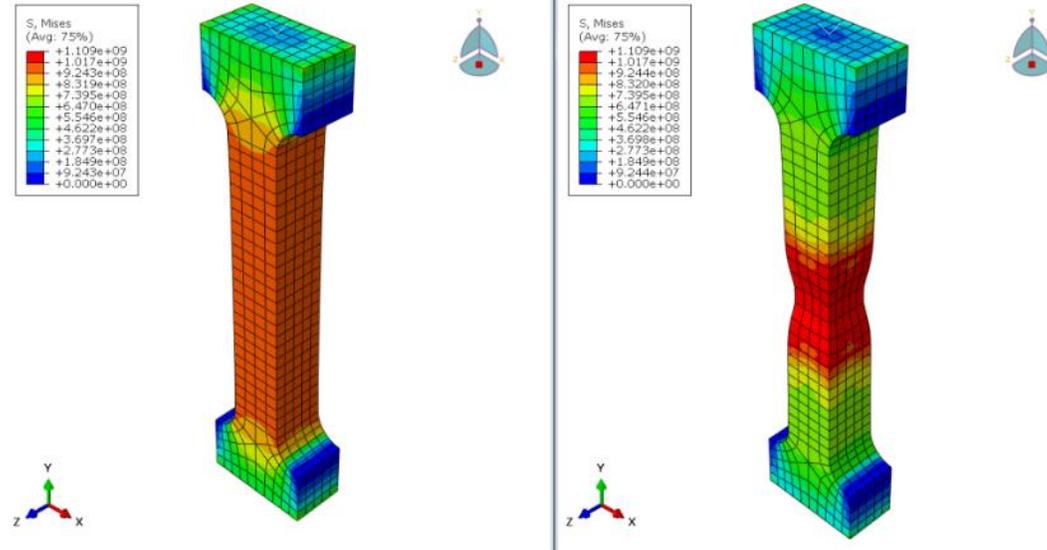
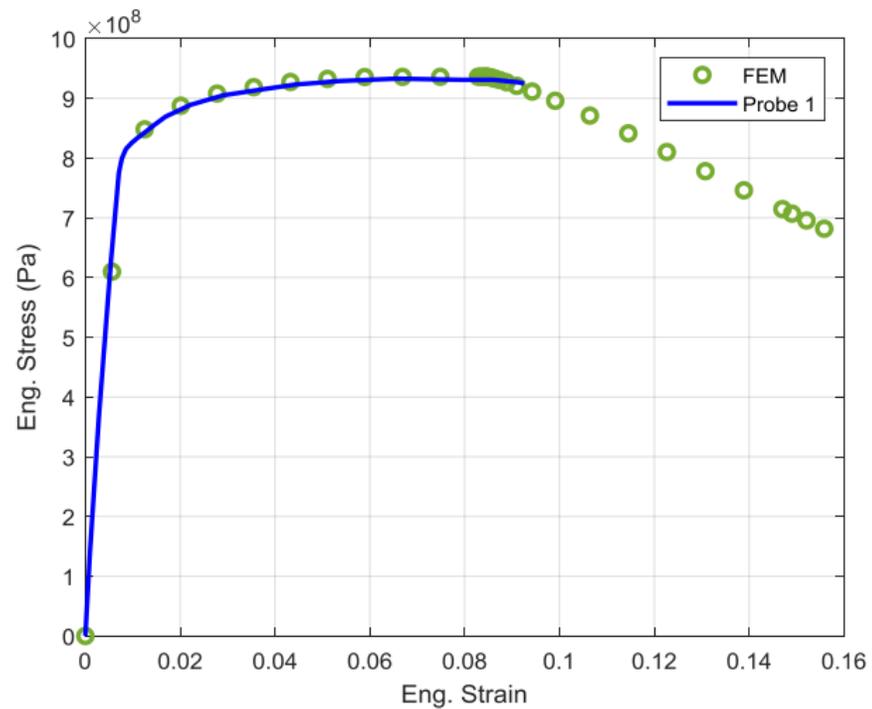
# 4 Testen (Validieren) & Verifizieren

## 4.2 Nicht Lineare Analyse

### Simulation

➔ Plastischen Bereich für Materialmodell modellieren

➔ Einschnürung mittels Materialmodell modellieren



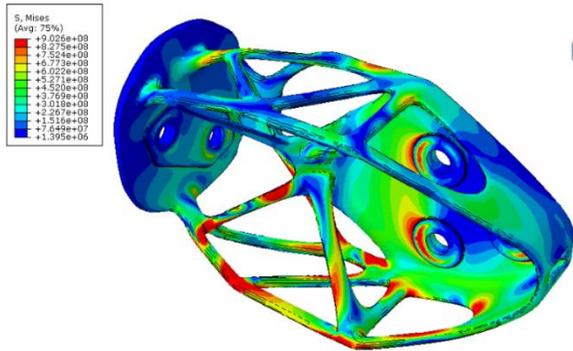


# 4 Testen (Validieren) & Verifizieren

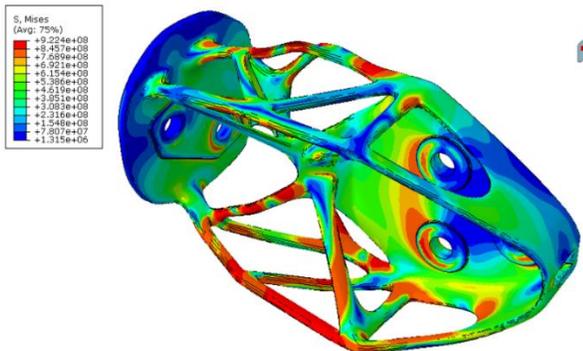
## 4.2 Nicht Lineare Analyse

### Simulation

- Static linear

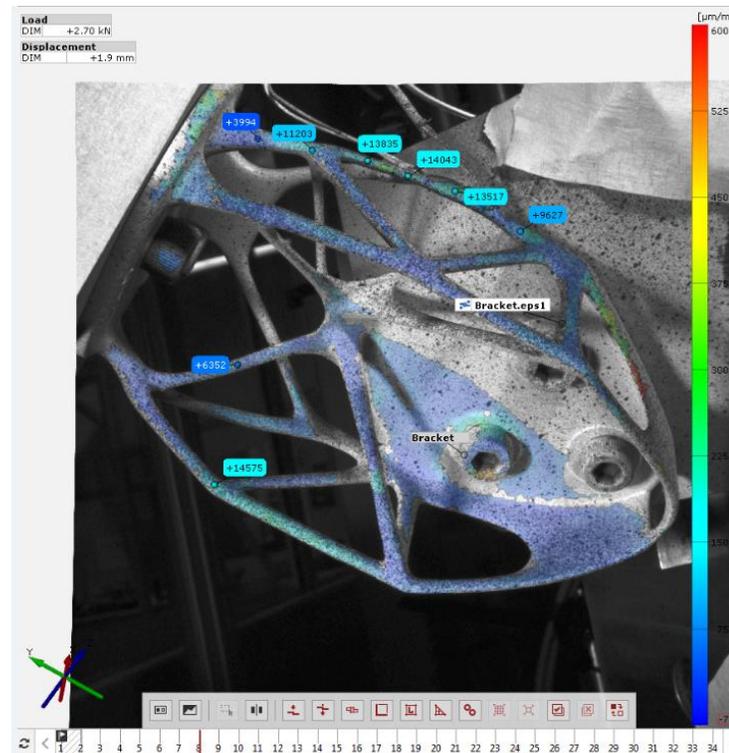


- Static non linear



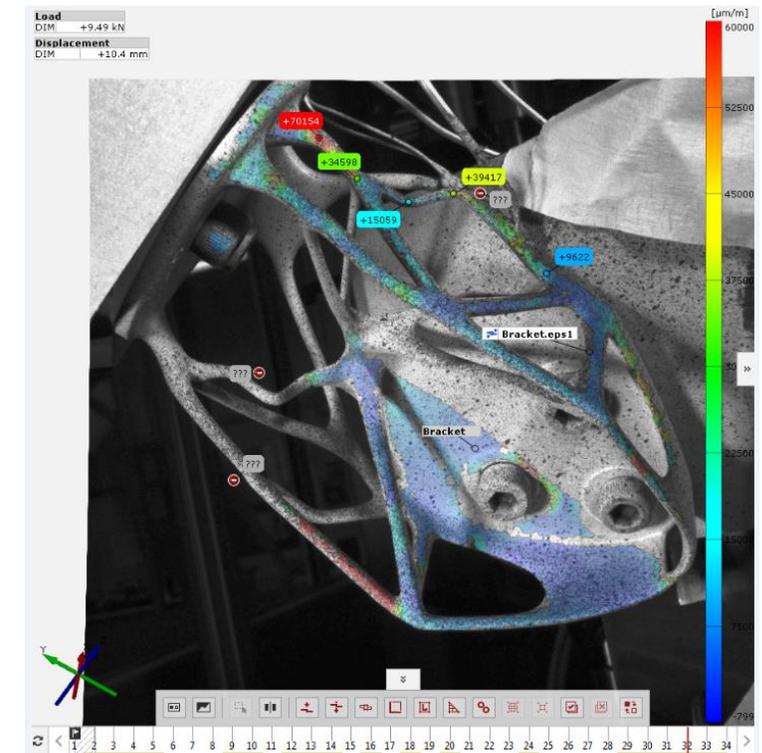
### Test

- Static linear



### Test

- Static non linear

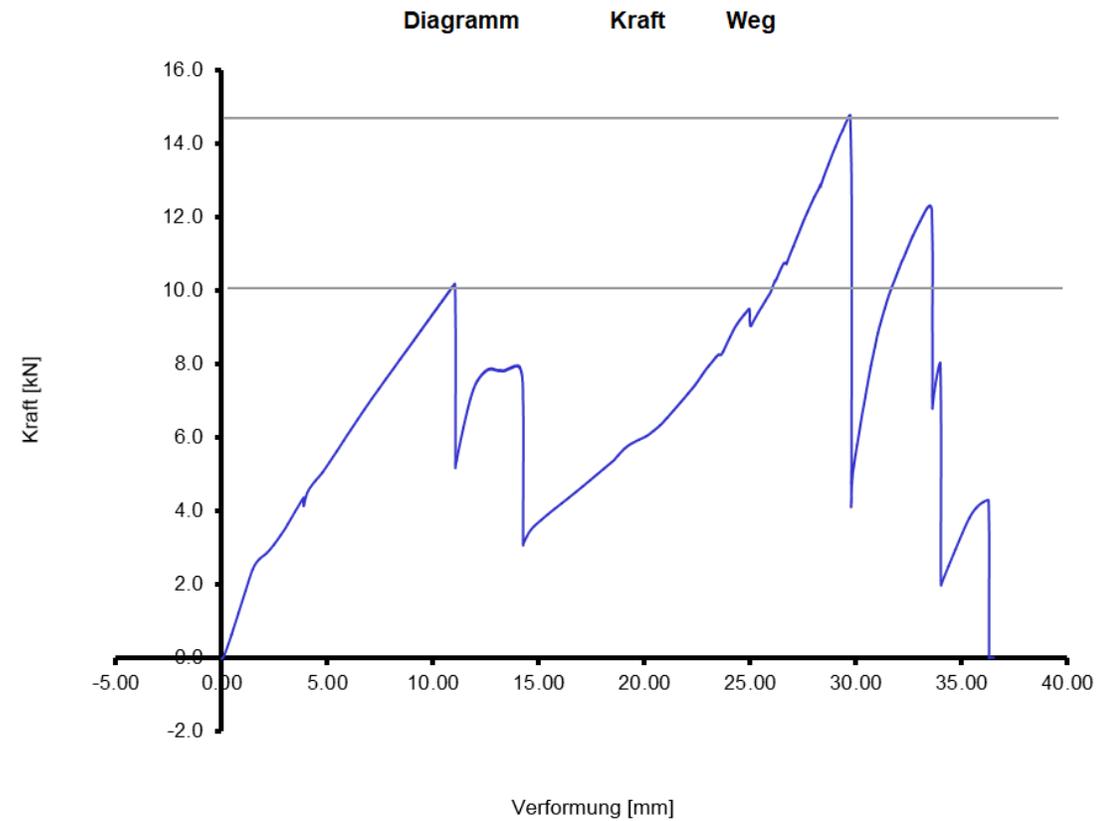




## 4 Testen (Validieren) & Verifizieren

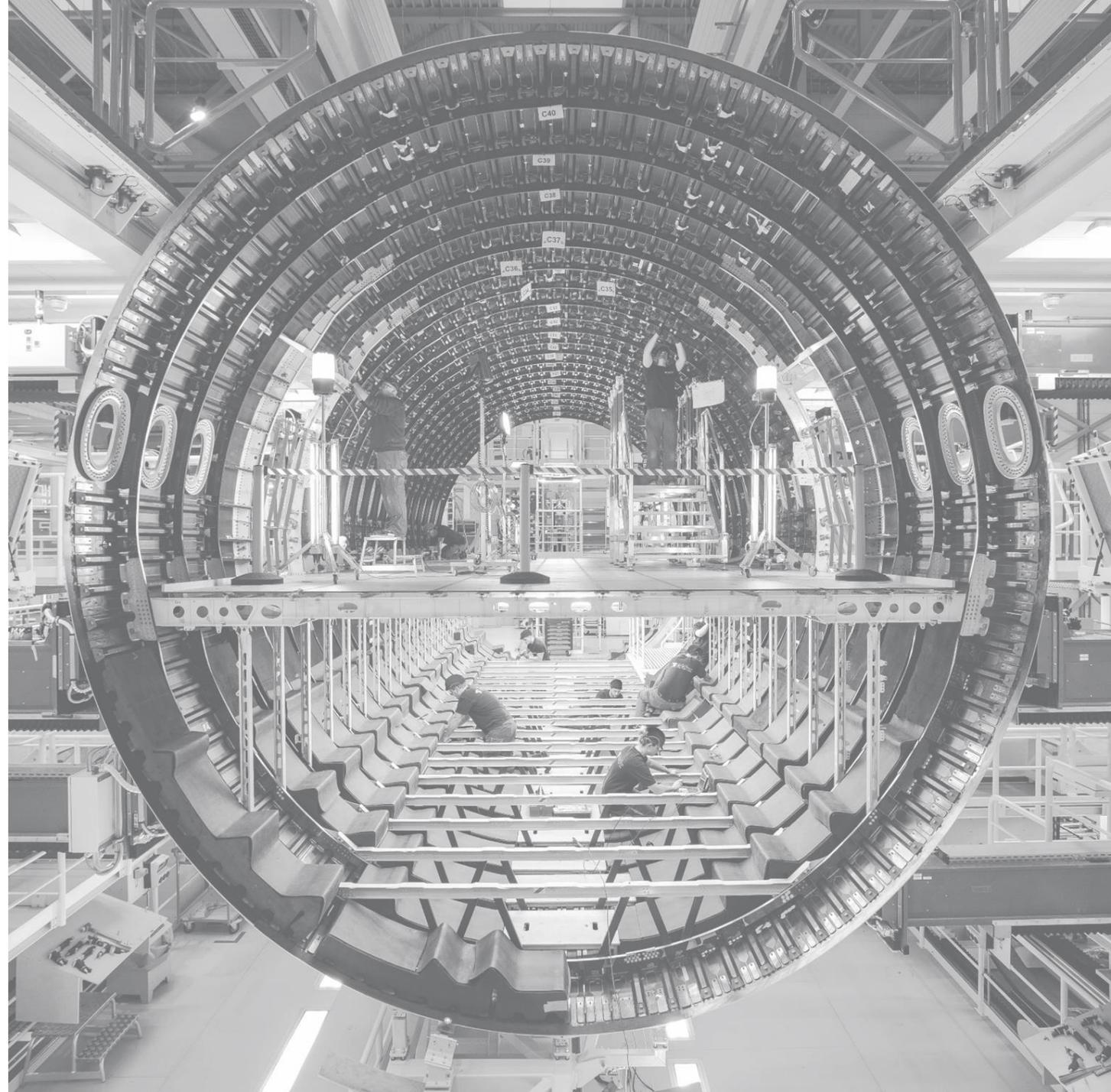
Schädliche Deformation sind mit:

- CS25.305 (a) nicht zulässig
- CS25.305 (b) zulässig



# Inhaltsverzeichnis

- 1 Firmenprofil
- 2 Was haben wir seit dem DLR Wissenschaftstag 2018 getan
- 3 Entwickeln von neuen Technologien, Materialien und Konstruktionsprinzipien
- 4 Testen (Validieren) & Verifizieren
- 5 Fazit, Lessons Learned





## 5 Fazit, Lessons Learned

- Situation mit Simulation im LINEAREN Bereich 1:1 abbildbar
- Situation mit Simulation im NICHT LINEAREN Bereich abbildbar, ABER abhängig

Randbedingungen	Versagensmodus
globale Steifigkeitsbetrachtung ausreichend	Maximale Versagenskraft
globale Steifigkeitsbetrachtung sowie lokale Effekte wie Einschnürungen berücksichtigen	Deformationen und Wege

### FAZIT

1. Physikalisches Testen unabdingbar
2. Losgelöste Betrachtung von Konstruktionsprinzipien
3. Betrachtung der ganzen Entwicklungs-, Fertigungs- und Testprozesskette
  - Vorteil Premium AEROTEC GmbH:
    - Engineering, Fertigung und Testlabor im eigenen Haus
    - Entwickler hat vollkommene Prozesskette im Blick

Vielen Dank  
für Ihre Aufmerksamkeit!



[www.premium-aerotec.com](http://www.premium-aerotec.com)