
Leichtbau und Composites – Impulsvortrag

DI Dr. Roland Hinterhölzl

Leiter Studiengang Leichtbau und Composite-Werkstoffe
Professur für Faserverbundwerkstoffe

HAGENBERG | LINZ | STEYR | WELS



UNIVERSITY
OF APPLIED SCIENCES
UPPER AUSTRIA



[Heinz Zak]

Leichtbau: die für die Aufgabe benötigten Eigenschaften mit möglichst geringem Werkstoffeinsatz und möglichst geringem Gewicht unter Berücksichtigung der Nachhaltigkeit und der Wirtschaftlichkeit zu erreichen.



[Heinz Zak]

Leichtbau: die für die Aufgabe benötigten Eigenschaften mit möglichst geringem Werkstoffeinsatz und möglichst geringem Gewicht unter Berücksichtigung der Nachhaltigkeit und der Wirtschaftlichkeit zu erreichen.

Agenda

- **Leichtbau mit Composites**
- **Simulation as Built**
- **Studiengang Leichtbau und Composite-Werkstoffe**
- **Zusammenfassung - Ausblick**

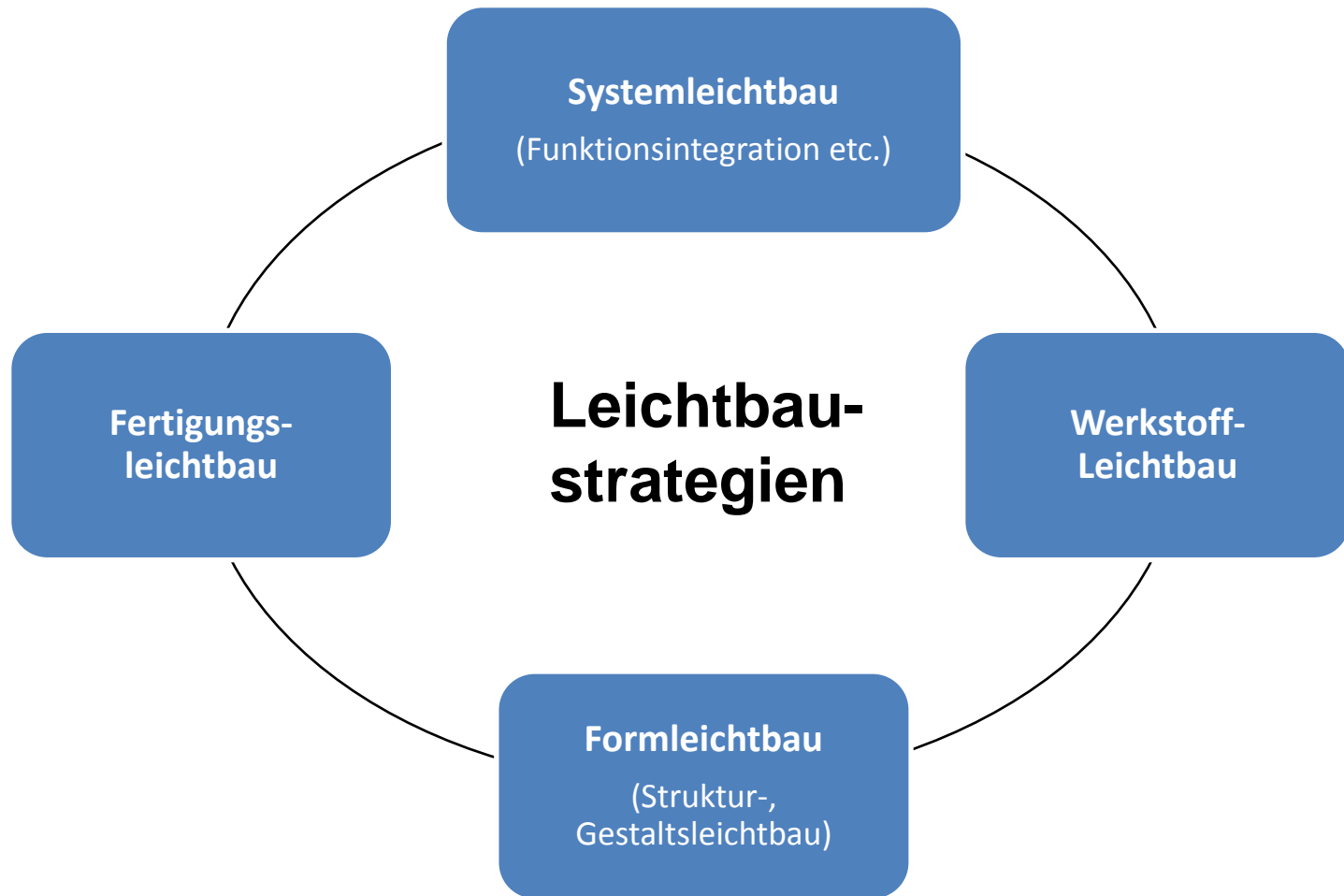
Leichtbau mit Composites

HAGENBERG | LINZ | STEYR | WELS



UNIVERSITY
OF APPLIED SCIENCES
UPPER AUSTRIA

Leichtbaustrategien



Black Metal Design

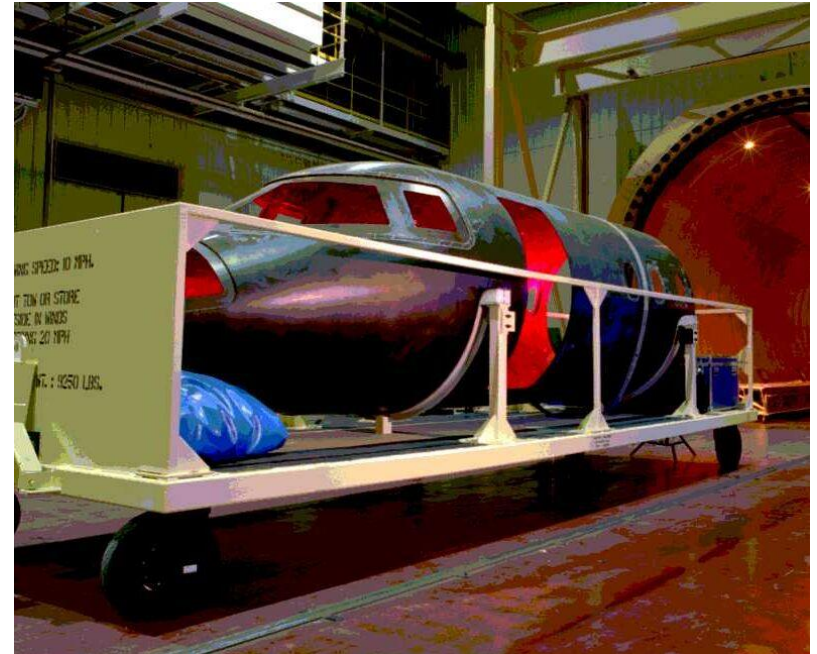


[Boeing]

B787 Composite Fuselage

⇒ Nütze den Dichteunterschied zwischen CFK und Al

Sandwich Design



[Raytheon]

Raytheon Aircrafts - Hawker Horizon

⇒ Nütze Flächenträgheitsmoment

Composite vs. Metall am Beispiel Druckschott



Abb. 1: Metallisches Druckschott



Abb. 2: Composite Druckschott

Lastpfadgerechte Faserausrichtung



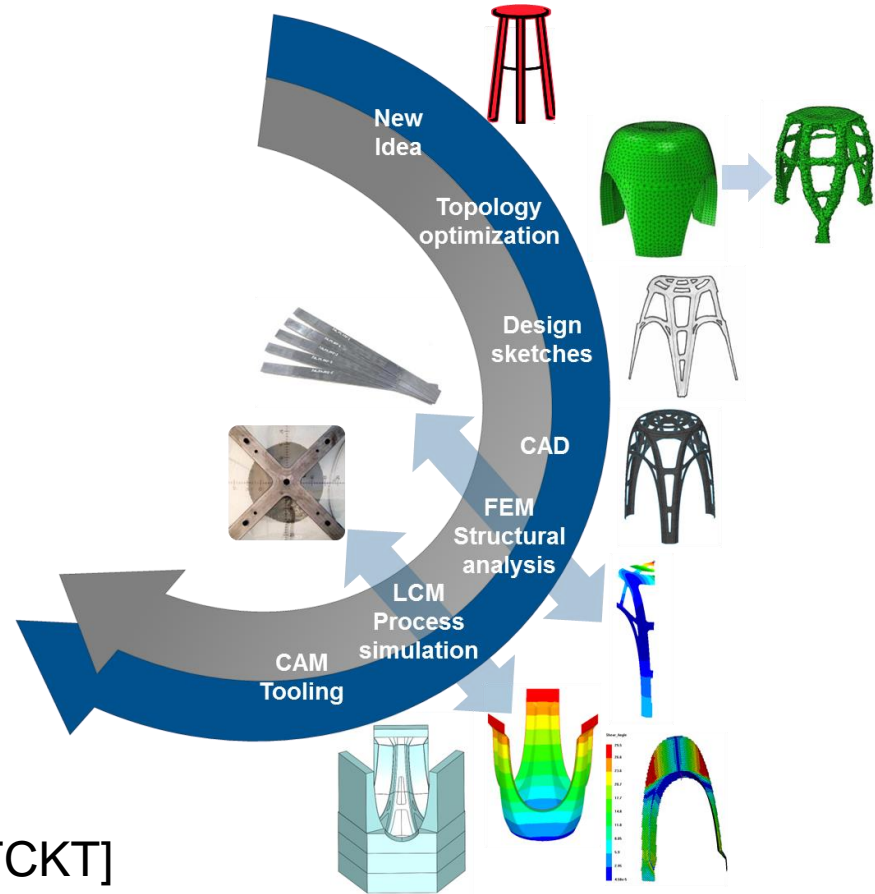
750 g



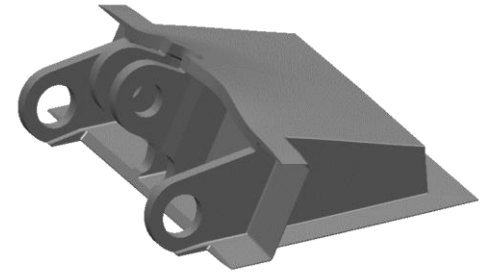
Lastpfadgerechte Faserausrichtung



750 g [Michael Thor, FH Wels, TCKT]



Integrale Bauweise am Beispiel: Redesign A 340 Spoiler



A340 CFK Mittelbeschlag [FACC]

Ziele:

- Gewichtsreduktion: 20%
- Kostenminimierung durch Umstieg auf Einschusstechnik

Erforderliche Neuheiten:

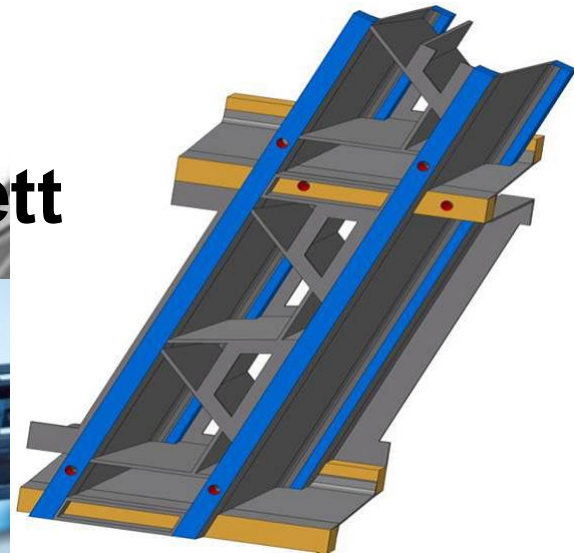
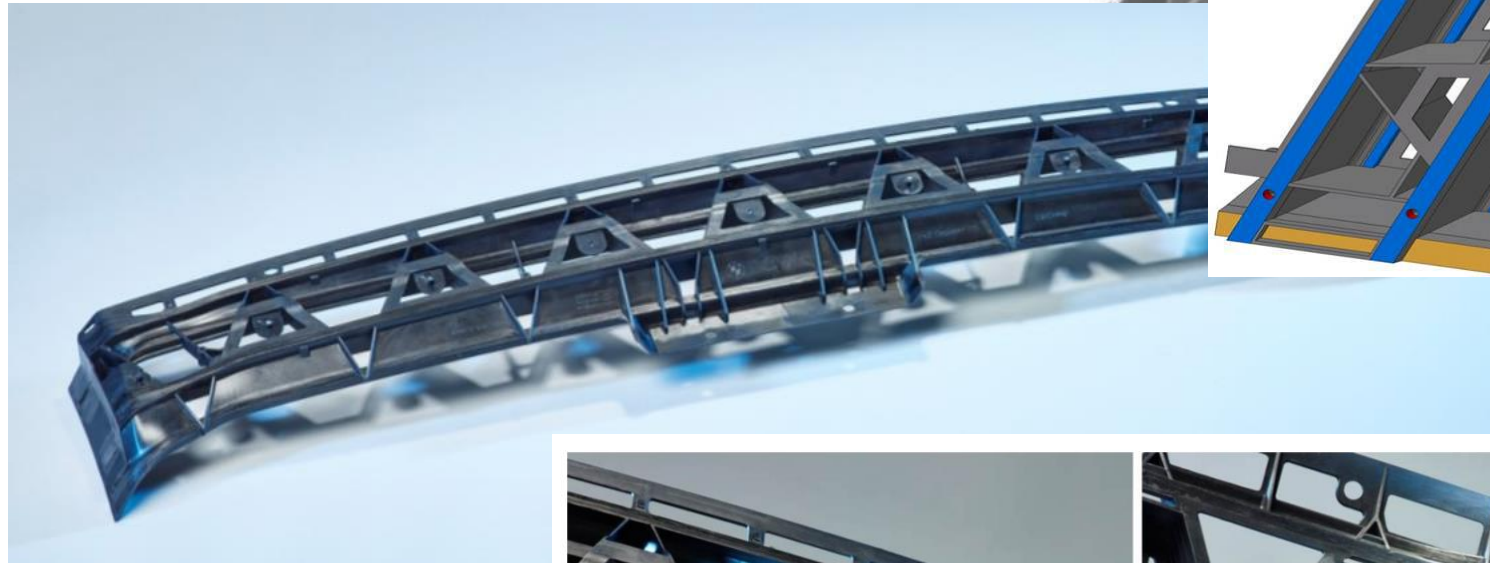
- Entwicklung eines CFK Beschlags, der in RTM unter Verwendung eines schlagzähen Epoxidharzsystems gefertigt wird.
- Integration des CFK Beschlags in den Klebekörper
- Installation eines Lagers in ein CFK Auge



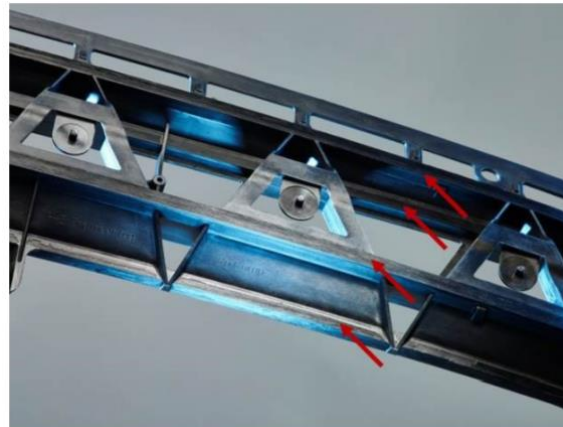
[FACC]

Integrale Bauweise

Beispiel MAI Skelett/Multiskelett



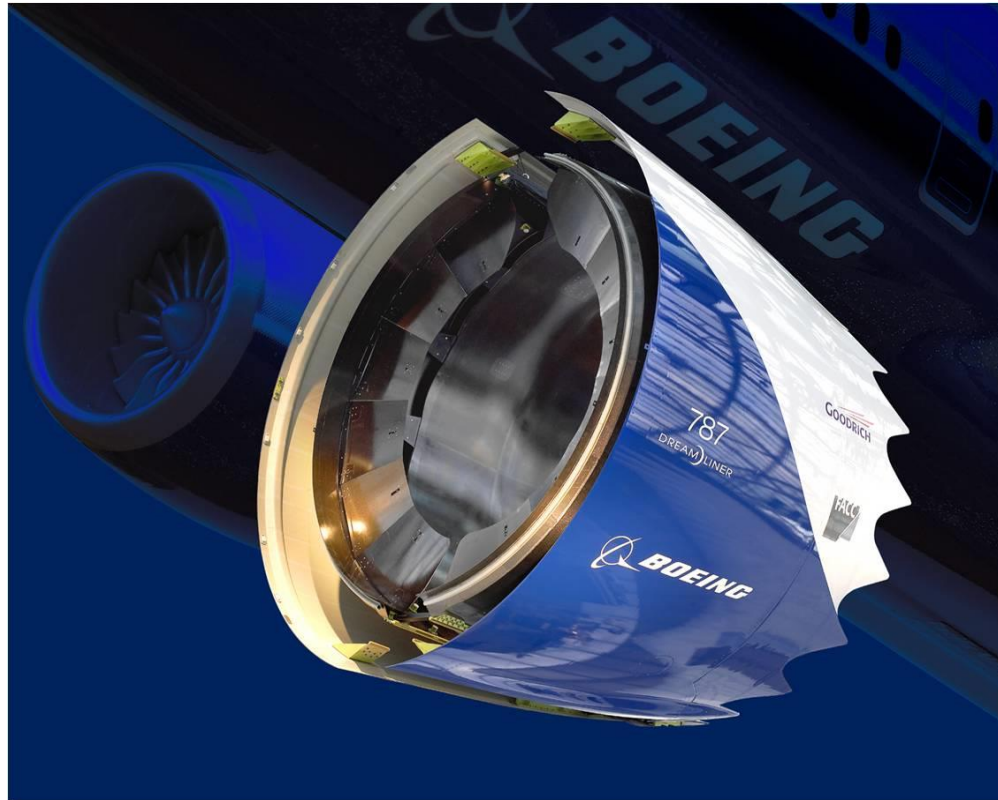
[MAI Skelett/Multiskelett]



Last Abtragung hauptsächlich über 4 pultrudierte TP PA6 Profile (rote Pfeile)

Funktionsintegration

Beispiel Schallreduktion



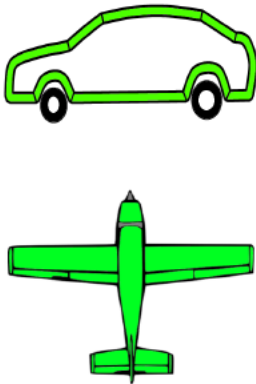
B787 Thrust Reverser

[FACC]

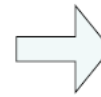
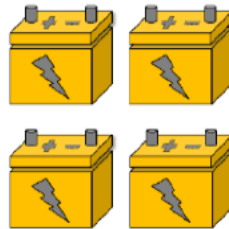
Funktionsintegration

Beispiel Strukturelle Batterien -> Forschung

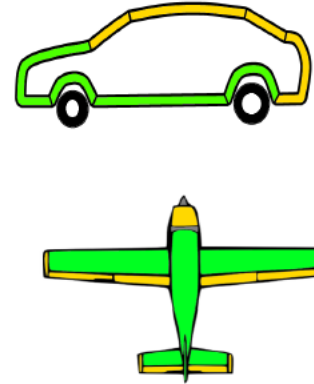
*Mechanical
structure, m_s*



*Rechargeable
battery pack, m_b*



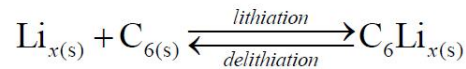
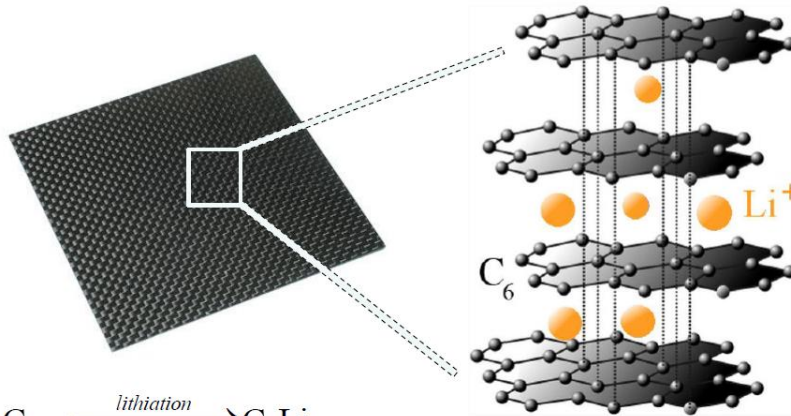
*Structural battery, m_{sb}
 $m_{sb} < m_s + m_b$*



[Dan Zenkert, 2014]

Funktionsintegration

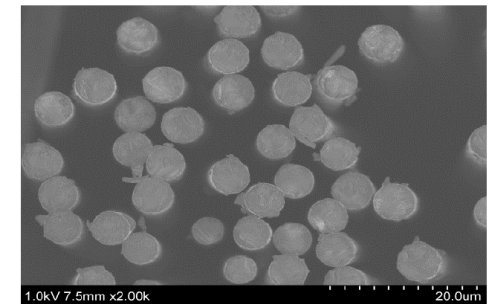
Beispiel Strukturelle Batterien -> Forschung



Graphitic structure enables lithium-ion intercalation (by diffusion)

[Dan Zenkert, 2014]

8.5 to 10% (or more!) increase in cross-section area when fully lithiated (0.1C)



IMS65

Jacques et al, Carbon, Vol 59, pp 246-254, 2013

Development and Testing of Shape Adaptive CFRP Door Beam

Realization of shape adaptive CFRP structure
Successful concept and design
Successful application of Hybrid-Matrix Approach



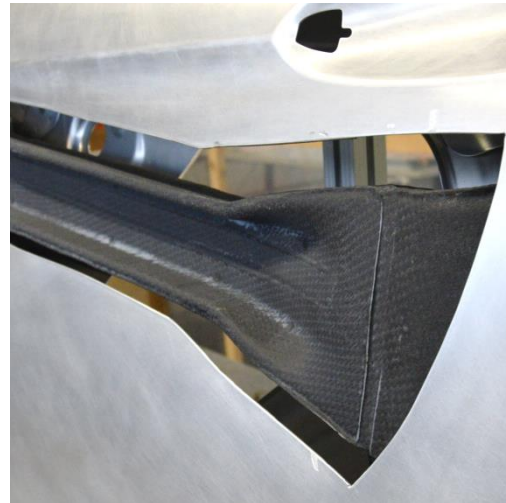
Promising crash performance

Strong increase in stiffness (100%)

Strong reduction of deflection (20%)

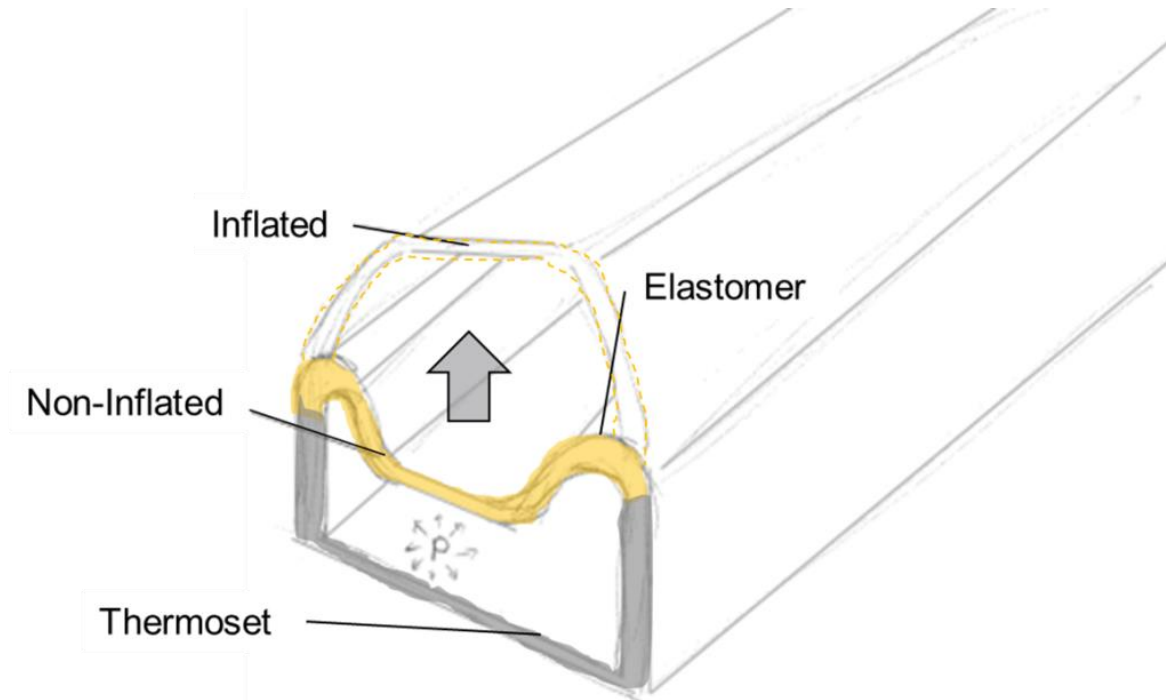
Strong shift of force level

Convinced all project partners



[Jan Krollmann, TUM-LCC]

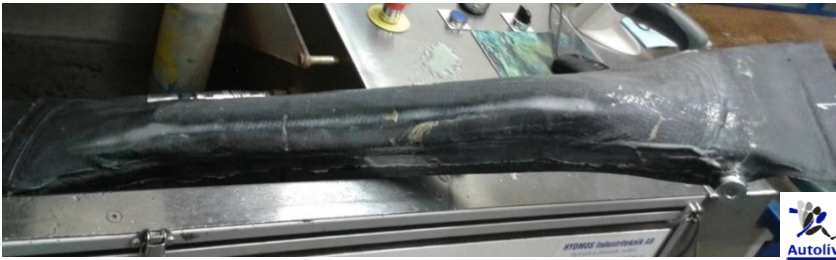
Concept and Design



[Jan Krollmann, TUM-LCC]

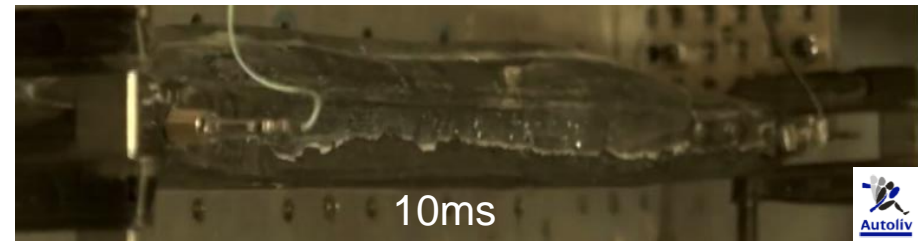
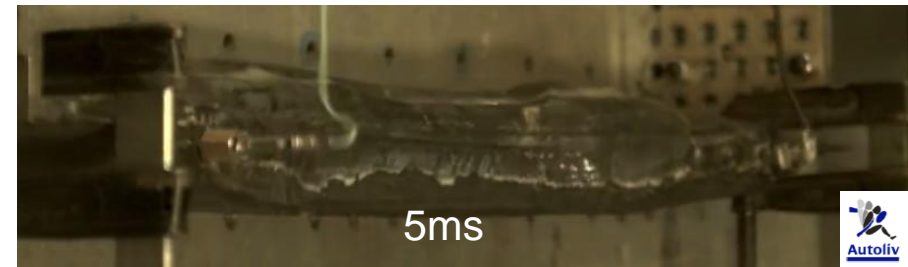
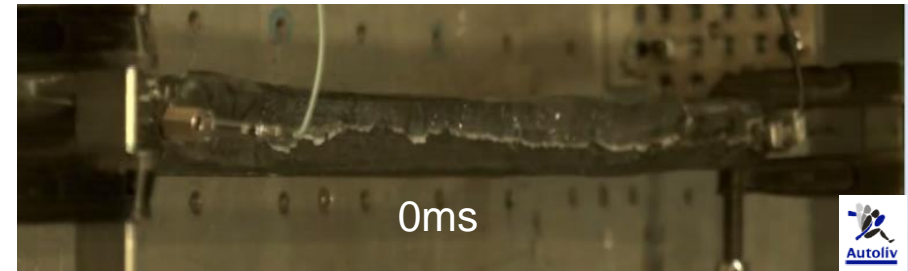


Static pressurization



- Static: no failure up to 50 bar
- Dynamic: fully deployed in 5-10 ms
- No leakage
- No structural failure due to change in shape

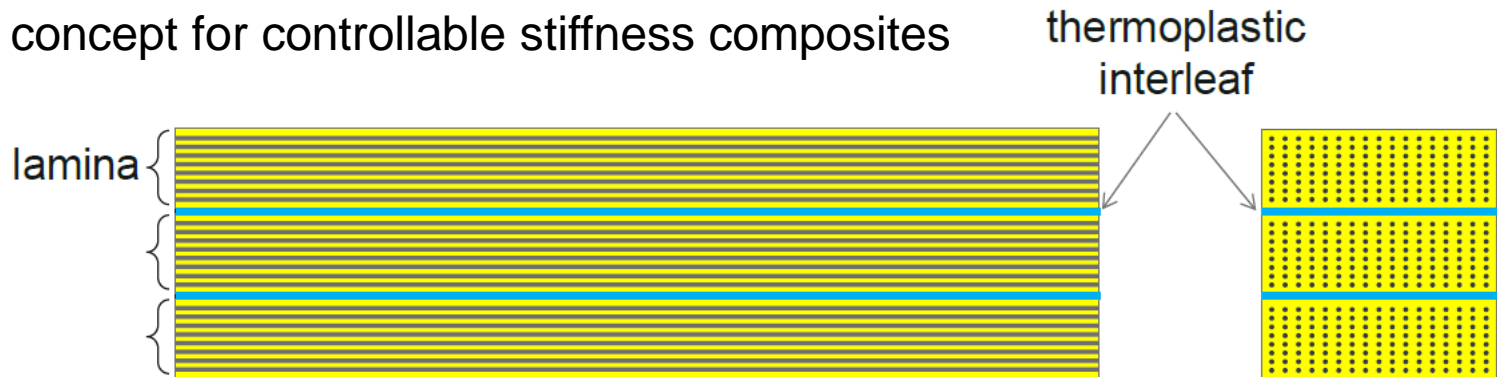
Dynamic pressurization



[Jan Krollmann, TUM-LCC]

Morphing Structures

Interleaf concept for controllable stiffness composites

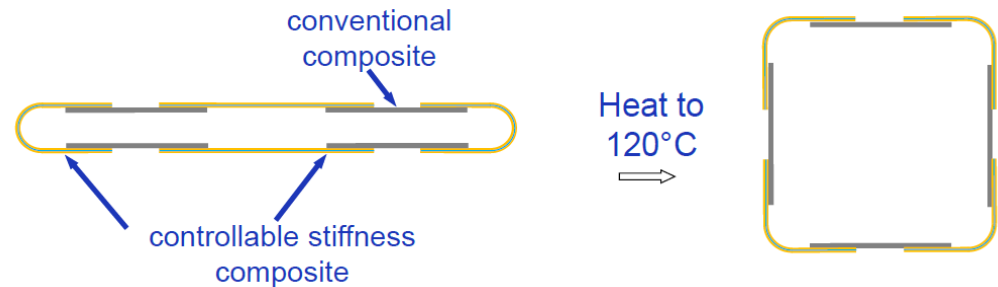


Ref.: H.A. Maples et al. *Composites Sci. Technol.* **105** (2014) 134 - 143.

Thermoset composite with thermoplastic interleaf layers (top) and after deformation (bottom)



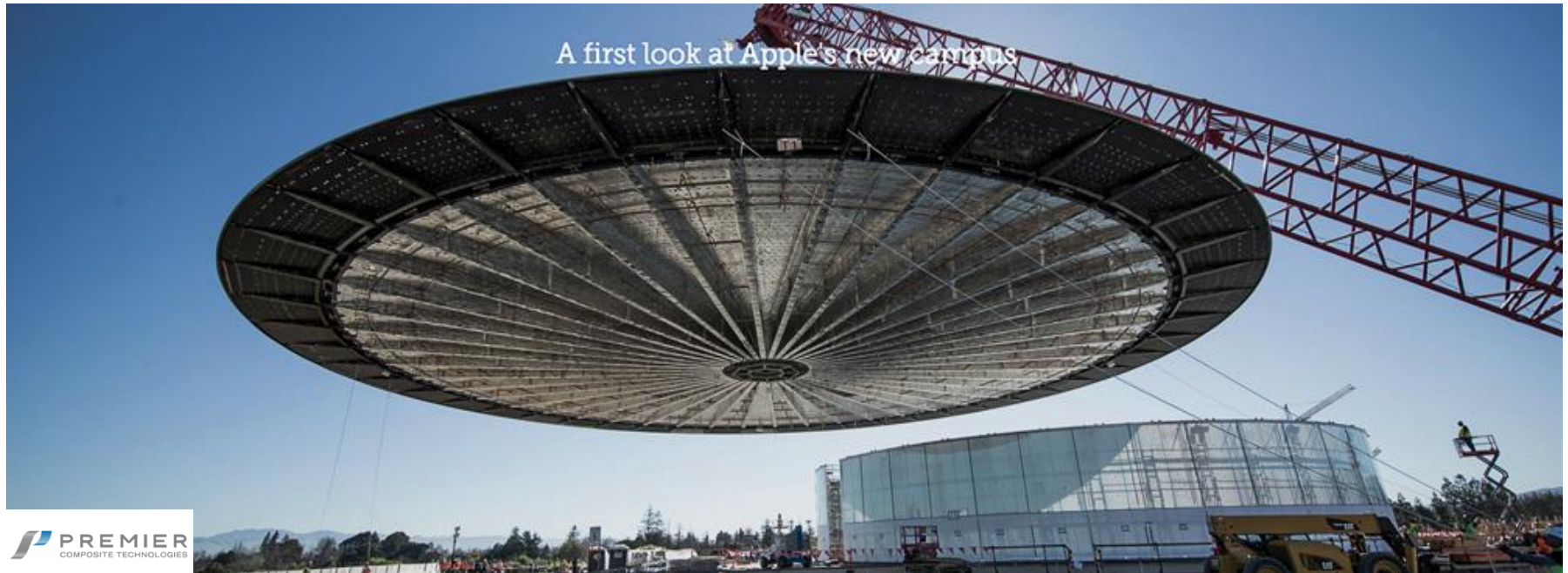
Using shape memory effect for deployment



[Alexander [Bismarck](#), Paul Robinson et al ECCM 17, 2016]

Neue Einsatzgebiete: CFK im Bauwesen

CFK Dach am Apple Theater



- am Apple Campus 2 in Cupertino, Kalifornien
- Entwurf Norman Foster,
- Durchmesser mehr als 42 Meter, ca. 70 Tonnen.
- 44 „Tortensegmente“, in Dubai assembliert und getestet, zerlegt und nach Cupertino geschifft.
- 1000 Sitzplätze

Neue Einsatzgebiete: CFK im Bauwesen

Textilbeton



- Weltweit erste reine Carbonbetonbrücke, d.h. die Brücke ist ausschließlich mit Carbonbewehrungen bewehrt und kommt ohne Betonstahlbewehrungen und Stahl-Vorspannungen aus.
- Textilbetontrogbrücke für Fußgänger und Radfahrer und kann auch mit einem 10 to Räum- und Streufahrzeug befahren werden.
- Spannweite: 15,55 m
- Betonoberfläche ist rutschemmend und kann direkt begangen werden

Simulation as Built

HAGENBERG | LINZ | STEYR | WELS



UNIVERSITY
OF APPLIED SCIENCES
UPPER AUSTRIA

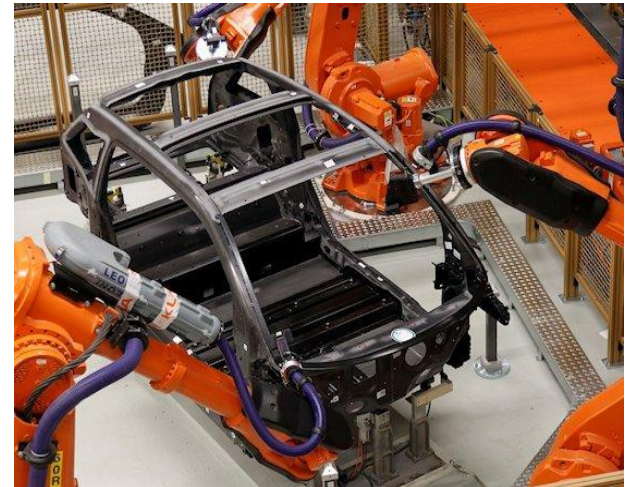
Automatisierung der Fertigung

Luftfahrt



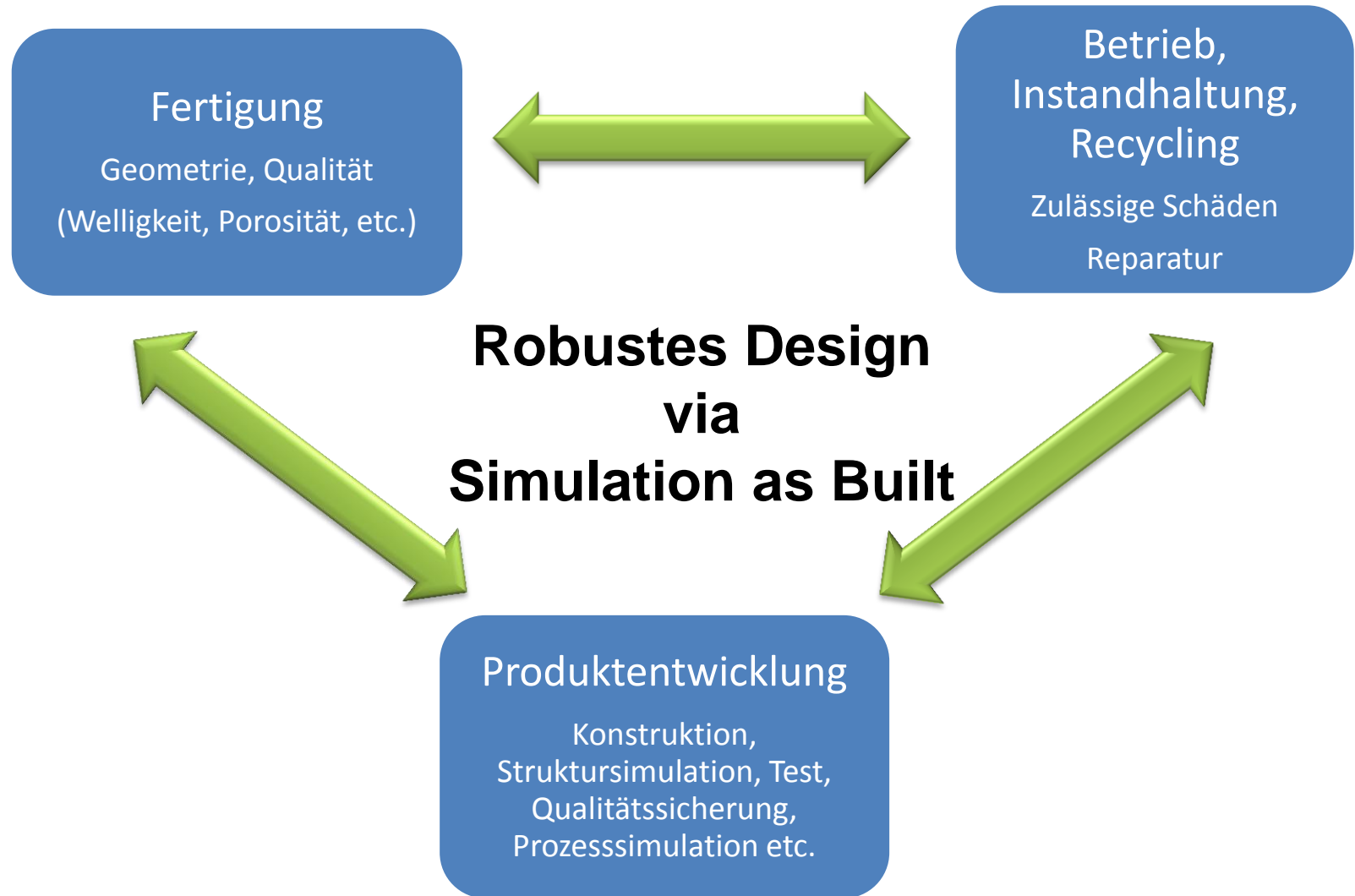
Stunden

Automobilbau

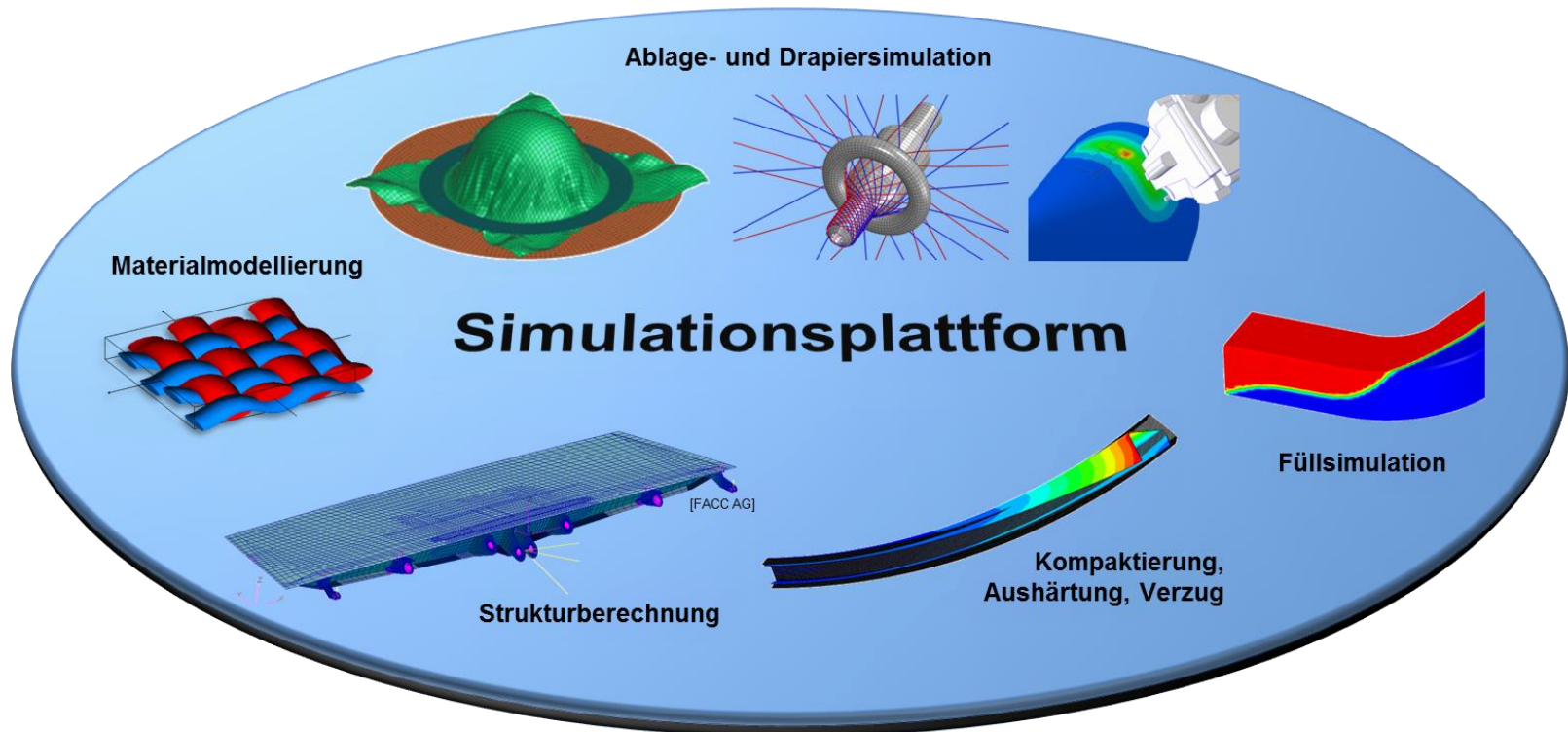


[BMW]

Minuten



Simulationsplattform



[TUM- LCC]

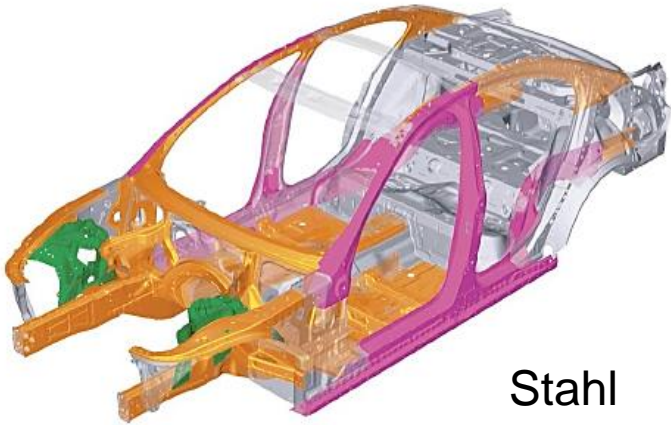
Studiengang Leichtbau und Composite-Werkstoffe

HAGENBERG | LINZ | STEYR | WELS

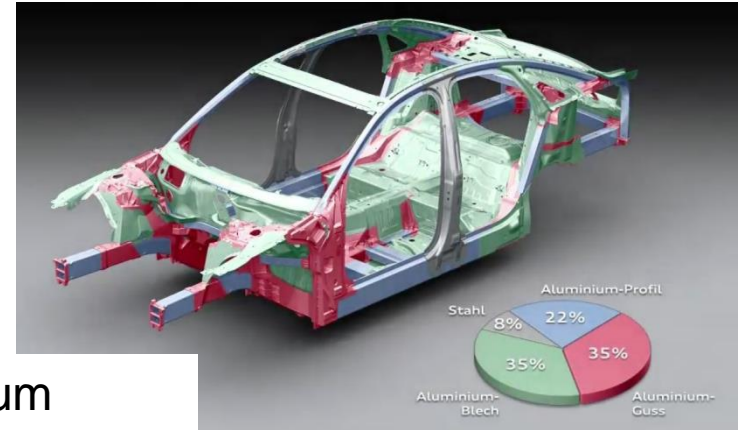


UNIVERSITY
OF APPLIED SCIENCES
UPPER AUSTRIA

Leichtbaulösungen



Stahl

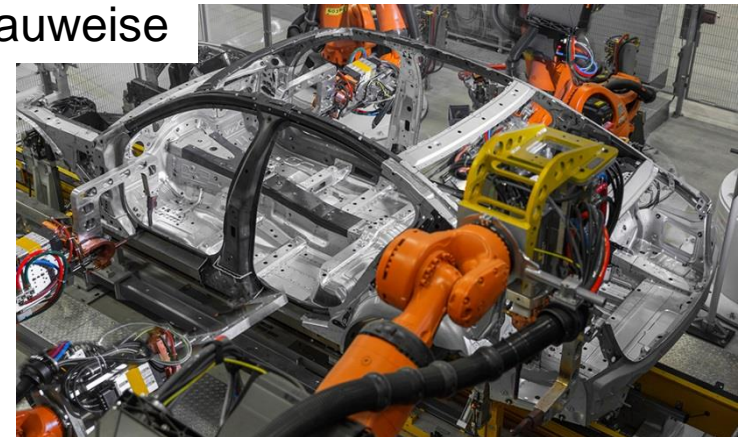


Aluminium

Composite



Hybridbauweise



Leichtbau und Composite-Werkstoffe

Bachelorstudium





1. Jahrgang des Studiengang Leichtbau und Composite Werkstoffe

Forschung

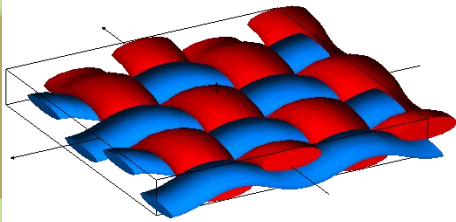
Studiengang Leichtbau und Composite- Werkstoffe

HAGENBERG | LINZ | STEYR | WELS

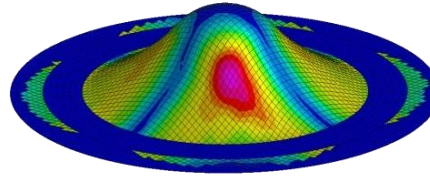


**UNIVERSITY
OF APPLIED SCIENCES
UPPER AUSTRIA**

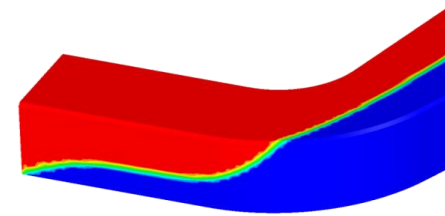
Composite Processes and Simulation



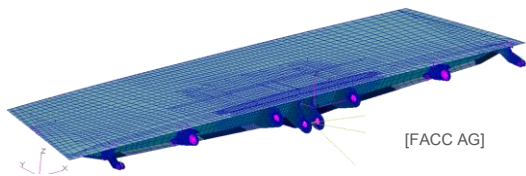
Micro-/Mesomechanics



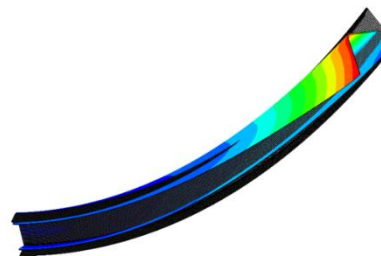
FE draping simulation



LCM simulation



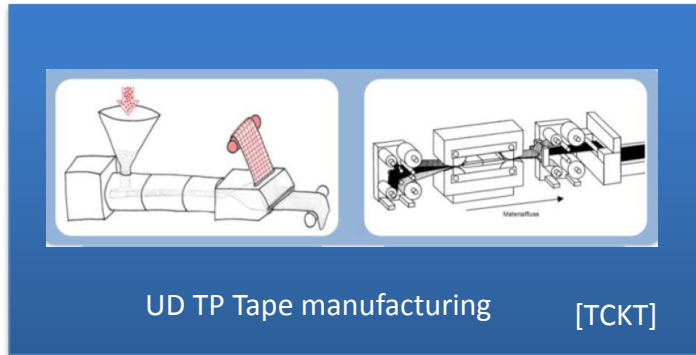
Structural component simulation



Curing- and distortion simulation

[TUM- LCC]

ProFVK (2016 – 2021) - Übersicht



FiberWave (2017-2019)

Promotionsthema Michael Thor

Einflüsse von out-of-plane Faserwelligkeiten auf die mechanischen Eigenschaften von Composite Materialien

Projektpartner:

FACC AG

Gefördert durch:

FFG – Bridge 1



Abbildung 1: Manuelle Fertigung von Faserverbundkomponenten für den Triebwerksbau (Quelle: FACC)

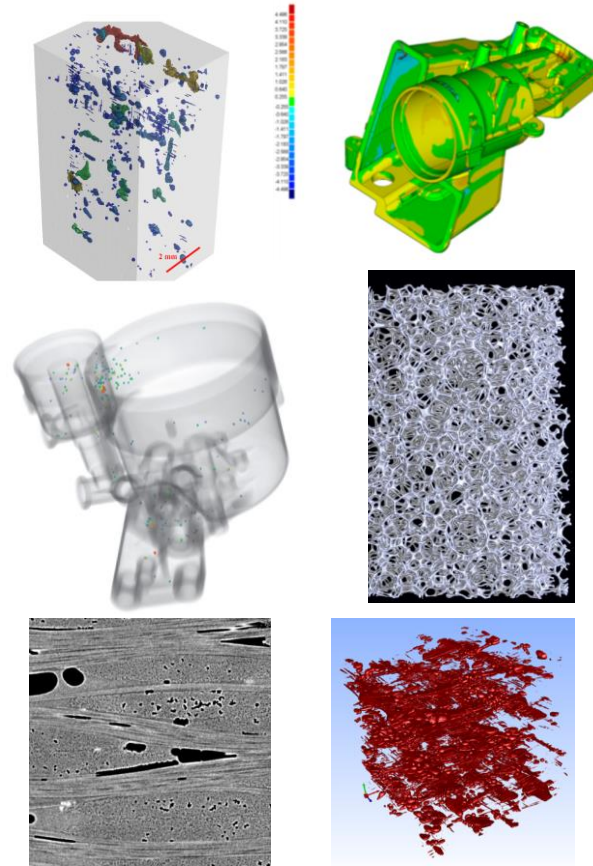


Abbildung 2: Rumpfsegment – Herstellung mit Automated Fiber Placement Verfahren (Quelle: PAG)

Mess- und Prüftechnik

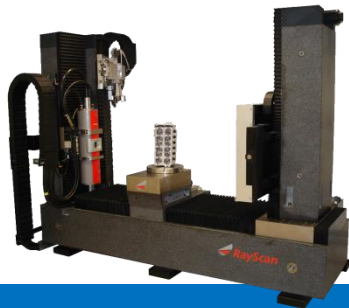
Industrielle 3D-Computertomografie

- Zerstörungsfreie Werkstoffprüfung
 - > Metalle, Keramik, Kunststoffe, Verbundwerkstoffe
- Dimensionales Messen
 - > Geometrieextraktion, Reverse Engineering, Rapid Product Development, Soll-Ist-Vergleich
- Insitu-Messungen
 - > Tensile Tests
 - > Brennstoffzellen, 4D –CT



Kooperationen: TU Wien Institute Computergrafik, Werkstoffwissenschaft, Festkörperphysik, Fraunhofer Institute Fürth, Erlangen, Kaiserslautern, Carl Zeiss – Industrielle Messtechnik, VDI/VDE Arbeitskreis „Dimensionelles Messen mit CT“, UAR, LKR

Computertomographie (CT)



	μ XCT	High-resolution μ XCT	Talbot-Lau μ XCT	High-resolution nanoXCT
Operation starting	2004	2008	2015	2017
XCT device	RayScan RayScan 250E	GE phoenix Nanotom 180 NF	Bruker SkyScan 1294	RX Solutions EasyTom 160
X-ray source	225 kV μ -focus and 450 kV mini-focus	180 kV sub- μ -focus	60 kV μ -focus	160 kV nano-focus
Detector system(s)	2048 x 2048 pixels (flat panel)	2304 x 2304 pixels (flat panel)	4008 x 2672 pixels (CCD camera)	1920 x 1536 pixels (flat panel) and 4008 x 2672 pixels (CCD camera)
Minimal voxel size	$\sim 5 \mu\text{m}$	$\sim 0.5 \mu\text{m}$	$\sim 5.7 \mu\text{m}$	$\sim 50 \text{ nm}$
Focal spot size	μ -focus adjustable mini-focus $\sim 0.4 \text{ mm}$	adjustable	fixed $\sim 30 \mu\text{m}$	adjustable
Sample diameter	$< 300 \text{ mm}$	$< 68 \text{ mm}$	$< 20 \text{ mm}$	$< 200 \text{ mm}$
Sample height	$< 2 \text{ m}$	$< 150 \text{ mm}$	$< 60 \text{ mm}$	$< 700 \text{ mm}$

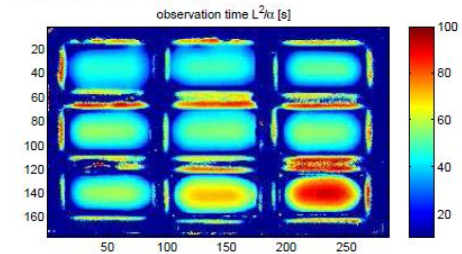
Mess- und Prüftechnik

Aktive Thermografie und Shearografie

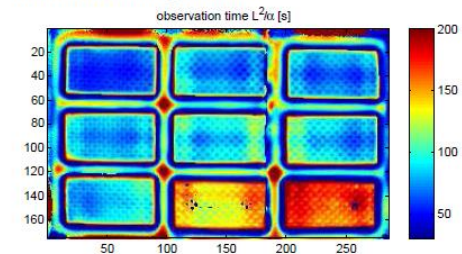
- Entwicklung aktiver thermografischer Prüfsysteme, speziell für den Bereich der zerstörungsfreien Prüfung von Composite-Bauteilen in der Flugzeugindustrie aber auch Metalle mittels Induktions-Thermografie.
- Durch anormale Wärmeströmungen lassen sich im Material verborgene Fehler detektieren bzw. Materialeigenschaften bestimmen (z.B. Porosität).
- Ergänzt wird diese Prüfung durch das laser-interferometrische Messprinzip der Shearographie (einziger Laboraufbau dieser Art in Österreich!)



Transmission configuration:

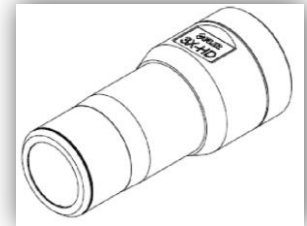


Reflection configuration:



Partner: FACC, Eurocopter, etc.
Quantherm, FFG/Take Off

Thermographie



	High-resolution IR quantum detector	Standard IR quantum detector	Microbolometer IR detector
Operation starting	2017	2011	2006
Device	FLIR X8400 sc	IRCAM Nanotom 180 NF	FLIR SkyScan 1294
Detector type	Indium Antimonide (InSb)	Indium Antimonide (InSb)	uncooled microbolometer
Resolution	1280 x 1024 pixels	320 x 256 pixels	320 x 240 pixels
Minimal pixel size	~ 5 μm	~ 40 μm	~ 80 μm
Spectral range	3 to 5 μm	3 to 5 μm	7.5 to 13 μm
Image frequency	100 Hz	386 Hz	50 Hz

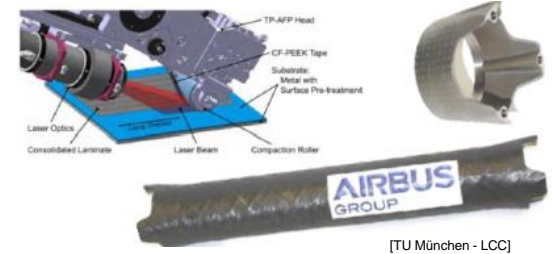
Composite-Metall-Hybridbauweise

COMET K-Projektidee

Bauteilverbunde



[BMW]

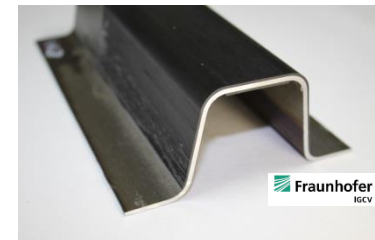


[TU München - LCC]

Patches

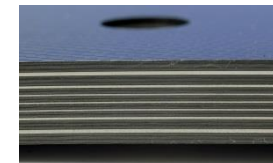
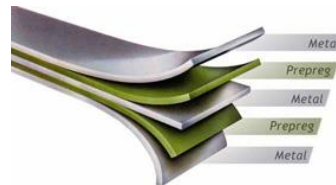


[BMW]



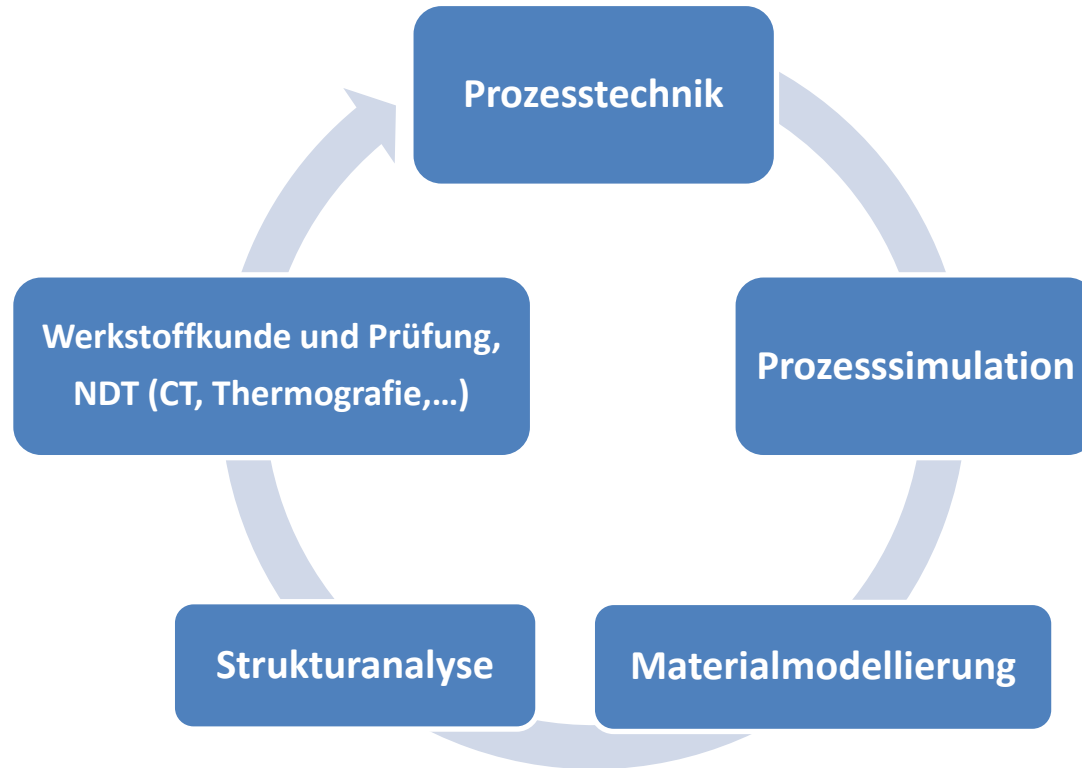
Fraunhofer
ITCV

Hybride Werkstoffe



[TU Braunschweig]

Expertisen



Interessierte Industriepartner



Kontakt: Univ. Prof. Dr. Gerald Pinter
Department Kunststofftechnik
Lehrstuhl für Werkstoffkunde und Prüfung der
Kunststoffe
Montanuniversität Leoben
phone: +43 3842 402 2100
mobile: +43 664 80898 2104
e-mail: gerald.pinter@unileoben.ac.at

Dr. Roland Hinterhölzl
Professur für Faserverbundwerkstoffe
Leiter des Studiengangs Leichtbau und Composite-
Werkstoffe
FH OÖ Campus Wels
Tel.: +43 50804 44550
E-Mail: roland.hinterhoelzl@fh-wels.at

Zusammenfassung - Ausblick

Leichtbau mit Composites

3 Hebel:

- **Dichteunterschied zu Metallen -> Black Metal Design**
- **Ausrichtung der Fasern entsprechend dem Lastpfad**
- **Integrale Bauweise (bis hin zur Funktionsintegration)**

Robustes Design über „Simulation as Built“



Danke für die Aufmerksamkeit !