



## 6. Fachkongress Composite Simulation –

Herausforderungen und Methoden bei der Simulation von Faserverbundwerkstoffen

# LEICHTBAU – »QUO VADIS«?

Schwabenlandhalle, Fellbach | 23. Februar 2017

Rainer Kurek und Peter Fassbaender, AMC GmbH



# 1. Leichtbau – *quo vadis* am Beispiel der Automobilindustrie

- Fragile Energieversorgung, konkrete Ziele zur Ressourcenschonung, zunehmende Umwelt- und Klimaschutzanforderungen (CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, HC, ...) sowie ein erhöhtes »Nachhaltigkeitsbewusstsein« bei Automobilherstellern und Autokäufern
- »Niedrigenergie- und Niedrigemissionsfahrzeuge« stehen im Fokus der internationalen Automobilindustrie (siehe Elektromobilität bzw. diverse weitere alternative Antriebstechnologien sowie lfd. Abgasdiskussionen)
- Leichtbau gewinnt an Bedeutung ( $\frac{1}{2}$  mv<sup>2</sup>) – die Gesetzgebung, insbesondere bezüglich NO<sub>x</sub>- und CO<sub>2</sub>-Ausstoss (»legal regulations«), verschärft sich (»Niedrigenergie-, Niedrigemissionsfahrzeuge« werden stetig weiterentwickelt)
- Zunehmende Marktsättigung, Internationalisierungsstrategien, Unternehmensfusionen, Modell- und Variantenvielfalt, Komplexitätszunahme in allen Prozessen und lfd. Innovationsdruck (auch im Leichtbau) prägen derzeit die Branche
- Die Innovationsverantwortung der gesamten Lieferpyramide erhöht sich – Folge: »Co-kreativer Prozess« der OEM mit hochqualifizierten externen Partnern, die mehr Verantwortung im Fahrzeugentstehungsprozess übernehmen

Im **integrativen automobilen Leichtbau** sind (Radikal-) Innovationen heute bedeutender denn je – dies gilt für konventionelle Fahrzeugkonzepte, Hybridantriebe und Elektromobilität gleichermaßen.



## 2. Leichtbau mit faserverstärkten Kunststoffen (»xFK«)

- Neue, innovative Leichtbaukonzepte mit einem höheren Anteil an Faserverbundwerkstoffen sind im Serienautomobilbau angekommen – bestehende faserverstärkte Kunststoffverfahren (»xFK«) werden stetig weiterentwickelt, neue Prozesstechnologien kommen lfd. hinzu.
- In Abhängigkeit diverser technischer Einflussfaktoren kommen bereits heute unterschiedlichste Prozesstechnologien zum Einsatz: »Resin Transfer Molding (RTM)«, »Tape Legen«, »Faserpressen«, »Pultrusion« usw.
- So finden auch »Flecht- und Wickeltechnologien« für unterschiedliche Bauteile und Komponenten des Automobils zunehmende industrielle Anwendung – Erfahrungen aus Luft- und Raumfahrt, Motorsport, Fahrradindustrie... werden gezielt genutzt.
- Der Industrialisierungsgrad für automotiv Anwendungen erhöht sich stetig – die Einsatzbereiche der unterschiedlichen »xFK-Technologien« sind mittlerweile äußerst vielfältig (Karosserie, Exterieur, Interieur, Antrieb, Fahrwerk, ...) und nehmen weiter zu.
- Entscheidend für den nachhaltigen Markterfolg der unterschiedlichen Prozesstechnologien ist es, immer neue und innovative Anwendungsoptionen (Bauteile) zu definieren, zu planen und zu implementieren. Dabei geht es im Kern um den stärkenkonformen Einsatz des jeweils wirksamsten faserverstärkten Kunststoffs – in GFK, CFK, BFK, »xFK« (in Abhängigkeit des techn. Anforderungsprofils).



### Technische Einflussfaktoren:

Steifigkeit/Festigkeit  
 Gewicht/Performance  
 Fahrkomfort/Crashesicherheit  
 Dauerfestigkeit (z.B. Korrosion)  
 Reparaturfreundlichkeit/Toleranzen  
 Akustik  
 Wettbewerb/Wertbestand  
 Rezyklierbarkeit u.v.m.

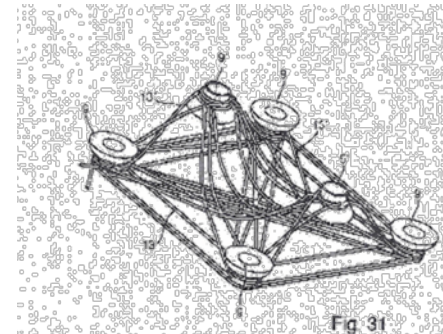
Um die Wirksamkeit von bestehenden »xFK-Anwendungen« nachhaltig zu verbessern, die Fasern stärkenkonform einzusetzen und zugleich *preisWERT* zu entwickeln und produzieren, bedarf es innovativer Entwicklungsprozesse – diese Entwicklungsprozesse werden künftig vor allem auch »berechnungs- und simulationsgetrieben« sein.



### 3. **xFK**<sup>IN 3D</sup> -Verfahren: »simulationsgetrieben«

Eine Marke der AMC

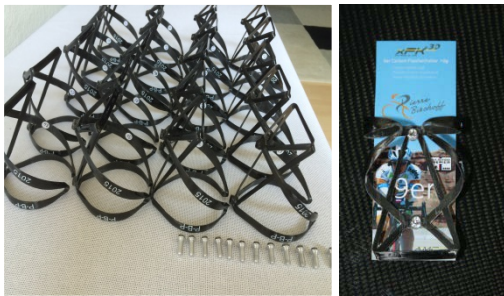
- Wenn die (Glas-, Kohle-, Basalt-, ...) Fasern von Verbundwerkstoffen (»xFK«) nach den gewünschten Bauteilfunktionen und Lastkollektiven »ausgerichtet« und *dreidimensional gewickelt* werden (»xFK in 3D«), entstehen räumliche Strukturbauteile »hoher Intelligenz« und in »ultraleichter Form« .
- Durch bionische Profile, die auch in »Hybrid- und Mischbauweise« realisiert werden können, ergeben sich im integrativen Leichtbau völlig neue, innovative Möglichkeiten, Bauteile lastfallgerecht zu konzipieren, zu entwickeln und zu produzieren – dieser Mehrwert entsteht für viele Applikationen im gesamten Fahrzeugbau aller OEM.
- »xFK in 3D« zeichnet sich durch folgende technischen Merkmale aus:
  - *leicht*: Hohlräume zwischen den Fasersträngen
  - *flexibel*: hohe geometrische Freiheitsgrade
  - *kraft- und spannungsoptimiert*: gem. def. Lastkollektive
  - *materialoptimiert*: kaum Verschnitt (kein Abfall)
  - *mehrachsig belastbar*: stärkenkonforme Faserauslegung
  - »*einstellbar*«: gemäß techn. Anforderungsprofil
  - *Simulationsgetriebenes Verfahren*





# 4. **XFK<sup>3D</sup>** -Applikationen: Wie sehen Anwendungen aus?

**XFK<sup>3D</sup>** -Flaschenhalter  
(3.500 Mal produziert)



**XFK<sup>3D</sup>** -Konsolen



**XFK<sup>3D</sup>** -Exterieur



**XFK<sup>3D</sup>** -Wellen



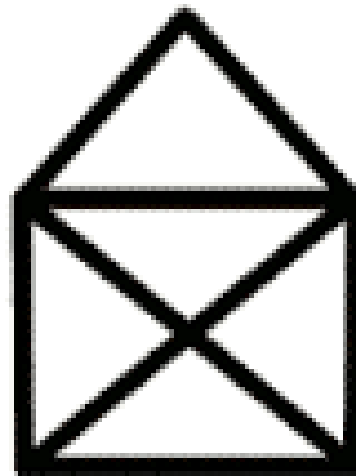
**XFK<sup>3D</sup>** -Crashbox



**XFK<sup>3D</sup>** -Stoßfänger-Innenstruktur



# 5. **XFK<sup>IN 3D</sup>** - wie das Verfahren funktioniert: »Das Haus vom Nikolaus«



Endlosfaserroving



## 6. **xFK<sup>IN 3D</sup>** -Flaschenhalter

Eine Marke der AMC

- Klammerflaschenhalter für Hochleistungsfahrräder
- Masse: 7 – 9 Gramm (in Abhängigkeit des Einsatzes)
- Zylindrischer Durchmesser: 70 mm
- Werkstoff: GFK oder BFK oder CFK (...xFK)
- Prozesstechnologie: xFK in 3D (CFK in 3D)
- Technische Merkmale:
  - ultraleicht: Hohlräume zwischen den Fasersträngen
  - einfache Topographie: Auslegung gem. Belastungsrichtung
  - kraft- und spannungsorientiert: Faserauslegung
  - hohe Steifigkeit: stärkenkonformer Fasereinsatz
  - mehrachsig belastet: Zug, Druck, Biegung
  - materialoptimiert: kein Verschnitt / Abfall



mehr als 3.000 Mal  
produziert



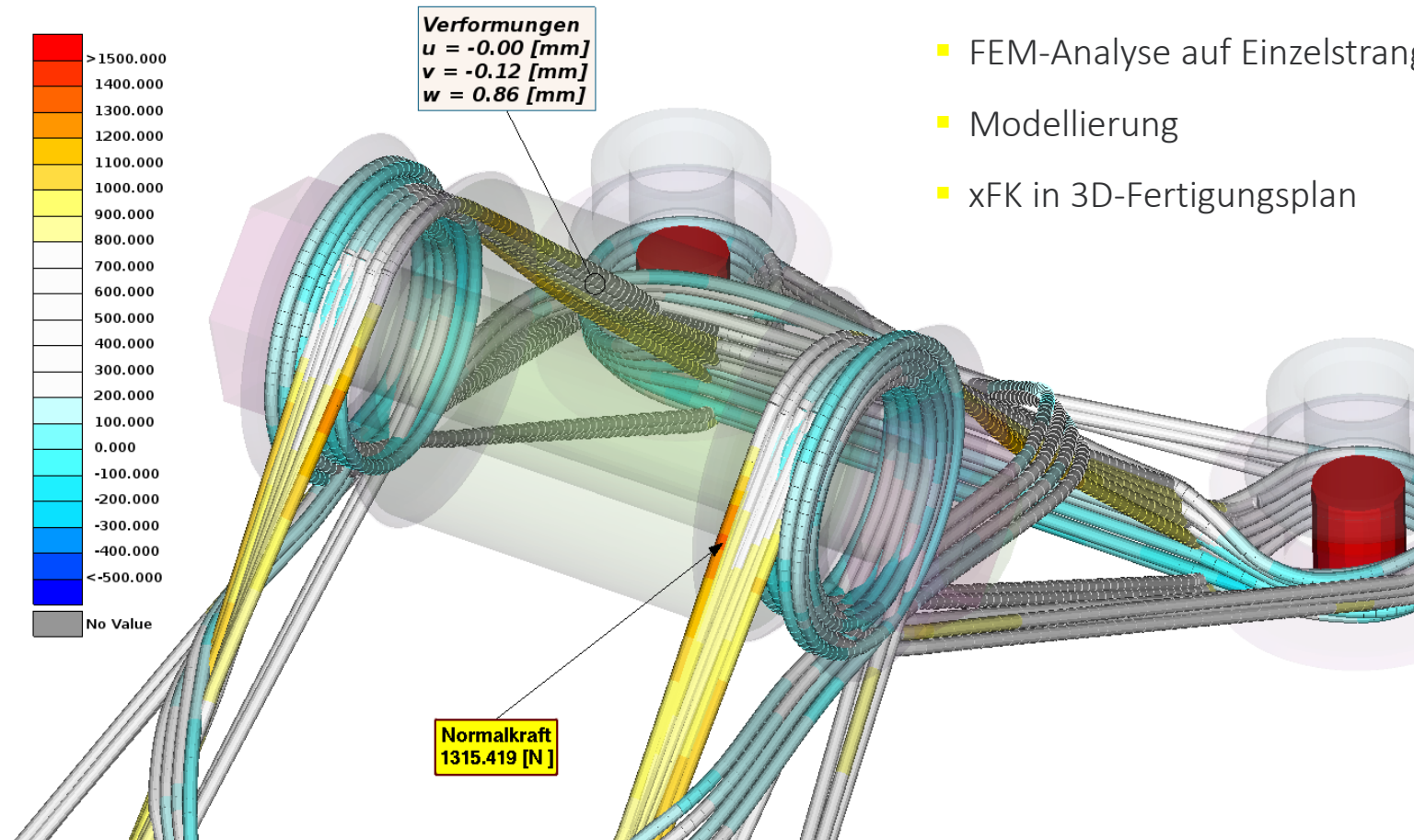
## 7. SPIEGEL-Video »Der Carbonwickler«





## 8. **xFK<sup>IN 3D</sup>** - wie ausgelegt wird

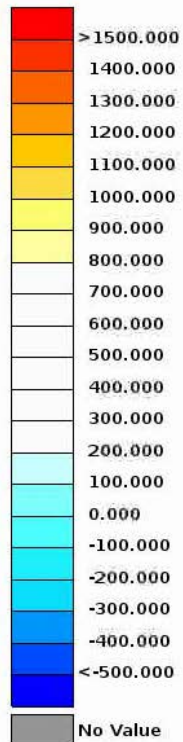
Eine Marke der AMC



- FEM-Analyse auf Einzelstrangebene
- Modellierung
- xFK in 3D-Fertigungsplan

## 9. **XFK<sup>IN 3D</sup>** - Animation der Bewegung

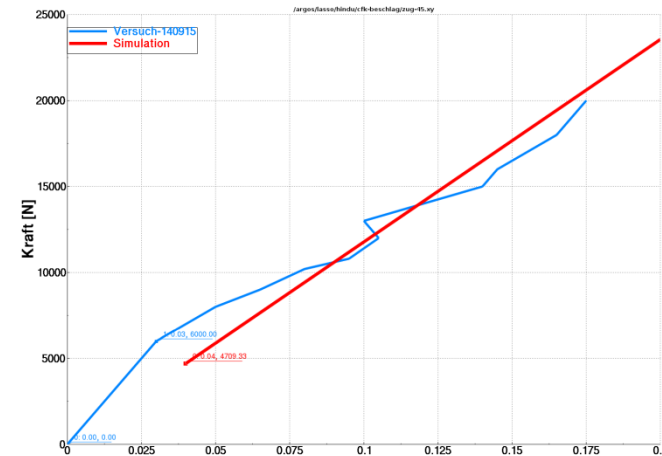
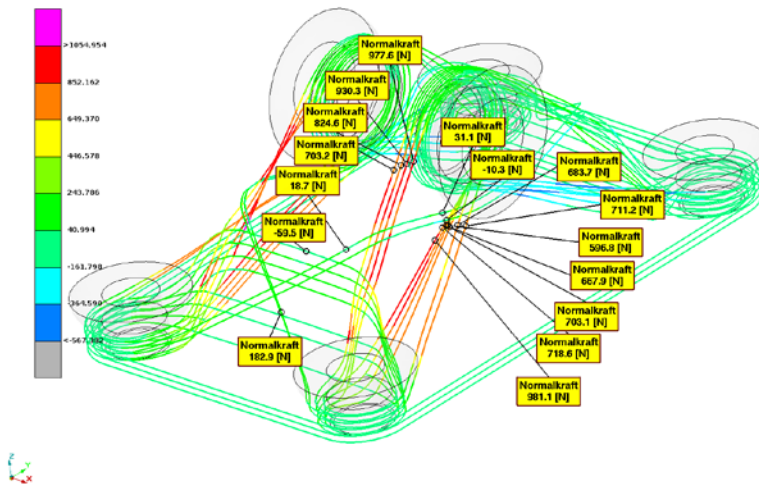
Eine Marke der AMC



Verformungen  
5-fach überhöht



# 10. Simulative Auslegung / empirische Erprobung



- Modellierung
- Statische und dynamische Lastfälle
- Berechnung der Betriebslasten
- Iterative Strukturoptimierung mit Berechnung
- Dynamische Sicherheitsberechnung
- Normalkraft- / Momentuntersuchung der Einzelstränge
- »xFK in 3D«-Wickelplan

- Datensatz – basierend auf »xFK in 3D«-Wickelplan
- Dimensionierung von Bauteil / Werkzeug / Prüflehre
- CAD-Konstruktion (Grundplatte, Buchsen, ...)
- Aufbau der »xFK in 3D«-Fertigungsvorrichtung
- Prototypenbau (Tempern, Entformen, »Finish«, ...)
- Prüfung mit Lehre gem. geometrischer Dimensionierung
- Komponentenerprobung (z.B. Kraft-/Wege-Diagramm)



# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

## Kontakt

AUTOMOTIVE MANAGEMENT CONSULTING GmbH

Glaspalast, Im Thal 2  
D - 82377 Penzberg

Tel.: +49 / 8856 / 8 05 48 - 50

Fax: +49 / 8856 / 8 05 48 - 59

[info@automotive-management-consulting.com](mailto:info@automotive-management-consulting.com)

[www.automotive-management-consulting.com](http://www.automotive-management-consulting.com)

