AMC AUTOMOTIVE MANAGEMENT CONSULTING

Leichtbau-Innovation in der Faserverbundtechnik

xFK IN 3D –

Eine Marke der AMC

DATEN, FAKTEN, HINTERGRÜNDE

© AMC GmbH | Penzberg im März 2016

Testimonial von Prof. Dr.-Ing. Peter Eyerer

»Bei dem patentierten Verfahren »xFK in 3D« (PTC / EP 2014 / 069 782) handelt es sich um eine sehr einfache, kostengünstige, hochflexible, nachhaltige und nahezu beliebig räumlich gestaltbare Faserverarbeitungstechnologie. Ein Faserroving gewünschter Stärke und Länge wird z.B. mit Epoxidharz getränkt und über eine Ablege-Vorrichtung per Roboter zu einem Bauteil gelegt.

Die freie geometrische Auslegung ist bei den meisten Anwendungsfällen im Maschinenbau, der Automobiltechnik oder in anderen Einsatzgebieten voll gegeben. Die Fasern liegen reproduzierbar ideal in Spannungsrichtung. Es werden nur die Fasern benötigt, welche im Bauteil Kräfte zu übertragen haben (kein Verschnitt). Es entstehen Bauteile extremen Leichtbaus, weil Hohlräume zwischen den Fasersträngen offen bleiben.

In Hybridlösungen wird die Verbindungstechnik durch optimalen fasergerechten Formschluss reproduzierbar erzielt. Ein Fügevorgang von einzelnen Bauteilmodulen durch Kleben findet nicht statt. Technologisch betrachtet verbinden sich die getränkten Faserstränge miteinander und härten zu kompletten Bauteilen aus. Änderungsschleifen und Varianten sind durch nicht vorhandene geschlossene Formen zeitnah und kostengünstig realisierbar. Teure Werkzeugformen entfallen für viele Anwendungen.

Mit diesem Verfahren werden die Werkstoffkennwerte der Fasern optimal in Bauteile eingebracht. Die physikalischen Eigenschaften der Fasern spiegeln sich in den Bauteilen direkt wieder.

Dieses Verfahren wird meiner Meinung nach völlig neue Potenziale (technisch, wirtschaftlich, umweltlich und sozial) im Leichtbau erschließen.«

Karlsruhe, im Juli 2015
Prof. Dr.-Ing. Peter Eyerer
Institutsleiter des Fraunhofer ICT

Inhalt

1. Präambel – Neue Prozesstechnik *»xFK in 3D«*
2. Innovations-Initiative *»xFK in 3D«* - wozu?
3. Leichtbau mit faserverstärkten Kunststoffen *(»xFK«)*
4. *»xFK in 3D«* - worum es geht
5. *»xFK in 3D«*-Machbarkeitsstudien
6. *»xFK in 3D«* - Simulative Auslegung
7. *»xFK in 3D«* - Kundennutzen (Flexibilität, Kosten, …)
8. *»xFK in 3D«* - Vorteile auf einen Blick
9. Anhang:

   Technologiestudie *»CFK in 3D-Flecht- und Wickelverfahren« /* SPIEGEL-Beitrag vom 18.04.2015

   »xFK in 3D«-Trägerstruktur für Stoßfänger

   »xFK in 3D«-Prototypenbau

   »xFK in 3D« im Jahr 2015

   AMC – *das* Technologiehaus für Leichtbau-Innovationen

   Kontakt

1. Präambel – Neue Prozesstechnik

- Die vorliegende Dokumentation *»xFK in 3D - Daten, Fakten, Hintergründe«* wurde von der AUTOMOTIVE MANAGEMENT CONSULTING GmbH erstellt.
- *»xFK in 3D«* ist eine neue, hochinnovative Prozesstechnologie, die im Wesentlichen auf dem Patent PTC / EP 2014 / 069 782 für das *»Verfahren zum Wickeln von Bauteilen aus Fasern«* basiert (Patent-Inhaber ist der AMC-Techologieberater Peter Fassbaender).
- Die AUTOMOTIVE MANAGEMENT CONSULTING GmbH verfügt über die *Exklusivrechte* für die Technologievermarktung, für den Vertrieb, die Vergabe von Lizenzen, die Festlegung von Kooperationen und die Industrialisierung von *»xFK in 3D«.*
- In verschiedenen technischen Machbarkeitsstudien für unterschiedliche Bauteile wurde die Leistungsfähigkeit und das Innovationspotenzial von *»xFK in 3D«* bereits mehrfach nachgewiesen, so dass sich die Prozesstechnologie derzeit in der Fertigungsüberleitung vom Protoypenmaßstab zur Klein- (Mittel-) Serienproduktion befindet (CAE – CAD – CAM).
- Bei *»xFK in 3D«* handelt es sich um ein *»berechnungs- und simulationsgetriebenes Verfahren«,* das über eine außerordentlich hohe Genauigkeit in der Auslegung verfügt. *»xFK in 3D«* ist bezüglich der physikalischen Eigenschaften *einstellbar.*

2. Innovations-Initiative xFK in 3D - wozu?

- Fragile Energieversorgung, konkrete Ziele zur Ressourcenschonung, zunehmende Umwelt- und Klimaschutzanforderungen (CO, CO_2, NO_x, HC, …) sowie erhöhtes »Nachhaltigkeitsbewusstsein« bei Automobilherstellern und Autokäufern
- *»Niedrigenergie- und Niedrigemissionsfahrzeuge«* stehen im Fokus der internationalen Automobilindustrie (siehe Elektromobilität bzw. diverse weitere alternative Antriebstechnologien)
- Leichtbau gewinnt an Bedeutung (½ mv^2) – die Gesetzgebung, insbesondere bezüglich NO_x- und CO_2-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
- Die vorliegende Innovations-Initiative *»xFK in 3D«* erfolgt vor dem Hintergrund dieser sich ändernden Umfeld-, Umwelt- und Rahmenbedingungen in der Automobilindustrie - *»xFK in 3D«* ist *eine* Antwort auf die künftigen Herausforderungen

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

3. 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 hinzu.

- In Abhängigkeit diverser technischer Einflussfaktoren kommen bereits heute unterschiedlichste Prozesstechnologien zum Einsatz: *»Resin Transfer Molding (RTM)«, »Tape Legen«, »Faserpressen«, »Pultrusion«* usw.

Technische Einflussfaktoren:

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

- 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 automotive 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).

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.

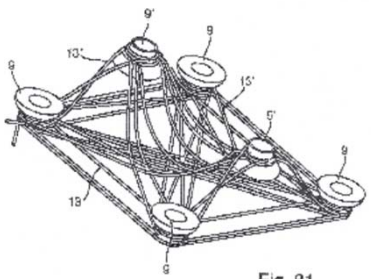
4. xFK in 3D – Eine Marke der AMC - worum es geht

- *»xFK in 3D«* beschreibt einen ebenso *konkreten* wie *mess- und beurteilbaren technologischen Beitrag* zu integrativem Automobil-Leichtbau der Zukunft – *»aus der Praxis für die Praxis«*.

- 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«.*

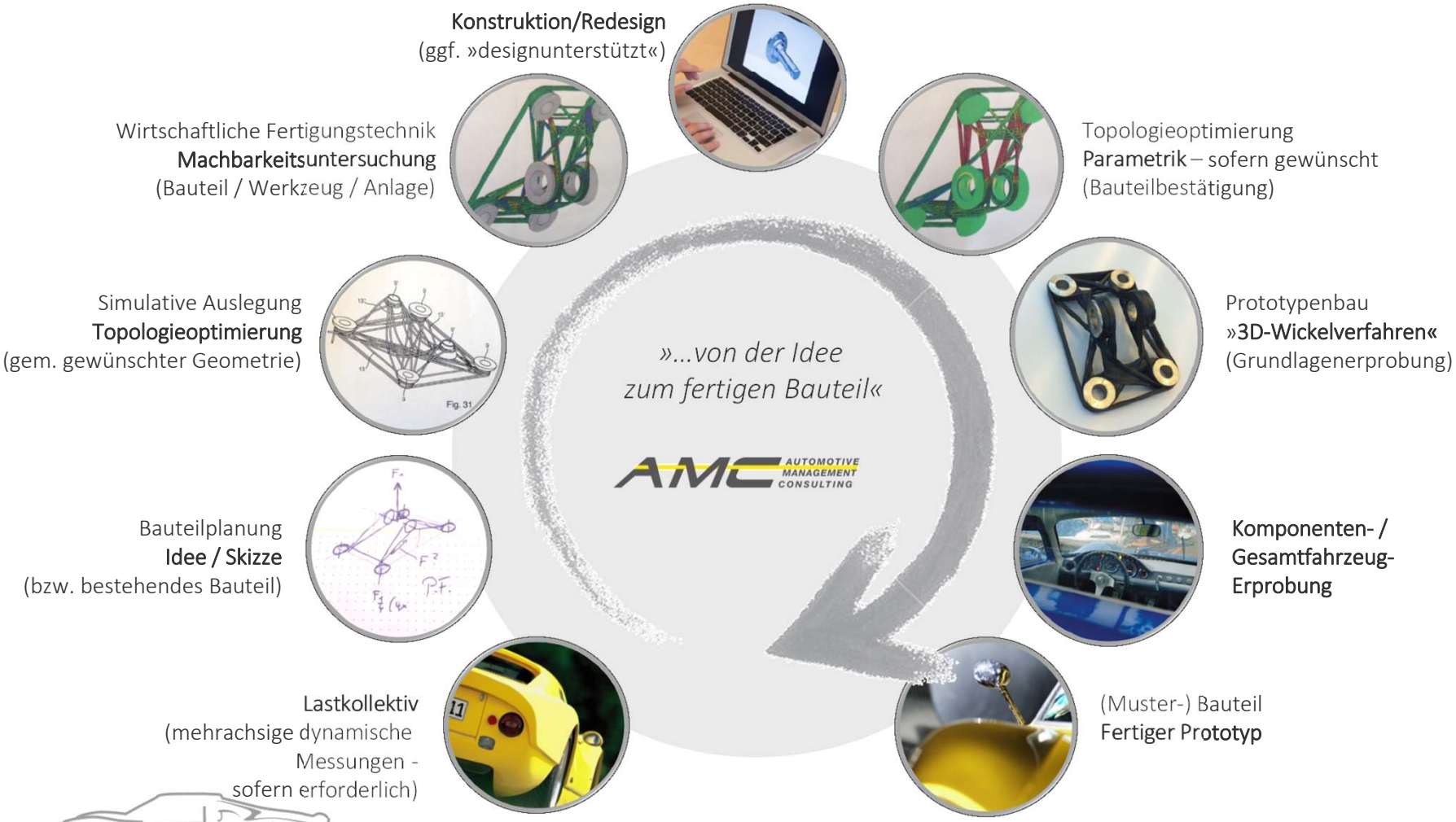
- Durch bionische Profile, die auch in »Hybrid- und Mischbauweise« eingesetzt werden können, ergeben sich im integrativen Automobil-Leichtbau völlig neue, innovative Möglichkeiten, Bauteile lastfallgerecht zu konzipieren, zu entwickeln und zu produzieren – dieser Mehrwert entsteht für viele Applikationen im gesamten Fahrzeugbau.

- *»xFK in 3D«* zeichnet sich durch folgende techn. 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
  - *CAE-orientierte Topologie / Auslegung*

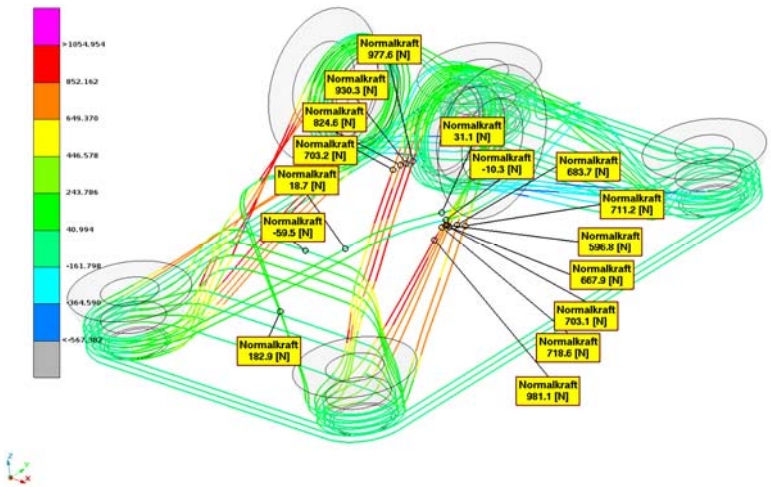


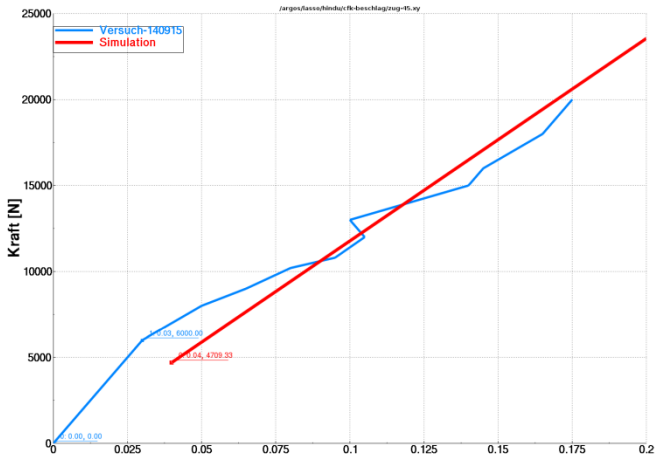
5. xFK in 3D -Machbarkeitsstudien

Eine Marke der AMC



6. xFK in 3D - Simulative Auslegung





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

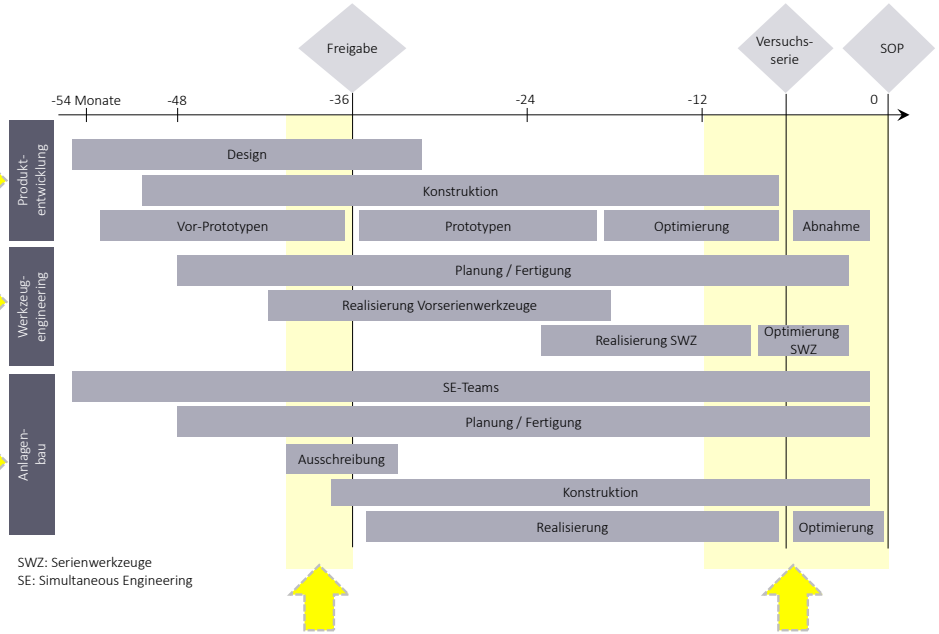
- Datensatz – basierend auf *»xFK in 3D«*-Wickelplan
- Dimensionierung von Bauteil / Werkzeug / Prüflehre
- CAD-Konstruktion (Grundplatte, Buchsen, …)
- Aufbau der *»xFK in 3D«*-Fertigungsvorrichtung
- Prototypenbau (Tempern, Entformen, *»Finish«*, …)
- Prüfung mit Lehre gem. geometrischer Dimensionierung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

7. xFK in 3D – Eine Marke der AMC - Kundennutzen (Flexibilität, Kosten…)

»Virtuelle« Entwicklungs-arbeit in CAE

»Einfache« Werkstück-träger (Re-Programmierung)

»Beherrschbare« techno-logische Industrialisierung



- ✓ freie Geometrie
- ✓ Exakte Faserablage
- ✓ Materialoptimiert
- ✓ Einfache Realisierung
- ✓ Innovative Prozesstechnologie
- ✓ Minimaler Verschnitt
- ✓ ultraleicht

20% mehr Effizienz bezüglich Zeit und Kosten durch:

- »Frontloading« in der lastfallpräzisen FE-Simulation
- topologisch optimierte belastungsgerechte ein-fache Geometrien (Prototyping)
- parametrisierte Formulierung der Bauteilfertigung (Faserausrichtung, ggf. Lagenaufbau usw.)
- vereinfachte Prototypenrealisierung (Werkzeugkosten!)

30% mehr Effizienz bezüglich Zeit und Kosten durch:

- einfache Serienwerkzeuge (für kleine und mittlere Stückzahlen)
- geringeren Werkzeugänderungsaufwand (Re-Programmierung des Werkstückträgers)
- hohe Flexibilität in der Automatisierung *(»Program Readiness«)*
- präzise formulierbare Qualitätssicherungs-maßnahmen und Implementierung

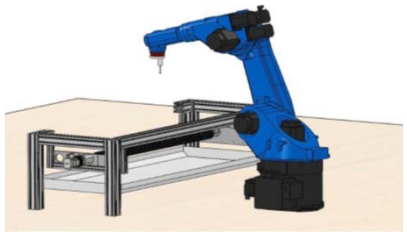


Abb.: Portal und »Motion teach«, © iPROTEC GmbH

8. xFK in 3D - Vorteile auf einen Blick

- Hohe Flexibilität in der Formgebung bereits bestehender Bauteile (z.B. *»minimale Radien«*, …, freie Geometrie)
- Einfache Optimierung bestehender Bauteile durch professionelle Simulation (topologisch optimiert)
- Unterschiedlichste Bauteile (nicht rotationssymmetrisch!) können weiterentwickelt werden (Konsolen, Halter, Wellen, …)
- Hohe Flexibilität in der Formgebung neuer Bauteile (einfache geometrische Vorgaben; Handskizzen reichen aus)
- Lastpfade und Lastkollektive können virtuell und empirisch ermittelt werden (dynamische Kraft- und Spannungsanalysen)
- Hohe Zug-, Druck-, Biege- und Torsionsbeanspruchungen – auch mehrachsig – sind möglich *(»Strukturbauteile«)*
- Designelemente, wie optisch anspruchsvolle Fachwerkstrukturen, sind möglich (z.B. für diverse Interieurelemente)
- Einfache Bauteilkonstruktion durch präzise CAE-Vorgaben (Berechnung / Simulation »gibt stets vor«)
- Relativ günstige Fertigungsvorrichtungen, um welche die (Prototypen-) Bauteile dreidimensional gewickelt werden
- *»xFK in 3D«*-Fasern- und Matrix sind *»einstellbar« (»xFK in 3D«*-Eigenschaften können relativ genau definiert werden)
- Implementierung von Sensortechnik für Erprobung ist möglich – Faserbelastung! (z.B. akustische Signale)
- Effizienzsteigerung in der Produktentwicklung, Prototypenfertigung und Industrialisierung

FAZIT: innovativ, raumorientiert, fügefähig, ultraleicht, effizient, einstellbar und erprobt!

Anhang: Technologiestudie *»CFK-Profile in 3D-Flecht- und Wickelverfahren«* / SPIEGEL-Beitrag vom 18.04.2015

Initiative/Umsetzung: AMC Automotive Management Consulting

Kooperation: Carbon Composites, CFK Valley

Techn. Unterstützung: Tecosim, Voith

Ziel: Potenzialanalyse von thermoplastischem und duroplastischem Wickeln, von Radial- bzw. Horizontalflechttechnik, von Raumwickelverfahren *(»xFK in 3D«)*

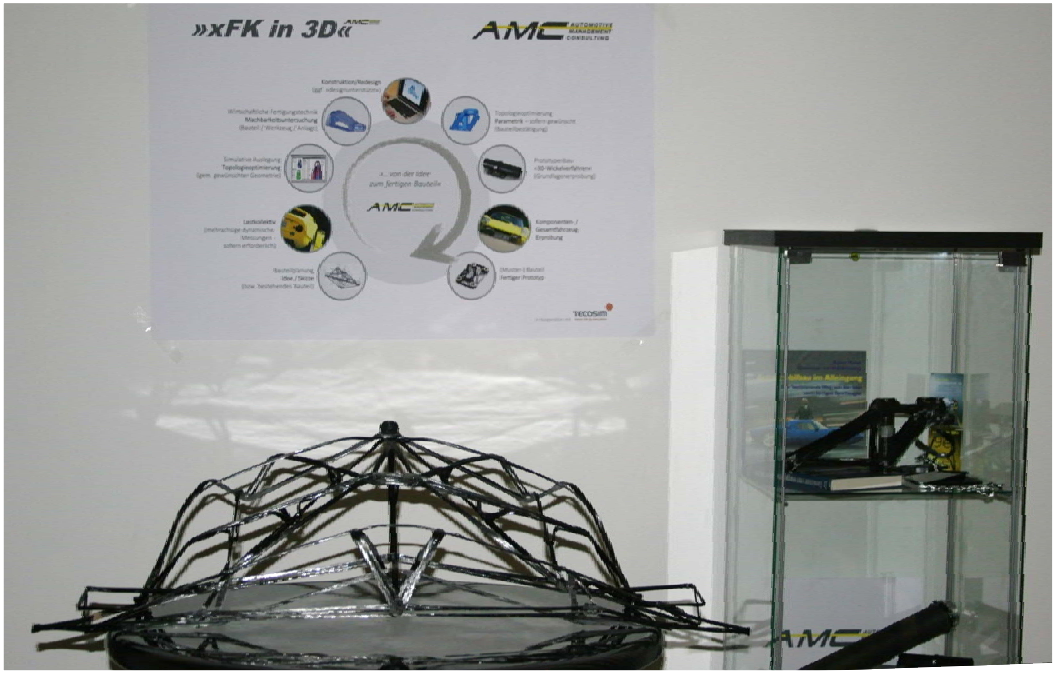
Studienteilnehmer: 22% OEM, 21% EDL, 29% Zulieferer, 21% Wissenschaft, 7% Andere

Studienzeitraum: Januar – Juni 2015

SPIEGEL-Beitrag vom 18.04.2015, Ausg. 17/2015, S. 132

Aus Sicht der StudienteilnehmerInnen verfügt das *»xFK in 3D«* über ein sehr ausgeprägtes künftiges Erfolgspotenzial – bezüglich Preis und technologischem Mehrwert.

Anhang: xFK in 3D -Trägerstruktur für Stoßfänger



Anhang: xFK in 3D -Prototypenbau

Anhang: xFK in 3D im Jahr 2015

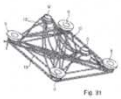
06-07/2015
AMC-Technologiestudie
»CFK-Profile in 3D-Flecht- und Wickelverfahren«

05/2015
Technische Machbarkeitsstudien
zu xFK in 3D-Strukturkomponenten

08/2015
AMC-Marktpotenzialanalyse
für div. xFK in 3D-Applikationen

04/2015
SPIEGEL-Beitrag vom 18.04.2015
»Sensibles Puzzle«,
Ausg. 17/2015, S. 132

09/2015
COMPOSITES EUROPE, Stuttgart
Vorstellung von xFK in 3D-Struktur-Komponenten mit AFBW



03/2015
Offenlegungsschrift des Dt. Patent- und Markenamtes
(DE 10 2014 217 215 A1
von Peter Fassbaender)

xFK in 3D
by
AMC AUTOMOTIVE MANAGEMENT CONSULTING
2015

10/2015
AUTOMOBIL INDUSTRIE-Titelstory
»Leicht geht auch günstig«,
Ausg. 10/2015, S. 24ff.

02/2015
AMC-Marktstudie
»preisWERTER Leichtbau im Automobil – Revolution statt Evolution«
(Innovationsführer, mit Unterstützung von VW, Audi, Porsche u.a.)

11/2015
Professional MotorSport World Expo, Köln
Vorstellung von xFK in 3D-Leichtbau-Wellen mit VOC

01/2015
Gastkommentar
»Leichtbau ist preiswert – Evolution durch Integration«
(AI Januar/Februar 2015)

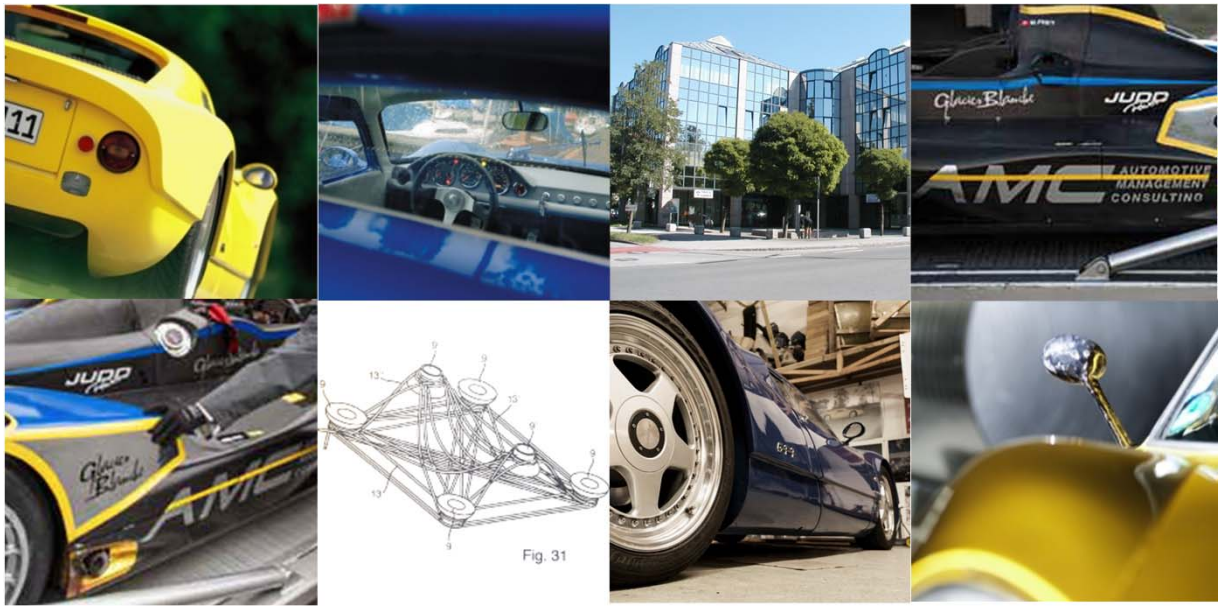
12/2015-01/2016
xFK in 3D-Tagungen
AMC-Symposien im Glaspalast, Penzberg

Anhang:
AMC – *das* Technologiehaus für Leichtbau-Innovationen

Die AUTOMOTIVE MANAGEMENT CONSULTING (AMC) ist ein hochqualifiziertes Technologiehaus für Leichtbau-Innovationen mit Sitz in Penzberg, ca. 30 Minuten südlich von München. Leichtbau ist seit jeher unsere Mission.

Bei Interesse an unserer innovativen Prozesstechnologie *»xFK in 3D«* kontaktieren Sie uns!

Gerne senden wir Ihnen bei Interesse weiteres Informationsmaterial zu.



AMC AUTOMOTIVE MANAGEMENT CONSULTING

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
www.automotive-management-consulting.com