KUNSTSTOFF TECHNIK LEOBEN

WERKSTOFFKUNDE UND PRÜFUNG DER KUNSTSTOFFE

Werkstoffübergreifender Leichtbau - Durch den Wettbewerb zum Erfolg

Prof. G. Pinter

Department Kunststofftechnik, Montanuniversität Leoben

4a Technologietag, Schladming 2013

MONTAN UNIVERSITÄT

Otto Glöckel-Straße 2, A-8700 Leoben, Tel.: +43 3842 402 2101

wpk@unileoben.ac.at

www.kunststofftechnik.at

Steigerung der Anforderungen ⇒ Gewichtsspirale im Fahrzeugbau

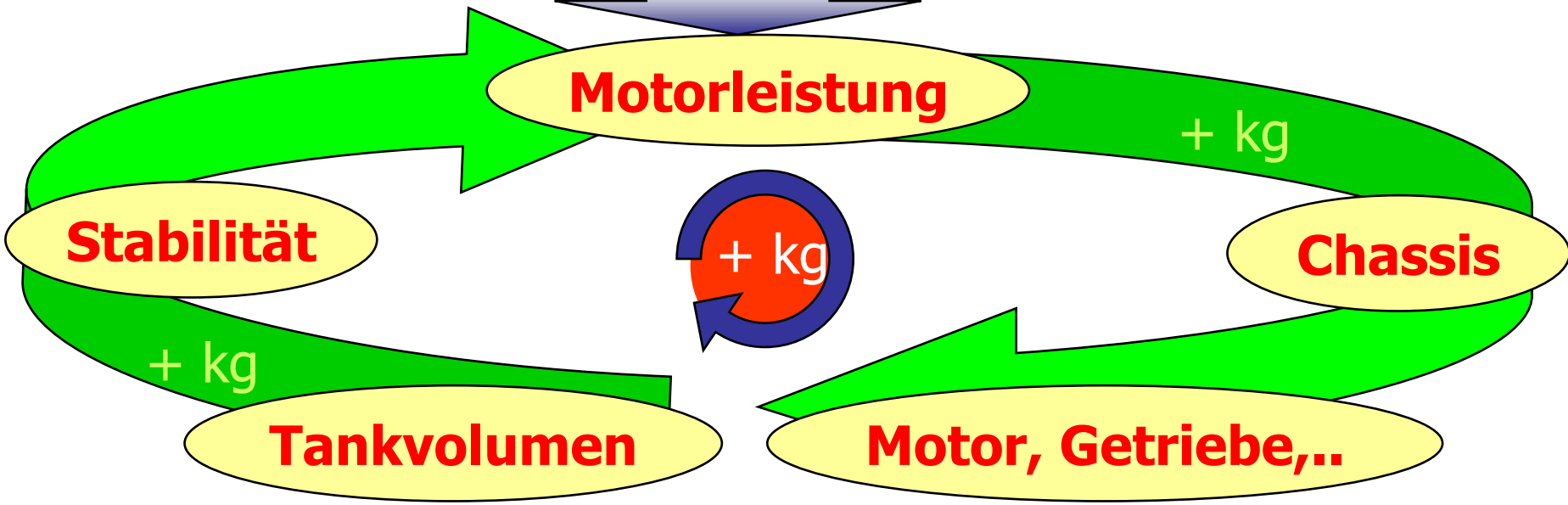
Komfort:

Steifigkeit und akustisches Verhalten der Karosserie, Klimaanlage, elektr. Fensterheber, etc.

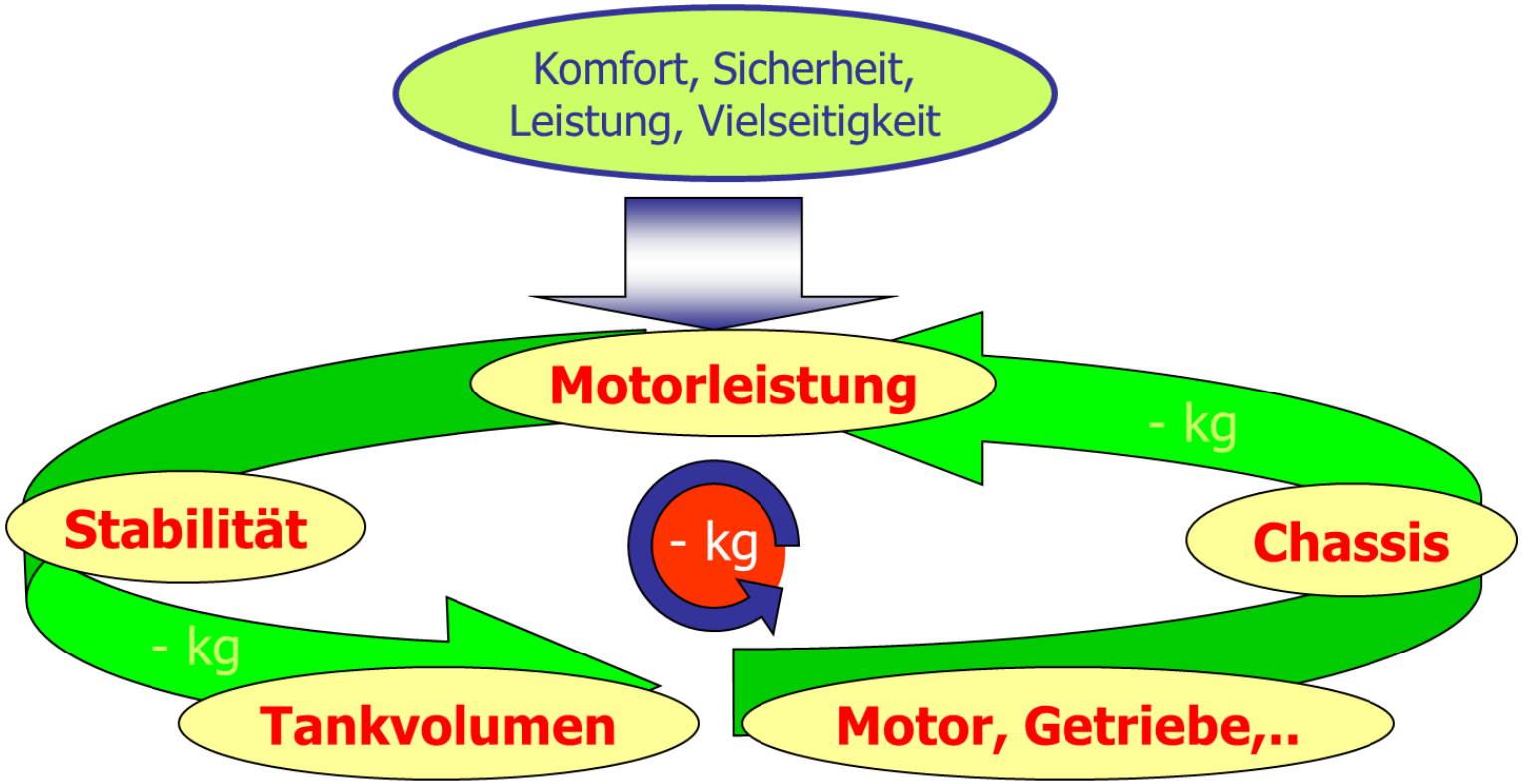
Komfort, Sicherheit, Leistung, Vielseitigkeit

Sicherheit:

Gesetzlich vorgeschriebener Fußgänger- und Insassenschutz



Umkehr der Gewichtsspirale durch Leichtbauweise



- Nutzlaststeigerung oder Geschwindigkeitserhöhung
- geringere Masse bewirkt geringere Beschleunigungsträgheit und geringeren Rollwiderstand => **geringerer Energieverbrauch**

Die vier Säulen des Leichtbaus

System **Konstruktion** **Fertigung** **Werkstoffe**

System

-
-

Konstruktion

-
-
-

Fertigung

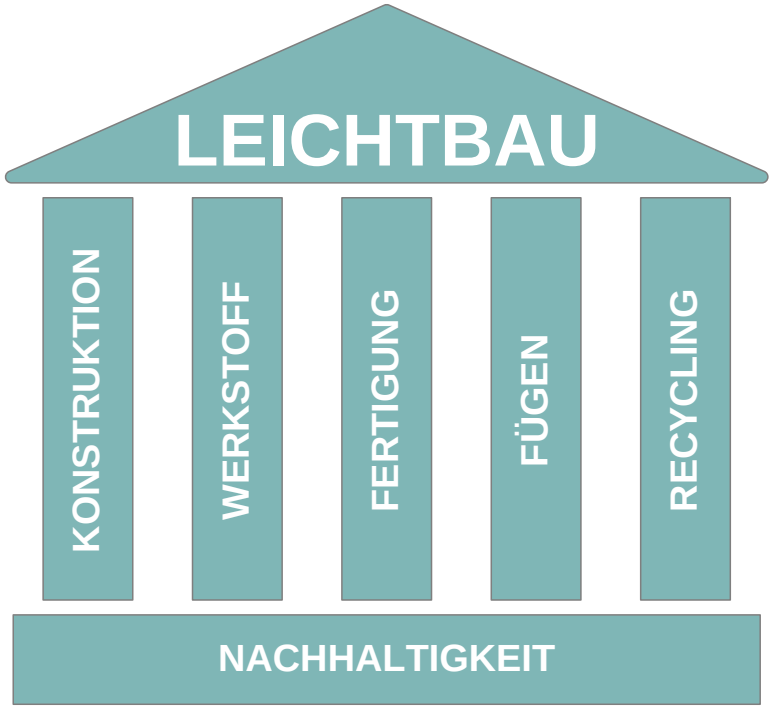
Ein

-
-

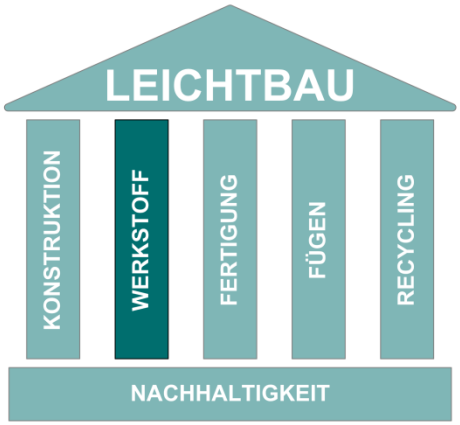
Werkstoffe

- **Neue oder modifizierte Werkstoffe**
- **Verbesserung der Festigkeitseigenschaften**
- **Verbundwerkstoffe und Werkstoffverbunde**
- **Substitution von Werkstoffen (Stahl durch Alu, Metalle durch Kunststoffe)**

Werkstoffübergreifender Leichtbau - Kompetenz aus Leoben



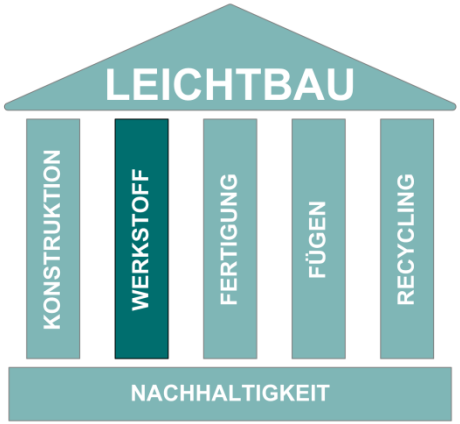
Werkstofflicher Leichtbau



Schwerpunkte Metalle:

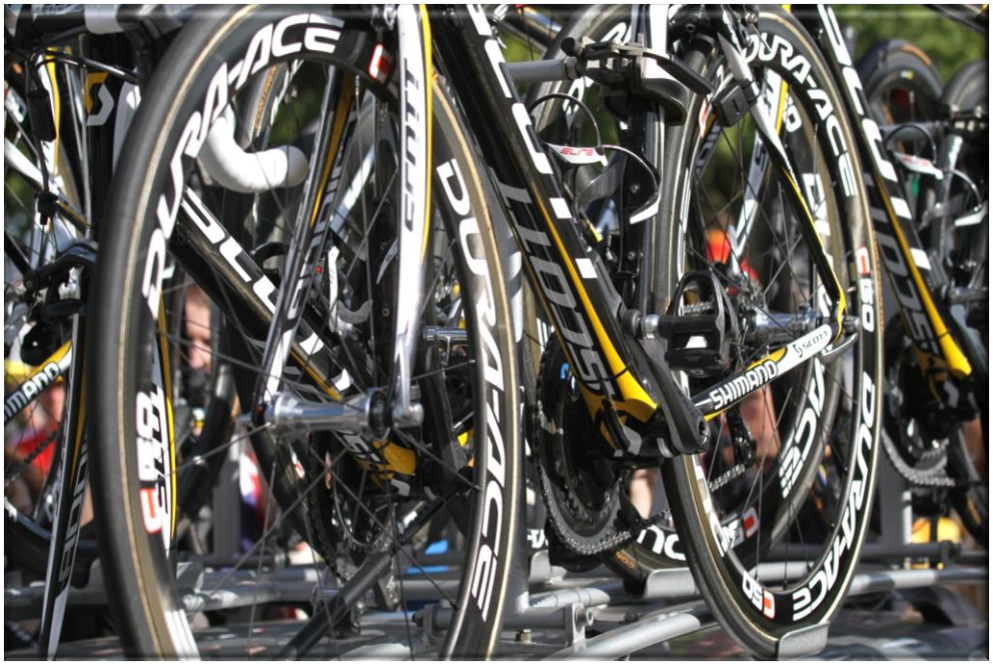
- Werkstoffwahl
- Metallografie sowie Nano- & Mikroanalytik
- Oberflächentechnik
- Phasenumwandlungen
- **Metallische Hochleistungs- und Hochtemperaturwerkstoffe**
- Werkstoffprüfung & Schadensanalytik
- Formgedächtnislegierungen
- Nanostrukturierte Werkstoffe
- Korrosionskunde

Werkstofflicher Leichtbau

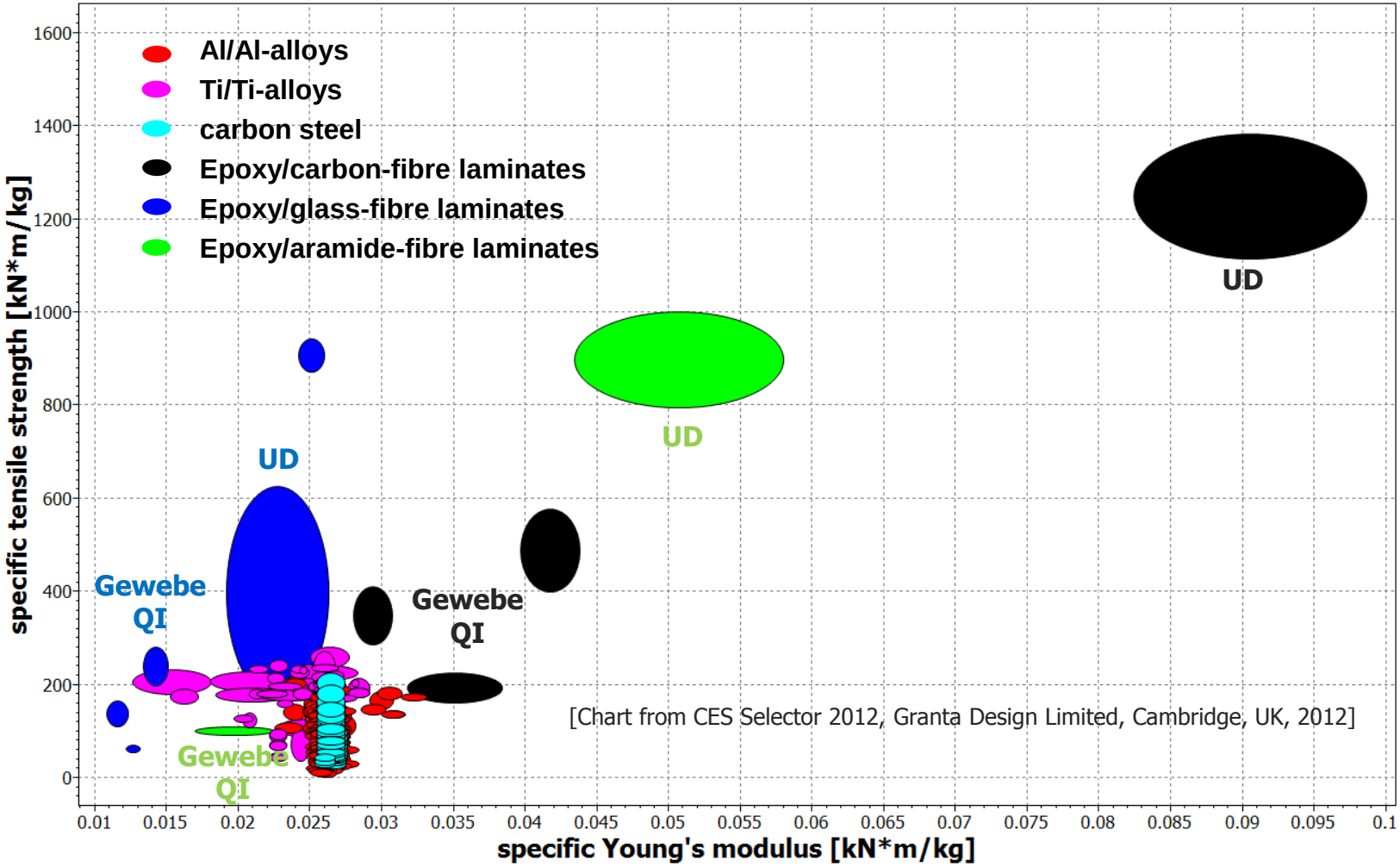


Schwerpunkte Polymere:

- Chemie der Kunststoffe
- Prozess-Struktur-Eigenschaftsbeziehungen
- Werkstoffgesetze
- Imprägnierverhalten von Verstärkungsstrukturen
- **Polymere Verbundwerkstoffe**
- **Lebensdauerbewertung**
- Materialverhalten unter komplexen Belastungs-zuständen
- Material- & Prozesssimulation



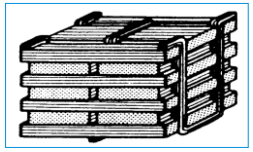
Leichtbaupotential von Werkstoffen



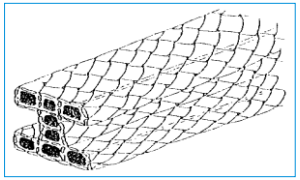
[Chart from CES Selector 2012, Granta Design Limited, Cambridge, UK, 2012]

Textile Technologien

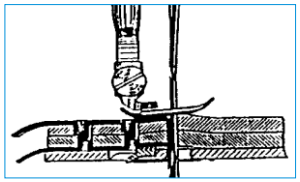
Gewebe



Geflecht

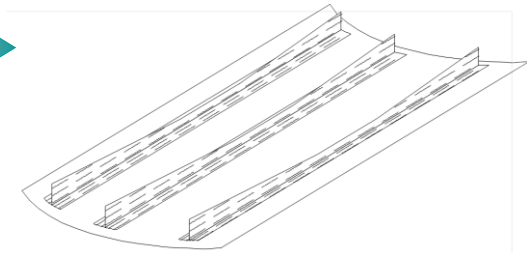


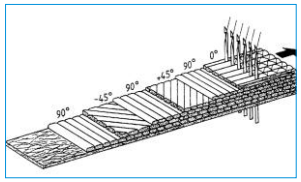
nähen

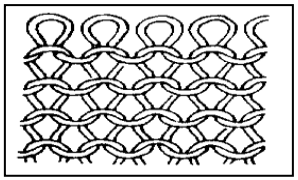


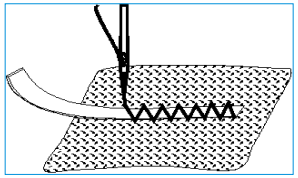
Textile Technologien

Hoch integrierte Halbzeuge









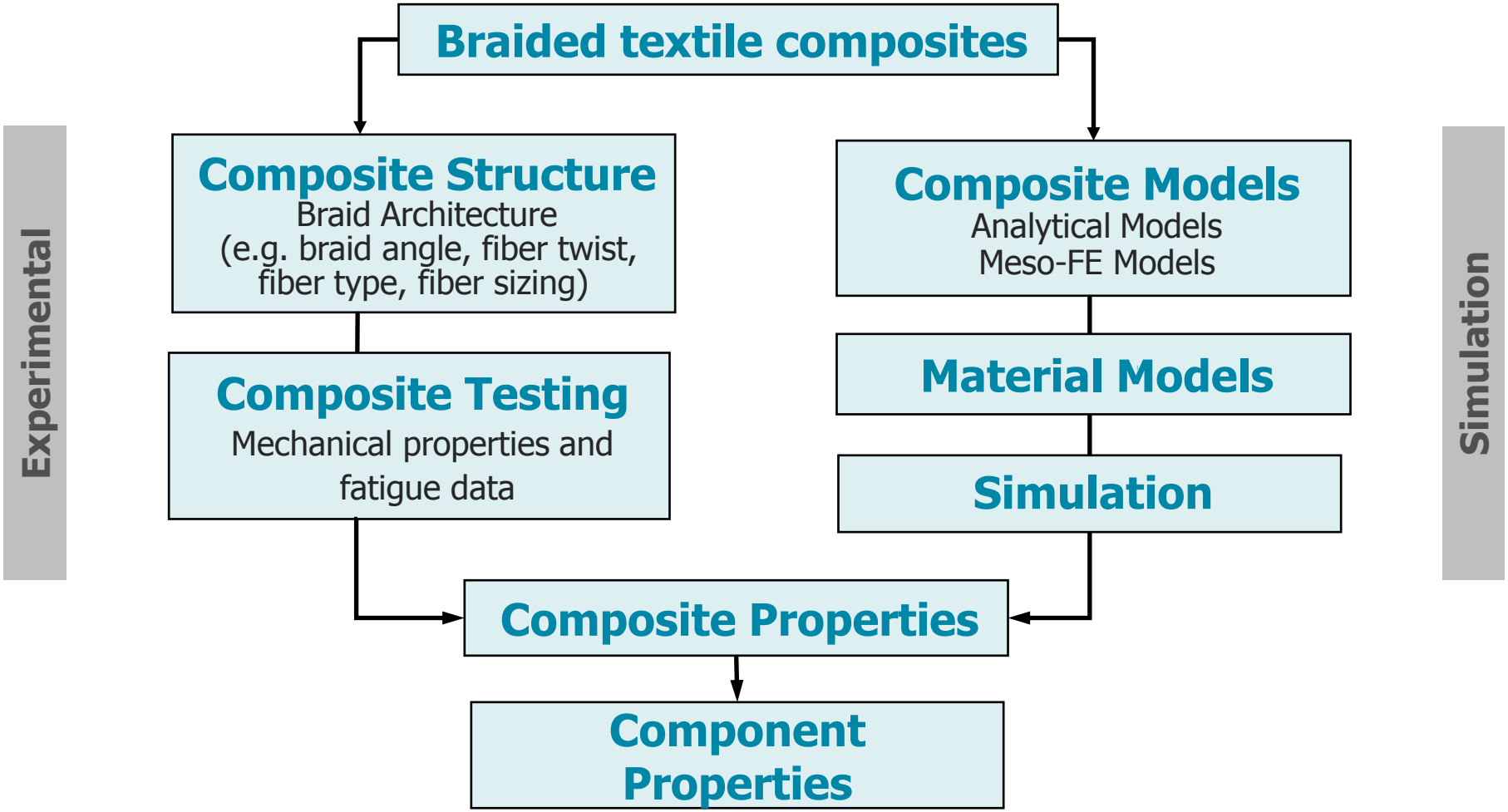
Gelege

Gestrick

sticken

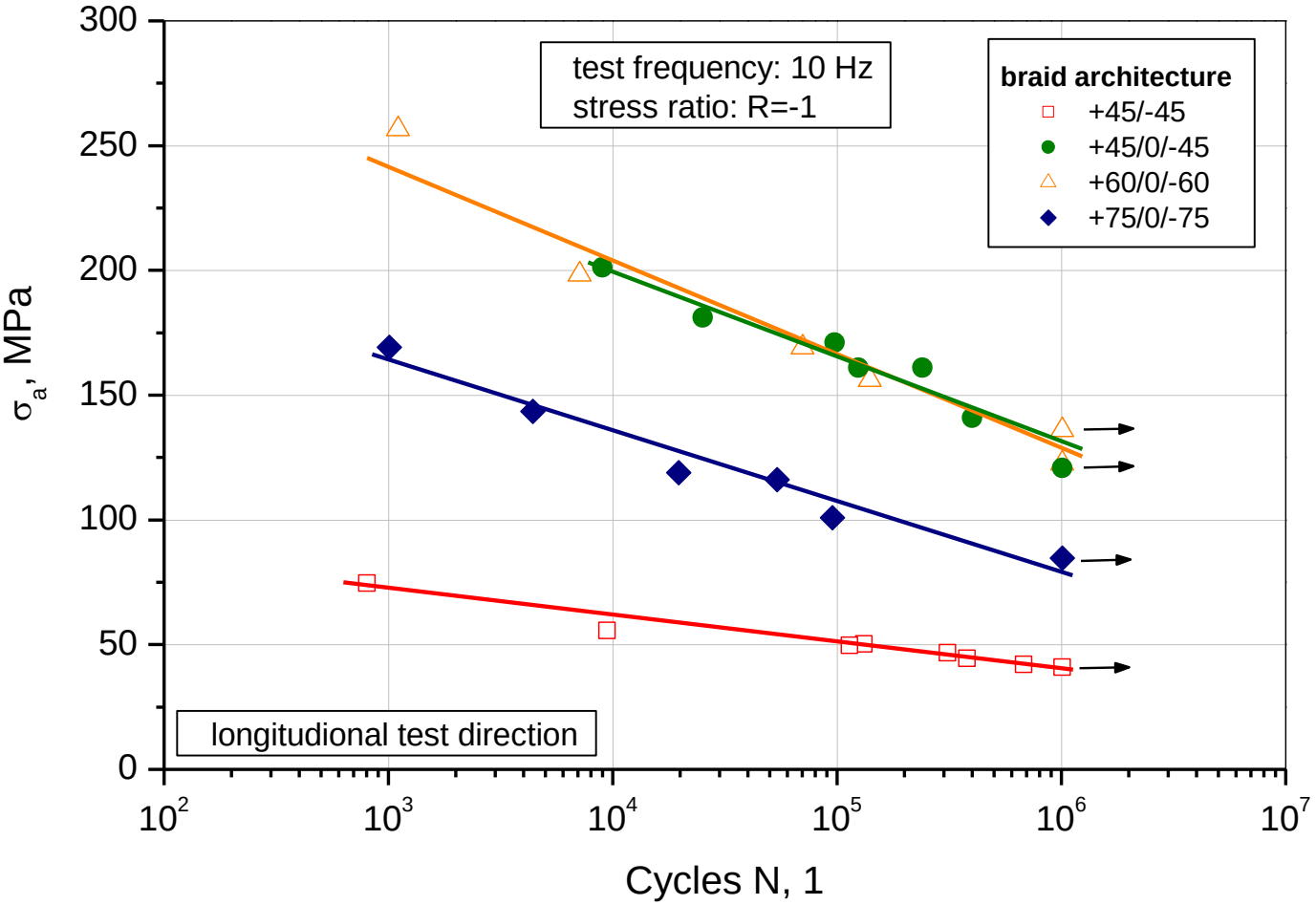
Quelle: von Reden, 2008

Geflochtene Verbundwerkstoffe



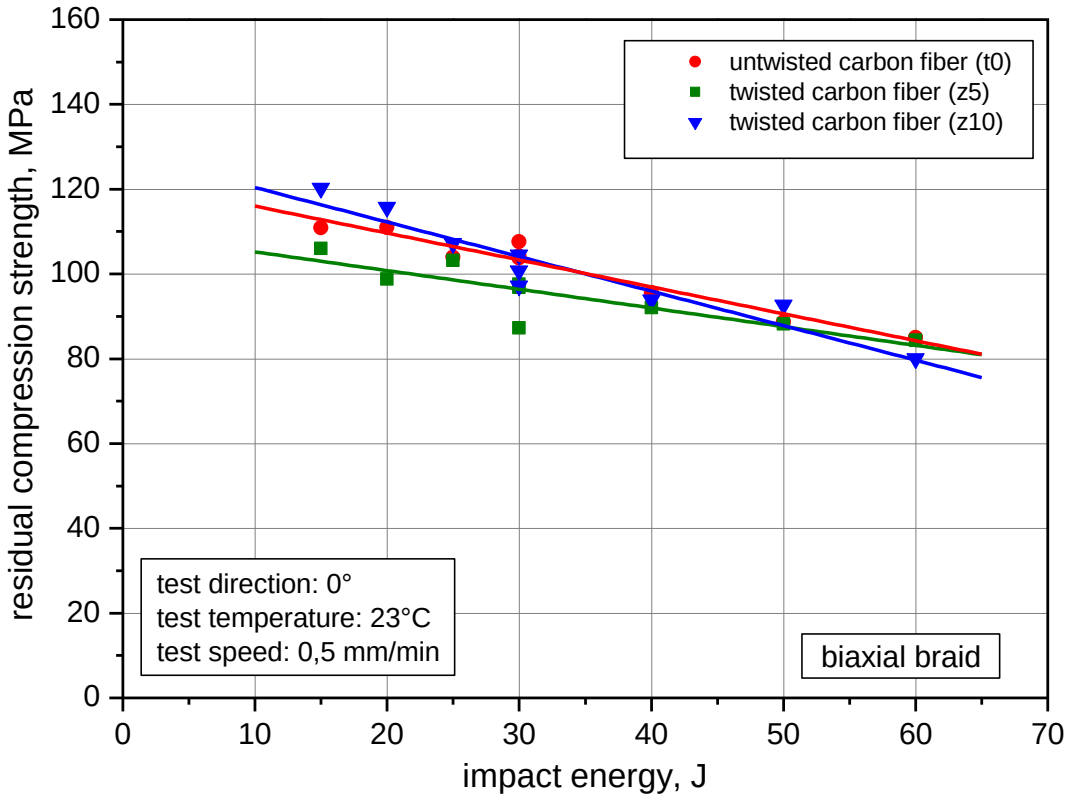
Geflechte - Materialcharakterisierung

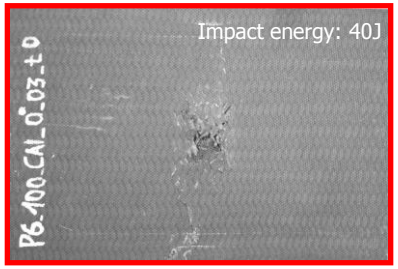
Effect of braid architecture on the fatigue performance of braided composites

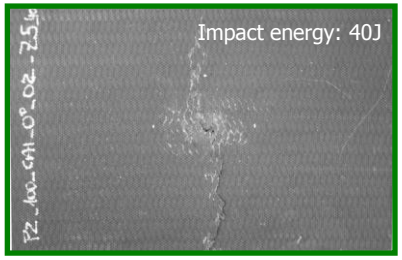


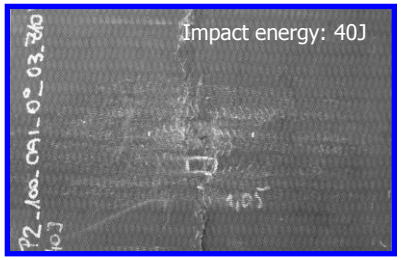
Geflechte - Materialcharakterisierung

Compression after impact strength of braided composites with untwisted and twisted fibers

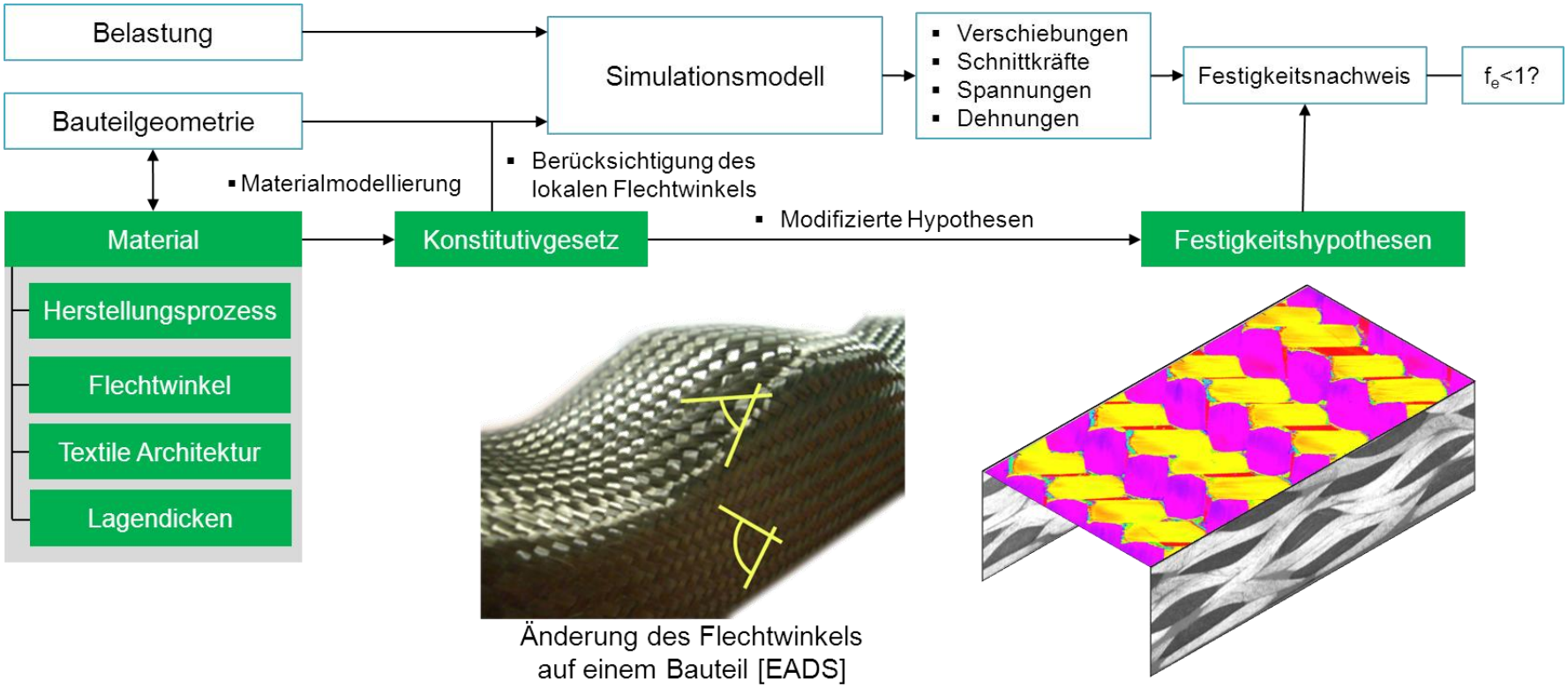








Geflechte – Ablauf eines Strukturnachweises

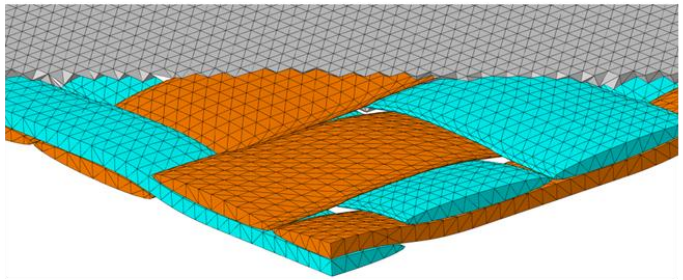


Änderung des Flechtwinkels auf einem Bauteil [EADS]

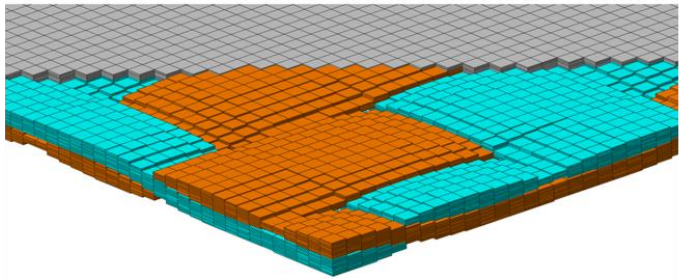
Geflechte – Einheitszellen-Modellierung

Klassisch:
Kontinuums-Modellierung

Tetraeder

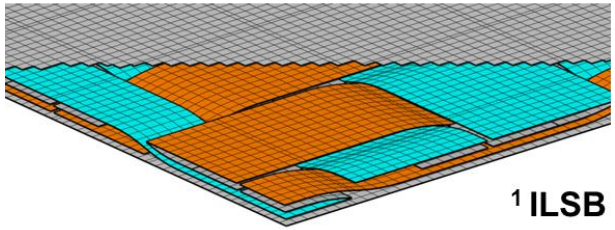


Voxel



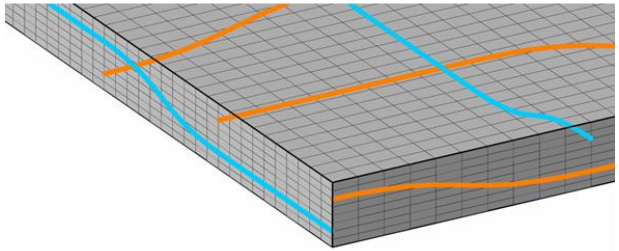
Neuartig:
Effiziente Ansätze

Schalenelemente[1]



[1] ILSB TU Wien

Balkenlemente

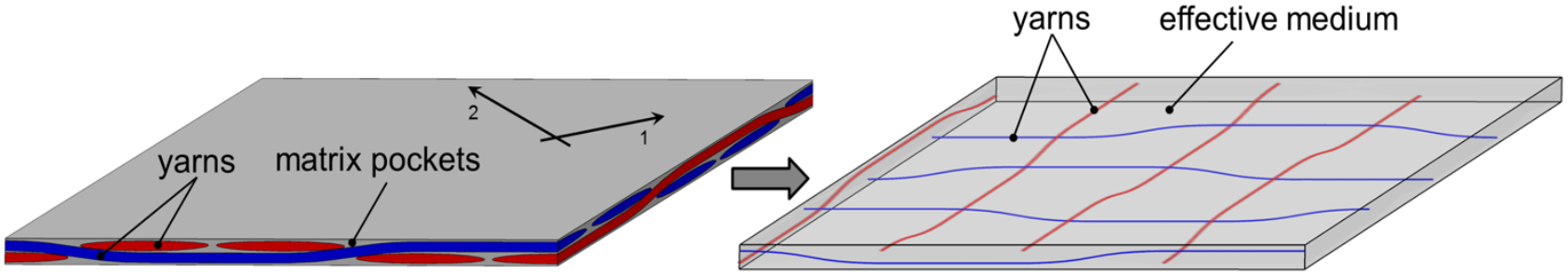


Geflechte – Einheitszellen-Modellierung

Bsp. Balken-Einheitszelle

- Balken-Einheitszelle: Eigenschaften von Garn und Matrix aufgespalten
  - Längseigenschaften Garn: Balkenelemente
  - Matrix-Taschen / Garne transversal: "*effective medium*" Kontinuumselemente
- Geometrie der Einheitszelle aus WiseTex (KU Leuven)
  - Transfer nach Abaqus mit Python Skripting

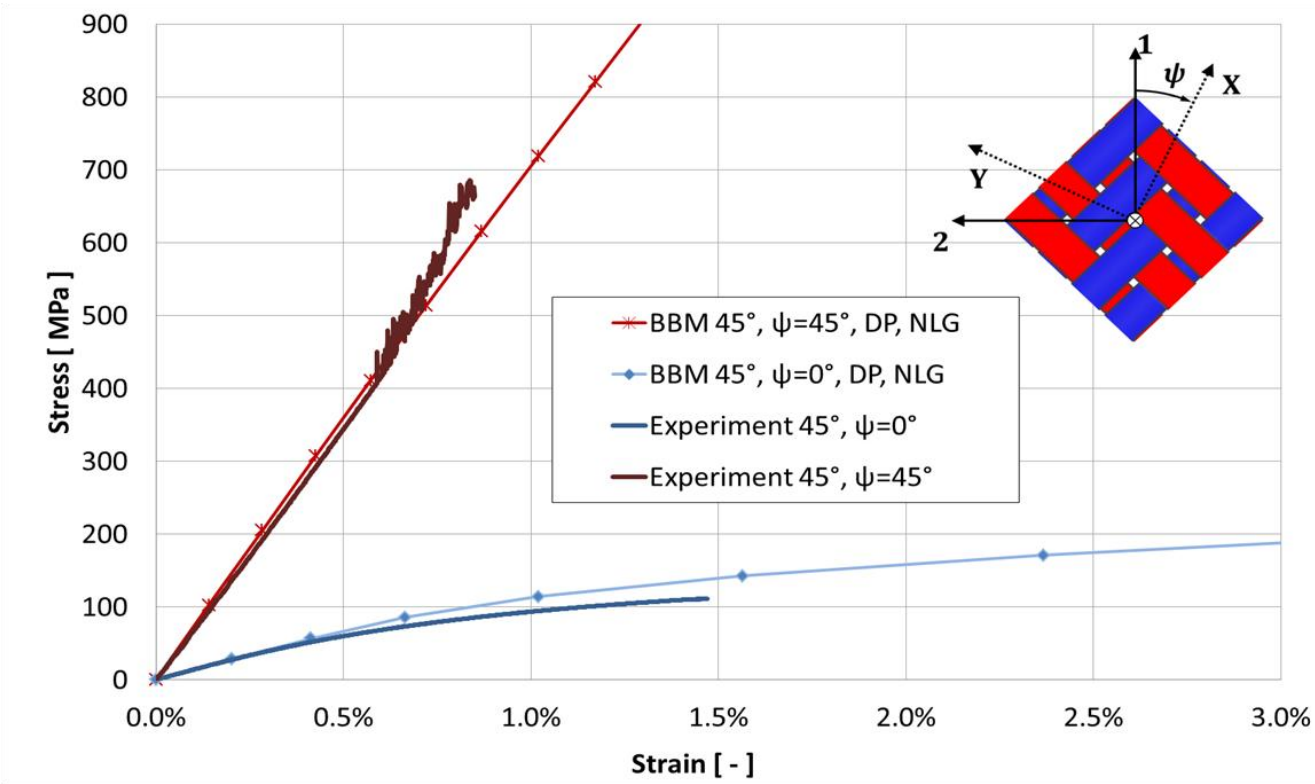
⇨ **Effiziente Modellierung**



Geflechte – Einheitszellen-Modellierung

Balkeneinheitszelle: Ergebnisse

- Nichtlineares Materialverhalten von Rovings & Matrix
  → Plastizitätsmodell im "*effective medium*"



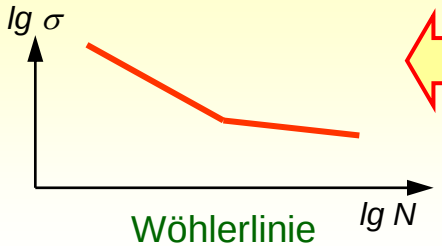
Experimente wurden am PCCL Leoben im Rahmen des COMET-Programmes durchgeführt.

Lebensdauerabschätzung auf Basis lokaler Größen – kgfv Kunststoffe

Last-Zeit Verlauf

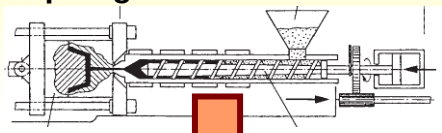
Geometrie

Werkstoffverhalten

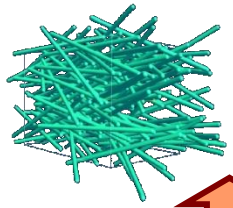


Fertigung

Spritzgießen



Lokale anisotrope Materialeigenschaften

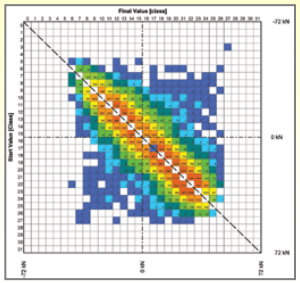


E_1, E_2, E_3

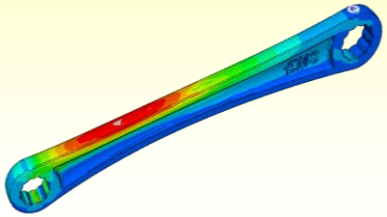
ν_{12}, ν_{13}, ν_{23}

G_{12}, G_{13}, G_{23}

Lastkollektiv



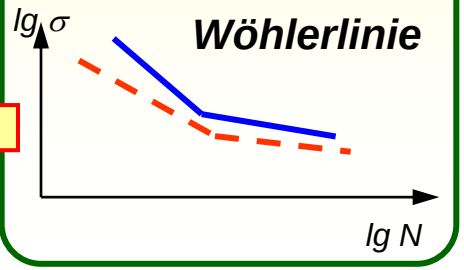
Spannungen



Einflüsse, wie

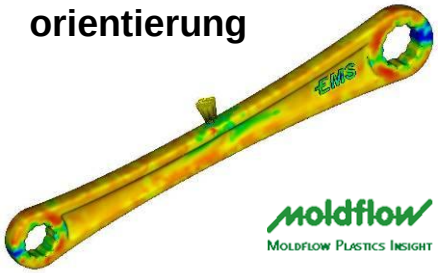
- Spannungsgradient
- Belastungsart
- Mittelspannung
- Oberfläche
- Bauteilgröße
- Korrosion
- Temperatur
- etc.

Lokale Wöhlerlinie

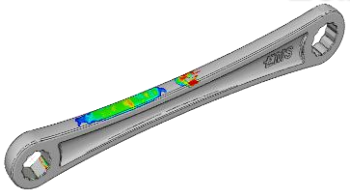


Füllsimulation:

Faser-orientierung



Lebensdauerberechnung



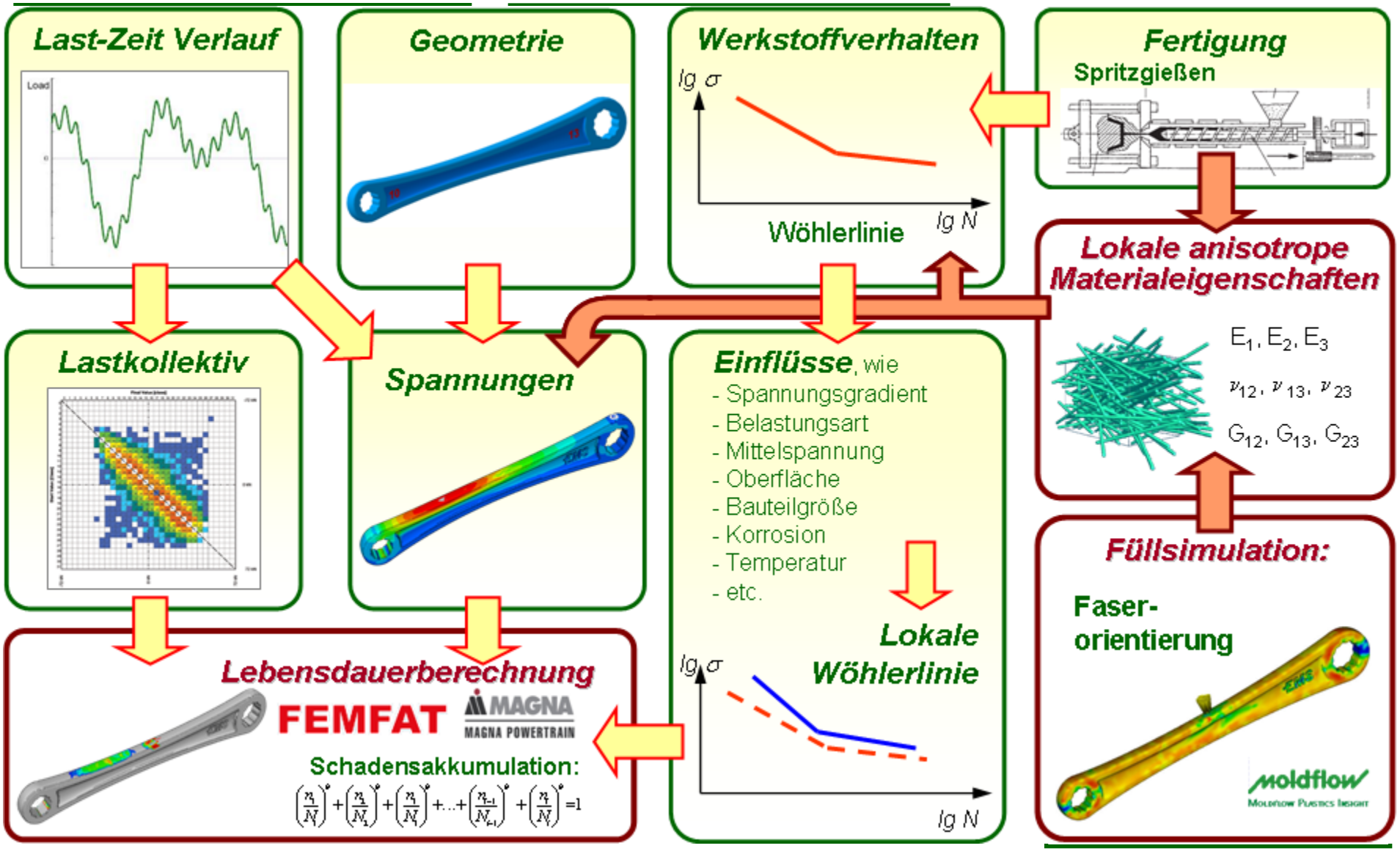
FEMFAT

MAGNA
MAGNA POWERTRAIN

Schadensakkumulation:

$$\left(\frac{n_1}{N_1}\right)^b + \left(\frac{n_2}{N_2}\right)^b + \left(\frac{n_3}{N_3}\right)^b + \ldots + \left(\frac{n_{i-1}}{N_{i-1}}\right)^b + \left(\frac{n_i}{N_i}\right)^b = 1$$

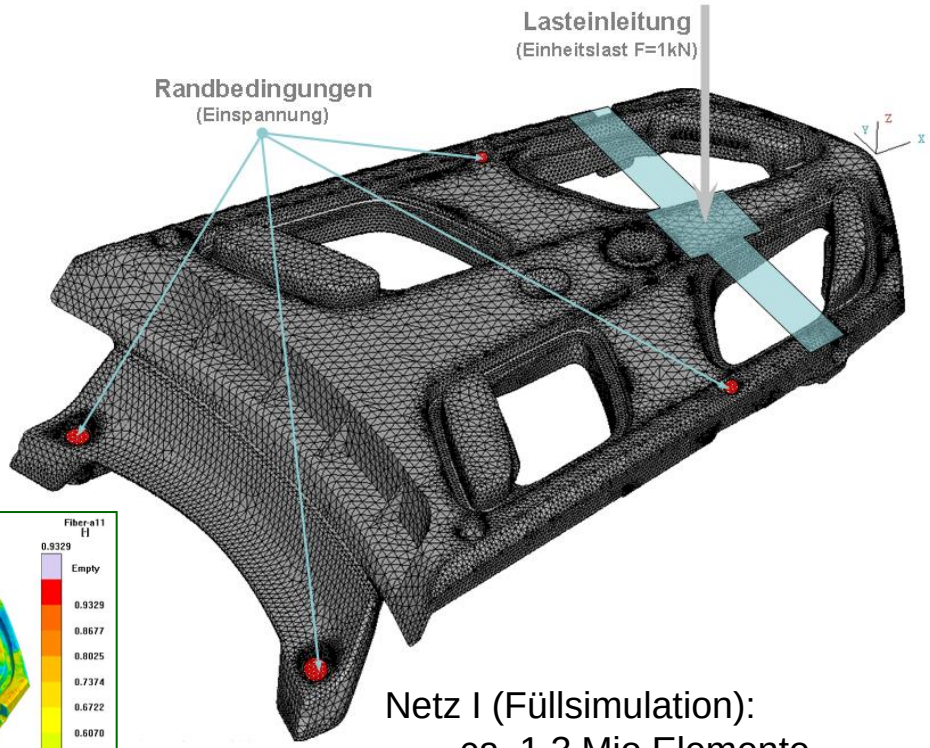
Einflussparameter auf die lokale Wöhlerlinie



Anwendungsbeispiel: Gepäckbrücke (BMW R 1200 RT)

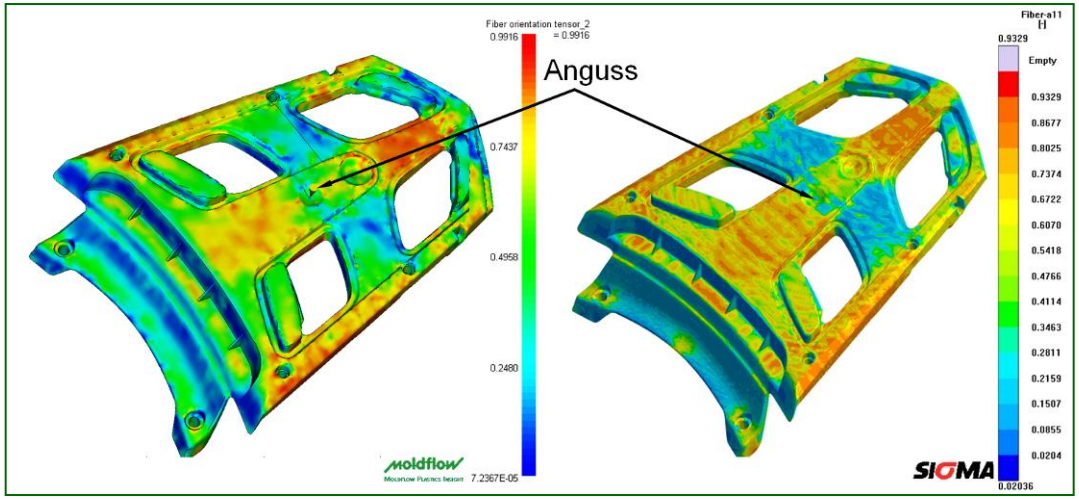
FE-Spannungsanalyse:

(Abaqus)



Füllsimulation:

(Moldflow, Sigmasoft)

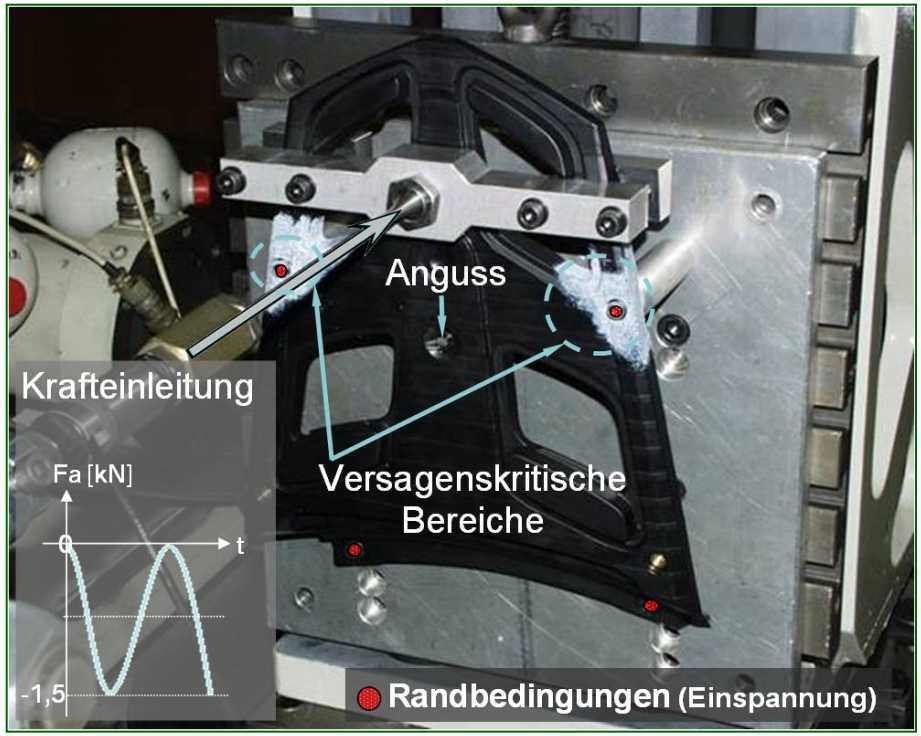


Netz I (Füllsimulation):
ca. 1,3 Mio Elemente
Netz II (FE-Spannungsanalyse):
ca. 400.000 Elemente

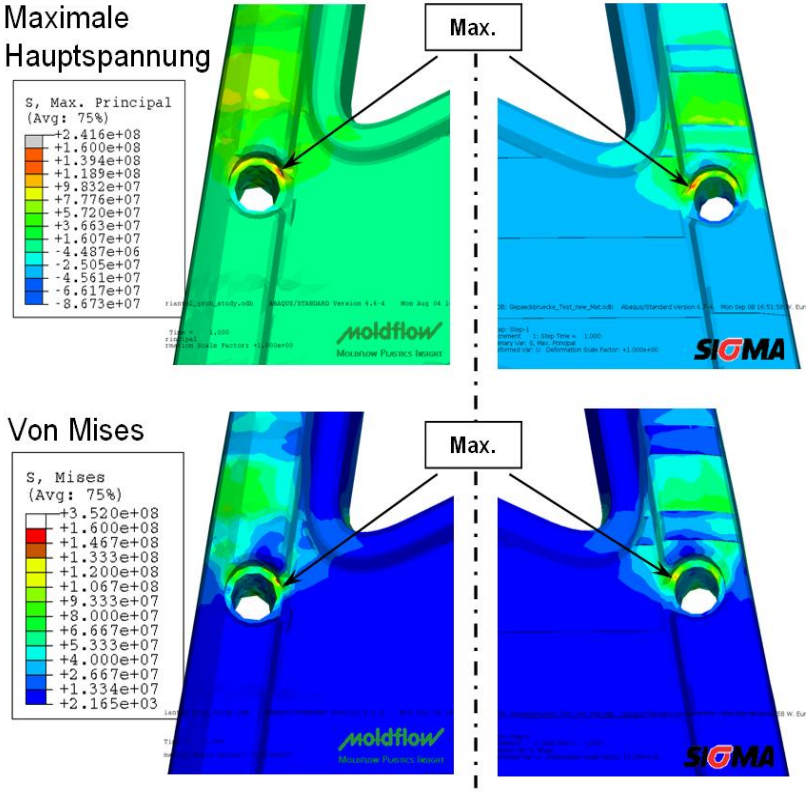
Quelle:
Fleischer H., Brune M., Thornagel M., Thomas B., Guster Ch. (2009): "Von der Spritzgießsimulation zur Betriebsfestigkeitsdimensionierung – Entwicklung und Einsatz einer durchgängigen Simulationskette", VDI Fachtagung: Kunststoffe im Automobilbau 2009, 25.-26.3.2009, Mannheim (D).

Anwendungsbeispiel: Gepäckbrücke (BMW R 1200 RT)

Bauteilversuch:



FE-Spannungsverteilung:

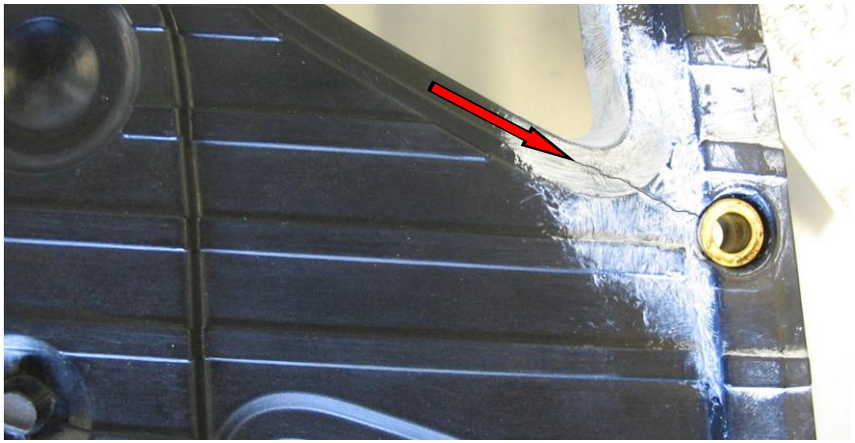


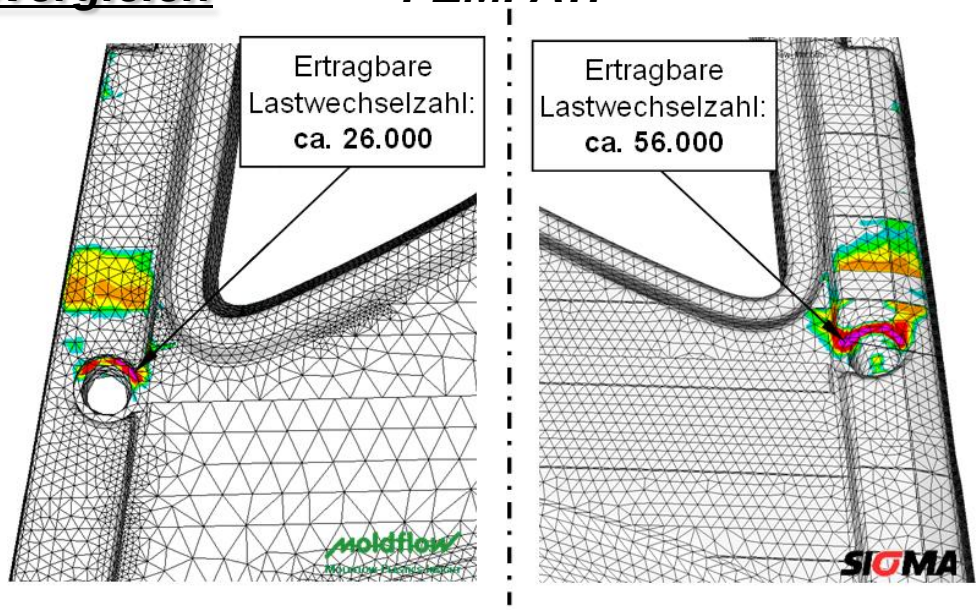
- mit max. Drucklastniveau von 1,5kN geprüft

Quelle:
Fleischer H., Brune M., Thornagel M., Thomas B., Guster Ch. (2009): "Von der Spritzgießsimulation zur Betriebsfestigkeitsdimensionierung – Entwicklung und Einsatz einer durchgängigen Simulationskette", VDI Fachtagung: Kunststoffe im Automobilbau 2009, 25.-26.3.2009, Mannheim (D).

Anwendungsbeispiel: Gepäckbrücke (BMW R 1200 RT)

VERSUCH: ***<u>Ergebnisvergleich</u>*** ***FEMFAT:***





- Technischer Anriss stets an selber Stelle
- Ertragbare Schwingspielzahlen zwischen ***N=46.000 und N=96.000***

- Schädigungsverteilung sieh Versuchsergebnis
- Berechnete Schwingspielzahlen zwischen ***N=26.000 und N=56.000***

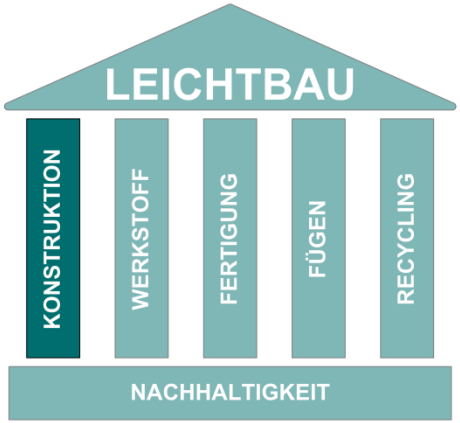
✓ ***Gute Übereinstimmung beider Modelle mit dem Versuch!***

✓ ***Simulierte und tatsächliche Versagensstellen stimmen gut überein (gemappte Daten mit Sigmasoft sogar näher an Realität)!***

✓ ***Simulation liefert konservatives Ergebnis!***

<u>Quelle:</u>
Fleischer H., Brune M., Thornagel M., Thomas B., Guster Ch. (2009): "Von der Spritzgießsimulation zur Betriebsfestigkeitsdimensionierung – Entwicklung und Einsatz einer durchgängigen Simulationskette", VDI Fachtagung: Kunststoffe im Automobilbau 2009, 25.-26.3.2009, Mannheim (D).

Konstruktiver Leichtbau

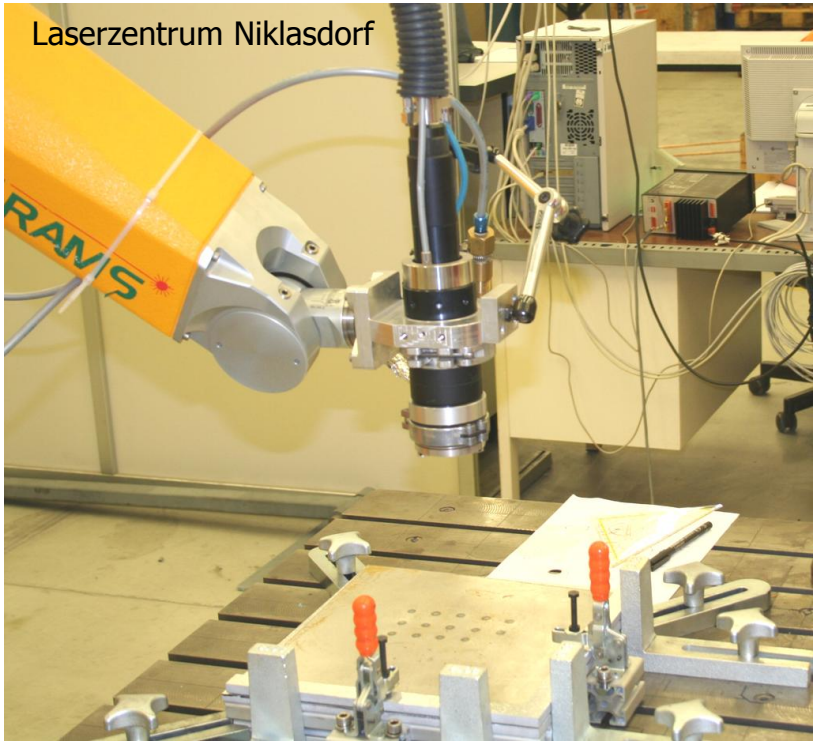


Schwerpunkte:

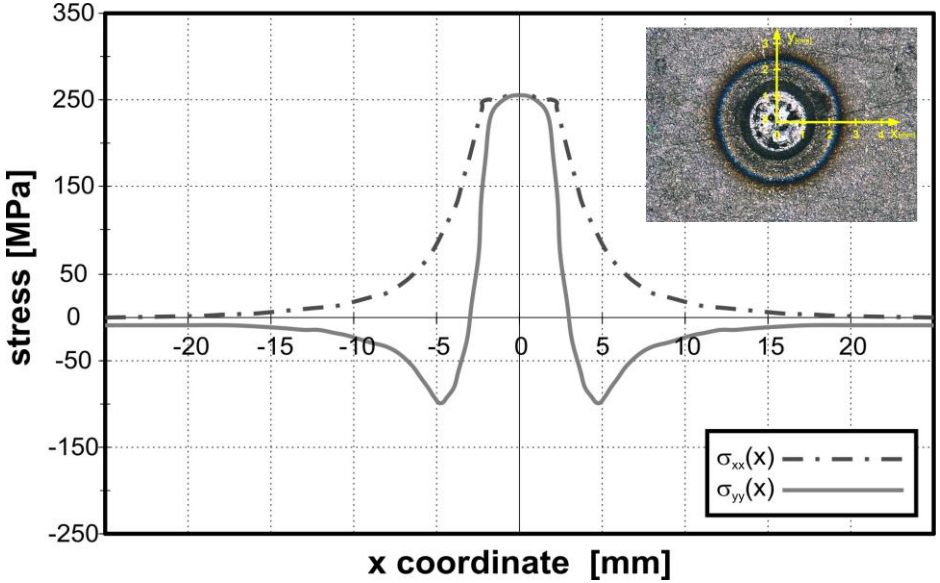
- Betriebsfestigkeit & Schadensanalytik
- Bauteiloptimierung
- **Topologie- und Gestaltsoptimierung**
- Tribologie & Fretting
- Materialmodellierung
- Numerische Simulation
- Konstruieren in Kunst- und Verbundstoffen

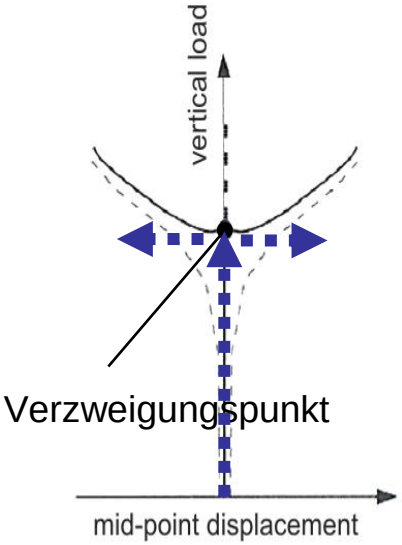
Erhöhte Beulsteifigkeit durch Eigenspannungen in Stahlblechen

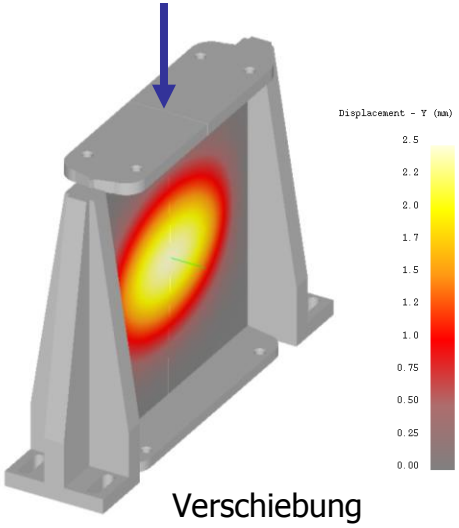
Lokale Einbringung von Eigenspannungen durch Laserpunkte



G.Figala: Diss. 2012, LS für Umformtechnik, MUL

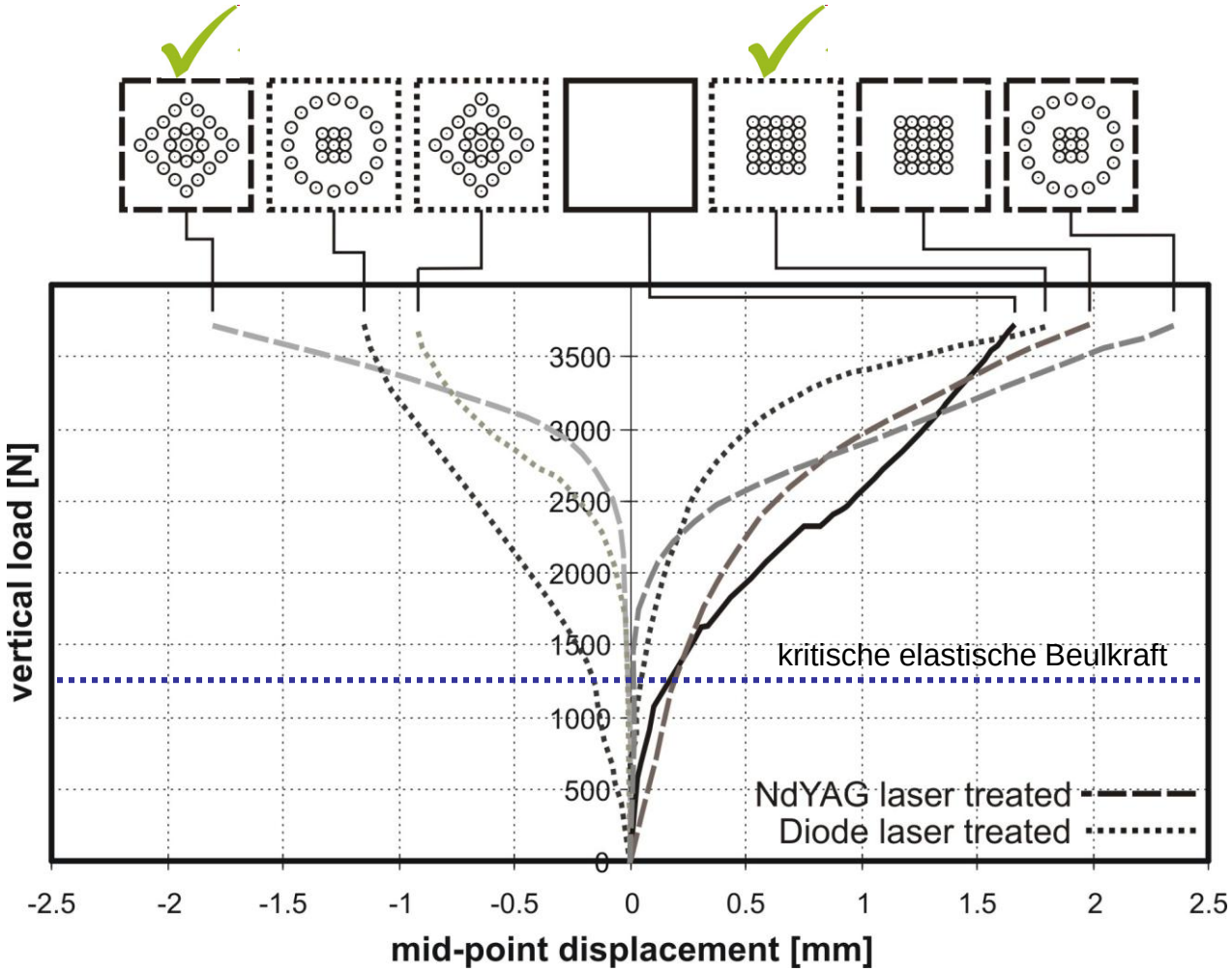






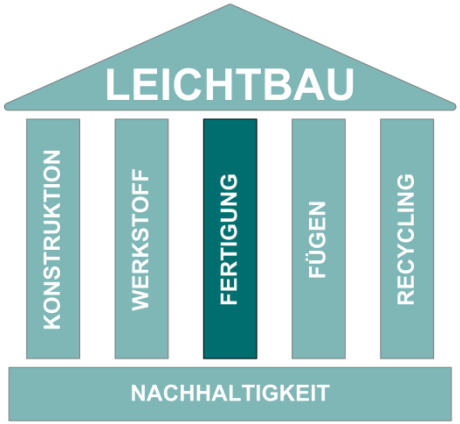
Lokale Einbringung von Eigenspannungen durch Laserpunkte

Beulversuche von laserbehandelten Platten



G.Figala: Diss. 2012, LS für Umformtechnik, MUL

Fertigungstechnischer Leichtbau



Schwerpunkte:

- Gusswerkstoffentwicklung
- Gießprozessoptimierung und -simulation
- Spritzgussoptimierung
- **Verarbeitung von Kunst- und Verbundstoffen**
- Umformsimulation
- Optimierung von Massiv- und Blechumformungen
- Eigenspannungssimulation
- Herstellung definiert gerichtet verstärkter FKV

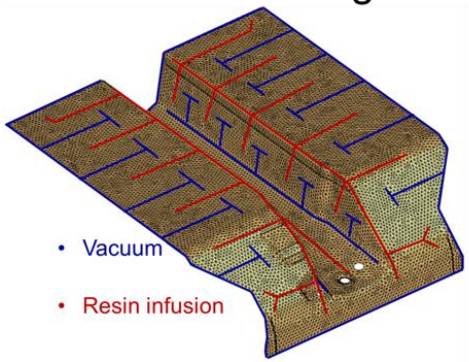
Flüssigimprägnierverfahren

- Ganzheitliche Prozessbetrachtung
  - Imprägnierung
  - Permeabilität
  - Infusions- und Injektionstechnik
  - Füllstrategien
  - Prozesssimulation

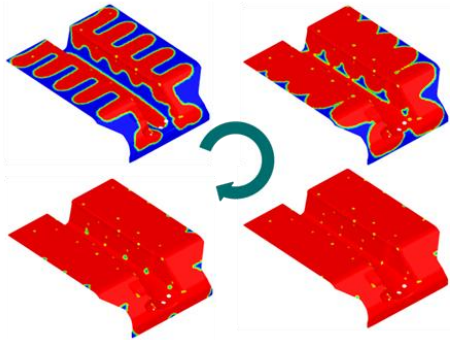
- **Prozessführung**

- **Prozessoptimierung**

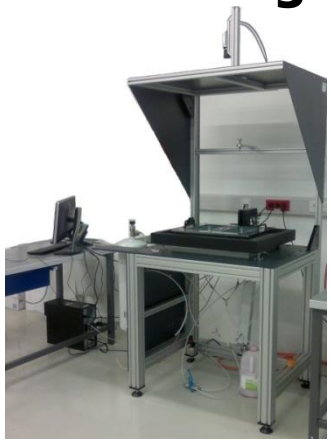
Infusionstrategie



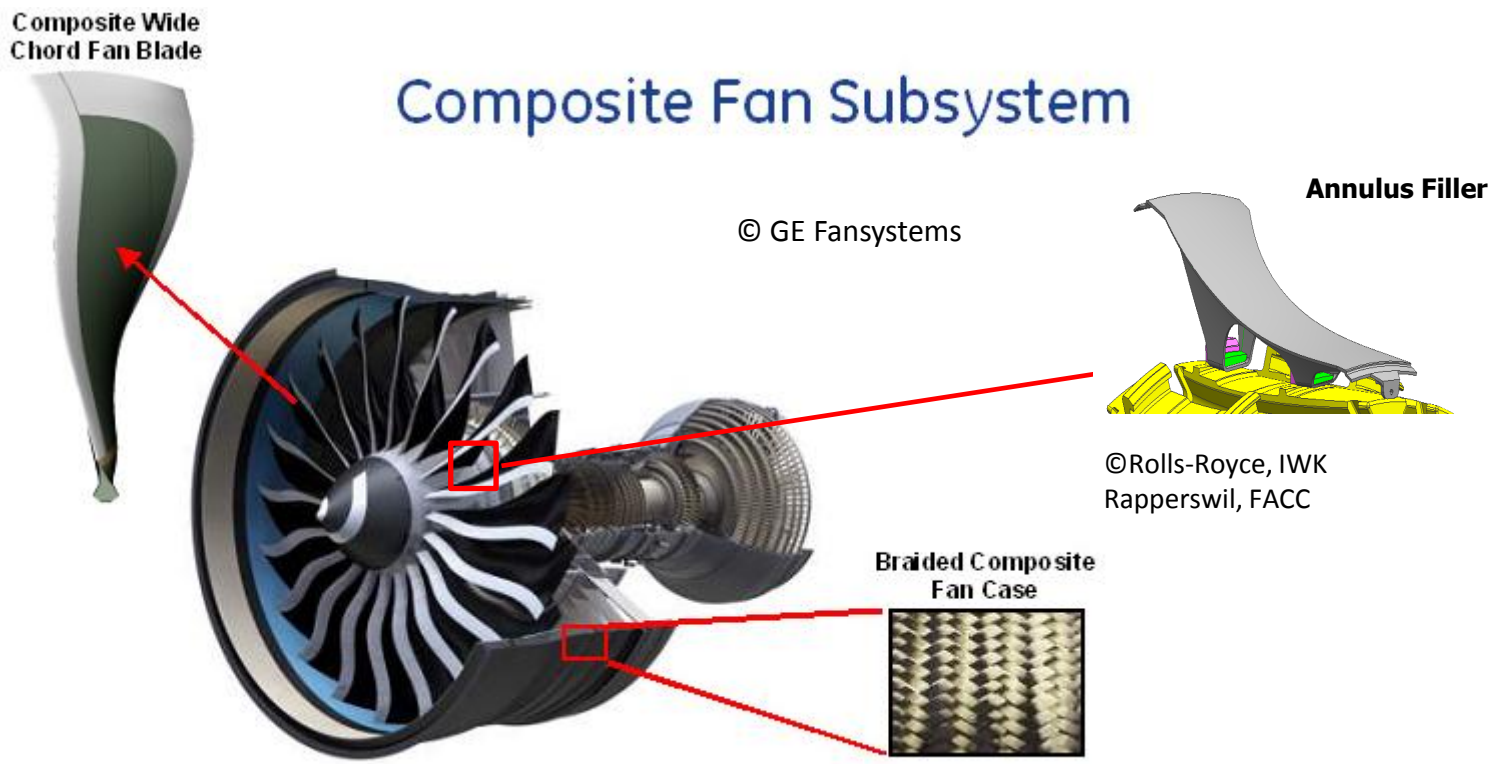
Prozesssimulation



- **Permeabilitäts-bestimmung**



Composite-Strukturen im Triebwerksbereich

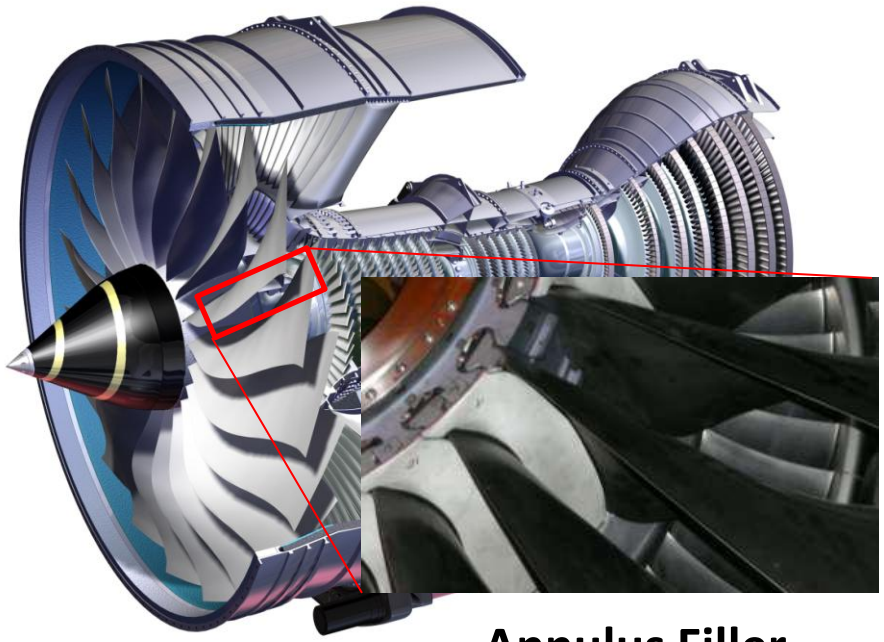


Der Ersatz von Metallstrukturen durch Compositelösungen im Vorverbrennungsbereich nimmt eindeutig zu:

- Gewichtsoptimierung
- Korrosionsbeständigkeit (Enteisungsmittel, Hydrauliköle, Kerosin)
- Dauerfestigkeit

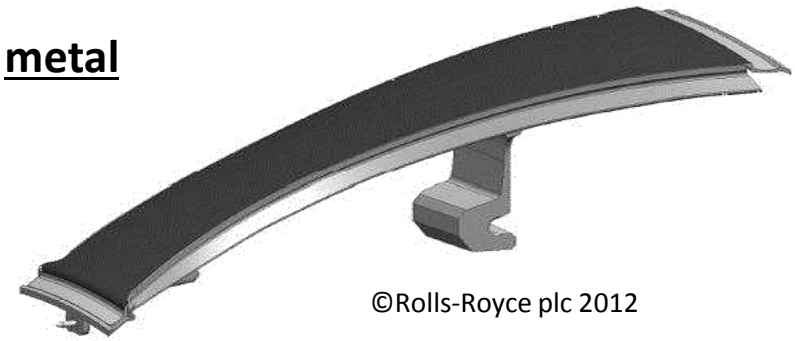
Composite-Strukturen im Triebwerksbereich

©Rolls-Royce plc 2012



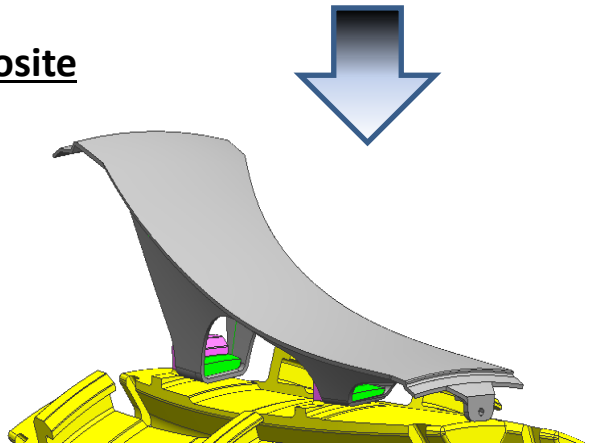
Annulus Filler

metal



©Rolls-Royce plc 2012

composite



©Rolls-Royce, IWK Rapperswil, FACC

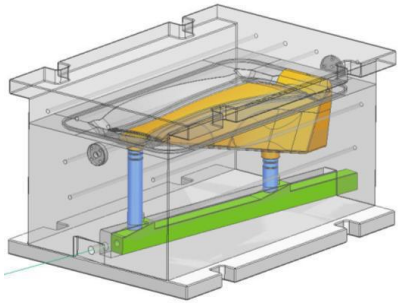
Durch die hohe Drehzahl moderner Jettriebwerke genießen die rotierenden Massen höchste Priorität bei der Gewichtsoptimierung. Bei Volllast lasten auf einem modernen 300g schweren CFK - Annulus Filler knapp 4 Tonnen, während ein 500g Metallfiller bereits 14 Tonnen Zentrifugalkraft erzeugt.

Composite-Strukturen im Triebwerksbereich

Fertigung Annulus Filler

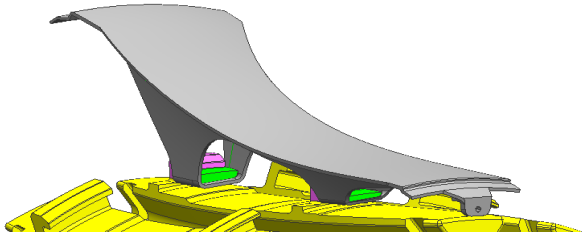
Preforming

Injection and Curing



Finishing

Assembly

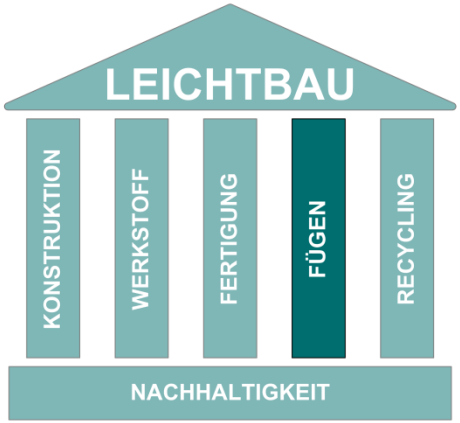


©Rolls-Royce, IWK Rapperswil, FACC

Vorteile an Gewicht, Dauerstabilität und Einbaukomplexität bei geringeren Systemkosten

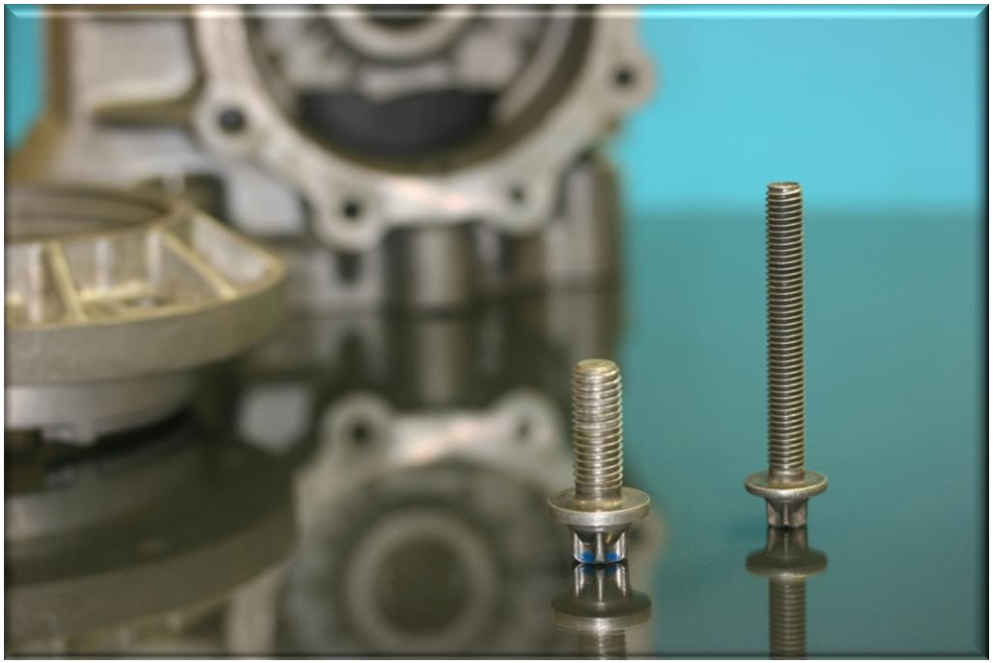
This work was granted under the JTI Clean Sky (JTI-CS-2010-1-SAGE-03-001) and within the European Framework Program 7

Fügetechnischer Leichtbau



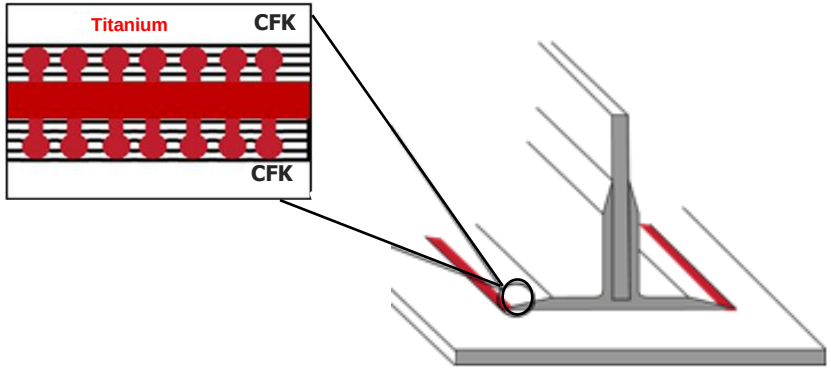
Schwerpunkte:

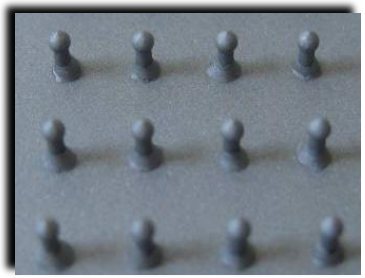
- Schweißprozessoptimierung
- Schweißsimulation
- Eigenspannungssimulation
- Löttechnik
- **Klebetechnik**
- Verschraubungstechnik
- Bestimmung und Minimierung von Vorspannkraftverlusten
- Korrosion von Metallpaarungen

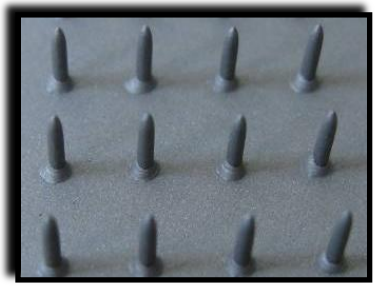


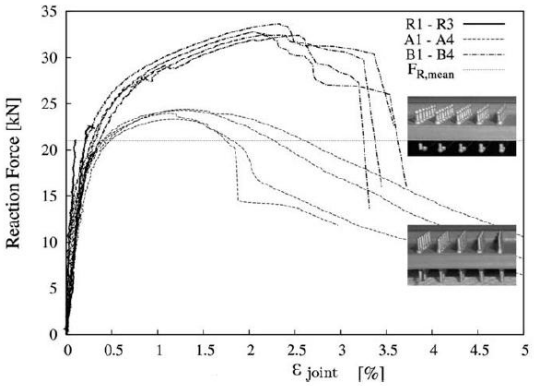
Schädigungstolerante Verbindungstechnik von CFK Teilen

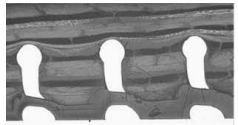
- Titanbleche mit aufgeschweißten Pins
- Formschluss und Klebung

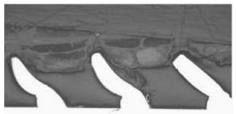


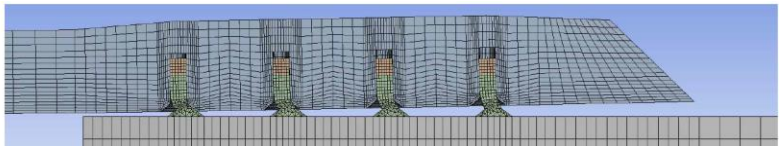




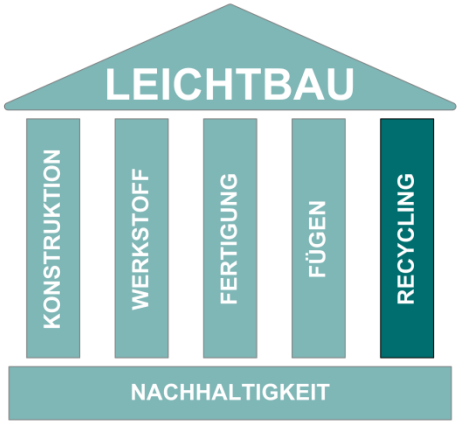








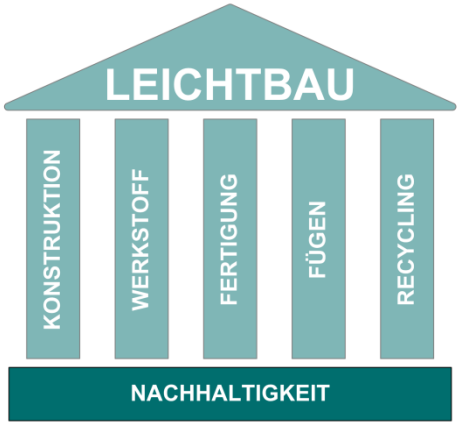
Recycling im Leichtbau



Schwerpunkte:

- Recycling und Werkstoffentwicklung von Aluminium
- Sekundärmetallurgie von kupfer- und edelmetallhaltigen Materialien
- Recycling von Kunst- und Verbundstoffen
- Recycling von komplexen metallhaltigen Reststoffen
- Recycling von Technologiemetallen

Nachhaltigkeit



Schwerpunkte:

- Nachhaltigkeitsmanagement
- Energiemanagement
- Wissensmanagement
- Technologie- & Innovationsmanagement
- Ganzheitliche Bewertung sowie Strategieentwicklung
- Generic Management

Danksagung

- Lehrstuhl Allgemeiner Maschinenbau, Montanuniversität Leoben
- Lehrstuhl Umformtechnik, Montanuniversität Leoben
- Lehrstuhl Metallkunde und metallische Werkstoffe, Montanuniversität Leoben
- Lehrstuhl Verarbeitung von Verbundwerkstoffen, Montanuniversität Leoben
- Polymer Competence Center Leoben GmbH
- Institut für Leichtbau und Struktur-Biomechanik, TU Wien
- Lehrstuhl Carbon Composites, TU München
- FACC AG, Ried im Innkreis
- EMS Chemie, Domat - CH