

# CARBON COMPOSITES MAGAZIN

Die Mitgliederzeitschrift des CCeV

Ausgabe 2 | 2015



**CCeV: Größter Messestand auf der Composites Europe 2015**

**Ausstellung: Carbon in Bonn**

**Neues aus den Mitgliedsunternehmen und CCeV-Abteilungen**

- 3 Marco Zichner zum Nutzen des CCeV für seine Mitglieder

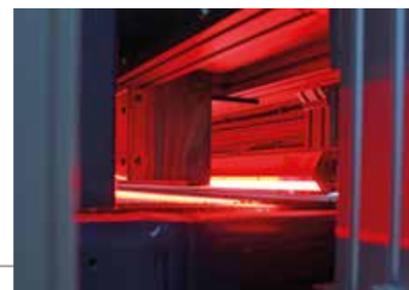
## Carbon Composites e.V.

- 5 Thementag „CFK im Maschinenbau“ des Carbon Composites e.V.
- 5 Seminar: CFK meets Mechatronik
- 6 Composites Europe 2015 in Stuttgart
- 6 Fachtagung Carbon Composites 2015
- 7 Arbeitsgruppe „Kostenschätzung“ im Netzwerk Carbon Composites e.V.
- 8 Agentur für Arbeit informierte sich über Zukunftschancen des Werkstoffs CFK
- 9 CCeV Automotive Forum 2015 in Böblingen
- 10 CCeV-Jobbörse bringt Fachkräfte und Mitglieder zusammen



## CCeV-Mitglieder

- 12 Arbeitsgruppen entwickeln ressourceneffiziente Recyclingverfahren für Carbonfasern
- 13 Auslegung von Spritzgießbauteilen für strukturelle Anwendungen
- 14 CFK/Metall-Mischbauweisen im Maschinen- und Anlagenbau
- 15 Konfektionierte VAP®-Membranprodukte erweitern Anwendungsspektrum
- 16 Robotergestütztes automatisiertes Flechten von Schlaufenverbindungen
- 17 Prozessoptimierte Werkzeuge senken die Bearbeitungskosten
- 18 Fraunhofer-Institut für Zerstörungsfreie Prüfverfahren IZFP
- 19 Neuausrichtung bei der Texmer GmbH
- 20 Politik, Wirtschaft und Wissenschaft zu Gast am Institutsteil FIL des Fraunhofer ICT
- 21 Der Split-Hopkinson-Bar auf Zug eröffnet neue Möglichkeiten
- 22 Neuer Strukturschaum für die Serienfertigung großer Stückzahlen im Automobil
- 24 Fahrzeuge von übermorgen werden bei csi entwickelt
- 25 Lückenlose Materialrückverfolgung
- 26 Laservision
- 27 Messung der Faserorientierung in Faserverbundbauteilen mit AVS 3D-System
- 28 Demontage von großvolumigen Faserverbundbauteilen
- 29 Anlage für zivile Raumfahrt
- 30 Hohe Prozesssicherheit und Qualität im Modell- und Formenbau von Münch Chemie
- 31 Forschung am Institut für Leichtbau mit Hybridsystemen
- 32 Produktionsverfahren von Munich Composites erlaubt Fertigung in Deutschland
- 33 Leichte Wasserstofftanks der Zukunft
- 34 Broetje-Automation stellt vor: BA Composites GmbH
- 35 Innovatives faserverbundgerechtes Verbindungselement
- 37 Simulationskette von Composite-Bauteilen
- 38 Formadaptiver CFK-Seitenaufprallträger im Hybrid-Matrix Design
- 39 Inline-Prüfung von Carbonfaser-Gelegen bei der Fertigung von Karosserieteilen
- 40 Evonik präsentiert erste Ergebnisse des „Projekthaus Composites“
- 41 Industrielles Mikrowellensystem für industrielle Faserverbund-Prozesse
- 42 Composite-Spezialisierung an der TU München
- 43 LCC errichtet Fiber Placement Center in Ottobrunn
- 44 Dehnratenabhängige Materialcharakterisierung von Composites am LCC



## CC Baden-Württemberg

- 46 Fachkongress Composite Recycling in Stuttgart
- 47 Nachbearbeitung, Reparatur und Klebevorbereitung in einem Schritt
- 48 Induktiv erwärmte Metallbleche für eine flexible, schnelle und effiziente Reparatur

## MAI Carbon

- 50 Ergebnisse aus dem Projekt MAI Plast
- 51 Forschungsprojekt MAI CaFeE (Carbon Fiber with enhanced Elongation) gestartet
- 52 ECCM17
- 53 MAI Enviro
- 54 MAI Carbon-Delegation besucht Oberösterreich
- 55 Ausstellung „Harter Stoff“ in Bonn



## CC Ost

- 57 Vliesstoffe als zweites Leben der Carbonfaser
- 58 CCeV-Arbeitsgruppen treffen sich auf dem European Polymer Congress in Dresden
- 59 Skalenübergreifende Simulation textiler Verstärkungsstrukturen für FKV
- 60 Aluminiumschaum mit thermoplastischem Laminat verstärkt
- 61 Systemleichtbau als Vorreiter für vernetzte Prozessketten
- 62 CCeV baut sein Kompetenznetzwerk zur additiven Fertigung aus
- 63 Kleinprüfanlage prüft Verbundwerkstoffe mit luftgekoppeltem Ultraschall
- 64 E-BikeBody – made in Germany
- 65 Entwicklung eines neuen Materialmodells für gewebeverstärkte FKV
- 65 Werkstoffübergreifender Leichtbau ist die Zukunft
- 66 Forschungsvorhaben ReLei zum Leuchtturmprojekt ernannt
- 67 Hochspannendes Greifen mit Hochspannung
- 68 Flechtpultrusion für die Großserie
- 68 Höchstbelastete PKW-Karosseriestrukturen in Multi-Material-Design
- 69 Beidseitig abgestufte Mehrlagengewirke für Rotorblattgurte
- 70 Flechten individueller Produkte für Dichtungs- und Leichtbauanwendungen
- 71 Funktionsintegrierte Fügeverbindungen für Faserverbundstrukturen



## CC Südwest

- 73 Neues aus der Region Südwest
- 74 Große zweidimensionale gewobene Preforms
- 75 Festkolloquium „25 Jahre IVW“ in Kaiserslautern
- 77 Faserverbundwerkstoffe, CFK-Halbzeuge und CFK-Komponenten aus einer Hand



## CC Austria

- 79 Arbeitsgruppe von CC Austria initiiert Projekt zu modellbasierter Verarbeitungstechnik
- 79 Geklebte Reparaturen von Faserverbundstrukturen in der Luftfahrt
- 81 Berechnungskonzepte für die optimierte Auslegung
- 82 Fünf Jahre Verarbeitung von Verbundwerkstoffen an der Montanuniversität Leoben
- 83 Hochdruck-RTM Werkzeuge für Strukturbauteile in der Luftfahrt

## CC Schweiz

- 85 Schonende Bearbeitung von Carbon- und anderen Hightech-Fasern
- 86 3D-Drucker zur Verarbeitung diverser Thermoplaste
- 86 Mitglieder von CC Schweiz im Porträt



## Ceramic Composites

- 88 Vorwort Dr. Henri Cohrt
- 89 BJS Ceramics und BJS Composites bieten SiC-Keramikfasern und -Komposite aus einer Hand
- 89 Industrielle Computertomographie für den weltweiten Markt
- 91 Neue Technologie für C/C-SiC-Keramik
- 92 Prepregs zur Herstellung von oxidkeramischen Verbundwerkstoffen



## CC Tudalit

- 94 Vom Baustoff zur Bauweise
- 95 CarbonBeton für ein Zuckersilo
- 96 Mitgliederlogos
- 98 Impressum

## GANZ PERSÖNLICH

Marco Zichner zum Nutzen des CCeV für seine Mitglieder

„Hightech einfach leicht gemacht“, so steht es auf der Homepage der Leichtbau-Systemtechnologien KORROPOL GmbH (LSK), Dresden. Ihr Geschäftsführer Dipl.-Ing. Marco Zichner (36) sieht das traditionsreiche Unternehmen für die Zukunft gut aufgestellt. „Hier am Standort produzieren wir seit Mitte der 1960er-Jahre hochwertige Composite-Produkte. Damit sind wir eines der Unternehmen, welche die Gründerphase des Leichtbaus mit Composites-Technologie maßgeblich mitgeprägt haben. Leider ist dies kein Garant für unsere Zukunft. Wie alle erfolgreichen Unternehmen müssen wir uns täglich neuen Herausforderungen stellen und effiziente Lösungsansätze mit unseren Kunden und für sie finden.“ Das Unternehmen kann dabei auf eine lange Liste von Innovationen verweisen: So wurden bereits 1985 erste thermostabile Carbon-Strukturen realisiert, die zur damaligen Zeit den Stand der Technik weltweit vorwegnahmen. „Einen starken Impuls haben wir durch die Übernahme in das Dresdner-Leichtbaucorpus – hervorgegangen aus dem Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik (ILK) der TU Dresden und der Leichtbau-Zentrum Sachsen GmbH – Mitte 2012 erhalten. Dadurch sind wir nun in der Lage, unser Know-how zur fertigungsgerechten Konstruktion, zur Modell- und Formwerkzeugherstellung sowie zur Prozessgestaltung erheblich zu vertiefen. Diese Systemkompetenz suchen unsere anspruchsvollen Industriekunden.“ erläutert Zichner.

Warum engagiert sich die LSK im CCeV? „Die Branche ist noch vergleichsweise jung und auch überschaubar. Es ist daher notwendig, unserem Anliegen eine gemeinsame und damit auch international hörbare Stimme zu verleihen. Die Bildung der Wirtschaftsvereinigung Composites Germany war hier der nächste logische Schritt. Darüber hinaus stehe ich als Vorstand der Regionalabteilung CC Ost auch für die neue Generation ostdeutscher Geschäftsführer, die den Staffelstab übernommen haben, um aktiv die Zukunft des carbonintensiven Leichtbaus mitzugestalten.“

Dass die Abteilung CC Ost hier dem Anspruch ihrer Mitglieder gerecht wird, zeigen die zahlreichen Aktivitäten aus den unterschiedlichen hier geführten Arbeitsgruppen. „Gemeinsam mit dem Abteilungsgeschäftsführer Dr.-Ing. Heber haben wir etwa zwei BMBF-finanzierte Innovationsforen erfolgreich eingeworben und durchgeführt. Diese sind die Grundsteine für einen eigenen Hightech-Wachstumskern. Damit bieten wir unseren Mitgliedern zusätzliche Leistungen an, die nach meiner Wahrnehmung sehr positiv aufgenommen werden.“

Die Arbeitsgruppen Multi-Material-Design, Werkzeug- und Formenbau sowie Additive Fertigung wurden auch auf Anregung der LSK etabliert. Welches Ziel verfolgt Zichner damit? „Wir müssen unsere Türen weiter öffnen für alle Werkstoffe und Prozesse, mit denen wir effizient technische Probleme lösen können. Ich sehe den Durchbruch allerdings nicht ausschließlich bei Carbon. Schon unter dem Gesichtspunkt der Ressourcenverfügbarkeit kann es nur heißen ‚Carbon mit ...‘, wobei die meisten Herausforderungen immer an den Material- und System-Schnittstellen auftauchen. Dem müssen wir uns als Unternehmen, aber auch als gesamte Branche stellen, und das mit allen uns jeweils zur Verfügung stehenden Mitteln. Dem Motto des letzten internationalen Dresdner Leichtbausymposiums ‚Zukunft hat, wer Zukunft schafft‘ – ist aus meiner Sicht nichts hinzuzufügen.“

Damit hat Zichner aber auch klare Vorstellungen von der Zukunft im CCeV: „Wir sind es als Vorstände schuldig, die uns zur Verfügung gestellten Mittel für und mit unseren Mitgliedern so effizient wie möglich einzusetzen. So muss z.B. der Mehrwert einer Beteiligung im Verein für alle Mitglieder noch viel stärker herausgearbeitet werden. Nur dann sind die vergleichsweise hohen Beiträge der KMU auch nachhaltig gut angelegt. Die Akzeptanz wird aber letztlich über die Arbeit in den jeweiligen Abteilungen entschieden. Wir bei CC Ost sind jedenfalls für die Mitglieder und mit ihnen seit dem ersten Tag exzellent aufgestellt.“

**Dipl.-Ing. Marco Zichner,**  
Geschäftsführer der KORROPOL GmbH



Innovationsfeld soll kultiviert werden

An der Hochschule Augsburg fand der erste Thementag „CFK im Maschinenbau“ statt. Der Veranstalter, der Carbon Composites e.V. (CCeV), begründete gleichzeitig eine Arbeitsgruppe (AG) zu diesem Thema.

Während die Luft- und Raumfahrt- sowie die Automobilindustrie bereits große Schritte zum Einsatz von CFK in ihren Produkten unternommen, ist die Branche der Maschinenbauer hier noch zögerlich. Um dies zu ändern und dem Netzwerk von Mitgliedern und Interessierten eine Möglichkeit zu eröffnen, sinnvolle Anwendungen für CFK im Maschinenbau zu erarbeiten, veranstaltete der Carbon Composites e.V. (CCeV) einen Thementag für die Branche.

Rund 60 Teilnehmer aus Industrie, Forschung und Ausbildung erhielten in sieben Fachvorträgen von renommierten Experten aus den Bereichen „Werkstoffeigenschaften“, „Anwendungsmöglichkeiten“, „Herstellverfahren“, „Automatisierung“ und „Ausbildung“ einen detaillierten Einblick in die Welt des Leichtbaus mit Faserverbundwerkstoffen. Im Anschluss an die Referate wurden Möglichkeiten und Herausforderungen des Einsatzes von CFK beim Maschinenbau rege diskutiert. In einer Paneldiskussion und in den Pausen konnten sowohl die Organisation als auch die Strategie der CCeV-Arbeitsgruppe konkretisiert werden.



Rund 60 Teilnehmer informierten sich beim CCeV-Thementag über die Möglichkeiten, die der Einsatz von CFK im Maschinenbau bietet.

„Die Resonanz der Teilnehmer wie der Referenten unseres Thementages stimmt mich optimistisch, dass auch die Arbeitsgruppe ihren Anteil zum vermehrten Einsatz von CFK im Maschinenbau beitragen wird“, so Prof. Dr.-Ing. André Baeten, AG-Leiter und beim CCeV-Mitglied Hochschule Augsburg

für Leichtbau und Composites-Technologie verantwortlich. Im Oktober 2015 soll die erste operative Arbeitsgruppensitzung der AG „CFK im Maschinenbau“ stattfinden.

Weitere Informationen zur AG finden Sie unter [www.carbon-connected.de](http://www.carbon-connected.de)

## Seminar: CFK meets Mechatronik am 18. November 2015

Das Clusterseminar „Automatisierte Handhabung formlabiler Halbzeuge“, das der CCeV gemeinsam mit dem Cluster Mechatronik & Automation entwickelt hat, beleuchtet das Thema sowohl aus Sicht der Mechatronik als auch vor dem Hintergrund der speziellen Anforderungen bei der Produktion von CFK-Bauteilen. Hierfür wird am Seminartag gemeinsam mit einem Dozenten aus der Mechatronik und einer Dozentin aus dem Bereich CFK das schrittweise methodische Vorgehen zur Entwicklung einer automatisierten Lösung erarbeitet und ein Konzept für eine ganzheitliche Automatisierungsstruktur umgesetzt. Ein bis dato manuell durchgeführter Prozessschritt wird durch eine automatisierte Lösung ersetzt. Schließlich wird diese Lösung anhand eines Demonstrators in der Versuchshalle vorgeführt.

Das Seminar findet am 18. November 2015 von 9 bis 17 Uhr in Augsburg statt und ist Teil eines gemeinsamen Weiterbildungsangebots an der Schnittstelle zwischen Mechatronik und Carbon, mit dem das Know-how von Unternehmen, die beide Kompetenzen benötigen, gestärkt werden soll.

Weitere Informationen:

**Katharina Lechler**, CCeV, Telefon +49 (0) 8 21/26 84 11 05, E-Mail: [katharina.lechler@carbon-composites.eu](mailto:katharina.lechler@carbon-composites.eu), [www.carbon-composites.eu](http://www.carbon-composites.eu)

Carbon Composites e.V. erneut mit dem größten Messestand

Das Netzwerk Carbon Composites e.V. (CCeV) beteiligt sich an der Messe Composites Europe, die vom 22. bis 24. September 2015 in Stuttgart stattfindet, mit 15 Mitgliedern und dem größten Stand der Messe.



Auf dem Gemeinschaftsstand des Carbon Composites e.V. (CCeV) sind neben dem Spitzencluster MAI Carbon, einem Projekt des CCeV, auch folgende 14 Mitglieder vertreten: Autefa Solutions, Cevotec, Coriolis Composites, Institut für Verbundwerkstoffe Kaiserslautern, Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik (IWS) mit seiner Partnerfirma Held Systems Deutschland, Karl Mayer Textilmaschinenfabrik, KUKA Roboter, Institut für Kältetechnik und Leichtbauzentrum Sachsen, P + Z Engineering, Peak Technology, Pixargus, Topocrom, Fraunhofer Entwicklungszentrum für Röntgentechnik (EZRT) sowie aus der Schweiz die Connova AG.

Die Vielfalt der ausstellenden Mitglieder auf dem CCeV-Gemeinschaftsstand repräsentiert die gesamte Wertschöpfungskette der Faserverbundtechnologie, von der Forschung und den Materialien über Verarbeitungsprozesse bis zu Endprodukten. Traditionell treffen sich Mitglieder und Interessenten am CCeV-Stand auf der Composites Europe zum fachlichen Austausch und natürlich zum Netzwerken.



## Fachtagung Carbon Composites 2015

Am 1. und 2. Dezember 2015 findet zum fünften Mal die Fachtagung Carbon Composites in Augsburg statt. Veranstaltungsort ist erstmals die Messe Augsburg, das drittgrößte Messegelände in Bayern. Los geht es am 1. Dezember ab 13.00 Uhr mit einer Keynote und der Ausstellungseröffnung. Anschließend können Besucher zwischen einer Betriebsbesichtigung bei KUKA bzw. SGL Carbon oder einem der Tutorials auswählen. Geselliger Abschluss ist auch dieses Jahr das Get-together am Abend.

Am zweiten Tag stehen in gewohnter Weise Fachvorträge und die Ausstellung auf dem Programm. Das Programm der vom CCeV thematisch verantworteten und von Vogel Business Media organisierten Fachtagung ist in vier Themenschwerpunkte gegliedert: CFK im Bauwesen, CFK in Luft- & Raumfahrt, CFK im Maschinenbau und CFK bei OEMs.

Weitere Informationen und Anmeldung:

[www.fachtagung-carboncomposites.de/de/registrations](http://www.fachtagung-carboncomposites.de/de/registrations)



# „WIE VIEL WIRD DAS KOSTEN?“

Arbeitsgruppe „Kostenschätzung“ im Netzwerk Carbon Composites e.V. arbeitet an der monetären Bewertung von CFK-Bauteilen

**Im Carbon Composites e.V. (CCeV) wird der gesamte Lebenszyklus von Faserverbundwerkstoffen betrachtet. So beschäftigt sich zum Beispiel die Arbeitsgruppe (AG) „Kostenschätzung“ mit der Top-down-Kostenevaluation. Denn eine Bewertung der Kosten erleichtert in der Praxis die Entscheidung für den Werkstoff Carbon.**

Unter Leitung von Dr. Arne Ostermann arbeitet die Arbeitsgruppe „Kostenschätzung“ im Netzwerk Carbon Composites seit März 2012 an einer Top-down-Kostenevaluation in der CFK-Fertigung. Ein möglichst umfassendes Planungstool wäre hilfreich, um zum Beispiel in Angebotsgesprächen Kosten auch für neue Bauteile schnell abschätzen zu können. Arbeitsgrundlage der AG ist das bereits vorhandene Wissen und Bottom-up-Kostenevaluationen der AG-Mitglieder. Die AG vergleicht die zur Verfügung gestellten Daten und leitet daraus möglichst allgemeingültige Parameter ab. Diese Aufgabe gelingt natürlich umso besser, je mehr Mitglieder entsprechende Daten einbringen.

**Auf dem Weg zum Planungstool hat die AG fünf Etappenziele definiert:**

## 1. Anforderungen an die Kostenevaluation

Zunächst sollen lediglich die Kosten in den Bereichen Arbeitsvorbereitung und Fertigung betrachtet werden (Phase 1a im Phasenmodell). Erst später sollen weitere Bereiche einbezogen werden.

Schon in der ersten AG-Sitzung wurden die Anforderungen an eine verbesserte Kostenevaluation definiert, wobei ergänzende Anforderungen weiterhin aufgenommen werden. Kostentreiber und Einflussfaktoren bei unterschiedlichen Produktionsprozessen und -volumina werden identifiziert, um einen Top-down-Ansatz zu schaffen. Ein Softwaretool soll eine flexible und vergleichbare Kostenevaluation ermöglichen.

## 2. Einheitliche Kostenstruktur

Ziel ist eine einheitliche Struktur, die auf festgelegten Kosten-Parametern aufsetzt und damit Vergleiche möglich macht. Dabei soll es zunächst um Prozesse mit Carbon-Endlosfasern gehen und erst einmal die laufenden Kosten (inkl. Anpassungszertifizierungskosten), jedoch keine Gemein-

kosten betrachtet werden. „Dieser Ansatz und die erst später erfolgende Berücksichtigung der Einmalkosten soll den pragmatischen und mehrwertorientierten Ansatz der Arbeitsgruppe unterstützen“, erklärt Dr. Ostermann.

## 3. Fertigungsprozesse der Mitglieder

Einige Mitglieder haben bereits relevante Produktionsprozesse aus ihrem Arbeitsalltag präsentiert. Allerdings sind die prozessspezifischen Einflussfaktoren und Kostentreiber bei Weitem noch nicht vollständig erfasst und somit auch (noch) nicht vergleichbar. „Wir freuen uns natürlich, wenn weitere Mitglieder sich hier einbringen“, so Ostermann, „denn das macht die Kostenschätzung umso belastbarer.“ Robuste und inhaltlich relevante Darstellungen – auch aus den Bereichen Konstruktion oder Wartung – sind nach wie vor gefragt, so der AG-Leiter.

## 4. Prozesse und Prozesskosten an einem Testbauteil darlegen

Als Testbauteil wurde die Frontklappe des Roding Roadster des CCeV-Mitgliedes Roding Automobile GmbH ausgewählt. Für die vollständige Bauteilspezifikation (CAD-Datensatz, Materialdaten, Lagenaufbau) sollen die nötigen Prozesse, Prozesskosten und Kosteneinflüsse erst benannt und dann miteinander verglichen werden.

## 5. Vorhandene Softwaretools zur Kostenevaluation zusammentragen

Ziel der Software-Sammlung ist, die bereits vorhandenen Werkzeuge zur Kostenevaluation auf ihre Eignung zur Unterstützung der AG-Ziele hin zu untersuchen. Die von den AG-Mitgliedern bislang zur Verfügung gestellten Informationen sind unzureichend, mit ihnen allein kann dieses Etappenziel nicht erreicht werden. Weitere Berechnungstools werden gesucht, was sich aber als problematisch erweisen könnte, wenn die Software eventuell nur firmenintern zugänglich ist. (es)



Dr. Arne Ostermann, CIMPA GmbH, Leiter der Arbeitsgruppe „Kostenschätzung“

## CFK-TOP-DOWN-KOSTENSCHÄTZUNG GREIFBAR?

Zurzeit verfolgt die AG mehrere Softwareansätze. Eine parameterbasierte Excel-Liste mit Ähnlichkeitsmerkmalen schwebt Dipl.-Ing. Werner Haible von der Confimo GmbH, Augsburg, vor. Sie soll für neue CFK-Bauteile Kostenschätzung, Risiken und Eintrittswahrscheinlichkeiten durch einen Vergleich mit bereits kalkulierten Produkten ermöglichen. „Je mehr Prozesskostenparameter zur Verfügung stehen, desto fundierter werden die Ergebnisse“, erläutert Werner Haible diesen wissensbasierten Ansatz.

Bereits vorhanden ist eine Software der RWTH Aachen. Und schließlich hat auch die ETH Zürich bereits einen Algorithmus entwickelt, der der Kostenschätzung dienen könnte. Beide Ansätze werden ebenfalls von der Arbeitsgruppe Kostenschätzung evaluiert. „Sie sehen also, die Arbeit wird unserer Gruppe auf absehbare Zeit nicht ausgehen“, schmunzelt Dr. Ostermann. Und die Mitglieder des CCeV haben berechnete Aussichten auf eine belastbare Kostenschätzung für die Verwendung von CFK.

# BERUFSBERATER ZU GAST

Agentur für Arbeit interessiert an Zukunftschancen des Werkstoffs CFK

**Berufsberater und Mitarbeiter der Arbeitgeberberatung der Agentur für Arbeit Augsburg informierten sich beim Carbon Composites e.V. (CCeV) über die Zukunftsbranche Faserverbundwerkstoffe.**

Bei einer Führung durch das DLR-Institut im Augsburg Innovationspark erhielten die Gäste einen lebhaften Eindruck von den Möglichkeiten, die sich bei der Verwendung von Carbon in Handwerk und Industrie ergeben. Sven Blanck (MAI Carbon) erläuterte die bereits vorhandenen Chancen, in den zahlreichen Firmen in der Region Augsburg einen der Zukunftsberufe in der Carbonbranche auszuüben: „Kleine, mittelständische und große Unternehmen in Augsburg und in der Region sind interessierte und interessante Arbeitgeber für junge Menschen, die beispielsweise den Beruf des Verfahrensmechanikers für Kunststoff- und Kautschuktechnik mit der Spezialisierung auf Faserverbundtechnologie lernen wollen.“ In der Region München, Augsburg, Ingolstadt investierten im Jahr 2014 allein von im Verband Carbon Composites organisierte Unternehmen 600 Millionen Euro.

Auch für Studenten ist die Zukunft sowohl leicht als auch schwarz: Studiengänge, die auf eine Karriere in der Leichtbauindustrie vorbereiten, bieten in Augsburg Hochschule und Universität als Grundstein an.



Informierten sich über die Möglichkeiten, die die Carbonbranche für Arbeitnehmer bietet: Berater der Agentur für Arbeit Augsburg waren zu Gast beim Verband Carbon Composites.

Arbeitnehmer mit einem technischen Beruf haben große Chancen auf einen Arbeitsplatz in einem der Unternehmen aus der Faserverbundbranche. Sie lernen den spezifischen Umgang mit Carbon entweder direkt vor Ort oder in einem der Weiterbildungsseminare des CCeV. „Wir entwickeln derzeit einen

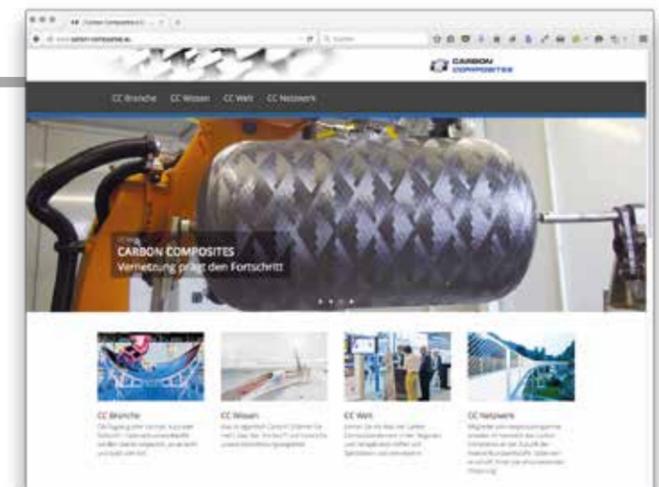
Lehrgang, der in Zusammenarbeit mit den Agenturen für Arbeit arbeitssuchende Fachleute für die Carbonbranche qualifizieren soll“, bestätigt Katharina Lechler vom CCeV.

## Netzwerk im Netz

Der Internetauftritt des Netzwerks Carbon Composites e.V. (CCeV) präsentiert sich neu: In einem zeiteffizienten Projektablauf wurde [www.carbon-composites.eu](http://www.carbon-composites.eu) modernen Kommunikationsanforderungen angepasst. Auch die neue Marketingstrategie des CCeV wurde in Struktur und Inhalten der neuen Website bereits umgesetzt.

Die Mitglieder des CCeV stellen aktuell das umfassendste Experten-Netzwerk zum Werkstoff Carbon und seiner industriellen Anwendung im deutschsprachigen Raum dar. Die Öffentlichkeitsarbeit des CCeV basiert auf vernetzter interner Kommunikation und orientiert sich verstärkt nach außen. Das verlangt ebenfalls eine neue, aktualitätsbezogene Darstellung im Webauftritt. Diese wird in Zukunft auch die Artikel aus dem Carbon Composites Magazin für eine größere Öffentlichkeit online aufbereiten. Ein weiterer Vorteil für CCeV-Mitglieder.

Ob das Berufsfeld der Webseitenbesucher schon in der Carbonbranche liegt oder sie sich neu orientieren wollen, ob sie Kontakt zu Wissensträgern suchen oder einfach mehr über diesen faszinierenden, innovativen Bereich erfahren möchten – der Internet-Auftritt unter [www.carbon-composites.eu](http://www.carbon-composites.eu) bietet für alle Interessierten die passende Information – einfach, leicht und schnell!



## CCeV Automotive Forum 2015 in Böblingen

**In der Motorworld Stuttgart fand das fünfte Automotive Forum des Carbon Composites e.V. (CCeV) statt. Ende Juli 2015 trafen sich rund 150 Fachleute, um Neues aus der Welt der Faserverbundtechnologie zu hören. Visionäre Ansätze der Funktionsintegration gehörten ebenso zum Vortragspektrum wie detaillierte Erläuterungen der Integral-Bauweise im neuen Audi R8.**

Der Vorabend des CCeV Automotive Forums gehörte den Visionen: Peter Frösche, Geschäftsführer des ARENA 2036 e.V., gab einen Überblick über die Ziele und Etappen dieses Zukunftsprojekts. Dr. Wolfgang Seeliger, Geschäftsführer der Leichtbau BW GmbH, entführte die Zuhörer in eine Welt ohne Staus auf den Straßen – dank integrierter architektonischer, logistischer und elektronischer Funktionalitäten. Und Professor Klaus Drechsler, Inhaber des Lehrstuhls Carbon Composites an der TU München und Vorsitzender des Abteilungsvorstandes von MAI Carbon, einem Projekt des CCeV, gab einen Ausblick auf die Zeit nach der staatlichen Förderung des Spitzenclusters.

Der eigentliche Kongresstag war dicht gefüllt mit neun Referaten und angeregten Diskussionen. Dr. Thomas Wolff, Leiter der Technologieentwicklung CFK bei der BMW-Group, schilderte die Erfahrungen seines Hauses in den ersten zwei Produktionsjahren der i-Fahrzeuge. Diese sind weitestgehend aus CFK gefertigt – das hier erworbene Know-how wird in die zukünftigen Projekte von BMW einfließen. So werden beispielsweise im neuen 7er-BMW 14 CFK-Komponenten verbaut. Dies wäre nicht möglich gewesen ohne die CFK-Autos i3 und i8. Jetzt verfügt BMW über eine komplette Prozesskette für die Produktion mit CFK – von der Precursor-Herstellung in Otake/Japan bis zum Recycling in Wackersdorf.

Dabei bleibt das Unternehmen aber nicht stehen: Dr. Wolff erläuterte, wie BMW weitere Materialvarianten für den Leichtbau seiner Fahrzeuge erschließen will. Auf diesem Zukunftskurs nutzt der Autobauer die Expertise des Carbon Composites e.V. als Kompetenznetzwerk: Sowohl in der Aus- und Weiterbildung als auch über die technischen Arbeitsgruppen und die Spezialistenprojekte des Spitzenclusters MAI Carbon ergeben sich Synergien, die BMW zum eigenen und zum Vorteil des Netzwerks nutzt.

Nicht nur Unternehmen und Netzwerke profitieren voneinander, sondern auch Branchen: Professor Peter Middendorf, Direktor

des CCeV-Mitglieds IFB (Institut für Flugzeugbau) der Uni Stuttgart, und Professor Heinz Voggenreiter, Direktor des DLR-Instituts für Werkstofforschung, ebenfalls ein Mitglied des Carbon Composites-Netzwerks, präsentierten „Prämissen zum Leichtbaunutzen“, den der Automobilbau aus der Luft- und Raumfahrt ziehen kann.

In mehreren Projekten arbeiten Wissenschaft und Wirtschaft daran, die einzelnen Produktionsschritte der beiden Branchen zu analysieren und einander anzunähern. Die beiden Professoren schilderten die Vorgehensweisen anhand von Beispielen. So boten etwa Konzeption und Herstellung der Booster für die Ariane-6-Rakete den Partnern MT Aerospace, DLR und KUKA die Möglichkeit, die automatisierte Produktion eines CFK-Bauteils zu erforschen und im Hinblick auf die Serienfertigung von Autoteilen zu optimieren.

Extrem befördert werden diese Aktivitäten durch die Digitalisierung der Industriesektoren. In seinem Vortrag über „Die vierte industrielle Revolution“ vertritt Professor Thomas Bauernhansl die These, dass die zunehmende Durchdringung des Lebens durch das Internet der Menschen, Dinge und Dienste auch an der Schwelle der Fabriken nicht Halt machen wird. „Alles wird smart und verändert die Industriesektoren“, so Professor Bauernhansl. Daraus ergeben sich für die Produktionsprozesse diverse Herausforderungen, die letztlich auf eine maximale Mobilität hinauslaufen: „Alle Objekte in der Fabrik werden weitestgehend mobil“, lautet hier die These des Fachmanns. Bei der Fertigung des Audi R8 wurde dieses Prinzip bereits beherzigt, und auch im Projekt ARENA 2036 spielt die Gestaltung des Produktionsumfeldes eine wichtige Rolle. Ergebnis dieser schönen neuen Produktionswelt ist es, in der Wertschöpfung zu einer Gesamt-Performance-Steigerung von 30 bis 50 Prozent zu kommen.

Diese praktische Herangehensweise an die Zukunft will der CCeV mit seinen Aktivitäten und auch mit dem Automotive Forum befördern. CCeV-Vorstandsvorsitzender Professor Hubert Jäger war deshalb überaus zufrieden



Professor Dr. Hubert Jäger, Vorstandsvorsitzender des Carbon Composites e.V., lud die Gäste des Automotive Forums 2015 zur ECCM17 im nächsten Jahr in München ein.

mit dem Gehalt der Veranstaltung. Er freute sich besonders darüber, dass sowohl die OEMs als auch ihre Zulieferer Nutzen aus dem Automotive Forum ziehen können. Für 2016 konnte Professor Jäger ein Highlight ankündigen: Das CCeV Automotive Forum wird dann im Rahmen der ECCM (European Conference on Composite Materials) 17 in München stattfinden.

## CCeV-Jobbörse bringt Fachkräfte und Mitglieder zusammen

**Die CCeV-Jobbörse ist ein Kommunikationsschlagertag: Der Service ist für Mitglieder von Carbon Composites kostenfrei und bringt meist junge Berufsanfänger auf dem weiten Feld der Job- und Fachkräftesuche in die Branche – unaufwändig, passgenau und zur vollsten Zufriedenheit aller Beteiligten.**

„Das war das Beste, was mir passieren konnte!“ fasst Sabrina Barm ihre Erfahrungen mit der CCeV-Jobbörse zusammen. Gleich im Anschluss an ihr Studium der Materialwissenschaften, des Leichtbaus und der Faserverbundtechnologie fand die 28-jährige Master of Engineering hier über eine Initiativbewerbung ihren Traumjob bei Roding Automobile GmbH. „Mit nur einem Klick ging meine Bewerbung an alle CCeV-Mitglieder – das kann man selbst gar nicht leisten.“ Sieben Antworten erhielt Barm innerhalb von vier Wochen, vier mündeten in Gesprächen und schließlich konnte sie sich sogar zwischen zwei Arbeitgebern entscheiden.

In die Wege geleitet hat das „Jobwunder“ Katharina Lechler, die als Referentin für Aus- und Weiterbildung die Jobbörse des CCeV betreut. „Durchschnittlich fünf Initiativbewerbungen erhalten wir jeden Monat, gegen Semesterende naturgemäß stets etwas mehr, denn dann suchen die Studienabsolventen ihren Einstieg ins Berufsleben.“ Lechler bündelt die Anfragen und schickt sie etwa alle zwei Monate als übersichtliches Portfolio an alle CCeV-Mitglieder. Ergänzt wird dieser rege genutzte Service durch das Angebot, Stellenausschreibungen der CCeV-Mitglieder auf der Website einzustellen sowie Bewerbungen darauf entgegenzunehmen und weiterzuleiten.

Beide Seiten der CCeV-Jobbörse schätzt Sabrina Barm heutiger Chef Robert Maier, Geschäftsführer von Roding Automobile, sehr: „Die CCeV-Jobbörse ist ein Super-Instrument. Wir sind ja eine junge Disziplin und es gibt noch nicht so viele erfahrene Fachleute. Daher stellen wir liebend gern Absolventen ein, die Erfahrungen mit dem Werkstoff haben.“ Da kommt es ihm sehr entgegen, dass er bei allen Kontakten über die CCeV-Jobbörse „nicht auf gut Glück im großen Bewerberpool fischen muss, sondern gezielt fachspezifische Bedarfe decken kann“.

Einen „Vorteil im Wettbewerb um Talente“ sieht auch Prof. Clemens Dransfeld, der an der Fachhochschule Nordwestschweiz (FHNW) das Institut für Kunststofftechnik leitet, und bescheinigt der CCeV-Jobbörse „beste Netzwerkwirkung“. Besonders ge-



Gefragte Spezialistin: schon während ihres Studiums entwickelte Sabrina Barm mit der AG „Engineering Kanuslalom“ ein optimiertes CFK-Leichtbau-Kanu. Den Praxistest im Augsburgener Eiskanal übernahm die leidenschaftliche Kader-Kanutin natürlich selbst – und war mit dem Ergebnis sehr zufrieden.

fallen ihm die „Bewerberbandbreite vom Berufsanfänger bis zum erfahrenen Post-Doc, das informelle Format und dass bei der gegebenen Frequenz der unbürokratische Prozess gut funktioniert“. Er selbst gewann über die CCeV-Jobbörse zwei fähige Mitarbeiter für sein Team.

Einer von ihnen ist Wilhelm Woigk, 26, der nun als Project Engineer zu naturfaserverstärkten Composites forscht. Der junge Ingenieur aus Dresden und der Schweizer Institutsleiter kannten sich freilich schon vom CCeV-Trainee-Programm her, an dem sich auch die FHNW mit einem Modul zu Matrix-Epoxy-Systemen beteiligt. Auf seine Initiativbewerbung über die CCeV-Jobbörse erhielt Woigk „fünf bis sieben Ange-



Gesucht – gefunden: Clemens Dransfeld (l.) und Wilhelm Woigk (r.) arbeiten an der FHNW im Bereich Naturfaserverstärkte Composites bestens zusammen

bote, und schon eine Woche nach meinem Vorstellungsgespräch hier in der Schweiz hielt ich den unterschriebenen Anstellungsvertrag in Händen“. Er empfiehlt „Trainee-Programme und Jobbörse unbedingt. Heute bin ich der, der Masterstudenten an unserer Uni dazu rät.“

So wird die Erfolgsgeschichte der CCeV-Jobbörse wohl auch künftig fortgeschrieben und weiter ausgebaut. Katharina Lechler jedenfalls wird alles dafür tun und ist für Anregungen offen. Sie selbst wünscht sich höchstens mitunter mehr Feedback von den Beteiligten – zur Verbesserung des Angebots, aber auch, weil sie manchmal gerne wüsste, „wie viele ‚Paare‘ die Jobbörse in den fünf Jahren ihres Bestehens glücklich zusammengeführt hat“. (es)

Weitere Informationen:

**Katharina Lechler**,  
Carbon Composites e.V. (CCeV), Augsburg,  
Telefon +49 (0) 821/26 84 11 05,  
E-Mail:  
katharina.lechler@carbon-composites.eu,  
www.carbon-composites.eu

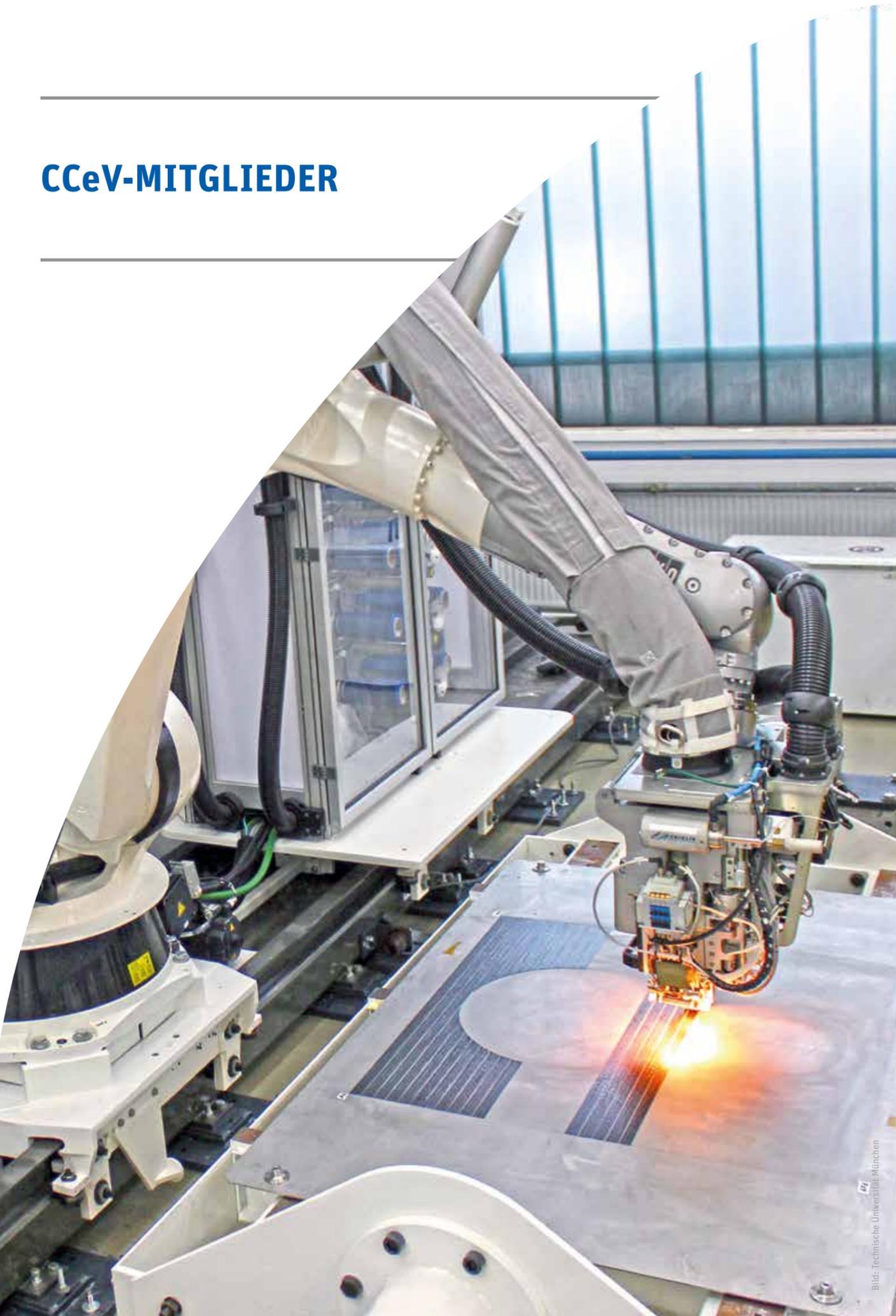


Bild: Technische Universität München

## CARBONFASER-RECYCLING

Arbeitsgruppen entwickeln ressourceneffiziente Recyclingverfahren für Carbonfasern

**Carbonfasern (CF) haben ausgezeichnete gewichtsspezifische Eigenschaften, sind aber in der Herstellung sehr energieintensiv. Großflächig werden carbonfaserverstärkte Kunststoffe (CFK) daher bislang nur eingeschränkt genutzt. Das könnte sich durch den Einsatz recycelter Carbonfasern (rCF) ändern, die zu einem ressourceneffizienteren Gesamtlebenszyklus beitragen.**

Gegenwärtig entwickeln die Arbeitsgruppen um Prof. Siegfried Horn, Universität Augsburg, und Prof. Klaus Drechsler, Fraunhofer ICT, Recyclingstrategien für CF. Im Fokus stehen faserschonende, ressourceneffiziente Separationsverfahren von Fasern und Matrix sowie die textile Weiterverarbeitung der rCF (Abb. 1).

Für die Faser-Matrix-Separation werden drei Verfahren herangezogen: als Benchmark die Pyrolyse, in Kooperation mit der Universität Bordeaux (ICMCB-CNRS) superkritische Fluide (SCF) und als eigenentwickeltes Verfahren die induktive Erwärmung. Mit allen gelang es erfolgreich, CF aus einem dickeren Matrixverbund zu lösen und in einzelne Gewebelagen zu separieren (Abb. 2). Optische und mechanische Analysen der rCF zeigen, dass deren Eigenschaften im Vergleich zu Neufasern (vCF) weitgehend erhalten blieben.

Bei SCF wird das hohe Lösevermögen von Lösemitteln im überkritischen Zustand genutzt, wobei umweltverträgliche Lösemittel wie etwa Wasser eingesetzt werden können. Die induktive Erwärmung nutzt die elektrische Leitfähigkeit von CF: Gezielt werden innerhalb weniger Sekunden lediglich die CF erwärmt, wodurch sich CF und Matrix an den Grenzflächen voneinander lösen. Im Vergleich zur Pyrolyse muss nicht die komplette Matrix in den gasförmigen Zustand überführt werden – es wird also weniger Energie verbraucht und Ressourcen werden geschont.

Wie viel Restmatrix auf den rCF verbleibt, kann über die Prozessparameter variiert werden. Derzeit wird untersucht, ob eine bestimmte Menge an Restmatrix vorteilhaft gegenüber einer kompletten Reinigung und anschließenden Neubeschichtung ist. Aus ökonomischer und ökologischer Sicht sind der geringere Energieeintrag durch die unvollständige Matrixentfernung und ein möglicher Verzicht auf den Prozessschritt der Oberflächenaktivierung erstrebenswert. Die textile Weiterverarbeitung der rückgewonnenen rCF wird im Rahmen des For-

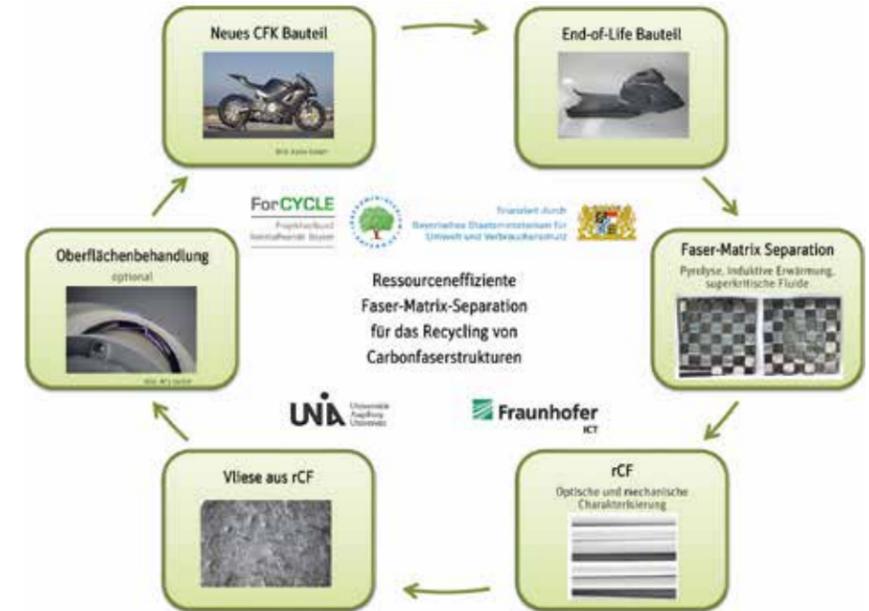


Abb. 1: Lebenszyklus für CF mit den Arbeitsschritten im Forschungsprojekt

sierungsprojekts in Kooperation mit den Unternehmen Neenah Gessner GmbH, Tenowo GmbH und Pill Nassvliesetechnik GmbH untersucht. Betrachtet werden unterschiedliche Prozessparameter der Vliesherstellung sowie Korrelationen zu relevanten Vlieseigenschaften (Permeabilität, Drapierbarkeit). Das Projekt wird finanziert durch das Bayerische Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz im Rahmen des Projektverbunds ForCycle ([www.forcycle.de](http://www.forcycle.de)).

Weitere Informationen:

**Prof. Dr. Siegfried Horn,**  
Universität Augsburg, Institut für Physik,  
Lehrstuhl für Experimentalphysik II,  
Augsburg,  
Telefon +49 (0) 8 21/5 98-34 38,  
E-Mail: [horn@physik.uni-augsburg.de](mailto:horn@physik.uni-augsburg.de)

**Prof. Dr.-Ing. Klaus Drechsler,**  
Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie (ICT), Projektgruppe „Funktionsintegrierter Leichtbau“, Augsburg,  
Telefon +49 (0) 8 21/9 06 78-200,  
E-Mail: [klaus.drechsler@ict.fraunhofer.de](mailto:klaus.drechsler@ict.fraunhofer.de)



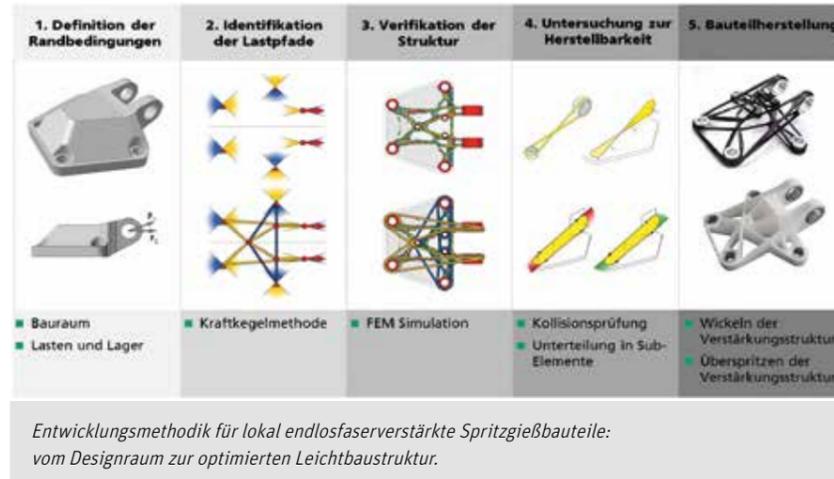
Abb. 2:  
Zwölf CF-Lagen, durch induktive Erwärmung aus einer 60 x 60 mm CFK Platte separiert

## Auslegung von Spritzgießbauteilen für strukturelle Anwendungen

Die Natur betreibt effektiven Leichtbau, sowohl hinsichtlich der Geometrie als auch des Einsatzes von Verstärkungselementen. Thermoplastische Faserverbunde erlauben, in flexiblen und vielfältigen Herstellungsverfahren lastoptimierte Bauteile nach dem Vorbild der Natur zu entwickeln. So kann man zum Beispiel im Spritzgießprozess Faserverstärkungen auf Bauteilbereiche reduzieren, in denen höchste Belastungen auftreten.

An der Umsetzung dieses Leichtbauprinzips arbeiten Forscher des Fraunhofer-Instituts für Chemische Technologie ICT, indem sie aus Hybridroving komplex gewickelte Verstärkungsstrukturen für lastoptimierte thermoplastische Anwendungen entwickeln. Diese Strukturen sorgen für eine optimale Verstärkung entlang der Lastpfade und eine fasergerechte Lasteinleitung durch Schlaufenanschlüsse. Die Faserstrukturen werden anschließend im Spritzgießprozess in eine thermoplastische Kunststoffmatrix eingebettet. Die Forschungsarbeit beschränkt sich hierbei nicht nur auf die Verfahrensentwicklung zur automatisierten und großserientauglichen Herstellung der Bauteile, sondern schließt auch die konkrete Anwendungsentwicklung mit ein.

Eine an die Herstellungsprozesse und Eigenschaften der Verstärkungsstrukturen angepasste Methodik kann die Produktentwicklung direkt mit der Bauteilherstellung verknüpfen. Basis hierfür ist die Kraftkegelmethode von Prof. Claus Mattheck des Karlsruher Instituts für Technologie KIT. Diese Methodik erlaubt es, ohne aufwendige Simulationsrechnungen, topologieoptimierte Bauteildesigns zu entwickeln. Dieses Vorgehen wurde vom ICT an das Verfahren zur Herstellung von Verstärkungsstrukturen für thermoplastische Leichtbauteile angepasst und an einem Demonstrator umgesetzt (Abb.).



Ausgehend von einem definierten Bauraum, angreifenden Lasten und Lagerungen können die Lastpfade mithilfe der angepassten Kraftkegelmethode identifiziert werden. Die entstehende Struktur wird zur Evaluierung mit einer FEM-Simulation abgeglichen. Anschließend wird die Herstellbarkeit der Verstärkungsstruktur für den 3D-Wickelprozess untersucht. Mithilfe definierter Kriterien lassen sich sowohl die Herstellbarkeit als auch mögliche Zerlegungen in Substrukturen bewerten, die den Herstellungsprozess vereinfachen, aber dennoch eine reproduzierbare Umsetzung gewährleisten. Basierend auf der entwickelten Verstärkungsstruktur kann nun das Spritzgießbauteil mit integrierter, lokaler Endlosfaserver-

stärkung konstruiert und gefertigt werden. Die aufgezeigte Entwicklungsmethodik ermöglicht kurze Taktzeiten und maßgeschneiderte Leichtbaulösungen. So können Spritzgießbauteile mit hoher Wirtschaftlichkeit für strukturelle Anwendungen eingesetzt und damit deren Spektrum deutlich erweitert werden.

Weitere Informationen:

**Dr.-Ing. Timo Huber,**  
**M.Sc. Volker Heinze,**  
 Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie ICT, Pfinztal,  
 Telefon +49 (0) 721/46 40-473,  
 E-Mail: timo.huber@ict.fraunhofer.de,  
 www.ict.fraunhofer.de

## Ihre News – unser Service

Der Redaktionsschluss für das nächste Carbon Composites Magazin ist der **15. Januar 2016**.

Gerne können Sie uns Ihre Meldungen und Berichte schon vorher zusenden oder uns in Ihren Presseverteiler aufnehmen: „Neues aus den Mitgliedsunternehmen“ veröffentlichen wir gerne auf der Website des CCeV unter [www.carbon-composites.eu](http://www.carbon-composites.eu).

Weitere Informationen:

**Doris Karl,** CCeV, Presse- und Öffentlichkeitsarbeit,  
 Telefon +49 (0) 8 21/26 84 11-04,  
 E-Mail: [doris.karl@carbon-composites.eu](mailto:doris.karl@carbon-composites.eu)



## Bayerischer Forschungsverbund FORCiM<sup>3</sup>A schloss mit der Note „gut bis sehr gut“ ab

Mitte Juni 2015 fand die Schlussbegutachtung des von der Bayerischen Forschungsförderung geförderten Forschungsverbundes „CFK/Metall-Mischbauweisen im Maschinen- und Anlagenbau“ (FORCiM<sup>3</sup>A) an der Universität Augsburg statt. Darin kam zum Ausdruck, dass der im Verbund eingeschlagene Weg innerhalb der dreieinhalb Jahre hin zu neuen und zukunftsweisenden Anwendungen der Faserverbundtechnologie im Bereich des Maschinen- und Anlagenbaus erfolgreich war.

Mit renommierten Experten aus Industrie und Wissenschaft war die Gutachtergruppe besetzt, die im Auftrag der Bayerischen Forschungsförderung den Forschungsverbund FORCiM<sup>3</sup>A bewertete. „Gut bis sehr gut“ lautete ihr Gesamturteil. Die drei Sprecher des FORCiM<sup>3</sup>A-Verbundes, Prof. Dr. Klaus Drechsler (TU München und Fraunhofer-Projektgruppe „Funktionsintegrierter Leichtbau“, Augsburg), Dr. Markus Lang (Voith Composites) und Prof. Dr. André Baeten (Hochschule Augsburg), freuten sich mit allen Beteiligten über die äußerst positive Bewertung. Am Begutachtungstag resümierte Professor Drechsler: „FORCiM<sup>3</sup>A ist eine Marke in der Region geworden.“

Alle Teilnehmer waren sich einig, dass u.a. die intensive Vernetzung der 18 FORCiM<sup>3</sup>A-Partner sehr vorteilhaft war. So konnte gemeinsam im Rahmen der sieben ebenfalls stark verbundenen Teilprojekte ein weiterer Schritt zur Etablierung der Faserverbundtechnologie im Maschinen- und Anlagenbau getan werden. Die Gesamtprojektleitung dankte allen Beteiligten, die zum Erfolg des Forschungsverbundprojektes beigetragen hatten.

Der Forschungsverbund FORCiM<sup>3</sup>A, der vom Anwenderzentrum Material- und Umweltforschung (AMU) der Universität Augsburg koordiniert wurde, hatte sich mit Schwerpunktfragen zur Faserverbundtechnologie im Maschinen- und Anlagenbau auseinandergesetzt.

Wie sie dort zielgerichtet eingesetzt werden kann, demonstrierten die FORCiM<sup>3</sup>A-Partner anhand verschiedener exemplarischer Strukturen und Bauteile. Typische Anforderungsprofile innerhalb des Maschinen- und Anlagenbaus ergeben sich z.B. aus anspruchsvollen Bauteilgeometrien, komplexen strukturellen Belastungen, thermischen Belastungen und dem Einfluss aggressiver Medien. Mit Hilfe dreier generischer Demonstratorbauteile wurden wertvolle Grundlagen beispielsweise für entsprechende Bauweisenkonzepte, Berechnungsmethoden,



Prozesstechnologien und Prüfwerkzeuge für faserverbundene Werkstoffe und materialhybride Strukturen im Maschinen- und Anlagenbau geschaffen. Dabei handelt es sich um eine „Welle/Walze“, z.B. zum Einsatz in der Antriebstechnik/Papierherstellung, eine „Wellenkupplung“, z.B. für Anwendungen in der Antriebstechnik, und eine „Trägerstruktur“, z.B. für den Bereich der (Lebensmittel-)Verpackungsindustrie.

### Generische Demonstratorbauteile als Technologieträger im Rahmen von FORCiM<sup>3</sup>A

Dem Demonstratorbauteil „Welle/Walze“ wurden mehrere maschinenbautechnische Komponenten zugeordnet, die innerhalb von FORCiM<sup>3</sup>A unterschiedlich detailliert behandelt wurden. Im Einzelnen sind dies: CFK-Welle, reibschlüssige Welle-Nabe-Verbindung (Pressverbindung), formschlüssige Welle-Nabe-Verbindung (Polygonverbindung), Lagerstelle zur Abstützung einer CFK-Welle und Querkrafteinleitung (z.B. Zahnrad). Das Demonstratorbauteil „Wellenkupplung“ wurde beispielsweise unter Berücksichtigung verschiedener Fertigungsverfahren (Flecht- und Prepreg-Technolo-

gie) dimensioniert und laborhaft getestet. Bezüglich der „Trägerstruktur“ wurden drei Methoden zur lösbaren und nichtlösbaren Anbindung von Metallkomponenten an die CFK-Struktur weiterverfolgt (Kleb-, Schraub- und Nietverbindung).

Ein wichtiger übergeordneter Beitrag war die Ermittlung von Materialkennwerten und die Charakterisierung der Verbindung CFK/Metall bei bestimmten Auslagerungsszenarien. Die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten von FORCiM<sup>3</sup>A zielten im Wesentlichen auf den Aufbau des nötigen Know-hows zur Einführung der Faserverbundtechnologie im Maschinen- und Anlagenbau mit dem Schwerpunkt auf die Region Bayerisch-Schwaben/Oberbayern. Das Forschungsverbundprojekt FORCiM<sup>3</sup>A wurde mit Mitteln der Bayerischen Forschungsförderung gefördert und betreut.

Weitere Informationen:

**Dr. Patrick Starke,**  
**Christian Oblinger,**  
 Anwenderzentrum Material- und Umweltforschung (AMU),  
 Universität Augsburg,  
 Telefon +49 (0) 8 21/5 98-35 90,  
 E-Mail: [info@amu-augsburg.de](mailto:info@amu-augsburg.de),  
[www.amu-augsburg.de](http://www.amu-augsburg.de)

# MEHR MÖGLICHKEITEN

## Konfektionierte VAP®-Membranprodukte erweitern Anwendungsspektrum

Individuelle Fertigungskonzepte erfordern verstärkt die Anpassung von Produktionstechniken und den hierfür benötigten Fertigungshilfsstoffen. In Zusammenarbeit mit der Trans-Textil GmbH liefert die Composyst GmbH flexible Materiallösungen in Form von kundenspezifischen Konfektionen für die VAP®-Vakuuminfusion. Sie bieten durch die spezifische Gestaltung als Schläuche, Filter oder Membrantapes alle Vorteile des VAP®-Verfahrens und ergänzen die konventionelle Fertigungsweise in anspruchsvollen Bauteilen jeder Größenordnung. Ihre Produktneuheiten präsentieren die beiden Partner Ende September am Stand der VAP®-Allianz auf der Composites Europe (Halle 5, Stand A14).

Der Kunde und seine Fertigungsprozesse stehen bei der Composyst GmbH an erster Stelle. Wer seinen Kunden wirtschaftliche Fertigungsprozesse ermöglichen oder sie in deren Anwendung unterstützen will, muss zunächst auf die spezifischen Anforderungen eingehen. Dies haben die Composyst GmbH und ihre Partner schon früh erkannt. Gezielt an Kundenanforderungen angepasste Materialkombinationen, Breiten oder Längen erleichtern die Handhabung und sind längst Standard in der industriellen Serienfertigung von Windkraft-, Boot- oder Fahrzeugkomponenten. Schlauchförmige VAP®-Tubes oder selbstklebende VAP®-Tapes erweitern die Einsatzmöglichkeiten der Membransysteme.

Diese technischen Konfektionen unterstützen unter optimaler Materialausnutzung lokal die flächige Anwendung der Membransysteme und bieten Sonderlösungen für anspruchsvolle Fertigungs- und Reparaturkonzepte. Im VAP®-Prozess sorgen sie für eine zuverlässige Abführung von Luft- und Gaseinschlüssen aus der Harzmatrix und verhindern somit im Anwendungsumfeld Trockenstellen und Porenbildung. Durch ihren flachen Aufbau mit innenliegender Vakuumführung entstehen kaum Abdrücke auf den Bauteilen.

Mit ihrer langjährigen Erfahrung in der VAP®-Anwendung übernimmt die Composyst GmbH den weltweiten Vertrieb der konfektionierten VAP®-Produkte und unterstützt die zügige und effiziente Umsetzung in der Fertigung. Bei Bedarf können die VAP®-Membranprodukte weiter an individuelle Anforderungen angepasst werden. Kernkompetenzen der Trans-Textil GmbH sind Entwicklung und Herstellung von mehrlagigen textilen Funktionsprodukten für technische Anwendungen durch modernste Verbund- und Beschichtungstechnologien. Seine VAP®-Membransysteme passt der exklusive Hersteller an spezielle



Durch die Konfektion ihrer VAP®-Membransysteme erleichtert die Trans-Textil GmbH die Anwendung in der Fertigungspraxis und ermöglicht den gezielten Einsatz der semipermeablen Produkte selbst in anspruchsvollen Herstell- und Reparaturkonzepten.

Fertigungsparameter an und versieht sie mit zusätzlichen Funktionsschichten, um beispielsweise den Transport abgesaugter Luft im Verfahrensaufbau zu optimieren. Orientiert an den Forderungen nach Automatisierung und Optimierung der Prozessketten entstand in den Projekten AZIMUT und RoCK eine weitere konfektionstechnische Neuerung speziell für den Luftfahrtbereich. In Kooperation mit dem Institut für Textilmaschinen und Textile Hochleistungswerkstofftechnik der TU Dresden (ITM), der Firma Rudolf Hujber Spezialkonfektion und den Konfektionsexperten von S+S entwickelten Trans-Textil und Composyst ein VAP®-3D-Materialkit, das alle textilen Hilfsstoffe des Verfahrensaufbaus in einer bauteilangepassten Geometrie umfasst und mit hoher Genauigkeit automatisiert abgelegt werden kann.

Die Ideenschmiede entwickelte dabei neue Fügeverfahren für die luftfahrtqualifizierten Komponenten inklusive des VAP®-Membransystems C2003. Die Fertigung einer Druckkalotte des Airbus A350 in Originalgröße erbrachte den Nachweis für den erfolgreichen Praxiseinsatz.



Alle textilen Materiallagen des VAP®-Aufbaus für die Druckkalotte des A350 wurden im Projekt RoCK in einem VAP®-3D-Kit bauteilorientiert konfektioniert und automatisiert abgelegt.

Weitere Informationen:

**Mag. Andreas Hänsch,**  
Trans-Textil GmbH, Freilassing,  
Telefon +49 (0) 86 54/66 07-770,  
E-Mail: ahaensch@trans-textil.de,  
www.trans-textil.de,  
www.vap-info.com

# INNOVATIVE BLATTFEDER-SATTELSTÜTZE

## Robotergestütztes automatisiertes Flechten von Schlaufenverbindungen in der Faserverbundtechnik

In der Faserverbundtechnik stellt sich immer wieder die Frage, wie die Krafteinleitung in ein Bauteil zu bewerkstelligen ist. Am ITV Denckendorf wurde hierzu ein neuartiges automatisierbares Verfahren zum Flechten von Schlaufenanschlüssen entwickelt. Die geflochtenen Schlaufenanschlüsse sind sehr wirtschaftlich und haben ein großes Leichtbaupotenzial, denn sie ermöglichen, anders als alternative Herstellungsmethoden wie z.B. das Prepreg-Verfahren, einen durchgängigen kraftflussgerechten Faserverlauf durch die Schlaufe.

Die praktische Anwendbarkeit des Flechtverfahrens demonstriert das Beispiel der innovativen Blattfeder-Sattelstütze „VCLS Post 2.0“ der Firma Canyon. Um die mechanischen Eigenschaften dieser Probebauteile mit jenen der Serienteile vergleichen zu können, wurden Steifigkeit und Festigkeit auf einem speziellen Prüfstand gemessen. Dabei zeigte sich, dass die Prototypen gleicher Bauart untereinander nur geringe Festigkeitsabweichungen aufweisen. Schon mit dem ersten, nicht weiter optimierten Flechtlagenaufbau konnte bei niedrigerem Gewicht bis zu 80 Prozent der Festigkeit der Serienteile erreicht werden. Bezieht man die Festigkeitswerte auf das Bauteilgewicht, so werden sogar 90 Prozent erreicht. Bei der Steifigkeitsmessung wurden zwar nur maximal 66 Prozent des Komfortwerts der originalen Sattelstütze erreicht.

Doch zeigte sich, dass die Federeigenschaften schon mit einer leichten Variation des Flechtwinkels deutlich beeinflusst werden können. Daher wird erwartet, dass über eine Optimierung aller verfügbaren Parameter, wie Faser- und Matrixmaterial, Flechtwinkel und -lagenanzahl, Stehfadeneinsatz etc., die Kennwerte der aktuellen Serienbauteile erreicht oder sogar übertroffen werden können.

Eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung ergab übersichtlich deutlich geringere Herstellkosten gegenüber denen der bisherigen Methode. Die Flexibilität des Flechtverfahrens ermöglicht eine einfache Änderung der Bauteileigenschaften. So wäre es beispielsweise denkbar, nur durch eine Modifikation der Flechtrobotersteuerung bei ansonsten unverändertem Herstellungsprozess, Sattelstützen mit unterschiedlichen Federsteifigkeiten zu

produzieren, um diese an verschiedene Fahrergewichte optimal anzupassen. Die Entwicklungsergebnisse können dazu beitragen, dass künftig mehr hochwertige Faserverbundbauteile am Standort Deutschland produziert werden und diese gleichzeitig für einen größeren Kundenkreis erschwinglich werden.

Weitere Informationen:

**Dr. Simon Küppers,**  
Institut für Textil- und Verfahrenstechnik,  
Telefon +49 (0) 7 11/93 40-462,  
E-Mail: simon.kueppers@itv-denckendorf.de,  
www.itv-denckendorf.de  
**Johannes Thumm,**  
Canyon Bicycles GmbH, Koblenz,  
Telefon +49 (0) 2 61/40 40 00,  
www.canyon.com

**RTM Technology**  
Strukturelle und semi-strukturelle Bauteile wie Unterboden-Strukturen, Seitenrahmen oder Sitzstrukturen

**Nasspressen RTM**  
Semi-strukturelle Bauteile aus Recycling-Karbonfaser wie Hybridbauteile

**Surface RTM Technology**  
Faserverstärkte, lackierfähige Oberflächen wie Dachelemente, Türverkleidungen, Kofferraum oder Motorhauben

**IMC Technology**  
Faserverstärkte, strukturelle Bauteile wie Frontend, Montageträger, I-Tafel-Träger

**FiberForm Technology**  
Endlos-faserverstärkte Bauteile wie Crashelemente, Säulenverstärkung oder Sitzstrukturen

www.kraussmaffe.com  
**Composites Europe, Halle 7, Stand D08**

**Faserverbundlösungen Für anspruchsvolle Leichtbauteile**

Engineering Passion

**KraussMaffei**

## Prozessoptimierte Werkzeuge senken die Bearbeitungskosten

**Premium AEROTEC ist mittlerweile einer der größten Zulieferer für CFK-Flugzeugrümpfe. Das zur Airbus Group gehörende Unternehmen leistet am Standort Augsburg einen wesentlichen Beitrag zur Entwicklung und Herstellung des A350 XWB.**

Mit dem A350 XWB fliegt erstmals ein weitgehend aus Kohlenstofffaserverbundwerkstoff (CFK) gefertigtes Flugzeug. Premium AEROTEC produziert in Augsburg unter anderem die Seitenschalen des hinteren Rumpfs (Sektion 16/18), die Fußbodenstruktur und die Druckkalotte. Premium AEROTEC setzt bei der Fertigung der Bauteile auf optimale Werkstoffe. Der Faseranteil liegt im Bereich von 55 bis 70 Prozent. Es kommen Matrixsysteme auf Duroplastbasis und Thermoplastbasis zum Einsatz. Alle Bauteile müssen nach dem Aushärten weiter bearbeitet werden. Beim Zerspanen gilt es die allgemeinen Vorschriften von Airbus und die Luftfahrtnorm für die Kantenbeschaffenheit von CFK-Bauteilen einzuhalten.

Im Detail gilt das Null-Fehler-Prinzip hinsichtlich Delamination, Faserüberstand und Absplinterung. Die Oberflächenrauheit ist unter 3,2 µm definiert. Aufgrund der hohen Qualitätsanforderungen in der Luftfahrt und der erheblichen Kosten für das Halbzeug werden im Moment die meisten Bauteile in einem zweistufigen Prozess erst geschruppt und dann geschlichtet. Das erhöht die Kosten. Die Produktionsverantwortlichen bei Premium AEROTEC suchten deshalb ein Werkzeug, dessen Geometrie jede Form von Delaminationen, Absplinterungen und Faserüberständen ausschließt.

Das Werkzeug muss auch in Kombinationswerkstoffen mit Glaslagen und Kupfermesh funktionieren – und es sollte die Bauteile in einem Umlauf ohne Beeinträchtigung der Oberflächengüte (RA unter 3,2 µm) schrumpfen und schlichten. Ein Werkzeug, das all diese Anforderungen erfüllte, war aber nicht auf dem Markt. Daraufhin entwickelten die Fachleute bei Hufschmied in mehrmonatigen Versuchsreihen die neue Werkzeuggeneration T-Rex für die Zerspanung von CFK-Strukturbauteilen gemäß den Materialspezifikationen von Premium AEROTEC.

Das Besondere dabei: Die neuen Werkzeuge vereinen mit ihrer variablen Schnittgeometrie die Vorteile einer Routergeometrie mit der delaminationsfreien Beschnittqualität eines Kompressionswerkzeugs. Das führt

zu einer hohen Abrasionsbeständigkeit – gepaart mit langer Standzeit. Und aus dem kombinierten Schrumpfen und Schlichten in einem Prozessschritt ergibt sich ein extremer Tempogewinn bei der Kantenbearbeitung in nachbearbeitungsfreier Qualität. Die neuen T-Rex-Werkzeuge haben den vorgegebenen Mindeststandweg deutlich übertroffen und alle Qualitätskriterien von Premium AEROTEC mehr als eingehalten. Die Einsparung des zweiten Umlaufs senkt die Bearbeitungskosten um 30 Prozent, die Fertigungskapazität auf der Maschine wird um 40 Prozent erhöht.

Hufschmied Engineering erarbeitet derzeit auf Grundlage der Verschleißanalysen der bei Premium AEROTEC eingesetzten T-Rex-Werkzeuge weitere Optimierungen bei Geometrie und Beschichtung. Sie sollen die Standzeit verbessern und die Bearbeitungsgeschwindigkeit erhöhen – bei gleichzeitig noch höherer Oberflächengüte.

Weitere Informationen:

**Dipl.-Ing. Ralph R. Hufschmied,**

Hufschmied Zerspanungssysteme GmbH, Bobingen,

Telefon +49 (0) 82 34/96 64-44,

E-Mail: [info@hufschmied.net](mailto:info@hufschmied.net),

[www.hufschmied.net](http://www.hufschmied.net)



CFK-Werkzeuge für die rentable Fertigung



Von Premium AEROTEC gefertigte CFK-Rumpfschale

## Fraunhofer-Institut für Zerstörungsfreie Prüfverfahren IZFP

**Als weltweit renommierte Forschungseinrichtung für zerstörungsfreie Prüfverfahren (ZfP) forscht und entwickelt das Fraunhofer IZFP in Saarbrücken entlang des Materialkreislaufs: von der Materialcharakterisierung in der Werkstoffforschung über die produktionsintegrierte Prozessüberwachung und Bauteilprüfung bis hin zur Zustandsüberwachung und Wertstoffrückgewinnung.**

Die Wissenschaftler, Ingenieure und Techniker im Fraunhofer IZFP erarbeiten Lösungen für aktuelle Prüfaufgaben über die gesamte Breite zerstörungsfreier Prüftechnologien und -modalitäten. Dies umfasst neben Machbarkeitsstudien, Beratungs-, Schulungs- und Prüfdienstleistungen auch den Aufbau von Prototypsystemen. Als Partner von Industrieunternehmen stehen v. a. die Analyse von Produktionsabläufen oder betrieblichen Risiken sowie die Entwicklung marktgerechter Prüfgeräte und -systeme einschließlich deren Validierung für die qualitätsgesicherte industrielle Anwendung im Fokus der Neu- und Weiterentwicklungen des Instituts.

Im Hinblick auf höhere Sicherheit, Verfügbarkeit und Wirtschaftlichkeit trägt das Fraunhofer IZFP so erheblich dazu bei, die Produktqualität seiner Kooperationspartner zu verbessern.

Markante Arbeits- und Forschungsschwerpunkte bilden Werkstoffcharakterisierung (Hochleistungs- oder Verbundwerkstoffe), Prozessüberwachung und -beherrschung (automatisierte Bauteilprüfung in der industriellen Fertigung) sowie zerstörungsfreie Zustandsüberwachung (Zustandserfassung von Transportsystemen, Infrastrukturbauwerken, Pipelines, Brücken etc.).

Die Akkreditierung nach DIN EN ISO / IEC 17025 bestätigt die Kompetenz des Instituts, seine Entwicklungsergebnisse für die Anwendung zu qualifizieren und zu validieren. Sie erstreckt sich nicht nur auf die Durchführung von Prüfungen mit genormten Verfahren. Vielmehr autorisiert sie das Fraunhofer IZFP auch, eigenständig entwickelte Verfahren einzusetzen und zu validieren und bekannte Verfahren weiterzuentwickeln. In Zusammenarbeit mit dem am Fraunhofer IZFP angesiedelten Innovationscluster Automotive Quality Saar AQS bieten wir insbesondere für die Automobil- und Zulieferindustrie marktgerechte innovative ZfP-Lösungen zur Qualitätssicherung von Werkstoffen und Bauteilen aus einer Hand.

Das Hauptaugenmerk liegt auf den werkstoff- und qualitätsintensiven automobilen Hauptmodulen sowie auf Entwicklungen für effizienten Materialeinsatz und reibungslose Produktionsabläufe. Neben der Technologie-Qualifizierung neu entwickelter ZfP-Verfahren gemäß internationaler Standards bietet das Weiterbildungszentrum des AQS auch berufsbegleitende Zertifikatskurse zur Qualifizierung der technischen Fach- und Führungskräfte an.

Weitere Informationen:

**Dipl.-Übers. Sabine Poitevin-Burbes,**

Fraunhofer-Institut für Zerstörungsfreie Prüfverfahren IZFP, Saarbrücken, Telefon +49 (0) 6 81/93 02-38 69,

E-Mail:

[sabine.poitevin-burbes@izfp.fraunhofer.de](mailto:sabine.poitevin-burbes@izfp.fraunhofer.de),

[www.izfp.fraunhofer.de](http://www.izfp.fraunhofer.de)



Roboterassistierte zerstörungsfreie Prüfung an CFK-Karosserie



Automatisierte zerstörungsfreie Prüfung: Wasser zum Koppeln und Roboter zum Führen im 3D-Raum. Aber ohne den Menschen geht es auch nicht!



Roboterassistierte Ultraschall-Prüfung mit integrierter 3D-Rekonstruktion des Bauteilvolumens



Sensor für die zerstörungsfreie Prüfung von CFK-Komponenten



Fraunhofer IZFP / Fraunhofer-Innovationscluster Automotive Quality Saar AQS

Neuausrichtung bei der Texmer GmbH & Co. KG

**Ob Karbonmatten für den i3/i8, Alu-Fäden für Banknoten oder Taue für Bohrplattformen – all diese Produkte werden mit Hilfe von Abrollgattern hergestellt. Die Texmer GmbH & Co. KG in Petersberg bei Fulda managt das schonende Abwickeln aller technischen Textilien.**

Ursprünglich stellte die Texmer GmbH & Co. KG Präzisionsteile für die Textilindustrie her und beschaffte Ersatzteile für Textilmaschinen aller Art. Im Laufe der letzten Jahre änderte sich dies. Zunächst wurden Spezialgatter für die Reifencordindustrie gebaut und dann das Portfolio immer stärker erweitert. Heute stellt Texmer Gatter für alle Medien her, die abgerollt oder abgezogen werden können.

Bis 2005 lieferte Texmer ausschließlich Spulengatter für den tangentialen Abzug zum Weben von Gummiträgergewebe. Heute werden auch Gatter mit radialem Abzug angeboten. „90 Prozent unserer Gatter haben nichts mehr mit Autoreifen zu tun“, erklären die Geschäftsführer Lothar Fleck und Bernhard Hahner. „Gefragt sind vielmehr Gatter für neue Produkte. Da helfen nur Erfahrung und Versuche.“ Denn der Textilbereich unterscheidet sich sehr wohl vom Automobil- und Maschinenbau. „So ist zum Beispiel die Neigung eines Gewebes zur Faltenbildung schwer im Voraus berechenbar. Hier muss man wissen, wann und wie viele Fasern bei einer bestimmten Belastung bei welchem Biegegrad brechen. „Etwa 60 Prozent der Gatter, die wir momentan liefern, haben etwas mit Kohlefasern zu tun“, stellt Hahner die gestiegene Bedeutung der Verarbeitung des Leichtbau-Materials heraus.

Das bringt auch Herausforderungen mit sich, denn Kohlefasern sind extrem empfindlich. „Beim Abzug der Kohlefaser ist maximale Materialschonung oberstes Gebot“, so Hahner. Jedes Gatter wird nach spezifischen Kundenwünschen gebaut. Hier kommt eine spezielle Oberfläche ins Spiel. Texmer arbeitet dafür mit der Stockacher Topocrom GmbH zusammen, einem weiteren CCeV-Mitglied. Die Topocrom-Oberfläche verhält sich im Vergleich zu geschliffenen oder glasperlengestrahnten Oberflächen bedeutend materialschonender. Der mehrschichtige Aufbau verfügt über eine halbkugelförmige Oberfläche, die völlig frei von scharfen Kanten ist. Darauf bildet sich ein Luftpolster, das zu Gleiteffekten führt und so die Fasern nicht beschädigt. Zusätzlich verfügt es über eine hohe Verschleiß-, Korrosions- und Abrasionsfestigkeit.



Die beiden Geschäftsführer der Texmer GmbH & Co. KG, Bernhard Hahner (l.) und Lothar Fleck (r.), freuen sich über den Unternehmenserfolg nach der Neuausrichtung.

Bevor die Entscheidung für den Einsatz der Topocrom-Oberfläche für die Fadenführung der Abspulgatter fiel, ließ sich Texmer vom Fraunhofer Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA in Stuttgart beraten. Diesen wertvollen Kontakt hatte Topocrom vermittelt.

Eine weitere Entwicklung der Texmer GmbH ist eine elektronisch geregelte Abspuleinheit (EGA), die bereits in den Gattern eingesetzt wird. Diese Geräte sind dafür bestimmt, Fäden und fadenähnliche Fasern, Garne, Zwirne sowie Carbon-Filamente in Form von Rollen oder Spulen mit definierter Fadenspannung abzuwickeln. Laut Hahner wird unabhängig vom Durchmesser die gewünschte Fadenspannung von jeder EGA nahezu konstant gehalten. Der Clou dieser neuen Spule ist, dass die Kontrolle der Fadenspannung völlig berührungslos abläuft. So entstehen keine zusätzlichen Auflage- und Reibungspunkte auf dem verwendeten Material. Die integrierte Funktion „Einziehen“ verhindert den Fadendurchhang beim abrupten Beschleunigen oder Bremsen der einziehenden Anlage. Die EGA kann so abhängig vom Gewicht sowohl als Bremse fungieren als auch bei entsprechend niedriger Fadenspannung als Antrieb dienen. Die Abspuleinheit kann Geschwindigkeiten von 1 - 180 m/min fahren.

Für diese Eigenentwicklung wurde Texmer 2014 mit dem 1. M&T-Feinwerkmechanik-

preis ausgezeichnet. Die Jury begründete ihre Entscheidung folgendermaßen: „In kompletter Eigenentwicklung von der Idee bis zur Realisierung im eigenen Haus wurde die ‚EGA‘ konzipiert, konstruiert und im Markt eingeführt. Die Fähigkeit des Regelungssystems, die Fadenspannung auch von hochempfindlichen Carbonfasern elektronisch konstant zu halten, ohne den Faden zu berühren, ist weltweit einmalig.“ Dieses Alleinstellungsmerkmal verhalf der EGA zum sofortigen Durchbruch. Die Jury war der Meinung, dass das Siegerobjekt überzeugend beweist, wie ein kleiner innovativer Betrieb mit seinem Know-how, seiner Risikobereitschaft und mit überwiegend eigenen Kräften und Mitteln ein komplett neues Produkt bis zur Weltmarktreife entwickeln und erfolgreich am Markt einführen kann. Die M&T-Jury sieht das ebenso: „Mit einem durchdachten und erfolversprechenden Konzept wurde ein neues Standbein in dem sehr zukunftssträchtigen Markt der CFK-Herstellung und -Verarbeitung aufgebaut.“

Weitere Informationen:  
**Dipl.-Ing. (FH) Bernhard Hahner und Lothar Fleck,**  
TEXMER GmbH & Co. KG, Petersberg,  
Telefon +49 (0) 6 61/9 65 29 -0  
E-Mail: lothar.fleck@texmer.de  
www.temxer.de

Politik, Wirtschaft und Wissenschaft zu Gast am Institutsteil FIL des Fraunhofer ICT in Augsburg

**Gleich zwei Veranstaltungen brachten im Juni 2015 prominente Gäste und interessante Forschungsthemen aus Luftfahrt- und Automobilindustrie am Institutsteil Funktionsintegrierter Leichtbau FIL des Fraunhofer ICT in Augsburg zusammen.**

Die Veranstaltungsreihe „Wirtschaftsgespräche in der Region. Bayerns Zukunft gestalten“ zog Wirtschaftsministerin Ilse Aigner, Wirtschaftsstaatssekretär Franz Josef Pschierer sowie rund 100 weitere Gäste aus Industrie, Wirtschaftsverbänden und Forschungseinrichtungen nach Augsburg. Thema der Veranstaltung war Spitzentechnologie in Bayern – Luft- und Raumfahrt in der Region Augsburg. Ein Industriezweig, der wie Ilse Aigner betonte, „eine große Strahlkraft weit über die Branche hinaus besitzt.“ Neben Leichtbau und Carbon waren Themen wie Automatisierung und Energieeffizienz Anlass für Austausch und Dialog.

Ilse Aigner und Franz Josef Pschierer besichtigten auch den Neubau des Institutsteils FIL. Beide sehen in den hochautomatisierten Anlagen einen wichtigen Beitrag zur Realisierung nachhaltiger Leichtbauprodukte. Die Fraunhofer Wissenschaftler konnten dies bereits demonstrieren: Durch die enge Zusammenarbeit mit dem Luftfahrtzulieferer Premium Aerotec GmbH konnte eine der Anlagen innerhalb von drei Jahren in eine Flugzeugserienproduktion integriert werden.

Die zweite Veranstaltung im Juli 2015 präsentierte vier Verbundvorhaben des Förderprogramms Energieeffizienter Leichtbau aus dem Rahmenkonzept Forschung für die Produktion von morgen des BMBF. Rund 50



Bauteilevolution im Projekt PulForm

Teilnehmer informierten sich unter dem Titel „Energieeffizienter Leichtbau“ über die Ergebnisse der Projekte SOWEMA, FLAME, PulForm und PRESCHKE. Schwerpunkte der Forschungsaktivitäten bildeten das automatisierte Legen von Faserverbundstrukturen, Harzauftragsverfahren und ressourceneffiziente Aushärtetechnologien. Außerdem wurde die Realisierung einer voll-automatisierten Fertigungsprozesskette fokussiert. Ziele der Projekte waren, serienreife Fertigungsprozessketten bereitzustellen und dabei Energieverbrauch, Prozesszeit und Kosten zu reduzieren, sowie Gestaltungsfreiheit und Materialeffizienz zu erhöhen. Ihre erfolgreiche Umsetzung bewiesen ein-

druckvoll einige vorbereitete Demonstratoren. Beispielhaft ist hier das Ergebnis des Projekt PulForms zu nennen. Es setzte neuartige Materialien (B-Stage-Harzsystem) und Verfahrenskombinationen (Flechtpultrusion mit nachgeschalteter Blasumformung) ein und ermöglichte so die wirtschaftliche Fertigung von komplexen Bauteilen.

Weitere Informationen:  
**Prof. Dr.-Ing. Klaus Drechsler,**  
Fraunhofer ICT, Institutsteil Funktionsintegrierter Leichtbau (FIL), Augsburg,  
Telefon +49 (0) 8 21/9 06 78-200,  
E-Mail: FIL.Info@ict.fraunhofer.de,  
www.ict.fraunhofer.de/FIL



Bauteilinspektion durch Wirtschaftsministerin Ilse Aigner und Wirtschaftsstaatssekretär Franz Josef Pschierer



Mitarbeiter Sebastian Strauß (r.) vom Fraunhofer Institutsteil FIL erklärt Funktionsweise und Forschungsschwerpunkte im Bereich der Pultrusionstechnologie

# RAUS AUS DER NISCHE

## Der Split-Hopkinson-Bar auf Zug eröffnet neue Möglichkeiten für die dynamische Materialprüfung

**Die Materialprüfung am Split-Hopkinson-Bar fristete lange ein akademisches Nischendasein. Am Fraunhofer-Institut für Kurzzeitdynamik, Ernst-Mach-Institut, EMI, wird diese Technik jetzt zu einer von der Industrie abrufbaren Dienstleistung.**

Mit dem Versuchsaufbau am Fraunhofer EMI in Freiburg können auch große Proben bei einer Geschwindigkeit von 20 Metern pro Sekunde geprüft werden. Je nach Probengeometrie sind dabei Dehnraten von mehr als  $1000\text{ s}^{-1}$  möglich. Die Signalqualität ist wesentlich besser als bei servo-hydraulischen Prüfmaschinen, was die erfolgreichen Tests sowohl an hochfesten Stählen als auch an Polymeren bis hin zu CFK-Proben belegen.

Die Anlage bietet die Möglichkeit, die Proben zu temperieren. Damit wurden bei einem quasi-isotropen CFK die temperaturabhängigen Festigkeiten bis zu einer Temperatur von  $230\text{ °C}$  im Split-Hopkinson-Tension-Bar (SHTB) ermittelt. Für die Dehnungsmessung wird die am Fraunhofer EMI in großem Umfang verfügbare Hochgeschwindigkeitsmesstechnik genutzt. Dabei kann je nach Anforderung ein Dehnungsfeld über Hochgeschwindigkeitsaufnahmen und Grauwertkorrelation (ARAMIS) ausgewertet werden, oder es kann die direkte Verfolgung von Schwarz-Weiß-Kanten auf der Probe erfolgen. Messungen der Oberflächentemperatur mit einer Infrarotkamera generieren Informationen über die Erwärmung von Materialien beim Versagen.

Weitere Informationen:

**Dr.-Ing. Hanna Paul,**  
Fraunhofer-Institut für Kurzzeitdynamik,  
Ernst-Mach-Institut, EMI, Freiburg,  
Telefon +49 (0) 7 61/27 14-507,  
E-Mail: hanna.paul@emi.fraunhofer.de,  
www.emi.fraunhofer.de



Arbeiten am Split-Hopkinson-Tension-Bar (SHTB)



Mit ROHACELL® Triple F können komplexe Geometrien mit integrierten Inserts und gezielt eingestellter Dichte gefertigt werden. Das Demonstrationsbauteil enthält exemplarisch zwei verschiedene Einsätze.

## ROHACELL® TRIPLE F

### Neuer Strukturschaum für die Serienfertigung großer Stückzahlen im Automobil

**Sandwichkerne für Faserverbundbauteile werden derzeit überwiegend als flächige Strukturen ausgeführt. Für die industrielle Serienfertigung stellt Evonik Resource Efficiency, Essen, nun mit seinem Joint-Venture LiteCon in der Form geschäumte komplexe, dreidimensionale Strukturkerne für CFK-Sandwichbauteile her. Mit ROHACELL® Triple F-Kernen werden komplexe 3D-Bauteile in kommerziellen Mengen möglich. Durch die herausragenden mechanischen Eigenschaften selbst bei erhöhter Temperatur lässt sich dieser Schaum auch mit Hochdruck-RTM oder im Nasspressverfahren einsetzen. So können nun Sandwichbauteile für die Automobilindustrie, beispielsweise in Karosserien, Fahrgestellen und Anbauteilen, schnell und effizient mit leichten Schaumstoffkernen produziert werden.**

Das Kernmaterial beeinflusst die Leistungsfähigkeit von Sandwichkonstruktionen stark. Über die mechanische Performance hinaus sollte der Sandwichkern bzw. das gesamte Sandwichbauteil wirtschaftlich produziert werden können. Bisher werden polymere Hartschaumstoffe für Sandwichbauteile meist in Blöcken hergestellt und durch einen weiteren Bearbeitungsschritt, etwa CNC-Fräsen, in die gewünschte Form gebracht. Das hohe Maß an manueller Formung und der relativ hohe Verschleiß bewirken jedoch, dass die Herstellkosten für eine Produktion in großem Maßstab zu hoch sind. Daher hat Evonik zur Herstellung komplexer Geometrien ein neues In-Mold-Foaming-Verfahren (IMF) für seinen Hartschaumstoff entwickelt.

Für ROHACELL® Triple F wird ein PMI-Granulat in der gewünschten Dichte in einer Form zum fertigen Schaumstoffkern ausgeschäumt. Metallische Einsätze, beispielsweise Gewinde-Inserts, können direkt während des Aufschäumprozesses integriert werden. ROHACELL® Triple F ist mit handelsüblichen Harzen wie Epoxidharz kompatibel. Aber auch thermoplastische Materialien können als Deckschicht direkt in die Form eingelegt werden. Sandwichbauteile mit einem in-situ geschäumten Kern aus ROHACELL® Triple F bietet die 2013 gegründete LiteCon Advanced Composite Product GmbH an, ein Joint Venture der Evonik Resource Efficiency GmbH und der SECAR Technologie GmbH. LiteCon vereint die Werkstoffkom-

petenz von Evonik mit dem Prozess-Know-how zur Herstellung von Bauteilen für die Composite-Industrie von SECAR. ROHACELL® Triple F kann live auf dem Evonik-Stand bei der Composite Europe 2015 in Halle 3/E03 besichtigt werden.

Weitere Informationen:

**Dr. Ursula Keil,**  
Evonik Resource Efficiency GmbH, Essen,  
Telefon +49 (0) 23 65/49-98 78,  
E-Mail: ursula.keil@evonik.com,  
www.rohacell.com

**STRAK**  
 ■ CAD-Entwickler ICEM-surf  
 Class-A-Oberflächen



**KAROSSERIE**  
 ■ Entwicklungsingenieure/Techniker  
 Karosserieentwicklung/  
 Konstruktion von CFK-Bauteilen  
 Konzeptentwickler  
 Fahrzeugauslegung  
 CAD-Konstrukteure Leichtbau



**INTERIEUR**  
 ■ CAD-Konstrukteure  
 CATIA V5/Siemens NX




**ENTWICKLUNG VOM FEINSTEN**

Verwirklichen Sie Ihre Visionen und werden Sie Teil unseres innovativen Teams! Schauen Sie selbst:  
[www.csi-online.de/karriere](http://www.csi-online.de/karriere)

**EXTERIEUR**  
 ■ CAD-Konstrukteure CATIA V5/Siemens NX



**SIMULATION**  
 ■ Berechnungsingenieure Fahrzeugsicherheit



**PROJEKTMANAGEMENT**  
 ■ Projektmanager/Support



## AN DIE GRENZEN

### Fahrzeuge von übermorgen werden bei csi entwickelt

„Wir gehen konsequent an die Grenzen des technisch Machbaren – von der Optimierung und Reifegraderhöhung hin zur Innovation – und entdecken dabei ständig Neues. Das inspiriert uns und macht unsere Arbeit spannend. Unser Ziel ist es, dabei – und auch innerhalb der Firmenkultur – eine harmonische Verbindung aus Perfektion und Lebensart zu schaffen.“ Das ist die Devise der csi Entwicklungstechnik GmbH.

Gegründet wurde csi vor 20 Jahren am heutigen Hauptsitz in Neckarsulm, es folgten weitere Standorte in Ingolstadt, Sindelfingen, München, Winterberg, Wolfsburg, Zwickau und Wolfsburg. Die Kernkompetenz des Unternehmens als Engineering Partner ist die designmäßige Darstellung von Oberflächen (Strak), die Innenausstattung und das Exterieur sowie die Entwicklung von Leichtbaustrukturen für die Fahrzeugkarosserie. Consulting, Simulation, Projektmanagement und Prozessoptimierung ergänzen die konstruktiven Fachbereiche.

Der Entwicklungsprozess von Fahrzeugen verdeutlicht die stetig steigenden Anforderungen und Wünsche der Automobilindustrie, welche weit über die reine Konstruktionsarbeit hinausgehen. Infolge des Wandels, der verkürzten Produktlebenszyklen sowie der daraus resultierenden Randbedingungen wurde eine innovative csi Methodik entwickelt. Sie ist die Basis für den Entwurf einer Vision, die als bestmögliche Lösung seriennah mittelfristig oder langfristig umgesetzt werden kann.

Zudem schaffen die csi Innovationsstudios eine Atmosphäre zum Querdenken für Experten aus den unterschiedlichsten Bereichen. Die Betrachtung und Bewertung zukünftiger Technologien und Prozesse ist die Kompetenz des csi innoWissions-Teams. Die Vernetzung mit Fachabteilungen und Partnern hilft, das gewonnene Wissen schnell in die Praxis umzusetzen.

Fundiertes Wissen und fachliche Kompetenz im Bereich des Leichtbaus bewies das csi Konstruktionsteam etwa bei der Entwicklung einer gewichtsoptimierten Fahrzeugkarosserie. Im Rahmen des Projekts wurden die Karosseriebauteile analysiert und das Leichtbaupotenzial dargestellt. Das Problem bestand in der Substitution von bestehenden Serienkomponenten in Stahlbauweise durch Aluminium und CFK Werkstoffe. Die Materialänderung stellte das Entwicklungsteam von der Konzeptphase bis zur Serienreife vor stets neue Herausforderungen. Eine bedeutende Anforderung war die Implementierung der Karosseriebauteile mit einer optimierten Struktur in die Produktionslinie der konventionellen Fahrzeug-

modelle mit ihren bereits vorhandenen Füge-technologien. Beispiele für die Komplexität sind die Online-Lackierung der Heckklappe oder die Anbindung an den vorhandenen Serien-Scharnierbügel am Fahrzeug.

Das Resultat des dreijährigen Entwicklungsprojekts ist heute auf der Straße erlebbar und gleichzeitig Motivation für die Lösung weiterer neuer Herausforderungen im Bereich der Faserverbundstrukturen.

Weitere Informationen:  
**Maria Schmelcher**,  
 csi entwicklungstechnik GmbH,  
 Neckarsulm,  
 Telefon +41 (0) 71 32/93 26-0  
 E-Mail: [maria.schmelcher@csi-online.de](mailto:maria.schmelcher@csi-online.de),  
[www.csi-online.de](http://www.csi-online.de)

csi entwicklungstechnik NECKARSULM INGOLSTADT SINDELFINGEN MÜNCHEN WOLFSBURG ZWICKAU WEISSACH WINTERBERG

**VISIONEN**  
 ■ Vielfältige Möglichkeiten für Praktikanten,  
 Bacheloranden und Masteranden




## Zwei CCEV-Mitglieder in einem Projektboot

**Die Connova AG mit Sitz in Villmergen, Schweiz, stellt Verbundwerkstoffe für die Luftfahrt-, Automobil-, Formel 1- und für die Medizintechnik her. Das Unternehmen nutzt eine Verschachtelungssoftware, die mit ihrem Zünd-Schneidsystem geliefert wurde. Dessen Bedienung war schwierig und die erzeugten Nester ineffizient, da die Erzeugnisse von Hand nachgebessert werden mussten. Die JETCAM Composite GmbH, wie Connova Mitglied des CCEV, konnte hier helfen.**

Die Erstellung von CAD-Dateien nach handgefertigten Ply-Vorlagen war zeitaufwendig. Zudem waren für die Verwaltung der Materialien und Nestingaufträge separate Systeme nötig. Das Aktualisieren dieser Systeme, wie z. B. Excel Datenblätter, erforderte Zeit und war fehleranfällig. Cem Koeyluer, Chefingenieur bei Connova: „Es waren viele Schritte notwendig, um aus CAD-Daten oder Ply-Vorlagen geschnittene Plies zu produzieren. Im Gespräch mit unserem Kunden Sauber F1 Team wurde klar, dass wir wegen des schlechten Nestings Material verschwendeten. Also entschlossen wir uns, den Markt genauer zu erkunden. Wir benötigten viel Zeit, die Prototypen-Plies zu digitalisieren und sie dann in ein elektronisches Format mit Profilinginformationen zu bekommen. Zur selben Zeit waren wir mit Porsche bezüglich der Lieferung von Verbundwerkstoff-Hitzschildern für den 918 Spyder im Gespräch. Auch viele andere Kunden benötigten eine Materialrückverfolgbarkeit. Wir steckten sehr viel Zeit in die Materialverfolgung sowie in das Herausuchen der besten Rolle für den jeweiligen Auftrag. Daher entschlossen wir uns, Systeme in Betracht zu ziehen, die Materialmanagement beherrschen.“

Im Sommer 2013 begann Connova, Nestingsysteme verschiedener Anbieter auszuwerten. JETCAMs Nestings waren 15 bis 20 Prozent effizienter als die der Connova-eigenen Software und des Wettbewerbs. JETCAM war zudem das einzige Unternehmen, das ein integriertes Materialmanagementsystem – CrossTrack – anbot. Außerdem konnte CrossTrack später um Materiallagerfähigkeits- und Ply-/Teilerückverfolgbarkeit erweitert werden, noch dazu ohne finanziellen Nachteil, da Connova lediglich den Preisunterschied zwischen den Modulen zu zahlen hätte. Dies ermöglichte eine Einführung in zwei Stufen, beginnend mit dem Rollenmanagement und dem Nesting, gefolgt von der lückenlosen Nachverfolgung der Materiallebensdauer vom Tiefkühlraum bis zum Autoklav.



Die Connova AG spart mit Hilfe von JETCAM Zeit und Material.

Jon Andri Jörg, Geschäftsführer bei Connova: „Wir wollten erst einmal Erfahrungen mit der ersten Stufe sammeln und sicherstellen, dass bei der Implementierung alles gut geht und unsere Mitarbeiter mit der Nutzung vertraut sind.“

Connova gewann das Auswahlverfahren zur Lieferung des Motorraumhitzeschildes für den Porsche 918 Spyder, während viele andere Unternehmen nicht in der Lage waren, das komplexe Teil herzustellen. Da sich die bestehende Verschachtelungssoftware als ineffizient erwies, musste man statische Nestings eines Drittanbieters erwerben, um wettbewerbsfähig zu bleiben. Obwohl dies die Produktion von effizienten Nestings für Porsche gewährleistete, war es so doch nicht möglich, andere Aufträge mit demselben Material zu bedienen.

Daher fiel Anfang 2014 die Entscheidung, JETCAM Expert und CrossTrack AMS (Advanced Manufacturing Station) zu erwerben. Eine fünftägige Implementierung und eine Mitarbeiterschulung terminierte die JETCAM Composite GmbH für April. Schon nach dem ersten Tag konnte Connova hochoptimierte Nestings herstellen. JETCAM Composite GmbH installierte auch einen fotobasierten Scanner, um die Composite-Vorlagen zu vektorisieren, was ein Digitalisiertablet überflüssig machte, dessen Einsatz früher

zwei Tage pro Woche in Anspruch genommen hatte. Connova profitiert auch von der automatischen Materialbestandspriorisierung, die standardmäßig die kürzeste Rolle für den Gebrauch definiert und so sicherstellt, dass zum Schluss nicht mehrere Rollen mit geringer Materialmenge übrig bleiben. Ein weiterer Vorteil ist, dass CrossTrack automatisch Labelinformationen erstellen kann, entweder durch Benutzereingabe oder durch importierte Daten. Früher mussten diese Informationen manuell hinzugefügt werden, ein weiterer Arbeitsschritt und damit eine weitere mögliche Fehlerquelle. Die Investition von Connova in die Produkte von JETCAM hat sich innerhalb weniger Wochen schon allein durch die Materialersparnisse bezahlt gemacht.

Weitere Informationen:

**Stefan Dragitsch**,  
JETCAM Composite GmbH,  
Hohenschäftlarn,  
Telefon +49 (0) 81 78/99 99-010,  
E-Mail: stefan@jetcamcomposite.com,  
www.jetcamcomposite.com

**Jon Andri Jörg**,  
CEO,  
Connova AG, Villmergen/Schweiz,  
Telefon +41 (0) 56/6 19 10 96,  
E-Mail: jon.andri.joerg@connova.com,  
www.connova.com

## Automatisierte Fertigungskontrolle für die Composite-Herstellung halbiert Durchlaufzeit

**Assembly Guidance (Chelmsford, Mass.) gibt die Einführung von LASERVISION bekannt. Der revolutionäre Laserprojektor mit integriertem optischen Zielsystem kann die für das Layup und die Prüfung von Verbundwerkstoffen benötigte Zeit um über 50 Prozent reduzieren. Durch die Kombination von hochentwickelter Laserprojektion mit Hochleistungsbilderfassung automatisiert das neue System die Qualitätsüberwachung, Prüfung und Dokumentation von Composite-Teilen in der Fertigung und strafft damit deutlich die Produktion. In Deutschland wird das Produkt von der JETCAM Composite GmbH vertrieben.**

LASERVISION automatisiert drei Stufen der Verbundwerkstoffprüfung, die bis dato mühsame und zeitaufwendige manuelle Abläufe erforderten. Diese beinhalten:

1. Systemausrichtung vor der Inspektion, oft ein zeitaufwendiger Prozess,
2. Zugriff auf die Werkzeugoberfläche und die Referenzen für kritische Merkmale, die ebenfalls erhebliche manuelle Eingriffe erfordern, und
3. Inspektion bzw. Dokumentation, wo die größte Zeitersparnis möglich ist. Unternehmen, die Roboter zur automatischen Faserausrichtung nutzen, haben oft 60 Prozent oder mehr Stillstandzeit aufgrund dieser Prozesse.

Die Qualitätsprüfung und Dokumentation von LASERVISION wird entweder in einem Stand-alone-System oder als Bestandteil in integrierten Fertigungszellen zur Verfügung gestellt. „Im Gegensatz zu Lasersystemen, deren Anwendungssoftware eine Interaktion mit dem Controller erfordert,“ erklärt Scott Blake, Präsident von Assembly Guidance, „kann LASERVISION auf der Treiberebene integriert werden, sodass das Lasersystem direkt über die Software des Controllers gesteuert werden kann.“

LASERVISION Software Development Kit (SDK) ermöglicht Drittunternehmen wie AFP Roboterherstellern, LASERVISION eng in die Fertigungszelle zu integrieren. Dadurch entfällt die Ausrichtung vor der Inspektion völlig, weil das vollintegrierte Lasersystem kontinuierlich am Koordinatensystem der Fertigungszelle ausgerichtet wird. Wenn dieser Prozess manuell durchgeführt wird, dauert er länger als eine Stunde für jede einzelne Inspektion.

Auf LASERVISIONs erweitertes automatisiertes Fernbilderfassungssystem kann auch per SDK zugegriffen werden. Die Automatisierung des Informationsflusses zwischen dem AFP-Roboter und LASERVISION kann die Stillstandzeit des Roboters deutlich reduzieren. Außerdem ermöglicht sie Inspektionen an manchmal schwer zu erreichenden Orten, ohne dass der Inspektor seinen Arbeitsplatz verlassen muss.

Das optische Zielsystem von LASERVISION steuert automatisch die hochauflösende Kamera des Systems. Sie kann dann Bilder von kleinen Flächen erfassen, die innerhalb großer und komplexer Bereiche inspiziert werden sollen. Kalibrierte Bilder werden an den Monitor des Inspektors geschickt.

Die erweiterte automatisierte Fernbilderfassung liefert auch viel bessere Bilder, ein bedeutender Fortschritt in der Qualitätssicherung. Blake kommentiert: „Anstatt sich schwer zu tun, aufeinanderliegendes schwarzes Material optisch zu unterscheiden, können Inspektoren das Bild vergrößern und den Kontrast der zu untersuchenden Schicht erhöhen.“

Digitale Messschieber können automatisch über die zu untersuchenden Bereiche platziert werden. Die automatisierte Dokumentation von LASERVISION speichert dann die Bildaufnahme und jegliche Verweise oder Überprüfungen. Zusätzlich können Integrierten den Inspektionsprozess mit SDK vollständig automatisieren. Bilder, die von LASERVISION erfasst werden, können Pixel für Pixel auf das Nominalmodell kartiert und analysiert werden. Danach werden die Ergebnisse als zulässig angenommen oder abgelehnt, Menschen müssen nur noch suspekt Bereiche überprüfen.

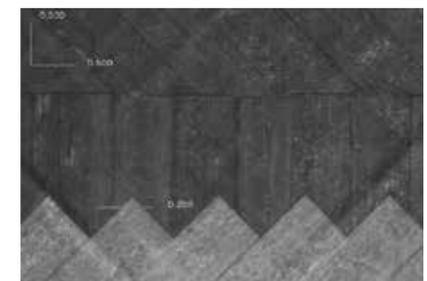
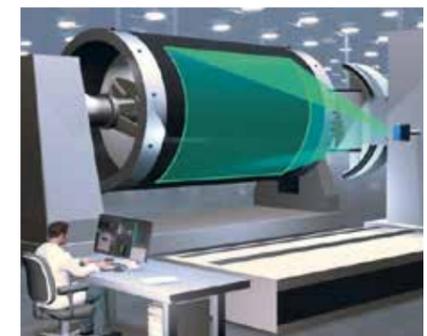
Die algorithmische Analyse entfernt menschliche Faktoren aus dem Inspektionsprozess und reduziert die Inspektionszykluszeiten erheblich. Stellen, die eine Nachbesserung erfordern, weist LASERVISION mit seiner Laserprojektionsoptik sofort genau auf. Das ermöglicht den Betreibern, Korrekturen zum niedrigstmöglichen Preis durchzuführen. Erstlieferungen von LASERVISION noch im Lauf des Jahres 2015 dokumentieren jeglichen AFP-Prozess der Außenschicht und Tragflächenholme eines neuen US-Großraumflugzeugs. Stolz kommentiert Scott Blake: „Erstmals wird eine vollständige Aufzeichnung von jedem einzelnen Stück Verbundmaterial einer großen Flugzeugstruktur automatisch erstellt. LASERVISION beweist sich damit auch in einer Anwendung, in der die automatische Erkennung von Beschädigungen durch Fremdkörper/foreign object

debris (FOD) für die Außenschicht der Flügel und der strukturellen Verklebung erforderlich ist.“

Matt Zmijewski, Betriebsleiter bei Assembly Guidance freut sich sehr, „unsere neue Produktlinie von LASERVISION Projektoren auf der diesjährigen Composite Europe Messe in Stuttgart Deutschland gemeinsam mit unseren neuen europäischen Händler JETCAM Composite GmbH zu starten. Wir sehen uns am Stand Nummer 7/E38!“

Weitere Informationen:

**Stefan Dragitsch**,  
JETCAM Composite GmbH,  
Hohenschäftlarn,  
Telefon +49 (0) 81 78/99 99-010,  
E-Mail: info@jetcamcomposite.com,  
www.jetcamcomposite.com



## Messung der Faserorientierung in Faserverbundbauteilen mit AVS 3D-System

**Die Apodius Vision Systems (AVS) sind erste Wahl in der Produktion trockener Faserverbundbauteile und wurden bisher in der Automobilindustrie vor allem zur Maschineneinstellung und statistischen Prozesskontrolle eingesetzt. In den letzten Jahren wurde die AVS Familie bereits um das System AVS Custom ergänzt, sodass nun kundenindividuell zugeschnittene Lösungen für die Produktionsintegration, die direkte Maschinenintegration, den Umgang mit neuartigen Materialien sowie kundenspezifische Fehlererkennungsaufgaben zum Angebot des Unternehmens gehören.**

Dieses Jahr präsentiert Apodius sein neues AVS 3D-System und bringt damit das Standard AVS in die dritte Dimension. Kombiniert mit einem Roboter oder einem anderen globalen Referenzsystem können komplette Faserstrukturen digitalisiert werden. Die Stärke der von Apodius entwickelten Messtechniklösungen ist der modellbasierte Ansatz, der die AVS-Messsysteme mit der für den Einsatz in der Produktion benötigten Robustheit ausstattet und daher nicht auf Labor- oder spezielle Umgebungsbedingungen beschränkt ist. Das AVS 3D geht noch einen Schritt weiter: Ein Laserlichtschnittsensor wurde integriert und über ein maßgeschneidertes Modell zur Sensordatenfusion mit dem AVS kombiniert.

Die Digitalisierung von Faserstrukturen mittels optischer Messsysteme ist vor allem bei Carbonfasern auf Grund anspruchsvoller optischer Merkmale eine große Herausforderung. Spezielle Beleuchtungsaufbauten werden benötigt, um die besonderen Reflexionseigenschaften verarbeiten zu können. Während in Faserrichtung spiegelnde Reflexionen auftreten, können senkrecht dazu diffuse Reflexionen beobachtet werden. Insgesamt führen diese Fasergewebe- und Textilstrukturen dazu, dass heutige 3D-Digitalisierungssysteme ohne bauteilerstörende Oberflächenvorbereitungen versagen oder nur sehr ungenau arbeiten.

Für den Umgang mit komplexen Faserstrukturen verwendet AVS 3D eine bereits vom AVS Standardsystem bekannte spezielle diffuse Beleuchtung. Entscheidend ist aber die Auswahl der richtigen Kombination von Textur- und Geometriemessungen. Um die 3D-Digitalisierung zu ermöglichen, wurde das AVS mit einem Laserlichtschnittsensor kombiniert. Weil an die Verarbeitung der von verschiedenen Sensoren bereitgestellten Messdaten zu Textur, Faserorientierung und Geometrie hohe Anforderungen gestellt werden, wurde zusätzlich ein Modell zur Datenfusion implementiert. Wenn nun Informa-

tionen des Faserverlaufs generiert werden, gewährleistet eine neue Aufnahmetechnik eine erfolgreiche Modellierung. Bei der neuartigen Technik der beschriebenen Sensordatenfusion spielt der Laserlichtschnittsensor eine untergeordnete Rolle.

Die roboterbasierte AVS 3D-Lösung besteht aus Standardkomponenten und ermöglicht Apodius-Kunden bereits ein vollautomatisches Scannen ihrer Bauteile. Die geforderten Haupteigenschaften sind die dreidimensionale Geometrie und die lokalen Faserorientierungen der Bauteile. Die Ergebnisse werden direkt zurück in die Simulation und das Leichtbaudesign des Kunden gebracht, sodass Fasermaterial eingespart wird. Ein globales Referenzsystem wie z. B. ein Roboter mit präziser Positions- und Ausrichtungsgenauigkeit ist nötig, um lokale Geometrie- und Faserorientierungsmessungen zu kombinieren und komplette Bauteile oder Baugruppen zu digitalisieren.

Um den Sensor vom exzellenten AVS Standardsystem für 2D-Orientierungsmessungen in die dritte Dimension zu bringen, wurden Softwaremodule für die Digitalisierung und die Hand-Auge-Kalibrierung entwickelt. Speziell die Kalibrierung des Systems ist sehr anspruchsvoll. Untersuchungen gemäß GUM (ISO/IEC Guide 98-3:2008: Messunsicherheit) zeigen außerordentliche Ergebnisse. So können Messungen in der Ebene mit einer Genauigkeit von bis zu  $\pm 0,1^\circ$  gewährleistet werden. Abweichungen bei den Geometriemessungen liegen bei  $\pm 0,1$  mm.

Bisher sind die ersten, mit verschiedenen Materialien durchgeführten Studien sehr vielversprechend. Sie führen zu dem Schluss, dass 3D-Faserorientierungen für komplexe textile Strukturen mit einer Unsicherheit von  $\pm 0,3^\circ$  messbar sind.

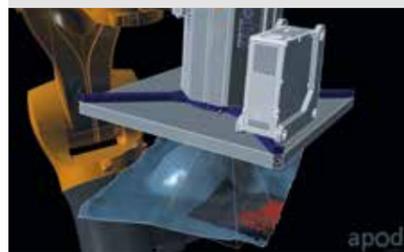
Seit Beginn der AVS Produktserie konzentriert Apodius seine Forschung und Entwicklung darauf, den Anforderungen der Automobilbranche mit Faserorientierungstoleranzen in Strukturverbundbauteilen von  $\pm 3^\circ$  bis  $\pm 5^\circ$



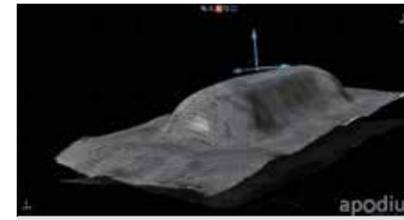
Hauptmerkmale des AVS 3D: Geometrieerfassung mittels Laserlichtschnitt-Sensor (l.); Oberflächenerfassung und Faserorientierungsmessung (r.)



Die AVS-Software bietet gleichzeitige Echtzeit-Virtualisierung des Messvorgangs und den Soll-Ist-Vergleich der aufgenommenen und angezeigten Ist-Geometrie mit den hinterlegten CAD-Daten.



Die erfasste Bauteiloberfläche wird mit den Texturinformationen überlagert. Lokale Faserorientierung werden berechnet, mit Vorgabewerten verglichen und die Ergebnisse angezeigt. Bereiche, in denen Abweichungen die hinterlegten Toleranzen überschreiten, werden farblich markiert.



Die Messergebnisse werden in einem exportierbaren 3D-CAD-Modell einschließlich Oberflächentopografie, Textur und lokaler Faserorientierung bereitgestellt.

gerecht zu werden. Die „Goldene Regel“ der Messtechnik besagt als Faustregel, dass die Messgenauigkeit ein Zehntel, im Maximalfall ein Fünftel der Toleranz nicht überschreiten sollte.

Neben seiner hohen Genauigkeit zeichnet sich das AVS 3D besonders durch sei-

ne Flexibilität aus. Bereits in der Entwicklungsphase arbeitete das AVS 3D zuverlässig und ohne Genauigkeitsverlust bei verschiedenen Materialien und in unterschiedlichen Anwendungen. Der Mehrwert, generiert aus den Messungen, ist entscheidend für die Kostenreduktion in Produktentwicklung und Produktion. Die valide verfügbaren Simulationsergebnisse können in ein konsistentes Leichtbaudesign rückgeführt werden. Denn noch immer gibt es in der Produktion textiler Faserstrukturen viele manuelle Handlungsabläufe ohne die Möglichkeit, Fehler nachzuweisen oder rückzuverfolgen.

Die Kunden von Apodius haben bereits festgestellt, dass die aus den Messungen generierten Erkenntnisse ihre hochqualitativen Bauteile noch wertvoller machen können. Neben reduzierten Zykluszeiten wird eine re-

produzierbare Produktqualität erreicht und dadurch Ausschuss- und Nacharbeitsraten gesenkt. Mit dem AVS und jetzt dem AVS 3D können stabile Prozesse erreicht werden. Die bisher notwendige Überdimensionierung von Komponenten entfällt und zusätzlich wird die Produktion durch Material- und Zeiterparnisse unmittelbar effizienter.

Weitere Informationen:

**Alexander Leutner**,  
Geschäftsführung,  
Apodius GmbH,  
Aachen,  
Telefon +49 (0) 241/56 52 06 09-0,  
E-Mail: info@apodius.de,  
www.apodius.de

## REKOMP

### Demontage von großvolumigen Faserverbundbauteilen

**Zur Entwicklung einer ökonomischen und ökologischen Recyclinglösung für Bauteile aus faserverstärkten Kunststoffen muss die gesamte Recyclingkette von der Demontage über die Aufbereitung bis hin zur Bereitstellung von verarbeitungsfähigen Sekundärrohstoffen betrachtet werden. Besonders bei großformatigen Bauteilen wie Rotorblättern gestalten sich diese Schritte jedoch schwierig.**

Im Rahmen des ForCycle Projekts „Recycling von Kompositbauteilen aus Kunststoffen als Matrixmaterial – ReKomp“ wird die energetische Demontage von Rotorblättern und damit die Bereitstellung der unterschiedlichen Fraktionen untersucht.

Die aktuell zur Entsorgung anfallenden Rotorblätter bestehen aus einem glasfaserverstärkten Kunststoff in Sandwichbauweise mit Kunststoffschaum oder Balsaholz als Füllstoff. In den neueren Rotorblattgenerationen sind vereinzelt und je nach Hersteller auch carbonfaserverstärkte Kunststoffe in den besonders belasteten Bereichen verbaut.

Bei der bislang eingesetzten Technologie zur Grobzerkleinerung von Rotorblättern (Abb. 1) wird das Material an der Windkraftanlage mit diamantbesetzten Seilsägen durch Querschnitte in unterschiedlich große Stücke zerkleinert. Der neue Lösungsansatz im Projekt ReKomp basiert auf der Trennung in die unterschiedlichen Materialfraktionen mittels energetischer Demontage.

Bei der energetischen Demontage wird, ähnlich wie im Abbruchbereich, das Material mittels Explosivstoffen an der vorher definierten Demontagelinie getrennt. Am Fraunhofer

ICT finden dazu Versuche mit Rotorblattmaterial statt. Ziel ist eine exakte Abstimmung von Menge und Art des Explosivstoffes auf dem faserverstärkten Kunststoffmaterial. Dazu wurden bislang noch keine Untersuchungen durchgeführt. Wie in Abb. 2 zu erkennen, wird die Sprengladung direkt auf dem Bauteil appliziert und anschließend im Bunker gezündet.

Mit der energetischen Demontage können so die einzelnen Fraktionen genau an den Materialgrenzen getrennt werden. Im zweiten Teil des Projektes werden die Möglichkeiten zur materialspezifischen Aufbereitung der einzelnen Fraktionen untersucht.

Das Projekt wird finanziert durch das Bayerische Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz im Rahmen des Projektverbunds ForCycle (www.forcycle.de).

Weitere Informationen:

**Prof. Dr. Ulrich Teipel**,  
Technische Hochschule Nürnberg,  
Fakultät Verfahrenstechnik,  
Telefon +49 (0) 911/5880-14 71,  
E-Mail: ulrich.teipel@th-nuernberg.de,  
www.th-nuernberg.de

**Dipl.-Ing. Elisa Seiler**,  
Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie (ICT), Pfinztal,  
Telefon +49 (0) 721/46 40-354,  
E-Mail: elisa.seiler@ict.fraunhofer.de,  
www.ict.fraunhofer.de



Abb. 1: Rotorblatt beim Rückbau einer Windkraftanlage



Abb. 2: Rotorblattbauteil mit applizierter Sprengschnur vor (l.) und nach (r.) der Zündung



## ANLAGE FÜR ZIVILE RAUMFAHRT

EHA Composite Machinery mit weltweit gefragter Herstellerkompetenz im Maschinenbau

**Der Steffenberger Sondermaschinenbauer EHA Composite Machinery liefert diesen Sommer eine Composite-Anlage zur Herstellung von Bauteilen für zivile Raumfahrzeuge an einen Kunden in Russland. Es ist eine der größten Maschinen, die das Roth Industries-Tochterunternehmen bislang konstruiert, gebaut und in Betrieb genommen hat.**

Die Maschine stellt Leichtbaukomponenten für bemannte und unbemannte Raumfahrzeuge her, beispielsweise die Außenhüllen aus Kohlenfaser-Verbundwerkstoffen. Klaus Ritter, Verkaufsleiter bei EHA Composite Machinery, erläutert die Herausforderung bei dieser Anlage: „Das Besondere war die zu produzierende Bauteilgröße mit außergewöhnlichen Abmessungen von 2,5 m Durchmesser und 10 m Länge. Diese Teile sollen als geschlossene Strukturen aus Kohlenfasern in einem Arbeitsgang hergestellt werden.“

Bei einer Heizleistung von 200 Kilowatt wird das zu verarbeitende Material aus kunstharzgetränktem Kohlenfasergewebe (sogenanntes Prepreg) mit einer 12 m langen Heizwalze erwärmt. Solche Kohlenfaser-Verbundwerkstoffe zählen zu den festesten und leichtesten Materialien, die es gibt. Daher verwendet man diese insbesondere in tragenden Strukturen für mobile Anwendungen. Die fertiggestellte Maschine gewährleistet eine Tragfähigkeit von bis zu 30 t für Werkzeug und Produkt.

Die von EHA Composite Machinery entwickelte Anlage wird in dem von der EU-Kommission geförderten Forschungsprojekt ‚Polarbear‘ eingesetzt, das das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt in Köln koordiniert. Im Rahmen von ‚Polarbear‘ (production and analysis evolution for lattice related barrel elements under operations with advanced robustness) werden Produktionsverfahren zur Herstellung von Faserverbundstrukturen für die zivile Raumfahrt erforscht. Abnehmer der Maschine ist CRISM (Central Research Institute for Special Machine Building) im russischen Khotkovo.

Die beteiligten europäischen Unternehmen und Institutionen profitieren durch ihre Beteiligung nicht zuletzt mit dem Aufbau ihres eigenen Know-hows und fördern ihre Innovationskraft. So auch EHA Composite Machinery in Steffenberg.

Weitere Informationen:

**Klaus Ritter,**  
EHA Composite Machinery GmbH,  
Steffenberg,  
Telefon +49 (0) 64 64/91 50-0  
E-Mail: sales@ehacomma.com  
www.ehacomma.com



EHA Composite Machinery konstruierte eine Composite-Anlage zur Herstellung von Bauteilen für zivile Raumfahrzeuge.

## OBERFLÄCHENVERSIEGLER

Hohe Prozesssicherheit und Qualität im Modell- und Formenbau von Münch Chemie

**Das Unternehmen Münch Chemie International GmbH, Weinheim, stellt während der Composites Europe 2015 in Stuttgart seine neueste Produktentwicklung im Bereich Composites – Mikon® 399 MC – vor. Dieser neuartige Versiegler für poröse Blockmaterialien gewährleistet bei einfacher Handhabung und niedrigem Verbrauch hohe Prozesssicherheit und Qualität in Verbindung mit immenser Kosteneinsparung.**

Bereits nach zweimaligem Auftrag des Versieglers Mikon® 399 MC mittels Spritzpistolenbedüsung oder Tuch/Pinsel erhält man eine sehr homogene Hochglanzoberfläche. Die Versiegelung besticht durch ihre einfache Handhabung, es ist keinerlei Vor- oder Nachbereitung erforderlich. Außerdem gewährleistet der neue Versiegler in Kombination mit dem Formtrennmittel Mikon® W-64+ eine hohe Prozesssicherheit und Qualität der Teile hinsichtlich Oberflächen-güte und Passgenauigkeit.

Das universell einsetzbare semipermanente Trennmittel Mikon® W-64+ auf Wasserbasis zeichnet sich durch seine einfache Verarbei-

tung, seine extrem lange Standzeit und seine starke Gleitwirkung aus. Interessenten erfahren mehr über den Versiegler Mikon® 399 MC und das Trennmittel Mikon® W-64+ sowie über die gesamte Produktpalette für die Composites-Industrie von Münch Chemie auf der Composites Europe 2015 vom 22. bis 24. September 2015 in Messe Stuttgart (Halle 3, Stand E12).

Seit über 60 Jahren steht Münch Chemie International GmbH für die Spezialisierung und ein breites Know-how im Bereich Trennmittel- und Hilfsstofflösungen für eine Vielzahl von industriellen Anwendungen. Ge-gründet im Jahre 1948 hat das Unternehmen

seinen Sitz in Weinheim, Deutschland. Eine kontinuierliche Anpassung unseres Produktportfolios an die stetig steigenden Marktanforderungen ist ein Teil unserer Unternehmensphilosophie mit dem Ziel der höchsten Kundenzufriedenheit.

Weitere Informationen:

**Jörg-Henry Ehlers,**  
Münch Chemie International GmbH,  
Weinheim,  
Telefon +49 (0) 62 01/99 83-35,  
E-Mail: jehlers@muench-chemie.com,  
www.muench-chemie.com

connova

Luft- und Raumfahrt  
Industrie + Automatisierung  
Medizinaltechnik  
Automobil/Racing

Connova Composites –  
der Stoff, aus dem Fahrerträume sind.



Hitzeschutz für Porsche 918 Spyder  
- Temperaturtoleranz bis 750°C  
- Extrem belastungsresistent  
- Gewichtseinsparung: 40%

www.connova.com

Entwicklung, Optimierung, Serienfertigung

# FORSCHUNG MIT HYBRIDSYSTEMEN

## Optimierender Leichtbau mit Metall-Faserverbundkunststoff-Hybridstrukturen an der Universität Paderborn

Leichtbau ist aktuell in fast allen technischen Bereichen ein sehr intensiv bearbeitetes Technologiefeld mit dem Ziel, bei mindestens gleichbleibenden Eigenschaftsprofilen Ressourcen einzusparen und Emissionen zu senken. Für die Realisierung des Leichtbaus existieren verschiedene Ansätze, wie z.B. die Kombination von höchstfesten metallischen Werkstoffen und Faserverbundkunststoffen.

Eine Möglichkeit für einen ganzheitlichen optimierenden Leichtbau-Ansatz wird am Institut für Leichtbau mit Hybridsystemen (ILH) an der Universität Paderborn verfolgt: Hier werden verschiedene Hochleistungswerkstoffe wie z. B. ultrahochfeste Stahlwerkstoffe und Kohlenstofffaserverbundkunststoffe zu Hybridverbunden kombiniert (Abb. 1). Dabei werden alle Aspekte des Entwicklungsprozesses betrachtet.

Dieses Institut wurde im Herbst 2012 als ein zentraler Baustein im Profildbereich „Leichtbau mit Hybridsystemen“ der Universität Paderborn eingerichtet, um Grundlagen für einen ressourcenschonenden, effizienten Leichtbau zu schaffen. Dabei erfordert die Hybridbauweise eine ganzheitliche Herangehensweise, bei der die Fertigungstechnologien der verschiedenen Werkstoffe zu verketteten Prozessen zusammengeführt werden. Basierend auf den vier Forschungsfeldern Methodik, Werkstoffe & Grenzflächen, Produktionstechnik und Simulationstechnik als Schwerpunkte des Produktlebenszyklus von Hybridsystemen wird kooperativ über Lehrstühle und Fakultäten hinweg geforscht (Abb. 2).

Das vom Land Nordrhein-Westfalen geförderte Fortschrittskolleg „Leicht – Effizient – Mobil“ (FK LEM) wird unter der Leitung des ILH seit August 2014 geführt. Dabei liegt der auch im ILH verfolgte innovative Ansatz zur Erforschung hybrider Werkstoffsysteme zugrunde, bei dem ein kombinierter inter- und transdisziplinärer Forschungsansatz gelebt wird (Abb. 3). Im FK LEM werden innerhalb dieses bislang einzigartigen Ansatzes auf der einen Seite gezielt die relevanten Expertisen von Wissenschaftlern unterschiedlicher Fachrichtungen genutzt sowie auf der anderen Seite gesellschaftlich relevante Herausforderungen in den Mittelpunkt gerückt. Das soll eine neue visionäre Denkschule im Bereich Leichtbau ermöglichen und etablieren. Bis zu 20 Kollegiaten und Kollegiatinnen aus den Fächern Maschinenbau, Chemie, Physik und Soziologie forschen im Rahmen ihrer Promotionsprojekte gemeinschaftlich zu diversen Fragen (Abb. 4).

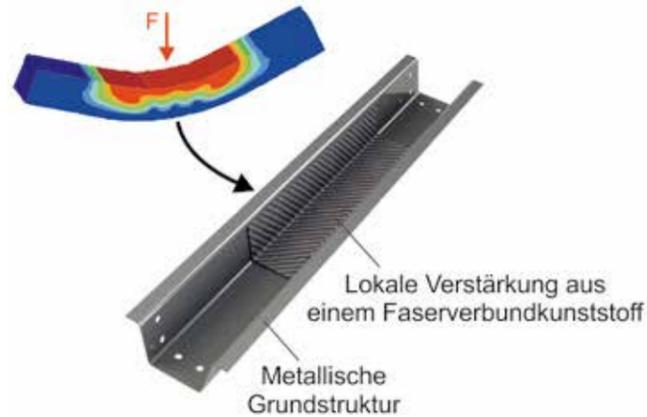


Abb. 1: Beispiel für eine Metall-Faserverbundkunststoff-Hybridstruktur



Abb. 2: Forschungsschwerpunkte am Institut für Leichtbau mit Hybridsystemen

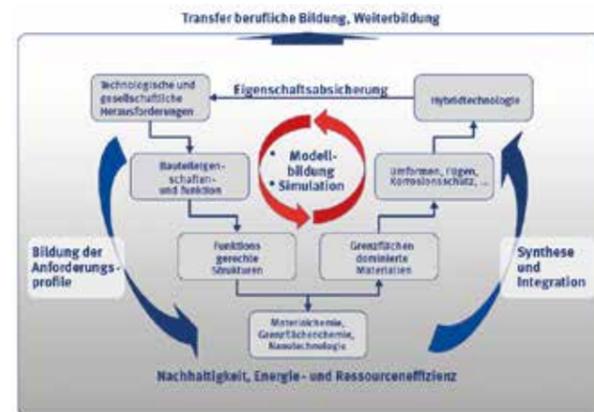


Abb. 3: V-Modell der Hybridentwicklung des NRW Fortschrittskollegs „Leicht – Effizient – Mobil“



Abb. 4: Kollegiaten bei der Herstellung einer Hybridstruktur mittels eines angepassten Resin Transfer Moulding Prozesses (Foto: Jan Olaf Scholz)

Weitere Informationen:  
**Dr.-Ing. Christian Lauter**,  
 Koordinator des NRW Fortschrittskollegs „Leicht – Effizient – Mobil“ (FK LEM),  
 Telefon +49 (0) 52 51/60-53 37,  
 E-Mail: christian.lauter@uni-paderborn.de,  
 pace.uni-paderborn.de  
**Dr. rer. nat. Silvia Dohmeier-Fischer**,  
 Geschäftsführerin des Instituts für Leichtbau mit Hybridsystemen (ILH),  
 Telefon +49 (0) 52 51/60-39 37,  
 E-Mail: dohmeier@mail.uni-paderborn.de,  
 ilh.uni-paderborn.de

## AUTOMATISIERTE HERSTELLUNG VON CFK-FELDHOCKEYSCHLÄGERN

### Produktionsverfahren von Munich Composites erlaubt Fertigung in Deutschland

Die Firma Munich Composites fertigt automatisiert Feldhockey Schläger aus CFK in Serie an ihrem Standort in Ottobrunn bei München mit Hilfe der Flechttechnik.



Hockeyschläger, hergestellt mit der Flechttechnologie von Munich Composites

Mehrere Herausforderung mussten bei der Konzeption gemeistert werden. Eine lag in der Herstellung eines Hohlbauteils mit einer sehr starken Krümmung im Bereich des Schlägerkopfs, eine andere in der Auslegung des Bauteils auf alle möglichen Impact-Fälle, z.B. wenn Schläger gegeneinander geschlagen oder Bälle mit dem Griff gespielt werden. Daneben ist bei einem solchen Bauteil auch die Dämpfung wichtig, um ungewollte Schwingungen zu vermeiden. Munich Composites erarbeitete einen Materialmix aus Carbon, Aramid und Naturfasern, um für den Kunden ein hervorragendes Produkt herzustellen. Diese Materialien werden direkt im Produktionsprozess eingebracht. Bisher wurden fast alle CFK-Feldhockeyschläger aufgrund der niedrigen Produktionskosten in Asien, vor allem Pakistan, mit Hilfe von Prepreg hergestellt. Mit der Pro-

duktionstechnologie von Munich Composites, einer Weiterentwicklung des Flechtens, können solche Schläger nun auch in Ländern mit hohen Löhnen wie Deutschland hergestellt werden. Der Vorteil dieses Prozesses ist, dass die Bauteile weitestgehend automatisiert hergestellt werden können. Roboter ziehen dabei den Flechtkern durch die Flechtmaschine und die Injektion wird im Anschluss ebenso vollautomatisch in RTM-Verfahren durchgeführt. Bei den Produktionskosten spielt der Firma auch in die Hände, dass der Verschnitt beim Flechten sehr viel geringer ist als beim Prepregverfahren.

Während bei anderen Verfahren bis zu 40 Prozent der teuren und energieintensiven Fasern als Verschnitt entsorgt werden müssen, kommt Munich Composites mit nur 5 Prozent aus. Damit ist die Tech-

nologie geeignet, nicht nur Klein-, sondern auch Mittel- und Großserien von komplexen Hohlbauteilen herzustellen. Das von Munich Composites entwickelte Verfahren wurde bereits mit verschiedenen Preisen wie dem JEC Award 2012 und 2015 sowie mit dem Innovationspreis Bayern 2014 ausgezeichnet. Auch in der Praxis hat sich das Verfahren bewährt. Aktuell fertigt Munich Composites verschiedene Bauteile in Serie für Kunden in unterschiedlichen Industrien.

Weitere Informationen:  
**Martin Stoppel**,  
 Munich Composites, München,  
 Telefon +49 (0) 89/89 05 55 00,  
 E-Mail: stoppel@munich-composites.de,  
 www.munich-composites.de

# LEICHTE WASSERSTOFFTANKS DER ZUKUNFT

KraussMaffei liefert Misch- und Dosieranlage RimStar Compact 8/4 HD-RTM an neues Rehau-Leichtbautechnikum

Mit einer RimStar Compact 8/4 HD-RTM setzt der Polymerexperte Rehau bei seinen Leichtbauforschungen auf Hochdruck Misch- und Dosieranlagen von KraussMaffei. Im neuen Leichtbautechnikum am Standort Viechtach werden spezielle Wasserstoffdrucktanks als hochsichere Speicher entwickelt – eine Voraussetzung für den Einsatz moderner Brennstoffzellentechnik in der Zukunft.

Misch- und Dosieranlagen der RimStar-Baureihe von KraussMaffei zeichnen sich vor allem durch ihre Flexibilität sowie durch eine hohe Produktqualität bei niedrigen Ausschussraten aus. Ihre Vorteile spielen sie zum Beispiel in Verbindung mit dem HD-RTM-Verfahren aus (Hoch-Druck-Resin-Transfer-Moulding). „Die Hochdruckinjektion der RimStar-Baureihe erlaubt es, schnell reagierende Harzsysteme zu verarbeiten. Das ermöglicht ein schnelles Füllen der Form für faserverstärkte Bauteile zugunsten kurzer Zykluszeit“, erklärt Steffen Bauer, Leiter Vertrieb Deutschland Reaktionstechnik bei KraussMaffei.

Am Standort Viechtach nutzt Rehau das Verfahren zur Erforschung neuer Wege für die Entwicklung dickwandiger Hohlbauteile in Leichtbauweise, wie zum Beispiel Wasserstoffdrucktanks für den Fahrzeugbau. Ziel ist es, eine großserientaugliche Prozessführung bei derartigen Bauteilen zu erreichen. Die Zusammenarbeit mit KraussMaffei begann bereits in der Phase der Prototypenentwicklung. So fanden die ersten Bauteilversuche hinsichtlich des Werkzeugkonzeptes und der HD-RTM-Technik im Leichtbautechnikum bei KraussMaffei statt. Die dort gewonnenen Ergebnisse flossen in die weitere Entwicklung mit ein und bildeten die Basis für die Auslegung der HD-RTM-Anlage für das neue Leichtbautechnikum von Rehau.

Ausgestattet ist die RimStar-Compact 8/4 HD-RTM bei Rehau mit einem Mischkopf MK 10P-2KV-HM. Er sorgt für eine optimale Vermischung von Harz und Härter und arbeitet nach dem selbstreinigenden Prinzip. Eine Trennmitteldosierung am Mischkopf inklusive dazugehöriger Trennmittelstation rundet das effiziente Mischkopf-System ab. Mit den RimStar HD-RTM-Dosiermaschinen können Systeme mit hohen Anforderungen an die Verarbeitungstemperatur optimal dosiert werden. Dabei sorgt die Hochdrucktechnik für eine intensive Vermischung der Komponenten im Mischkopf. Am Produktionsstandort Viechtach soll die eigens von Rehau entwickelte Technologie zur Herstellung von Wasserstoffdrucktanks nun vom Labor- auf den Ferti-



Kurze Zykluszeiten: Die Hochdruckinjektion mit der RimStar-Baureihe erlaubt es, schnell reagierende Harzsysteme zu verarbeiten. Damit ist ein schnelles Füllen der Form für faserverstärkte Bauteile bei kurzen Zykluszeiten möglich

gungsmaßstab übertragen werden. Dafür investierte das Unternehmen innerhalb des Werks gut 3,4 Millionen Euro in eine spezielle Anlagentechnik. „Für uns ist diese Entscheidung ein bedeutender Schritt in die Zukunft – um neue Technologien weiter voranzutreiben und zugleich einen wichtigen Beitrag zur Standortsicherung zu leisten“, sagt Martin Wippermann, Mitglied der Rehau Automotive Geschäftsleitung. „Unsere Kunden verlangen, dass wir mit neuen Ideen und effizienten Lösungen vorausgehen, dass wir sie dabei unterstützen, die Mobilität zukunftsfähig zu gestalten, dass wir umweltfreundliche, ressourcenschonende Systeme entwickeln und zur marktfähigen Serienreife bringen.“

Weitere Informationen:

**Petra Rehmet**,  
Pressesprecherin Marke KraussMaffei,  
München,  
Telefon +49 (0) 89/88 99 23 34,  
E-Mail: [petra.rehmet@kraussmaffei.com](mailto:petra.rehmet@kraussmaffei.com),  
[www.kraussmaffei.com](http://www.kraussmaffei.com)



Treiben gemeinsam das Thema Leichtbau voran: Martin Wippermann, Mitglied der Automotive Geschäftsleitung (l.), Dr. Veit Wagner, Vizepräsident der Rehau Gruppe (M.), und Stefan Tetek, Werkleiter Viechtach 11 (r.), bei der Eröffnung des neuen Leichtbautechnikums bei Rehau

# NEUE MASSSTÄBE

Broetje-Automation stellt vor: BA Composites GmbH

Mit der Gründung der BA Composites im Jahr 2014 setzt Broetje-Automation neue Maßstäbe für die Entwicklung hochwertiger Faserverbundbauteile. Anlagen für das automatisierte Fiber Placement und das Tape Legen für Faserverbundbauteile werden in der BA Composites mit neuesten technologischen Erkenntnissen ergänzt und eröffnen damit neue Märkte in der Automobil- und Flugzeugindustrie.

**BROETJE**  
AUTOMATION

Broetje-Automation ist der weltweit führende Experte für Produktionsprozesse der Luft- und Raumfahrtindustrie. Mit einem Team von rund 750 Mitarbeitenden an Standorten in Deutschland, Frankreich, UK, USA und China plant und realisiert das Unternehmen hoch effiziente Lösungen für die Flugzeugmontage.

Broetje-Automation baut mit der BA Composites seine Technologiebasis aus und reagiert frühzeitig auf die Entwicklungen und steigenden Anforderungen des Marktes. Durch die Kombination hochwertiger Technologien und die ständige Weiterentwicklung sichert das Unternehmen seine weltweit führende Position auch für die zukünftigen Jahre.

Mit seiner Produktlinie STAXX komplettiert das Unternehmen seine Kompetenzen entlang der Prozesskette für Hochleistungsfaserverbundkunststoffe. Die nahezu verschnittfreie Ablage von Fasern im Fiber Placement-Verfahren wird ergänzt durch Handhabungs- und Drapiermethoden. Verbunden mit seinem Know-how zur Automatisierung kann BA Composites hiermit ganzheitliche Lösungen höchster Produktivität anbieten, wie sie heute auch in der Automobilindustrie zunehmend an Bedeutung gewinnen.

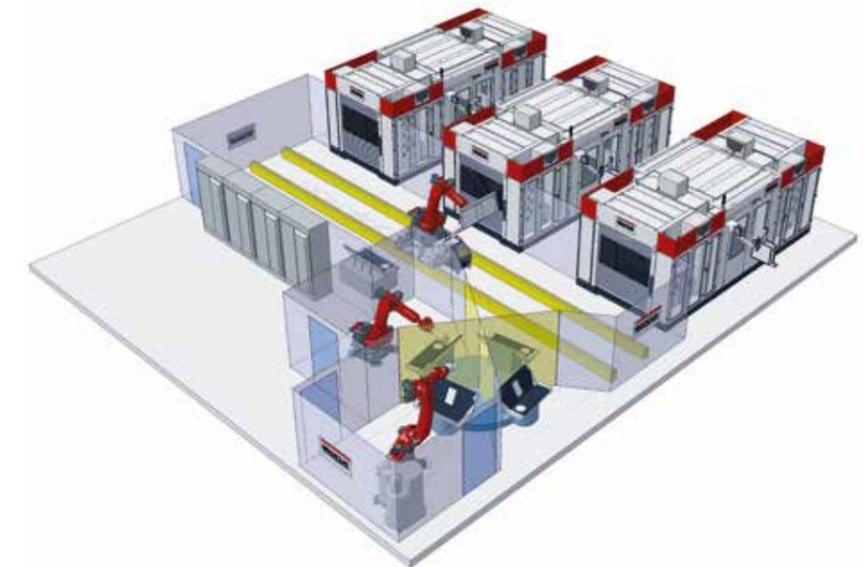
Die Technologien der BA Composites zeichnen sich im Betrieb dadurch aus, dass sie besonders ressourcenschonend und kosteneffizient sind. Durch einen engen Kontakt zu seinen Kunden ist die BA Composites in der Lage, maßgeschneiderte Lösungen auf der Basis weltweit erprobter Standards für neue Produktionsprozesse gewinnbringend umzusetzen.

Dabei leitet das Unternehmen

- persönliche, vertrauensvolle Zusammenarbeit
- Leistungsorientierung als Ausdruck der Kundenbeziehung
- Innovationsfreudigkeit auf der Suche nach optimalen Lösungen
- stetiges Lernen zur Prozess- und Leistungsoptimierung
- weltweite Erfahrung

Das Leistungsportfolio der BA Composite umfasst das gesamte für Carbonfaserverstärkte Bauteile relevante Prozess-, Fertigungs- und Automatisierungs-Know-how. So entwickelt die BA Composites nachhaltig effiziente, schlüsselfertige Produktionslösungen.

Weitere Informationen:  
**Matthias Meyer**,  
BA Composites GmbH,  
Grenzach-Whylen,  
Telefon +49 (0) 76 24/31 12,  
E-Mail:  
[matthias.meyer@broetje-automation.de](mailto:matthias.meyer@broetje-automation.de),  
[www.broetje-automation.de](http://www.broetje-automation.de)



STAXX Compact in einem flexiblen Produktionssystem



STAXX Compact 1700

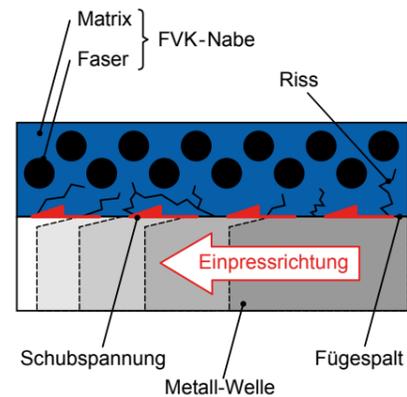
## Innovatives faserverbundgerechtes Verbindungselement

Ein Studierender der Fakultät Maschinenbau und Verfahrenstechnik der Hochschule Augsburg erfand ein Verbindungselement, das alle drei Schlussarten kombiniert und dabei die Krafteinleitung in die Fügefläche des faserverstärkten Fügepartners werkstoffgerecht gestaltet.

Das zum Patent angemeldete Verbindungselement zeichnet sich beim Fügen von faserverstärktem Kunststoff (FVK) und Metall durch folgende Vorteile aus:

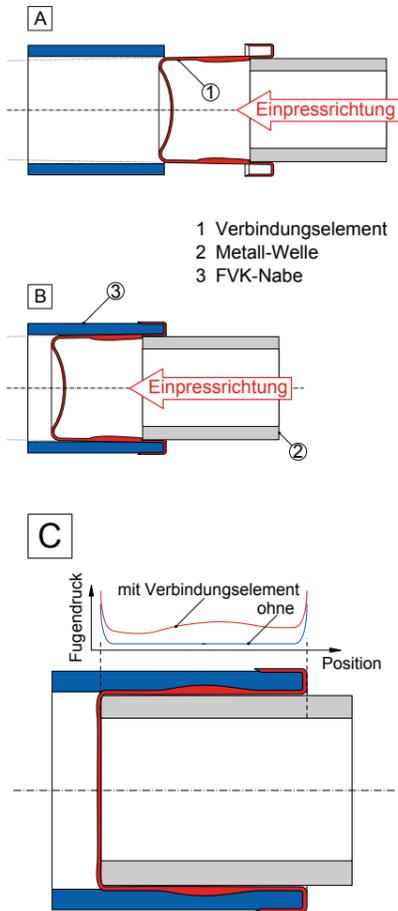
- faserverbundgerechte Krafteinleitung
- Kombination von Kraft-, Form- und Stoffschluss
- werkstofflich verschiedene Fügepartner ermöglichen effiziente und effektive Leichtbauweise
- Standardisierung des Verbindungselements in großen Stückzahlen und geometrischen Reihen oder Baukastenprinzip gleichermaßen möglich

Zylindrische Längspressverbände werden mit einem Übermaß zwischen den Fugedurchmessern gefügt. Die der Metall-Welle zugewandten Schicht der FVK-Nabe wird mesoskopisch betrachtet vom Matrixmaterial gebildet. Während des Einpressvorganges der Metall-Welle in die FVK-Nabe wird diese Schicht hauptsächlich durch Schubspannung beansprucht. Soll möglichst viel Drehmoment übertragen werden, ist das Übermaß ebenfalls groß zu wählen. Bei zu hoch gewähltem Übermaß wird die ertragbare Schubspannung der Matrix überschritten, woraufhin diese versagt, sich Risse bilden und eine Krafteinleitung unmöglich wird.



Schädigungsmechanismus beim Einpressen einer metallischen Welle in eine FVK-Nabe

Genau hier setzen das innovative Verbindungselement und der dazugehörige mehrstufige Einpressvorgang an.



Stufenweiser Einpressvorgang

**A** Das Verbindungselement (1) wird auf die Metall-Welle (2) aufgesetzt und steht an einem ringförmigen Bund des Elements an. Auf die konische Mantelfläche kann Klebstoff zur Erzielung einer Gleitwirkung während des folgenden Schrittes appliziert werden. Die Konizität hat hierbei den Vorteil, dass der Klebstoff in den Fügepalt vordringen kann, anstatt wie bei einem gewöhnlichen Längspressverband stirnseitig an der FVK-Nabe (3) abgestreift wird.

**B** Das Verbindungselement wird nun in die FVK-Nabe eingepresst. Der Vorteil ist, dass durch die konische Mantelfläche des Verbindungselements die Schubspannungen geringer sind.

**C** Nach einem weiteren Erhöhen der Einpresskraft wird der ringförmige Bund abgeschert und die Metall-Welle in das Verbindungselement eingepresst. Dies wandelt den bis hierhin wirkenden Kegelpressverband zwischen der FVK-Nabe und dem Verbindungselement zu einem Längs-Quer-Pressverband um. Dabei wird auch die zunächst nach innen gerichtete Wölbung der Innenwand des Verbindungselements nach außen umgeformt und erhöht den Fugendruck lokal zwischen allen Fügepartnern. Gegen Ende dieses Vorganges wird zusätzlich ein Stützring auf die Außenfläche der FVK-Nabe gepresst.

Das Verbindungselement kann lastfallgerecht geometrisch angepasst werden und aus einer Kombination von Werkstoffen bestehen. Damit ist es besonders vielfältig einstellbar. Aktuell ist der Erfinder auf der Suche nach CCEV-Mitgliedern, die am Verbindungselement sowie am Fügevorgang interessiert sind.

Weitere Informationen:

**Andreas Häusler, B. Eng.**  
Freier Erfinder,  
Studierender im Masterstudiengang,  
Hochschule Augsburg,  
E-Mail: kontakt@andreas-haeusler.de,  
www.andreas-haeusler.de

Award winning technology



**BROETJE**  
AUTOMATION



**WORLD NOVELTY**

Spezialist für Anlagen zur Herstellung von Composite-Bauteilen



Die BA Composites GmbH, ein Tochterunternehmen der Broetje-Automation, ist auf die Produktion von Anlagen zur Herstellung hochwertiger Faserverbundbauteile, sowohl durch Fiber Placement als auch Tape Legen spezialisiert.

### STAXX Compact 1700

Mit der Produktlinie STAXX platziert das Unternehmen eine neuartige Technologie am Markt, die dank mehrspurigem Fiber Placement und einer 4-Achsen-Ausrichtung höchste Flexibilität und maximale Materialeinsparungen bei der Herstellung von Composite Bauteilen ermöglicht.

**BA Composites GmbH** · Gewerbestraße 1 · 79639 Grenzach-Wyhlen  
Tel. +49 (7624) 3112 · Ansprechpartner: Dr. Matthias Meyer  
matthias.meyer@broetje-automation.de · www.broetje-automation.de

## Simulationskette von Composite-Bauteilen

Die mechanischen Eigenschaften von Faserverbundbauteilen werden stark durch die Fertigungsrandbedingungen der einzelnen Produktionsprozesse beeinflusst. Zudem müssen prozessinduzierte Verformungen bereits bei der Bauteil- und Werkzeugauslegung berücksichtigt werden. Diese unterschiedlichen Herausforderungen bei der Faserverbundentwicklung werden durch eine virtuelle Prozesskette adressiert.

Der zunehmende Einsatz von Hochleistungs-Faserverbundstrukturen erfordert die optimale Ausnutzung des Leichtbaupotenzials von Composite-Bauteilen. Hier bietet die Simulation ein effektives Werkzeug zur Prozessoptimierung.

Die Integration der einzelnen Simulationsschritte in eine Simulationsplattform (Abb.) ist motiviert von einer fertigungs- und lastpfadgerechten Bauteilentwicklung und erlaubt die maßgeschneiderte Kombination individueller Simulationsschritte. Am Lehrstuhl für Carbon Composites (TU München) wird an der Modellierung von verschiedenen Prozessschritten geforscht, welche in eine softwareübergreifende Simulationsplattform integriert werden. Dazu werden folgende Forschungsbereiche abgedeckt:

- Forming- und Füllprozesssimulation: Die Preformprozesse Flechten, Automated Fiber Placement und Drapieren sowie der Füllprozess werden simuliert. Ein Forschungsschwerpunkt ist die Neu- und Weiterentwicklung von Simulationsansätzen und Materialmodellen. Der Fokus liegt dabei neben Prozessentwicklung und -verständnis auf der Vorhersage des Einflusses der Fertigung auf die Materialeigenschaften des Bauteiles.
- Bei den Prozessschritten Konsolidierung und Aushärtung werden die finalen Eigenschaften des Materials festgelegt. Hier kommt es aufgrund von thermischen, mechanischen sowie den Harzfluss und Kompaktierung betreffenden Phänomenen zu Abweichungen von den Entwurfsvorgaben im Hinblick auf Form und Funktion. Im Forschungsbereich Simulation von Kompaktierung, Aushärtung und Konsolidierung wird an der Entwicklung von Modellierungs- und Simulationsansätzen zur Vorhersage des Bauteilverhaltens während Konsolidierung und Aushärtung gearbeitet. Zudem werden Porenentstehung, -transport und daraus resultierende Porositäten untersucht.
- Materialmodellierung und Strukturanalyse: Faserverbundwerkstoffe sowie mechanische und geklebte Anbindungen auf verschiedenen Längenskalen werden modelliert. Schwerpunkt der Materialmodellierung ist die Vorhersage des Konstitutivverhaltens von textilen Verbundwerkstoffen mittels Einheitszellen. Neue Methoden zur Messung und Vorhersage von Nichtlinearitäten wie Schädigung und Plastizität bei Verbundwerkstoff und Klebeverbindung werden entwickelt. Die Strukturanalyse fokussiert sich auf die Anwendung der Modelle auf makroskopische Aufgabenstellungen wie der Analyse von strukturellen Verbindungen und Komponenten.



Die Integration der einzelnen Simulationsschritte in eine Simulationsplattform ist motiviert von einer fertigungs- und lastpfadgerechten Bauteilentwicklung und erlaubt die maßgeschneiderte Kombination individueller Simulationsschritte

Weitere Informationen:

**Dr. techn. Roland Hinterhölzl,**  
Lehrstuhl für Carbon Composites (LCC),  
Technische Universität München (TUM),  
Garching bei München,  
Telefon +49 (0) 89/289-150 72,  
E-Mail: hinterhoelzl@lcc.mw.tum.de,  
www.lcc.mw.tum.de

## Formadaptiver CFK-Seitenaufprallträger im Hybrid-Matrix Design

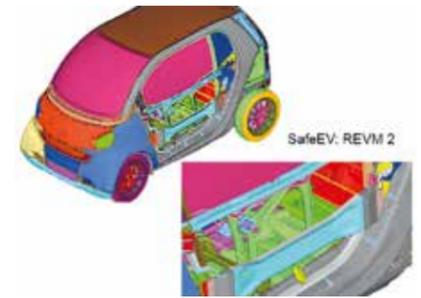
Neben den klassischen Stellhebeln wie Lagenanzahl, Lagenorientierung etc. für die anforderungsgerechte Bauteilauslegung bietet das Matrixmaterial durch sein umfangreiches Einflussprofil enormes Gestaltungspotenzial. Das Hybrid-Matrix-Design und die zugehörige Prozesstechnik erlauben die lokale Variation des Matrixmaterials in einem Bauteil und hierdurch die Realisierung von hocheffizienten CFK-Strukturen in Bezug auf Funktionalität, Kosten, Performance.

Heutige und besonders zukünftige Fahrzeugkonzepte für elektrisch angetriebene Klein- und Kleinstfahrzeuge steigern aufgrund ihrer geringen Fahrzeugmassen und fehlender Deformationszonen das Sicherheitsrisiko für Fahrzeuginsassen. Diese Fahrzeugklassen stellen neuartige Anforderungen an Sicherheitsstrukturen, die nur durch hochinnovative und leistungsfähige Crash-Strukturen gelöst werden können. Innenbedruckte formadaptive Crash-Strukturen bieten die Lösung, um auf diese Anforderungen optimal zu reagieren. Reduzierter Bauraumbedarf bei verbesserter Crash-Performance in Verbindung mit Gewichtsreduktion und die Möglichkeit, mittels Innendruck die Struktursteifigkeit lastfallgerecht anzupassen, können helfen, die Insassensicherheit besonders in diesen Fahrzeugkonzepten maßgeblich zu verbessern.

Im Rahmen des EU-Projekts MATISSE wird diese Idee erstmalig unter Verwendung von faserverstärkten Kunststoffen realisiert und die Leistungsfähigkeit dieser Technologie anhand von funktionsfähigen Demonstratoren aufgezeigt. Im Mittelpunkt der Neuerung steht ein formadaptiver Türaufprallträger aus CFK, der mit Hilfe von hochdynamischer Innenbedruckung seine Querschnittsgeometrie und hierdurch seine Steifigkeitseigenschaften ändern kann. Die Fähigkeit der definierten Geometrieänderung wird durch das Hybrid-Matrix-Design möglich, bei dem lokal elastomere und duroplastische Matrixwerkstoffe in den Faserverbund eingebracht werden (s. Abb. 1). Die Bauteilfertigung findet auf Basis von kompatiblen Matrixsystemen in einem Co-Infusionsprozess statt. An vordefinierten Übergangsbereichen vermischen sich simultan prozessierte Matrixsysteme und härten anschließend in einem Co-Curingprozess aus.

Die Ergebnisse der dynamischen Crashversuche in einem 3-Punkt-Biege-Versuch unter Realbedingungen verdeutlichen das Potenzial der dynamischen Innenbedruckung sowie der Formadaptivität des Seitenaufprallträgers (s. Abb. 2). Die Anfangssteifigkeit sowie die Maximalkraft werden signifikant erhöht und die maximale Durchbiegung im Vergleich zur unbedruckten Struktur deutlich verringert.

Weitere Informationen:  
**Dipl.-Ing. Jan Krollmann,**  
Lehrstuhl für Carbon Composites (LCC),  
Technische Universität München (TUM),  
Garching bei München,  
Telefon +49 (0) 89/289-150 85,  
E-Mail: krollmann@lcc.mw.tum.de,  
www.lcc.mw.tum.de,  
www.project-matisse.eu



TUMLCC-Potenzielle Einbausituation des Formadaptiven CFK Seitenaufprallträgers

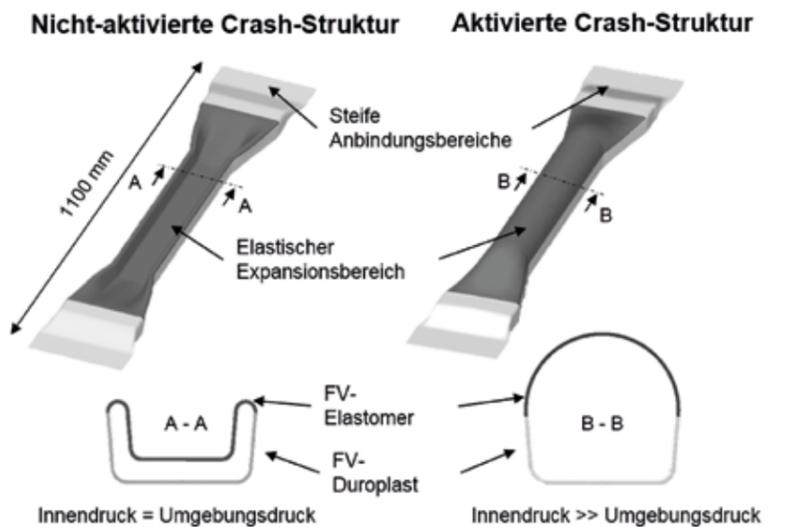


Abb. 1: Konzeptidee und Hybrid-Matrix-Design

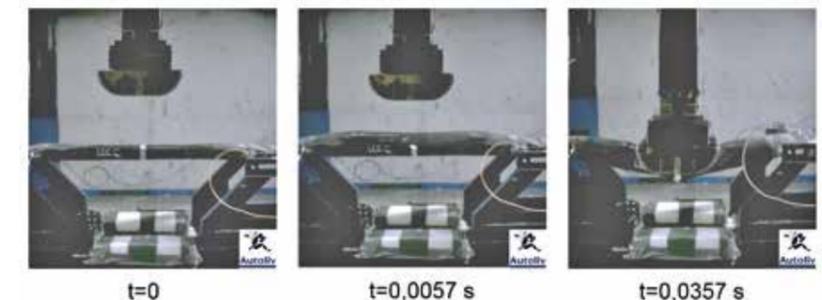


Abb. 2: Dynamischer Biegeversuch und Geometrieänderung infolge der Innenbedruckung

# INTEGRIERTE 100-PROZENT-KONTROLLE LÖST DIE VISUELLE PRÜFUNG AB

Inline-Prüfung von Carbonfaser-Gelegen bewährt sich bei der Fertigung von Karosserieteilen

**Inline-Messsysteme von Pixargus prüfen die Qualität der Kohlefaserlege an allen zwölf Produktionslinien im Werk Wackersdorf der SGL Automotive Carbon Fibers GmbH & Co. KG (SGL ACF). Die automatische Kontrolle ist so umfassend, dass keine visuelle Inspektion mehr stattfindet. Mit den Anlagen stellt SGL ACF sicher, dass alle Gelegerollen, die das Werk verlassen, die Spezifikation des Auftraggebers zu 100 Prozent erfüllen.**

Bei einer Gelegebahn-Breite von etwa 3,5 m und einer Produktionsgeschwindigkeit von bis zu 600 m/min ist eine zuverlässige und lückenlose visuelle Inspektion des Geleges durch den Menschen nicht realisierbar. Aus diesem Grunde nutzt SGL ACF in Wackersdorf bei der Produktion von bi- und multiaxialen Carbonfaserlegen die WebControl-Carbon Fiber Systeme von Pixargus. Aus dem Material werden die Karosserie- und Chassis-elemente für den BMW i3 und BMW i8 hergestellt. Diese Elektro- und Hybridfahrzeuge der neuesten Generation zeichnen sich durch ein bislang einzigartiges Leichtbaukonzept in den Serienfahrzeugen aus.

Die WCT Carbon Fiber Systeme von Pixargus prüfen hinter den Wirkeinheiten und den Bänderautomaten die Qualität der Kohlefaser-Gelege vom Pulverauftrag bis zum Aufwickeln der Rollen. Alle Messungen – mit Ausnahme derjenigen des Flächengewichtes – und die Inspektion erfolgen optisch. Eines der wichtigsten Elemente des Systems ist dabei das Web Control Tex CF System von Pixargus, das die Oberflächenstruktur des Bahnwarengeleges inspiziert.

Im Jahr 2012 hatte SGL ACF die erste Produktionslinie mit einem System von Pixargus ausgestattet, das die Qualität des Pulverauftrages, des Gewebes, des Ansintergrades und des Aufwickelns mit unterschiedlichen Sensoren prüft. Diese Lösung hat sich so gut bewährt, dass das System unverändert an allen anderen Produktionsanlagen im Wackersdorfer Werk zum Standard geworden ist: Es ist fester Bestandteil jeder neuen Anlage, zurzeit wird die zwölfte Anlage installiert.

Die Systeme haben die visuelle Inspektion sowie die stichprobenartigen Messungen am Ende der einzelnen Rollen abgelöst und gewährleisten so die 100-Prozent-Kontrolle jeder Rolle. Seit Dezember 2013 findet keine visuelle Inspektion mehr statt: Die Anlagen werden nur noch von jeweils einem Mitarbeiter überwacht. Das System entscheidet dabei eigenständig über die Freigabe jeder einzelnen Rolle, ohne dass ein Mensch eingreift. Die automatische Inspektion hat sich als so zuverlässig erwiesen, dass die Produktion nur gestartet wird, wenn das System von Pixargus eingeschaltet ist.



Auslauf einer Wirkanlage mit fünf von Pixargus ausgestatteten Messstationen.

Detektiert das System einen relevanten Fehler, wird die Produktion automatisch gestoppt, Ampeln zeigen die Art des Fehlers an. Darüber hinaus kann der Bediener beliebige Fehlerbilder am Bildschirm ansehen. Bereiche, die Fehler enthalten, werden zusätzlich auf der Bahn mit Etiketten markiert.

Als Generalunternehmer für die vollständige Endkontrolle zeichnet Pixargus auch für die Datenauswertung verantwortlich: Das Unternehmen verknüpft die Messergebnisse der unterschiedlichen Sensoren, die von verschiedenen Stellen in den Produktionsanlagen stammen, auf einer digitalen „Landkarte“ zu einer Gesamtschau. So sieht der Anwender die Resultate nicht isoliert voneinander, sondern im Zusammenhang.

Jede Rolle wird mit einem Protokoll ausgeliefert, das die Qualität dokumentiert und einen Statistikreport enthält. Außerdem übermittelt das System die digitale Landkarte online an die sogenannten Stacking-Anlagen bei BMW, dort werden fehlerhafte Bereiche ausgeschleust. Auf diese Weise nutzt BMW auch diejenigen Rollen optimal, bei denen nur Teilbereiche nicht der geforderten Spezifikation entsprechen. Das aussortierte Material kommt zurück zu SGL ACF und wird in der Vlies-Komplex-Anlage wiederverwendet. Auf diese Weise entsteht ein geschlossener Materialkreislauf.



Optische Kontrolle des Geleges auf Wirkfehler mit acht Kameras



Kontrolle des Ansintergrades mit einer hochauflösenden transversierenden Kamera

Weitere Informationen:  
**Stephan Hennicken**,  
Produktmanagement Vision Systems,  
**Dirk Broichhausen**,  
Vice President Sales & Marketing,  
Pixargus GmbH, Würselen,  
Telefon +49 (0) 24 05/4 79 08-0,  
E-Mail: info@pixargus.de,  
www.pixargus.de

# PRODUKTION VON VERBUNDWERKSTOFFEN WIRD MASSENTAUGLICHER

Evonik präsentiert erste Ergebnisse des „Projekthaus Composites“

**Mit einem chemischen Kniff bringt Evonik Industries das Beste aus zwei Welten zusammen – neuartige, sogenannte hybride Polymersysteme vereinen die Eigenschaften von zwei Kunststofftypen, die bislang als unvereinbar galten. Die hybriden Polymersysteme wurden im Projekthaus Composites von Evonik entwickelt. Das Spezialchemieunternehmen arbeitet hier seit 2013 an zahlreichen neuen Materialien, Prozessen und Systemlösungen für Verbundwerkstoffe (Composites), mit denen die Produktion massentauglicher gemacht werden kann. Evonik will damit eine Antwort auf eine der zentralen Fragen der Composite-Industrie geben: Wie kann es gelingen, Verbundwerkstoffe effizienter herzustellen? Erste Ergebnisse werden jetzt vorgestellt.**

Verbundwerkstoffe sind eine Schlüsseltechnologie für Leichtbau, weil sie sehr gute mechanische Eigenschaften mit niedrigem Gewicht verbinden. Ihre Verarbeitungseigenschaften werden im Wesentlichen vom Polymer bestimmt. Duroplaste weisen sehr gute mechanische Eigenschaften auf, Thermoplaste dagegen lassen sich gut verarbeiten, schnell umformen und recyceln. Für die unterschiedlichen Eigenschaften gibt es einen Grund: Die Polymerketten der Duroplaste sind vernetzt, die der Thermoplaste nicht. Ein Umschalten zwischen vernetzt und nicht vernetzt ist normalerweise nicht möglich, da sich eine chemische Vernetzung nicht rückgängig machen lässt. Genau das ist Evonik aber nun mit hybriden Polymersystemen gelungen: Sie können ohne Katalysator vollständig reversibel vernetzen. Beim Aufheizen löst sich die Vernetzung und das System kann umgeformt werden. Beim Abkühlen bildet sich das Netzwerk wieder aus, die Form ist stabil. Verantwortlich dafür ist eine spezielle Diels-Alder-Reaktion, mit der die Vernetzung quasi chemisch an- und ausgeschaltet werden kann.

## Neuartiges PulPress-Verfahren fertigt komplexe Profile kontinuierlich

Ein weiteres Beispiel für den Innovations-Ansatz von Evonik ist das PulPress-Verfahren. Gemeinsam mit Secar Technologie GmbH hat Evonik im Projekthaus Composites dieses serientaugliche Verfahren entwickelt, mit dem sich Faserverbundprofile mit komplexen Bauteilgeometrien hochautomatisiert und kontinuierlich herstellen lassen. Das Verfahren kombiniert die Pultrusion- und Pressverfahren sowie die dabei verwendeten Werkstoffe neuartig. Komplexe Profile bestehen aus Faserver-



Faserverbundwerkstoffe effizienter herstellen- dieser Aufgabe hat sich Evonik im Projekthaus Composites angenommen. Anwendung finden sollen die neuen Composite-Lösungen unter anderem im Mobilitäts- und Energiesektor.

bundwerkstoffen und dem Schaumkern ROHACELL®. Dieser ermöglicht mit seinen sehr guten thermomechanischen Eigenschaften die schnelle und stabile Prozessierung für die Serie und macht auch komplexe Bauteilformen möglich. Ein ultraleichter Stoßfängerquerträger in FVK-Sandwich-Metall-Hybridbauweise wird im Rahmen der Composites Europe in der Product Demonstration Area (Halle 7, Nr. D54\_E) als Musterbauteil vorgestellt.

„Mit unserer Technologie lassen sich die Herstellungskosten für Composite deutlich senken“, ist Chief Innovation Officer Ulrich Küsthardt überzeugt. „Wir wollen dazu beitragen, dass Verbundwerkstoffe den Weg in die Massenfertigung finden.“

Das im April 2013 gegründete Projekthaus Composites entwickelt neue Materialien, Prozesse und Systemlösungen für Verbundwerkstoffe. Projekthäuser sind Teil der Creavis, der strategischen Innovationseinheit von Evonik. Dort bündelt das Unternehmen seine Kompetenzen aus den operativen Einheiten und ergänzt sie mit externen Experten. Gemeinsam forschen sie an The-

men, mit denen sich das bestehende Produkt- und Technologieportfolio erweitern lässt, und treiben die Projekte bis zur Anwendungsreife voran. Evonik, bereits heute ein Anbieter von zahlreichen innovativen Produkten für Verbundwerkstoffe, will sich damit noch stärker in diesem Wachstumsmarkt positionieren.

Weitere Informationen:  
**Dr.-Ing. Leif Ickert**,  
Project House Composites,  
Evonik Creavis GmbH, Marl,  
Telefon +49 (0) 23 65/49-59 81,  
E-Mail: leif.ickert@evonik.com,  
www.evonik.com

## Industrielles Mikrowellensystem für industrielle Faserverbund-Prozesse am Lehrstuhl für Carbon Composites installiert

**Ganz ohne das charakteristische Klingeln endet ein Aushärtprozess in der Mikrowelle. Mit der heimischen Technik hat er aber doch manches gemein. Es wird die gleiche Frequenz von 2,45 GHz genutzt und es erwärmt sich nur das Bauteil – der Innenraum bleibt kalt.**

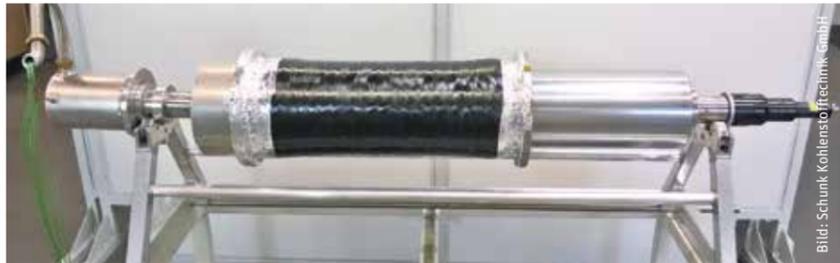
Im April 2015 hat der Lehrstuhl für Carbon Composites (LCC) der Technischen Universität München (TUM) eine industrielle Mikrowellenanlage des Typs Hephaistos VHM 180/200 mit 20,4 kW maximaler Leistung von Vötsch Industrietechnik in Betrieb genommen (Abb. Mikrowellenanlage). Diese wird am Lehrstuhl zukünftig für die Erforschung optimierter Aufheizprozesse eingesetzt. Bei der Mikrowellentechnologie interagieren elektromagnetische Strahlung und eingebrachte Materialien direkt. Das ermöglicht die schnelle und energieeffiziente Heizung von Werkstücken bei gleichzeitig kalter Prozesskammer.

Für Wickelbauteile mit konstanter Dicke (Abb. Wickelkörper) konnte im gerade abgeschlossenen, BMBF-geförderten Projekt FLAME eine robuste Aushärtung nachgewiesen werden. Je nach Wandstärke (3 mm bis 21 mm) konnte dabei die Durchwärmzeit um bis zu 85 Prozent reduziert werden. Die mechanischen Eigenschaften des mikrowellengehärteten Bauteils entsprachen denen des ofengehärteten Pendants, wobei im Mikrowellenprozess zusätzlich zur Zeitersparnis bis zu 75 Prozent weniger Energie benötigt wurde.

Bei der Aushärtung lokal unterschiedlich gestalteter Bauteile mit Dickensprüngen, Radius- und Materialänderungen mit herkömmlichen Werkzeugen treten durch die direkte Interaktion mit den Mikrowellen Temperaturgradienten auf. Mit geeigneten Werkzeugkonzepten können diese ausgeglichen werden, was ebenfalls die Zykluszeit reduzieren und den Energieverbrauch senken würde. Um diese Ziele zu erreichen, arbeitet der LCC in enger Zusammenarbeit mit dem Institut für Hochleistungs- und Impulsmikrowellen (IHM) des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) an der Weiterentwicklung von Werkzeugtechnologien für Faserverbundprozesse in der Mikrowelle. Als entscheidender Faktor für die Fertigung von mikrowellengeeigneten Werkzeugen wird dabei das Einbringen einer Absorptionsschicht angesehen, die durch loka-



Mikrowellenanlage Hephaistos VHM 180/200 des LCC



Wickelkörper mit Rotationsvorrichtung für die Mikrowellenaushärtung (Bauteil von Schunk Kohlenstofftechnik GmbH)

len Auftrag sowie Dicken- oder Materialanpassung das Einstellen des Energieeintrags und damit des Heizverhaltens ermöglicht. Eine einfache Möglichkeit, solche Absorptionsschichten zu erzeugen, ist die Beimischung von Partikeln in Kunststoffe, die an passender Stelle auf das Werkzeug aufgebracht werden. Versuche haben bereits gezeigt, dass dieses Absorberkonzept die Kontrolle des Energieeintrags in einem weiten Spektrum ermöglicht. Dieses Werkzeug-Absorberkonzept wird eine anwendergerechte Nutzung der Mikrowellentechnologie für komplexere Bauteile ermöglichen. Der LCC leistet mit seiner neuen Anlage hierzu einen entscheidenden Beitrag.

Weitere Informationen:

**Daniel Teufl,**  
**Sven Zaremba,**  
**Prof. Dr. Klaus Drechsler,**  
Lehrstuhl für Carbon Composites (LCC),  
Technische Universität München (TUM),  
Garching bei München,  
Telefon +49 (0) 89/2 89-1 51 06,  
E-Mail: teufl@lcc.mw.tum.de,  
www.lcc.mw.tum.de

## Composite-Spezialisierung an der TU München

**Der Lehrstuhl für Carbon Composites (LCC) bietet Studierenden an der Technischen Universität München eine umfassende Ausbildung im Bereich der Composite-Werkstoffe an. Abwechslungsreiche Lehrveranstaltungen decken dabei die komplette Fertigungskette zur Herstellung von Faserverbundbauteilen ab.**

Neben einer Übersichtsvorlesung im Rahmen des Bachelorstudiums können Studierende im Masterstudiengang Maschinenwesen das Fachmodul „Faserverbundtechnologie“ belegen. Dieser Studienschwerpunkt vermittelt ein grundlegendes Verständnis für die Klasse der Faserverbundwerkstoffe, deren Fertigungsverfahren und Anwendungen. Dabei bildet die Wissensvermittlung über Materialeigenschaften, Auslegekriterien und konstruktive Umsetzung einen Schwerpunkt. Ergänzend vermitteln Experten aus der Industrie Spezial-Know-how aus der Kohlenstofffaserherstellung und informieren über die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung von Composites.

Abgerundet wird das theoretische Wissen durch Praktika, bei denen die Studierenden selbst Bauteile herstellen können oder den Umgang mit CATIA in der Faserverbundkonstruktion erlernen. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, im Rahmen von Firmeneinkursen Einblicke in die Serienfertigung von Composite-Bauteilen zu erlangen und erste Kontakte zu potenziellen Arbeitgebern zu knüpfen.



Zuschnitt von Flachfaserlegele im Praktikum

Weitere Informationen:

**Dr. mont. Elisabeth Ladstätter,**  
Lehrstuhl für Carbon Composites (LCC),  
Technische Universität München (TUM),  
Garching bei München,  
Telefon +49 (0) 89/289-150 88,  
E-Mail: ladstaetter@lcc.mw.tum.de,  
www.lcc.mw.tum.de



Im Praktikum hergestellter Composite-Fahrradsattel

## Erfahrungsbericht Praktikum Fertigungstechnologien für Composite-Bauteile

Obwohl die Vorlesungen des Lehrstuhls für Carbon Composites bereits stark praxisbezogen gestaltet werden, kann ein echtes Gespür für Faserverbundwerkstoffe erst dann entstehen, wenn aus Faser und Matrix konkrete Bauteile entstehen. Genau diese Möglichkeit bietet der LCC jedes Semester vier Kleingruppen à vier Studierenden im Praktikum „Fertigungstechnologien für Composite-Bauteile“.

Außer dem zu realisierenden Bauteil wird den Gruppen nichts vorgegeben: Die Auslegung des Bauteils ist deshalb ebenso Teil der Aufgabe wie die Wahl des Fertigungsverfahrens, die eigentliche Fertigung und die anschließende Prüfung des entstandenen Bauteils. Eine Kostenrechnung rundet die Betrachtung des Bauteils ab. Im Sommersemester 2015 waren vom geflochtenen Lacrosse-Stick über einen Flachfaser-Fahrrad-Sattel bis hin zum Kajak-Paddel mit 3D-gedrucktem, verlorenem Kern verschiedenste Komponenten und Verfahren vertreten. Die Ausprägungen der Umsetzungen resultierten dabei aus den individuellen Ansprüchen der Teilnehmenden: Während eine Gruppe den Fokus auf einen geringen ökologischen Fußabdruck und Recycling-Fähigkeit legte, stand für ein anderes Team das Erreichen von Class-A Oberflächen im Vordergrund.

Für alle Studierenden stand danach jedoch fest: Besser lässt sich das in verschiedenen Vorlesungen Gelernte nicht vernetzen und verinnerlichen. Die Nutzung der Lehrstuhl-Anlagen und der enge Austausch mit den Mitarbeitern des Lehrstuhls stellen so sicher, dass Universitäts-Absolventen weit mehr als nur die Theorie hinter Composite-Bauteilen verstehen.

Text: Stefanus Stahl

## LCC errichtet Fiber Placement Center in Ottobrunn

**Fünf Jahre nach seiner Gründung ist der Lehrstuhl für Carbon Composites (LCC) der Technischen Universität München neben dem Hauptstandort am Forschungszentrum Garching auch am Ludwig Bölkow Campus in Ottobrunn vertreten. Dort forscht der Lehrstuhl an neuen Technologien zur automatisierten Fertigung von CFK-Bauteilen. Dazu wurden am Standort Ottobrunn verschiedene Forschungsanlagen zum Fiber Placement Center zusammengefasst.**

Bei automatischen Faserablageprozessen werden Verstärkungsfasern vollautomatisiert und damit wiederholgenau auf vordefinierten Lastpfaden abgelegt. Die Ablage erfolgt dabei auf dem formgebenden Werkzeug, sodass das Bauteil direkt in Endgeometrie erzeugt wird. Das Bauteil wird generativ Schicht für Schicht aus bandförmigem Faserhalbzeug (Tape) aufgebaut. Am Fiber Placement Center (FPC) des LCC können sowohl mit duroplastischer oder thermoplastischer Matrix vorimprägnierte Fasermaterialien als auch Trockenfaserbänder automatisiert abgelegt werden. Der LCC betreibt am Ludwig Bölkow Campus einen in dieser Zusammensetzung einzigartigen Anlagenpark, der die gezielte Weiterentwicklung der verschiedenen Ablageverfahren und deren kombinierten Einsatz ermöglicht.

Bändern mit einer neuartigen und hocheffizienten VCSEL (vertical-cavity surface-emitting laser)-Einheit als Wärmequelle im Aufbau. Prozessflexibilität und Laminatqualität sollen so bei verringerter Anlagenkomplexität weiter gesteigert werden. Die Arbeit erfolgt in enger Kooperation mit dem Anlagenhersteller AFPT.



Abb. 1: AFP-Anlage mit Laserheizeinheit für thermoplastische Matrixmaterialien

### Thermoplastisches AFP

Bereits seit 2012 werden vor Ort thermoplastische Faserbänder mit Hilfe einer robotergestützten Automated Fiber Placement (AFP) Anlage der Firma AFPT GmbH verarbeitet (s. Abb. 1). Die Anlage kann Tapes mit einer Breite von 1/4" bis 2" verarbeiten. Als Wärmequelle zum Aufschmelzen der Thermoplastmatrix dient ein 4 kW starker Laser, der die TP-Tapes zu einem Laminat verschweißt. Die Ablage kann auf einem beheizbaren Tisch oder auf einem externen Werkzeug erfolgen, das mit einer 4 m langen Wickelachse positioniert werden kann. Ein Forschungsschwerpunkt liegt auf der Untersuchung der in situ-Konsolidierung direkt während der Ablage. Bei gleichbleibend hoher Laminatqualität wird so ein Prozessschritt in einer Heißpresse oder einem Autoklav eingespart. Verstärkt wird auch die hybride Direktanbindung von gelegten Laminaten an andere Materialien wie z.B. Metalle oder Strukturschäume erforscht. Aktuell befindet sich eine Versuchsanlage zur Verarbeitung von thermoplastischen

### Duroplastisches AFP

Seit Mitte dieses Jahres steht am FPC eine roboterbasierte AFP Anlage zur Ablage duroplastischer Tapes zur Verfügung (s. Abb. 2). Mit dem System des Herstellers Coriolis Composites SAS können acht Tapes mit einer Breite von jeweils 1/8" gleichzeitig abgelegt werden. Durch diese besonders geringe Tapebreite ist die Anlage für die Fertigung komplexer, mehrfach gekrümmter Bauteilgeometrien optimiert. Die Fähigkeit des Legekopfes zu bidirektionaler Faserablage ermöglicht optimierte Legestrategien ohne zeitaufwändige Leerfahrten zwischen den Ablagebahnen oder Drehen des Kopfes an den Bahnenden.

Durch den Einsatz einer Linearachse, auf der der Legeroboter verfährt, ist die Fertigung von Bauteilen mit über 4 m Länge möglich. Zur Führung des Werkzeugs steht ein Drehpositionierer zur Verfügung, der sich auch als Wickelachse nutzen lässt. Die Offline-

Programmierung der Anlage erfolgt über eine flexible CAD-Schnittstelle. Durch Fertigungssimulationen kann die Ablagestrategie überprüft und optimiert werden. Noch in diesem Jahr wird die Anlage mit einem Online-QS-System zur automatisierten Echtzeit-Erkennung und Auswertung von Ablagedefekten wie Gaps, Overlaps oder Splices erweitert. Der Lehrstuhl arbeitet in diesem Projekt eng mit der ebenfalls am Campus in Ottobrunn ansässigen Airbus-Ausgründung APWorks GmbH zusammen.



Abb. 2: AFP-Anlage für duroplastische Matrixmaterialien

### Dry Fiber Patch Placement

In den letzten Jahren wurde am LCC die Fiber Patch Placement (FPP) Technologie als zusätzliches innovatives Legeverfahren intensiv weiterentwickelt. Im FPP Prozess wird ein dünnes Trockenfaserband in definierte Faserstücke, sogenannte Patches, geschnitten. Diese werden mit einem Roboter Patch für Patch, additiv und entlang von berechneten Lastpfaden, in Endkontur auf einem Werkzeug abgelegt (s. Abb. 3).



Abb. 3: Fiber Patch Placement Anlage

Die lokal variable Faserorientierung und Bauteildicke ermöglichen einen extrem hohen Materialnutzungsgrad. Mechanische Kennwerte von CFK-Produkten lassen sich so erheblich steigern, während sich der Materialverschleiß gleichzeitig deutlich reduziert. Die FPP Anlage kann Preforms mit sehr komplexen 3D-Geometrien vollautomatisiert fertigen (s. Abb. 4). Drei Kamerasysteme überprüfen dabei kontinuierlich die Qualität der verarbeiteten Faserpatches. Das hohe wirtschaftliche Potenzial der patchbasierten CFK-Fertigung hat auch ein Forscherteam am LCC erkannt. Im Rahmen eines BMWi-geförderten EXIST-Forschungstransferprojekts wurde Anfang 2015 die Cevotec GmbH gegründet, um die FPP Technologie in die industrielle Nutzung zu überführen. Cevotec bietet Produzenten und Markenherstellern maßgeschneiderte Produktionslösungen an. Dies umfasst einerseits Bauteilentwicklung und Auftragsproduktion, andererseits auch kundenspezifische FPP Produktionssysteme und Software zur Produktoptimierung.

Cevotec ist ebenfalls am Ludwig Bölkow Campus angesiedelt und verstärkt als industrieller Anwender die Aktivitäten des Fiber Placement Centers des LCC.

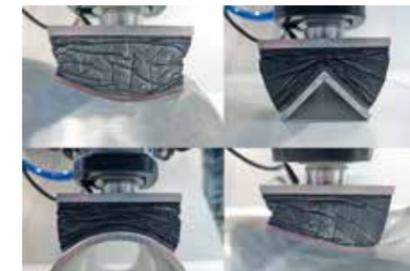


Abb. 4: Adaptiver Ablagekopf für 3D-Geometrien

### Aktuelle und zukünftige Projekte

Das Fiber Placement Center soll in den kommenden Jahren zu einem Zentrum für die Weiterentwicklung automatisierter CFK-Fertigungstechnologien ausgebaut werden. Aktuell laufen bereits Forschungsprojekte im

Rahmen nationaler und internationaler Förderprogramme wie MAI Carbon, CleanSky oder LuFo sowie bilaterale Kooperationen mit verschiedenen Firmenpartnern. Die Forschungsumgebung am Ludwig Bölkow Campus mit starken Partnern wie Airbus oder Siemens aus Luftfahrt und Industrie sowie einer lebendigen Start-up-Szene trägt viel zur erfolgreichen Umsetzung bei.

Weitere Informationen:

**Dipl.-Ing. Christoph Ebel,** Lehrstuhl für Carbon Composites (LCC), Technische Universität München (TUM), Garching bei München, Telefon +49 (0) 89/289-150 70, E-Mail: ebel@lcc.mw.tum.de, www.lcc.mw.tum.de

**Dipl.-Ing. Felix Michl,** Cevotec GmbH, Garching bei München, Telefon +49 (0) 89/289-150 67, E-Mail: felix.michl@cevotec.com, www.cevotec.com

## ZUG UND DRUCK

### Dehnratenabhängige Materialcharakterisierung von Composites am LCC

**Das mechanische Spannungs-Dehnungs-Verhalten von Faserverbundkunststoffen (FVK) ist abhängig von der Belastungsgeschwindigkeit. Bei Impact oder Crashbelastung treten je nach Composite-Typ teils signifikant höhere Festigkeiten auf. Es ist daher notwendig, das dehnratenabhängige Materialverhalten von FVK zu kennen und bei der Auslegung zu berücksichtigen.**

Composites werden in zunehmendem Maße in der Luftfahrt und im Automobilbau verwendet und können dabei hohen dynamischen Lasten (Impact, Crash) ausgesetzt sein. Zur Charakterisierung der dynamischen Eigenschaften wird am LCC die Split-Hopkinson-Bar (SHB)-Methode eingesetzt. Es stehen Anlagen für Zug-, Druck- und Torsionsversuche zur Verfügung. Die SHB-Methode eignet sich hervorragend für die Bestimmung des dynamischen Werkstoffverhaltens von FVK im Dehnratenbereich von ca. 50 – 2000 s<sup>-1</sup>. Dazu wird eine Probe zwischen zwei Stäben eingespannt und durch eine in die Stäbe eingebrachte Dehnungswelle schlagartig belastet. Den physikalischen Gesetzen der Wellenausbreitung folgend, wird die initiale Dehnungswelle beim Auftreffen auf die Probe teilweise in den einen Stab reflektiert und teilweise in den anderen Stab transmittiert. An der Probe erzeugt dies eine Relativbewegung der Bar-Endflächen und die Probe wird schließlich bis zum Versagen verformt. Aus den in den Stäben gemessenen

Dehnungswellen lässt sich dann die dynamische Spannungs-Dehnungs-Kurve ermitteln. Bei servohydraulischen Prüfmaschinen treten ab einer bestimmten Geschwindigkeit die Kraftmessung störende Wellen auf. Diese werden bei der SHB-Methode gezielt zur Kraftmessung genutzt. Jeder dynamische Versuch wird mit einer Hochgeschwindigkeitskamera aufgezeichnet. Diese liefert neben Informationen über das Versagensverhalten der Probe die für die optische Dehnungsmessung benötigten Bilder. Die berührungsfreie vollflächige Dehnungsmessung ermöglicht es, dynamische Spannungs-Dehnungs-Kurven auch bei hohen Dehnraten zuverlässig zu ermitteln. Daraus lässt sich die Dehnratenabhängigkeit mechanischer Kennwerte wie E-Modul, Festigkeit und Versagensdehnung ableiten.

Am LCC wurden bereits verschiedene unidirektionale und textile carbon- und glasfaserverstärkte Thermoset- und Thermoplast-Composites unter hochdynamischer Zug- und



Split-Hopkinson-Bar-Anlagen am LCC

Druckbelastung charakterisiert. Aktuell wird das Materialverhalten von hybriden FVK-Metall-Laminaten untersucht.

Weitere Informationen:

**Dr. Hannes Körber,** Lehrstuhl für Carbon Composites (LCC), Technische Universität München (TUM), Garching bei München, Telefon +49 (0) 89/289-150 42, E-Mail: koerber@lcc.mw.tum.de, www.lcc.mw.tum.de



Bild: IFB



Beim Fachkongress Composite Recycling in Stuttgart diskutierten Fachleute das Thema Wiederverwertbarkeit von Faserverbundwerkstoffen.

## FACHKONGRESS COMPOSITE RECYCLING IN STUTT GART

Spezialisten informierten sich über neue Möglichkeiten

Zum ersten Fachkongress Composite Recycling (FCR) hatten das ITV Denkendorf, die Abteilung CC Baden-Württemberg im Carbon Composites e.V. (CCeV) und die Allianz Faserbasierte Werkstoffe Baden-Württemberg (AFBW) Fachleute ins Haus der Wirtschaft Stuttgart geladen. Das große Interesse belegt, wie wichtig das Thema Recycling innerhalb des Lebenszyklus bei Faserverbundwerkstoffen ist.

Laut aktuellen Studien wird der Verbrauch von Carbonfasern in den nächsten Jahren stetig steigen. Deshalb beschäftigen sich Firmen, Verbände und Forschungsinstitute zurzeit mit dem Thema Recycling von Composite-Werkstoffen. Glas- oder Carbonfasern werden aus gebrauchten Bauteilen wiedergewonnen und für andere Zwecke verwendet. Carbonfaser-Recycling wird derzeit erforscht bzw. industrialisiert: Es gibt bereits Verfahren, die jedoch noch tiefer industriell umgesetzt werden müssen. Da Carbonfasern teuer im Einkauf sind, ist das Ziel, das Recycling so durchzuführen, dass die Fasern danach wieder verarbeitet werden können. Im Dach des Elektroautos i3 von BMW werden heutzutage schon recycelte Carbonfasern eingesetzt.

Die Schwierigkeit des Composite Recycling besteht in der Trennung von Fasern und Matrix. Als Zukunftsvision gilt ein Bauteil mit thermoplastischer Matrix, das nach dem Gebrauch abermals erwärmt und

in eine neue Form gepresst werden kann. Die Fachtagung zeigt, dass es einige sehr interessante Verfahren gibt, an denen national und international gearbeitet wird. Spannend ist, welche Verfahren sich in Zukunft durchsetzen werden.

Nach einer Einführung zum Thema „Design to Recycle“ gliederte sich das Kongressprogramm in die Themenstrecken „Methodik“ und „Anwendungen“ auf. In der begleitenden Ausstellung präsentierten zudem Forschungsinstitute wie ITV und DLR sowie einige Unternehmen ihre Kompetenzen. Auch der CCeV war mit einem Infostand vor Ort. „Sichere Rohstoffversorgung ist eine Lebensader für die baden-württembergischen Schlüsselbranchen - jetzt und auch in der Zukunft. Dabei ist hochwertiges und praxistaugliches Recycling ein zentraler Baustein. Bisher gibt es zwar vielversprechende Ansätze, aber bis zu einem wirtschaftlichen und praxistauglichen CFK-Recycling ist es noch ein weiter Weg. Deswegen freue ich

mich, dass der Fachkongress dieses Thema aufgreift“, sagte Guido Rebstock, Ministerialdirektor im Ministerium für Finanzen und Wirtschaft.

Weitere Informationen:

**Christoph Kindervater**,  
Carbon Composites e.V.,  
Abteilung CC Baden-Württemberg, Stuttgart,  
Telefon +49 (0) 7 11 / 6 86 22 80,  
E-Mail:  
christof.kindervater@carbon-composites.eu,  
www.cc-bw.eu

# NACHBEARBEITUNG, REPARATUR UND KLEBEVORBEREITUNG IN EINEM SCHRITT

Automatisierte Nachbearbeitung und Verzicht auf Sandstrahlen durch den Einsatz von Bürstwerkzeugen

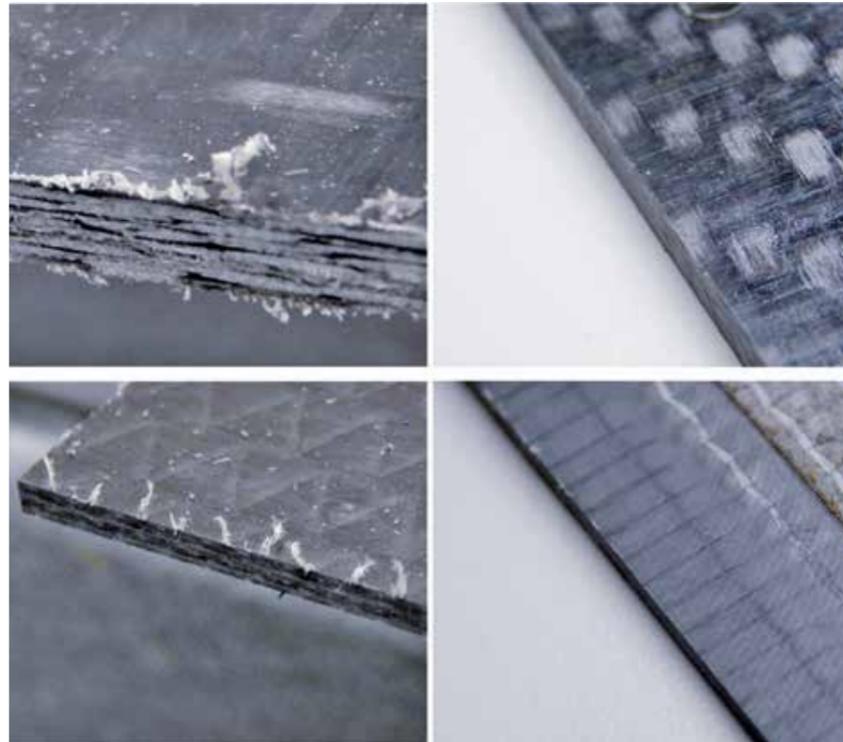
Das Fraunhofer IPA befasst sich in Zusammenarbeit mit der RSA cutting systems GmbH mit der wirtschaftlichen Endbearbeitung von CFK und setzt dabei auf Bürstwerkzeuge. Hierdurch sind Nachbearbeitung der Schnittkanten und Vorbereitung der Klebeflächen in einem einzigen Prozessschritt möglich.

Die Nachbearbeitung der Fräskanten von CFK-Bauteilen erfolgt häufig durch manuelle Bearbeitung. Dabei werden reversible Schädigungen wie Ausfransungen in einem zusätzlichen Prozessschritt entfernt. Zwar haben Fortschritte in den Bereichen Beschichtungen, Werkzeuggeometrie und Schneidstoffe von Zerspanwerkzeugen die Bearbeitungsqualität wie auch die Standzeit weiter verbessert, dennoch ist in vielen Fällen eine manuelle Nachbearbeitung notwendig.

Insbesondere Wirkfäden stellen dabei eine große Herausforderung dar. Zum Prozesssicheren Trennen dieser feinen Polyestergerarne werden sehr scharfe Schneidwerkzeuge benötigt. Dies ist aber bereits nach relativ kurzen Standzeiten nicht mehr zu gewährleisten, weil die abrasiven Kohlenstofffasern die Werkzeuge stark verschleifen. Als Folge kommt es zu Faserüberständen an den Schnittkanten. Diese treten häufig nach wenigen Vorschubmetern auf, und zwar deutlich bevor die eigentliche Standzeit der Fräswerkzeuge erreicht wird.

Untersuchungen am Fraunhofer IPA haben gezeigt, dass eine vollständige Nachbearbeitung dieser Faserüberstände mit Bürstwerkzeugen möglich ist, sodass diese heute manuell durchgeführten Arbeiten komplett automatisiert werden können.

Hierfür werden spezielle Bürstwerkzeuge direkt in die Werkzeugmaschinen oder den Zerspanroboter eingewechselt, hierdurch kann der Prozess in der gleichen Aufspannung wie der Zerspanprozess – ohne einen zusätzlichen Handlingschritt – durchgeführt werden. Durch angepasste Prozessparameter und Bürstentypen sind in der Nachbearbeitung Vorschübe über 15m/min möglich, was die Bearbeitungszeit auf ein Minimum reduziert. Auch können Fräswerkzeuge länger genutzt werden (mehr Fräsmeter) oder die Produktivität durch höhere Vorschubgeschwindigkeiten gesteigert werden, da dadurch entstehende Bearbeitungsfehler durch die automatisierte Nachbearbeitung vollständig entfernt werden.



Schnittkanten vor und nach der Bearbeitung mit Bürstwerkzeugen

Dies gilt neben Polyesterfäden auch für Überstände anderer Fasern wie Kohlenstoff- oder Glasfasern und auch für Gratbildung aus der Bearbeitung von thermoplastischen Bauteilen. Das macht diese Technik universell einsetzbar. Auch delaminierte Deckschichten können durch das Verfahren nachgebessert werden. So kann man geschädigte Bereiche der Deckschichten gezielt abtragen und damit ein weiteres Einreißen des Materials verhindern. Dies ist bei Fräskanten und auch bei Bohrungen möglich. Wirtschaftlich wird der Einsatz von Bürsten insbesondere interessant, weil im selben Schritt auch die Oberfläche zur Vorbereitung anschließender Klebeprozesse aufgeraut werden kann. Im Gegensatz zum Sandstrahlen kann der Prozessschritt direkt in der Werkzeugmaschine oder der Roboterzelle erfolgen. Dies spart nicht nur einen Handlingschritt, sondern auch die zusätzliche Investition in eine Sandstrahlanlage.



Carbonbearbeitung vorher und nachher

Weitere Informationen:  
**Dipl.-Ing. Tim Mayer,**  
 Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA),  
 Abteilung Leichtbautechnologien, Stuttgart,  
 Telefon +49 (0) 711/9 70-15 49,  
 E-Mail: tim.mayer@ipa.fraunhofer.de,  
 www.ipa.fraunhofer.de

# REPARATURKONZEPTE FÜR FASERVERBUNDSTRUKTUREN

Induktiv erwärmte Metallbleche für eine flexible, schnelle und effiziente Reparatur

Aufgrund des stark wachsenden Anteils an Bauteilen aus Faserverbundmaterialien wird es sowohl für Hersteller als auch OEMs immer wichtiger, sich mit der Thematik MRO (Maintenance, Repair & Overhaul bzw. Wartung, Reparatur & Überholung) auseinanderzusetzen. Wissenschaftliche Einrichtungen haben die Aufgabe, Grundlagen in diesem Bereich zu erarbeiten und diese in neue Entwicklungen, Konzepte und Verfahren zu überführen.

Ein wichtiger Prozessschritt in der Reparatur von Faserverbundstrukturen ist die Integration des Reparaturstücks, des sog. Patches. Auf Basis eines durch das Material vorgegebenen Druck- und Temperaturzyklus, verbindet sich der Patch mit dem umliegenden Material. Um diesen Prozessschritt flexibler, schneller und effizienter zu gestalten, wurde am Institut für Bauweisen und Strukturtechnologie des DLR in Stuttgart ein Reparaturverfahren entwickelt, das induktiv erwärmte Metallbleche zur Erzeugung der benötigten Prozesstemperaturen verwendet (Abb. 1).

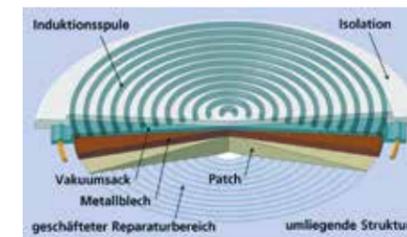


Abb. 1: Skizzierter genereller Verfahrensaufbau – Reparatur mithilfe eines induktiv erwärmten Metallblechs

Nach dem Entfernen des beschädigten Materials werden die einzelnen Lagen des Patches oder ein bereits ausgehärteter Patch im vorgesehenen Reparaturbereich positioniert. Dann wird passend zur Geometrie des Patches das Metallblech entsprechend zugeschnitten und auf dem Patch platziert. Ein Vakuumaufbau direkt über dem Metallblech gewährleistet den für die Kompaktierung benötigten Druck. Über das Vakuum wird das Metallblech auf den Patch gepresst. Das Verfahren kann also auch auf gekrümmten Strukturen zum Einsatz kommen.

Der erste Vorteil dieser Technologie im Vergleich zum derzeitigen Stand der Technik ist die lokale Erwärmung. Durch den präzisen Zuschnitt des Metallblechs wird die Wärme nur da erzeugt, wo sie benötigt wird. Die Möglichkeit, zwischen das sich erwärmende Metallblech und die Indukti-



Abb. 2: Mobiler Reparaturkoffer zur Erzeugung des benötigten Prozessdrucks und der Temperatur

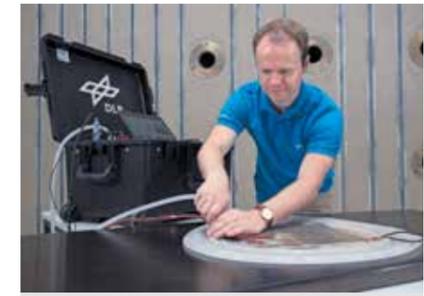


Abb. 3: Anwendungsbeispiel des mobilen Reparaturkoffers



Abb. 4: JEC-Award 2015 in der Kategorie MRO auf der JEC Americas

onsspule eine Isolationsschicht (bspw. aus Glaswolle) einzubringen, stellt einen weiteren Vorteil dar. Zum einen werden Wärmeverluste minimiert und die Wärmeleitung in den Patch verbessert, zum anderen können dadurch höhere Temperaturen erzielt werden. Momentaner Stand der Technik sind Heizmatten, bei denen üblicherweise Heizdrähte in glasfaserverstärktes Silikonkautschuk eingebettet werden. Das Silikon ist aber wärmebeständig, sodass die Temperatur bei einer direkten Erwärmung der Heizdrähte auf ca. 230 °C beschränkt ist. Das reicht für die meisten duromeren Systeme. Die Schmelz- beziehungsweise Verarbeitungstemperatur bei Hochleistungsthermoplasten liegt jedoch zwischen 300 °C und 400 °C. Das neue Verfahren soll es ermöglichen, faserverstärkte Hochleistungsthermoplaststrukturen zu reparieren und auch höhere Heizraten zu erreichen. Zur Demonstration des neuen Reparaturkonzeptes wurde ein mobiler Reparaturkoffer entwickelt. Er enthält die nötige Hardware, um sowohl den Temperatur- als auch den Druckzyklus zu erzeugen und zu regeln (Abb. 2, 3).

Auf der internationalen Verbundwerkstoffmesse JEC Americas 2015 in Houston (USA) erhielt das DLR-Reparaturkonzept den JEC-Award in der Kategorie MRO. Der Preis zeichnet die besten Innovationen im Bereich der Faserverbundwerkstoffe aus (Abb. 4).

Weitere Informationen:  
**Dipl.-Ing. Markus Kaden,**  
 Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR), Institut für Bauweisen und Strukturtechnologie, Stuttgart,  
 Telefon +49 (0) 711/68 62-782,  
 E-Mail: markus.kaden@dlr.de,  
 www.dlr.de

## Ergebnisse aus dem Projekt MAI Plast

Im Rahmen des Projektes MAI Plast wurde das automatisierte Schweißen von standardisierten thermoplastischen (TP) Verbindungselementen auf CFK Bauteile mit duroplastischer Matrix (Epoxid) untersucht. Ausgangslage im Hubschrauberbau ist der manuelle Klebprozess mit kalthärtenden Zweikomponenten-Klebstoffen. Nachteile des Klebens sind zum einen das Fehlen einer geeigneten NDT Methode zum Nachweis der Klebfestigkeit und zum anderen die langen Prozesszeiten mit Oberflächenbehandlung und Aushärtezeiten von acht bis zwölf Stunden. Die Schweißtechnik soll eine sichere Verbindung bei gleichzeitig kürzerer Prozesszeit ermöglichen.

Um das Schweißen zu ermöglichen, muss das CFK mit Epoxidharzmatrix mit einer thermoplastischen Funktionsschicht ausgestattet werden. Die Belegung des Bauteils mit der thermoplastischen Folie erfolgt bereits vor der Aushärtung im Autoklav (Prepreg) bzw. Ofen (VAP). Die Verbindung zwischen TP und Epoxid entsteht während

der Aushärtung des Epoxidharzes. Weil ein Hochtemperaturthermoplast verwendet wird, kommt es dabei nicht zu einem Aufschmelzen, da dessen Glasübergang deutlich über der Aushärtetemperatur (180 °C) liegt, sondern zu einem Lösungsprozess. Nach der Gelierung des Epoxides liegt eine Interphase vor, die einen kontinuierlichen Konzentrati-

onsübergang von Epoxid zu Thermoplast aufweist und bis zu 80 µm stark sein kann. Diese Interphase erlaubt eine hohe mechanische Belastbarkeit, die nicht allein auf Adhäsionseffekten beruht (Abb. 1/2). Das verwendete Schweißsystem muss in sehr kurzer Zeit eine Schmelze erzeugen und der Energieeintrag darf dabei nur sehr oberflächennah erfolgen. Das ist so, weil die Schweißtemperatur von Hochtemperaturthermoplasten (z.B. PEEK, PPSU, PEI) weit über der erlaubten thermischen Belastbarkeit der Epoxidmatrix liegt und diese auf keinen Fall negativ beeinflusst werden darf. Zudem soll eine vollständig geschlossene Fügezone realisiert werden, um Hohlräume und damit potenzielle Sammelstellen für Medien zu vermeiden. Des Weiteren soll die thermoplastische Funktionsschicht so dünn wie möglich ausfallen, um Gewicht, Kosten und Bauteilverzug zu minimieren. Diese Forderungen werden durch zirkulares Vibrationsschweißen erfüllt. Die Firma Fischer Kunststoff Schweißtechnik GmbH entwickelte ein zwangsgeführtes Verfahren, dessen Zirkularbewegung einen flächigen und kontinuierlichen Leistungseintrag und damit eine sehr schnelle und oberflächennahe Energieeinbringung erzielt (Abb. 3).

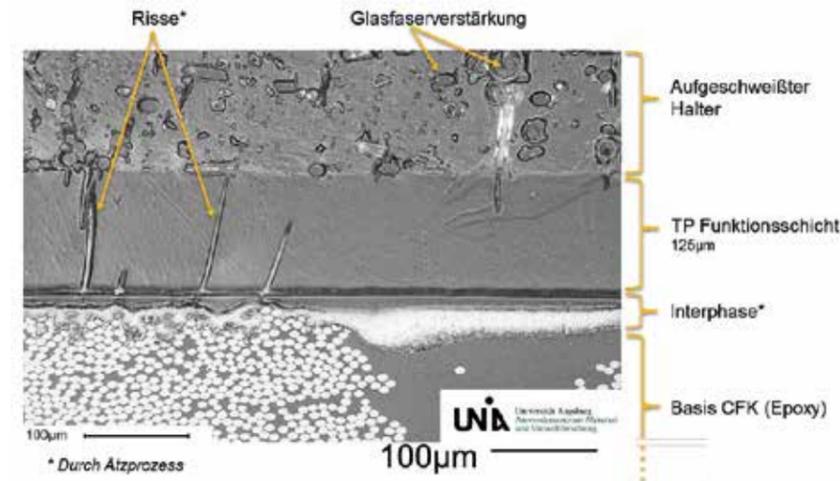


Abb. 1: Geätzter Schliff eines geschweißten glasfaserverstärkten Verbindungselementes auf CFK mit thermoplastischer Funktionsschicht und sichtbar gemachter Interphase.

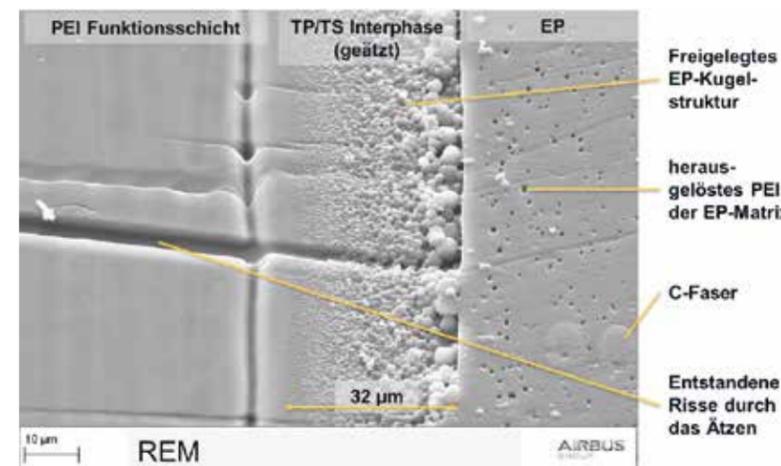


Abb. 2: REM Aufnahme, durch Ätzen sichtbar gemachter Interphase

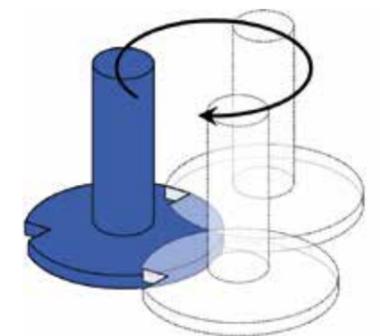


Abb. 3: Bewegungsform des Zirkularschweißens, mit kontinuierlicher und über die Reibfläche homogener Energieeinbringung.

Durch die Zwangsführung ist es möglich, die Schweißparameter auf die Materialpaarung beliebig anzupassen. Zudem können Frequenz-, Kraft- und Schwingweitenprofile gefahren werden, was den Prozess zusätzlich flexibel macht. Das wurde durch die Entwicklung eines kompakten, robotergeführten Schweißmoduls möglich, das für die kundenspezifische Montage von Verbindungselementen in Hubschrauberzellen verwendet werden kann (Abb. 4).

Der Schweißprozess erlaubt eine ortsgenaue Positionierung, was Nacharbeiten reduziert. Mit 10 Sekunden Prozesszeit ist das Schweißen deutlich schneller als der Referenz-Klebeprozess und die Verbindung ist zudem sofort belastbar. Die mechanischen Eigenschaften von geschweißten Verbindungselementen (Abb. 5) liegen bei Raumtemperatur auf dem Niveau der Klebung. Unter feuchtwarmen Bedingungen und Temperaturbelastung (-55 °C

bzw. +135 °C) zeigen Klebstoffe sogar einen starken Festigkeitseinbruch. Anders beim Schweißen der Hochtemperaturthermoplaste, hier werden gleichbleibende Ergebnisse erzielt. Ein außerordentlicher Vorteil ist die Möglichkeit, auf mit Trennmitteln verunreinigten Oberflächen zu schweißen. Der Schweißaustrieb treibt auch die Verunreinigungen aus, was den Reinigungs- und Schleifaufwand überflüssig macht. In allen getesteten Fällen tritt das Versagen entweder im CFK oder im Verbindungselement auf, niemals in der Fügezone. Die Schweißparameter (Frequenz, Fügedruck, Amplitude, Schweißzeit) und die Dicke der Funktionsschicht werden so gewählt, dass eine vollständig geschlossene Schweißzone erreicht wird, aber kein „Durchreiben“ der Funktionsschicht erfolgt (Abb. 1).

Weitere Informationen:  
**Thomas Meer,**  
 Airbus Group Innovations,  
 Composite Technologies, Ottobrunn,  
 Telefon +49 (0) 89 / 607-23334,  
 E-Mail: thomas.meer@airbus.com,  
 www.airbus.com



Abb. 4: Mobiles Schweißmodul, auf Roboter montiert

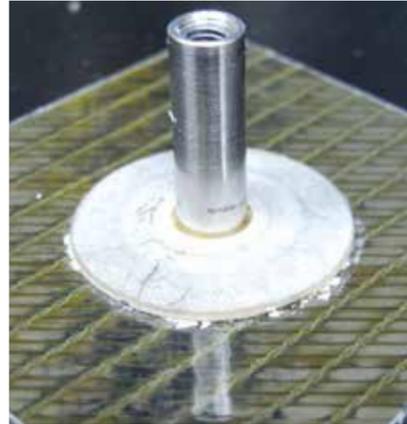


Abb. 5: Geschweißtes Verbindungselement auf CFK mit thermoplastischer Funktionsschicht

## ENTWICKLUNG EINER INNOVATIVEN CARBONFASER FÜR THERMOPLASTISCHE ANWENDUNGEN

Forschungsprojekt MAI CaFeE (Carbon Fiber with enhanced Elongation) gestartet

Das Forschungsprojekt MAI CaFeE (Carbon Fiber with enhanced Elongation) wurde im April 2015 gestartet und hat eine Laufzeit bis Juni 2017. Im Detail geht es um die Entwicklung einer Carbonfaser mit einer deutlich erhöhten Dehnung und einer optimal an das bereits entwickelte Schlichte-System angepassten Oberflächenstruktur. Das Projekt MAI CaFeE kann auf Entwicklungen von MAI polymer, ein laufendes Projekt im MAI Carbon Spitzencluster, zurückgreifen.

Die Zuteilung der Gesamtförderung für das Projekt von 2,9 Mio. Euro erfolgte im Rahmen der Spitzencluster-Förderung des BMBF. Als einer von fünfzehn Technologie-netzwerken der bundesweiten Initiative unterstützt der Spitzencluster MAI Carbon aussichtsreiche Projekte zur Entwicklung von Carbonfaser-Verbundwerkstoffen. Vorangetrieben wird das Forschungsprojekt MAI CaFeE unter der Leitung der SGL Group auch von den beiden Projektpartnern Universität Augsburg und BMW Group. So analysiert der Lehrstuhl für Experimentalphysik II der Universität Augsburg während der Faserentwicklung durch die SGL

Group begleitend Struktur und Eigenschaften der Neuentwicklung. Um einen zeitnahen Praxistest zu gewährleisten, testet gleich anschließend die BMW Group die neu entwickelte Carbonfaser für den Einsatz in Bauteilen. Thermoplastische Faserverbundwerkstoffe als neuartige Materialklasse bieten viele neue Möglichkeiten zur Anwendung und Verarbeitung von Carbonfaser-Materialien. Sie ermöglichen unter anderem kürzere Zykluszeiten, Verschweißbarkeit, Reparaturfähigkeit oder Wiederverwertung und bieten den Kunden damit Kosten- und Verarbeitungsvorteile.



Übergabe des Förderbescheids:  
 Hansjörg Durz (MdB Augsburg-Land),  
 Stefan Müller (Parlamentarischer Staatssekretär des BMBF), Dr. Gabriele Korus (SGL, Projektkoordinatorin), Dr. Renata Seitz (SGL, Projektleiterin) (v.l.n.r.).

## ECCM17

Werden Sie Sponsor anlässlich der European Conference on Composite Materials ECCM17 in München!

Erstmals findet der zweijährliche European Congress for Composites Materials ECCM17 in Deutschland statt. Die TUM LCC und der Spitzencluster MAI Carbon des Carbon Composites e.V. sind unter der Schirmherrschaft der European Society for Composites Materials (ESCM) diesmal die Ausrichter des Kongresses, der in München vom 26. bis 30. Juni 2016 stattfinden wird. Die ECCM ist die führende Konferenz für Composite Materialien in Europa und zieht Forscher und Entwickler aus der ganzen Welt an.

Das ICM – Internationales Congress Center direkt an der Messe ist mit entsprechenden Räumlichkeiten und Platz für ca. 1.500 erwartete Fachbesucher der perfekte Ausrichtungsort für dieses Event. Ein attraktives Rahmenprogramm komplettiert die interessanten Präsentationen und Vorträge der ECCM17. Und zum ersten Mal wird ein Abendprogramm mit Raum für Diskussionen und Networking für PhD-Studenten arrangiert werden.

Einen Blick wert sind auch die begleitenden Angebote, mit denen man München und Bayern von ihren schönsten Seiten kennenlernen kann. Nutzen Sie die einmalige Gelegenheit und werden Sie Sponsor anlässlich der ECCM17 in München. Die Promotion-Pakete sind unterschiedlich in Größe und Umfang. Bestimmt ist für Sie bzw. Ihr Unternehmen das Richtige dabei. Selbstverständlich sind auch individuelle Lösungen verhandelbar.

Weitere Informationen:  
**Stefan Steinacker,**  
 Messe- und Veranstaltungskordinator,  
 MAI Carbon Cluster Management GmbH,  
 Telefon +49 (0) 8 21/26 84 11-13,  
 stefan.steinacker@eccm17.org,  
 www.mai-carbon.de,  
 www.eccm17.org

### SPONSORING PAKETE

	Neuschwanstein	Hohenschwangau	Nymphenburg	Residenz
Preis (zzgl. MwSt.)	20.000 €	15.000 €	10.000 €	5.000 €
Standfläche im Ausstellungsbereich	12x2,5m <sup>2</sup>	9x2,5m <sup>2</sup>	6x2,5m <sup>2</sup>	3x2,5m <sup>2</sup>
Anzahl der kostenfreien Registrierungen	Bis zu 4 Komplett- oder 16 Ein-Tages Pässe	Bis zu 4 Komplett- oder 16 Ein-Tages Pässe	Bis zu 3 Komplett- oder 13 Ein-Tages-Pässe	Bis zu 2 Komplett- oder 8 Ein-Tages-Pässe
Platzierung bei den Sponsoren im Programmheft (gedruckt und online)	1. Kategorie	2. Kategorie	3. Kategorie	4. Kategorie
Unternehmensname sichtbar an/bei...	Anmeldungstheke und bei offiziellen Events	Anmeldungstheke	Bei offiziellen Events	-
Einlagen in Teilnehmer-Paket	4 Seiten	2 Seiten	1 Seiten	-
Nennung auf Printmedien als offizieller "ECCM17 Sponsor"	x	x	x	x
Unternehmensname mit Logo (verlinkt) auf der ECCM17 Webseite	x	x	x	x
Unternehmensname auf Teilnehmer-Badge	x	-	-	-
Unternehmensprofil auf der ECCM17 Webseite	x	x	-	-
Unternehmensprofil-Seite in der Programm-Broschüre	x	-	-	-
Max. Sponsorenanzahl pro Paket	1	2	4	5

### ZUSÄTZLICHE SPONSORING-MÖGLICHKEITEN

	Anzahl	Preis (zzgl. MwSt.)
Tasche/Rucksack	1	2.500 €
Unternehmensname auf Teilnehmer-Badge	1	5.000 €
1-Seite-Einlage in Teilnehmer-Paket	5	2.500 €
Mouse-Pad in Teilnehmer-Paket	1	1.500 €
Notizblock in Teilnehmer-Paket	1	1.000 €
USB-Stick mit Kurzform der Papers	1	1.000 €
Stift in Teilnehmer-Paket	1	750 €

## Vorstudie zur Lebenszyklusanalyse mit ökobilanzieller Bewertung relevanter Fertigungsprozessketten für CFK-Strukturen

**Wie kann ich Bauteile aus CFK energieeffizient herstellen? Welchen Einfluss hat meine Prozessführung auf den Energieverbrauch? Welchen Impact haben die Entwicklungsarbeiten im MAI Carbon Cluster auf die Ressourceneffizienz?**

All diese Fragen beantwortete das Projekt MAI Enviro, initiiert durch das Cluster Management und die Fraunhofer-Institute ICT-FIL und IBP Abt. GaBi, wissenschaftlich fundiert und unter industrienahe Randbedingungen.

Folgende Vorgehensweise wurde gewählt:

- Relevante Prozessketten für eine industrienahe Datenerhebung wurden definiert.
- Für die Erhebung von transparenten Prozessbilanzdaten wurden zum einen eine Literaturrecherche (von der Industrie reviewt) durchgeführt und zum anderen vielversprechende innovative Fertigungstechnologien (vgl. Abb. 1) vermessen.
- Die Prozessketten wurden umfassend anhand der generierten Prozessbilanzdaten öko-bilanziell bewertet.

Für alle untersuchten Fertigungstechnologien wurde darüber hinaus ein Leitfaden für eine energieeffiziente Prozessführung erstellt. Ergebnisse hierzu sind exemplarisch für das Resin-Transfer-Moulding (RTM) in Abb. 2 abgebildet. Die durchgeführten Versuche zeigten, dass durch verschiedene Maßnahmen eine Energieersparnis von bis zu 90 Prozent pro Bauteil erzielt werden kann. Diese Maßnahmen waren zum Beispiel:

- automatisierte Abschalten des Hydraulikaggregats in der Injektions- und Aushärtephase, was der gängigen Praxis entspricht
- flächige Auslastung der Presse
- Temperaturminderung von 120 °C auf 80 °C
- Zykluszeitreduktion von zehn auf fünf Minuten.

Mithilfe der erhobenen Prozessbilanzdaten wurde für unterschiedliche Produktionsvarianten der Primärenergiebedarf ermittelt. Dabei lag aufgrund der gesellschaftlichen Relevanz der Fokus auf der Auswertung der nicht regenerativen Ressourcen. Eine Übersicht der Ergebnisse sowie eine Kurzbeschreibung der gewählten Varianten kann Abb. 3 entnommen werden. Insgesamt kann durch den Einsatz regenerativer Energien und durch die Umsetzung unterschiedlicher technologischer Maßnahmen, die im Spitzencluster MAI Carbon ad-

ressiert wurden, der Primärenergiebedarf für die Herstellung von 1 kg CFK um bis zu 68 Prozent im Vergleich zur Ausgangsbasis reduziert werden.

Eine ausführliche Erklärung der Varianten sowie weitere Ergebnisse können demnächst dem Schlussbericht des Projekts MAI Enviro entnommen werden, der im Fraunhofer Verlag veröffentlicht wird.

Weitere Informationen:

**Dipl.-Ing. Denny Schüppel,**

Projektkoordinator MAI Enviro, MAI Carbon Management GmbH, Augsburg, Telefon +49 (0) 8 21/26 84 11-18, E-Mail: denny.schueppel@mai-carbon.de, www.mai-carbon.de,

**Dipl.-Ing. Andrea Hohmann,**

Fraunhofer ICT, Institutsteil Funktionsintegrierter Leichtbau (FIL), Augsburg, Telefon +49 (0) 8 21/9 06 78-234, E-Mail: andrea.hohmann@ict.fraunhofer.de, www.ict.fraunhofer.de/FIL

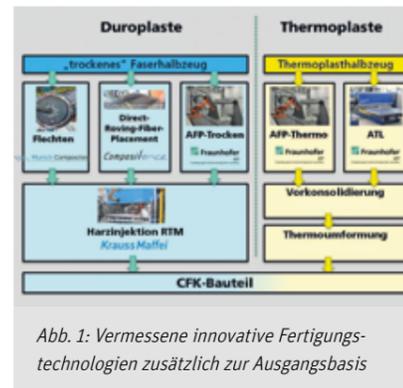


Abb. 1: Vermessene innovative Fertigungstechnologien zusätzlich zur Ausgangsbasis



Abb. 2: Energieeffiziente Prozessführung am Beispiel RTM-Prozess

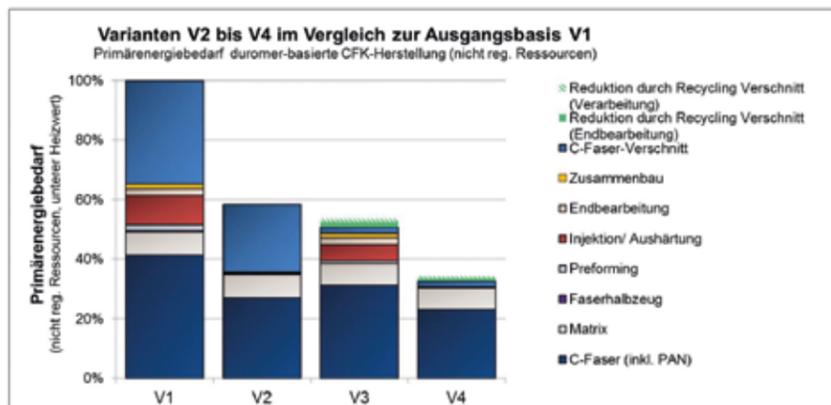


Abb. 3: Primärenergiebedarf (nicht regenerativ) für die duromerbasierte Herstellung von 1 kg CFK inkl. Verschnitt für unterschiedliche Varianten

V1 – Ausgangsbasis: Einsatz von flächigen Halbzeugen; Binderaktivierung in einer IR-Heizstrecke mit anschließender Umformung in einer Presse, zehn Minuten Injektions- und Aushärtezeit durch die Verwendung der HPRTM-Technologie, kein Einsatz von regenerativen Energien

V2 – Regenerative Energien: Einsatz von regenerativen Energien in der Precursor-, Carbonfaser- und Bauteilherstellung

V3 – Technologische Prozessoptimierung: Optimierter Energieeinsatz in der Carbonfaserherstellung, Reduktion der Verschnitttrate und des Prozessenergiebedarfs durch den Einsatz der Flechttechnologie sowie der Zykluszeit beim HPRTM-Prozess, Recycling von Verschnittresten

V4 – Kombination aus V2 & V3

## MAI Carbon-Delegation besucht Oberösterreich

**Im November 2014 hatte der Spitzencluster MAI Carbon Besuch von einer Delegation aus Österreich erhalten. Nun erfolgte der Gegenbesuch: Vier Partner des Spitzenclusters reisten auf Einladung der Wirtschaftskammer Oberösterreich nach Linz.**

Die Besucher aus der Region München-Augsburg-Ingolstadt, die im Spitzencluster MAI Carbon, einem Projekt des Carbon Composites e.V. (CCeV), an der Zukunft des Werkstoffes arbeiten, wurden von Vertretern des Beirates und Mitgliedern der Leichtbauplattform A2LT sowie Vertretern der Wirtschaftskammer Oberösterreich begrüßt.

Das Besuchsprogramm sah auch die Besichtigung von Forschungseinrichtungen und Produktionsunternehmen vor. Besucht wurden das Institut für konstruktiven Leichtbau der Johannes Kepler Universität Linz, das Transfercenter für Kunststofftechnik in Wels, die Fill Gesellschaft m.b.H. in Gurten und die FACC AG in St. Martin im Innkreis. Die Teilnehmer zeigten sich durchweg po-



Eine Delegation der Partner im Spitzencluster MAI Carbon war zum Informationsaustausch in Oberösterreich zu Besuch.

sitiv beeindruckt. „Und es gab auch schon erste Anzeichen, dass sich die Besuche bei einigen Teilnehmern in einer Vertie-

fung der Geschäftsbeziehungen auszeichnen könnten“, so Organisator Stefan Steinacker von MAI Carbon.

## Beste Referenzen in der Luft- und Raumfahrt-Industrie.

Mit der frühen Spezialisierung auf die Zerspanung neuer, faserverstärkter Werkstoffe wie GFK und CFK, hat sich Hufschmied mittlerweile als anerkannter Partner bei Herstellern und Zulieferern fest etabliert.

Werkstoff- und prozessoptimierte Werkzeuge sorgen dafür, die hohen Qualitätsanforderungen dieser Industrien mehr als nur zu erfüllen. Und mit kosteneffizienten Bearbeitungsstrategien die Herstellungskosten signifikant zu senken.

**Hufschmied. Einen Schnitt voraus.**

Hufschmied Engineers sind bei der Bearbeitung von Faser-Verbundwerkstoffen die richtigen und kompetenten Ansprechpartner.

**HUFSCHMIED Zerspanungssysteme GmbH**  
Edisonstraße 11 d · 86399 Bobingen  
Tel.: 0 82 34/96 64-0

Mehr Informationen finden Sie im Internet unter:  
[www.hufschmied.net](http://www.hufschmied.net)

Ausstellung „Harter Stoff“ bis Mai 2016 zu sehen

Im Deutschen Museum in München hat die Ausstellung „Harter Stoff – Carbon das Material der Zukunft!“ ihre Zelte abgebaut – um sie ab September 2015 im Deutschen Museum in Bonn neu aufzuschlagen: Dort ist die Schau des Spitzenclusters MAI Carbon bis Mai 2016 zu sehen.

In München besuchten von 15. Mai 2014 bis 12. Juli 2015 genau 158.261 Menschen die Sonderausstellung „Harter Stoff“. Es wurden über 150 Einführungen von MAI Carbon abgehalten. Seit 1. September ist sie nun in der Zweigstelle des Deutschen Museums in Bonn zu sehen. Die Ausstellung in Bonn läuft bis zum 29. Mai 2016.

Wie schon in München können auch in Bonn Führungen und Workshops zum Thema Carbon speziell für Schulklassen gebucht werden. Weitere Informationen hierzu unter [www.deutsches-museum-bonn.de](http://www.deutsches-museum-bonn.de).

Die Verantwortlichen des Spitzenclusters MAI Carbon bedanken sich besonders bei den Leihgebern und beim Team des Deutschen Museums sowie den Mitgliedern.



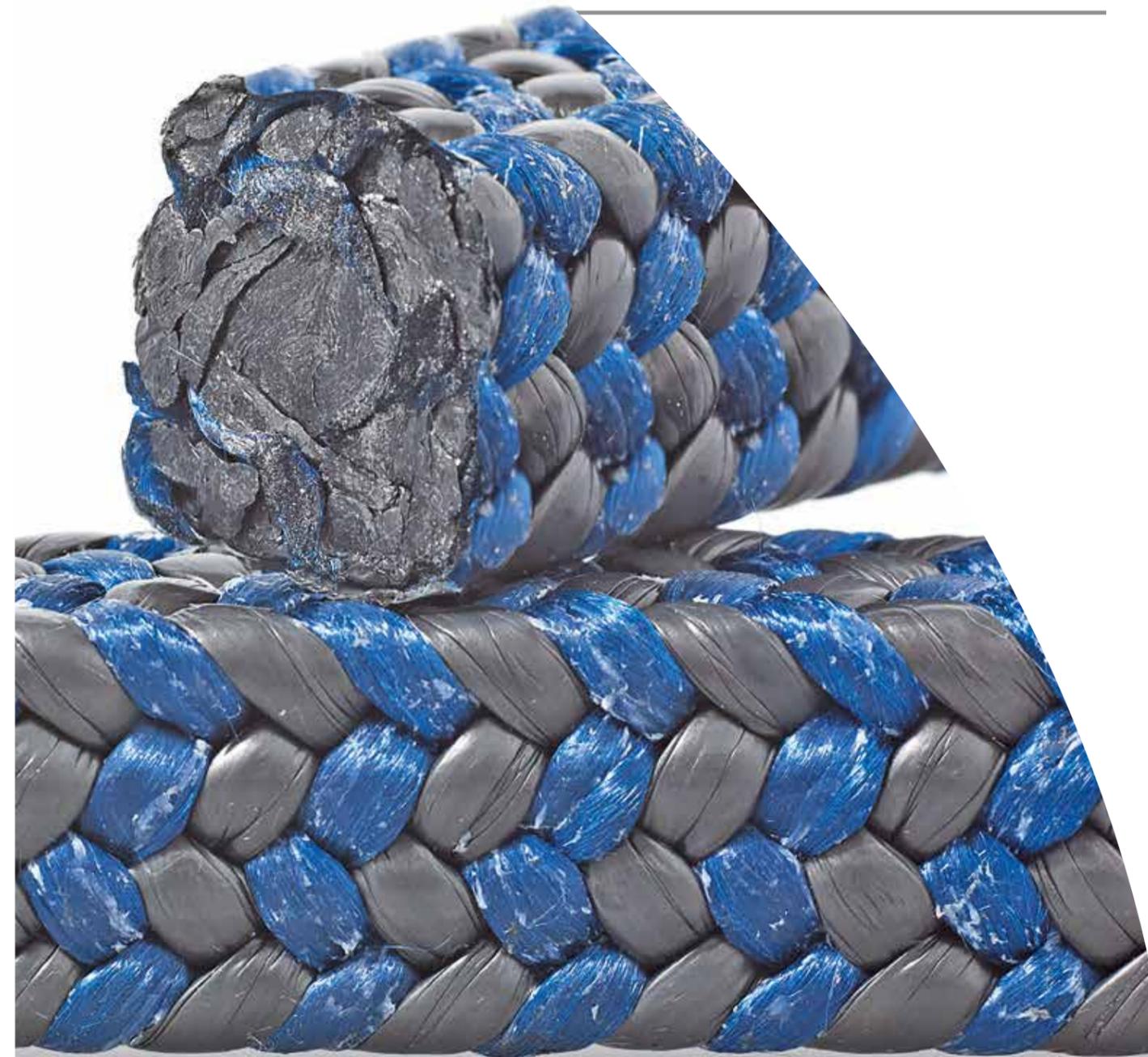
## Ihre News – unser Service

Der Redaktionsschluss für das nächste Carbon Composites Magazin ist der **15. Januar 2016**.

Gerne können Sie uns Ihre Meldungen und Berichte schon vorher zusenden oder uns in Ihren Presseverteiler aufnehmen: „Neues aus den Mitgliedsunternehmen“ veröffentlichen wir gerne auf der Website des CCeV unter [www.carbon-composites.eu](http://www.carbon-composites.eu).

Weitere Informationen:

**Doris Karl**, CCeV, Presse- und Öffentlichkeitsarbeit,  
Telefon +49 (0) 8 21/26 84 11-04,  
E-Mail: [doris.karl@carbon-composites.eu](mailto:doris.karl@carbon-composites.eu)



# VLIESTOFFE ALS ZWEITES LEBEN DER CARBONFASER

Erweiterung der Kompetenzen im Bereich Verarbeitung von rezyklierten Carbonfasern am STFI

Seit 2005 bilden die Aufbereitung von trockenen Carbonfaserabfällen sowie die Vliesstoffherstellung aus den zurückgewonnenen Fasern einen erfolgreichen Forschungsschwerpunkt der Chemnitzer Textilforscher. Die Mischung der rezyklierten Carbonfasern mit Pflanzenfasern sowie die Suche nach alternativen Verfestigungsarten sind zwei der aktuellen Forschungsschwerpunkte.

Zugrunde liegen die Erfahrungen zur Aufbereitung von trockenen Carbonfaserabfällen und ihrer Weiterverarbeitung zu kardierte Vliesstoffen, die mittels Nadeltechnologie oder Nähwerktechnologie verfestigt werden. Darauf aufbauend werden im Rahmen von acht aktuellen Forschungsvorhaben neue Verfahrens- und Produktansätze betrachtet. Die Untersuchungen werden auf der im Kompetenzzentrum Vliesstoffe des STFI e.V. verfügbaren Technikumsanlage mit 1,0 m Arbeitsbreite durchgeführt.

Im aktuellen Forschungsvorhaben „CFPlant“ wird das Potenzial untersucht, das sich aus der teilweisen Substitution von Naturfasern durch rezyklierte Carbonfasern (rCF) in vliesstoffbasierten Formteillösungen mit Polypropylen-Matrix ergibt. Erste Versuchsreihen zeigen, dass besonders die Zugeneigenschaften vom rCF-Anteil profitieren. Wird nur ein Drittel der eingesetzten Hanffaser durch rCF ersetzt, steigt das E-Modul um mehr als das Doppelte. Die Biegeeigenschaften verhalten sich dagegen eher moderat. Das Biegemodul erreicht Bestwerte bei 50 Prozent Substitution durch rCF, während die Biegespannung selbst wenig beeinflusst wird. Im nächsten Schritt wird der mit 1.600 g/m<sup>2</sup> für die Anwendung typische Flächenmassebereich schrittweise weiter reduziert, um bei vergleichbaren Festigkeiten leichter zu werden.

Ein weiterer Schwerpunkt sind die unter dem Projekttitel „CarboLace“ laufenden Untersuchungen zur Nutzung der Spunlace-Technologie (Wasserstrahlverfestigung), um Vliese aus bis zu 100 Prozent rCF zu verfestigen. Vorteile dieser alternativen Verfestigungsmethode gegenüber den bisher genutzten Verfahren werden insbesondere bei der



Technikumsanlage zur Verarbeitung von Carbonfasern im STFI e.V.

gleichmäßigen Oberflächenbeschaffenheit, der erhöhten Faserdichte, dem somit erhöhten Leichtbaupotenzial und in der besseren Drapierbarkeit erwartet.

Erste Untersuchungsergebnisse zeigen, dass der Einsatz der Spunlace-Technologie für die Verfestigung von kardierte Vliesen aus bis zu 100 Prozent Carbonfasern und in Mischungen von Carbonfasern mit thermoplastischen Fasern technisch machbar ist. In den bisherigen Versuchen konnten Vliesstoffe im Flächenmassebereich bis 300 g/m<sup>2</sup> verfestigt werden.

Mit den im Jahr 2015 beginnenden Arbeiten zur Errichtung eines Zentrums für textilen Leichtbau am STFI e.V. werden die vorhandenen Kompetenzen des Hauses im Bereich Carbonfaserverarbeitung, Carbonfilamentverarbeitung, Faserverbundherstellung und Faserverbundprüfung gebündelt.

Im Bereich der Verarbeitung von (rezyklierten) Carbonfasern werden Anlagen zur Herstellung von kardierte und aerodynamisch gelegten Vliesstoffen sowie zur Band- und Garnherstellung für Forschungs- und Entwicklungsaufgaben im semi-industriellen Bereich bereitstehen.

Aktuelle Entwicklungen im Bereich des Textilrecycling, insbesondere auch bei der Aufbereitung von trockenen Carbonfaserabfällen, werden auch auf dem vom STFI e.V. organisierten 12. Kolloquium „recycling for textiles“ am 02. und 03. Dezember 2015 thematisiert. Näheres hierzu unter [www.stfi.de](http://www.stfi.de).

Weitere Informationen:

**Dipl.-Ing. Bernd Gulich**,  
Telefon +49 (0) 3 71/52 74-204,  
E-Mail: [bernd.gulich@stfi.de](mailto:bernd.gulich@stfi.de),  
**Dipl.-Ing. (BA) Marcel Hofmann**,  
Telefon +49 (0) 3 71/52 74-205,  
E-Mail: [marcel.hofmann@stfi.de](mailto:marcel.hofmann@stfi.de),  
[www.stfi.de](http://www.stfi.de)



Vliesstoff aus Carbonfasern, Naturfasern und Polypropylen sowie daraus hergestelltes Formteil



Vergleich vernadelter Vliesstoff (l.) und wasserstrahlverfestigter Vliesstoff (r.) beide bestehend aus 100 Prozent rCF



# ZUKÜNFTIGE MATRIXSYSTEME FÜR FASERVERBUNDANWENDUNGEN

CCeV-Arbeitsgruppen treffen sich auf dem European Polymer Congress in Dresden

Für das Treffen der Arbeitsgruppen „Faser-Matrix-Haftung“ und „Matrices“ des CCeV im Juni 2015 hatten die Verantwortlichen den internationalen Rahmen des European Polymer Congress gewählt. Im Ergebnis der Veranstaltung wurde ein Positionspapier zum Thema „Zukünftige Matrixsysteme für Faserverbundanwendungen“ vorgelegt.



Prof. Dr. Volker Warzelhan, Vorstandsmitglied des CCeV (l.), und Prof. Dr. Michael Heine, Universität Augsburg und CCeV-Arbeitsgruppenleiter „Matrices“ (r.), im Gespräch mit Mitgliedern der CCeV-Arbeitsgruppen und Teilnehmern der EPF-Konferenz in Dresden.

Für das erste gemeinsame Treffen ihrer Arbeitsgruppen hatten Dr. Christina Scheffler (Leibniz-Institut für Polymerforschung Dresden e.V. und Arbeitsgruppenleiterin „Faser-Matrix-Haftung“) und Prof. Dr. Michael Heine (Universität Augsburg und Arbeitsgruppenleiter „Matrices“) bewusst den internationalen Rahmen der European Polymer Federation (EPF)-Konferenz am 25. Juni 2015 gewählt. Der Einladung zu diesem größten europäischen Treffen auf dem Gebiet der Polymerforschung folgten über 1.100 Wissenschaftler von Forschungseinrichtungen und Unternehmen aus aller Welt. Parallel zum Kongress diskutierten Dr. Scheffler und Prof. Dr. Heine mit über 40 Vertretern aus Wissenschaft und Industrie aktuelle Trends und Entwicklungen. Dabei ging es um neue Ansätze zur Faser-Matrix-Anbindung und um Methoden, die aussagekräftige Werte für die Messung und Charakterisierung dieser Anbindung liefern. Zum anderen wurden aktuelle Forschungs- und Entwicklungsergebnisse im Bereich der Matrices vorgestellt.

Prof. Dr. Heine fasste stellvertretend für beide Arbeitsgruppen die Beiträge in einem

Positionspapier zum Thema „Zukünftige polymere Matrixsysteme für Carbonfaserverbund-Anwendungen“ zusammen. Darin unterstrich er, dass einer breiten, industriellen Herstellung faserverstärkter Kunststoffbauteile noch technologische und wirtschaftliche Herausforderungen gegenüberstehen. So erfordert die Übertragung der Fasereigenschaften in den Verbundwerkstoff ein tiefgreifendes Verständnis für die Wechselwirkungen zwischen der Faseroberfläche und dem Matrixsystem. Die Anpassung und Optimierung dieser Schnittstelle sowie die Sicherung einer reproduzierbaren Qualität des Verbundwerkstoffes sind derzeit große Herausforderungen.

Darüber hinaus ist derzeit die Fertigung von carbonfaserverstärkten Bauteilen mit polymeren Matrices im Vergleich zur Verwendung von herkömmlichen Werkstoffen noch zu zeit- und kostenaufwendig. Ein Großteil der Kosten entsteht beim Konsolidierungsprozess, wenn das flüssige Matrixsystem mit der Faserarchitektur zusammenkommt. Um diese Kosten zu senken und die Fertigungsprozesse zu optimieren, werden neue Werkstoffsysteme benötigt, die

eine kürzere Prozesszeit ermöglichen und schneller aushärten. Derartige Matrixsysteme könnten auf diese Weise direkten Einfluss auf die gesamte Wertschöpfungskette nehmen und bieten großes Potenzial für Prozessinnovationen.

Das große Interesse der Industrie, die Imprägnierungseigenschaften polymerer Matrixsysteme zu verbessern, bestätigt auch Dr. Scheffler: „Die heutige Diskussion hat gezeigt, dass die Ansätze im Bereich der in situ Polymerisation vielversprechend sind und auch teilweise schon umgesetzt werden. Die Anforderungen an Matrixsysteme für die Serienproduktion von faserverstärkten Bauteilen für etwa den Automobil- oder Luftfahrtbereich sind jedoch sehr hoch und erfordern kontinuierliche intensive Forschungsarbeiten.“

Weitere Informationen:

**Julia Konrad**,  
Carbon Composites e.V.,  
Abteilung CC Ost, Dresden,  
Telefon: +49 (0) 3 51/46 34 26 41,  
E-Mail: [julia.konrad@carbon-composites.eu](mailto:julia.konrad@carbon-composites.eu),  
[www.cc-ost.eu](http://www.cc-ost.eu)

# VORAUSSAGE

## Skalenübergreifende Simulation textiler Verstärkungsstrukturen für FKV

Bei der Herstellung und Auslegung von Faserkunststoffverbunden gewinnt die Simulation textiler Verstärkungsstrukturen zunehmend an Bedeutung. Sie unterstützt die Bauteilauslegung und hilft somit, das enorme Leichtbaupotenzial von FKV besser zu nutzen.

Bei gezielter Auswahl der Verstärkungsstruktur und effizienten, maßgeschneiderten Fertigungsprozessen ermöglichen Faserkunststoffverbunde (FKV) eine wettbewerbsfähige Bauteilherstellung mit erhöhtem Leichtbaugrad. Eine besondere Herausforderung liegt aufgrund der anisotropen Eigenschaften der textilen Verstärkungsstrukturen in den gestalterischen und konstruktiven Aspekten der Bauteilauslegung. Eine Abweichung der Faser- von der Last- richtung von 10° bedeutet bereits eine Reduktion der Zugfestigkeit um ca. 35 Prozent und der Steifigkeit um ca. 20 Prozent. Handhabungs- und Drapierprozesse während der Bauteilherstellung können zusätzlich undefinierte Verschiebungen der Fasern und somit Fehlstellen hervorrufen.

Drapiersimulationen auf Basis der Finiten-Elemente-Methode (FEM) analysieren die während der Umformung von textilen Strukturen auftretenden Strukturdeformationen. Diese Simulationen ermöglichen die Vorhersage von Faserorientierungen, von durch Scherung verursachten Zonen mit hohem Faservolumengehalt und von Fehlstellen (z. B. Gassen, Falten). Weiterhin erlaubt die Drapiersimulation Machbarkeitsstudien zur Umformung textiler Verstärkungsstrukturen zur zielgerichteten Prozess-, Struktur- und Werkzeuggeometriegestaltung. Am Institut für Textilmaschinen und Textile Hochleistungswerkstofftechnik (ITM) der TU Dresden wurden Materialmodelle für textile Verstärkungsstrukturen wie beispielsweise

Gewebe und Gelege entwickelt und in die kommerzielle Software LS-DYNA® implementiert. Für die zeiteffiziente Simulation auf der Makroebene wurde das makroskopische Materialverhalten der Verstärkungsstrukturen eingehend untersucht und homogenisierte Materialgesetze abgeleitet. Die nichtlinearen Materialeigenschaften technischer Textilien aus Hochleistungsfasern wie die hohe Zugsteifigkeit und die vergleichsweise sehr geringe Scher- und Biege- steifigkeit werden bei der Simulation ebenso berücksichtigt wie die prozessbedingten Randbedingungen (Abb. 1).

Weiterhin wurde die textile Struktur auf einer geringeren Diskretisierungsstufe, der Mesoskala, modelliert (Abb. 2). Dabei steigt zwar der Modellierungs- und Rechenaufwand, die Aussagekraft dieser höher aufgelösten Modelle ist jedoch wesentlich größer. Defekte auf der Garnebene können präzise vorhergesagt und material- oder prozessseitige Maßnahmen zur Unterdrückung dieser Effekte gezielt getroffen werden.

Weitere Informationen:

**Dr. Thomas Gereke,**  
Forschungsgruppenleiter Struktur- und Prozesssimulation,  
Technische Universität Dresden,  
Institut für Textilmaschinen und  
Textile Hochleistungswerkstofftechnik,  
Telefon +49 (0) 3 51/46 33 93 00,  
E-Mail: i.textilmaschinen@tu-dresden.de,  
www.tu-dresden.de/mw/itm

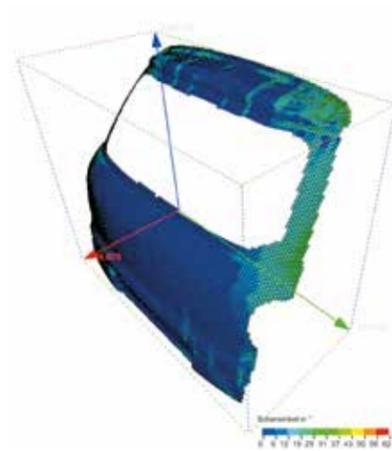


Abb. 1: Drapiersimulation einer Heckklappe mit einem Makroskalenmodell

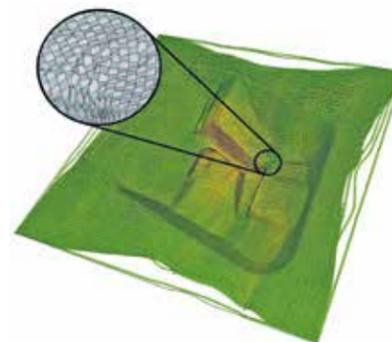


Abb. 2: Drapiersimulation eines komplexen Automobilbauteils mit einem Leinwandgewebemodell (Mesoskala) und simulierter Faltenbildung

# HYBRIDE SANDWICHVERBUNDE

## Aluminiumschaum mit thermoplastischem Laminat verstärkt

An der Technischen Universität Chemnitz wird im Bundesexzellenzcluster MERGE die Verknüpfung von metall-, kunststoff- und faserintensiven Technologien für multifunktionale Leichtbaustrukturen erforscht.

Eine dieser erfolgreichen Verknüpfungen sind hybride Sandwichstrukturen aus einem pulvermetallurgischen Schaumkern mit hochfesten Deckschichten aus hybriden Laminaten. Der pulvermetallurgische Alumi-

niumschaumkern wird am Fraunhofer IWU in Chemnitz hergestellt. Die Deckschichten sind hybride Laminaten auf thermoplastischer Basis (Professur Verbundwerkstoffe). Sie bestehen aus Schichten von unidirektional fa-

serverstärktem thermoplastischen Kunststoff (Polyamid) und einer Aluminiumlegierung (EN AW-6082-T4). Die Verstärkungskomponente im Kunststoff kann wahlweise aus Glas-, Kohlenstoff- oder Basaltfaser sein.

Aufbau, Anzahl und Orientierung der Schichten lassen sich beliebig variieren und bestimmen die Dicke sowie die Eigenschaften des hybriden Laminats. Die Verbindung von Kernwerkstoff und Deckschicht erfolgt über die thermoplastische Matrix in einem Heißpressvorgang.

Die geringe Dichte des Aluminiumschaums in Kombination mit der hohen Festigkeit der Laminaten ergibt eine hervorragende Leichtbaukombination. Durch geeignete Oberflächenbehandlung des Schaumkerns kann eine optimale Kraftübertragung im Sandwich erreicht werden. Die hybriden Sandwiches haben eine Dicke von 11 mm und eine Dichte von 1,0 g/cm<sup>3</sup>. Die Aluminiumdeckschicht sorgt für eine hervorragende Schadenstoleranz mit elastisch-plastischem Verhalten der Sandwiches im Biegeversuch. Die Biegesteifigkeit konnte um das Achtfache im Vergleich zum Schaumkern gesteigert werden\*. Auch die Kraft bis zum Versagen des Schaumkerns lässt sich deutlich steigern. Die hohe Flexibilität in der Schaumkernherstellung und die Variabilität bei den hybriden Laminaten ermöglicht es, künftig maßgeschneiderte Sandwichwerkstoffe zu entwickeln. Großes Potenzial liegt in der freien Formgebung des Schaumkerns und der Deckschichten, wodurch auch komple-

xere Bauteile möglich sind. Erste Anwendungen, die mit dem Material im Rahmen des Bundesexzellenzcluster MERGE realisiert werden sollen, sind Leichtbaufelgen und Querlenker für ein Demonstratorfahrzeug.

Weitere Informationen:

**Dipl.-Ing. Maik Trautmann,**  
**Prof. Dr.-Ing. habil. Daisy Nestler,**  
**Univ.-Prof. Dr.-Ing. Guntram Wagner,**  
Professur für Verbundwerkstoffe,  
TU Chemnitz,  
Telefon +49 (0) 3 71/53 13 65 46,  
E-Mail: daisy.nestler@mb.tu-chemnitz.de,  
www.tu-chemnitz.de/mb/lvw,  
www.tu-chemnitz.de/MERGE

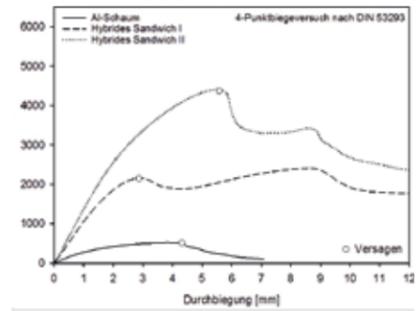


Abb. 2: Biegeversuch an hybriden Sandwichen mit Deckschichten aus Metall/FKV-Laminaten. Biegesteifigkeit und Kraft bis zum Versagen kann um mehr als das Achtfache gesteigert werden durch Verwendung hybrider Laminaten als Deckschichten.

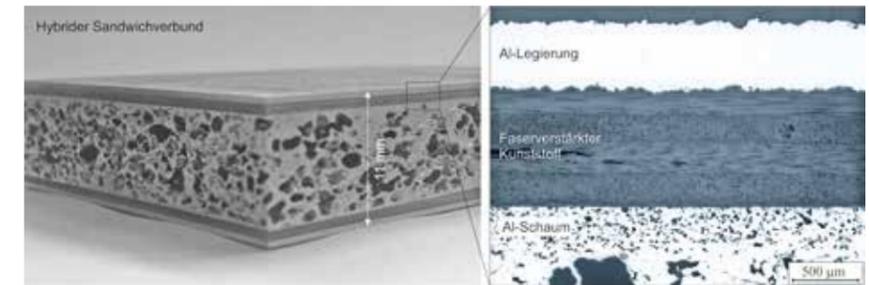


Abb. 1: Hybrider Sandwichverbund mit pulvermetallurgischem Al-Schaumkern und Deckschichten aus faserverstärktem thermoplastischem Hybridlaminat

\* Nestler et al.: New Sandwich Structures Consisting of Aluminium Foam and Thermoplastic Hybrid Laminate Top Layers in Edtmaier, C., Ed., 20th Symposium on Composites: Selected, peer reviewed papers from the 20th Symposium on Composites, July 1-3, 2015, Vienna, Austria, Materials science forum, Trans Tech Publ, Pfaffikon, 797-805

A MEMBER OF MISTRAS

**GMA-WERKSTOFFPRÜFUNG.GMBH**

**NADCAP ZERTIFIZIERTE WERKSTOFFPRÜFUNGEN**

Als **zertifizierter** und **akkreditierter Prüfdienstleister** mit über 30 Jahren Erfahrung in der **Werkstoffprüfung** und **Qualitätssicherung** prüfen wir im Rahmen der **Abnahme**, des **Wareneingangs**, der **Qualitätssicherung**, in **Schadensfällen** und auf **individuelle Anfrage**.

Als Ergänzung zur **Qualitätssicherung entlang der Produktionskette** und der **Herstellung von Bauteilen**, umfassen die Materialprüfungen sowohl **Metalle** als auch **Verbund- bzw. Faserverbundwerkstoffe (CFK und GFK)**.

Unser **Prüfportfolio** :

- **Zerstörungsfreie Prüfungen**
- **Zerstörende Prüfungen**
- **Sonderprüftechniken**

GMA-WERKSTOFFPRÜFUNG GMBH  
BÜRGERMEISTER-WEGELE-STR. 12, 86167 AUGSBURG  
TEL.: +49 (0)821 56747-271  
WWW.GMA-GROUP.COM

# CFK-STRUKTUREN AUS DEM DRUCKER

CCeV baut sein Kompetenznetzwerk zur additiven Fertigung aus

**Additive Fertigungstechnologien haben in den letzten Jahren eine rasante Entwicklung erfahren. Mit einem Thementag zur „Generativen Fertigung“ Anfang Juli 2015 hat der CCeV dieses hochaktuelle Thema aufgegriffen und wird die Entwicklungspotenziale insbesondere in Bezug auf faserverbundintensive Mischbauweisen künftig in einer neuen Arbeitsgruppe näher beleuchten.**

Bei der Fertigung von individualisierten, geometrisch komplexen Bauteilen stoßen traditionelle Fertigungsverfahren oft an ihre technologischen und wirtschaftlichen Grenzen. Additiv-generative Verfahren – ursprünglich entwickelt zur effizienten Herstellung von Mustern und Prototypen – bieten hierbei besondere Einsatzpotenziale, die infolge einer stetigen Entwicklung von Prozessen und Werkstoffen mittlerweile auch für die Kleinserienproduktion hoch interessant sind. Unter „additiv“ werden dabei Herstellungsverfahren zusammengefasst, mit denen auf Basis von 3D-Konstruktionsdaten körperliche Modelle schichtweise aufgebaut werden. Durch bessere Materialausnutzung, kürzere Fertigungszeiten und große Flexibilität bieten diese vielfältigen Fertigungstechnologien großes Potenzial zur Realisierung von Ultra-Leichtbaustrukturen.

Diesem weitreichenden Themenkomplex widmete der CCeV einen ersten Thementag am Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik IWS Dresden. Über 40 Teilnehmer aus Wissenschaft und Wirtschaft erörterten an diesem Tag die Potenziale sowie die kurz- und mittelfristig zu erwartenden technologischen Fortschritte, aber auch die Risiken und aktuellen Defizite.

Prof. Dr.-Ing. Christoph Leyens vom Fraunhofer IWS eröffnete den Thementag mit einem Überblick zu den aktuellen Forschungsarbeiten am IWS. Er betont die Vorteile von additiv-generativen Fertigungsverfahren, wie eine schnellere Verfügbarkeit des Bauteils oder Kosteneinsparungen. „Unser Ziel ist es, bis zum Jahr 2020 additiv-generativ hergestellte Produkte auf den Markt zu bringen, deren Eigenschaften 20 Prozent besser und deren Kosten 20 Prozent niedriger sind als die konventionell gefertigten Bauteile“, so Prof. Leyens. Diese Optimierungen führen künftig zu erheblich mehr Anwendungsmöglichkeiten. Trotzdem werden sie die konventionellen Fertigungsverfahren nie ganz ersetzen, sondern sie immer nur dort ergänzen, wo es sinnvoll ist.

Auch die sich anschließenden Vorträge und Diskussionen beleuchteten den Reifegrad unterschiedlicher Technologien aus Sicht der Entwickler und Anwender.



Prof. Dr.-Ing. Christoph Leyens vom Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik IWS Dresden im Gespräch mit den Teilnehmern des Thementages „Generative Fertigung“

Als eine große Herausforderung identifizierten die Experten dabei die Interaktion zwischen Verfahrensparametrierung und resultierender Werkstoffqualität. Denn Werkstoff und Bauteil entstehen gleichzeitig, sodass technologische und methodische Parallelen zu klassischen Verbundwerkstoffen evident sind. Ebenso vielfältig wie bei den herkömmlichen Verbundwerkstoffen sind mittlerweile auch die Anwendungen additiv-generativ gefertigter Bauteile. Von der Automobiltechnik über den allgemeinen und konstruktiven Maschinenbau, die Medizintechnik bis hin zur Archäologie und Architektur.

Jedoch fehlt es auf breiter Front noch weitgehend an konstruktiv-technologischem Expertenwissen. Dipl.-Ing. Christian Seidel vom Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU zeigte hierzu das Potenzial der additiven Fertigung an zahlreichen industrierelevanten Beispielen auf und führte aus: „Design for additive – das Denken in Funktionen ist die Grundvoraussetzung für den wirtschaftlichen Serieneinsatz des Additive Manufacturing“.

Das Forschungsfeld der additiv-generativ gefertigten Bauteile ist sehr breit und umfasst derzeit die gesamte Wertschöpfungskette von der Prozess- und Anlagentechnologie über die Werkstoffe bis hin zu neuartigen Geschäftsmodellen. „Die Vielzahl an Themen und Schnittmengen mit klassischen Faserverbundthemen ist beeindruckend“, so Dipl.-Ing.

Marco Zichner, Geschäftsführer der Leichtbau-Systemtechnologien Korropol GmbH und Arbeitsgruppenleiter. „Wir sehen heute sehr klar erhebliche Potenziale für die Hochleistungsfaserverbundwerkstoffe. Beispielgebend sind hier generativ gefertigte CFK-Strukturen, wie sie die Kollegen vom Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik der TU Dresden erstmals gezeigt haben, oder belastungsgerechte Inserts zu nennen.“

Vor diesem Hintergrund wird der CC Ost die Aktivitäten künftig in einer eigenständigen Arbeitsgruppe „Additive Fertigung“ bündeln und fokussieren. Schwerpunkt wird neben der Technologieentwicklung zur additiven Fertigung lastpfadgerechter Faserverbundstrukturen auch der werkstoffübergreifende Ansatz sein. In Zukunft soll so der dreidimensionale additive Aufbau von etwa Strukturen in Faserverbund-Metall-Mischbauweise möglich werden. Eine besondere Herausforderung stellt dabei die gezielte Einstellung der Bauteileigenschaften dar, um letztendlich den Übergang von der Prototypen- zur Serienfertigung sicherzustellen.

Weitere Informationen:  
**Julia Konrad**,  
Carbon Composites e.V.,  
Abteilung CC Ost,  
Telefon +49 (0) 3 51/46 34 26 41,  
E-Mail: julia.konrad@carbon-composites.eu,  
www.cc-ost.eu

## ZUKUNFT HAT, WER ZUKUNFT SCHAFFT

Systemleichtbau als Vorreiter für vernetzte Prozessketten

**Auch in diesem Jahr war der CCeV mit seiner Regionalabteilung CC Ost wieder als Partner auf dem Branchentreff der Leichtbauer vertreten. Zum Thema „Systemleichtbau als Vorreiter für vernetzte Prozessketten – Zukunft hat, wer Zukunft schafft“ diskutierten über 400 Teilnehmer zum 19. Internationalen Dresdner Leichtbausymposium am 18. und 19. Juni 2015 die Rolle des Systemleichtbaus in gegenwärtigen und zukünftigen Anwendungen für die Branchen Automobilbau und Verkehrstechnik, Luftfahrt, Maschinen- und Anlagenbau sowie Medizintechnik und Bauwesen. Gastgeber und wissenschaftlicher Leiter des internationalen Branchentreffs war Prof. Dr.-Ing. habil. Werner Hufenbach, Vorstandsmitglied und Seniorprofessor am Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik (ILK) der Technischen Universität Dresden.**

Insgesamt stellten 35 Referenten aus unterschiedlichen Wirtschafts- und Wissenschaftsbereichen ihre Sichtweisen auf die Herausforderungen der Zukunft im Hinblick auf den Leichtbau vor. Vernetztes Denken und Handeln spielt dabei eine ebenso wichtige Rolle wie soziale Aspekte. „Die oft noch jungen Prozessketten des modernen Leichtbaus bieten – nicht zuletzt durch die komplexen Herausforderungen der prozessimmanenten Verarbeitung verschiedener Werkstoffe und der Funktionsintegration – eine besondere Chance. Dabei darf aber nicht übersehen werden, dass die Fabrik der Zukunft ein soziales System darstellt – mit dem Menschen im Mittelpunkt. Die Technik hat eine neue soziale Dimension erlangt und die Höhe der Wertschöpfung wird durch den Grad der Wertschätzung bestimmt werden“, so Prof. Hufenbach in seiner Eröffnungsrede.

Dr. Bernd Mlekusch, Leiter des Leichtbauzentrums der AUDI AG, gab einen Einblick in die Trends und künftigen Herausforderungen der Automobilbranche. „Leichtbau ist und bleibt eine der wichtigsten Tugenden des Automobilbaus. Praktisch alle neuen Funktionen bewirken eine Gewichtszunahme, die aus Gründen des CO<sub>2</sub>-Verbrauchs und der Fahrdynamik nicht akzeptabel ist.“

Die nötigen Werkstoffe und Technologien müssen weltweit zur Verfügung stehen und auch für qualifiziertes Fachpersonal muss gesorgt werden.

Auch Dr. Bernd Liepert, Chief Innovation Officer bei der KUKA AG, bezog die soziale Komponente in seine Überlegungen zu zukünftigen Entwicklungen ein. Er legte dar, dass Roboter und Automatisierungssysteme zunehmend unterstützend in allen Bereichen des Lebens zum Einsatz kommen werden. Auf dem Weg zur Industrie 4.0 müssten noch viele technologische Fragestellungen adressiert werden, die vor allem aus den unterschiedlichen Anforderungen der einzelnen Anwendungsfelder – wie dem Leichtbau – resultieren, so Liepert.

Das 20. Internationale Dresdner Leichtbausymposium findet am 9. und 10. Juni 2016 im Deutschen Hygiene-Museum Dresden statt. Weitere Informationen unter [www.leichtbausymposium.de](http://www.leichtbausymposium.de).

Weitere Informationen:  
**Dr.-Ing. Thomas Heber**,  
Carbon Composites e.V.,  
Abteilung CC Ost, Dresden,  
Telefon +49 (0) 3 51/46 34 26 41,  
E-Mail: [thomas.heber@carbon-composites.eu](mailto:thomas.heber@carbon-composites.eu),  
[www.cc-ost.eu](http://www.cc-ost.eu)



Impressionen vom 19. Int. Dresdner Leichtbausymposium

# MODERNE WERKSTOFFE FORDERN NEUE PRÜFMETHODEN

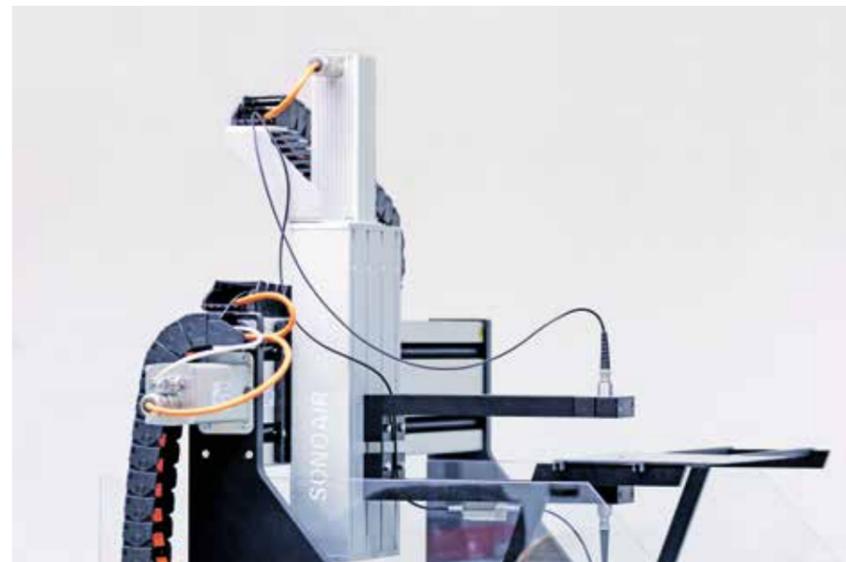
## Kleinprüfanlage prüft Verbundwerkstoffe mit luftgekoppeltem Ultraschall

In vielen Industriebereichen werden zunehmend moderne Verbundwerkstoffe eingesetzt. Die Materialprüfung hinkt dem Erfolg der neuen Materialien jedoch noch hinterher. Gefragt sind flexible Testanlagen zur zerstörungsfreien Materialprüfung (ZfP), die sich auch für den industriellen Einsatz eignen. Das Forschungszentrum Ultraschall (FZ-U) und die SONOTEC Ultraschallsensorik Halle GmbH entwickelten eine solche Ultraschall-Prüfanlage gemeinsam mit regionalen Kooperationspartnern.

Moderne Verbundwerkstoffe wie glas- oder kohlefaserverstärkte Kunststoffe sowie Keramiken (K3) stehen an der Spitze der technologischen Werkstoffentwicklung. Bei Konstruktion und Fertigung der Werkstoffe sowie im industriellen Einsatz spielt die Prüfung auf Fehlstellen in der Klebeverbindung, auf Einschlüsse und Inhomogenitäten an den Fügestellen sowie im Material eine entscheidende Rolle.

Die Kleinprüfanlage wurde speziell für Untersuchungen im Labor konzipiert. Sie funktioniert kontaktlos über Luftkopplung, ein permanenter Andruck des Prüfkopfes auf dem zu untersuchenden Material entfällt. Damit sind entscheidende Voraussetzungen für die Automatisierung gegeben. Die SONOAIR-Anlage kombiniert speziell für die Anwendung entwickelte Prüfköpfe im Frequenzbereich 50 – 400 kHz mit einem leistungsstarken, rauscharmen Verstärker und einem neuartigen, kraftvollen Ultraschallsender. Auf diese Weise garantiert die Anlage aussagekräftige Prüfergebnisse auch bei der Untersuchung stark dämpfender Materialien.

Grundsätzlich gibt es kaum ein Material, das sich mit dieser Anlage nicht prüfen lässt. Dabei erlaubt der Einsatz eines Positionierendes, der sich über ein 3-Achs-Portalsystem steuern lässt, die zweidimensionale Untersuchung der Proben. Eine eigens entwickelte Ansteuer- und Auswertesoftware



Kleinprüfanlage zur Luftultraschallprüfung von Leichtbauteilen

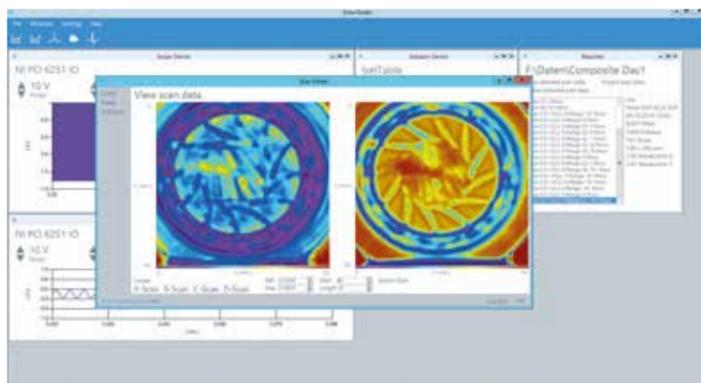
ermöglicht, installiert auf einem Standard-PC, eine farbkodierte Darstellung der untersuchten Fläche in Echtzeit.

Dank der modularen Gestaltung lässt sich das Prüfsystem flexibel an die jeweilige Prüfaufgabe anpassen – beispielsweise durch Variieren der Tischgröße und/oder der Art der eingesetzten Prüfköpfe. Die Send- und Empfangselektronik ist in der Basisvariante einkanalig ausgelegt, kann aber beliebig erweitert werden. So lassen sich auch mehrkanalige Prüfungen realisieren. Insbesondere können eigens entwickelte

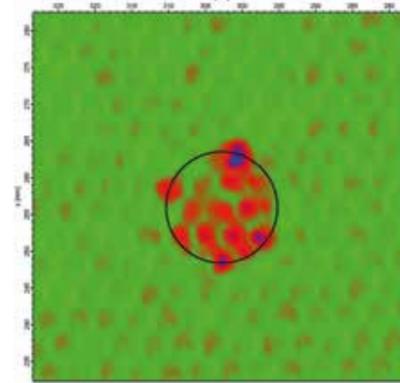
elektronisch fokussierte 400 kHz-Prüfköpfe angesteuert werden, mit denen sich die Bildauflösung vergrößern lässt. Die Anlage ist auf der Composites Europe 2015 in Stuttgart (Stand 7/E02) zu besichtigen.

Weitere Informationen:

**Dr. Ralf Steinhausen,**  
Forschungszentrum Ultraschall gGmbH,  
Halle (Saale),  
Telefon +49 (0) 3 45/44 58 39 10,  
E-Mail: ralf.steinhausen@fz-u.de,  
www.fz-u.de



Prüfsoftware im Einsatz



Prüfergebnis einer Wabenstruktur mit Defekt

# NAM:E

## E-BikeBody – made in Germany

Die Projektpartner REHAU, Storck Bicycle und das Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik (ILK) der TU Dresden präsentieren mit nam:e eine Weltneuheit: ein innovatives Fahrradrahmenkonzept, das die längst verloren geglaubte industrielle Rahmenfertigung von E-Bikes in Deutschland ermöglicht und mit individuellen Designs sowie integrierbaren Funktionen und Überraschungen überzeugt.

Das Besondere ist die modulare Bauweise des Rahmens, welche die konträren strukturellen und antriebstechnischen Anforderungen mit werkstoff- und fertigungstechnischen Herausforderungen vereint. In dem hier entwickelten innovativen Ansatz werden deshalb neuartige Werkstoffe in einem effizienten Fertigungsprozess zur E-BikeBody-Struktur verarbeitet.



E-BikeBody „nam:e“

Schließlich ist es gelungen, das Potenzial der Faserverbundstrukturen maximal auszuschöpfen und die ersten Schritte hin zu einer industriellen Fertigung in Deutschland zu gehen.

Dabei richtet sich das bewusst moderne und individuell gestaltbare Design an eine breite Zielgruppe. Der E-BikeBody lässt sich in allen Wunschfarben fertigen und mit diversen Oberflächenstrukturen sowie auf das Design abgestimmten Extras wie zum Beispiel einem Flaschenhalter oder einem Kindersitz ausstatten. Gleichzeitig ermöglicht es auch Aufladen und sicheres, elegantes Verstauen des Smartphones im Body sowie, ebenfalls im Gehäuse versteckt, viel Platz für Zubehör. Da sich zudem alle gängigen Funktionen optimal integrieren lassen, kann man problemlos das Smartphone mit den Komponenten des E-BikeBody

vernetzen und somit über Apps steuern. Diese Ergebnisse des vom BMWi geförderten Projekts „TherMobility“ zeigen, wie intelligente Mobilität der Zukunft aussehen kann. „nam:e“ war erstmals auf der Euro-bike 2015 in Friedrichshafen öffentlich zu sehen und wird auf der Composites Europe 2015 in Stuttgart von den Projektpartnern dem Fachpublikum vorgestellt.

Weitere Informationen:

**Dipl.-Ing. Michael Krahl,**  
**Dipl.-Ing. Christian Garthaus,**  
**Dipl.-Ing. MBA Michael Stegelmann,**  
Technische Universität Dresden,  
Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik (ILK), Dresden,  
Telefon +49 (0) 3 51/46 33 82 69,  
E-Mail: michael.stegelmann@tu-dresden.de,  
www.tu-dresden.de/mw/ilk



**5** Five years anniversary  
of Comosyst GmbH

*Wer in der Luftfahrt zu Hause ist gehört zu den Innovationstreibern und erfüllt höchste Qualitätsansprüche.*

### ÜBERZEUGEN SIE SICH VON UNSERER QUALITÄT UND UNSEREM SERVICE

Mit über 25 Jahren Luftfahrterfahrung ist die Comosyst GmbH in der Luft zu Hause. Das Unternehmen hat sich auf dem Gebiet der VAP® Vakuuminfusionstechnik weltweit einen Namen gemacht, insbesondere bei der Entwicklung und Herstellung von Strukturen und Fertigungssystemen für den zivilen und militärischen Flugzeugbau.



COMPOSYST GmbH, Gewerbestraße Nord 12, 86857 Hurlach

www.comosyst.com

# DFG-VORHABEN GESTARTET

## Entwicklung eines neuen Materialmodells für gewebeverstärkte Faser-Kunststoff-Verbunde

Im Rahmen einer von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geförderten Sachbeihilfe soll am Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik (ILK) der TU Dresden ein Materialmodell für die Festigkeitsanalyse gewebeverstärkter Faser-Kunststoff-Verbunde (FKV) als Grundlage für die zuverlässige Auslegung von hochbeanspruchten Leichtbaustrukturen entwickelt werden.

Überlagerte Spannungszustände sind charakteristisch für die Lasteinleitungsbereiche von FKV-Bauteilen wie etwa bei Triebwerk-Fanschaukeln oder bei Profilantriebswellen. Sie setzen sich hauptsächlich aus Zug- oder Schubspannungen in der Verbundebene und Druckspannungen quer zur Verbundebene zusammen.

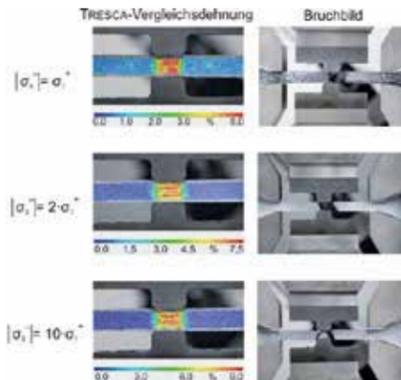
Derzeit fehlen jedoch für die Dimensionierung von solchen Bereichen zuverlässige Werkstoffkennwerte und geeignete Versagenskriterien, die derartige Spannungsinteraktionen und den Einfluss der spezifischen Gewebearchitektur auf das Werkstoffversagen berücksichtigen. Im Fokus entsprechender Untersuchungen am ILK stehen kohlenstofffaserverstärkte Duroplast-Verbundwerkstoffe mit unterschiedlichen Gewebeverstärkungen. An ihnen soll der Einfluss der charakteristischen kompaktierten Gewebearchitektur mit entsprechender Faserondulation und der daraus resultierenden Verzahnung benachbarter Gewebeeinzelagen untereinander auf die Werkstofffestigkeiten untersucht werden. Zur Vertiefung des Materialverständnisses für das Schädigungs- und Bruchverhalten gewebeverstärkter Faser-Kunststoff-Verbunde sol-

len sowohl „virtuelle Prüfungen“ mittels der Finiten-Elemente-Methode als auch experimentelle Prüfungen durchgeführt werden. Hierfür stehen dem ILK-Team aus zahlreichen bereits durchgeführten Forschungsvorhaben und Dissertationen umfangreiche Voruntersuchungen und eigens entwickelte Materialmodelle zur Verfügung.

Weitere Informationen:  
**Dipl.-Ing. Robert Schirner**,  
 Wissenschaftlicher Mitarbeiter,  
 Telefon +49 (0) 3 51/46 34 25 05,  
 E-Mail: robert.schirner@tu-dresden.de,  
**Dr.-Ing. Robert Böhm**,  
 Fachgruppenleiter Materialmodelle,  
 Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik (ILK) der TU Dresden,  
 Telefon +49 (0) 3 51/46 33 80 80,  
 E-Mail: robert.boehm@tu-dresden.de,  
 www.tu-dresden.de/mw/ilk  
**Prof. Dr.-Ing. habil. Maik Gude**,  
 Professur Leichtbaudesign und Strukturbewertung,  
 Telefon +49 (0) 3 51/46 33 81 53,  
 E-Mail: maik.gude@tu-dresden.de



Hochbeanspruchte Faserverbundstrukturen: Triebwerk-Fanschaukeln (l.), Hydraulikzylinder (M.), Profil-Leichtbauwellen (r.)



Experimentelle Versagensanalyse an CF-EP-Gewebeverbunden unter  $s_T$ - $s_3$ -Beanspruchung

# WERKSTOFFÜBERGREIFENDER LEICHTBAU IST DIE ZUKUNFT

FOREL gibt Studie "Chancen und Herausforderungen im ressourceneffizienten Leichtbau für die Elektromobilität" heraus

Wissenschaftler der Forschungsplattform FOREL, dem „Forschungs- und Technologiezentrum für ressourceneffiziente Leichtbaustrukturen der Elektromobilität“, haben zahlreiche Wirtschafts- und Wissenschaftsexperten zu den Herausforderungen und Potenzialen des Leichtbaus in der Elektromobilität befragt. Ziel der jetzt veröffentlichten Studie war es, aktuelle Ansätze auf dem Gebiet des elektromobilspezifischen Leichtbaus zu erfassen sowie Entwicklungs- und Forschungsbedarfe aufzuzeigen.



Die enorme Relevanz der Elektromobilität für die Zukunft der Automobilindustrie bestätigt die Studie ebenso wie wichtige Trends, zu denen Strukturleichtbau, Multi-Material-Design, Hybridprozesse, innovative Füge- und Montagekonzepte sowie neu-

artige Recyclingstrategien zählen. „Nur eine durchgehende, interdisziplinäre Betrachtung der Elektromobilität ermöglicht die Identifizierung und Lösung technologischer und technischer Fragestellungen im Kontext des Leichtbaus“, hebt Prof. Maik Gude vom In-

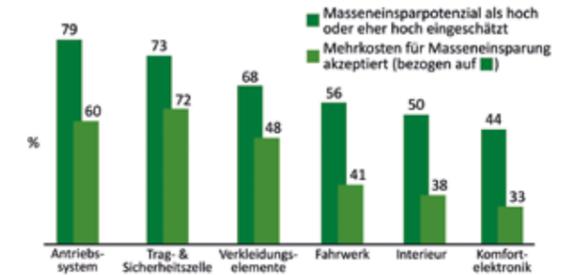
stitut für Leichtbau und Kunststofftechnik (ILK) der TU Dresden hervor. Die wichtigsten Inhalte der Studie werden im Rahmen des ersten FOREL-Kolloquiums, das am 7. Oktober 2015 in Dresden stattfindet, dem Fachpublikum vorgestellt und u.a. mit Vertre-

tern der NPE diskutiert. Interessenten können sich unter [kolloquium.plattform-forel.de](http://kolloquium.plattform-forel.de) über die Veranstaltung informieren und dazu anmelden.

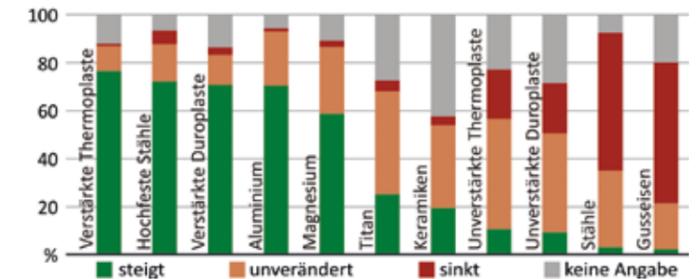
Die FOREL-Studie wurde im Rahmen des FOREL-Koordinationsprojekts unter Leitung des ILK in Zusammenarbeit mit dem Laboratorium für Werkstoff- und Fügetechnik der Universität Paderborn, dem Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaft der TU München und dem Institut für Aufbereitungsmaschinen der TU Bergakademie Freiberg verfasst.

Weitere Informationen:  
**Prof. Dr.-Ing. habil. Maik Gude**,  
 Professur Leichtbaudesign und Strukturbewertung,  
**Dipl.-Ing. MBA Michael Stegelmann**,  
 Technische Universität Dresden,  
 Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik, Dresden,  
 E-Mail: [info@plattform-forel.de](mailto:info@plattform-forel.de),  
[www.plattform-forel.de/studie/](http://www.plattform-forel.de/studie/)

\* Förderhinweis: Dieses Forschungs- und Entwicklungsprojekt wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmenkonzept „Innovationen für die Produktion, Dienstleistung und Arbeit von morgen“ (Förderkennzeichen O2PJ2760 – O2PJ2763) gefördert und vom Projektträger Karlsruhe (PTKA) betreut.



Einschätzung der Befragten, ob Masseneinsparpotenziale in verschiedenen Fahrzeugbereichen vorhanden sind, und die Bereitschaft, dort Mehrkosten zu akzeptieren.



Einschätzung des Werkstoffeinsatzes für strukturell relevante Leichtbauteile in den nächsten fünf Jahren hinsichtlich der Elektromobilität.

# AUSGEZEICHNETE RECYCLINGSTRATEGIEN FÜR DIE ELEKTROMOBILITÄT

## Forschungsvorhaben ReLei zum Leuchtturmprojekt ernannt

Das Verbundvorhaben ReLei „Fertigungs- und Recyclingstrategien für die Elektromobilität zur stofflichen Verwertung von Leichtbaustrukturen in Faserkunststoffverbund-Hybridbauweise“ wurde vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) als Leuchtturmprojekt ausgezeichnet. Dieser Titel hebt die Bedeutung von neuen Recyclingstrategien und ressourceneffizienten Fertigungstechnologien für Leichtbaustrukturen künftiger Elektrofahrzeuge hervor.

ReLei startete unter dem Dach der nationalen Forschungsplattform FOREL am 1. Dezember 2014 und verfolgt das Ziel, Recyclingstrategien zur stofflichen Wiederverwertung von kohlenstofffaserverstärkten Kunststoffen für zukünftige Elektrofahrzeuge zu entwickeln. Neben innovativen Fertigungsprozessen ist – vor allem vor dem Hintergrund der Ressourceneffizienz – eine

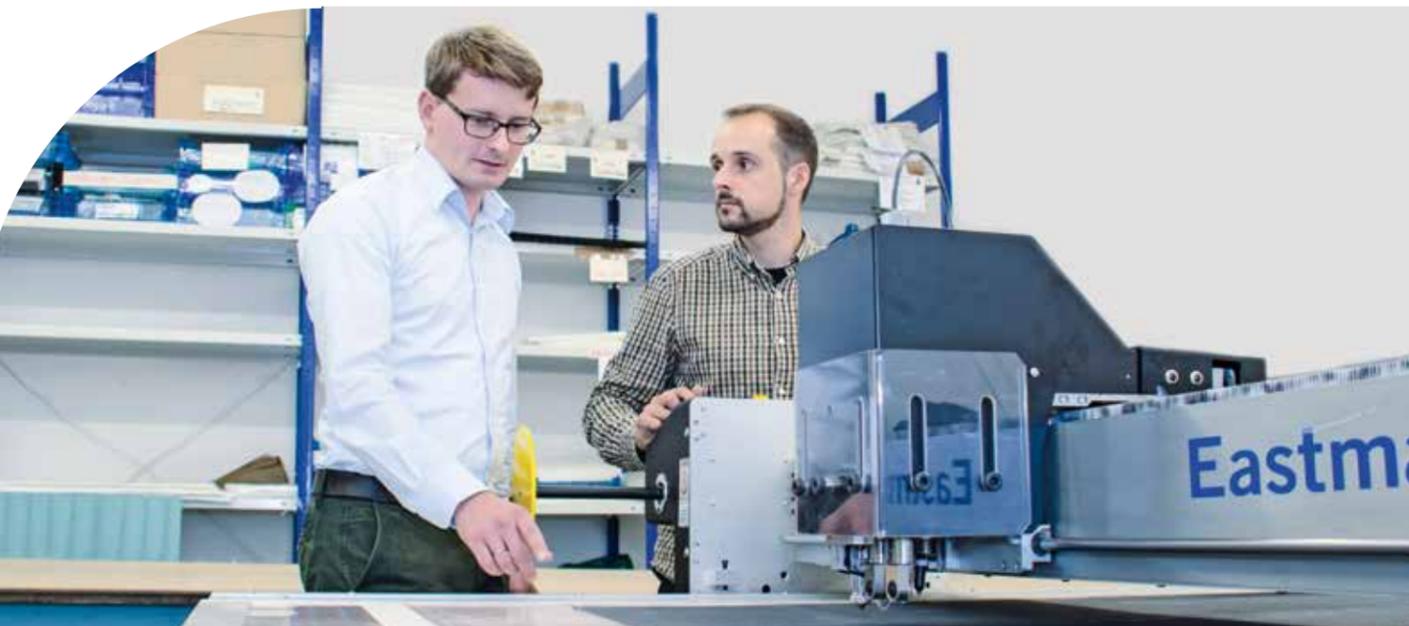
ganzheitliche Recyclingstrategie von essenzieller Bedeutung. Im ReLei-Projektconsortium arbeiten zwölf Partner aus Wissenschaft und Wirtschaft. Die Koordination hat die ElringKlinger AG übernommen gemeinsam mit dem ILK, das als Co-Projekt Koordinator fungiert. „Die Ernennung von ReLei zum Leuchtturmprojekt zeichnet die zielgerichteten Entwicklungen innerhalb von FO-

REL hin zu einer sauberen Mobilität aus“, so Prof. Maik Gude, Projektleiter von ReLei und FOREL sowie Vorstandsmitglied des Instituts für Leichtbau und Kunststofftechnik (ILK) der TU Dresden.

Weitere Informationen:  
**Dipl.-Ing. Jan Luft**,  
 Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik (ILK) der Technischen Universität Dresden, Dresden,  
 Telefon +49 (0) 3 51/46 33 82 98,  
 E-Mail: [jan.luft1@tu-dresden.de](mailto:jan.luft1@tu-dresden.de),  
[www.relei.plattform-forel.de](http://www.relei.plattform-forel.de)

\* Dieses Forschungs- und Entwicklungsprojekt wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmenkonzept „Innovationen für die Produktion, Dienstleistung und Arbeit von morgen“ (Förderkennzeichen O2PJ2800 – O2PJ2808) gefördert und vom Projektträger Karlsruhe (PTKA) betreut.





## NEULICH IN DRESDEN

### Hochspannendes Greifen mit Hochspannung

Rasend schnell bewegt sich die Brücke des CNC-Cutters über die Arbeitsfläche. Ein Paket CFK-Gelege wird in fast unglaublicher Geschwindigkeit geschnitten. Aufmerksam beobachten drei Ingenieure den kontinuierlichen Prozess, einer davon ist Dipl.-Ing. Thomas Tyczynski vom Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik der TU Dresden (ILK). „Angeregt von einem YouTube-Video haben wir vor gut drei Jahren begonnen, das Thema elektrostatisches Greifen näher zu beleuchten. Die physikalischen Grundlagen hierzu sind schon sehr alt, sodass uns eher die technisch-technologische Umsetzung interessiert.“ Dipl.-Ing. Johann Maaß, ebenfalls vom ILK, ergänzt: „Wir hatten einen ersten, erstaunlich gut funktionierenden Prototypen bereits nach wenigen Wochen fertig, den wir der Industrie auch präsentieren konnten. Allein die passende Anwendung wollte damals niemandem so recht einfallen.“

Wieso aber stehen dann alle so gebannt vor dem Schneidertisch? Ein Roboter-Picker ist nicht zu sehen. Dipl.-Ing. Tobias Kastner von der Leichtbau-Systemtechnologien KORROPOL GmbH (LSK) lacht und deutet auf den Tisch selbst: „Bislang hatten wir eine klassische Vakuumfixierung der textilen Halbzeuge. Die war ziemlich laut, relativ träge, nicht so gut zu dosieren und verbrauchte im Dauerbetrieb Unmengen Strom. Jetzt haben wir mit einer einfachen technischen Ergänzung unseren 3 x 1,5 m Labor-Cutter zum Test mit einer elektrostatischen Fixierung ergänzt und die funktioniert – wie Sie sehen – exzellent.“ Kastner dreht sich um und ruft „Das bleibt jetzt so, Jungs!“. Alle Projektpartner lachen, die Stimmung ist erstaunlich gelöst trotz Hochspannung auf dem Tisch. Tyczynski beruhigt: „Normalerweise befindet sich auf jedem Schneidertisch eine Schneidunterlage aus Kunststoff oder Vlies, die reicht locker aus, um die verwendete Spannungslage zu sichern. Letztlich ist es auch nicht viel mehr als beim Weidezaun für Kühe.“

Was aber sind die genauen Vorteile der elektrostatischen Fixierung? Maaß erläutert: „Wir können in einem Wimpernschlag alle technischen Textilien mit einstellbarer Kraft flächig an- und abkoppeln. Gleichzeitig bedarf es bei dieser Form der Fixierung keiner luftdurchlässigen Materialien, sodass etwa Conveyer-Bänder viel günstiger herzustellen sind. Darüber hinaus ist der notwendige Energie- und Wartungsaufwand nahe Null, womit wir einen erheblichen Beitrag zur Kostensenkung leisten. Alles in allem haben wir nun eine fast ideale Anwendung für unseren elektrostatischen Greifer gefunden.“ Kastner ergänzt: „Die LSK steht nicht nur für Composite-Produkte sondern vor allem auch für effiziente Prozesse. Beim Kauf des Cutters haben wir uns bewusst für eine robuste, kostengünstige EASTMAN-Maschine entschieden. Die amerikanische Technik ist sicher etwas schlichter, aber sie funktioniert 24/7 tadellos und hat – nach einigem Verhandeln – mittlerweile auch offene Schnittstellen. Wir entwickeln diesen Tisch stetig weiter

und vertreiben die so gewonnenen Lösungen mit unserem Partner RH-Schneidtechnik aus Solingen künftig deutschlandweit.“

Weitere Informationen:  
**Dipl.-Ing. Marco Zichner**,  
 Geschäftsführer, Leichtbau-Systemtechnologien KORROPOL GmbH,  
 Dresden-Schönfeld,  
 Telefon +49 (0) 3 51/26 31 31-0,  
 E-Mail: marco.zichner@korropol.de,  
 www.korropol.de



Elektroadhäsive Fixierung von Luftfahrt-Gewebe mittels nachgerüsteter Elektrodenstrukturen

## FLECHTPULTRUSION FÜR DIE GROSSSERIE

Komplex geformte und hoch belastbare Composite-Hohlstrukturen in kontinuierlichen Prozessen werkstoff- und kosteneffizient gefertigt

**Kontinuierliche Composite-Fertigungsprozesse wie die Flechtpultrusion sind zunehmend Gegenstand der Forschung und Entwicklung am Leichtbau-Campus Dresden. Diese erlauben eine kostengünstige Serienproduktion von hoch belastbaren Hohlstrukturen.**

Ein herausragendes Beispiel dafür ist das am Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik (ILK) der TU Dresden in enger Zusammenarbeit mit der Leichtbau-Zentrum Sachsen GmbH (LZS) entwickelte und erprobte modulare Antriebswellensystem auf Basis von innenprofilierten Wellenhalbzeugen [1]. Diese Halbzeuge, deren Gestalt von einem Patent des LZS geschützt ist, werden dort beständig weiterentwickelt und sind in einem voll automatisierten, kontinuierlichen Fertigungsprozess herstellbar (Abb.).

Sie weisen im Inneren eine durchgehende Profilierung auf, die zur formschlüssigen Einleitung von Torsionsmomenten ausgelegt wurde. Die auf der gesamten Länge der Halbzeuge vorhandene Profilierung erlaubt grundsätzlich die Lasteinleitung an jeder beliebigen Stelle. So können mit einem Halbzeug unterschiedliche Antriebsstränge schnell und effizient zusammengestellt werden. Die Dresdner Leichtbau-Wissenschaftler konnten zeigen, dass mit einem solchen System die Kosten einer einbaufertigen Antriebswelle um bis zu 40 Prozent gegenüber etablierten Lösungen



Zentrale Stationen eines kontinuierlichen Fertigungsprozesses für innenprofilierte Antriebswellen: Kontinuierliche Faserablage im Flechtverfahren (l.), neuartiges, kontinuierliches Preforming (M.), Profilwellendemonstrator mit profiliertem Querschnitt für automobile Anwendungen (r.)

verringert werden können [2]. Zudem ermöglicht der generische Charakter der entwickelten Bauweise eine einfache Übertragung auf andere Anwendungsfelder und hilft so, Entwicklungsrisiken zu minimieren und Bauteilkosten weiter zu senken.

Weitere Informationen:  
**Dipl.-Ing. Florian Lenz**,  
 Leichtbau-Zentrum Sachsen GmbH, Dresden,  
 Telefon +49 (0) 3 51/46 33 79 09,  
 E-Mail: lenz@lzs-dd.de,  
 www.lzs-dd.de

[1] Hufenbach, W., Lenz, F., Spitzer, S., Renner, O.: Welle-Nabe-Verbindungen für Leichtbauantriebswellen in Faser-verbund-Metall-Mischbauweise. Tagungsbeitrag. 5.VDI-Fachtagung Welle-Nabe-Verbindungen. Nürtingen. 25./26. September 2012.

[2] Gude, M., Lenz, F., Gruhl, A., Witschel, B., Ulbricht, A., Hufenbach, W.: Design and automated manufacturing of profiled composite driveshafts. Science and Engineering of Composite Materials. De Gruyter, 2014.

## LEICHTBAU B-SÄULE IN 3D-HYBRID-TECHNOLOGIE

### Höchstbelastete PKW-Karosseriestrukturen in Multi-Material-Design

**Innerhalb des Projekts „3D-Hybrid-Strukturen“ entwickelte das Konsortium der Projektpartner Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG, Mitras Composites Systems GmbH, Leichtbau-Zentrum Sachsen (LZS) GmbH und Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik (ILK) eine neuartige Multi-Material-Leichtbauweise und setzte sie am Beispiel einer B-Säule um. Durch Kombination von metallischen Komponenten mit Faserverbundwerkstoffen konnte ein erhebliches Potenzial zur Gewichtsreduzierung derartiger Karosseriebauteile bei vergleichbarem Strukturverhalten erschlossen werden.**

Die Verwendung von glasfaserverstärkten Faserverbundhalbzeugen mit thermoplastischer Matrix und einstufiges Herstellungsverfahren ermöglichten sowohl geringe Halbzeugkosten als auch großserientaugliche Zykluszeiten. Grundlagenuntersuchungen an biegebelasteten 3D-Hybrid-Trägerstrukturen

zeigten die Potenziale der Bauweise, die gegenüber klassischen Stahl-Schalenbauweisen bei identischer Biegesteifigkeit und Energieaufnahme eine Gewichtsreduzierung um bis zu 50 Prozent bringt. Am voll funktionsfähigen, karosserieintegrierbaren B-Säulen-Demonstrator konnte gegenüber der konventi-

onellen Stahl-Schalen-Referenzstruktur unter Berücksichtigung sämtlicher prozess- und betriebsbedingter technologischer Randbedingungen und Anforderungen sowie der Erzielung einer hohen Funktionsintegration ein Gewichtsersparnis von 10 Prozent bei äquivalentem Versagensverhalten im Kompo-

nenntenversuch erzielt werden. Dies wurde insbesondere durch dünnere Stahlbleche in Kombination mit einer beanspruchungsge- rechten, lokal variablen Verstärkung durch thermoplastische Faserverbundwerkstoffe erreicht, gemäß dem ILK-Credo „Das richtige Material an der richtigen Stelle“. Das Projekt-konsortium dankt dem Freistaat Sachsen und der Europäischen Union für die Finanzierung der Arbeiten und der Sächsischen Auf- bauBank für die Projektbetreuung. Die Weiterentwicklung der Technologie hin- sichtlich vollautomatisierter Serienfertigung, online-Qualitätssicherung und der systema- tischen Nutzung verketteter Prozess- und Struktursimulationstools wird aktuell im BMBF-geförderten FOREL-Verbundprojekt Q-Pro durch ein erweitertes Projektteam vorangetrieben.

Weitere Informationen:

**Sebastian Titze,**  
Mitras Composites Systems GmbH,  
Radeburg,  
Telefon +49 (0) 3 52 08/8 33 34,  
E-Mail: sebastian.titze@mitras-composites.de,  
www.mitras-composites.de  
**Dipl.-Ing. Johann Maaß,**  
Institut für Leichtbau und Kunststoff-  
technik (ILK) der TU Dresden,  
Telefon +49 (0) 3 51/46 34 25 01,  
E-Mail: johann.maass@tu-dresden.de,  
www.tu-dresden.de/mw/ilk  
**Dipl.-Ing. Philipp Knothe,**  
Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG,  
Telefon +49 (0) 7 11/91 18 91 98,  
E-Mail: philipp.knothe@porsche.de,  
www.porsche.de



Das Ergebnis einer gelungenen Kooperation:  
die B-Säule in Multi-Material-Leichtbauweise

## IN EINEM ARBEITSGANG

### Beidseitig abgestufte Mehrlagengewirke für Rotorblattgurte

**Rotorblätter von Windkraftanlagen sind aufgebaut aus Blattschalen, Gurten und Stützkern. Die Blattschalen mit ihrer aerodynamischen Form sind verantwortlich für die Windausbeute und nehmen Torsionskräfte auf. Die beidseitigen Gurte sind auf Biegung beansprucht, in der Regel mehrere Zentimeter stark und bestehen aus entsprechend vielen unidirektionalen Einzellagen. Das Problem dabei ist, dass sich Gurte zum Blattende und zur Nabe hin verjüngen, jede der Einzellagen eine andere Länge hat und damit die Belegung der Form sehr zeitaufwändig ist.**

In einem Forschungsprojekt wurden Textil-  
technologien entwickelt, die die Fertigung  
beidseitig abgestufter, mehrlagiger UD-  
Gewirke in einem Arbeitsgang ermöglichen.  
Das Trennen und Wiederaufbau komplet-  
ter Lagen ist Bestandteil der Technologie.  
Vorteile der neuen Halbzeuge sind:

- deutliche Reduzierung der Formbe-  
legungszeit durch vorkonfektionierte La-  
genkomplexe
  - reduzierter Personalbedarf
  - einfachere Positionierung in der Form
  - bessere Präzision der Lagen unterein-  
ander durch gekoppelte Einzellagen
- Die Entwicklung hat das Potenzial zur Kos-  
tensenkung von Rotorblättern und zur Ver-  
besserung ihrer mechanischen Eigenschaften.

Weitere Informationen:

**Dipl.-Ing. Günther Thielemann,**  
Sächsisches Textilforschungs-  
institut e.V. (STFI), Chemnitz,  
Telefon +49 (0) 3 71/52 74-239,  
E-Mail: guenther.thielemann@stfi.de,  
www.stfi.de

Gefördert vom BMWI; Förderkennzeichen VF120005

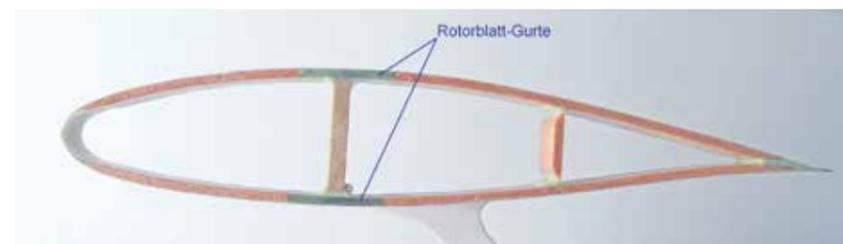


Abb. 1: Querschnitt eines Rotorblatts

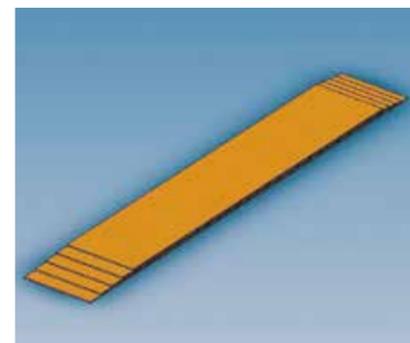
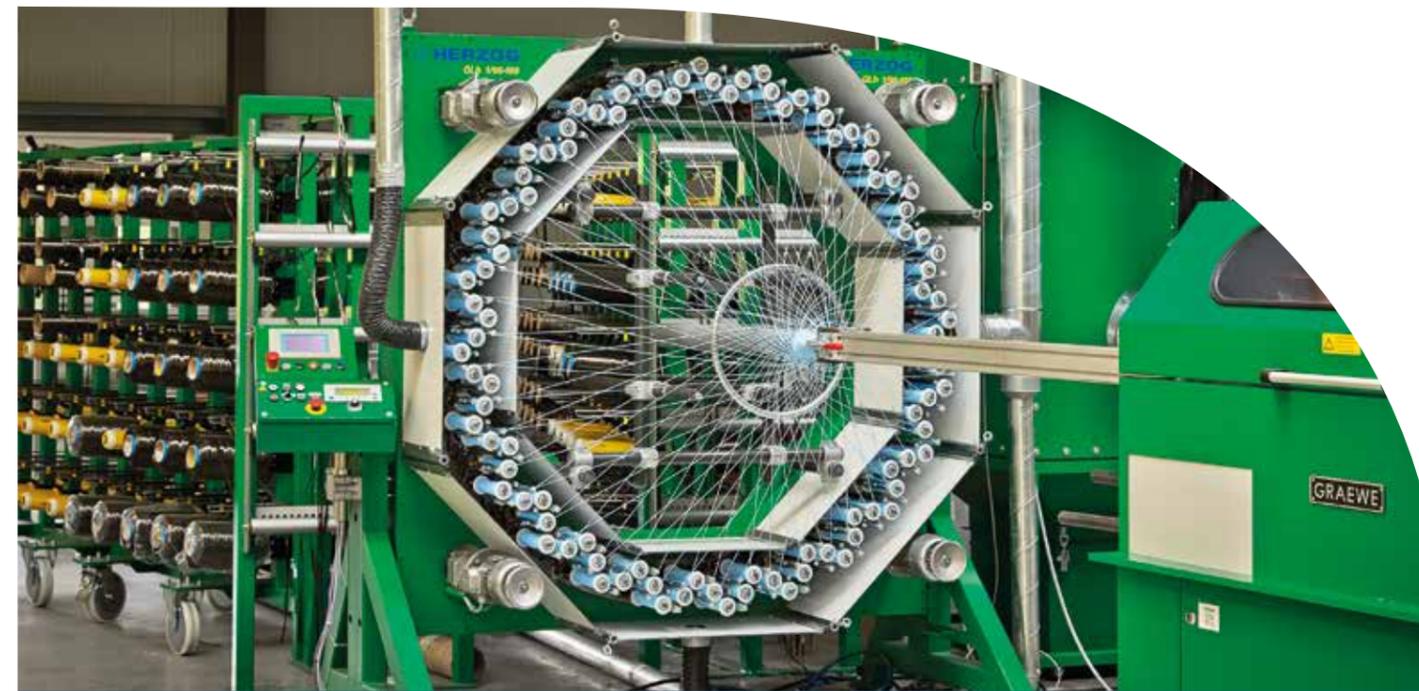


Abb. 2: Schematischer Aufbau eines Rotor-  
blattgurtes in Blattlängsrichtung



Abb. 3: Abgestuftes Mehrlagengewirke aus  
drei Lagen Glasfaserrovings



## DICHT GEFLOCHTEN – LEICHT GEBAUT

### Flechten individueller Produkte für Dichtungs- und Leichtbauanwendungen

**Als August A. Thoenes 1878 in Radebeul sein Unternehmen eröffnete, hätte er sich wohl nicht träumen lassen, was 137 Jahre später daraus geworden ist. Neben der Dresdner Dampfschifflotte mit ihren berühmten Oldtimer-Dampfern nutzen moderne Kraftwerke, internationale Heizungs-, Pumpen- und Chemieanlagenhersteller individuelle und erprobte Lösungen von thoenes®.**

#### Dicht geflochten

Vor den Toren Dresdens werden Hochleistungs-  
dichtungen produziert. Über 200 High-  
Tech-Materialien wie Graphit, PTFE, Aramid,  
Carbon und thermoplastische Monofile wer-  
den verstanzt, verflochten und verstrickt.  
Temperaturen bis 1200 °C, Drücke bis 300  
bar, Säuren, Kondensate, Gase und Öle  
sind nur einige Einflüsse, denen thoenes®  
Produkte täglich standhalten. Mit über 60  
Flecht-, Seil-, Wickel- und Strickmaschinen  
bietet das Unternehmen ein breites Ferti-  
gungsspektrum. Flachdichtungen in vielen  
Varianten runden das Angebot ab.  
Neben Rundgeflechten in vielen Größen sind  
Diagonalgeflechte eine Spezialität des Un-  
ternehmens. Diese Flechtart ermöglicht das  
mehrdiagonale Durchflechten einer Schnur  
bei gleichzeitiger Kombination verschiede-  
ner Hochleistungsfaserstoffe. Zudem bietet  
die Technologie Spielraum für neue Ideen.  
So können z.B. definiert geformte rechteckige  
Schnüre gefertigt werden, in die Leitungen,  
Kabel oder Sensoren integrierbar sind.  
Mit dieser Flechtart lassen sich Material-

kombinationen bis Ø 60 mm produzieren.  
Zudem können flüssige Appreturen in die  
Schnüre eingebracht werden.

#### Leicht gebaut

Geflechte sind auch die Grundlage für die  
jüngste Produktreihe von thoenes®. Um mo-  
dernen Leichtbauanforderungen technisch  
und wirtschaftlich gerecht zu werden, bie-  
tet das Preforming von Geflechten Vortei-  
le wie z. B. eine definierte Fadenablage zur  
endkonturnahen Fertigung. Ob im Renn-  
sport, bei Agrarmaschinen oder im Fahr-  
zeug- und Maschinenbau – thoenes® un-  
terstützt zahlreiche Partner mit geflochtenen  
Preforms und Services wie Demonstrator-  
oder Prototypentwicklungen. Qualifizierte  
Mitarbeiter fertigen individuelle Lösungen  
– vom Einzelstück bis zur automatisierten  
Serie. Kooperationen und ein Netzwerk aus  
Partnerfirmen und Forschungseinrichtungen  
sichern dabei konsequenten Fortschritt auf  
dem Weg zum starken Entwicklungspartner.  
Die Erweiterung der Entwicklungs- und Pro-  
duktionskapazitäten ist bereits angelaufen.

Weitere Informationen:

**Peter Schneider,**  
Forschung und Entwicklung,  
thoenes® Dichtungstechnik GmbH,  
Klipphausen,  
Telefon +49 (0) 3 52 04/39 28 26,  
E-Mail:  
peter.schneider@thoenes-dichtungen.de,  
www.thoenes-dichtungen.de



In die rechteckigen Schnüre können Leitungen,  
Kabel oder Sensoren integriert werden

# INTELLIGENTE KLEBSTOFFE

## Funktionsintegrierte Fügeverbindungen für Faserverbundstrukturen

**Intelligente Klebstoffe erlauben die Übertragung elektrischer Signale über die Klebverbindung hinweg sowie die Integration von speziellen Funktionen etwa der Sensorik und Aktorik. Am Fraunhofer IWS Dresden beschäftigt sich dazu die Arbeitsgruppe Kleben und Faserverbundtechnik mit der Modifizierung von Klebstoffen durch verschiedenste Füllstoffe wie z.B. Carbon Nanotubes (CNTs).**

Faserverbundkunststoffe weisen herausragende mechanische Eigenschaften auf, die sich in Abhängigkeit von den eingesetzten Fasern, Faseranordnungen sowie Matrixwerkstoffen steuern lassen, um das Optimum für die angestrebte Anwendung zu erzielen. Die aktuellen Herausforderungen bestehen darin, diese Eigenschaften auf den Verbund mit den verschiedensten Fügepartnern wie Aluminium, Titan oder anderen Leichtbauwerkstoffen zu übertragen. Das strukturelle Kleben solcher Verbindungen rückt dabei immer mehr in den Fokus der industriellen Anwender. Denn Klebstoffe ermöglichen nicht nur hochfeste Verbindungen dieser Materialien, sondern können nach einer entsprechenden Modifizierung auch als intelligente Verbindungselemente eingesetzt werden.

Funktionsintegrierte Fügeverbindungen basieren auf der Modifizierung des Klebstoffs mit verschiedensten Füllstoffen wie CNTs, Leitrußen oder Graphit. Die Modifikation von kommerziellen Polymeren hinsichtlich ihrer leitfähigen, sensorischen sowie aktorischen Wirkung wird durch eine Integration von nanoskaligen, elektrisch leitfähigen Füllstoffen realisiert. Diese Füllstoffe werden in das Basis-Polymer eingebracht, deagglomert und homogenisiert, wodurch sich ein elektrisch leitfähiges und untereinander verbundenes Netzwerk ausbildet. Hierfür kommen im Bereich Klebtechnik des Fraunhofer IWS verschiedenste Technologien der Füllstoffintegration für die unterschiedlichsten Polymere zum Einsatz.

Elektrische Leitfähigkeit ist notwendig für die Nutzung der Klebschicht zur Signalübertragung sowie für die sensorische Wirkung. Bei einem isolatorischen Silikon mit einem spezifischen Widerstand von  $10^{13}$  Ohm m wurde durch den Zusatz von 0,5 Gew. Prozent an single-walled CNTs eine Reduktion auf 100 Ohm m bei sonst nur geringfügig beeinflussten Klebstoffeigenschaften erzielt. Eine aktorische Nutzung von Polymeren könnte beispielsweise für eine aktive Schwingungsdämpfung genutzt werden, um die auf den Verbund einwirkenden Belastungen abzusinken.



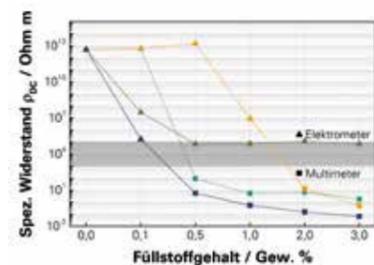
Dispergatoren für die Füllstoffintegration:  
Hochdruckdispergator, Ultraschallsonotrode, Ultra-Turrax sowie SpeedMixer (v.l.n.r)



Vollpolymerer dielektrischer Elastomeraktor mit einem Elektroden Durchmesser von 30 mm, bestehend aus einer transparenten dielektrischen Schicht, die beidseitig mit dem identischen, elektrisch modifizierten Basis-Polymer beschichtet ist, inkl. der Leiterbahnen zur Fixierung der externen Kontaktierung. Entwickelt im BMBF-geförderten Projekt „Compositbasierte neue dielektrische Elastomer Aktoren (Candela)“.

Weitere Informationen:

**Tilo Köckritz,**  
Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik IWS, Dresden,  
Telefon +49 (0) 351/833 91-3857,  
E-Mail: [tilo.koeckritz@iws.fraunhofer.de](mailto:tilo.koeckritz@iws.fraunhofer.de),  
[www.iws.fraunhofer.de](http://www.iws.fraunhofer.de)



Gegenüberstellung erzielbarer spezifischer Widerstände eines zwei-komponentigen Silikons unter Nutzung unterschiedlichster Kohlenstoffallotropen für die Entwicklung eines leitfähigen Silikons



Bild: Hauffler Composites GmbH & Co. KG

## Mitglieder, Veranstaltungen und Themen

Die Abteilung CC Südwest im CCeV verzeichnet im ersten Halbjahr mit der Haufler Composites GmbH & Co. KG mit Sitz in Blaubeuren einen weiteren Zugang und zählt aktuell 15 Mitglieder.

Im ersten Halbjahr 2015 organisierte CC Südwest Veranstaltungen mit den Themenschwerpunkten Recycling, Thermoplaste sowie Biocomposites. Im Rahmen der vom CCeV-Vorstand durchgeführten Strategiediskussion übernahm unser Vorstandsvorsitzender Prof. Volker Warzelhan die Schirmherrschaft über den Arbeitsschwerpunkt „Nachhaltigkeit“. Im ersten Schritt wurde auf Initiative der BMW Group am 5. Mai in Kaiserslautern ein Workshop zum Thema

„Recycling duroplastischer CFK“ organisiert, an dem 31 in- und ausländische Vertreter aus Industrie und Forschung teilnahmen. Im Anschluss an eine umfassende Übersicht der etablierten und der in der Entwicklung befindlichen Recycling-Verfahren folgte eine intensive Diskussion, die eine gute Basis für zukünftige Kooperationen schaffte. Tenor der Veranstaltung war, dass im nächsten Schritt ein Vergleich der verschiedenen Verfahren in Hinblick auf ihre ökologische und ökonomische Bewertung erforderlich ist.

Bereits im April trafen sich 20 Teilnehmer anlässlich der 4. Sitzung der AG Thermoplaste zum Thema „Werkzeuge zur TP-Verarbeitung“ im Institut für Verbundwerkstoffe. Im Rahmen von sechs Fachbeiträgen wurde die Bedeutung der Werkzeugtechnologie für die Verarbeitung thermoplastischer FKV herausgestellt. Hierzu gehörten Potenziale für variotherme Technologien, der Einsatz neuer Werkzeugwerkstoffe wie Keramiken und Kunststoffe aber auch die benötigte Peripherie in Form von Heiz- und Kühlaggregaten. In der anschließenden Diskussionsrunde wurden Fragen insbesondere zu neuen Ansätzen in der Weiterentwicklung der Werkzeugtechnologien und entsprechende Schwerpunkte künftiger Ziele diskutiert. Kernpunkte werden in weiterführenden Workshops vertieft.

Die Arbeitsgruppe Biocomposites kam an der IVW GmbH in Kaiserslautern im Juli zum zweiten Mal zusammen. Im Rahmen der Veranstaltung wurde in mehreren Vorträgen aus Forschung und Industrie über die aktuellen Anwendungen von naturfaserverstärkten Verbundwerkstoffen, erstmals aber auch über bio-basierte Kunststoffe in der Automobilindustrie berichtet. Bei den Vorträgen waren neben Rohstofflieferanten und naturfaserverarbeitenden KMUs auch Tier-1-Supplier sowie OEMs vertreten. Die Präsentationen gaben einen guten Überblick über den aktuellen Stand der Forschung sowie die industrielle Anwendung von bio-basierten Kunststoffen und Naturfaser-Bauteilen im Automobil. So konnten die 30 Teilnehmer gemeinsam die jüngsten Entwicklungen und Prognosen für nachwachsende Rohstoffe im Automobilbau bewerten. Den Abschluss der Veranstaltung bildete ein Gastvortrag der Opel AG zum Thema „Mobilität im Wandel“, bei dem bio-basierte Leichtbauwerkstoffe im Vordergrund standen und der zu einer angeregten Diskussion zum Thema Nachhaltigkeit in der Automobilbranche führte.

Gemeinsam mit Premium AEROTECH GmbH wurde eine weitere Sitzung der AG Thermoplaste mit dem Schwerpunkt Luftfahrt im PAG Werk in Bremen veranstaltet. Aus dem Dialog zwischen OEM und Zulieferern wurde deutlich, dass neben weiterer Prozessoptimierungen auch preiswertere Polymere und neue Halbzeuge zur Reduktion der Kosten unabdinglich sind. Eines der Highlights der Veranstaltung war die Besichtigung der automatisierten CFK-Clip Produktion des Standorts.

Weitere Informationen:

**Dr.-Ing. Dietrich Rodermund,**

Carbon Composites e.V., Abteilung CC Südwest, Fahrzeug-Initiative Rheinland-Pfalz e.V., Kaiserslautern, Telefon +49 (0) 6 31/55 09 87 10, E-Mail: dietrich.rodermund@carbon-composites.eu, www.cc-suedwest.eu



## Große zweidimensionale gewobene Preforms

**Der Schwerpunkt des Geschäftsbereichs Gerster TechTex der Gustav Gerster GmbH & Co. KG liegt auf bauteilangepassten Preform-Textilien, hochdrapierbaren Gelegen und Funktionstextilien. Insbesondere konturnahe Preforms tragen dazu bei, Verschnitt zu vermeiden und den Fertigungsprozess wirtschaftlicher zu gestalten.**

Das im Hause Gerster entwickelte Kontur-Webband bietet die Möglichkeit, Fahrzeugrahmen, Türrahmen, Säulen und andere größere lasttragende Bauteile mit durchgehenden Fasern in einem Stück abzubilden. Möglich sind in sich geschlossene Geometrien ebenso wie einzelne Abschnitte. Das Band weist eine konstante Breite auf. Die Formgebung ist sonst frei wählbar, ebenso Webart und Webdichte, sodass über angepasste Drapiereigenschaften auch nicht abwickelbare Geometrien im Werkzeug erzielbar sind. Die Preform selbst kann aus einer Einzellage oder als Stack aus beliebig vielen Lagen aufgebaut sein.

Erheblich profitieren können insbesondere rahmenähnliche Komponenten, deren Steifigkeit und Gewicht sich mit durchgehenden Fasern optimieren lässt, Bauteile, die sonst einen hohen Verschnitt aufweisen, und dynamisch beanspruchte Elemente.

Weitere Informationen:

**Dipl.-Ing. (FH) Gerd Rauenbusch,**  
Sales Manager Composites,  
Gustav Gerster GmbH & Co. KG,  
Geschäftsbereich TechTex, Biberach/Riss,  
Telefon +49 (0) 73 51/5 86-179,  
E-Mail: gerd.rauenbusch@gerster.com,  
www.gerster-techtex.de



Konturwebband von Gerster (unten) zur Versteifung von Bauteilen

**Texmer GmbH & Co. KG | Gerhardsweg 7 | D-36100 Petersberg**  
Tel: +49 (0) 6 61 – 96 529 – 0 | Fax: +49 (0) 6 61 – 96 529 – 10  
info@texmer.de | www.texmer.de



## EGA Elektronisch geregelte Abspuleinheit

**Elektronisch geregelte Abspuleinheiten von TEXMER GmbH & Co. KG sind intelligente, eigenständige Einheiten. Sie sind dafür bestimmt, Faden und fadenähnliche Fasern, Garne, Zwirne sowie Carbon-Filamente in Form von Rollen oder Spulen mit definierter Fadenspannung abzuwickeln. Unabhängig vom Durchmesser wird die gewünschte Fadenspannung von jeder EGA nahezu konstant gehalten – von der vollen bis zur leeren Spule! Die Kontrolle der Fadenspannung basiert auf einem kontaktlosen System, somit entstehen keine zusätzlichen Auflage- bzw. Reibungspunkte für das verwendete Material!**

**Die integrierte Funktion „Einziehen“ verhindert zuverlässig Fadendurchhang beim abrupten Beschleunigen oder Bremsen der einziehenden Anlage. Abhängig vom Gewicht der Spule und der Abwickelgeschwindigkeit arbeitet die EGA dabei nicht nur als Bremse, sondern bei entsprechend niedriger Fadenspannung auch als Antrieb (Motor).**



# GEFEIERT

Festkolloquium „25 Jahre IVW“ in Kaiserslautern

Vom 11. bis 12. Juni 2015 fand anlässlich des 25-jährigen Bestehens des Kaiserslauterer Institutes für Verbundwerkstoffe (IVW GmbH) ein zweitägiges Festkolloquium mit rund 150 internationalen Gästen aus Wirtschaft und Wissenschaft statt.



Vera Reiß (l.), rheinland-pfälzische Ministerin für Bildung, Wissenschaft, Weiterbildung und Kultur, gratuliert dem IVW zum 25. Geburtstag. Die Glückwünsche nimmt IVW-Geschäftsführer Ulf Breuer (r.) entgegen

Das IVW mit seinen Abteilungen Berechnung und Konstruktion, Werkstoffwissenschaft und Verarbeitungstechnik entwickelt bereits seit 1990 sehr erfolgreich Anwendungen für Verbundwerkstoffe. Diese finden sich heute in Flugzeugen, Raumschiffen, Kraftfahrzeugen, Fahrrädern, medizinischen Geräten, Motoren, Produktionsmaschinen, Windkraftanlagen und in vielen anderen Anwendungen. Zum Festkolloquium anlässlich des 25-jährigen Bestehens des Instituts versammelten sich die Leiter renommierter Forschungseinrichtungen sowie Repräsentanten zahlreicher mittelständischer Unternehmen und Kunden. Auch Führungskräfte der Industrie waren vertreten, u.a. von Airbus, Audi, BASF, BMW, Celanese, Coriolis, CYTEC, DSM, EADS, EDAG, Enrichment, LG, Liebherr, Lonza, Opel, SA-ERTEX, Schaeffler, Schunk, SGL, Toho Tenax und ZF. Ebenfalls unter den Gästen befanden sich die Geschäftsführer der erfolgreichen Ausgründungen des Instituts ADETE, ASH, CirComp, Easicomp, ProfileComp, TAIS und Tribologic, die in der Region rund 150 neue Arbeitsplätze geschaffen haben.

In seiner Eröffnungsansprache betonte Geschäftsführer Ulf Breuer die regionale und internationale Bedeutung des IVW für den Technologietransfer: „Unsere Wissenschaftler haben für viele Innovationen gesorgt, die wir heute im Serieneinsatz sehen.“ Allein in den vergangenen zwei Jahren erhielt das Institut mehrere Preise und Auszeichnungen der JEC, der AVK und des Landes. „In Kaiserslautern ist man stolz auf das IVW“, sagte Bürgermeisterin Dr. Susanne Wimmer-Leonhardt. Der Präsident der Technischen Universität Kaiserslautern, Dr. Helmut J. Schmidt, betonte: „Das IVW hat entscheidend zu Forschung, zur Lehre, zur internationalen Reputation, zur Kultur und zur wachsenden Bedeutung unseres Wissenschaftsstandortes Kaiserslautern beigetragen.“ In 16 Fachbeiträgen berichteten Gastredner aus Industrie und Wissenschaft über neueste Entwicklungen. In einer Podiumsdiskussion wurde vor allem das weitere Potenzial aufschmelzbarer thermoplastischer Faser-verbundwerkstoffe unterstrichen: in Volumenmärkten, für die Verbindungstechnik sowie für das werkstoffliche Recycling. Das

IVW setzt bereits seit seiner Gründung besondere Schwerpunkte bei den faserverstärkten Thermoplasten und plant derzeit einen weiteren Ausbau seiner Kompetenzen auf diesem Gebiet. Im Carbon Composites e.V. führt das IVW die Thermoplastaktivitäten. Ministerin Vera Reiß unterstrich in ihrer Festansprache: „Die Landesregierung wird sich bemühen, das IVW bei seinem Vorhaben zum Bau eines Technologiezentrums Thermoplastische Composites zu unterstützen.“

Weitere Informationen:  
**Dr.-Ing. Robert Lahr**,  
Institut für Verbundwerkstoffe (IVW) GmbH, Kaiserslautern,  
Telefon +49 (0) 6 31/2 01 74 48,  
E-Mail: robert.lahr@ivw.uni-kl.de,  
www.ivw.uni-kl.de

## PRÄSENTIEREN SIE SICH IN DER NÄCHSTEN AUSGABE DES CARBON COMPOSITES MAGAZINS



Seien Sie in der kommenden Ausgabe, die pünktlich zur JEC in Paris erscheint, dabei und profitieren Sie von dem fachlich optimalen redaktionellen Umfeld sowie der interessierten Zielgruppe des CARBON COMPOSITES **MAGAZINS**. Nutzen Sie die Möglichkeit einer Anzeigenwerbung mit der Sie über die gedruckte Version hinaus auch in der Online-Ausgabe präsent sind.

**ERSCHEINUNGSTERMIN: ANFANG MÄRZ 2016**  
**ANZEIGEN- UND REDAKTIONSSCHLUSS : 15. JANUAR 2016**

### Redaktion

Doris Karl  
Alter Postweg 101  
86159 Augsburg  
Tel. 0821 268411-04  
doris.karl@carbon-composites.eu

### Mediaberatung/Anzeigen

vmm wirtschaftsverlag  
Sandra Goschenhofer  
Tel. 0821 4405-424  
sandra.goschenhofer@  
vmm-wirtschaftsverlag.de



## Innovative Lösungen ...

Zukunftsweisende Technik  
für Filament Winding und Prepreg



**EHA**

- über 50 Jahre Erfahrung
- 500 Maschinen installiert
- weltbeste Materialeffizienz



EHA Composite Machinery GmbH ist ein international tätiger Maschinenbau-Systemlieferant mit individuellen Lösungen, die Ihre Produktionsprozesse neu gestalten. Hochproduktive Maschinenteknologie mit patentierten Funktionen beschleunigen Ihre Produktion zu höchster Materialeffizienz.

Fordern Sie unsere Experten zur Beratung an.

Mehr Informationen finden Sie unter: [www.ehacomma.com](http://www.ehacomma.com)

EHA Composite Machinery GmbH Bauhofstraße 2 - 35239 Steffenberg/Germany - Tel.: +49 (0) 6464. 9150-0





## HAUFLER COMPOSITES

Faserverbundwerkstoffe, CFK-Halbzeuge und CFK-Komponenten aus einer Hand

**Die Haufler Composites GmbH & Co. KG mit Sitz in Blaubeuren auf der schwäbischen Alb bietet Rohmaterialien für Faserverbundbauteile, carbonfaserverstärkte Plattenhalbzeuge und komplette Leichtbaulösungen mit dem Fokus auf technischen Anwendungen.**

Seit nahezu 20 Jahren bietet Haufler Composites ein umfassendes Produktspektrum an Faserhalbzeugen, Prepregs, Epoxidharzen und Hilfsstoffen zur Herstellung hochwertiger Faserverbundbauteile. So können bei Haufler Composites alle Materialien, die zur Produktion von Compositebauteilen benötigt werden, aus einer Hand bezogen werden. Neben Standardgeweben werden auch Gewebe mit Luftfahrtzulassung oder kundenspezifische Konstruktionen geliefert. Um kurze Lieferzeiten zu gewährleisten, wird ein Großteil der Produkte stetig bevorratet.

Haufler Composites produziert darüber hinaus carbonfaserverstärkte Plattenhalbzeuge mit duroplastischen und thermoplastischen Matrixsystemen. Faserorientierung, Faserart und Matrixsystem der Halbzeuge werden kundenbezogen auf den jeweiligen Anwendungsfall optimiert ausgelegt. Um den im Maschinenbau geforderten Toleranzen an Stärke und Ebenheit gerecht zu werden, können die Halbzeuge zusätzlich geschliffen werden. CFK-Halbzeuge können konventionell mittels Wasserstrahl schneiden oder Fräsen bearbeitet werden. Die Anwendungen

der Leichtbauwerkstoffe reichen vom Maschinenbau über Mess- und Medizintechnik bis hin zum Sportgerätebereich.

Für besonders anspruchsvolle Anwendungen werden bei Haufler Composites Carbonfaser/PEEK-Werkstoffe hergestellt. Einsatztemperaturen bis 260 °C sowie eine sehr hohe Chemikalien- und Verschleißbeständigkeit zeichnen den Werkstoff aus, der sich z.B. für Ventile oder Lager in korrosiven Umgebungen eignet.

Im Bereich der Carbonfaserbauteile, die bei Haufler Composites gefertigt werden, liegt der Fokus auf technischen Anwendungen wie etwa im Maschinenbau. Durch ihre sehr hohe spezifische Steifigkeit bieten Carbonfaserwerkstoffe ein hohes Potenzial für bewegte Komponenten wie etwa Linearachsen von CNC-Maschinen. So konnten bereits CNC-Achsen mit einer Gewichtseinsparung von 85 Prozent gegenüber Stahlkonstruktionen mit gleichen Toleranzen im Betrieb realisiert werden.

Ein weiterer Vorteil ist die im Vergleich zu Metall niedrigere Wärmeausdehnung von Carbonfaserwerkstoffen. Um das Leicht-

baupotenzial der Faserverbundwerkstoffe bestmöglich auszunutzen, unterstützt Haufler Composites seine Kunden bei der faserverbundgerechten Auslegung und Konstruktion der Bauteile.

Weitere Informationen:

**Haufler Composites GmbH & Co. KG,**  
Blaubeuren,  
Telefon +49 (0) 73 44/92 49 97-0,  
E-Mail: [info@haufler.com](mailto:info@haufler.com),  
[www.haufler.com](http://www.haufler.com)



*CFK-Grundkörper der y-Achse einer Laserschneidmaschine*



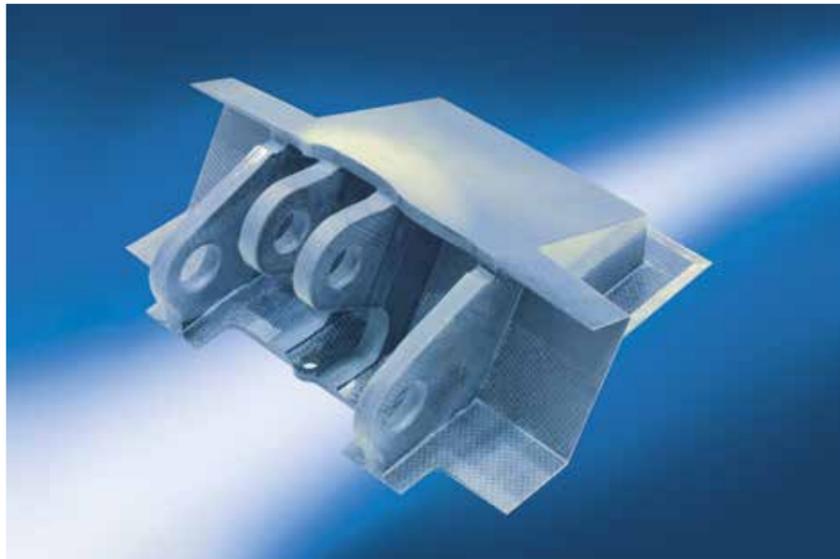
 **CC AUSTRIA**

## Arbeitsgruppe von CC Austria initiiert Projekt zu modell-basierter Verarbeitungstechnik

Das kürzlich genehmigte, öffentlich geförderte Projektvorhaben MoVeTech zielt auf die Aufbereitung und die direkte Nutzung von phänomenologisch basierten Modellen in der Prozessführung ab, um optimale Bedingungen für die Herstellung von hochqualitativen Bauteilen aus faserverstärkten polymeren Verbundwerkstoffen zu schaffen.

Ein Treffen der Arbeitsgruppe Herstellverfahren des CC Austria zum Thema „Werkzeug-integrierte Sensoren“ im Mai 2014 wurde zum Startpunkt für ein erfolgreich beantragtes Forschungsprojekt. Daran wirken mit: die Montanuniversität Leoben (Lehrstuhl für Verarbeitung von Verbundwerkstoffen und Lehrstuhl für Automation), die auf Presstechnik spezialisierte Firma Langzauner GmbH, das in der Herstellung von innovativen Formwerkzeugen tätige Unternehmen Apex Technologies GmbH sowie die FACC AG, ein weltweiter Zulieferer von Composite-Bauteilen und Komponenten für die zivile Luftfahrt.

Die Projektidee basiert auf der Überlegung, bestehendes Know-how zu maßgeblichen Mechanismen in der Verarbeitung von faserverstärkten polymeren Verbundwerkstoffen direkt, d.h. online und unter Echtzeit-Bedingungen, auf der Ebene der Prozessführung verfügbar zu machen. Dieses Konzept der modell-basierten Verarbeitungstechnik wird im Projektvorhaben MoVeTech am Beispiel eines Center Hinge Fittings (CHF), der im Advanced RTM Verfahren hergestellt wird, erstmals überhaupt umgesetzt. Im verarbeitungstechnischen Modell werden insbesondere Formfüllung, Wärmeeintrag und Re-



aktionskinetik berücksichtigt, um das Ziel gleichbleibend hoher Bauteilqualität bei optimierter Zykluszeit zu verfolgen. Das Projekt startet im September 2015 mit einer Laufzeit von 33 Monaten und wird gefördert durch das Programm TAKE OFF, eine Initiative des Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie.

Weitere Informationen:  
**Dr. Ewald Fauster**,  
Assistenzprofessor,  
Department Kunststofftechnik,  
Lehrstuhl Verarbeitung von  
Verbundwerkstoffen,  
Montanuniversität Leoben,  
Telefon +43 (0) 38 42/4 0227 08,  
E-Mail: ewald.fauster@unileoben.ac.at,  
www.kunststofftechnik.at

# COMET-K1

## Geklebte Reparaturen von Faserverbundstrukturen in der Luftfahrt

Strukturkomponenten von Passagierflugzeugen enthalten schon heute einen hohen Anteil an Faserverbundwerkstoffen. Es ist davon auszugehen, dass solche Komponenten als Folge von wartungs-, umwelt- und kollisionsbedingten Schäden zunehmend repariert werden müssen. Im Hinblick auf Leichtbau und Aerodynamik sind geklebte Reparaturen für derart beschädigte Strukturen von Vorteil. Dabei ist die Kenntnis des mechanischen Verhaltens solcher Reparaturen unter anwendungsrelevanten Bedingungen für deren Auslegung und Einsatz unabdingbar.

Im Rahmen eines von der österreichischen Forschungsförderungs-Gesellschaft geförderten COMET-K1-Projekts beschäftigen sich die Polymer Competence Center Leoben GmbH, die FACC Operations GmbH

und die Montanuniversität Leoben (Lehrstuhl für Werkstoffkunde und Prüfung der Kunststoffe) mit der strukturellen Integrität und Beständigkeit von geklebten Reparaturen an Kohlenstofffaserverbund-Strukturen

auf Epoxidharzbasis für die zivile Luftfahrt. Die Klebeverbindung und deren Einzelkomponenten werden hierbei von der mikroskopischen bis hin zur makroskopischen Ebene beispielsweise (thermo-)mechanisch

und chemisch-physikalisch analysiert, um die Reparatur realer Strukturen zu verbessern. In quasi-statischen Zugversuchen an Reparaturprüfkörpern wurde zunächst der Einfluss von Schäftungswinkel, Klebefilm und Oberflächenbehandlung auf das Versagensverhalten geklebter Reparaturen mit ebener und gestufter Schäftung („scarfed“ bzw. „stepped repair“, siehe Abb. 1) untersucht. Als Oberflächenvorbereitungsmethode fand neben dem Schleifen auch eine chemische Funktionalisierung der zu verklebenden Oberfläche Anwendung. Abb. 2 zeigt exemplarisch die an „scarfed“ Reparaturprüfkörpern mit verstärktem Epoxidharz-Klebefilm ermittelte relative (auf das nicht reparierte Basislaminat bezogene) Zugfestigkeit in Abhängigkeit des Schäftungsverhältnisses (entspricht Schäftungswinkel von ca. 1 – 3 °) und der Oberflächenvorbereitungsmethode. Die Ergebnisse dieser Versuche stellen die Basis für die nachfolgenden Auslagerungsversuche der Prüfkörper unter für die Luftfahrt relevanten Bedingungen (z.B. „hot/wet“ bzw. unpolare und polare Flüssigkeiten) dar. Neben einer mechanischen Basischarakterisierung an derart ausgelagerten Prüfkörpern bilden

auch Ermüdungs- und Impactversuche einen weiteren Schwerpunkt im gegenständlichen Forschungsprojekt.

Weitere Informationen:  
**DI Florian Röper**,  
**DI Dr. mont. Markus Wolfahrt**,  
Researcher/  
Senior Researcher Composite Materials,  
Telefon +43 (0) 38 42/4 29 62-90 oder -86,  
E-Mail: florian.roeper@pccl.at,  
markus.wolfahrt@pccl.at  
www.pccl.at

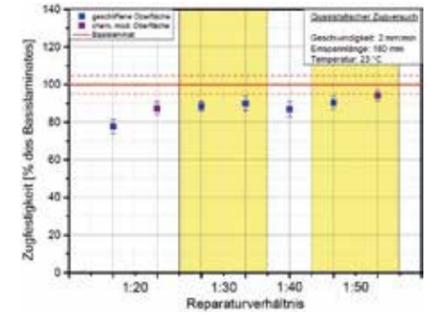


Abb. 2: Relative (auf das nicht reparierte Basislaminat bezogene) Zugfestigkeit der „scarfed“ Reparaturen mit verstärktem Filmklebstoff in Abhängigkeit des Schäftungsverhältnisses und der Oberflächenvorbereitung

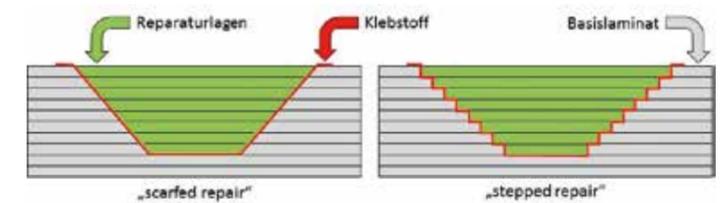


Abb. 1: Skizze der Reparaturtypen „scarfed“ bzw. „stepped“

## IHR KOMPETENZZENTRUM VON DER FORM BIS ZUR MECHANISCHEN FERTIG-BEARBEITUNG IHRER BAUTEILE



Formenbau | Vorrichtungsbau | Serienteile-Fertigung | Großteil-Bearbeitung | Aluminium-Integralfrästeile | Produktentwicklungen in CFK/GFK



Formen aus Aluminium oder Kunststoff Ihrer Wahl.



Herstellung komplexer Aluminium-Integralfrästeile.



Bauteilgerechte Aufspannung und Bearbeitungen Ihrer CFK/GFK-Strukturen.



Individueller Vorrichtungsbau. CAD-Konstruktion und CAM mittels CATIA V6.



**CARBOMILL AG**  
Birren 28 | 5703 Seon | Schweiz  
T: +41 62 824 08 24 | M: +41 79 300 18 75  
www.carbomill.ch | info@carbomill.ch



Herstellung von Schaum oder CFRP-Inserts.

# SCHNELLE DIMENSIONIERUNG KOMPLEXER LEICHTBAUSTRUKTUREN

## Berechnungskonzepte für die optimierte Auslegung

Um die Wettbewerbsfähigkeit in der Entwicklung von komplexen Leichtbaustrukturen zu steigern, bedarf es innovativer Berechnungskonzepte. Gewichtersparnis, Verringerung des Treibstoffverbrauchs und damit auch Umweltschonung werden in Zukunft wichtige Themen in der Luft- und Raumfahrt bleiben, die eine optimierte Auslegung der Bauteile erfordern. Das Tiroler Unternehmen INTALES GmbH Engineering Solutions entwickelt effiziente Methoden, Strategien und Software, um diesen Anforderungen gerecht zu werden.

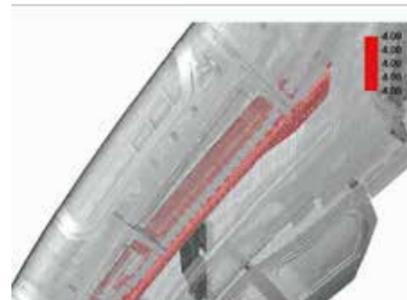
Aufgrund der hohen Herstellungskosten sowie des Materials selbst stellt die numerische Simulation speziell bei Faserverbundwerkstoffen einen integralen Bestandteil im Entwicklungsprozess dar. Die hierfür erstellten Finite-Elemente (FE) Modelle zeichnen sich bei komplexen Bauteilen durch eine hohe Anzahl an Freiheitsgraden sowie eine Vielzahl an zu untersuchenden Lastfällen aus. Die Entwicklungsprojekte, die INTALES GmbH in den letzten Jahren bearbeitet hat, erfordern stets komplexe FE-Modelle, die mehrere Millionen an Freiheitsgraden aufweisen. In enger Zusammenarbeit mit verschiedenen Universitäten wurden Strategien entwickelt, die für derartige Modelle anwendbar sind. Im Rahmen dieser Kollaborationen wurden insgesamt 21 Master- bzw. Diplomarbeiten mit der Universität Innsbruck, zwei Diplomarbeiten mit der Fachhochschule Aachen, vier Masterarbeiten mit der TU Delft sowie zwei Dissertationen mit der Universität Innsbruck verfasst.

Basierend auf den Erfordernissen der Industrie wurden neuartige Methoden der Modellerstellung sowie auch des Datenhandlings und -managements entwickelt. Spezielle Anforderungen ergeben sich in Bezug auf die vielen Berechnungsläufe, die im Entwicklungsprozess notwendig werden. Für einen reibungslosen und nachvollziehbaren Datenaustausch mit anderen Abteilungen wurde ein datenbankbasierter Modellerstellungsprozess eingeführt. Das in diesem Zusammenhang programmierte Software-Tool ermöglicht einen automatisierten und somit effizienteren Einbau von Änderungen in das FE-Modell. So werden z.B. Layup-Informationen aus CAD-Programmen automatisiert in das FE-Modell transferiert, Verbindungselemente wie Schrauben und Niete werden über Geometrieinformation in das Modell integriert. Auch die Netzanpassungen von Hand bei Geometrieänderungen können so minimiert werden. Weil sich bei der Auswertung von Fehlerkriterien große Datenmengen ergeben, wurden auch Teile des Postprocessings automatisiert, etwa

die effiziente Zusammenführung aller Ergebnisse in einer Datenbank und die Visualisierung der Ergebnisse. Mit dieser hier kurz dargestellten Methode lassen sich Modellstudien schnell, effizient und vor allem nachvollziehbar durchführen.

In Bezug auf die optimierte Auslegung von Bauteilen ist oft die Kenntnis der Einflussstärke der verschiedenen Eingangsgrößen und Modellparameter entscheidend. Aber bei komplexen Modellen mit vielen Parametern stößt man mit herkömmlichen Methoden bald an die Grenzen des zeitlich möglichen Aufwands. Um effiziente Strategien zu entwickeln, die auch für industrielle Modelle anwendbar sind, wurde eine Sensitivitätsanalyse in das In-House Software-Tool implementiert. Sie basiert auf einer Monte-Carlo-Simulation. Mit dieser Methode können wichtige, d.h. sensitive Parameter identifiziert werden, deren Änderung einen deutlichen Effekt auf die untersuchten Ausgabegrößen bewirken. Modellparameter, die in der Sensitivitätsstudie als nicht signifikant eingestuft werden, müssen im folgenden Optimierungsprozess nicht einbezogen werden, da eine Änderung des Wertes dieser Parameter nur einen vernachlässigbaren Effekt auf den relevanten Output hat. Dadurch kann die Anzahl der Parameter, die in den Optimierungsprozess einbezogen werden, vermindert werden, was den zeitlichen Aufwand maßgeblich verringert.

Auch in Bezug auf die Optimierung hat INTALES GmbH eine neuartige Methode entwickelt, die wiederum von den Charakteristiken industrieller Projekte in Bezug auf Modellgröße, Komplexität und Zeitrahmen vorangetrieben wurde. Klassische Optimierungsalgorithmen wie etwa gradientenbasierte oder evolutionäre Strategien benötigen im Allgemeinen sehr viele Modellauswertungen. Das kann bei komplexen Modellen schnell zu einer Überschreitung der Rechenkapazitäten führen. Die neu entwickelte Strategie basiert auf der adaptiven Anpassung des Layups bei einer proportional gesteigerten äußeren Last. Es handelt sich beim vorgeschlagenen Algorithmus um



C-Träger dargestellt innerhalb des Bauteils



Optimierte Lagenanzahl eines C-Trägers

einen lokalen Optimierer, da jede Region der Struktur getrennt einer iterativen Verstärkung unterworfen wird. Der Algorithmus kann somit als eine von der Natur inspirierte Strategie angesehen werden, da z.B. Bäume auf höhere mechanische Lasten mit einem verstärkten Wachstum in höher belasteten Bereichen reagieren. Der Algorithmus wurde bereits für die Optimierung einer Leichtbaukomponente im Flugzeugbau erfolgreich angewendet.

INTALES GmbH bietet innovative Lösungen für die optimierte Auslegung komplexer Leichtbaustrukturen. Und die enge Zusammenarbeit insbesondere mit der Universität Innsbruck ermöglicht eine reibungslose Einarbeitung in die industrielle Nutzung.

Weitere Informationen:

**Dr. Barbara Goller,**  
**Hermann-Josef Starmans,**  
INTALES GmbH Engineering Solutions,  
Natters, Österreich,  
Telefon +43 (0) 512/54 61 11,  
E-Mail: goller@intales.com,  
starmans@intales.com,  
www.intales.com



Das junge Team des Lehrstuhls für Verarbeitung von Verbundwerkstoffen

## JUBILÄUM

### Fünf Jahre Verarbeitung von Verbundwerkstoffen an der Montanuniversität Leoben

Am 1. Oktober 2010 wurde mit der Berufung von Univ.-Prof. Dr.-Ing. Ralf Schledjewski die Kunststofftechnik an der Montanuniversität Leoben vervollständigt. Der neue Lehrstuhl für Verarbeitung von Verbundwerkstoffen stand in der Anlaufphase vor vielfältigen Aufgaben. Zunächst mussten Mitarbeiter gefunden werden, die beim Aufbau des Lehrstuhls halfen.

Bereits Ende 2010 waren die ersten drei Mitarbeiter aktiv, heute arbeiten am Lehrstuhl 24 Personen. Die Jahre 2011 bis 2013 waren wesentlich geprägt durch die Beschaffung der Anlagentechnik für die Fertigung der Verbundwerkstoffe. Mit dem Anspruch, die Palette der Verarbeitungstechnologien zur Herstellung von kontinuierlich faserverstärkten Kunststoffen möglichst breit abzubilden, wurden fünf Schwerpunkte etabliert: Mit dem LCMLab wurden die Flüssigimprägnierverfahren für die Umsetzung von Bauteilen bis hin zum Maßstab einer PKW-Bodengruppe aufgebaut. Das PressLab umfasst die Presstechnik mit Formpressen und Thermoformen. Im ContiLab wurde Anlagentechnik für das automatisierte Ablegen von Bändchen- und Tapematerial, eine robotergestützte Wickeltechnik und eine Pultrusionsanlage aufgebaut. Darüber hinaus sind im AutoLab die Fragestellungen rund um das Thema der Automatisierung in der Verarbeitung inklusive der Handhabungstechnik und im SimLab die Prozesssimulation abgebildet. Ein Großteil der Anlagentechnik wurde im Rahmen der Initiative „Investition in Ihre Zukunft“ aus Mitteln des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung und aus Mitteln des Landes Steiermark gefördert.

Bereits 2010 konnte das erste öffentlich geförderte Forschungsprojekt eingewor-

ben werden. Aktuell laufen sieben geförderte Kooperationsprojekte. Die enge Zusammenarbeit mit Partnern aus der Industrie war auch die Motivation für den Beitritt des Lehrstuhls zum CCeV im Jahr 2011. Schnell entwickelte sich die Mitarbeit in diesem Netzwerk sehr positiv und die Gründung einer Regionalabteilung in Österreich wurde 2012 konsequent verfolgt. Ein Ergebnis dieser Tätigkeit ist das mit September 2015 startende Projekt MoVeTech (siehe gesonderter Bericht S. 79).

Zusammen mit dem Lehrstuhl für Werkstoffkunde und Prüfung der Kunststoffe, dem Lehrstuhl Konstruieren in Kunst- und Verbundstoffen und der Polymer Competence Center Leoben GmbH wird in Leoben das Thema der verstärkten Kunststoffe auf breiter Front und fachlich tiefgehend bearbeitet.

Weitere Informationen:

**Univ.-Prof. Dr.-Ing. Ralf Schledjewski,**  
Lehrstuhlleiter, Lehrstuhl Verarbeitung von Verbundwerkstoffen,  
Department Kunststofftechnik,  
Montanuniversität Leoben,  
Telefon +43 (0) 38 42/4 02 27 00,  
E-Mail:  
ralf.schledjewski@unileoben.ac.at,  
www.kunststofftechnik.at/cms/1/18127/



RTM-Prozess mit Injektionsanlage, Werkzeug und Schließeinheit.



Fertigung einer PKW-Bodengruppe im Harzinfusionsverfahren (Projekt CULT)

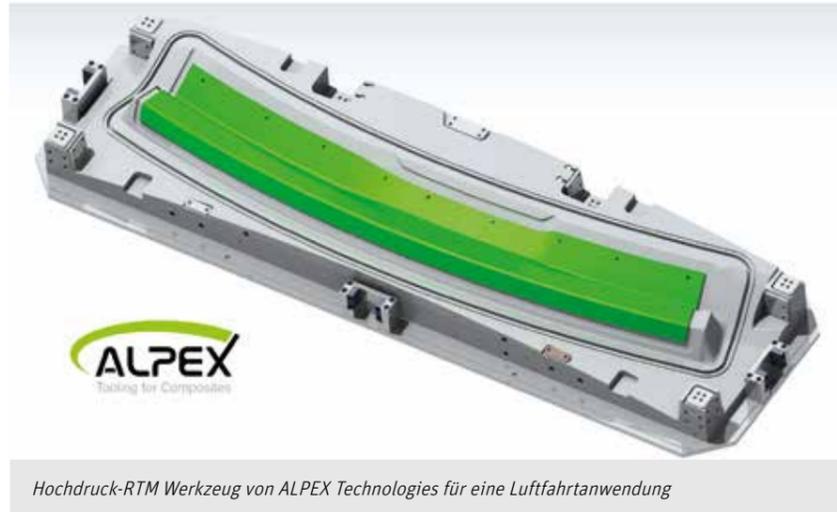
# MIT HOCHDRUCK IN DIE LUFT

ALPEX Technologies entwickelt Hochdruck-RTM Werkzeug-Technologie für Strukturbauteile in der Luftfahrt

Der weitreichende Erfahrungsschatz von ALPEX Technologies in der Entwicklung von Hochdruck(HD)-RTM Werkzeugen für die Automobilindustrie wird im Forschungsprojekt SPARTA Tooling für die Luftfahrtbranche adaptiert.

Im Vergleich zu den derzeitigen Injektionsmethoden in der Luftfahrt ermöglicht die HD-RTM Technologie eine sehr schnelle Füllung der Werkzeugkavität. Um diesen zeitlichen Vorteil über die gesamte vollautomatisierte Prozesskette beizubehalten, werden in diesem Projekt der Injektions- und der Aushärteschritt entkoppelt. Bei Injektionszeiten unter einer Minute pro Bauteil werden die Hauptkostentreiber des Prozesses, Presse und Injektionsanlage, ähnlich dem automobilen Prozess nur bis zu ca. 10 Minuten belegt. Dies ermöglicht eine höhere Auslastung der Produktionsanlage und senkt somit, bei annähernd gleichbleibenden Investitionskosten, die Kosten der Bauteile.

ALPEX Technologies integriert in das Werkzeug unter anderem neuartige, vom österreichischen Partner AAC entwickelte Piezo-Sensoren zur Harzflusserkennung, eine In-situ Aushärteerkennung sowie weitere Sensoren zur Erfassung von prozesskritischen Größen wie Prozessdruck und -temperatur. Die entwickelte Sensorik kann als Structural Health Monitoring Komponente



Hochdruck-RTM Werkzeug von ALPEX Technologies für eine Luftfahrtanwendung

am Bauteil verbleiben und hier Stöße und Schäden, die im Betrieb auftreten können, erkennen und online überwachen.

Die Forschungspartner in diesem Projekt sind ALPEX Technologies, Airbus Helicopters, Krauss Maffei Technologies, Brötje Automation und AAC (Aerospace and Advanced Composites).

Weitere Informationen:  
**Romed Ladstätter**,  
MSc, Technischer Vertrieb,  
ALPEX Technologies GmbH,  
Mils, Österreich,  
Telefon +43 (0) 52 23/4 66 64-546,  
E-Mail: romed.ladstaetter@alpeX-tec.com,  
www.alpeX-tec.com

## Bilanz

Das Department für Kunststofftechnik an der Montanuniversität Leoben hat in einem Zwei-Jahres-Bericht Bilanz seiner Arbeit gezogen. Auf über 60 Seiten können Interessierte die verschiedenen Projekte, Lehrveranstaltungen, Kooperationen und Veranstaltungen kennenlernen. Der Bericht ist zweisprachig in Deutsch und Englisch verfasst und auch zum Download auf der Website [www.kunststofftechnik.at](http://www.kunststofftechnik.at) verfügbar.

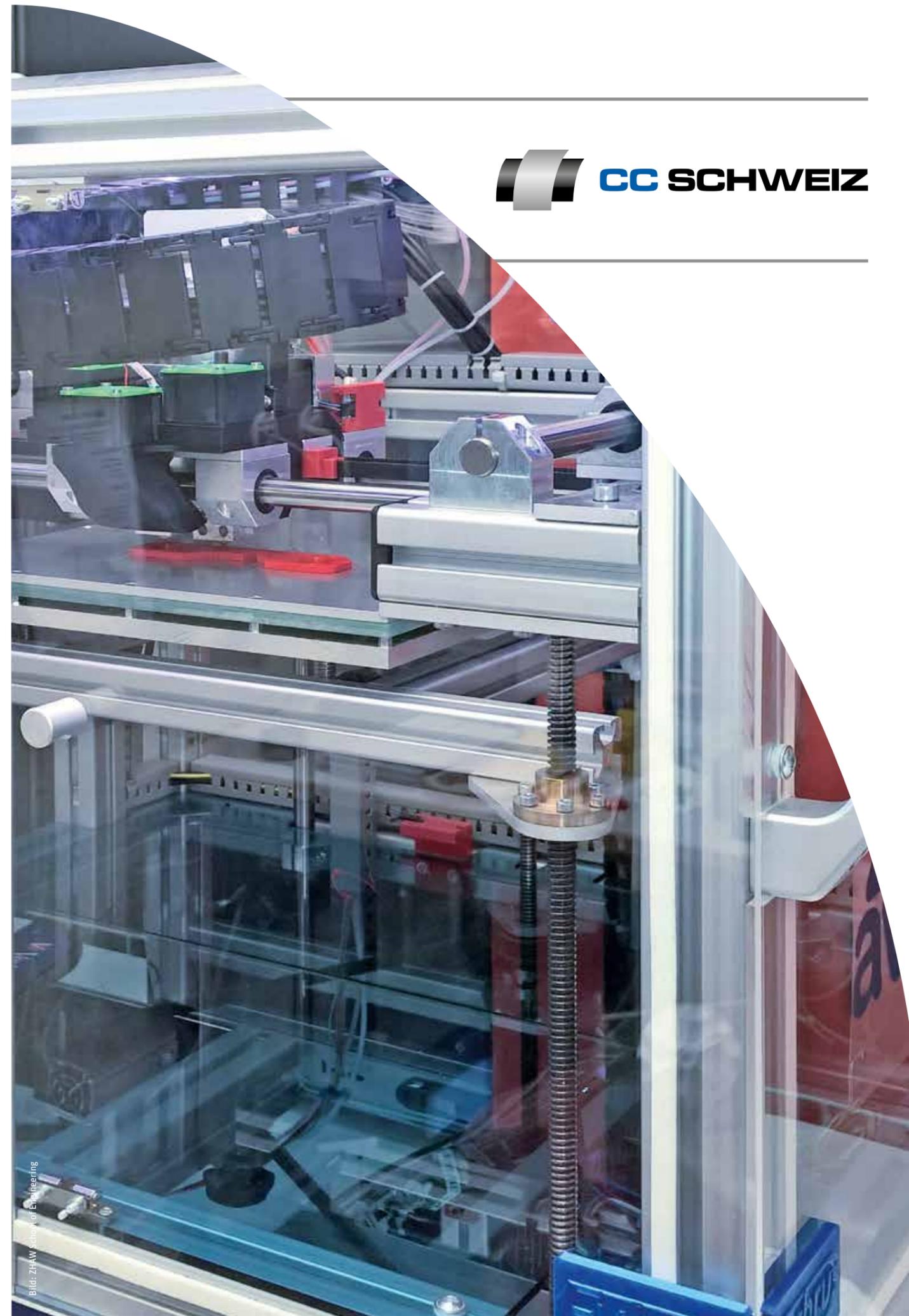


Bild: ZHAW School of Engineering

## Schonende Bearbeitung von Carbon- und anderen Hightech-Fasern

Die Ursprünge der Firma Topocrom GmbH finden sich in der Schweizer Textilmaschinen-Industrie. Dabei blickt das Unternehmen auf eine jahrzehntelange Erfahrung in der Bearbeitung von Oberflächen, in Metallurgie und Galvanik zurück. Dieses Know-how ist sehr speziell und gleichzeitig für hochautomatisierte Verarbeitungsprozesse unumgänglich. „Oberflächen von Spulen und Spindeln weisen je nach Verarbeitungsmaterial ganz spezifische Topografie auf“, erklärt Karl Müll, CEO der Topocrom GmbH in Stockach. Damit werde verhindert, dass Garne spleissen oder gar reißen können. Genau dieses tradierte Wissen setzt Topocrom heute optimal für die Verarbeitung von Carbon- und anderen Hightech-Fasern ein.

In der heutigen automatisierten Arbeitswelt liegt die Herausforderung noch viel mehr als früher darin, Störungen oder gar einen totalen Betriebsunterbruch zu vermeiden. „Eine unsauber verarbeitete oder abgenutzte Stelle auf einer Rolle, Spule oder Umspulwalze genügt, und die hauchdünnen Filamente, die mit hoher Geschwindigkeit verarbeitet werden, spleissen oder reißen gar“, beschreibt Müll die Gefahr im Verarbeitungsprozess der Hightech-Fasern.

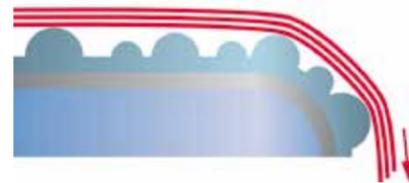
### Topocrom Carbonprocessing Oberflächenstruktur

Während die Oberflächen von Rollen oder Spulen oft erst sandgestrahlt und anschliessend in einem offenen Prozess (Bad) beschichtet werden, setzt Topocrom auf ein ganz eigenes Verfahren, das zu halbkugelförmigen, weichen Oberflächenstrukturen führt. Weich bedeutet in diesem Zusammenhang nicht „nachgebend, verletzlich“, sondern „schonend, gleitend“. Erreicht werden diese Eigenschaften durch die Topocrom Carbonprocessing Beschichtung. Die geschliffenen Oberflächen werden ohne Zwischenbehandlung beschichtet – also nicht

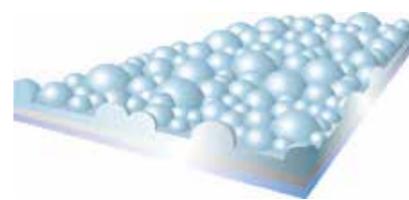
vorher durch Sandstrahlen aufgeraut. Anschliessend kommt eine Technologie zum Einsatz, die in einem geschlossenen Reaktorverfahren abläuft. Dabei werden massgenaue Schichten und Schichtsysteme derart auf eine Oberfläche aufgetragen, dass ganz spezifische – je nach Anwendungsprozess Gleiten oder Spreizen – halbkugelförmige Topografien entstehen, die völlig frei von scharfen Kanten oder Bruchstellen sind. Die Oberflächen gestalten sich gleitfreudig und eignen sich insbesondere für die Verarbeitung von Carbon-, Aramid-, Glas-, Keramik- und Basaltsteinfasern. Gerade auf das letztgenannte Material legt Topocrom zurzeit grosses Augenmerk. „Basalt weist ganz ähnliche Eigenschaften auf wie Carbon“, so Müll. Allerdings ist ein Kilo Basalt fast dreimal günstiger als ein Kilo Carbon, was für die Zukunft ein grosses Potenzial verspricht.

Weitere Informationen:

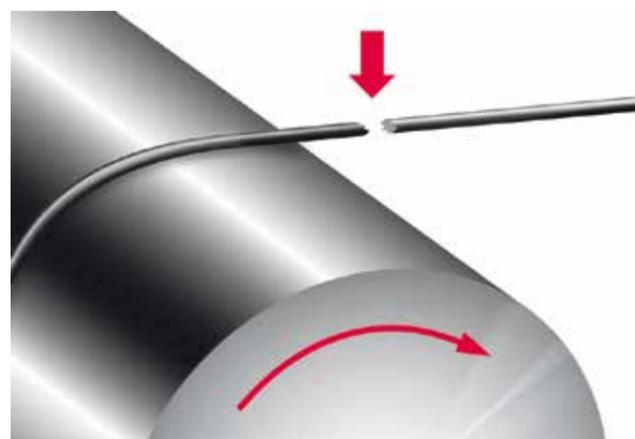
**Karl Müll,**  
Geschäftsführer,  
Topocrom GmbH, Stockach,  
Telefon +49 (0) 77 71/9 36 30,  
info@topocrom.com,  
www.topocrom.com



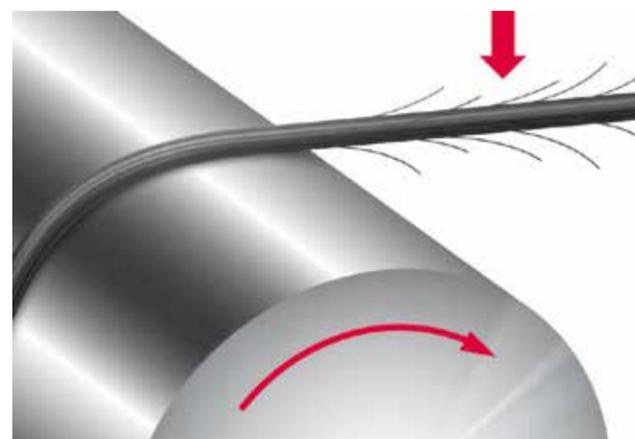
„Weiche“ Topografie – absolut frei von scharfen Kanten



TOPOCROM® Carbonprocessing Oberfläche mit der kugelförmigen Struktur



Filament-Bruch bei Faser führenden Teilen mit ungeeigneter Oberfläche



Spleiss-Erscheinungen bei der Stapelfaser- und Roving-Verarbeitung auf ungeeigneter Oberfläche

## 3D-Drucker zur Verarbeitung diverser Thermoplaste

Mit welchen Materialien können 3D-Drucker arbeiten? Lassen sich auch faserverstärkte Kunststoffe verarbeiten, und wie wirkt sich das auf die Belastbarkeit der Bauteile aus? Diesen Fragen ist Pascal Jenni, Student am Institut für Mechatronische Systeme IMS an der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften ZHAW, in seiner Diplomarbeit nachgegangen.

Basierend auf einer früheren Diplomarbeit über die Möglichkeiten des 3D-Druckens entwickelte Jenni einen Multi-Material-Drucker, der faserverstärkte Materialien mit einem Glas- oder Kohlefaseranteil von bis zu 50 Prozent verarbeiten kann. Zugrunde liegt ein bereits vorhandener, am Institut selbst entwickelter 3D-Drucker. An ihm ersetzte Jenni Einzelteile durch neu entwickelte Bauteile.



3D-Drucker am Institut für Mechatronische Systeme IMS an der Zürcher Fachhochschule für Angewandte Wissenschaften ZHAW

le. Zu diesen Elementen zählen Heizplatte, Druckplatte, Innenraumheizung und diverse Komponenten des Druckkopfs. Außerdem entwarf Jenni einen Abstreifer und eine Filamentfluss-Überwachung. Der entstandene Drucker ist in der Lage, insgesamt sieben unterschiedliche Kunststoffe ohne Faseranteil und fünf Materialien mit unterschiedlich hohen Faseranteilen von 15 bis 50 Prozent zu drucken. Nach Abschluss der Umbauten am 3D-Drucker wurden aus sämtlichen in Frage kommenden Werkstoffen jeweils fünf Normprüfkörper ausgedruckt, um damit Zugversuche zur Ermittlung einiger wichtiger Werkstoffkennwerte durchzuführen. Die Bauteile mit faserverstärkten Kunststoffen weisen eine höhere Steifigkeit auf als herkömmliche Druckmaterialien, während andere Filamente ein äusserst elastisches Verhalten zeigen. Dank der in den Zugversuchen ermittelten Kennwerten ist

der geschulte Anwender in der Lage, die Belastbarkeit eines Bauteils vor dem Printvorgang zu prüfen. Was derzeit noch fehlt, ist ein neuer Filament-Extruder. Dieser wird in weiterführenden Arbeiten im Fachgebiet Systemtechnik des Instituts für Mechatronische Systeme entwickelt. Die beiden Dozenten Prof. Dr. Wilfried J. Elspass und Dipl. Ing. Tobias Moser begleiteten die Diplomarbeit von Pascal Jenni.

Weitere Informationen:

**Prof. Dr. Wilfried J. Elspass,**  
Telefon +41 (0) 58/9 34 78-28,  
E-Mail: wilfried.elspass@zhaw.ch,  
**Tobias Moser,**  
Telefon +41 (0) 58/9 34 78-25,  
E-Mail: tobias.moser@zhaw.ch,  
Institut für Mechatronische Systeme IMS,  
ZHAW School of Engineering, Winterthur,  
www.zhaw.ch

# EIN STARKER VERBUND

## Mitglieder von CC Schweiz im Porträt

Hufschmied Zerspanungssysteme Schweiz AG



Hufschmied ist seit über 25 Jahren auf die Zerspanung neuer Werkstoffe spezialisiert. Mit der Hufschmied Zerspanungssysteme Schweiz AG in Gerlafingen steht unseren Kunden in der Schweiz ab sofort unser gesamtes Produktportfolio direkt und ohne Umweg über die deutsche Zentrale zur Verfügung. Geschäftsführer Björn Herbst und seine Assistentin Sarah Dauner unterstützen Sie tatkräftig mit zielgerichteter Anwendungsberatung, einem überzeugenden Produktangebot und den wertschöpfenden Hufschmied Services.

www.hufschmied-swiss.ch

Quadrant Plastic Composites



Quadrant Plastic Composites (QPC) ist ein führender Hersteller glasfaserverstärkter thermoplastischer Verbundwerkstoffe, die hauptsächlich im Automobilsektor, aber auch in verschiedenen Non-Automotive-Industrien eingesetzt werden. Integriert in den Mutterkonzern Mitsubishi Plastics und die Quadrant Gruppe bedient QPC weltweit verschiedene Märkte mit einem hochqualitativen Produktportfolio und kundenspezifischen Lösungen.

www.quadrantplastic.com



Bild: Universität Bayreuth

## Sehr geehrte Damen und Herren, liebe Mitglieder,

die erste Hälfte der Jahres 2015 war geprägt vom intensiven Bemühen um die Initiierung eines gemeinsamen interdisziplinären Forschungsprogramms mit dem Ziel, Keramikmatrix-Verbundwerkstoffe für den Einsatz in Gasturbinen zu qualifizieren. Ziel war, den technologischen Vorsprung von Gasturbinenherstellern insbesondere aus den USA in Grenzen zu halten. Insbesondere sollte die Entwicklung einer deutschen/europäischen Lieferkette unterstützt werden, die den gesamten Wertschöpfungsprozess für höchstbelastbare Komponenten aus CMC-Werkstoffen umfasst: von den Vormaterialien über die Verarbeitungs- und Endbearbeitungsprozesse bis hin zur Werkstoff- und Komponentenerprobung einschließlich der erforderlichen Prüf- und Simulationsverfahren.

Wenn dieses Ziel vorerst auch nicht in der gewünschten Form realisiert werden konnte, sind immerhin CMC-Werkstoffe in das neue deutsche Werkstoff-Forschungsprogramm des BMBF aufgenommen und explizit in der Broschüre zum neuen Rahmenprogramm „Vom Material zur Innovation“ als Herausforderung für die Materialentwicklung aufgeführt. Ausschreibungen zum Thema CMC-Werkstoffe sind demnächst zu erwarten. Es ist nun Zeit, in den Arbeitsgruppen die Definition von Gemeinschaftsforschungsprojekten so zu betreiben, dass die Mitglieder der Abteilung Ceramic Composites die künftigen Fördermaßnahmen optimal nutzen können.

Hinweisen möchte ich Sie noch auf zwei Vorträge zum Thema CMC für den Automobilbau im Rahmen des Automotive-Forums des CCeV am 28. und 29. Juli 2015 in Böblingen. Prof. Walter Krenkel (Universität Bayreuth) informierte über den Stand der Technik im Bereich „Keramische Bremsen“ und Dr. Manfred Salk (Fraunhofer Institut für Kurzzeitdynamik – EMI) berichtete über Anforderungen an Werkstoffe für „Leichte Schwerpanzerungen“, einem Anwendungsgebiet, in dem die Potenziale der CMC-Werkstoffe vielleicht noch nicht richtig erkannt sind. Beide Vorträge können beim Verfasser angefordert werden.

Zum zweiten Mal hat sich die Abteilung Ceramic Composites im Rahmen des Gemeinschaftsstandes der CCeV an der Hannover Messe beteiligt. Wir konnten wiederum feststellen, dass der Informationsbedarf zu den keramischen Verbundwerkstoffen und ihren potenziellen Anwendungen nach wie vor sehr hoch ist. Erfreulicherweise konnten aber auch Probleme von potenziellen Anwendern aufgegriffen werden. Solche Anfragen wurden dann an Mitgliedsfirmen und Institute weitergeleitet, die ggf. Lösungsansätze bieten können.

Bei allen Mitgliedern und Ihren Mitarbeitern möchte ich mit für die gute Zusammenarbeit herzlich bedanken und wünsche Ihnen weiterhin viel Erfolg.

Mit freundlichen Grüßen

**Dr. Henri Cohrt,**  
Abteilung Ceramic Composites



# START-UP

BJS Ceramics und BJS Composites bieten SiC-Keramikfasern und SiC-Komposite aus einer Hand

**Die BJS Ceramics ist ein konzernunabhängiges privates Start-Up Unternehmen zur Entwicklung und Produktion von SiC-Fasern. Es wurde 2014 mit der Akquisition des Geschäftsgebietes der SGL Group gegründet. Hochwertige SiC-Fasern sind ein stark exportkontrolliertes Wirtschaftsgut. Im Moment dominieren Hersteller aus Japan den Markt. Für die deutsche und europäische Anwenderindustrie ist es daher von enormer Bedeutung, dass diese Materialien auch in Deutschland produziert werden.**

Seit 2007 wurde im Rahmen von Verbundprojekten (SiCTec und SiCTec2) eine Faser-Spinnanlage im Labormaßstab am Fraunhofer Institut ISC in Würzburg aufgebaut und ein stabiler Spinnprozess mit Faserbündel von bis zu 300 Filamenten realisiert. In den nächsten Jahren werden, im Rahmen eines durch das Bayr. StMWi geförderten Folgeprojektes (SiCTec3), die Fasereigenschaften noch weiter verbessert und die Prozesse hochskaliert. Partner im Projekt ist das Fraunhofer Institut ISC in Würzburg. Nach Abschluss stehen diese SiC-Fasern dann zur Qualifizierung der Anwenderindustrie im Tonnenmaßstab zur Verfügung. Um parallel die Qualifizierung dieser Komposite voranzutreiben, hat die BJS im März 2015 den Bereich „Ceramic Composites“ vom Augsburgener Raumfahrtunternehmen MT Aerospace AG übernommen. Die Sparte zur Produktion extrem hitzebeständiger und leichter Hochleistungskeramiken firmiert seitdem unter dem Namen BJS Com-

posites GmbH am Standort in Gersthofen. Die Integration der gesamten Wertschöpfungskette – vom keramischen Matrix-Polymer über die Silicium-Carbid-Faser bis zum Keramik-Turbinen-Bauteil – stärkt die Position der BJS als Partner der Anwenderindustrie. Die unter dem Markennamen Keraman® vertriebenen faserverstärkten SiC-Komposite haben ihre Leistungsfähigkeit schon mehrfach unter Beweis gestellt. Sie wurden unter anderem beim Raumgleiter IXV eingesetzt. Die Steuerklappen haben bei ihrem IXV-Testflug am 11. März 2015 einer Last von 1,5 t standgehalten und blieben auch bei über 1900 °C präzise steuerbar. Diese Expertise bedeutet für BJS die Chance zu einer starken Positionierung im Markt für Luft- und Bodenturbinen. Die neuen Luftfahrt-Regulieren wie ACARE schreiben signifikante Reduktionen bei Emissionen von Flugzeugtriebwerken vor. Ohne Komponenten aus diesen neuen Materialien sind diese Zielsetzungen nicht zu erreichen.

Weitere Informationen:  
**Dr. Werner Humbs,**  
BJS Ceramics, Gersthofen,  
Telefon +49 (0) 821/99 95 08 11,  
E-Mail: werner.humbs@bjsceramics.com



Keramikspulen von BJS Ceramics

# CT-SYSTEME

Industrielle Computertomographie für den weltweiten Markt

**Die diondo GmbH mit Sitz im Gewerbepark Henrichshütte in Hattingen ist Hersteller von industriellen Computertomographiesystemen und artverwandten Röntgenprüfanlagen. Das Unternehmen wurde 2013 gegründet. Das zwanzigköpfige Team arbeitet allerdings bereits seit zwei Jahrzehnten in der Entwicklung, Produktion und weltweiten Inbetriebnahme von industriellen CT-Systemen unterschiedlicher Bauart und -größe erfolgreich zusammen.**



Zerstörungsfreie, vollständige und maßgetreue Untersuchung der inneren und äußeren Struktur von beliebigen Prüfobjekten – so könnte die industrielle Computertomographie (CT) umschrieben werden. Gegenüber anderen Prüfverfahren zeichnet sich die CT dadurch aus, dass sie weitestgehend unabhängig vom Material die räumliche Zuordnung von inneren Strukturen ermöglicht auch dann, wenn das

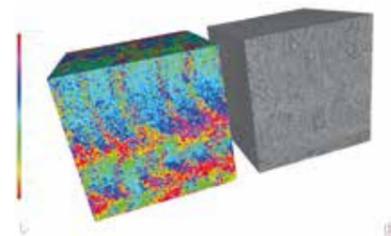
Prüfobjekt sehr komplex aufgebaut ist. Im industriellen Einsatz ergeben sich daraus die Aufgabenstellungen „prüfen“ und „messen“. Typische Anwendungen sind Untersuchungen an Metall, Keramik und Kunststoff, die dort vorkommenden typischen Fehlerarten können mit hoher Verlässlichkeit detektiert werden, Maße (und maßliche Abweichungen) sind mit hoher Genauigkeit zu ermitteln.

Mittlerweile zählen große Automobilisten, führende Zulieferfirmen der Automotive- und Aerospace- Industrie sowie namhafte Forschungseinrichtungen zu den Kunden der diondo GmbH. „Wir nutzen einen umfangreichen, sich stetig erweiternden ‚Baukasten‘ von Komponenten und Funktionsmodulen, so können wir mit überschaubarem Aufwand flexibel auf besondere Herausforderungen reagieren. Wir tun das gerne und mit Leidenschaft, und vielleicht grenzt uns genau das von den meisten unserer Wettbewerber ab.“ erklärt Martin Münker, einer der beiden Geschäftsführer der diondo GmbH.

Begleitend und ergänzend zur Entwicklung und dem Bau von industriellen Computertomographie- und Durchleuchtungssystemen bietet die diondo GmbH die Prüfdienstleistung auf mehreren eigenen CT-Systemen in Hattingen an. Einzelteile, Kleinserien oder Großserien können zur attraktiven Konditionen untersucht, bewertet und sortiert werden – für diondo-Kunden eine attraktive Alternative zur Investition in eine eigene Anlage, als schnelle Rückfalllösung oder als flexible Ergänzung zum Abfangen von Produktionsspitzen.



Weitere Informationen:  
**Benjamin Zengerling,**  
diondo GmbH, Hattingen,  
Telefon +49 (0) 23 24/3 93 19-15,  
E-Mail: benjamin.zengerling@diondo.com,  
www.diondo.com



## Werkstoff der ZUKUNFT

**Was uns mit unseren Kunden verbindet, ist die Leidenschaft für Carbon**

Die **CARBO-TEX GmbH** unterstützt die Leichtbau-Technologie durch die Entwicklung und Fertigung von standardisierten und kundenspezifischen Hochleistungs-Geweben.

- ✗ AUTOMOTIVE
- ✗ RENNSPORT
- ✗ AUTOMATISIERUNG
- ✗ MEDIZINTECHNIK
- ✗ SEGEL- & KLEINFLUGZEUGE
- ✗ MARINE
- ✗ RADSPORT
- ✗ KANU- & KAJAKSPORT



**CARBO-TEX®**  
carbon is our passion

**CARBO-TEX GmbH**  
Siemensstraße 1  
86695 Nordendorf  
Germany

**T** +49 8273 99 800 9-0  
**F** +49 8273 99 800 9-99  
**E** info@carbo-tex.de  
**W** www.carbo-tex.de

# NEUE TECHNOLOGIE FÜR C/C-SiC-KERAMIK

Großserientaugliche Formgebung durch Duroplastspritzgießen zur Herstellung von Faserkeramik

Gemeinsam entwickelten die Professuren Verbundwerkstoffe (Prof. Guntram Wagner), Strukturleichtbau und Kunststoffverarbeitung (Prof. Lothar Kroll) sowie Polymerchemie (Prof. Stefan Spange) der Technischen Universität Chemnitz ein großserientaugliches Formgebungsverfahren zur Herstellung faserverstärkter C/C-SiC-Keramik. Das Verfahren wird die Produktionskosten erheblich senken.

Technischer Fortschritt zieht steigende Forderungen der Industrie nach höherer Leistungsfähigkeit bei gleichzeitig besserer Energieeffizienz nach sich. Dies erfordert zunehmend den Einsatz von faserverstärkten Keramiken, z. B. in den Bereichen Automobilbau, Maschinenbau und Luft- und Raumfahrt. Allerdings wird die Werkstoffgruppe aufgrund der bisher hohen Herstellungskosten und der eingeschränkten Realisierung komplexer Geometrien nur für Nischenprodukte im Hochpreissegment eingesetzt.

An der TU Chemnitz wird in Zusammenarbeit der Professuren Verbundwerkstoffe, Polymerchemie sowie Strukturleichtbau und Kunststoffverarbeitung ein vollautomatisiertes, großserientaugliches Fertigungsverfahren für faserverstärkte Keramiken entwickelt. Im Vergleich zum Stand der Technik beim Flüssigsiliciumverfahren (LSI) erfolgt der erste Prozessschritt (Formgebung) über den Duroplast-Spritzgießprozess. Die Vorteile des Verfahrens sind in Abb. 1 dargestellt. Diese Herstellungsinnovation führt zu einer deutlichen Prozesskostenreduktion von C/C-SiC-Keramiken, was zur Erschließung neuer Anwendungsmärkte dieser Gruppe der faserverstärkten Keramik führt.

Der polymere Kohlenstoffprecursor bildet das Ausgangsmaterial für den LSI-Prozess. Hierbei sind eine hohe Kohlenstoffausbeute, thermoplastische Verarbeitbarkeit und Vernetzbarkeit des Polymers im Spritzgießwerkzeug von großer Bedeutung. An der TU Chemnitz kommt ein Novolak in Kombination mit dem Härter Hexamethylentetramin zum Einsatz. Als Verstärkungskomponente werden Kohlenstofffasern in Form eines Rovings verwendet. Als Prozesshilfsmittel wird ein Metallstearat (Gleitmittel) eingesetzt. Die Ausgangsstoffe werden mit Hilfe eines Doppelschneckenextruders compoundingiert und anschließend zu einem CFK-Halbzeug spritzgegossen. Im nächsten Schritt werden die CFK-Verbunde unter Inertatmo-



Abb. 1: Schematische Darstellung zur großserientauglichen Herstellung von C/C-SiC-Keramiken über den Spritzgießprozess und dessen Vorteile.

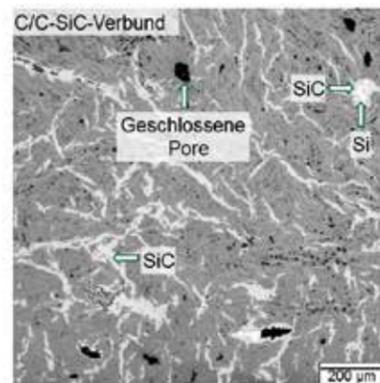


Abb. 2: LM-Aufnahme eines C/C-SiC-Verbundes, dessen Formgebung über den Spritzgießprozess erfolgte

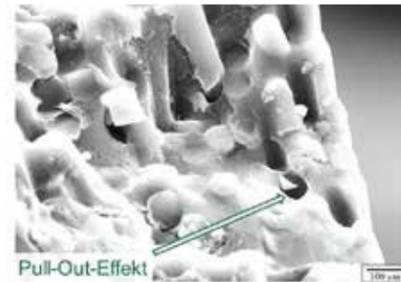


Abb. 3: REM-Aufnahme einer Bruchstelle eines kurzfaserverstärkten C/C-SiC-Verbundes mit Pull-Out-Effekt.

sphäre pyrolysiert und anschließend mit flüssigem Silicium infiltriert. Das Endprodukt ist ein porenarmer C/C-SiC-Verbund mit sehr guten mechanischen Eigenschaften (Abb. 2 und Abb. 3). Gegenwärtig sind die Verbundpartner bestrebt, das Verfahren mit Hilfe von Projektpartnerschaften in den Industriemaßstab umzusetzen.

Weitere Informationen:  
**Prof. Dr.-Ing. habil. Daisy Nestler**,  
 Professur Verbundwerkstoffe,  
 Technische Universität Chemnitz,  
 Telefon +49 (0) 371/5313 65 46,  
 E-Mail: daisy.nestler@mb.tu-chemnitz.de,  
 www.tu-chemnitz.de/mb/lvw

# PREPREGS ZUR HERSTELLUNG VON OXIDKERAMISCHEN VERBUNDWERKSTOFFEN

Reproduzierbare und wirtschaftliche Fertigung

Bisher werden gewebeverstärkte oxidkeramische Verbundwerkstoffe überwiegend im Handlaminierverfahren gefertigt. Diese Herstellungsrouten sind erheblichen Qualitätsschwankungen unterworfen. Am Lehrstuhl Keramische Werkstoffe der Universität Bayreuth wurde eine Prepreg-Technologie entwickelt, die eine automatisierbare und reproduzierbare Herstellung von oxidkeramischen Composites ermöglicht. Hierbei werden flächige textile Strukturen und Schlicker zu keramischen Prepregs mit einstellbarer Klebrigkeit verarbeitet und in einem anschließenden Sinterschritt zu Composites weiterverarbeitet.

Die oxidkeramischen Verbundwerkstoffe bestehen aus Fasern, die in eine poröse Matrix eingebettet sind. Damit wird eine hohe Festigkeit bei schadenstolerantem Bruchverhalten erzielt. Ein weiteres Merkmal ist hohe chemische und thermische Stabilität bei Temperaturen von über 1000 °C. Die Fasern bestehen aus Aluminiumoxid oder Mullit und werden mit Matrices aus Aluminiumoxid ( $Al_2O_3$ ), Mullit oder Zirkoniumoxid ( $ZrO_2$ ) kombiniert. Einsatzgebiete liegen im Turbinenbau oder im Ofen- und Chemieanlagenbau.

Prepregs (pre-impregnated fibers) sind vor allem aus der Kunststofftechnik bekannt. Hier versteht man unter Prepreg ein flächiges Faserhalbzeug (Gelege, Gewebe), bei dem beispielsweise Glas- oder Kohlenstofffasern als Verstärkungskomponenten eingesetzt werden. Das Herstellungskonzept wurde auf oxidkeramische Verbundwerkstoffe übertragen und ein Prepreg entwickelt, bei dem oxidkeramische Fasern von einem pastösen, wasserbasierten Schlicker umgeben sind. Die Formgebung kann analog zu den Kunststoffen durch Laminieren erfolgen, da sich das Prepreg durch hohe Flexibilität, Drapierbarkeit und hohen Tack (Klebrigkeit) auszeichnet.

Verfestigt wird das Composite über einen anschließenden Sinterprozess. Hierbei muss beachtet werden, dass die Porosität der Matrix trotz der Verfestigung während des Sinterns erhalten bleibt und die Fasern einer Sinterschwindung entgegenstehen. Um dies zu erreichen, ist eine hohe Gründichte der Matrix notwendig, welche wiederum einen Schlicker mit einem hohen Feststoffgehalt bedingt. Nachteilig bei einem Schlicker mit hohem Feststoffgehalt ist die hohe Viskosität, die eine vollständige Infiltration der Faserbündel erschwert. Am Lehrstuhl Keramische Werkstoffe wird ein zweistufiges Verfahren angewendet, um beiden, sich eigentlich widersprechenden Forderungen gerecht zu werden.



Oxidkeramische Verbundwerkstoffe, hergestellt über die Prepreg-Route. Die Composites bestehen aus  $Al_2O_3$ -Fasern und  $Al_2O_3$ - $ZrO_2$ -Matrices.

Infiltriert wird die Faserarchitektur mit einem niedrigviskosen Schlicker, dessen Feststoffgehalt durch Vortrocknen angehoben wird. Der Schlicker setzt sich aus dem Dispersionsmedium Wasser, keramischen Partikeln und einem Dispergator zusammen. Zudem wird bis zu 20 Gew. Prozent Glycerin, bezogen auf den keramischen Rohstoff, als sogenanntes Trocknungshilfsmittel mit hygroskopischen Eigenschaften zugegeben. Bei vorgegebener Atmosphäre (70 bis 90 Prozent relativer Feuchte, 25 °C) kann dem Schlicker, der die Fasern umgibt, Wasser entzogen werden. Das Ergebnis ist ein lagerfähiges Prepreg, bei dem die Fasern von einem hochfeststoffhaltigen, pastösen Schlicker umgeben sind und das zu keramischen Faserverbundbauteilen weiterverarbeitet werden kann.

Weitere Informationen:  
**Dipl.-Ing. Thomas Wamser**,  
**Prof. Dr.-Ing. Walter Krenkel**,  
 Lehrstuhl Keramische Werkstoffe,  
 Universität Bayreuth,  
 Telefon +49 (0) 921/55 55 39,  
 E-Mail: thomas.wamser@uni-bayreuth.de,  
 www.cme-keramik.uni-bayreuth.de

## VOM BAUSTOFF ZUR BAUWEISE

Vier auf einen Streich: Arbeit in C<sup>3</sup>-Basisvorhaben aufgenommen. Weitere Vorhaben auf dem Weg

**C<sup>3</sup>, das größte Bauforschungsprojekt Deutschlands, startet dieses Jahr mit vier Basisvorhaben. Was bisher im Initialkonzept aufgezeigt und in der Strategie formuliert ist, wird nun in den Vorhaben realisiert. 130 Partner aus Wissenschaft und Wirtschaft umfasst das Netzwerk mittlerweile. Alle Partner verbindet das gleiche Ziel: eine neue Art des Bauens unter Verwendung von C<sup>3</sup>-Carbonbeton zu entwickeln und die C<sup>3</sup>-Bauweise zu etablieren. Das BMBF-Programm „Zwanzig20“ macht es mit einer Förderung in Höhe von bis zu 45 Mio. Euro möglich, ein solch großes Projekt im Bauwesen umzusetzen. Zirka 15 Mio. Euro Eigenmittel der beteiligten Unternehmen kommen hinzu.**

Das Projekt ist so groß wie die Herausforderungen, vor denen das Bauwesen steht: Senkung des Energie- und Ressourcenverbrauchs im Bausektor, Gewährleistung der Sicherheit unserer Bauwerke und Erhaltung der Mobilität im Bereich der Infrastruktur. Bauen mit Carbonbeton ermöglicht langlebiger, leichter und flexibler sowie ästhetischer zu bauen.

Doch um das Projektziel zu erreichen, Carbonbeton als neuen Baustoff in Deutschland und weltweit zu etablieren, um Brücken, Hochhäuser, Industriebauten mit Carbonbeton zu errichten und bestehende Bauwerke instand zu setzen, müssen Kompetenzfelder über das klassische Bauwesen hinaus eingebunden werden. Wesentliche Industrie- und Wissensbereiche dafür sind: Chemie, Maschinenbau, Carbonbewehrung, Verarbeiter/Anwender, Werkstoffe (Beton), Ingenieurwesen und Elektrotechnik, Gesundheit, Aus- u. Weiterbildung, Recycling. Diese werden durch Verbundprojekte in Netzwerke überführt, um bis 2020 eine intersektorale Wertschöpfungskette aufzubauen, die alle Voraussetzungen schafft, um die neue Art des Bauens mit Carbonbeton hervorzuheben und durchzusetzen.

Nachdem die C<sup>3</sup>-Vision und Mission definiert und die strategischen Linien gezogen sind, starteten in der ersten Hälfte des Jahres 2015 die Basisvorhaben. In den Basisvorhaben geht es um Grundbausteine, die für das Projekt strategisch bedeutsam sind: „Beschichtungen und Bewehrungsstrukturen für den Carbonbetonbau“, „Nachhaltige Bindemittel und Betone für die Zukunft“, „Konstruktionsgrundsätze, Sicherheits- und Bemessungskonzepte, standardisierte Prüfmethoden“ „„Multifunktionale Bauteile aus Carbonbeton – Aktivierte Gebäudehülle“. Zukunftsträchtige und erfolgversprechende Themen aus den Basisvorhaben sollen später weitergeführt werden. Weiterhin wurden bereits Vorhaben für die marktorientierte Förderlinie skizziert: Entwicklung



*Materialveranschaulichung einmal anders: der Verbund von Textil und Beton zeigt Leichtigkeit, Schwung, Formbarkeit, Ästhetik*

von Herstell- und Verarbeitungsprozessen von Carbonbeton, Nachweis- und Prüfkonzepte für Normen und Zulassungen, Effekte auf die menschliche Gesundheit, Abbruch, Rückbau und Recycling von C<sup>3</sup>-Bauteilen. Durch die Förderlinie Individualvorhaben ergibt sich ein „Spielraum“ für neue Ideen. Sie gewährt den Partnern die Möglichkeit, parallel zur Erarbeitung der Kernthemen eigene, sehr individuelle Themen für die C<sup>3</sup>-Bauweise einzubringen. Definiert wurden folgende Bereiche: Multiaxiale Garnablage im automatisierten Umlaufprozess, Vorgespannter Carbonbeton für Straßenbrücken und Flächentragwerke, Integration einer direkt elektrischen Heizfunktion in die Carbonbetonfassade und in den carbonverstärkten Industriefußboden, Ganzheitliche Optimie-

rung von Carbonbeton durch Verwendung alternativer Bindemittel und leistungsfähiger Faseroberflächen.

Das Projekt fächert sich in insgesamt 143 Einzelvorhaben auf, das darf man getrost als ehrgeizig und ambitioniert bezeichnen. Wie sagte Albert Einstein? „Eine neue Art von Denken ist notwendig, wenn die Menschheit weiterleben will.“

Weitere Informationen:

**Angela Reute,**  
Öffentlichkeitsarbeit,  
C<sup>3</sup> – Carbon Concrete Composite e.V.,  
Dresden,  
Telefon +49 (0) 3 51/48 45 67 16,  
E-Mail: angela.reute@tu-dresden.de,  
www.massivbau.tu-dresden.de

## CarbonBeton für ein Zuckersilo

**Im Juni 2014 brannte ein Silo der Zuckerfabrik Uelzen. Der Brand beschädigte Dach, Ringbalken, Förderbrücke und Siloinnenwand des erst kurz zuvor fertiggestellten Silos. Die statischen Untersuchungen erbrachten, dass Tragfähigkeit und Standsicherheit des Zuckersilos nicht beeinträchtigt worden waren. Allerdings war die Gebrauchstauglichkeit der Siloinnenschale durch brandbedingte oberflächennahe Schädigung des Betons und Abplatzungen nicht mehr gegeben.**

Das Zuckersilo hat einen Innendurchmesser von 42,50 m, einer Wandhöhe von ca. 60 m und ein Lagervermögen von 80.000 t Zucker. Bei so einer wichtigen Anlagenkomponente wurde ein zügiger Wiederaufbau mit engem Terminplan verabschiedet, um den Silo zur im September beginnenden Zuckerkampagne 2015 wieder in Betrieb nehmen zu können.

Als Instandsetzungsmaterial entschied sich die IPRO GmbH Braunschweig als zuständiger Planer für den carbonfaserbewehrten TUDALIT-Textilbeton. Damit hatte Nordzucker als Bauherr bei einer anderen Silosaniierung im Jahr 2012 bereits erste gute Erfahrung gesammelt.

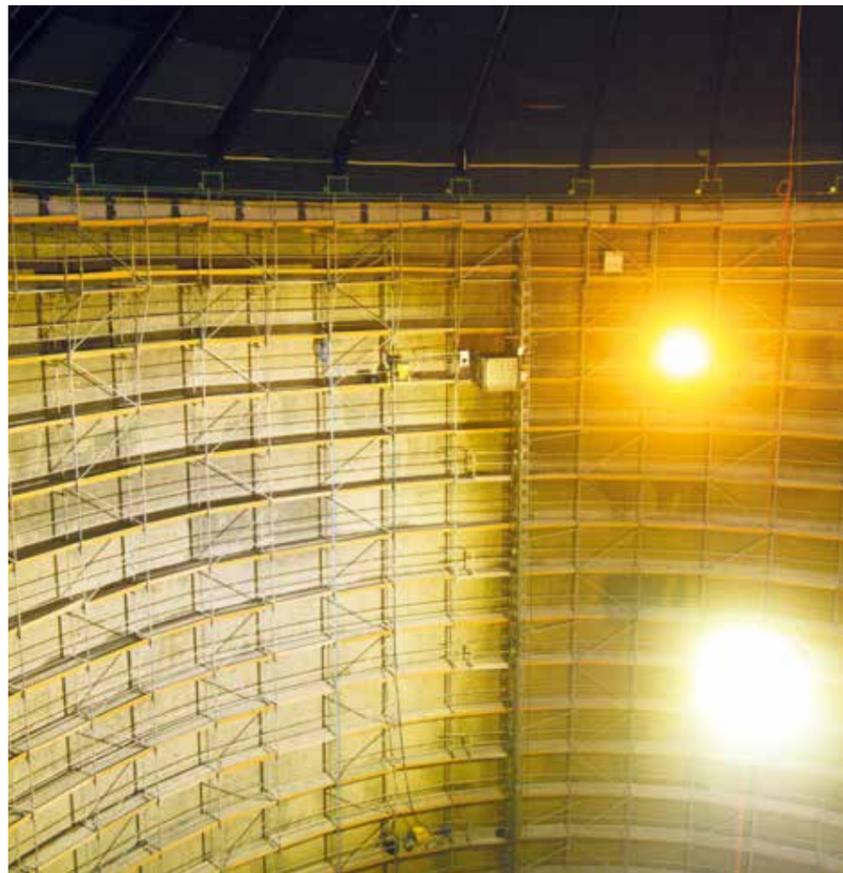
Nach einer beschränkten Ausschreibung und Wettbewerb unter den zertifizierten TUDALIT-Fachfirmen erhielt die Implenia Instandsetzung GmbH am 15. April 2015 den Auftrag, die Brandschadenssanierung mit Textilbeton auszuführen. Die Arbeitsleistungen umfassten auf ca. 4.500 m<sup>2</sup> der oberen Siloinnenwandfläche in bis zu 57 m Höhe den Abtrag des geschädigten Betons, die Untergrundvorbereitung sowie Reprofilierung und Einbau von ca. 14.000 m<sup>2</sup> textiler Carbonfaserbewehrung TUDALIT-BZT2-V.FRAAS in einen Feinbeton. Der Aufbau der Textilbetonschicht war mit zwei Textillagen bei ca. 18 mm Schichtstärke im oberen Bereich und drei Textillagen in 24 mm vorgesehen. Insgesamt wurden ca. 340 t Pagel-TF10 als Feinbeton verarbeitet.

Die Textilbetonarbeiten wurden dabei nach der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung Z-31.10-182 in Verbindung mit einer Zustimmung im Einzelfall durch die Bauaufsicht von speziell geschultem Personal mit TUDALIT-Eignungsnachweis ausgeführt. Begleitend wiesen die CarboCon GmbH und die Technische Universität Dresden die Ausführungsqualität mit einem umfangreichen Prüfprogramm zur Eigen- und Fremdüberwachung nach.

Besonders hervorzuheben war die kooperative Zusammenarbeit der TUDALIT-Mitgliedsunternehmen mit Bauherr und Planer. So konnten bereits Mitte Juli 2015 die Arbeiten sogar einige Tage früher als im engen Terminplan vorgesehen beendet werden.

Weitere Informationen:

**Dipl.-Ing. Ammar Al-Jamous,**  
Carbon Composites e.V.,  
Abteilung CC Tudalit, Dresden,  
Telefon +49 (0) 3 51/82 12 04 20,  
aj@textilbetonzentrum.de,  
www.textilbetonzentrum.de



CarbonBeton zur Verstärkung einer Siloinnenschale

August 2015




# IMPRESSUM

## Herausgeber:

Carbon Composites e.V.  
 Alter Postweg 101  
 86159 Augsburg  
 Telefon +49 (0) 8 21/26 84 11-0,  
 E-Mail: info@carbon-composites.eu

## Verantwortlich für Herausgabe und Inhalt:

Carbon Composites e.V.,  
 Amtsgericht Augsburg  
 Vereinsregister No. 2002 46

## Vorstandsvorsitzender:

Dr. Hubert Jäger

## Geschäftsführer:

Alexander Gundling  
 Postanschrift siehe oben  
 E-Mail: alexander.gundling@carbon-composites.eu

## Redaktion:

Doris Karl (verantwortlich),  
 Postanschrift siehe oben  
 Telefon +49 (0) 8 21/26 84 11-04,  
 E-Mail: doris.karl@carbon-composites.eu

Elisabeth Schnurrer  
 Redaktionsbüro Strobl + Adam  
 Nibelungenstr. 23  
 86152 Augsburg  
 Telefon +49 (0) 8 21/3 64 48  
 E-Mail: elisabeth.schnurrer@t-online.de

## Umsetzung:

Bestmarke Werbeagentur  
 Spicherer Straße 10  
 86157 Augsburg  
 Telefon +49 (0) 8 21/79 63 11 95  
 E-Mail: info@bestmarke-agentur.de  
 www.bestmarke-agentur.de

## Druck:

KESSLER Druck + Medien GmbH & Co. KG  
 Michael-Schäffer-Str. 1  
 86399 Bobingen  
 Telefon +49 (0) 82 34/96 19-0  
 E-Mail: info@kesslerdruck.de  
 www.kesslerdruck.de

## Anzeigen:

vmm wirtschaftsverlag gmbh & co. Kg  
 Kleine Grottenau 1D  
 86150 Augsburg  
 Sandra Goschenhofer  
 Telefon +49 (0) 8 21/4 40 54 24  
 www.vmm-wirtschaftsverlage.de

## Bildnachweis:

Sofern nicht anders vermerkt wurden Grafiken und Bilder von den im Text genannten Mitgliedern des Carbon Composites e.V. zur Verfügung gestellt. Titelbild: Premium AEROTEC

## Erscheinungsweise:

Zweimal jährlich, jeweils im Frühjahr und Herbst eines Jahres

## Verbreitung:

Das Carbon Composites Magazin ist die Mitgliederzeitschrift des Carbon Composites e.V.

## Haftung:

Der Inhalt dieses Heftes wurde sorgfältig erarbeitet. Dennoch übernehmen Autoren, Herausgeber und Redaktion keine Haftung für die Richtigkeit der Angaben, Hinweise und Ratschläge sowie für eventuelle Druckfehler.

## Urheberrecht:

Alle abgedruckten Beiträge sind urheberrechtlich geschützt. Nachdruck oder anderweitige Verwendung sind nur mit vorheriger Genehmigung des Herausgebers gestattet.

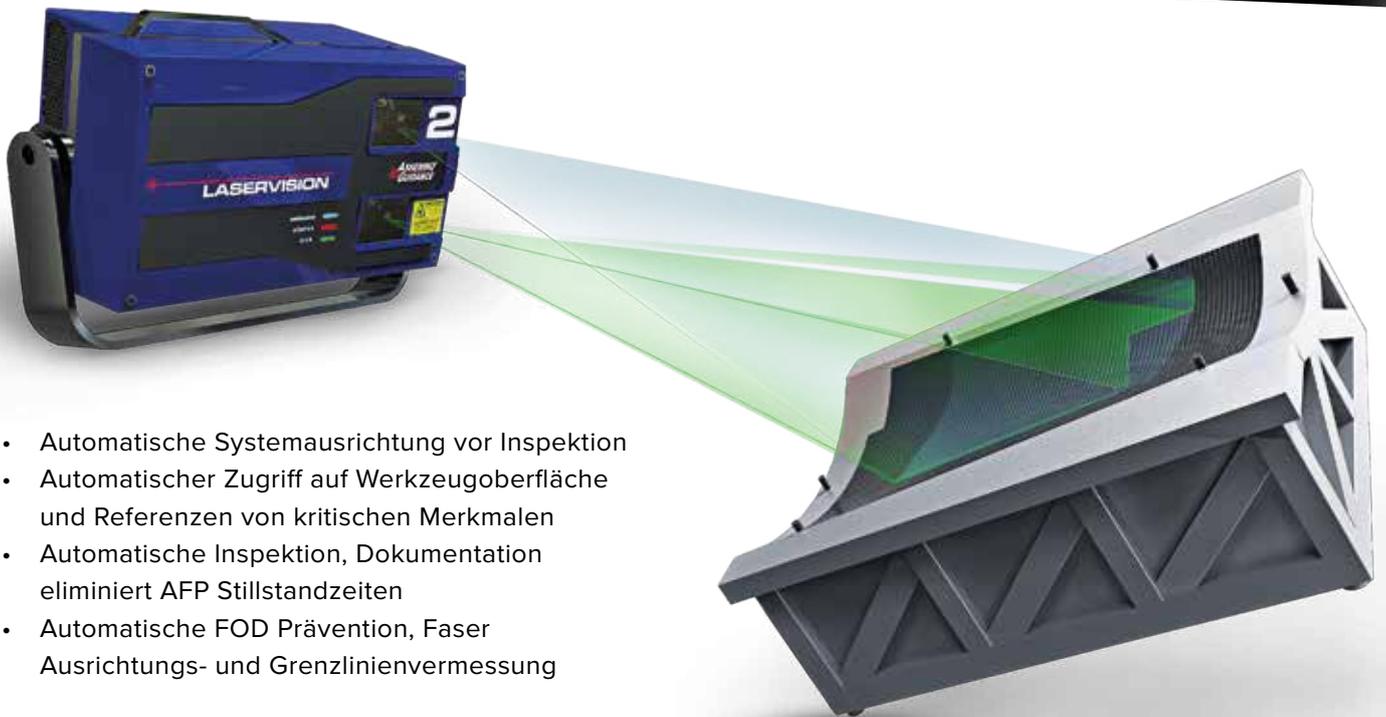
## Verbreitete Auflage:

2.000 Exemplare



# LASERVISION REDUZIERT DURCHLAUFZEIT UM ÜBER 50%

LaserVision automatisiert simultane „In-Process“ Qualitätsüberwachung, Prüfung und Dokumentation für die Fertigung von Composite Teilen.



- Automatische Systemausrichtung vor Inspektion
- Automatischer Zugriff auf Werkzeugoberfläche und Referenzen von kritischen Merkmalen
- Automatische Inspektion, Dokumentation eliminiert AFP Stillstandzeiten
- Automatische FOD Prävention, Faser Ausrichtungs- und Grenzlinienvermessung



LaserVision  
**WELTPRÄMIERE**  
Halle 7 Stand E38

 **JETCAM**  
COMPOSITE GmbH  
[www.jetcamcomposite.com](http://www.jetcamcomposite.com)

Europäischer  
Distributor für:

 **ASSEMBLY  
GUIDANCE**