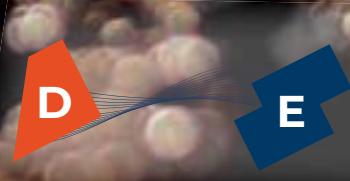


## FUTURE IS NOW



### CU NETWORK

Netzwerk-News und Infos  
für alle CU-Mitglieder

7

### CIRCULAR ECONOMY

Key Aspect 2022: CU lightweight  
protagonists bring on tomorrow

23

### COMPOSITES

Neues aus der Leichtbau-  
Welt der CU-Mitglieder

33

# EVEN THOUGH OUR MAIN COLOR IS ORANGE, WE CAN DO GREEN AS WELL.

COMPOSYST BUILDS ON HIGH QUALITY RECYCLING PRODUCTS

Our new line of **green** consumables now includes two **bleeder materials** made out of **100% post-consumer recycling fibers** (mainly from PET bottle flakes). Our **green** line of products is **still growing**, check out our website regularly!

We **protect the environment** while maintaining the same **high quality standards**.



## LIMITLESS COMPETENCE FOR YOUR BUSINESS

Our team of experts for lightweight will help you create the perfect composite structure for your needs:



AEROSPACE



VAP®



ELEVATOR  
TECHNOLOGY



NAVAL  
SYSTEMS



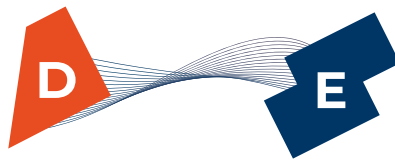
WIND  
ENERGY



MEDICAL  
TECHNOLOGY



DESIGN



## Sehr geehrte Mitglieder,

neben der immer noch akuten globalen Pandemie hat auch ein Krieg in Europa die Nachrichtenlage in der Vorbereitungsphase für diesen CU reports bestimmt. Neben dem ehrenamtlichen Engagement aus den Reihen des CU-Teams und des Präsidiums hat sich auch der Composites United im Rahmen seiner Möglichkeiten für die Integration von ukrainischen Flüchtlingen auf dem Arbeitsmarkt eingesetzt sowie unseren Mitgliedern eine Möglichkeit des Schutzes vor Cyber-Angriffen aufgezeigt. Es bleibt die Hoffnung auf Frieden, Freiheit und mehr Normalität.

Zur Normalität gehört für uns auch die JEC World, die dieses Jahr endlich in Präsenz in Paris stattfinden konnte. Wir freuten uns, nun nach mehreren Verschiebungen den Composites United und 48 Aussteller auf dem größten Stand der Messe zu präsentieren, viele Mitglieder, Freundinnen und Freunde aus der Branche persönlich zu treffen und spannende Gespräche zu führen.

Die Premiere unserer LightCon, parallel zur Hannover Messe, ist ein weiteres Highlight des Jahres. Das Programm enthält herausragende Vorträge und Keynotes. Wir freuen uns besonders auf unser erstes, von jetzt an hoffentlich jährlich stattfindendes Hauptevent.

Pünktlich zur LightCon liegt Ihnen dieser CU reports vor mit dem Schwerpunktthema „Kreislaufwirtschaft“, das immer größere Bedeutung für unsere Materialien erlangt. Dazu finden sich mehrere hochkarätige Beiträge, gefolgt von weiteren spannenden Artikeln. Abgerundet wird der Inhalt durch Nachrichten aus dem Netzwerk und die Vorstellung unserer neuen Präsidiumsmitglieder mit Prof. Klaus Drechsler als deren frisch gewähltem Sprecher.

Weitere positive Ausblicke auf das Jahr 2022 sind für uns das 10-jährige Jubiläum der Clusterstruktur, über das wir im nächsten CU reports berichten werden.

Wir wünschen Ihnen viel Spaß beim Lesen und würden uns freuen, Sie persönlich auf der LightCon zu treffen.

## Dear members,

in addition to the still acute global pandemic, a war in Europe has also dominated the news during the preparation phase for and making of this CU reports. The Composites United, in addition to the voluntary commitment from the ranks of the staff and the presidium, has also worked within its capabilities for the integration of Ukrainian refugees in the labor market, as well as highlighted a possibility of protection against cyber attacks for our members. There remains hope for peace, freedom and more normality.

Normality for us also includes the JEC World, which this year could finally take place in presence in Paris. After several postponements, we were now excited about presenting Composites United and 48 exhibitors on the largest stand of the fair, about meeting many members and friends from the industry in person and about having enthralling discussions.

The premiere of our LightCon, parallel to the Hannover Messe, is another highlight of the year. The program includes outstanding presentations and keynotes. We are particularly looking forward to our first main event, which we hope will be an annual event from now on.

Just in time for LightCon, this CU reports is available to you with the main topic „Circular Economy“, which is becoming more and more important for our materials. On this you will find several high-profile contributions, followed by further exciting articles. The content is rounded off by news from the network and the introduction of our new presidium members with Prof. Klaus Drechsler as their newly elected spokesman.

Further positive outlooks for the year 2022 are for us the 10th anniversary of the introduction of the cluster structure, which we will cover in the next CU reports.

We hope you enjoy reading and would be delighted to meet you in person at LightCon.

## Ihr Leadership-Team | Your Leadership-Team



Prof. Dr. Klaus Drechsler



Dr. Gunnar Merz



Dr. Tjark von Reden



## 3 Vorwort | Editorial

6 Grußwort zur LightCon 2022 – Robert Habeck, Bundesminister für Wirtschaft und Klimaschutz

## 7 NETZWERK | NETWORK

### CU aktiv | CU active

8 Das neue CU-Präsidium – The new CU presidium

10 FiberBuild – Abschluss des BMBF-Innovationsforums | Ready 4.0 Future Work – MAI Schulprogramm beendet

11 CU Marktbericht 2021 – CU Market Report 2021 | Ökobilanz von Faserkeramiken

12 MixUp.World – CU-Mitglieder treffen sich online | CU members meet online

13 Carbon Connected – Kompetenzatlas | Best Pitch Award beim „Start-ups“ Innovation Day

14 Verbundwerkstoff trifft Anwenderbranche – CU-Reihe fördert Austausch | SIAT – Bildungs- und Personalnetzwerk nimmt Fahrt auf

15 Ceramic Composites – Positionspapier | Position paper

### CU international

16 GreenOffshoreTech – Unterstützung für KMU | Support for SME

17 GER-POL – Deutsch-polnische Kooperation: CU besucht Polen | German-Polish activities: CU visits Poland

### Interview

18 Vielfacher Nutzen – Möbel-Verbundplatten aus der Biogasanlage | Interview mit Prof. Dr.-Ing. Markus Milwich, DITF

### CU informiert | CU informs

20 Seminarreihe „Leichtbau im Bauwesen mit Faser-

verbundwerkstoffen“ | Webseminar Wednesday

21 LightCon 2022 – Konferenzprogramm | Conference programme | Podcast – CU people on Air

20 Termine | Dates 2022

## 23 FOKUS | FOCUS

### Kreislaufwirtschaft | Circular Economy

24 Rückführung zerkleinerter Organobleche – Zer-

kleinerte Organobleche im Spritzgießprozess

25 Recirculation of crushed organo sheet – Crushed organo sheets in the injection molding process

26 Auf Knopfdruck – Graphenbasierte Entwurfs-

sprachen für Recycling-Prozesskettengestaltung

27 At the push of a button – Graph-based design languages for recycling process chain design

28 Innovation als Schlüssel – Hochleistungsfaserver-

bund im Spannungsfeld von Nachhaltigkeit, Indus-

29 Zweites Leben – Aufbereitung von Carbon- und Glasfasern stärkt Kreislaufwirtschaft

30 Sauber recyceln – Ergänzung mit Ultraschall für

sicheren Umgang mit recycelten Carbonfasern

31 Peeling-basiertes Recycling – Nachverfolgbarkeit

der Eigenschaften thermoplastischer Composites

32 Safe and sound – Healable composites contribu-

ting to industrial circularity





35

### 33 MITGLIEDER | MEMBERS

#### BAU | Construction

- 34 Frischer Wind – Integriertes Condition Monitoring System für Windenergieanlagen Vorbild für Bau

#### Bildung | Education

- 35 Fräsen für die Forschung – Universität Augsburg erhält modernste Projektmaschine als Spende

#### Keramik | Ceramics

- 36 Smarte Schläuche – Oxidische und nicht-oxidische Verbundkeramiken aus neu entwickelten, komplexen 3D-Flechtpreformen
- 37 Smart tubes – Oxide and non-oxide composite ceramics from newly developed, complex 3D braided preforms
- 38 Keramische Strukturen im Apparatebau – Sandwichbauweisen für effiziente Leichtbaustrukturen aus keramischen Verbundwerkstoffen

#### Forschung+Entwicklung | Research+Development

- 40 Umhüllen und Füllen – Optimierte Faserausrichtung in Krempelflor durch Nachorientierung magnetisierter Carbonfasern
- 41 Envelope and Filling – Optimized fiber alignment in carded web by reorienting the magnetized carbon fibers
- 42 Patch-Pultrusion – Sichere Verbindungen für Pultrusionsprofile
- 43 Patch-Pultrusion – Reliable connections for pultrusion profiles
- 44 Hydrostatischer Prozessdruck – Neue Entwicklungen in effizienter und ökologischer FVK-Fertigung
- 45 Ein Gitterträger geht ins Netz – Textile 3D-Netzgitterträger für leichte Carbonbetonfertigteile



46

#### Luft- und Raumfahrt | Aerospace

- 46 Schadstofffreies Fliegen – Wasserstoff-tank als Bestandteil von Kleinflugzeug-Flügeln
- 47 Pollutant-free flying – Hydrogen tank as an integral part of the wing of small aircraft
- 48 Innovative Wingtips – Nachrüstbarer Beitrag zu nachhaltigerem Fliegen
- 49 Innovative wingtips – Retrofit contribution to more sustainable flying
- 50 Seien wir diskret – Makroskalige Diskretisierung von asymmetrischen Sandwichstrukturen

#### Material | Materials

- 51 Überblick behalten – Jahresbericht zur Entwicklung des europäischen GFK-Marktes
- 52 Feuerfest und federleicht – Maximaler Brandschutz durch hybride Sandwichtechnologie
- 53 Fire-resistant & feathery – Hybrid sandwich technology offers maximum fire protection
- 54 Gekrümmte Leichtbauprofile – Gewebte 3D-Preformen für Leichtbauprofilstrukturen
- 55 Hier wird's heiß – Schweißbare und brandsichere Faserverbundpaneele

#### Produktion | Production

- 56 Von beiden Enden – Duplex Filament Winding Maschine mit doppelter Leistung
- 57 From both ends – Duplex Filament Winding Machine with double power
- 58 Grüne Wasserstofftank-Revolution – Typ 4-Tanks mit FPP-Kuppelverstärkung
- 59 The green H<sub>2</sub> tank revolution – Type 4 tanks with FPP dome reinforcements
- 60 Das Beste aus zwei Welten – Hybride CFK-versteifte Schneckensysteme
- 61 Tank mal anders – RTM-Tanks mit flexibler Geometrie, besserer Qualität und großer Stückzahl

- 62 Logos CU-Mitglieder | CU members' logos
- 65 CU-Mitglieder im Heft | CU members in this issue
- 65 Vorschau | Preview
- 66 Impressum | Imprint



Hier geht's zur Online-Ausgabe  
Ihres CU reports 01/22 |  
Scan this for the online edition  
of your CU reports 01/22

# Grußwort zur LightCon 2022

Grußwort von Dr. Robert Habeck zur LightCon 2022 an die Deutsche Messe AG



Dr. Robert Habeck  
Bundesminister für Wirtschaft  
und Klimaschutz

Im Sinne einer erfolgreichen Energie- und Ressourcenwende ist es am wirksamsten, Ressourcen möglichst schonend zu nutzen und sie effizient einzusetzen. Die Leichtbauphilosophie, die auf die Einsparung primärer Rohstoffe fokussiert ist, garantiert mit diesem Ansatz Ressourceneffizienz auf höchstem Niveau. Denn die Schlüsseltechnologie Leichtbau senkt den Energieinput sowohl ganz am Anfang bei der Herstellung als auch bei der späteren Nutzung von Produkten.

Neben immer effizienteren Materialien steht die Wiederverwertbarkeit der Werkstoffe mit dem Ziel einer Kreislaufführung im Fokus der Weiterentwicklung von Leichtbautechnologien. Damit stellt der Leichtbau einen entscheidenden Game-Changer bei der Erreichung unserer ambitionierten Klima-, Ressourcenschutz- und Nachhaltigkeitsziele dar. Die daraus resultierende stetige Entwicklung innovativer Leichtbaulösungen sichert die Wettbewerbsfähigkeit des Industriestandortes Deutschland und schafft neue Arbeitsplätze.

Auf dem Weg zu einem grünen Leitmarkt hat das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz das Technologietransfer-Programm Leichtbau gestartet. Flankiert wird das im Jahr 2020 erfolgreich gestartete Förderprogramm durch eine Leichtbaustrategie. Wie in meiner Eröffnungsbilanz zum Beginn der Legislaturperiode angekündigt, wollen wir die Leichtbaustrategie in dieser Legislatur auf eine noch breitere Basis stellen, um die Potenziale des Leichtbaus noch besser auszuschöpfen. Gleichzeitig nähern wir uns dem Ziel, die deutsche Wirtschaft international wettbewerbsfähig und klimaneutral aufzustellen.

Die LightCon 2022 nimmt unter ihrem Konferenzmotto „Lightweight Design on the Path to Circular Economy“ die Fokusthemen „Material Solutions“, „Sustainable Engineering & Design“, „Manufacturing Innovations“ sowie „Applications & Use Cases“ in den Blick. Darüber hinaus bildet die Ausstellung unter dem Titel „Ihre Zukunft mit Leichtbau“ die große Vielfalt des Leichtbaus ab. Auf diese Weise leistet die LightCon 2022 einen wichtigen Beitrag zur Weiterentwicklung einer starken Zukunftstechnologie sowie des Innovationsstandortes Deutschland.

Ich wünsche allen Teilnehmerinnen und Teilnehmern gute Gespräche und spannende Blicke über den Tellerrand. Denn eine gute Vernetzung ist in einer Querschnittsbranche wie dem Leichtbau der Schlüssel, um über Material-, Verfahrens- und Branchengrenzen hinweg Innovationen erfolgreich und schnell zu marktfähigen Produkten weiterzuentwickeln. Dazu leistet die LightCon einen wichtigen Beitrag. ■



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Klimaschutz

**LIGHT  
CON** INTERNATIONAL  
CONVENTION FOR  
LIGHTWEIGHT SOLUTIONS

1 - 2 JUNE 2022 | HANNOVER | GERMANY

**Lightweight Design on the  
Path to Circular Economy**

WWW.LIGHTCON.INFO

**TICKETS  
SPECIAL PREMIERE  
DEAL!**



CU  
COMPOSITES  
UNITED

OUR FUTURE  
WITH  
COMPOSITES

CU ONLINE!  
WWW.COMPOSITES-UNITED.COM

Erwartungen über am Platz  
- Bek. Nachhaltigkeit / ISO 14001  
- Monetares Wachstum  
- Green & Innovation Leadership  
- Nachhaltigkeit  
- Digitalisierung  
- 2025  
- 2030  
- 2035  
- 2040  
- 2045  
- 2050

# NETWORK

# Das neue CU-Präsidium

Wer sind die acht Männer und Frauen, die das internationale Composites United Leichtbau-Netzwerk künftig nach außen vertreten und nach innen maßgeblich gestalten? Was können CU-Mitglieder von ihnen erwarten? Für welche Themen und Ziele stehen sie?



**Prof. Dr.-Ing. Klaus Drechsler**

Spokesperson of the presidium | Head of Chair of Carbon Composites (LCC) TUM | Head of Fraunhofer IGCV

» Ich arbeite für ein starkes Netzwerk. Technologisch sehe ich den Einsatz der KI in Entwicklung und Produktion sowie biobasierte Werkstoffe als Schlüssel für die Realisierung nachhaltiger Composite-Leichtbaustrukturen.«

» I work for a strong network. Technologically, I see the use of AI in development and production as well as the development of bio-based materials as key to the realization of sustainable composite lightweight structures.«

» I work for a strong network. Technologically, I see the use of AI in development and production as well as the development of bio-based materials as key to the realization of sustainable composite lightweight structures.«

**Dr. rer. nat. Heike Illing-Günther**

Managing Director STFI



» Ich setze mich ein für branchenübergreifende Kommunikation. Mit fast 30 Jahren Erfahrung in anwendungsnaher Forschung möchte ich junge Menschen motivieren, sich integrativen Entwicklungen zuzuwenden – etwa mit Blick auf Funktion, Nachhaltigkeit und Ressourceneffizienz.«

» I am committed to cross-industry communication, contributing my broad scientific knowledge and nearly 30 years of experience in applied research, and I want to motivate young people to turn to integrative developments – such as looking at function, sustainability and resource efficiency.«



**Holger Bär**

Global Director of Production Olin Epoxy | CEO Olin Germany

» Ich fördere die Belange von Bau und Windenergie sowie Nachhaltigkeit, Bauteil- und Stoff-Recycling in diversen Industrien. Auch stehe ich für die Verankerung in Politik und anderen Verbänden wie VCI inkl. Deutsche Bauchemie und CEFIC.«

» I promote the interests of construction and wind energy as well as sustainability, component and material recycling in various industrial sectors. I also stand for anchoring our concerns in politics and other associations such as VCI incl. Deutsche Bauchemie and CEFIC.«

» I promote the interests of construction and wind energy as well as sustainability, component and material recycling in various industrial sectors. I also stand for anchoring our concerns in politics and other associations such as VCI incl. Deutsche Bauchemie and CEFIC.«

**Ralph Hufschmied**

CEO Hufschmied Zerspanungssysteme GmbH



» Ich stehe für multi-materialen FVK-Leichtbau in einem vernetzten Europa. Nur neu erdachte Wirtschaftskreisläufe werden unseren Wohlstand für die nächsten Generationen erhalten und unsere Freiheit in der Zukunft sichern.«

» I stand for multi-material lightweight design with fiber-reinforced plastics in a networked Europe. Only reimagined economic cycles will preserve our prosperity for future generations and secure our future freedom.«



# The new CU presidium

Who are the eight men and women who will represent the international Composites United lightweight association externally and play a key role internally? What can CU members expect from them? What issues and goals do they stand for?

Podcast



CU people



**Dr.-Ing. Steffen Kress**

CSO Cotesa GmbH

» Ziele: Vermittlung von Kontakten und Kooperationen, Informationen zu lokalen Märkten und gezielter Erfahrungsaustausch. Schwerpunkt: Internationalisierung, Bereiche: Luftfahrt und Automobil.«

» Aims: Arranging contacts and cooperations, information on local markets and targeted exchange of experience. Focus: Internationalization, thematically: aviation and automotive industries.«



**Dr.-Ing. Hauke Lengsfeld**

Head of Business Unit Reactive Polymers and Flame Retardants, Schill + Seilacher „Struktol“ GmbH

» Damit Composites ihren Beitrag zur Einsparung von Energie und zur Nachhaltigkeit leisten,

will ich neue Ideen/Projekte initiieren bzw. die richtigen Partner aus Industrie und Forschung zusammenbringen. Übergeordnet will ich die CU-Strategie vorantreiben und den Verein für das nächste Jahrzehnt weiterentwickeln.«

» For composites to make their contribution to saving energy and to the sustainability, I want to initiate new ideas/projects or bring together the right partners from industry and research. Overall I want to drive forward the CU strategy and to further develop the association for the next decade.«

**Anna Pointner**

CEO Voith Composites SE & Co. KG



» Ich engagiere mich im CU, weil ich die Vielfalt und Kompetenz der Mitglieder sehr wertvoll finde und ich zu einer noch stärkeren Vernetzung der verschiedenen Composites-Spezialisten beitragen möchte. Dabei werde ich mich v. a. für Nachhaltigkeit, Industrialisierung und Digitalisierung einsetzen.«

» I am involved in the CU because I cherish the diversity and expertise of its members and I would like to contribute to even stronger networking among the various composites specialists. In doing so, I will work primarily for sustainability, industrialization and digitalization.«

**Prof. Dr.-Ing. Holger Seidlitz**

Professorship Polymer-based Lightweight Construction at BTU Cottbus – Senftenberg | Head of Research Unit Polymer Materials and Composites, Fraunhofer IAP



» Leichtbau wird auch in Brandenburg-Berlin zu einem starken Wirtschaftssektor. Unsere Partner möchte ich strategisch besser vernetzen, bislang gibt es in der Region zu wenig Zusammenarbeit.«

» Lightweight design is also developing into a strong economic sector in Brandenburg-Berlin. I would like to strategically better network our partners. So far there has been too little collaboration in the region.«

## Bauweisen der Zukunft

### Großer Andrang bei virtuellem Abschluss des BMBF-Innovationsforums „FiberBuild“

Mehr als 200 Vertreter\*innen aus der Faserverbundbranche, dem Bauwesen und der Wissenschaft diskutierten im Januar 2022 auf der Online-Veranstaltung das Potenzial von faserverstärkten Werkstoffen für Bauanwendungen, analysierten neue Geschäftsfelder und nutzten die Gelegenheit, sich branchenübergreifend zu vernetzen.

Zu dem zweitägigen Online-Event hatte der Projektinitiator, das Fachnetzwerk CU Bau des Composites United, eingeladen. Mit einem Grußwort des BMBF eröffnete Barbara Reddig vom Projektträger DLR die „FiberBuild“-Abschlussveranstaltung. Sie betonte, dass das enorme Potenzial von faserverstärkten Werkstoffen erst im Zusammenspiel von wissenschaftlicher Entwicklung, branchenübergreifender Kooperation und gesellschaftlicher Nachfrage voll entwickelt werden könne.

Dazu passten die vorgestellte Studie zum Marktpotenzial von Faserverbundwerkstoffen im Bauwesen, das Konzept einer Ideen-Transfer-Plattform und die Vorträge von Referenten aus dem gesamten DACH-Raum zu Produkten aus faserverstärkten Werkstoffen, von Brücken bis Leichtbaudächern.

Die virtuelle Abendveranstaltung mit zwanglosem Netzwerken in der CU-Space-Bar eröffnete Ministerialrat Werner Lohscheider, Leiter Referat IVB4 „Bauwirtschaft, Leichtbau/Neue Werkstoffe, Ressourceneffizienz“.

Am zweiten Tag lag der Fokus auf der Bauindustrie. Es wurde lebhaft diskutiert, über klimaschonende Werkstoffe, energieeffiziente Lösungen, Fachkräftemangel, Personalkosten, über digitales, vollautomatisiertes Bauen und Baurecht. Gerade in Sachen Know-how und Materialerfahrung kann das Netzwerk CU Bau den Wissens- und Erfahrungsaustausch stark fördern. ■



*Wir danken dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) und dem Projektträger DLR für Förderung und Unterstützung des Projekts „Fiber Build“.*

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium für Bildung und Forschung



Composites United (CU) | CU Bau  
**Roy Thyroff**

Netzwerkgeschäftsführer

+49 151 17 69 08 88

@ roy.thyroff@composites-united.com

www.cu-bau.com



Filigrane Brücke aus Holz und Carbonbeton

© solidian GmbH

## Bereit für Morgen

### MAI Schulprogramm „Ready 4.0 Future Work“ erfolgreich beendet

Rund 1.000 Schülerinnen und Schüler aus 43 Schulklassen konnten im Projektzeitraum technische und naturwissenschaftliche Lerninhalte im Kontext von Leichtbau und neuen Materialien erproben.



*„Ready 4.0 Future Work“ war ein gemeinschaftliches Fortbildungsprojekt des CU-Spitzenclusters MAI Carbon mit der Abteilung MINT-Bildung des AMU der Universität Augsburg, gefördert durch den ESF Bayern und das Bayerische Staatsministerium für Familie, Arbeit und Soziales.*

Dabei bauten sie etwa mit Klemmbausteinen interaktiv einen Prototyp ihres eigenen Flugtaxi, zeichneten es digital nach und erweckten es dann mit Mixed-Reality-Brillen und 3D-Druck zum Leben. Das Angebot richtete sich an SchülerInnen und Auszubildende der



Von SchülerInnen im Projekt entworfene Flugtaxi im 3D-Druck

Jahrgangsstufen acht bis elf aus Bayern. Neben dem Leichtbau-Nachwuchs in spe profitierten auch zahlreiche Lehrkräfte durch die Teilnahme an der eigens für sie entwickelten Fortbildung.

So entfachte Ready 4.0 Future Work bei den SchülerInnen die Begeisterung für allgemeine MINT-Themen und ermöglichte ihnen so auch, sich auf die Arbeitswelt von morgen vorzubereiten. Das wiederum trägt direkt zur langfristigen Sicherung des Wirtschaftsstandorts Bayern bei. ■



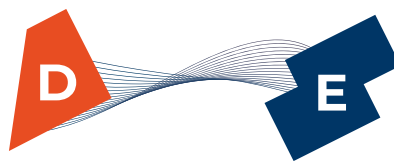
Composites United (CU)  
**Phillip Scherer**

+49 821 26 84 11 12

@ phillip.scherer@mai-carbon.de

www.composites-united.com





# Es geht voran

Der neue „CU Marktbericht 2021“ ist erschienen

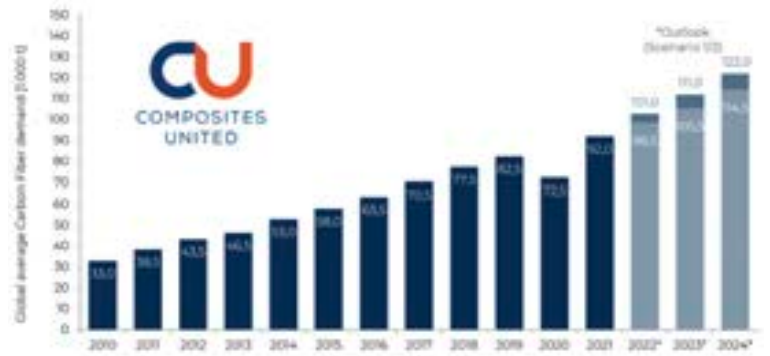
Auch dieses Jahr veröffentlicht der CU den branchenbekanntesten und wieder mit Spannung erwarteten Marktbericht für Carbonfasern und Carbon Composites.

Highlights sind neben der Bezifferung der globalen Carbonfaser-Bedarfsmenge und deren erwarteter weiterer Entwicklung vor allem die neuen Ausbaustufen der Produzenten und die Untergliederung nach Art der Carbonfaser. Neben geographischen Analysen umfasst der diesjährige Marktbericht auch die Aufteilung des Carbon Composites Marktes nach Anwendung.

Die Kurzfassung ist auf unserer Homepage in Deutsch und Englisch frei verfügbar. Die detaillierte Langfassung jedoch ist ausschließlich für CU-Mitglieder kostenfrei und wird den Ansprechpartnern automatisch zugesandt. Weitere Exemplare können kostenfrei angefragt werden.

Nicht-CU-Mitglieder können die Vollversion des „CU Marktbericht 2021“ zum Preis von 2.400 € per Mail bestellen.

**i** Composites United (CU)  
**Michael Sauer**  
@ market.report@composites-united.com  
www.composites-united.com



# Moving on

The new “CU Market Report 2021“ is available

Once again, this year the CU is publishing the eagerly awaited market report for carbon fibers and carbon composites.

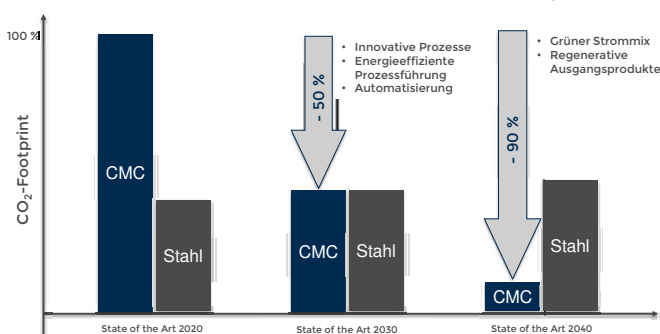
Highlights in this edition are, in addition to the quantification of the global carbon fiber demand volume and its expected further development, above all the new expansion stages of producers and the breakdown by type of carbon fiber. In addition to geographical analysis, the current market report also includes the breakdown of the Carbon Composites market by application.

The short version of the report is freely available on our homepage in German and in English. The detailed long version, however, is free of charge available for CU members only, contact persons will receive it automatically. Additional copies can be requested free of charge. Non-CU members can mail-order the full version of the market report at a price of € 2,400.

# Ökobilanz von Faserkeramiken

Lebenszyklus-Analyse von CMC-Fertigungsprozessketten

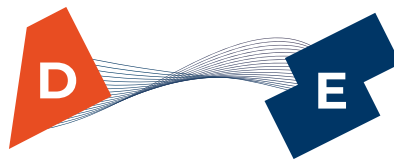
Im laufenden IGF-Projekt „CU EcoCeramic“ befassen sich auch Mitglieder des CU-Netzwerks Ceramic Composites mit der ökobilanziellen und ökonomischen Bewertung von faserkeramischen Verbundstrukturen (CMC). So wollen sie Hemmnisse beim Einsatz von CMC überwinden und den Wertstoffkreislauf real schließen. Das soll die Akzeptanz von



CMC in Gesellschaft, Wirtschaft und Politik festigen und ausbauen. Eine transparente und belastbare Darstellung des heutigen und künftigen Carbon-Footprints von CMC hilft, neue Vertriebswege und Einsatzmöglichkeiten zu etablieren.

Ein Leitfaden zu den Projektergebnissen unterstreicht anschließend gegenüber Anwendern und politisch Verantwortlichen die Potenziale der neuen Werkstoffklasse. Und ein Ökobilanzkalkulator befähigt die teilnehmenden KMU, ökobilanzielle Impacts für ihre Produkte abzuschätzen.

**i** Composites United (CU) | Ceramic Composites  
**Denny Schüppel**, Netzwerkgeschäftsführer  
+49 177 30 67 261  
@ denny.schueppel@composites-united.com  
www.ceramic-composites.com



## Kurzweiliges Net-Working

**CU-Mitglieder treffen sich online in der MixUp.World**

**Begeistert nutzen CU-Mitglieder das unkomplizierte Online-Format MixUp.World. Hier können sich die Teilnehmer\*innen ohne Extra-Download online frei zwischen Bühnen, Ausstellerbereich und Meeting-Bereichen bewegen. Dabei finden echte Begegnungen und Austausch statt.**

Insbesondere für die beliebten CU Innovation Days ist die virtuelle MixUp-Veranstaltungswelt geradezu ideal. Im März 2022 beispielsweise zählten die Veranstalter Cluster CU Ost, CU Nord und CU Switzerland des Innovation Day „Lightweight applications with composites and beyond – Hot and innovative stuff from the start-ups“ rund 100 hochmotivierte Gäste, 25 Pitches, 30 virtuelle Stände und unzählige Videotelefonate.

### Himmelhoch mit Bodenhaftung

Ebenfalls im März fand der CU Innovation Day „New Space“ statt, organisiert vom CU Nord mit Unterstützung von MAI Carbon und Ceramic Composites. Mehr als 80 Teilnehmende bekamen einen Einblick in die aufstrebende, innovative New Space-Industrie, die die kommerzielle Nutzung des Weltraums (Erdbeobachtung, satellitengestütztes Internet etc.) vorantreibt, sowie in die hieraus resultierenden Chancen für Composites.

Den kurz darauf folgenden CU Innovation Day „Tailored Structures“ organisierte der CU Ost zusammen mit den vier CU-Arbeitsgruppen Multi-Material-Design, Werkzeug- & Formenbau, Additive Fertigung sowie Smart Structures. Virtueller Gastgeber war das IPF – Leibniz-Institut für Polymerforschung Dresden e.V., die mehr als 100 Teilnehmenden schalteten sich aus der ganzen Welt zu. Entsprechend starteten die Beiträge am frühen Morgen in Japan, gingen über Israel nach Deutschland und endeten später am Tag in den USA. ■

## Entertaining Net-Working

**CU members meet online at MixUp.World**

**CU members are enthusiastically using the uncomplicated online format MixUp.World. Here, participants can move freely online between virtual stages, exhibitor area and meeting areas without any extra download. Real encounters and exchanges take place in the process.**

The virtual event MixUp.World is particularly ideal for the popular CU Innovation Days. In March 2022, for example, the organizers of the CU Ost, CU Nord and CU Switzerland clusters of the Innovation Day “Lightweight applications with composites and beyond – Hot and innovative stuff from the start-ups“ counted around 100 highly motivated guests, 25 pitches, 30 virtual booths and countless video calls.

### Sky high with a ground grip

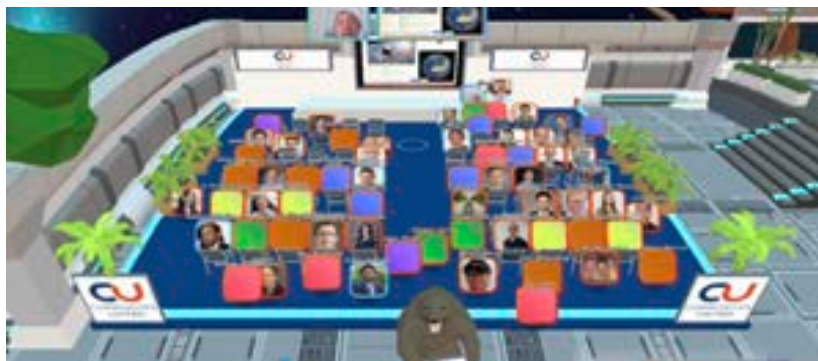
Also in March, the CU Innovation Day “New Space“ took place, organized by CU Nord with support from MAI Carbon and Ceramic Composites. More than 80 participants got an insight into the emerging New Space industry, that

drives the commercial use of space (e.g. earth observation, satellite-based internet), and its chances for composites.

The CU Innovation Day “Tailored Structures“, which followed shortly after, was organized by CU Ost together with the four CU working groups Multi-Material Design, Tool & Mold Making, Additive Manufacturing, and Smart Structures. Virtual host was the IPF – Leibniz Institute of Polymer Research Dresden, the more than 100 participants connected from all over the world. So the contributions started early in the morning in Japan, went via Israel on to Germany and ended later in the day in the USA. ■



Online-Networking: CU Innovation Day „Start-ups“ ...



**i** Composites United (CU)  
**Dr. Thomas Heber**, Netzwerkgeschäftsführer CU Ost  
 ☎ +49 351 44 69 60 74  
 @ thomas.heber@composites-united.com  
 🌐 www.composites-united.com

# Besser Netzwerken

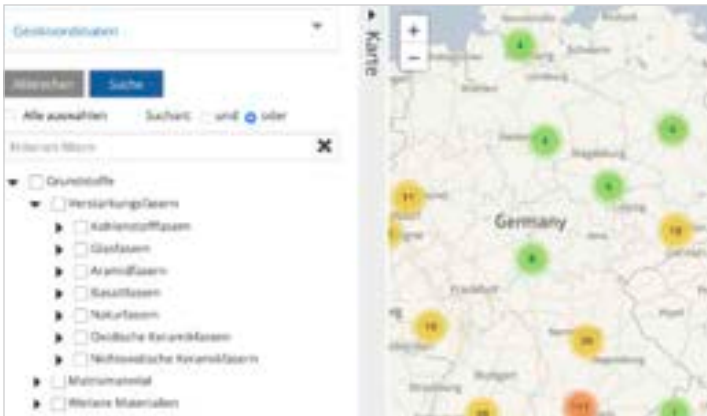
Kompetenzatlas ab sofort auf Carbon Connected verfügbar

**Carbon Connected ist die Kollaborationsplattform des Composites United (CU). Hier können die CU-Mitglieder firmenübergreifend Dokumente teilen, gemeinsam an Projekten arbeiten und Treffen organisieren.**

Dazu hält Carbon Connected einige Werkzeuge bereit, wie zum Beispiel eine Datencloud, Pages zum Bloggen oder ein Tool, um Videokonferenzen

abzuhalten. Und alles in einem zertifizierten, geschützten und DSGVO-gemäßen Rahmen.

Seit Neuestem erweitert der Kompetenzatlas das Angebot bei Carbon Connected. Er ermöglicht zum einen CU-Mitgliedern, ihr Firmenprofil vorzustellen, und zum anderen, nach unterschiedlichen Kriterien gezielt mögliche Partner zu suchen und zu finden. ■



**Probieren Sie es gleich aus:**



*Präsentieren, suchen, finden – ein Leichtes mit dem Kompetenzatlas auf Carbon Connected*



**CCiiot – Industrie-4.0-Plattform einfach erklärt**

*Der Login zu CCiiot funktioniert unkompliziert mit Ihren Carbon Connected Zugangsdaten. Nach erfolgreicher Registrierung können Sie kostenfrei im Schneidwerkzeug-Katalog stöbern und sich im Demo-Bereich umsehen.*

*Unser Erklärvideo mit dem fiktiven Unternehmer Paul verschafft einen konkreten ersten Eindruck.*

*Außerdem halten wir eine ausführliche Informationsbrochure mit weiteren Informationen für Sie auf der CCiiot-Webseite bereit.*



Composites United (CU)

**Annett Thieme**, Projektmanagerin

+49 821 26 84 11-17

@ annett.thieme@mai-carbon.de

www.carbon-connected.de

# And the winner is ...

Best Pitch Award beim „Start-ups“ Innovation Day vergeben

Unter den Teilnehmenden am Innovation Day „Lightweight applications with composites and beyond – Hot

and innovative stuff from the start-ups“ wurde auch ein Preis für den besten Pitch ausgelobt. Die Auszeich-

nung ging an Dr. Michael Stegelmann, Mitbegründer von Anybrid. Das junge Dresdner Unternehmen entwickelte u.a. eine mobile Spritzgießanlage, die an klassische Industrieroboter montiert und frei im Raum bewegt werden kann.

Mit dieser Technologie namens ROBIN (Robotised Injection Moulding) vereint Anybrid die Vorteile der Polymerverarbeitung mit der Flexibilität der Robotik und bedient so die stetig wachsende Nachfrage nach Hybridbauteilen.

Mehr Infos unter: [www.anybrid.de](http://www.anybrid.de)

*Anybrid-Geschäftsführer Dr. Michael Stegelmann (li.) und Dr. Michael Krahl (re.) begutachten ein mit ROBIN hergestelltes Bauteil*



## Austausch mit Anwendern

### CU-Reihe „Verbundwerkstoff trifft Anwenderbranche“ fördert den Austausch mit Partnerbranchen

Mit „Verbundwerkstoff trifft ...“ schaffen CU West, CU Ost und CU Nord einen Begegnungsraum für Fachleute unterschiedlicher Anwenderbranchen.

Bei jeder „Verbundwerkstoff trifft ...“-Veranstaltung bringen die veranstaltenden Cluster CU-Mitglieder mit Gästen aus jeweils einer anderen Branche ins Gespräch. Ziel ist, sich kennenzulernen und Ideen für neue Anwendungen und neue Technologien zu diskutieren. Den Einstieg erleichtern Impulsreferate zum Thema.

Das Interesse ist enorm, die bislang ausschließlich online stattfindenden Veranstaltungen waren durchweg sehr gut besucht. Mehr als 100 Gäste nahmen am Treffen mit der Nutzfahrzeugbranche am 25.11.2021 teil. Zentrale Themen waren neben Wasserstoff-Antriebssystemen

auch Leichtbau-Design sowie Multimaterialanwendungen und Smart Structures. Eingeladen hatten der CU West, das Leibniz-Institut für Verbundwerkstoffe (IVW) und die Commercial Vehicle Cluster – Nutzfahrzeug GmbH (CVC).

„Verbundwerkstoff trifft Orthopädietechnik“ am 06.12.2021 wurde ebenfalls auf breiter Basis sehr gut angenommen. Großes Interesse bestand auch an

der Kooperationsveranstaltung „Verbundwerkstoff trifft Schiffbau“ mit Mari Light.Net und AF BW e.V. Wieder wollten mehr als 100 Gäste mehr wissen über die vielfältigen Chancen von Faserverbundlösungen in maritimen Anwendungen des Schiff- und Bootsbaus, aber auch zu offenen Punkten wie Brandschutz oder Zulassungsfragen etc. Noch lange nach Ende der offiziellen Sendezeit dauerten die Diskussionen in den Breakout-Rooms an.

Gewickelte FKV-Wasserstoff-tanks für Nutzfahrzeuge, sog. Speed-Preg-Behälter

© Leibniz-Institut für Verbundwerkstoffe GmbH

Folgeveranstaltungen dazu sind geplant, ebenso wie weitere Angebote innerhalb der Reihe. Denn alle Anwender wissen, die Liste interessanter möglicher Kooperationsbranchen ist noch lang.

**i** Composites United (CU) | CU West | CU Ost | CU Nord  
**Dr. Heinz Kolz, Dr. Thomas Heber, Dr. Bastian Brenken**  
 Clustergeschäftsführer  
 @ heinz.kolz@composites-united.com  
 @ thomas.heber@composites-united.com  
 @ bastian.brenken@composites-united.com

## Innovation und Weiterbildung

### Bildungs- und Personalnetzwerk im Projekt „MAI Train- NET – SIAT“ nimmt Fahrt auf

Nach den erfolgreichen ersten Veranstaltungen läuft die Organisation weiterer Netzwerk-Events und PE Coachings auf Hochtouren.

Ein Bildungs- und Personalnetzwerk baut derzeit der Spitzencluster MAI Carbon mit der Steinbeis Augsburg Business School und The Knowledge Company auf. Der Fokus von SIAT – Shared Innovation and Training – liegt auf Innovation und Weiterbildung. Gefördert wird das Projekt vom Bundesministerium für Arbeit und Soziales.

#### Mehrwert für SIAT-Mitglieder

Über das Projekt und Mehrwerte einer Mitgliedschaft können sich Interessenten kostenfrei in digitalen Informationsveranstaltungen informieren.

Herzstück des SIAT-Verbundes ist der vertrauensvolle Austausch zwischen den teilnehmenden Unternehmen, Forschungs- und Bildungseinrichtungen im Rahmen von Netzwerk-Events. Parallel finden PE-Coachings statt zu aktuellen Themen der Personalentwicklung, wie Talentmanagement, Fachkräftemangel, Führungskräfte-Entwicklung, Agile Transformation oder Aufbau wirkungsvoller Trainingsprogramme. Vertieft werden die Kenntnisse in aufbauenden Wahlmodulen. Mitglieder im SIAT Bildungs- und

Personalnetzwerk können durch die Teilnahme bis zu 7.000 € sparen.



#### Nächste Termine digitale Infoveranstaltung:

- 24.06.2022
- 12.08.2022
- 11.11.2022

#### Nächste Termine Netzwerktreffen & PE-Coaching:

- 14.06.2022
- 12./13.10.2022

**i** Composites United (CU)  
**Phillip Scherer, Proj.leiter**  
 +49 30 95 99 88 89-0  
 @ netzwerk@siat-netzwerk.de  
 www.siat-netzwerk.de



Gefördert durch:  
  
 aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Informationen auf der SIAT-Webseite. Flyer, Broschüren und auch die Beitrittsklärung im Downloadbereich:



# Keramischer Schatz

CU-Netzwerk Ceramic Composites veröffentlicht Positionspapier

„Zum Nutzen von Gesellschaft und Wirtschaft“ will das CU-Netzwerk Ceramic Composites mit seinen deutschlandweit mehr als 60 Mitgliedern die Entwicklung und Verbreitung der Faserkeramiken intensivieren. Ein wichtiger Beitrag dazu ist das nun vorliegende Positionspapier, das für Industrieunternehmen, Forschungseinrichtungen und die staatliche Forschungs- und Wirtschaftsförderung das Potenzial dieser Werkstoffklasse und den erforderlichen F&E-Bedarf aufzeigt.

Denn obwohl faserverstärkte Keramiken, sog. Ceramic Matrix Composites (CMC), schon seit Jahren industriell eingesetzt werden, ist ihr Potenzial bei Weitem noch nicht ausgeschöpft. Dies liegt sowohl am geringen Bekanntheitsgrad von CMC als auch an unzureichender Verfügbarkeit der Fasermaterialien und an der noch nicht vollständig ausgereiften Herstellungstechnologie in Deutschland.

Dabei sind Faserkeramiken leicht, korrosionsstabil und im Gegensatz zu anderen faserverstärkten Werkstoffen bis 1.400 °C temperaturbeständig. Dies führt zu einer Reihe von Anwendungsvorteilen, beispielsweise verbessertes Thermoschockverhalten, die Sprunginnovationen auf Gebieten ermöglichen, die bislang Metallen vorbehalten waren. Faserkeramiken sind bereits seit Jahren im industriellen Einsatz. Jedoch ist ihr Potenzial, insbesondere für hochwertige Zukunftsinnovationen, bei Weitem noch nicht ausgeschöpft. Das CC-Positionspapier weist den Weg zu solchen Chancen. ■

# Ceramic treasure

CU Network Ceramic Composites publishes position paper

“For the benefit of society and economy“, the CU Network Ceramic Composites with its more than 60 members throughout Germany aims to intensify the development and dissemination of fiber ceramics. An important contribution to this is the position paper now available, which highlights the CMC potential and the necessary R&D requirements for industrial companies, research institutions and public research as well as business promotion.

Although fiber-reinforced ceramics, so-called ceramic matrix composites (CMC), have been used industrially for years, their potential is far from being fully exploited. This is due to the low level of awareness of this new class of materials, the insufficient availability of fiber materials and the fact that manufacturing technology in Germany is not yet fully developed.

Yet fiber ceramics are lightweight, corrosion-resistant and, in contrast to other fiber-reinforced materials, temperature-resistant up to 1,400 °C. The resulting application advantages such as improved thermal shock behavior enable breakthrough innovations in areas that were previously the domain of metals. The CC position paper points the way to such opportunities. ■



**i** Composites United (CU) | Ceramic Composites  
**Denny Schüppel**, Netzwerkgeschäftsführer  
 ☎ +49 821 26 84 11-18  
 @ denny.schueppel@composites-united.com  
 🌐 www.ceramic-composites.com



## Grünere Wasser

**Unterstützung für grüne, saubere und nachhaltige Offshore-Produktion**

Das Cross-Cluster Projekt GreenOffshoreTech (GOT) unterstützt Innovationen in kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) und fördert die Entwicklung der aufstrebenden Blue Economy-Branchen. Dafür sollen neue sektorübergreifende und grenzüberschreitende Wertschöpfungsketten auf der Grundlage gemeinsamer Herausforderungen und durch den Einsatz von Schlüsseltechnologien ermöglicht werden.

GreenOffshoreTech treibt neue Produkte, Prozesse, oder Dienstleistungen voran mit dem Ziel, Offshore-Produktion und Transport grün, sauber und nachhaltig zu machen – für eine ressourceneffiziente Wirtschaft im Kontext des EU GreenDeals.

Der Spitzencluster MAI Carbon ist Teil des Projektkonsortiums und Ansprechpartner im Composites United für das Thema. ■

**i** Composites United (CU) | MAI Carbon  
**Sven Blanck**, Clustergeschäftsführer  
 ☎ +49 821 26 84 11-15  
 @ sven.blanck@mai-carbon.de

## Greener waters

**Support for green, clean and sustainable offshore production**

The cross-cluster project GreenOffshoreTech (GOT) supports innovation in small and medium-sized Enterprises (SME) and fosters development of the emerging Blue Economy industries. It does so by enabling new cross-sectorial and cross-border value chains based on shared challenges and the deployment of key enabling technologies (KET).

GreenOffshoreTech will facilitate new products, processes or services while aiming at making offshore production and transport green, clean and sustainable towards a resource-efficient economy and EU GreenDeal, while facing reindustrialization.

The leading-edge cluster MAI Carbon is part of the project consortium and your contact at CU for this topic. ■



Erfahren Sie mehr über die offene Ausschreibung für Startups und KMU | Learn more about the open call for startups and SME: [greenoffshoretech.com](https://greenoffshoretech.com)

Deutsche Umwelthilfe

Energiewende

jetzt!

Bitte unterstützen Sie uns – werden Sie Fördermitglied!  
Tel. 07732 9995-0 | [info@duh.de](mailto:info@duh.de) | [l.duh.de/foerdern](https://l.duh.de/foerdern)



## Kooperationen mit Polen

**Internationalisierung: CU-Team eruiert die Potenziale deutsch-polnischer Aktivitäten**



*Schlesische Technische Universität | Silesian University of Technology (Politechnika Śląska): Dr. Błażej Tomiczek, Prof. Marcin Adamiak, Martin Kretschmann, Prof. Anna Timofiejczuk, Dr. Gunnar Merz, Dr. Monika Hycza-Michalska, Prof. Damian Gąsiorek, Dr. Grzegorz Matula*

Der CU folgte der Einladung polnischer Universitäten, Firmen und Netzwerke, um einen Überblick über leichtbau-relevante Akteure östlich der Oder zu gewinnen und Möglichkeiten für gemeinsame Aktivitäten auszuloten.

Im Februar 2022 reisten CU-Hauptgeschäftsführer Dr. Gunnar Merz und CU-Mitarbeiter Martin Kretschmann nach Polen. Sie setzten damit den bilateralen Kooperationsgedanken in Sachen Leichtbau fort, der 2020 mit der Unterzeichnung eines MoU offiziell besiegelt worden war.

An der Schlesischen Technischen Universität in Gliwice ging es in den Gesprächen mit Prof. Dr. Anna Timofiejczuk sowie Vertreterinnen und Vertretern der Kattowitzer Sonderwirtschaftszone, des Schlesischen Automotive Clusters und des Schlesischen Luftfahrtclusters insbesondere um Industrie 4.0 und Metall-Matrix-Composites.

In Krakau öffnete Prof. Tadeusz Uhl, Beirat des Polnischen Composite Technologie Clusters, die Pforten seiner Firma EC Engineering. Auch mit CEO Dr. Andrzej Czulak tauschte man sich über mögliche gemeinsame Aktivitäten aus. So ist der CU eingeladen, sich an der KOMPOZYT-EXPO im September 2022 zu beteiligen. Im Gegenzug schlägt der CU Polen als Partnerland für die LightCon 2023 vor. Auch über staatliche Investitionsförderungen für Foreign Direct Investment wurde gesprochen.

Die Reise schloss mit Besuchen beim Oberschlesischen Wissenschaftlich-Technologische Zentrum der Luftfahrtindustrie und der Firma NOMA-Resins. Sowohl Dr. Merz als auch Kretschmann bewerten die Reise äußerst positiv: „Die Offenheit für Digitalisierung, innovative Akteure und Erfahrungen machen Polen zu einem spannenden Partner im faserbasierten multimaterialen Leichtbau.“

## Cooperation with Poland

**Internationalization: CU team explores the potential of German-Polish activities**



*EC Engineering & Polnischer Composite Technologie Cluster | Polish Composites Technology Cluster (Polski Klaster Technologii Kompozytowych): Prof. Tadeusz Uhl, Dr. Gunnar Merz, Martin Kretschmann, Marta Czulak, Dr. Andrzej Czulak*

Following the invitation of Polish universities, companies and networks, CU CEO Dr. Gunnar Merz and CU coordinator Martin Kretschmann traveled to Poland in February 2022. On site they gained an up-to-date overview of players relevant to lightweight design east of the Oder river and explored opportunities for joint activities.

At the Silesian University of Technology in Gliwice, talks with Prof. Dr. Anna Timofiejczuk and representatives of the Katowice Special Economic Zone, the Silesian Automotive Cluster and the Silesian Aviation Cluster focused in particular on Industry 4.0 and metal-matrix composites.

In Kraków, Prof. Tadeusz Uhl, advisory board member of the Polish Composite Technology Cluster, opened the doors of his company EC Engineering. There was also an exchange with CEO Dr. Andrzej Czulak about possible joint activities. So CU has been invited to participate in the KOMPOZYT-EXPO in September 2022. In return, CU proposes Poland as a partner country for LightCon 2023.

The trip concluded with visits to the Upper Silesian Aerospace Scientific and Technological Center and the company NOMA-Resins. Both Dr. Merz and Kretschmann assessed the trip as very positive. “The openness to digitalization, innovative players and experience make Poland an exciting partner in fiber-based multi-material lightweight design”, summarizes Dr. Merz.



Composites United (CU)

**Martin Kretschmann**, Koordinator u.a. für Kooperationen mit Polen | Coordinator e.g. for cooperation with Poland

+49 30 959 98 88-14 | +49 175 735 34 36

@ martin.kretschmann@composites-united.com

www.composites-united.com



*Kleines Möbelstück aus Gärreste-Verbundwerkstoff – die neuartigen Faserverbundplatten könnten sich als wahrer Schatz erweisen*

*Echt, das geht? Wenn Sie das öfter hören, sind Sie hier genau richtig. Welcher ungewöhnliche Ansatz hat sich in Ihrem Unternehmen bewährt, welche Idee war geradezu brillant? Erzählen Sie uns davon, von innovativen Ansätzen, guten Erfahrungen, außergewöhnlichen Kooperationen, von Ihrer persönlichen Erfolgsstory mit Out-of-the-box-Charme ... – wir freuen uns auf Ihre guten Beispiele aus der Praxis!*

# Vielfacher Nutzen

## Möbel aus pflanzenfaserhaltigen Gärresten einer Biogasanlage



Prof. Dr.-Ing. Markus Milwich

**Zweifellos ist Hopfen ein ganz besonderer Stoff. Aus den Dolden des Hanfgewächses wird Bier gebraut, die restliche Schlingpflanze kommt gehäckselt in die Biogasanlage – und nun dient das dort anfallende Restmaterial sogar als Rohstoff für Möbel. Genauer gesagt für einen Verbundwerkstoff, aus dem sich u.a. Möbel herstellen lassen. Professor Dr. Markus Milwich von den DITF erklärt, was es damit auf sich hat.**

Schon grundsätzlich haben faserverstärkte Kunststoffe das Potenzial, Ökobilanzen zu verbessern. Noch weiter kann der ökologische Fußabdruck reduziert werden, wenn die Fasern und Kunststoffmatrix des Leichtbauma-



*Die bayerische Region Hallertau ist Deutschlands größtes Hopfenanbaugebiet. Bei der Ernte bleiben Hopfenrebenhäcksel übrig, die vor Ort in einer Biogasanlage zu einem umweltfreundlichen Energieträger umgewandelt werden.*



*Die Forschungspartner DITF, Hopfenpower GmbH, Novis GmbH und die Schreinerei Nuding haben einen Weg gefunden, nun sogar noch die dabei anfallenden pflanzlichen Gärreste produktiv zu nutzen. Gefördert wurde dieses Projekt im Rahmen des Zentralen Innovationsprogrammes Mittelstand (ZIM).*

**» ... ein Beispiel für erfolgreiche Kreislaufwirtschaft und Wertschöpfung.«  
Professor Dr.-Ing. Markus Milwich**

terials auf nachwachsenden bzw. recycelten Rohstoffen basieren. Ein besonders charmantes Beispiel dafür stellte jüngst ein Forschungsteam der DITF, Deutsche Institute für Textil- und Faserforschung Denkendorf, vor. In einem

Gemeinschaftsprojekt ist es hier gelungen, aus faserhaltigen Gärresten einer Biogasanlage einen industriell verwertbaren Verbundwerkstoff herzustellen.

### Warum Hopfen, wie kamen Sie auf die Idee?

Auf dem Weg zur Fa. CG-TEC, unserem Projektpartner im Projekt LightPro, fährt man durch die Hallertau, eines der größten Hopfenanbaugebiete der Welt. Da überlegt man sich als Textiler und Faserverbundler schon, was man mit dieser riesigen Menge Grünzeug außer Bier brauen noch anfangen könnte. Die Hopfen-Grünhäcksel werden ja schon in einer Biogasanlage zu Dünger aufzubereiten, der dann punktgenau auf die Felder zurückkommt. Das ist aber endlich. Wenn die Anlagenbetreiber zusätzlich zur Energieerzeugung auch noch mit den Gärrestfasern Geld verdienen können, trägt das einen Teil zur Sicherung des Betriebs bei.

### Warum sind Sie als Professor unter die Möbelbauer gegangen?

Ich habe Verfahrenstechnik mit den Vertiefungen Umwelttechnik und Textiltechnik in Stuttgart studiert. Ich finde es klasse, dass nach langem Schattendasein die Naturfasern endlich in den Blick der Menschen rücken und ich damit Umwelt- und Textiltechnik verbinden kann.

Bezüglich der Verwendung der faserigen Gärreste, gehe ich da von mir aus: Ich würde gerne mein Bier im Biergarten an einem Tisch aus Hopfenfasern trinken oder in der Innenausstattung der Brauerei die Hopfenfasern finden können.

### Was ist das Neue an „Ihren“ Möbeln?

Schichtstoffe sind in der Möbelindustrie gefragt, da sie sehr flexibel gestaltet werden können. Der an den DITF als Gemeinschaftsprojekt entwickelte Verbundwerkstoff aus Gärresten ist eine besonders nachhaltige Variante, da hierbei die Erzeugung von Biogas, die Gewinnung von flüssigem Dünger und eine weitere Nutzung der Fasern verbunden wird.



Beginn und Ende des Produktionszyklus: Ungewaschene Gärreste (li.) und Tränken des fertigen Vlieses mit biobasiertem Harz (re.)

### DITF-Thema Nachhaltigkeit – Auszeichnung für Carbon aus Holz

Für das weiterentwickelte nachhaltige HighPerCellCarbon-Verfahren, aus Holz Kohlenstoff-Fasern zu gewinnen, erhielt das Kompetenzzentrum Biopolymerwerkstoffe der DITF Denkendorf den Cellulose Fibre Innovation Award 2022. Mit der patentierten Technologie können auf Basis von Biopolymeren in einem umweltschonenden Prozess Carbonfasern erzeugt werden. Während des gesamten Verfahrens entstehen keine Abgase oder giftigen Nebenprodukte.

[cellulose-fibres.eu/award-application/](https://cellulose-fibres.eu/award-application/)



### Wie fertigen Sie die Faserverbundplatten?

Zunächst werden die pflanzenhaltigen Reststoffe umweltschonend gereinigt. Aus dieser Masse haben die DITF mit der Hochschule Reutlingen ein Nassvlies entwickelt, das getrocknet und zusammen mit einem biobasierten Harzsystem zu einem belastbaren Verbundwerkstoff gepresst wird. Der kann vielseitig verarbeitet werden. Die Projektgruppe hat aus dem Material einen ersten Demonstrator erstellt.

### Haben Ihre Forschungsergebnisse schon Serienreife?

Wir haben mit einem großen bayrischen Brauer verabredet, dass wir ein paar Tische und Bänke aus Hopfenfasern aufstellen und die Meinung der Gäste einholen dürfen. Allerdings müssen wir den Prozess erst vom Labormaßstab zum Technikumsmaßstab hochskalieren. Da bräuchte es noch ein Umsetzungsprojekt.

Unser Projektpartner, die Stuttgarter Schreinerei Nuding, steht jedenfalls bereit zur Fertigung und nimmt Vorbestellungen an. Wenn genügend „Masse“ da wäre, könnte man sich schon überlegen, ob wir direkt loslegen.



[www.schreinerei-nuding.de](http://www.schreinerei-nuding.de)

### Warum sind „Hopfenmöbel“ eine gute Idee?

Gärreste als Industrierohstoff zu verwenden ist eine umweltschonende Alternative zu deren bisheriger Nutzung als Dünger. Der erhöht nämlich in der Menge die Nitratbelastung der Böden und seine Verwendung wird durch neue Verordnungen auch deutlich eingeschränkt.

Bei der Produktion verzichten wir bewusst auf chemische Zusätze. Und wenn bei der Gestaltung des Möbelstücks noch Verschnitt aus der Textilindustrie zum Einsatz kommt, ergeben sich nicht nur außergewöhnliche Designs, sondern ein weiterer Mehrwert für die Umwelt. ■



Deutsche Institute für Textil- und Faserforschung – DITF  
**Prof. Dr.-Ing. Markus Milwich**  
 Stv. Leiter Kompetenzzentrum Polymere & Faserverbunde, Leitung Faserverbundtechnologie  
 +49 711 93 40-164  
 @ markus.milwich@ditf.de  
 www.ditf.de

# Leicht modern Bauen

## Seminarreihe: Wissensvorsprung für klimaneutrales Bauen

Klimaneutrales und nachhaltiges Bauen ist die Zukunft – und gleichzeitig eine große, auch fachliche Herausforderung. Ein wesentlicher Bestandteil ist der Leichtbau mit Faserverbundwerkstoffen mit den universellen Anwendungen in den Baubereichen Sanierung, Vorfertigung und Neubau.

Das nötige Rüstzeug für die Umsetzung stellt der CU Bau in seiner aktuellen Seminarreihe „Leichtbau im Bauwesen mit Faserverbundwerkstoffen“ kompakt zur Verfügung. Ab sofort können sich Bauingenieure, Architektinnen und Planende anmelden für drei Fortbildungen im Oktober und

Dezember 2022. Das Grundlagen-Seminar vermittelt an einem Tag die Grundlagen des Leichtbaus im Bauwesen mit Faserverbundwerkstoffen. Die jeweils zweitägigen Aufbau-Seminare „Neubau und Vorfertigung“ sowie „Instandsetzung und Verstärkung“ vertiefen die Kenntnisse je nach Interesse und Erfahrung. Praxisinhalte bei Partnerfirmen begleiten die Theorie. ■

**i** Composites United (CU)  
**Katharina Lechler**  
 +49 821 26 84 11-05  
 @ katharina.lechler@composites-united.com  
 www.composites-united.com



### Nächste Termine:

- 20.10.2022 Seminar 1: Grundlagen
- 26./27.10.2022 Seminar 2: Neubau und Vorfertigung
- 30.11/01.12.2022 Seminar 3: Instandsetzung und Verstärkung

# Immer wieder mittwochs



Unsere beliebte Seminarreihe Webseminar Wednesday gehört schon fest ins CU-Veranstaltungsprogramm – mittwochs gibt es spannende Online-Seminare zu wechselnden Themen und mit Referenten und Referentinnen aus den Reihen unserer CU-Mitglieder. Branchenübergreifend und entlang der gesamten Wertschöpfungskette des faserbasierten multi-materialen Leichtbaus präsentieren

Ihnen CU-Mitglieder Werkstoff-, Produkt- und Prozessinnovationen.

Sollten Sie einmal ein Thema verpasst haben – über unseren Youtube-Kanal finden Sie inzwischen fast 40 Aufzeichnungen dieser Vortragsserie in deutscher und in englischer Sprache.

Wenn Sie Interesse haben, Ihre Firma oder Ihre Innovation einem großen Teilnehmerkreis im CU-Netzwerk und darüber hinaus vorzustellen, sprechen sie uns gern an. Als CU-Mitglied können Sie dieses Format exklusiv und kostenlos für die Präsentation Ihrer Themen nutzen.

## Every wednesday

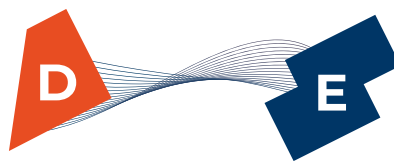
Our popular seminar series “Webseminar Wednesday” is already a fixed part of the CU event program – on wednesdays there are exciting online seminars with alternating topics and speakers from among our CU members. Across industries and along the entire value chain of fiber-based multi-material lightweight design, CU members present material, product and process innovations to you.

In case you missed a topic – you find by now almost 40 recordings of this lecture series in German and in English via our Youtube channel.

If you are interested in presenting your company or your innovation to a large group of participants in the CU network and beyond, please contact us. As a CU member, you can use this format exclusively and free of charge for the presentation of your topics. ■



**i** Composites United (CU)  
**Katharina Lechler**  
 +49 821 26 84 11-05  
 @ katharina.lechler@composites-united.com  
 www.composites-united.com



## Leichtbau in Hannover

Konferenzprogramm der LightCon, 01.–02. Juni 2022

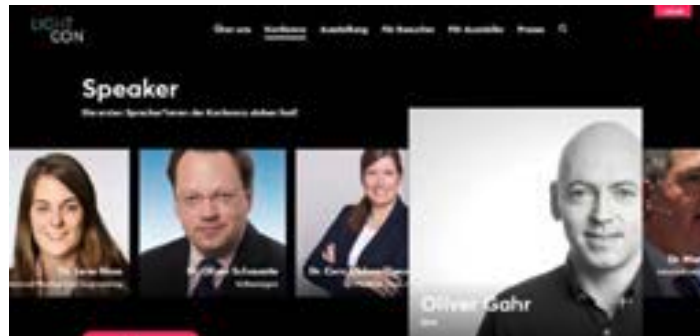
Ausstellung und Konferenz der LightCon 2022 ergänzen und bereichern sich wechselseitig. Das übergeordnete Motto lautet „Lightweight Design on the Path to Circular Economy“, präsentiert in den vier Fokus-Themen „Neue Materiallösungen“, „Innovative Fertigungstechnologien“, „Nachhaltiges Leichtbau-Engineering und -Design“ sowie „Lösungen und Use Cases aus Sicht der Anwender“.

Im Konferenzbereich erwartet die Teilnehmerinnen und Teilnehmer zwei Tage Input und Austausch in englischer Sprache mit fachlich hochkarätigen Keynotes, Panels und Best-Practices. In parallelen Sessions teilen Vertreterinnen und Vertreter aus Industrie, Forschung und Verbänden in Vorträgen und mit Anwendungsbeispielen ihr Wissen, ihre Innovationen und ihre Inspirationen.

Oliver Gahr, IBM EMEA, etwa spricht über „How sustainability and digitalization are shaping the value chain of the future“. Einen vergleichbaren Schwerpunkt setzt Lisa Reehten, Business Lead Bosch Climate Solutions, mit „Green is not an option“. Neben Nachhaltigkeit und Kreislaufwirtschaft als „key enabler“ sind weitere Themen Digitalisierung, Human Resources, Additive Fertigung, Smart Design oder E-Mobility. Bestätigte Keynote Speaker sind u. a. auch Dr. Lena Risse (Advanced Mechanical Engineering), Dr. Amer Affan (AFFAN), Isabell Gradert (Airbus), Lisa Reehten (Bosch Climate Solutions), Dr. Martin Tauber (International Magnesium Association), Dr. Cora Lüders-Theuerkauf (Medical Goes Additive), Dr. Jochen Pflug (Thermhex Waben), Dr. Oliver Schauerte (Volkswagen), Yannick Willemin (9T Labs) – für Besucher keine leichte Wahl, aber auf jeden Fall eine lohnende. ■

## Lightweight design

Conference program of LightCon, June 01–02, 2022




The exhibition and conference of LightCon 2022 complement and enrich each other. The overarching motto is “Lightweight Design on the Path to Circular Economy“, presented in the four focus topics “New Material Solutions“, “Innovative Manufacturing Technologies“, “Sustainable Lightweight Engineering and Design“ and “Solutions and Use Cases from the User’s Perspective“.

“Sustainable Lightweight Engineering and Design“ and “Solutions and Use Cases from the User’s Perspective“.

In the conference area, participants can expect two days of input and exchange in English with top-notch technical keynotes, panels and best practices. In parallel sessions, representatives from industry, research and associations will share their knowledge, innovations and inspirations in presentations and with examples.

Oliver Gahr, IBM EMEA, e.g., will talk about “How sustainability and digitalization are shaping the value chain of the future“. Lisa Reehten, Bosch Climate Solutions, says “Green is not an option“. Other topics include digitalization, human resources, additive manufacturing, smart design and e-mobility, other keynote speakers include Dr. Lena Risse (Advanced Mechanical Engineering), Dr. Amer Affan (AFFAN), Isabell Gradert (Airbus), Lisa Reehten (Bosch Climate Solutions), Dr. Martin Tauber (Int. Magnesium Association), Dr. Cora Lüders-Theuerkauf (Medical Goes Additive), Dr. Jochen Pflug (Thermhex Waben), Dr. Oliver Schauerte (Volkswagen), Yannick Willemin (9T Labs) – not an easy choice for visitors but definitely a worthwhile one. ■

 Composites United (CU)  
Dr. Bastian Brenken  
+49 4141 407 40-15  
@ bastian.brenken@composites-united.com  
 www.lightcon.info

## Hörens wert – Netzwerk-Podcast „CU people“ on Air

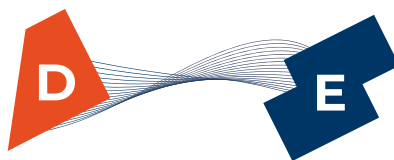
„CU people“ heißt der neue Interview-Podcast – von und mit CU people. In jeder Folge hat Moderator Dr. Thomas Heber eine Persönlichkeit zu Gast, die Expertise, Erfahrung, Neugier und Leidenschaft für den faserbasierten, multimaterialen Leichtbau mitbringt. In den ersten Podcast-Folgen unterhält er sich mit den neu gewählten CU-Präsidiumsmitgliedern

über ihre Motivationen, ihre Ideen und Ziele. Für die anschließenden Interviews gibt es bereits eine lange Gäste-Wunschliste mit Expertinnen und Experten aus Industrie, Wissenschaft und Politik.

Freuen Sie sich auf spannende Einblicke und Geschichten rund um die Menschen im Composites United:

[composites-united.com/cu-people](https://composites-united.com/cu-people)





# Termine/Dates 2022

von Juni bis November 2022 | from June to November 2022

Hier für Sie kompakt zusammengestellt alle Fachtermine, die bis Drucklegung des CU reports 01/22 feststanden. Es kommen aber tägliche neue Angebote dazu – als Präsenzveranstaltung, online oder in Mischform. Bitte informieren Sie sich tagesaktuell unter:

[www.composites-united.com](http://www.composites-united.com)



CU | Messe  
**01./02.06.2022**  
LightCon 2022

CU West | CU Ost | CU Nord | CU Bau  
**13.06.2022**  
Verbundwerkstoff trifft ... Holzwirtschaft

CU | MAI Carbon  
**14.06.2022**  
SIAT Netzwerktreffen & PE-Management Kurs

CU | CU Bau  
**15.06.2022**  
AG Faserverbundwerkstoffe für Neubau und Sanierung

CU | CU Bau  
**23.06.2022**  
CU Bau-Podium bei den 66. BetonTagen in Ulm

CU | Weiterbildung  
**23.06.2022**  
Basiswissen Faserverbundfertigung: qualitätsgerechte Fertigung, Schadensvermeidung, Arbeitsschutz

CU | CU Ost  
**23.06.2022**  
Kunststoff trifft Luftfahrt – Konferenz auf der ILA Berlin 2022

CU | Weiterbildung  
**28.06.2022**  
Wärmetechnik für Faser-Kunststoffverbunde

CU | CU Ost  
**30.06./01.07.2022**  
25. Internationales Dresdner Leichtbausymposium

CU  
**01.07.2022**  
Woche des Wasserstoffs – Infotag mit Begleitausstellung

CU | MAI Carbon  
**07.07.2022**  
Mitgliederversammlung MAI Carbon & Jubiläumsfeier „10 Jahre MAI Carbon“

CU | CU Bau | CU Ost  
**13.07.2022**  
Sommergrillen & „10 Jahre CU Ost“

CU | Ceramic Composites  
**15.07.2022**  
AG Endbearbeitung CMC – Oberflächentechnik CMC/CFK

CU | CU Ost | Innovation Day  
**13.09.2022**  
Faserverbund-Leichtbau in Thürig.

CU Ost | CU Nord | Innovation Day  
**14.09.2022**  
Nachhaltige Anwendg. Composites

CU | CU Nord  
**15.09.2022**  
Mitgliederversammlung CU Nord

CU | CU West | 11. Jour Fix  
**19.09.2022**  
Vom Leichtbau überzeugen – wie?

CU | CU Nord | CU Innovation Day  
**20./21.09.2022**  
Composite Repair

Redaktionsschluss  
**23.09.2022**  
für CU reports 02/22

CU  
**28./29.09.2022**  
Kompozyt Expo Krakau

CU | MAI Carbon  
**29.09.2022**  
Projektforum 2022

CU | Weiterbildung  
**12.10.2022**  
Thermoanalyse

CU | Weiterbildung  
**13.10.2022**  
Mechanische Prüfung

CU | Ceramic Composites  
**13.10.2022**  
Mitgliederversammlung Ceramic Composites & Doktoranden-AG

CU | Ceramic Composites  
**14.10.2022**  
AK Verstärkung keramischer Werkstoffe

CU Bau | Weiterbildung  
**20.10.2022**  
Leichtbau im Bauwesen mit Faserverbundwerkstoffen: Seminar 1 Grundlagen:


CU Bau | Weiterbildung  
**26./27.10.2022**  
Leichtbau im Bauwesen mit FVW: Seminar 2 Neubau und Vorfertigung

Erscheinungstermin  
**21.11.2022**  
des CU reports 02/22

CU | Weiterbildung  
**23.11.2022**  
Infiltrationstechnik – Theorie & Praxis

CU  
**24.11.2022**  
4. Ordentliche CU-Mitgliederversammlung

CU Bau | Weiterbildung  
**30.11./01.12.2022**  
Leichtbau im Bauwesen mit Faserverbundwerkstoffen: Seminar 3 Instandsetzung und Verstärkung

 Composites United  
**Stefan Steinacker**  
+49 821 26 84 11-13  
@ stefan.steinacker@composites-united.com  
www.composites-united.com/  
termine-und-events/



# FOODS

KREISLAUFWIRTSCHAFT  
CIRCULAR ECONOMY

# Rückführung zerkleinerter Organobleche

## Direkte Verarbeitung von zerkleinerten Organoblechen im Spritzgießprozess

**Organobleche haben sich in der industriellen Serienfertigung von hochbelastbaren Leichtbauteilen etabliert. Bei deren Produktion fallen Verschnittreste an. Untersuchungen haben gezeigt, dass diese Abfallprodukte mit Beimischung von Granulat direkt der Verarbeitungsmaschine zugeführt werden können.**

Um die Herstellung und anschließende Verwendung eines hochwertigen Sekundärrohstoffs zu ermöglichen, wird am Institut für Leichtbau mit Hybridsystemen (ILH) seitens der Kunststofftechnik Paderborn (KTP) in verschiedenen Projekten an verbessertem Einsatz und der Aufbereitung von Rezyklat gearbeitet. Die Lanxess-Tochtergesellschaft Bond-Laminates GmbH produziert unter dem Markennamen Tepex seit mehr als 20 Jahren solche Faserverbundwerkstoffe. Diese Organobleche sind in vielen Großserienprodukten etabliert.

### Wertvoller Verschnitt

Bei der Herstellung stark gekrümmter Geometrien, die sich nur sehr ungünstig verschachteln lassen, ist systematischer Verschnitt nicht vermeidbar. Bei einem Verschnitt von 5–10 % fällt unter Großserienbedingungen viel Restwertstoff an, der nicht direkt dem Produktionsprozess zugeführt werden kann. Um die Verarbeitbarkeit der Restwertstoffe in einer Spritzgießmaschine beurteilen zu können, hat das KTP in Kooperation mit Bond-Laminates entsprechende Untersuchungen durchgeführt.

Da Organobleche auf einer thermoplastischen Kunststoffmatrix basieren, bietet den größten wirtschaftlichen Nutzen die Verwertung der Reststoffe und Verschnitte durch werkstoffliches Recycling. Auch wird am KTP das mechanische Recycling von faserverstärkten Thermoplasten mittels verschiedener Zerkleinerungsmaschinen analysiert und untersucht, inwiefern durch Prozessoptimierung die Faserstaubfraktion reduziert werden kann.

### Praktische Projekte

Das zerkleinerte Mahlgut kann einem kunststofftypischen Verarbeitungsprozess wie dem Spritzgießen direkt zugeführt werden. Um eine Verarbeitung auf Standardmaschinen ohne mo-

Abb. 1:  
Dem Neugranulat wird das gemahlene Organoblech (grau) beigemischt

Fig. 1:  
The ground organo-sheet (gray) is added to the new granules



difizierte Einzugszone zu gewährleisten, ist eine mittlere Partikelgröße von 8–15 mm empfehlenswert. Wird das Mahlgut handelsüblichem Granulat (Regranulat oder Neuware) zu einem Anteil  $\leq 20\%$  beigemischt, ist die Brückenbildung soweit reduziert, dass übliche Dosiertrichter ohne Zwangsdosierung und somit in Standardausführung eingesetzt werden können.

Bereits mit üblichen, nicht modifizierten Dreizonenschnecken lässt sich Tepex-Mahlgut mit der empfohlenen mittleren Partikelgröße problemlos verarbeiten. Für den Spritzgießprozess sind in Abhängigkeit vom herzustellenden Bauteil niedrige Dosiergeschwindigkeiten und Staudrücke empfehlenswert.

### Gelungene Probe

Zur Verifizierung wurde ein Demonstratorbauteil hergestellt. Ein Organoblech wird in einem Spritzgießwerkzeug zunächst umgeformt und anschließend mit Schmelze umspritzt. Die Umspritz-Mischung besteht aus 80 % Neuware und 20 % Mahlgut. Unter üblichen Spritzgießbedingungen lassen sich damit sowohl dickwandige Bereiche ohne nennenswerte Schwindung als auch dünnwandige Bereiche mit langen Fließwegen vollständig und ohne sichtbare Schwindungseffekte herstellen.

Die recycelten Verschnittreste können ohne zusätzliche Investitionen in geplanten und sogar in laufenden Serienprodukten eingesetzt werden. Das Verfahren stellt somit einen wichtigen Schritt zu einer umfassenden Kreislaufwirtschaft für endlosfaserverstärkte Thermoplaste dar. ■



Dieses Projekt wird von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) als Forschungsgroßgerät INST 214/140-1 finanziert. Wir danken der DFG für die Unterstützung.



# Recirculation of crushed organo sheets

## Direct processing of crushed organo sheets in the injection molding process

**Organo sheets are established in the industrial series production of heavy-duty lightweight components. During their production, offcuts are produced. Studies showed that this waste can be fed directly to the processing machine with the addition of granules.**

At the Institute for Lightweight Design with Hybrid Systems (ILH), Kunststofftechnik Paderborn (KTP) is working in various projects on the improved use and processing of recyclate to enable the production and subsequent use of a high-quality secondary raw material. For more than 20 years the Lanxess subsidiary Bond-Laminates GmbH has been producing such fiber composites under the brand name Tepex. These organosheets are now established in many high-volume products.

### Valuable offcut

In the production of strongly curved geometries, which can only be nested very inefficiently, systematic offcuts are unavoidable. Even with a waste of 5–10%, a lot of residual material quickly accumulates under large-volume production conditions, which cannot be directly reintroduced into the production process. To enable evaluation of the processability of the residual value materials in an injection molding machine, the KTP has carried out tests on processability in cooperation with Bond-Laminates.

Since organo sheets are based on a thermoplastic matrix, the mechanical recycling of the residual materials and offcuts offers the greatest economic benefit. KTP also analyses the mechanical recycling of fiber-reinforced thermoplastics using various shredding machines, as well as the extent to which the fiber dust fraction can be reduced by process optimization.

### Practical projects

The shredded regrind can be fed directly into a typical plastics processing operation such as injection molding. To ensure processing on standard machines without a modified feed zone, an average particle size of 8–15 mm is recommended. If the regrind is added to commercially available granules (regranulate or virgin material) in a proportion  $\leq 20\%$ , bridging is reduced



Abb. 2: Demonstratorbauteil, umspritzt mit Mischung aus 80% Neuware und 20% gemahlenem Organoblech

Fig. 2: Demonstrator component, overmolded with mixture of 80% virgin material and 20% ground organosheet

to such an extent that conventional metering hoppers can be used without forced metering and thus in standard design.

Tepex regrind with the recommended average particle size can already be processed without problems with conventional, unmodified three-zone screws. For the injection molding process, low metering speeds and dynamic pressures are recommended.

### Successful test

A demonstrator component was produced for verification. First, an injection molded organo sheet is formed, then overmolded with melt. This mixture consists of 80% virgin material and 20% regrind. It shows that, under normal injection molding conditions, both thick- and thin-walled areas with long flow paths can be produced completely without significant shrinkage and without visible shrinkage effects.

The recycled offcuts can be used in planned and even current series products without additional investment. The process thus represents an important step towards a comprehensive circular economy for continuous fiber-reinforced thermoplastics.



Universität Paderborn, Kunststofftechnik Paderborn (KTP) | University of Paderborn, Plastics Technology (KTP)

**Michael Kröker, M.Sc.**

Gruppenleiter Spritzgießen & FVK | Group Manager Injection Molding & FRP

☎ +49 5251 60-53 55

@ michael.kroeker@ktp.upb.de

🌐 www.ktpweb.de | ilh.uni-paderborn.de



We are grateful for the support of the project by the Deutsche Forschungsgemeinschaft under grant number DFG-Project INST 214/140-1.



**Autoren/Authors:**  
Dr.-Ing. Elmar Moritz, Professor für Kunststofftechnik | Professor for Plastics Technology, Michael Kröker + Maximilian Scholle, Wiss. Mitarbeiter | PhD students  
alle: Institut für Leichtbau mit Hybridsystemen (ILH) | all: Institute for Lightweight Design with Hybrid Systems

# Auf Knopfdruck

Graphenbasierte Entwurfssprachen zur Prozesskettengestaltung für das Recycling von Composites

**Nassvlies oder doch Trockenvlies? Welche Prozesskette für welche Sekundärrohstoffe? Solche Fragen sind üblich beim Recycling von Composites. Mithilfe graphenbasierter Entwurfssprachen werden am Fraunhofer IGCV automatisiert Recyclingrouten geplant sowie wirtschaftlich und ökologisch bewertet.**

Auch Composites erreichen einmal das Ende ihrer Lebenszeit, die Rohstoffe sollen dann ressourcenschonend wiederverwendet werden. Eine große Herausforderung ergibt sich für Auswahl und Bewertung möglicher Recyclingtechnologien, da es stets den Kostenaufwand und die Umweltbilanz entlang der Prozesskette als Entscheidungstreiber zu berücksichtigen gilt.

## Interdisziplinarität als Herausforderung

Dazu müssen unterschiedlichste Domänen kooperieren, was oft in erhöhtem Abstimmungsaufwand und repetitiven Tätigkeiten resultiert. Darum will das Fraunhofer IGCV die Expertise aus den Bereichen Recycling von Faserverbundmaterialien, Bauteilherstellung, Ökobilanzen und Kostenberechnung in einem digitalen Modell vereinen und Nutzern zur Auswahl geeigneter Technologien an die Hand geben.

## Modellierung vorhandener Expertise

Hierfür wurde das notwendige Wissen aus verschiedenen Disziplinen aggregiert und strukturiert. Dazu zählen Recyclingtechnologien (Zerkleinerung, Faserfreilegung, Vliesherstellung etc.) samt Prozessspezifika wie Effekte auf Materialeigenschaften, Kosten und Energiebilanzen. Für die ökologische Bewertung werden Modellrechnungen des Treibhauspotenzials entlang der Prozesskette erstellt. Analog werden Gesamtkosten nach Arbeitsaufwand, Maschinen- und Materialkosten aufgeschlüsselt.

Für alle Informationsteile werden Gemeinsamkeiten und wiederkehrende Muster identi-

fiziert und in einem Klassendiagramm strukturiert. Durch Programmieren von Regeln werden anschließend die einzelnen Bausteine in die Entwurfssprache überführt. Dazu zählen etwa Größen- und Materialrestriktionen, Massenbilanzen und Berechnungsregeln. Schritt für Schritt wird so Wissen maschinenlesbar und -ausführbar, das aufgrund der schiereren Anzahl der Regeln und Interaktionen nicht mehr von einem Menschen allein überblickt werden kann.

## Automatisierte Prozessplanung ...

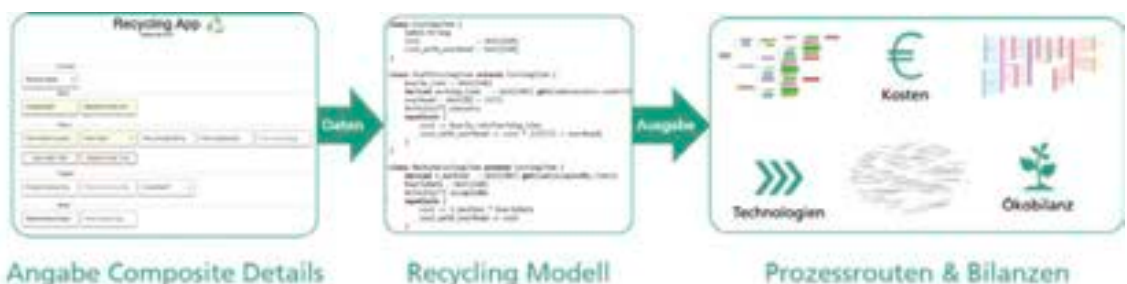
Eine browserbasierte Nutzeroberfläche sorgt für leichte Handhabung. Hier werden Eigenschaften des zu recycelnden Composite Bauteils wie Maße, Bestandteile und Masse eingegeben. Optional werden gewünschte Attribute des aus dem Rezyklat zu fertigenden Bauteils definiert, wie Faservolumengehalt oder die Art der Polymermatrix. Diese Angaben gehen über eine Datenschnittstelle an die Entwurfssprache. Regel für Regel werden anschließend die nutzerdefinierten Randbedingungen mit den Restriktionen im Modell verarbeitet. Jede erfolgreiche Ausführung einer Regel fügt dem Graphen eine entsprechende Instanz (Prozess, Massenbilanz, Kostenbaustein ...) hinzu.

## ... für die digitale Kreislaufwirtschaft

Nach wenigen Sekunden liegt das Ergebnis in Form des Gesamtgraphen vor. Er beschreibt die möglichen Prozessketten für Recycling und Fertigung des individuellen Zielbauteils, inklusive der in jedem Einzelschritt anfallenden Kosten und CO<sub>2</sub>-Emissionen. Dank des digitalisierten Expertenwissens erhalten Anwender auf Knopfdruck eine Übersicht passender Recyclingtechnologien mit ökonomischer und ökologischer Bewertung. Weitere Domänen wie das Bauteildesign sollen integriert werden. Das steuert einen wichtigen Beitrag zur digitalen Kreislaufwirtschaft von Composite-Materialien bei. ■



In dem erstellten Klassendiagramm hat jeder Prozess auf oberster Ebene Inputs und Outputs, verwendet Maschinen und Ressourcen.



Nach Eingabe der Bauteildaten und Verarbeitung im Modell werden die geeigneten Prozessrouten mit Kosten und Ökobilanzen ausgegeben

# At the push of a button

Graph-based design languages for process chain design in composites recycling

**Wet nonwoven or dry nonwoven? Which process chain for which secondary raw materials? Such questions often arise with composites recycling. With the help of graph-based design languages, Fraunhofer IGCV designs recycling routes automatically and evaluates their economic and ecological properties.**

As composites reach the end of their service life the raw materials have to be reused to conserve resources. A major challenge arises for the selection and evaluation of possible recycling technologies, since cost expenditure and environmental balance along the process chain must always be considered as decision drivers.

## Interdisciplinarity as a challenge

This requires the cooperation of different domains, often resulting in increased coordination efforts and repetitive activities. Thus the Fraunhofer IGCV aims at combining expertise from fiber composites' recycling, component manufacturing, life cycle assessments and cost calculations in a digital model and providing the user with a tool for selecting suitable technologies.

## Modeling of existing expertise

So the necessary knowledge from various disciplines was aggregated and structured. This includes available recycling technologies (shredding, fiber reclamation, nonwoven production, etc.) and process specifics such as effects on material properties, costs and energy balances. The ecological assessment is based on models to calculate the greenhouse warming potential along the process chain. Similarly, total costs are broken down into machine costs, labor costs and material costs.

For all information items recurring patterns are identified and structured in a class diagram. Rules are then programmed to integrate the individual building blocks into the design lan-

guage. These include size restrictions, process limitations on materials, mass balances and calculating rules. Step by step, knowledge is made machine-readable and -executable, that can no longer be surveyed by a human alone due to the total number of rules and interactions.

## Automated process planning ...

A browser-based user interface ensures easy access. Here properties of the composite part to be recycled (e.g. dimensions, components, existing mass) are entered. Optionally, desired attributes of the component to be manufactured from the recyclate are defined, such as the fiber volume content or the type of polymer matrix. The information is transferred to the design language. Rule by rule, the user-defined boundary conditions are then processed with the restrictions in the model. If a rule is successfully executed, a corresponding instance (process, mass balance, cost item, ...) is added to the graph.

## ... for the digital circular economy

After a few seconds, the result is available in the form of a global graph. It describes the possible process chains for recycling and manufacturing the individual target component, including the costs and CO<sub>2</sub> emissions incurred in each step. Due to the digitized knowledge, users get an overview of fitting recycling technologies with economic and ecological evaluation at the push of a button. Other levels such as component design are to be integrated. This will make an important contribution to the digital circular economy of composite materials. ■



*In the class diagram, at the top level each process has inputs and outputs, and uses machines and resources.*

**i** IGCV Fraunhofer-Institut für Gießerei-, Composite- und Verarbeitungstechnik | Fraunhofer Institute for Casting, Composite and Processing Technology, Augsburg  
 www.igcv.fraunhofer.de  
**Dr.-Ing. Frank Manis**  
 @ frank.manis@igcv.fraunhofer.de  
 ☎ +49 821 906 78-229  
**Thomas Bjarsch, M.Sc.**  
 @ thomas.bjarsch@igcv.fraunhofer.de  
**Maximilian Holland, M.Sc.**  
 @ maximilian.holland@igcv.fraunhofer.de  
**Dr. rer. nat. Marion Früchtl**  
 @ marion.fruechtl@igcv.fraunhofer.de



*After entering the component data and processing it in the model, the appropriate process routes are output with costs and life cycle assessments*

# Innovation als Schlüssel

Hochleistungsfaserverbund im Spannungsfeld von Nachhaltigkeit, Industrialisierung und Wirtschaftlichkeit

**Der Bereich Industrie & Innovation der niedersächsischen INVENT GmbH widmet sich der Erschließung neuer Einsatzmöglichkeiten und Märkte für den Faserverbund sowie der Entwicklung von Zukunftstechnologien für den Leichtbau. Im Material-Fokus stehen dabei Hochleistungswerkstoffe.**

Mit verschiedenen Strategien versuchen Anbieter von Faserverbundwerkstoffen, Massenmärkte zu erschließen. Während es thermoplastbasierten Materialsystemen leichter fällt, mit kurzen Taktzeiten und hohem Automatisierungsgrad traditionelle Branchen anzusprechen, können andere Anwender mit hohen Anforderungen an etwa Steifigkeit oder Dimensionsstabilität in einem großen Temperaturfenster auf eine duroplastische Matrix nicht verzichten. Es ist eine große Herausforderung, diese Anwendungen mit eher kleinen Stückzahlen mit einer wirtschaftlich attraktiven Lösung zu bedienen.

## Strategischer Vorteil: Längere Lebensdauer

Eine Strategie liegt in der Verlängerung des Gesamtlebenszyklus durch Wiederverwendung von Komponenten.

Im geförderten EU-Vorhaben FiberEUUse (GA 730323/ EU-H2020) entwickelte unter anderem Invent mit der EDAG GmbH eine Fahrzeugplattform, deren Sitzstrukturen aus mehreren CFK-Hohlprofilen verklebt sind. Durch gezielte Wärmeeinbringung können die modifizierten Klebungen wieder gelöst und somit die Komponenten nach einer Inspektion einer neuen Nutzungsphase zugeführt werden.

Die Kunst liegt in der Abstimmung der Prozesse und ihrer Temperaturen und im optimalen Füllgrad mit thermoexpandierenden Partikeln. Für das Zerlegen muss die Wärmebeaufschlagung zu einer hinreichenden Expansion der thermoexpandierenden Partikel und damit zu einem Aufbrechen der Klebstoffschicht führen. Jedoch darf dabei der Faserverbund weder mechanisch noch thermisch geschädigt werden. Auch muss das Werkstoffsystem für die betriebsrelevanten Mindestfestigkeiten konfiguriert sein. Im Projekt wurden diese Anforderungen voll erfüllt und in einem Demonstrator umgesetzt, der voraussichtlich nach der FAPC 2022 in Wolfsburg auch auf der LightCon 2022 in Hannover ausgestellt wird.



Sitzstruktur  
FiberEUUse, Totale

## Stoffliche Integration

Eine weitere Möglichkeit zur Veredelung von duroplastischen Faserverbundkomponenten besteht in der stofflichen Integration von thermoplastischen Folien. Die entsprechende Prozessentwicklung fand im Vorhaben MONa3D (ZF-4235103PO7/ BMWK) statt. Dabei verbindet sich eine Thermoplastfolie chemisch mit der duromeren Matrix des Faserverbundbauteils.

Diese Technologie lässt im Anschluss über automatisierte Prozessschritte einen hohen Individualisierungsgrad zu. Im Projekt demonstrierte das die Anbringung laserdurchstrahlgeschweißter, additiv gefertigter Beschläge.



MONa3D – Cabin  
Lining Demonstrator,  
Totale

Solchen Aufgaben und Fragen widmet sich bei Invent ein interdisziplinäres Team. Hier verschmelzen strategische Forschungsthemen, Marktanalysen und Kundengespräche in internen Workshops zu Visionen, die die Existenzberechtigung von Hochleistungsfaserverbundstrukturen in neuen Anwendungen sichern – nachhaltig und wirtschaftlich. ■



Invent GmbH, Braunschweig

**Dipl.-Ing. Friedrich von Dungern**, Head of Industry & Business Unit

+49 531 244 66-0

friedrich.vonDungern@invent-gmbh.de

www.invent-gmbh.de

# Zweites Leben

## Innovative Aufbereitung von Carbon- und Glasfasern stärkt Kreislaufwirtschaft

**Mit selbst entwickelten Technologien integriert die WIPAG aufbereitete Carbon- und Glasfaserabfälle in spritzgussfähige Hightech-Compounds. Die nachhaltigeren Kunststoffe sparen Kunden Kosten beim Rohstoffeinkauf, tragen zu einer besseren CO<sub>2</sub>-Bilanz bei und verringern den ökologischen Fußabdruck.**

Alte Kunststoffe in den Wertstoffkreislauf zurückzuführen statt sie zu entsorgen – diesen nachhaltigen Ansatz verfolgt die WIPAG. Haus-eigene Technologien ermöglichen dem Recyclingspezialisten, selbst Faserabfälle erneut aufzubereiten, die bisher nicht wiederverwertet werden konnten wie beispielsweise schwer fließende Materialien.

### Auch komplexe Materialverbunde

So lassen sich etwa trockene Carbonfaserreste in Verbindung mit Polymeren wie PP oder PA zu spritzgussfähigen Hightech-Carbonfaser-Compounds recyceln. Als Quelle für die Fasern dienen Beschnitte aus der Fertigung von Leichtbauteilen, die unter anderem in der Luft- und Raumfahrttechnik anfallen.

Die so gewonnenen WIC Compounds überzeugen durch ihr geringes Gewicht (niedrige Dichte) bei gleichzeitig hoher Festigkeit und Steifigkeit. Sie sind zudem dimensionsstabil und bieten eine sehr gute elektrische Leitfähigkeit sowie hervorragende Reib- und Verschleiß-eigenschaften.

Diese ausgezeichneten technischen Eigenschaften der Hightech-Kunststoffe eröffnen eine große Einsatzbreite: Als Leichtbaumaterial senken sie das Gewicht von Fahrzeugen und helfen, CO<sub>2</sub>-Emissionen zu reduzieren. Produkte wie Kiteboards oder Skischuhe werden durch Carbon leichter und damit komfortabler.

Ihre elektrische Leitfähigkeit prädestiniert WIC Compounds darüber hinaus für den Einsatz in ESD- und EMI-Bauteilen, wie es beispielsweise bereits erfolgreich in Industriestaubsaugern praktiziert wird. Denn diese Compounds verhindern elektrostatische Entladung (ESD, Electro Static Discharge) sowie elektromagnetische Interferenzen (EMI).



Zerkleinerter Carbonfaserbeschnitt

Auch hoch glasfaserverstärkte Kunststoffe wie Organobleche können als Wertstoffquelle für Hightech-Recycling-Compounds dienen.

Abfälle dieses Verbundwerkstoffs, bei dem ein Faser-gewebe in eine thermoplastische Kunststoffmatrix eingebettet ist, entstehen beispielsweise in der Auto-mobilproduktion. Sie wurden bisher meist ver-brannt, weil eine Aufbereitung sehr anspruchs-voll ist, die zerkleinerten Fasern schwer fließen und sich nicht leicht dosieren lassen.

WIPAG hat seine Carbontechnologie an diesen Input adaptiert und produziert daraus spritzgussfähige Recycling-Kunststoffe, die durch Kurzglasfasern verstärkt sind. Sie kommen ebenfalls in hochwertigen Anwendungen in der Automobilindustrie zum Einsatz und sparen CO<sub>2</sub>.



Recyceltes Carbon-Granulat

» Wenn wir komplexe Materialverbunde und schwer förderbare Stoffe aufbereiten und der Extrusion zuführen, schließen wir den Wertschöpfungskreislauf nachhaltig.«

Jens Kaatze, WIPAG Geschäftsführer

### Weitere Chancen

Für Kunden bieten die Recycling-Compounds neben der CO<sub>2</sub>-Ersparnis zudem die Möglichkeit, eventuellen Materialengpässen bei Glasfasern, Polyamid und Polypropylen entgegenzuwirken.

Viele Werkstoffabfälle konnten bereits für die Kreislaufwirtschaft nutzbar gemacht werden, entsprechende Inputströme wurden generiert. Die Suche der WIPAG nach Abfallarten, bei denen ein Recycling bisher nicht gelungen ist, die jedoch ein entsprechendes Potenzial haben, geht aber weiter. Zurzeit arbeitet das Unternehmen beispielsweise daran, auch verharzte Carbonfaserabfälle wieder in den Wertstoffkreislauf einzubringen – und so noch mehr nachhaltige Stoffkreisläufe zu initiieren. ■

**i** WIPAG Deutschland GmbH,  
Neuburg/Donau  
**Christoph Metzker**, Sales Representative  
+49 170 752 41 09  
@ christoph.metzker@wipag.de  
www.wipag.de

# Sauber recyceln

Innovative Verfahrenskombination mit Ultraschall ermöglicht sicheren Umgang mit recycelten Carbonfasern

**Intensiv forscht der Lehrstuhl für Leichtbau im Automobil am Recycling von carbonfaserverstärkten Leichtbaustrukturen. In einem Forschungsprojekt wurde nun die Entwicklung eines auf Ultraschalltechnik basierenden Verfahrens für sicheres und nachhaltiges CFK-Recycling vorangetrieben.**

Carbonfaserverstärkte Leichtbaustrukturen können aufgrund ihrer herausragenden spezifischen Eigenschaften einen entscheidenden Beitrag zur Einhaltung der Klimaziele leisten. Ein Stellhebel ist die Gewichtsparnis, die in der Nutzungsphase von bewegten Systemen zu einer Reduktion des Energieverbrauchs führt.

Werkstoffseitig ist die Kreislaufführung eine Voraussetzung für weitere Verbesserung der ökologischen Bilanz von Leichtbaustrukturen. Bei der nachhaltigen Aufbereitung von CFK-Abfallstrukturen ist insbesondere die Pyrolyse hervorzuheben, die sich als industrieller Stand der Technik für das CFK-Recycling etabliert hat.

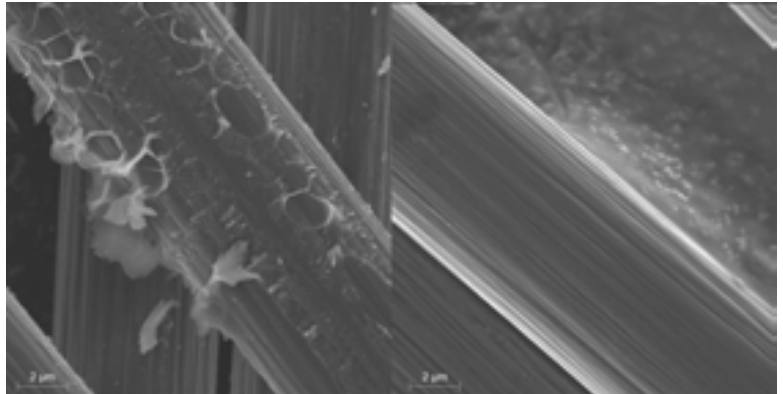
Dem Einsatz von recycelten Carbonfasern (rCF) in späteren Anwendungen stehen jedoch weiterhin Hemmnisse entgegen. Dies sind unter anderem das Vertrauen in die Qualität einer aus Abfällen zurückgewonnenen Carbonfaser, das sichere Handling im Rahmen der weiterverarbeitenden Prozesse sowie die Einhaltung erforderlicher Arbeitsschutzmaßnahmen.

## Vertrauen schaffen durch Ultraschall

Ein neuer Verfahrensschritt soll Abhilfe schaffen, nämlich, anstelle der thermischen Aufbereitung nach pyrolytischer Zersetzung der Matrix eine Ultraschallbehandlung der CF zu etablieren. Das ultraschallbasierte Reinigungskonzept zeichnet sich durch mehr Prozesssicherheit und -effizienz sowie geringerer Prozesskosten aus. Im Fokus des Forschungsprojekts steht die Erarbeitung eines optimalen Prozessfensters für die Reinigung der Oberfläche von anhaftendem Pyrolysekoks bei gleichzeitiger Vermeidung von Faserschädigung.

## Sauber, schnell, sparsam

Systematisch wurden geeignete Prozessparameter, wie die Ultraschallfrequenz und die Dauer der Reinigung variiert und deren Einfluss auf die mechanischen Eigenschaften der rCF sowie deren Oberfläche untersucht. Die Wirksamkeit der Ultraschallreinigung lässt sich mittels ras-



Vergleich pyrolysierter Carbonfasern vor (li.) und nach Ultraschallbehandlung (re.)

terelektronenmikroskopischer Analysen aufzeigen. Die Oberfläche konnte durch die ausgewählte Parameterkombination schonend von anhaftendem Pyrolysekoks befreit werden. Die mechanische Charakterisierung durch Einzelfaserzugversuche zeigt eine Erhöhung der Festigkeit und Bruchdehnung im Vergleich zu thermisch aufbereiteten rCF.


Zudem zeigen sich weitere Vorteile des neuartigen Verfahrens. So kann die Ultraschallbehandlung die Prozessdauer bei der Rückgewinnung verkürzen. Des Weiteren macht sich der geringere Energiebedarf einer Ultraschallreinigungsanlage in der ökologischen Bilanz positiv bemerkbar. Im Vergleich zum herkömmlichen Pyrolyseprozess kann der CO<sub>2</sub>-Footprint um weitere 40 % reduziert werden. Das Gefährdungspotential von CF bei Recycling und Verarbeitung, das Arbeitsschutzmaßnahmen erforderlich macht, kann durch das wasserbasierte Reinigungsverfahren minimiert werden.

## Erfolg auf der ganzen Linie

Die Ergebnisse zeigen, dass die innovative Verfahrenskombination nicht nur zu einer Verbesserung der Qualität der rCF führt, sondern auch die Effizienz des Recyclingprozesses auf ein neues Level hebt. Künftig ist ein Transfer der Erkenntnisse zur Aufbereitung weiterer FKV-Werkstoffe denkbar. ■



Das Projekt wurde gefördert durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU).

 Universität Paderborn, Institut für Leichtbau mit Hybridsystemen (ILH), Lehrstuhl für Leichtbau im Automobil  
**Caterina Linnig, M.Sc.**  
 Wiss. Mitarbeiterin  
 +49 5251 60-59 36  
 @ caterina.linnig@upb.de  
 mb.uni-paderborn.de/leichtbau

# Peeling-basiertes Recycling

Nachverfolgbarkeit der Eigenschaften thermoplastischer Composites für einen geschlossenen Werkstoffkreis

**Im Projektfokus von „MultiTrace: Digitale Traceability für effizientes Recycling von Composite-Tapes“ steht die Bestimmung des Wiederverwendungspotenzials recycelter kontinuierlicher Tapes. Dafür wurden die Eigenschaften thermoplastischer Composites durch Alterung und Recycling nachverfolgt.**

Thermoplastische gewickelte Faserverbundwerkstoffe bieten ein großes Potenzial für die Herstellung von leichten Druckbehältern. Am Fraunhofer EMI wurde ein peeling-basiertes Recyclingverfahren entwickelt, das die Einzellagen von Faserverbundwerkstoffen durch kontrollierte Delamination zurückgewinnt. Organoblech-Einzellagen wurden so ohne signifikante Reduzierung ihrer mechanischen Eigenschaften zurückgewonnen. An thermoplastischen gewickelten Strukturen bietet das Verfahren also das Potenzial, den Tape-Werkstoffkreis zu schließen.

## Projekt MultiTrace

In diesem Zusammenhang wurde die Nachverfolgbarkeit der Werkstoffeigenschaften während der Nutzung (Alterung) und während des peeling-basierten Recyclings des Materials untersucht. Ziel war die bestmögliche Anwendung für die rückgewonnenen Tapes. Untersuchungsgut waren multilagige unidirektional endlosfaserverstärkte thermoplastischen Materialien, repräsentativ für gewickelte Werkstoffe.

## Schritt 1

In einem ersten Schritt wurde die Alterung der Materialien im Betrieb untersucht. Dazu wurden Materialproben im Anlieferungszustand und nach verschiedenen Alterungsprozessen (durch zyklische Temperatur- und Feuchteexposition sowie durch UV-Bestrahlung) me-

chanisch charakterisiert. Die Spannungs-Dehnungskurven für den Referenzwerkstoff bei Anlieferung und nach 100 jeweils sechsständigen Zyklen zwischen  $-30^{\circ}\text{C}$  und  $+80^{\circ}\text{C}$  zeigen eine deutliche Abnahme von Steifigkeit und Festigkeit (s. Abb.). Das findet sich in ähnlicher Weise unter zyklischer Belastung, doch bleibt die Neigung der Wöhlerkurve unverändert.

## Schritt 2

Danach wurde das peeling-basierte Recyclingverfahren aus Gründen der Energieeffizienz quasi-statisch und bei Raumtemperatur untersucht. Eine kontinuierliche Tape-Rückgewinnung konnte erfolgreich erreicht, Materialschädigung aber nicht komplett verhindert werden. Jedoch sind die restlichen Eigenschaften des Materials vielversprechend.

Einerseits weist das Rezyklat kontinuierliche Fasern und somit das Potenzial zum Ersetzen von neuen Tapes auf. Andererseits sind sowohl für neues als auch für gealtertes Material, mit einer Zugfestigkeit von ca. 500 MPa (ca. 1/3 des Ausgangswertes) und einer Steifigkeit von ca. 45 GPa (ca. 1/2 des Ausgangswertes), die residualen Eigenschaften vergleichbar mit den Eigenschaften aus optimierten schredder-basierten Recycling- und Wiederaufbereitungsverfahren.

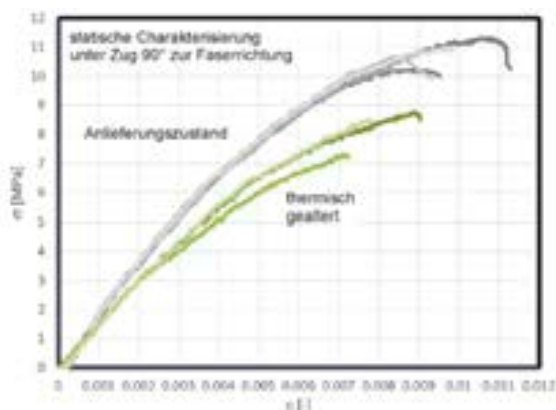
Die Ursachen der induzierten Schädigung wurden identifiziert und die Peeling-Bedingungen sowie die Nachbearbeitung der Tapes werden weiter optimiert, um einen kompletten Erhalt der Eigenschaften zu erreichen.

Schließlich zeigte eine Lebenszyklusanalyse des Verfahrens, dass peeling-basiertes Recycling besonders energieeffizient ist – sowohl im Vergleich zur Herstellung von neuen Tapes als auch zum klassischen schredder-basierten Recycling. ■



Das „Projekt MultiTrace: Digitale Traceability für effizientes Recycling von Composite-Tapes“ wurde finanziert vom Leistungszentrum Nachhaltigkeit Freiburg.

Änderung der Materialeigenschaften durch Materialalterung im Betrieb

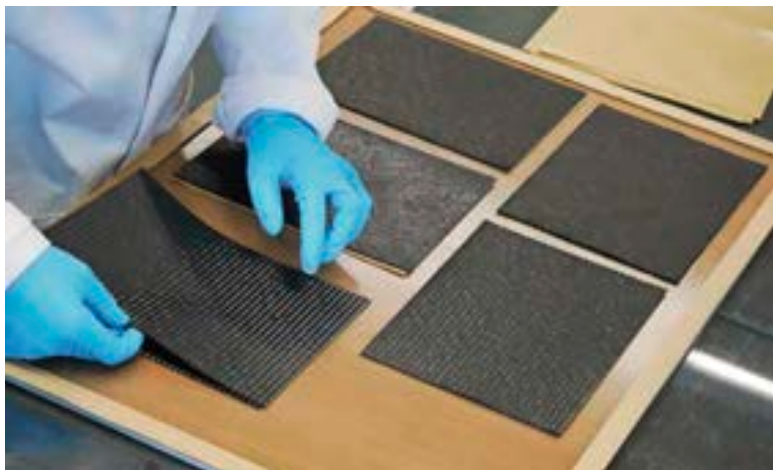


Fraunhofer-Institut für Kurzzeitdynamik, Ernst-Mach-Institut (EMI), Freiburg  
**Dr. Mathieu Imbert**  
 +49 761 27 14-507  
 mathieu.imbert@emi.fraunhofer.de  
 www.emi.fraunhofer.de

Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik (IWM), Freiburg  
**PD Dr.-Ing. habil. Jörg Hohe**  
 +49 761 5142-340  
 joerg.hohe@iwm.fraunhofer.de  
 www.iwm.fraunhofer.de

# Safe and sound

Healable composites contributing to industrial circularity



Meticulous Lab  
Work at CompPair  
Technologies

**Swiss CompPair Technologies has commercialized a first product family of preimpregnated textiles. The EPFL spin-off's innovation extends the lifetime of products by enabling an ultra-fast repair of 1–2 minutes, simply activated by moderate heat. The semi-autonomous healing system provides an in-situ repair, with parts staying structural during and recovering initial properties after repair.**

Composites made with CompPair's HealTech™ can be repaired up to 60 times, significantly extending the lifetime of composite products, thus drastically reducing waste and CO<sub>2</sub> emissions eq. The vision of the company is to provide full circularity to the composites industry, by acting at the materials' production, during its lifetime, as well as recycling.

## A greener production

Rethinking the early steps of production allows a greener supply chain with less waste and pollution. Combining recycled fibres with its resin, which has a naturally lower environmental footprint, up to 9% lower than standard epoxy resin, CompPair's prepregs already have the potential to have a lower environmental impact.

HealTech™ prepregs are compatible with Out-of-Autoclave processing, a manufacturing process which, in comparison, is less energy-intensive. A major impact is on the circularity of composites during their lifetime.

**i** CompPair Technologies Ltd., Lausanne  
**Amaël Cohades**, CEO  
 @ amael@comppair.ch  
**Emilie Malek**, Marketing Manager  
 +41 21 353 01 85  
 @ emilie@comppair.ch  
 www.comppair.ch

## Lifetime extension

The unique healable solution repairs delamination and matrix damage events, and in doing so, preserves resources. An internal life cycle assessment demonstrated HealTech™'s footprint to be up to 250 times lower than a standard prepreg, considering a scenario in which a damaged part is discarded and replaced. In other terms, it is up to 120 times lower in terms of CO<sub>2</sub> emissions than a conventional repair method, as there is no input of extra raw materials.

Composite products made with CompPair materials have an extended lifetime, keeping the same materials in use for longer periods with repairs, compared to standard composite products. Preventative repairs of composite parts can defy a significant challenge of the industry, delaying damage to the fibres.

## Recycling

Once composite parts cannot be repaired any longer, due to damage to fibres for example, the company strives to recycle all materials. CompPair has shown that composites made with its prepregs have an improved propensity for an environmentally efficient recycling, with large CO<sub>2</sub> emissions eq. reductions. Internal tests have been carried out, with results demonstrating a high potential for recycling. Currently, the company is seeking opportunities to bring recycling to the industry, having already validated one recycling partner.

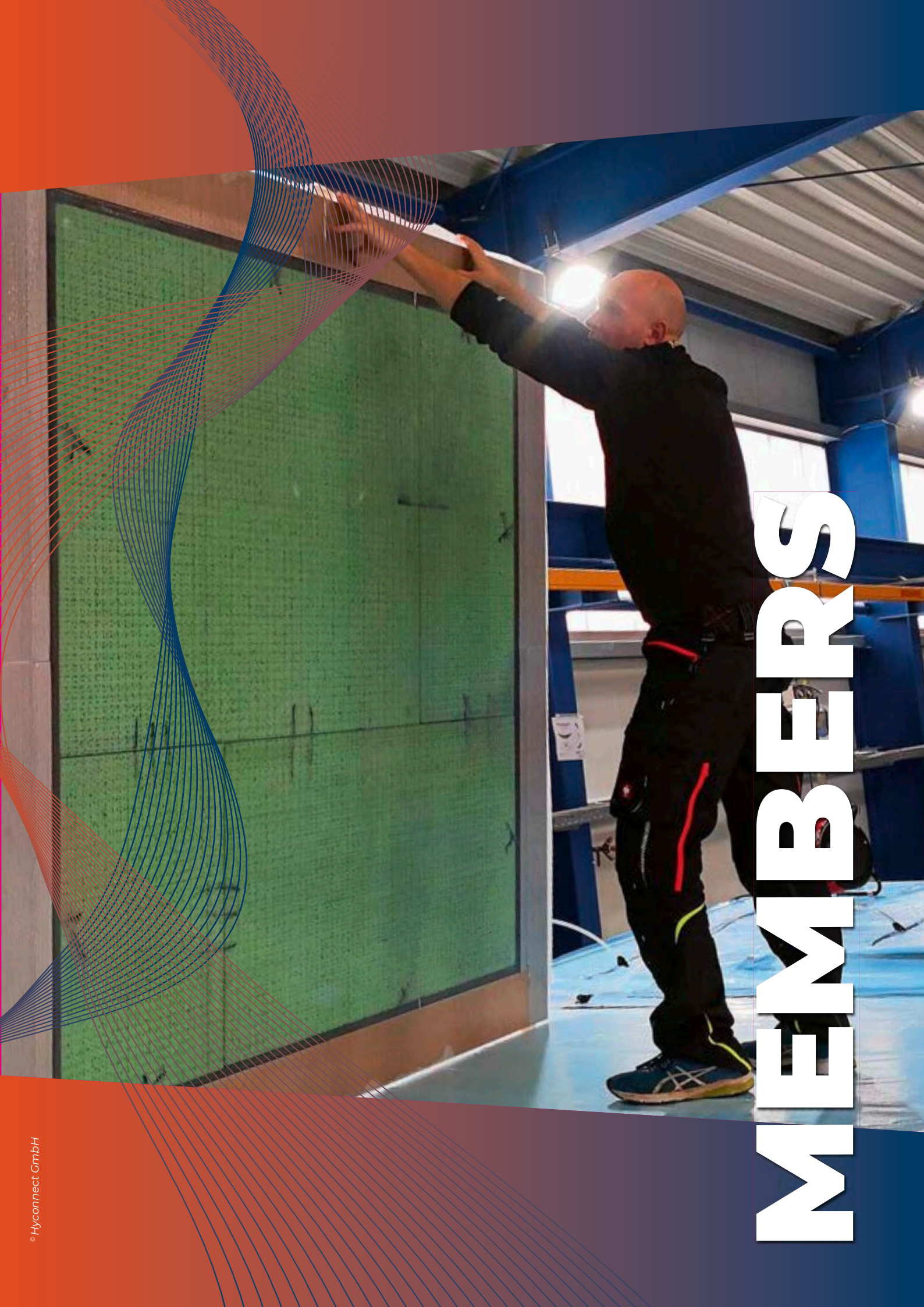
Today, most composite wastes are discarded in landfill or incinerated. With CompPair's solution, the materials have the potential to be recycled and the recovered fibres reinputted in the industry.

The cyclical lifetime of CompPair's prepregs creates a model that actively improves the environment, by reducing CO<sub>2</sub> emissions and waste. ■

Carbon Prepregs







# MEMBERS

# Frischer Wind

Integriertes Condition Monitoring System für Windenergieanlagen – Leichtbau-Monitoring trifft Baubranche

**Branchenübergreifende Impulse setzt das Innovationsforum „Integriertes Condition Monitoring von Windenergieanlagen“. Aus den Ergebnissen des Forums formulieren das Unternehmensnetzwerk texton e.V. und sein Chemnitzer Leichtbaupartner FiberCheck GmbH Folgerungen für Monitoringtechnologien bei ähnlich komplexen Systemzusammenhängen in Neubau und Sanierung im Bauwesen.**



Weitere Informationen zu den Innovationsforen unter [www.icm-wind.de](http://www.icm-wind.de) und [www.composites-united.com/projects/fiberbuild](http://www.composites-united.com/projects/fiberbuild)

Teilnehmer aus unterschiedlichen Branchen nutzten eifrig die Gelegenheit zum Austausch bei der Abschlussveranstaltung des Innovationsforums „Integriertes Condition Monitoring von Windenergieanlagen“ (iCM Wind) im Oktober 2021. Zertifizierer, Berater, Versicherer, Beschäftigte von Forschungseinrichtungen und Technologiefirmen aus der Windenergiebranche diskutierten über Grundlagen und Verfahrensweisen ganzheitlicher integrierter Monitoringssysteme für Windenergieanlagen.

Um Schädigungen der immer komplexer werdenden Anlagen rechtzeitig zu erkennen und um präzise Schadensprognosen zu ermöglichen, ist ein Zusammenspiel der Teilsysteme der Zustandsüberwachung essenziell. Es wurde deutlich, dass die Interaktionen zwischen den Zustandsdaten der einzelnen Komponenten und Materialien in ihrem zeitlichen und räumlichen Ablauf nur durch den Einsatz von Künstlicher Intelligenz beschrieben werden können.

## Quantensprung für Qualität

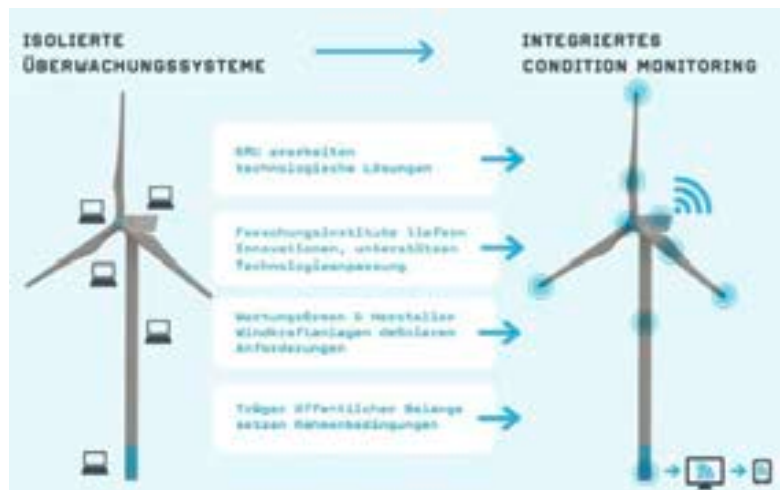
Die Ergebnisse des Innovationsforums iCM Wind wertete das Unternehmensnetzwerk texton e.V. gemeinsam mit der Chemnitzer FiberCheck GmbH hinsichtlich ihrer Synergien zur Baubranche aus. Dabei entstand ein aktives Arbeitsbündnis aus Firmen der Bau- und Elektronikbranche sowie universitärer Einrichtungen, das sich im Sommer 2022 mit der Erhaltung des Baubestands durch lebenszyklusbegleitende Überwachung mittels Künstlicher Intelligenz beschäftigen wird.

Darüber hinaus sollen Erkenntnisse aus dem Innovationsforum in das Bauüberwachungssystem „TexMessBox“ einfließen. Das ursprünglich als universitäre Lösung entwickelte System wurde bereits vor einigen Jahren mit Unterstützung des texton e.V., der FiberCheck GmbH und der Unger Bau-Systeme GmbH erfolgreich zertifiziert und in den Markt überführt.

Die Komplexität der Zusammenhänge zwischen Feuchte-, Temperatur- und chemischen Zustandsdaten setzte dem System bisher Grenzen. Mittels Künstlicher Intelligenz können die entsprechenden Bauteilmesswerte zukünftig ganzheitlich betrachtet werden. Das ermöglicht einen signifikanten Qualitätssprung bei der Zustandsanalyse und Zustandsprognose der Baukonstruktionen.

Nicht zuletzt haben sich aus der Begegnung mit dem vom Regionalcluster CU Ost und dem Fachnetzwerk CU BAU initiierten Innovationsforum „FiberBuild“ vielversprechende Partnerschaften für ganzheitliche Monitoringsysteme entwickelt. Hierbei handelt es sich zum Beispiel um die strukturelle Überwachung von (Carbon-)Betonbauteilen mittels Körperschall oder um neue Ansätze beim Monitoring der Fundamente von Windenergieanlagen. ■

**i** Unternehmensnetzwerk texton e.V., Dresden  
**Dr. Ingelore Gaitzsch**  
 +49 178 826 77 87  
 info@textil-beton.net  
 www.textil-beton.net



Von der Einzelüberwachung zum Integrierten Conditions Monitoring – ein branchenübergreifender Ansatz © FiberCheck GmbH

# Fräsen für die Forschung

Universität Augsburg erhält modernste Projektmaschine als Spende

Zum Abschluss einer gemeinsamen Forschungsarbeit übergab die Hufschmied Zerspanungssysteme GmbH dem Innovationslabor der Universität Augsburg einen Fräsen-Demonstrator. Die mit hochsteifen Achsen aus Carbon-Verbundwerkstoffen und Spezialwerkzeugen umgerüstete Portalfräsmaschine entstand im Rahmen des Projekts MAI CC4fastMOVE.

Gefördert wurde das MAI CC4fastMOVE vom Bayerischen Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie im Rahmen des Programms Campus Carbon 4.0, das maßgeblich durch den Spitzencluster MAI Carbon des Composites United e.V. (CU) koordiniert und strategisch begleitet wird.

## Maschine der nächsten Generation

Bei dem Demonstrator handelt es sich um eine Portalfräsmaschine EiMa Gamma S, umgerüstet mit hochsteifen Achsen aus Carbonfaser-Verbundwerkstoffen und Spezialwerkzeugen für die Hochgeschwindigkeitsbearbeitung.

Ein wichtiger Teil von MAI CC4fastMOVE war die Integration von Zustandsüberwachungssystemen in modifizierter Stahl-Hybridbauweise. Um die Funktionstüchtigkeit der Maschine im Betrieb zu gewährleisten und mögliche Anomalien zu detektieren, wurde ein Netzwerk von 74 Sensoren in der Maschine installiert. „Das ist natürlich für einen späteren wirtschaftlichen Betrieb viel zu viel, aber wir wollten herausfinden, wie viele Sensoren an welchen Stellen für die Überwachung notwendig sind,“ so Prof. Dr. Markus Sause vom Lehrstuhl für Mechanical Engineering der Universität Augsburg.

Zum Erfolg des Projektes trug auch Leichtbautechnologie maßgeblich bei, namentlich die innovative Hybridbauweise aus carbonfaserverstärkten Komponenten und metallischen Interfaces. „Der Einsatz von Carbonfasern in so großem Umfang ist für eine Werkzeugmaschine ungewöhnlich“, weiß HA-Projektleiter Prof. Dr.-Ing. André Baeten. „Die Beschleunigungen und Verfahrgeschwindigkeiten dieser Hochleistungs-Bearbeitungsmaschine wurden erst durch die Faserverbundbauweise ermöglicht.“

Die Fertigung der hochpräzisen Carbonhybrid-Bauteile erfolgte bei den Carbon-Werken Weißgerber in Wallerstein mit einem neuartigen Verfahren. So wurden gleichzeitig Form-



Übergabe des Fräsen-Demonstrators: Prof. Dr. Malte Peter/Vizepräsident der Universität Augsburg (li. vorn), Dr. Michael Higl/Stellvtr. Landrat, LK Augsburg (li. hinten), Prof. Dr. Markus Sause/Lehrstuhl für Mechanical Engineering der Universität Augsburg, Ralph Hufschmied/Geschäftsführer Hufschmied Zerspanungssysteme, Europaabgeordneter Markus Ferber, Sven Blanck/Geschäftsführer MAI Carbon (re. v. vorn n.hinten) © Uni Augsburg

» Das erfolgreiche Kooperationsprojekt MAI CC4fastMOVE hatte ein Volumen von knapp 3,5 Mio. Euro.«  
Sven Blanck, Geschäftsführer MAI Carbon

schluss-, Kraftschluss- und Klebeverbindungen im Bauteil möglich.

## Hochgeschwindigkeitsfräsen

Im Projekt konnte bewiesen werden, dass High Speed Cutting (HSC) mit Drehzahlen über 70.000 U/min eine höchst effiziente Composite-Bearbeitung mit hoher Oberflächengüte erlaubt. Dies ist etwa für die Luft- und Raumfahrt sowie für die Automobilindustrie von großem Interesse.

Durch das Projekt inspiriert, hat Hufschmied auch ein eigenes Inline-Qualitätssicherungssystem auf den Markt gebracht: SonicShark überwacht die Zerspanung mit Hilfe von Körperschallsensoren. ■



Fachnetzwerk CU Bau und Cluster CU West, ARRK Engineering GmbH, Carbon-Werke Weißgerber GmbH & Co.KG., EiMa Mitte Vertriebs- und Service GmbH, VisCheck GmbH, Lebmeier Forschung Beratung Konstruktion, Anwenderzentrum Material- und Umweltforschung der Hochschule für angewandte Wissenschaften - FH Augsburg, Hufschmied Zerspanungssysteme GmbH und Universität Augsburg.

**i** Hufschmied Zerspanungssysteme GmbH, Bobingen  
**Rabea Müller**  
☎ +49 8234 96 64-0  
@ info@hufschmied.net  
🌐 www.hufschmied.net

# Smarte Schläuche

Oxidische und nicht-oxidische Verbundkeramiken aus neu entwickelten, komplexen 3D-Flechtpreformen

**In einem Verbundprojekt entwickelten das Institut für Materialwissenschaften (Hochschule Hof, ifm) und der Lehrstuhl Keramische Werkstoffe (Universität Bayreuth, CME) gemeinsam komplexe 3D-CMC-Bauteile. Das ifm stellte die dafür notwendigen geflochtenen 3D-Preformen auf ihrem Variationsflechter her. Daraus wurden am CME oxidische bzw. nicht-oxidische Verbundkeramiken (Ceramic Matrix Composites) hergestellt.**



Das ifm und der CME bedanken sich beim CU für die Unterstützung der gemeinsamen Vorlaufforschung.

Keramische Verbundbauteile mit planarer Faserarchitektur bzw. Wickelbauteile sind hinlänglich bekannt und im Einsatz. Im Rahmen des hier vorgestellten Vorlaufforschungsprojektes entwickelten das ifm und der CME auf Basis von komplexen, geflochtenen Preformen 3D-verstärkte Verbundkeramiken (Abb. 1).

## Komplexe, anforderungsgerecht geflochtene Faserpreformen

Die notwendigen Preformen entstanden am ifm auf einem Variationsflechter mit einer quadratischen Flügelradanordnung von 4 x 4. Weichen zwischen jedem der Flügelräder werden pneumatisch angesteuert.

Über eine Software können Klöppelbewegungen einprogrammiert, beliebig oft abgerufen und reproduziert werden. Auch Höhe des Flechtpunkts, Dichte des Geflechts, diverse Klöppelwege sowie die zugehörigen Teil- und Gesamtlängen, Abzugsgeschwindigkeiten und Korrekturhöhen können elektronisch variiert und hinterlegt werden.

In ersten Versuchen wurden mit Glasfaserrovings (300 tex) X-Strukturen geflochten sowie eine leiterähnliche Struktur mit mehreren Ver-

zweigungen und Zusammenführungen (Abb. 1). Die dabei gewonnenen Erkenntnisse wurden anschließend auf Aluminiumoxidfasern (NextelTM 610, 3M, 10.000 den) bzw. Kohlenstofffasern (HTA 40, TohoTenax, 3K) übertragen (Abb. 2). Zusätzliche bindungstechnische Verbesserungen der verzweigten Proben im Übergang halfen, eine sonst geflechtstypische Lochöffnung im Bereich der Verzweigung nahezu komplett zu schließen.

## Erfolgreiche CMC-Entwicklung

Die gefertigten oxidischen und nicht-oxidischen Preformen wurden anschließend am CME mittels Schlickerroute bzw. des Liquid Silicon Infiltration (LSI) Prozesses zu CMC-Bauteilen verarbeitet. Die Infiltration der 3D-Preformen wurde durch Vakuum unterstützt.

Der verwendete Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-ZrO<sub>2</sub>-Schlicker infiltrierte die Faserbündel und bildete nach dem Sintern eine stabile oxidische Verbundkeramik (Abb. 3). Die Infiltration der Kohlenstofffaser-Preformen erfolgte mit einer Phenolharz-Lösung. REM-Aufnahmen des C/C-SiCs zeigten, dass die Kohlenstofffasern nach der Silizierung erhalten bleiben.

Die gemeinsame Vorlaufforschung zeigte jedoch, dass die Infiltration der komplexen Preformen (auch der Leiter-Struktur) sowie die anschließende Weiterverarbeitung zu komplexen oxidischen sowie nicht-oxidischen CMC-Bauteilen realisierbar sind. Neue Anwendungen von CMC-Bauteilen auf Basis dreidimensionaler Flecht-Preformen sind nun denkbar. ■

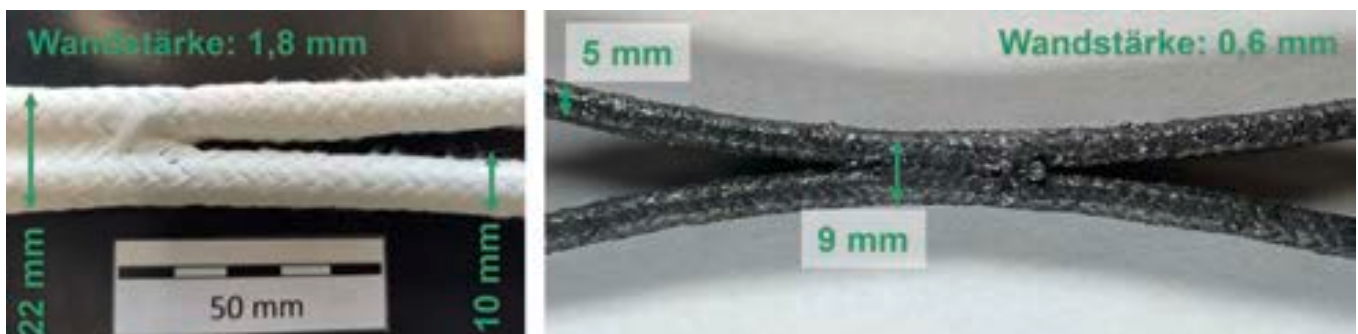


Abb. 1: Oxidische (li.) und nicht-oxidische CMC-Bauteile auf Basis 3D-geflechtener Preformen © CME

Fig. 1: Oxide (li.) and non-oxide CMC components based on 3D-braided preforms © CME

# Smart tubes

Oxide and non-oxide composite ceramics from newly developed, complex 3D braided preforms

In a joint project, the Institute of Materials Science (Hof University of Applied Sciences, ifm) and the Chair of Ceramic Materials (University of Bayreuth, CME) jointly developed complex 3D CMC components. For this, ifm produced the braided 3D preforms on their variation braider. From these, oxide or non-oxide composite ceramics (ceramic matrix composites) were produced at the CME.

Ceramic composite components with planar fiber architecture or wound components are well known and in use. Within the framework of the preliminary research project presented here, the ifm as well as the CME developed 3D-reinforced composite ceramics based on complex, braided preforms (fig. 1).

## Complex fiber preforms braided according to requirements

The necessary preforms were created at ifm on a variation braider with a square impeller arrangement of 4 x 4. Switches between each of the impellers are pneumatically controlled.

Via software, bobbin movements can be programmed, called up as often as required and reproduced. The height of the braiding point, density of the braid, various bobbin paths as well as the associated partial and total lengths, take-off speeds and correction heights can also be varied and stored electronically.

In initial trials, glass fiber rovings (300 tex) were used to braid X-structures as well as a ladder-like structure with several branches and junctions (Fig. 1). The knowledge gained was subsequently transferred to alumina fibers (NextelTM 610, 3M, 10,000 den) and carbon fibers (HTA 40, TohoTenax, 3K), respectively (fig. 2). Additional bonding enhancements of the branched samples in the transition helped to al-



The ifm and the CME would like to thank Composites United (CU) for supporting the joint preliminary research.

Abb. 2: Am ifm geflochtene Preform aus Kohlenstofffasern © ifm

Fig. 2: Carbon fiber preform braided at ifm © ifm



most completely close an otherwise braid-typical hole opening in the branching region.

## Successful CMC development

The manufactured oxide and non-oxide preforms were subsequently processed into CMC components at the CME using slip routing and the Liquid Silicon Infiltration (LSI) process, respectively. The infiltration of the 3D preforms was assisted by vacuum. The Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-ZrO<sub>2</sub> slurry used infiltrated the fiber bundles and formed a stable oxide composite ceramic after sintering (fig. 3). Infiltration of the carbon fiber preforms was performed with a phenolic resin solution. SEM images of the C/C-SiC showed that the carbon fibers were retained after silicification.

However, the joint preliminary research showed that infiltration of the complex preforms (including the ladder structure) and subsequent further processing into complex oxide as well as non-oxide CMC devices are feasible. New applications of CMC devices based on three-dimensional braided preforms are now conceivable. ■

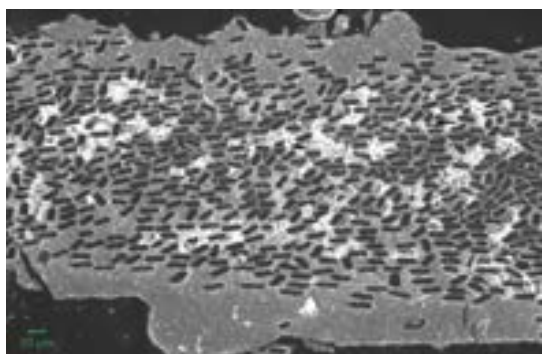


Abb. 3: REM-Aufnahme des oxidischen Verbundwerkstoffes bei vollständiger Infiltration des Faserbündels © CME

Fig. 3: SEM image of the oxide composite with complete infiltration of the fiber bundle © CME



Universität Bayreuth,  
Lehrstuhl Keramische Werkstoffe  
**Dr.-Ing. Carolin Sitzmann**

+49 921 55-65 12

@ Carolin.Sitzmann@uni-bayreuth.de

www.cme-keramik.uni-bayreuth.de

# Keramische Strukturen im Apparatebau

Sandwichbauweisen für effiziente Leichtbaustrukturen aus keramischen Verbundwerkstoffen

Im Rahmen der Vorlauftforschung des Composites United entwickelt das Institut für Bauweisen- und Strukturtechnologie des DLR Stuttgart gemeinsam mit der SGL Carbon GmbH neuartige Hochtemperatur-Plattenwärmeübertrager aus keramischen Verbundwerkstoffen für die thermische Behandlung von korrosiven Medien im Chemieanlagenbau. Dabei steht eine wirtschaftliche Fertigung im Vordergrund, die durch den Einsatz des Flüssigsiliciumverfahrens (LSI = Liquid Silicon Infiltration), sowie neuartiger, endkonturnaher Sandwichbauweisen und kostengünstiger Ausgangswerkstoffe sichergestellt werden soll.

Ausgangspunkt der Entwicklung ist die am DLR verfügbare Sandwichtechnologie für hochsteife Tragstrukturen (Abb. 1) aus kohlenstofffaserverstärktem Siliciumcarbid (C/C-SiC). Dabei werden dünnwandige Deckplatten und hochporöse, extrem leichte Kernstrukturen aus kohlenstofffaserverstärktem Kunststoff (CFK) im Autoklav- oder Pressverfahren gefertigt, und durch eine thermische Behandlung zu kohlenstofffaserverstärktem Kohlenstoff (C/C) umgewandelt. Jeweils zwei Deckplatten und eine Kernstruktur werden anschließend mithilfe einer Fügepaste miteinander verbunden.

Im letzten Prozessschritt wird diese C/C-Sandwichstruktur siliciert. Dabei wird der mikroporöse C/C-Werkstoff mit geschmolzenem Silicium (Si) über Kapillarkräfte infiltriert. Durch die chemische Reaktion des Si mit einem Teil des Kohlenstoffs bildet sich SiC, und es entsteht ein Verbundwerkstoff aus lasttragenden C/C-Bündeln, die in einer SiC Matrix eingebettet sind.

Diese C/C-SiC Werkstoffe zeichnen sich durch eine hohe Temperatur- und Thermoschockbeständigkeit, eine geringe Wärmeausdehnung und ein schadenstolerantes, quasi-duktiles Bruchverhalten aus. Typische Einsatzbereiche sind Hitzeschutzschilde für Raumfahrzeuge und Bremscheiben für Automobile so-

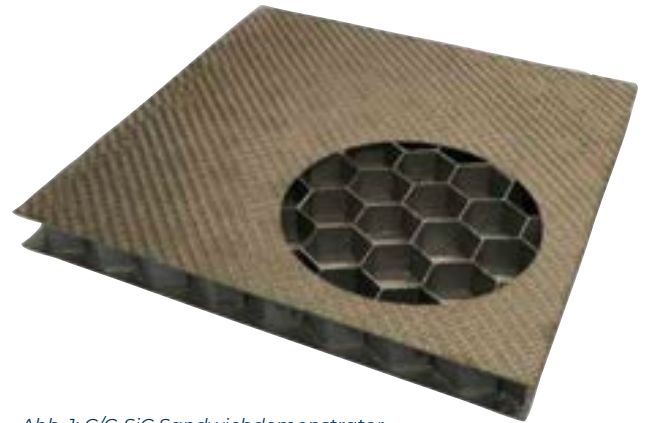


Abb. 1: C/C-SiC Sandwichdemonstrator (ca. 200 x 200 x 15 mm<sup>3</sup>) für ausdehnungsarme, hochsteife Tragstrukturen

wie hochsteife, ausdehnungsarme Strukturen für die Satellitentechnik.

## Werkstoffentwicklung

In der Studie werden sowohl C/C-SiC Standardwerkstoffe mit einer Verstärkung aus Kohlenstofffasergeweben, als auch neu entwickelte Si-SiC Werkstoffvarianten auf der Basis von kostengünstigen Kohlenstofffaservliesen untersucht. Ein wesentliches Kriterium für Wärmeübertrager ist deren Dichtigkeit gegenüber gasförmigen und flüssigen Medien. In Permeabilitätsuntersuchungen an Probenplatten zeigte sich bei den C/C-SiC Werkstoffen eine deutliche Gaspermeabilität, die auf deren charakteristische Mikrorissstruktur zurückgeführt wurde.

Dagegen bieten die filzbasierten SiSiC-Keramiken eine geringere Durchlässigkeit. Diese ist abhängig vom Restkohlenstoffanteil und der Mikrostruktur des Werkstoffs, und kann durch die Variation des Matrixprecursors und des CFK-Fertigungsverfahrens gezielt eingestellt werden (Abb. 2). Die weitere Entwicklung konzentriert sich daher auf Wärmeübertrager aus SiSiC, während das Einsatzpotential von C/C-SiC Sandwichbauteilen bei Tragstrukturen, wie z.B. Chargierträgern, gesehen wird.

## Herstellung eines Demonstrators

Die Machbarkeit von SiSiC Platten-Wärmeüberträgern in einer endkonturnahen Sandwichbauweise konnte durch die erfolgreiche Herstellung einer exemplarischen Struktur aus



Abb. 3: SiSiC Sandwichdemonstrator (ca. 280 x 140 x 20 mm<sup>3</sup>, t ca. 1 mm) in endkonturnaher Sandwichbauweise; hergestellt über das LSI-Verfahren und prozessintegrierter Fügetechnik

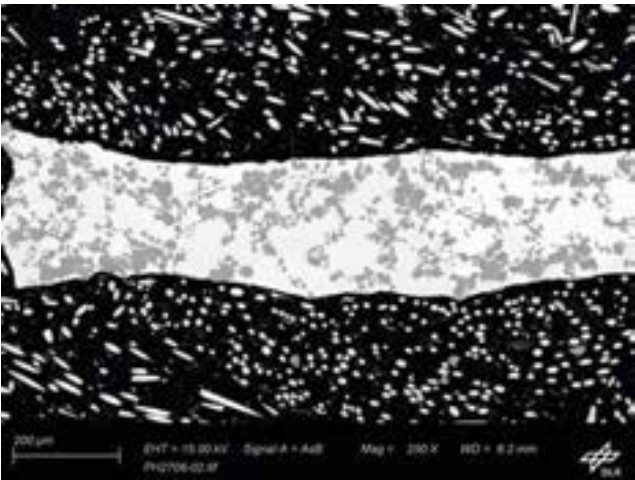
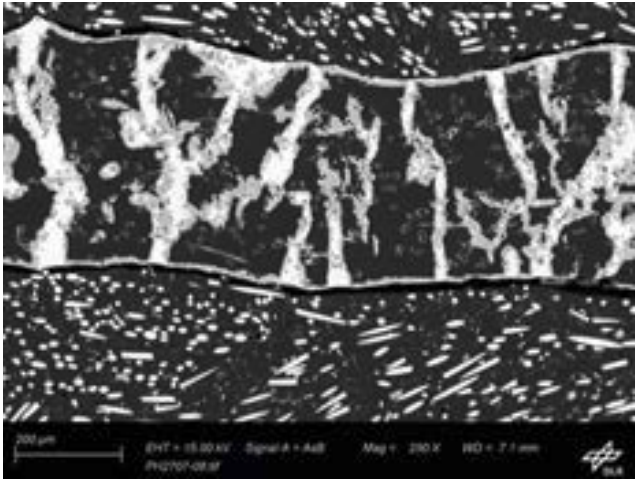


Abb. 2: REM-Aufnahmen von SiSiC-Werkstoffen, hergestellt über das LSI-Verfahren auf der Basis unterschiedlicher Kohlenstofffaservliese und Matrixprecursoren. Deutlich zu erkennen ist die unterschiedliche Zusammensetzung aus Kohlenstoff (schwarz), SiC (dunkelgrau) und Si (hellgrau)

vliesbasiertem SiSiC nachgewiesen werden (Abb. 3). Die Herausforderungen lagen dabei in der Fertigung der dünnwandigen, gewellten Kernstruktur sowie in der Entwicklung einer prozessintegrierten Füge-technik. Der Demonstrator wird bei SGL Carbon als Wärmetauscher getestet, um dessen Eigenschaften zu charakterisieren und mögliche Verbesserungspotenziale aufzuzeigen. ■

**i** Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR), Institut für Bauweisen und Strukturtechnologie, Stuttgart  
**Bernhard Heidenreich**  
 ☎ +49 711 68 62-410  
 @ bernhard.heidenreich@dlr.de  
 🌐 www.dlr.de

SGL CARBON GmbH, Meitingen  
**Ralph Spuller**  
 ☎ +49 8271 83-13 16  
 @ ralph.spuller@sglcarbon.com  
 🌐 www.sglcarbon.com

CCCOR

leichtbau ist unser antrieb.

Entwicklung und Herstellung von Leichtbaukomponenten aus Faserkunststoffverbund für Maschinen- und Anlagenbau sowie Sonderanwendungen

**:CCOR**  
 lightweight components

Durchmesser bis **1.500 mm**  
 Länge bis **13.000 mm**  
 Gewicht bis **20 t**  
 Lastübertragung bis **10.000 kNm**

design  
 engineering  
 herstellung



by Schäfer MWN GmbH  
 Renningen (Germany)

# Umhüllen und Füllen

## Optimierte Faserausrichtung in Krempelflor durch Nachorientierung der magnetisierten Carbonfasern

Die Ausrichtung magnetisierter Fasern untersuchen die Projektpartner Sächsisches Textilforschungsinstitut e.V. (STFI) und Faserinstitut Bremen e.V. (FIBRE) im Rahmen des vom BMWi geförderten INNO-KOM-Projekts „Falona-Faserflornachorientierung“. Hierbei wird insbesondere die Optimierung der Faserausrichtung im Krempelflor durch eine Nachorientierung der Fasern unter Verwendung eines Magnetfelds betrachtet.

Bei der Verarbeitung von Hochleistungsfasern zu Vliesstoffen ist es trotz vorhandener Anisotropie im Krempelflor nach wie vor schwierig, eine gezielte Faserorientierung in der Vliesstoffstruktur, vergleichbar mit der eines Tapes, herzustellen. Neben der Verfestigungsmethode, also Vernadelung und somit Umorientierung der Fasern in z-Richtung, führt eine zu geringe Ausrichtung der Einzelfasern im Faserflor zu einer ungenügenden Faserorientierung.

### Ein Projektziel, zwei Wege

Ziel des Projektes ist die Erhöhung der Faserorientierung im Faserflor und somit die Entwicklung eines hochorientierten Vliesstoffes, basierend auf recycelten Carbon- und Hohlfasern durch eine Nachorientierung von Fasern im Magnetfeld (Abb. 1).



The INNO-KOM project (project no. 49VF120027) is funded by the German Federal Ministry for Economic Affairs and Energy based on a resolution of the German Bundestag.

Abb. 1: Vorversuche magnetisierte Carbonfaser

Fig. 1: Preliminary text magnetized rCF



Abb. 2 Flüssigkeitsgefüllte Hohlfaser

Fig. 2: Filled thermoplastic fiber

Um magnetisierbare Fasern zu erhalten, verfolgen die Projektpartner zwei unterschiedliche Forschungsansätze. Im ersten Forschungsansatz umhüllt das STFI die zu untersuchenden Fasern mit einer magnetischen Flüssigkeit, FIBRE betrachtet im zweiten Ansatz Hohlfasern, die mit einer magnetischen Flüssigkeit gefüllt sind (Abb. 2).

Somit werden einerseits Fasern mit hoher Festigkeit untersucht, die mit magnetischer Flüssigkeit umhüllt sind, andererseits Fasern mit niedrigerer Festigkeit, bei denen die magnetisierbare Flüssigkeit im Inneren der Faser gekapselt ist.

Die magnetische Flüssigkeit, ein mit Partikeln modifiziertes Faserhilfsmittel, wird im ersten Ansatz nach der Florbildung im Sprühauftrag appliziert, um die Fasern anschließend im trockenen Faserflor auszurichten.

Im zweiten Ansatz wird die entwickelte Flüssigkeit während des Spinnprozesses in die Hohlfaser eingefüllt. Die gefüllten, thermoplastischen Fasern werden im Krempelprozess entweder in Kombination mit Hochleistungsfasern (Glas- oder Carbonfasern) oder als 100%-ige Variante verarbeitet.

Die zu entwickelnden Verfahren sollen ein faserschonendes Ausrichten der Fasern im Faserflor ermöglichen, kombiniert mit der Möglichkeit, einen magnetischen Verbund zu erstellen. ■





# Envelope and Filling

Optimized fiber alignment in carded web by reorienting the magnetized carbon fibers

**As part of the BMWi-funded INNO-KOM-project „Falona“, the project partners Sächsisches Textilforschungsinstitut e.V. (STFI) and Faserinstitut Bremen e.V. (FIBRE) are investigating the alignment of magnetized fibers. Focus is the optimization of fiber alignment in the carded web by reorienting the fibers using a magnetic field.**

In the field of processing high-performance fibers into nonwovens, especially recycled carbon fibers, it is still difficult to produce a specific fiber orientation of the nonwoven structure comparable to that of tapes. Though fiber orientation does exist due to the carding process, in addition to the bonding method (needling and thus reorientation of the fibers in the z-direction) insufficient orientation of the individual fibers in the fiber web lead to a low fiber preferential orientation.

## One objective, two ways

The aim of the project is to increase the fiber orientation in the web and thus to develop a highly oriented nonwoven based on recycled carbon as well as on hollow fibers by reorienting fibers in a magnetic field (fig. 1).

To achieve magnetizability of the fibers, the project partners investigate two different research approaches. The first research approach (STFI) considers fibers coated with a magnetic fluid, while the second approach (at FIBRE) examines hollow fibers filled with a magnetic fluid (fig. 2).



*The INNO-KOM project (project no. 49VF120027) is funded by the German Federal Ministry for Economic Affairs and Energy based on a resolution of the German Bundestag.*

Thus, on one hand, fibers with high strength that are encased with magnetic liquid, are investigated, as well as on the other hand fibers with lower strength filled with magnetizable liquid.

In the first approach, the magnetic liquid, a fiber auxiliary modified with particles, is applied by spraying after web formation to orient fibers in the fiber web.

In the second approach, the developed liquid is filled into the fibers during the spinning process. The filled, thermoplastic fibers are subsequently processed in the carding process either in combination with high-performance fibers (glass or carbon fibers) or as a 100% variant.

The processes to be developed should enable fiber-friendly alignment of the fibers in the web, combined with the possibility of creating a magnetic bond. ■

**i** Sächsisches Textilforschungsinstitut e.V. (STFI)  
**Katharina Heilos, M. Eng.**

Wissenschaftliche Mitarbeiterin  
Textiler Leichtbau |  
Textile Lightweight Engineering  
☎ +49 371 52 74-227  
@ Katharina.Heilos@stfi.de  
🌐 www.stfi.de

Faserinstitut Bremen e.V. – FIBRE  
Faser- und Materialentwicklung |  
Fiber and Material Development  
**Lena Kölsch, M. Sc.**

@ koelsch@faserinstitut.de  
**Dr. Holger Fischer**  
☎ +49 421 218-586 61  
@ fischer@faserinstitut.de  
🌐 www.faserinstitut.de

Romoe Restauratoren Netzwerk

romoe.com



**roll  
mo**

# Patch-Pultrusion

## Sichere Verbindungen für Pultrusionsprofile durch neue Textilhalbzeuge

**Pultrudierte Profile bieten sich durch ihre hohen mechanischen Kennwerte in Längsrichtung insbesondere für zug- und druckbeanspruchte Bauteile an. Eine Schwäche kann jedoch ihre Tragfähigkeit in verschraubten Verbindungen sein. Zur Überwindung dieser Einschränkung entwickelt das Faserinstitut Bremen lokal angepasste Textilhalbzeuge und verarbeitet sie im Pultrusionsprozess.**

Pultrusion ist eines der kosten- und energieeffizientesten Verfahren zur Herstellung endlosfaserverstärkter Kunststoffprofile. Konventionelle Pultrusionsprofile aus glasfaserverstärktem Kunststoff werden meist aus einem Hauptteil unidirektionaler Verstärkungsfasern sowie Fasermatten und -vliesen zur transversalen Verstärkung hergestellt. Bei hoch beanspruchten Bauteilen und kohlenstofffaserverstärkten Profilen werden Fasermatten häufig durch Multiaxialgelege oder Gewebe ersetzt.

Das kritische Auslegungskriterium solcher Profile ist oft der Lasteinleitungsbereich, da die Faserorientierung und Materialdicke im Pultrusionsprozess lokal nicht verändert werden kann. Um hier die notwendige Verbindungsfestigkeit zu gewährleisten, müssen die Profile deshalb häufig auf ihrer gesamten Länge dicker ausgelegt werden. Dies führt zu einer Überdimensionierung in den meisten Profilmitteln und zu entsprechend mehr Materialverbrauch. Der größere Profilquerschnitt führt zudem zu einer geringeren Prozessgeschwindigkeit, die zur ausreichenden Durchhärtung des Profils notwendig sein kann.

### Lokale Anpassung

Ein Weg zur effizienten Erhöhung der Lochleibungsfestigkeit in Faserverbundkunststoffen ist die lokale Anpassung der Faserorientierung an den multiaxialen Spannungszustand im Bereich der Boh-

rung. Für die Anforderungen an den Pultrusionsprozess wurden dafür spezielle Textilhalbzeuge für die kontinuierliche „roll-to-roll“ Variante des Tailored-Fibre-Placement Verfahrens (TFP) entwickelt.

Dabei werden lastgerechte Verstärkungsstrukturen auf ein kontinuierliches Trägervlies gestickt und können dadurch als textiles Halbzeug in den Pultrusionsprozess integriert werden. Die auf diese Weise „patch-pultrudierten“ Profile weisen weiterhin einen konstanten Querschnitt auf, während Faservolumengehalt und Faserorientierung im späteren Lasteinleitungsbereich angepasst sind. Die Bohrungsgebiete können auch bei intransparenten CFK-Profilen durch einen oberflächlichen Abdruck der lokalen Verstärkung lokalisiert werden.

### Im Test bestätigt

In Zugversuchen an den lokal verstärkten CFK-Pultrudaten konnten dadurch Lochleibungsfestigkeiten von 340 MPa bei geringer Streuung erreicht werden, was einer Steigerung von 86 % im Vergleich zu überwiegend unidirektional verstärkten Profilen entspricht. Neben der Festigkeitssteigerung weisen die „patch-pultrudierten“ Profile zudem eine höhere Resttragfähigkeit nach initialem Versagen auf. Indem die Integration der Zusatzverstärkungen auf die Lasteinleitungsbereiche begrenzt werden, kann im restlichen Profil ein hoher unidirektionaler Faseranteil mit den entsprechend hohen mechanischen Eigenschaften beibehalten werden.

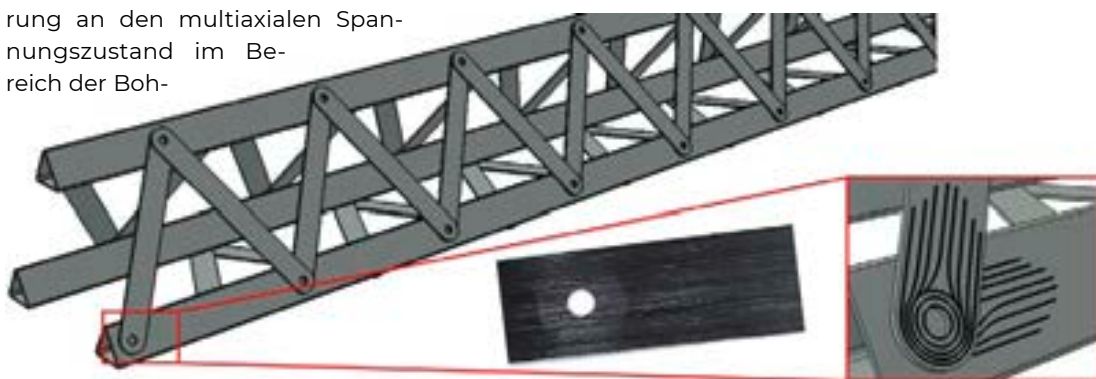
Die auf einer Verfahrenskombination basierende Technologie und die neuen Textilhalbzeuge sollen neue Anwendungen für hochbelastete Pultrusionsprofile ermöglichen und durch den effizienten Materialeinsatz und Prozess zur Ressourcenschonung beitragen. ■



Das Projekt wird im Rahmen der industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz gefördert, wofür sich die Autoren ausdrücklich bedanken.

Potenzielle Anwendung „patch-pultrudierter“ Profile

Potential application of „patch-pultruded“ profiles



# Patch-Pultrusion

Reliable connections for pultrusion profiles thanks to new textile semi-finished products

Due to their high mechanical properties in longitudinal direction, pultruded profiles are particularly suitable for components subjected to tensile and compression loads. A weakness, however, can be their load-bearing capacity in bolted joints. To overcome this limitation, the Faserinstitut Bremen develops locally adapted textile semi-finished products and processes them in pultrusion process.

The pultrusion process is one of the most cost and energy efficient methods for manufacturing continuous fiber-reinforced plastic profiles. Conventional pultrusion profiles made of glass-fiber-reinforced plastic are usually manufactured from a main part of unidirectional reinforcing fibers as well as fiber mats and nonwoven fabrics for transverse reinforcement. For highly stressed components and carbon fiber reinforced profiles, fiber mats are often replaced by non-crimp fabrics or woven fabrics.

The critical design criterion of such profiles is often the load introduction area, since the fiber orientation and material thickness cannot be adapted locally in pultrusion. To guarantee the necessary joint strength, the profile thickness must therefore often be increased over the entire length of the profile. This leads to oversizing in most areas and to a corresponding increase in material consumption. The larger profile cross-section also leads to a lower line speed, which may be necessary for sufficient cure.

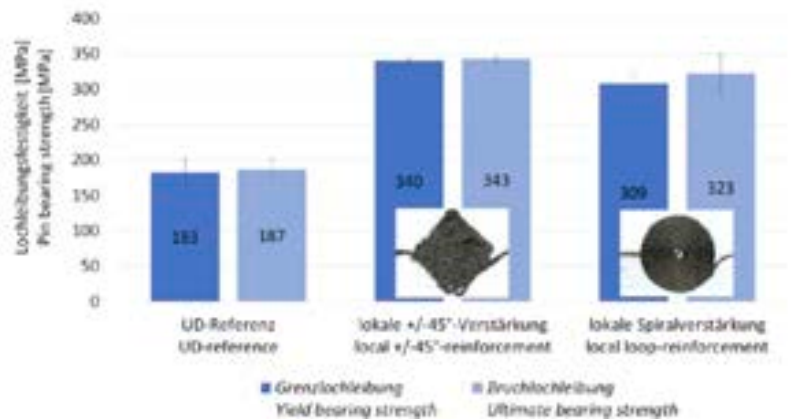
## Local adaption

One way to efficiently increase the pin bearing strength in fiber-reinforced plastics is to locally adapt the fiber orientation to the multiaxial stress state in the area of the drilled hole. To meet the requirements of pultrusion, special textile semi-finished products have been developed



Prinzip der lokalen Patch-Verstärkung

Principle of local patch-reinforcement



for the continuous “roll-to-roll” variant of the tailored fiber placement process (TFP).

In this process, load-adapted reinforcement structures are stitched onto a continuous carrier fabric and can thus be integrated into the pultrusion process as a textile semi-finished product. These “patch-pultruded” profiles still have a constant cross-section, while the fiber volume content and the fiber orientation in the load introduction area are adapted. The reinforced areas can be localized also in non-transparent CFRP profiles by a visible mark on the surface.

## Test proofed

In pin bearing tensile tests on the locally reinforced CFRP profiles, bearing strengths of 340 MPa were achieved with low scatter, corresponding to an increase of 86% compared with predominantly unidirectionally reinforced profiles. In addition, the “patch-pultruded” profiles also exhibit a higher residual load-bearing capacity after initial failure. By implementing the additional reinforcements only in the areas of load-introduction, a high unidirectional fiber content and thus high axial mechanical properties can be maintained.

The technology, based on combining two manufacturing processes, and the new textile semi-finished products are expected to enable new applications for highly loaded pultruded profiles and contribute to resource saving by an efficient process and use of materials.

Lochleibungsfestigkeit lokal verstärkter CFK-Pultrudate (t = 5 mm; e/d = 3,5; Bolzendurchmesser: 10 mm)

Pin bearing strength of locally reinforced CFRP-profiles (t = 5 mm; e/d = 3,5; pin diameter: 10 mm)



The authors would like to thank the Federal Ministry for Economic Affairs and Climate Action for founding this project.



Autoren | authors: Christoph Heimbucher, Simon Boysen, Alexander Marx, Patrick Schiebel, Faserinstitut Bremen e. V.

Faserinstitut Bremen e. V., Bremen  
**Christoph Heimbucher, M. Sc.**  
 +49 421 218-596 81  
 heimbucher@faserinstitut.de  
 www.faserinstitut.de

# Hydrostatischer Prozessdruck

Neue Entwicklungen im Bereich effizienter und ökologischer FVK-Fertigung



Gefördert durch die Bundesrepublik Deutschland. Zuwendungsgeber: Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages.

**Die Druckapplikation mithilfe einer metallischen Membran eröffnet neue Perspektiven für die hocheffiziente Fertigung von FVK-Bauteilen. Möglichkeiten zum Toleranzausgleich gehören neben kurzen Prozesszeiten und geringem Einsatz von Hilfsstoffen zu den wichtigsten Vorteilen der Technologie.**

Innerhalb des öffentlich geförderten Projektes „LuFoV-3 TRumpf“ werden die Möglichkeiten zur Fertigung und Weiterverarbeitung von thermoplastischen Luftfahrt-Strukturen untersucht.

## Druck machen im Gemeinschaftsprojekt

Gemeinsam mit der Fa. Siempelkamp in Krefeld entwickelt Airbus eine Technologie zur Kompaktierung von Faserverbundkunststoff-(FVK-)Laminaten bei besonders hohen Prozess-temperaturen. Die Druckbeaufschlagung erfolgt dabei hydrostatisch, der Prozessdruck ist an allen Punkten im Bauteil identisch.

Möglich macht das eine Membran, die – anders als frühere Membran-Kompaktierungen – nicht aus Kunststoff, sondern aus einer dünnen Metallschicht besteht. Durch eine dahinterliegende, bedruckte Öl-Kavität wird der Druck des Fluides direkt auf die Membran und auf das Bauteil übertragen. Die Flexibilität der Metall-Membran erlaubt dabei das Erreichen eines hydrostatischen Prozessdrucks und eine gleichzeitig sehr hohe Temperaturbeständigkeit.

Im Rahmen des Projekts werden kohlenstofffaserverstärkte Thermoplaste mit Schmelztemperaturen von bis zu 380 °C verarbeitet. Die Kompaktierung unter Temperatureinfluss heißt „Konsolidierung“. Das beschreibt das vollständige Aufschmelzen und Erkalten aller Komponenten, wodurch strukturelle Verbindungen entstehen.

Die Co-Konsolidierung von Haut-Laminaten und Versteifungselementen wie Stringern ist hierbei von besonderem Interesse für den Flugzeugbau.

## Hochfliegende Pläne

Seit dem Projektstart 2017 wurde diese Technologie anhand verschiedener Bauteilgeometrien validiert und

weiterentwickelt. Nach anfänglichen Coupon-Proben wurde die Komplexität der gefertigten Komponenten stetig erhöht, beispielsweise durch die Verwendung von abgestuften Laminaten oder die Integration von Versteifungselementen.

Zuletzt erfolgte der Schritt hin zu größeren Bauteilen, mit einem so genannten „Crippling Panel“, einem Bauteil, das für mechanische Tests verwendet wird. Hierfür entwickelte die Fa. Siempelkamp mithilfe einer eigens entwickelten Legierung neue, größere Werkzeuge, die die neuen Maße des Panels ermöglichen. Auch dieses Bauteil ist mit technologischen Herausforderungen gespickt, wie beispielsweise der Integration von Stringern über abgestufte Lamine (Rampen).

Das etwa 1 m<sup>2</sup> große Bauteil kann mit kurzen Prozesszeiten von ca. 60 Minuten gefertigt werden. Aufgrund der Werkzeugauslegung und des Press-Prozesses sind mit Ausnahme eines Trennmittels keine Hilfsstoffe notwendig. Die Betreuung der Versuche und die Vorbereitung der zu konsolidierenden Komponenten übernahm das Composite Technology Center (CTC) GmbH (An Airbus Company), die Projektleitung des LuFo-Projektes sowie die Definition von Test-Komponenten liegt bei Airbus.

## Da ist mehr drin

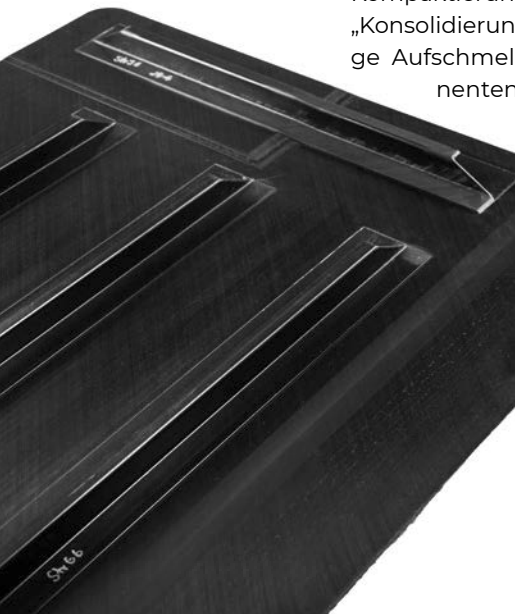
Insgesamt bietet die hydrostatische Metallmembran-Pressetechnologie die Möglichkeit, FVK Bauteile in kurzen Prozesszeiten und ohne nennenswerten Hilfsstoffeinsatz herzustellen. Der hydrostatische Druck und die Metallmembran erlauben das Ausgleichen von Dicken und Positionstoleranzen im Halbzeug. Damit werden Über- und Unterpressungen der Lamine vermieden und eine gleichmäßig gute Kompaktierungsqualität erzeugt.

Die Potenziale dieser Technologie gelten auch für die Herstellung von FVK-Bauteilen unter Verwendung von duroplastischen Prepreg Halbzeugen, der Technologietransfer auf solche Anwendungsfälle ist ein weiterer vielversprechender Ansatz. ■



Autoren: Lennart Finger, Remo Hinz und Marc Fette, Composite Technology Center / CTC GmbH (An Airbus Company), Dr. Michael Schöler und Fabian Köffers, Siempelkamp Maschinen- und Anlagenbau GmbH, Dr. Paul Jörn, Airbus Operations GmbH.

Bauteil mit hydrostatischer Druckbeaufschlagung  
© Tobias Barth, CTC



**i** Composite Technology Center / CTC GmbH (An Airbus Company), Stade  
**Marc Fette**, Chief Executive Officer (CEO)  
+49 4141 938 57-0  
marc.fette@airbus.com  
www.ctc-composites.com

# Ein Gitterträger geht ins Netz

Textile 3D-Netzgitterträger für die effiziente Fertigung leichter Carbonbetonfertigteile

In branchenübergreifender Kooperation wird derzeit am Institut für Textilmaschinen und Textile Hochleistungswerkstofftechnik (ITM) und dem Institut für Massivbau (IMB) der TU Dresden eine neuartige Netzgitterträgerstruktur und deren Herstellungstechnologie für den effizienten Einsatz als textile Bewehrung von Fertigteilen entwickelt.

Im Bauwesen sind Filigranfertigteile eine etablierte Lösung zur Herstellung von Decken und Wänden. Sie sind durch einen geringen Schalungsaufwand sehr effektiv zu verwenden und ermöglichen einen raschen Baufortschritt.

Jedoch stoßen konventionelle Fertigteile aus Stahlbeton aufgrund ihres massiven Aufbaus und der Korrosionsanfälligkeit des Bewehrungsstahls immer öfter an ihre Einsatzgrenzen. Mit der zunehmenden Etablierung des Carbonbetons, der auf breiter Basis die Stahlbetonbauweise sukzessive durch eine neue, leichte, intelligente und flexible Art des Konstruierens und Bauens ablöst, sollen perspektivisch auch im Filigranfertigteilbau carbonfaserbasierte, textile Bewehrungen eingesetzt werden.

## Vision als Motor

Ziel des Forschungsprojektes ist es, die Textilbetontechnologie auf das enorm große Marktsegment der Filigranfertigteile zu übertragen und so neue Lösungen für das ressourcenschonende Bauen der Zukunft bereitzustellen.

## Innovation durch Substitution

Tragendes Element der neuen Generation von Filigranfertigteilen sind korrosionsresistente textile Gitterträger. Sie ermöglichen eine deutliche Reduzierung der Betondeckung und der



Das IGF-Vorhaben 21556 BR (Entwicklung von textilen 3D-Netzgitterträgern und deren Herstellungstechnologie für die effiziente Fertigung von leichten Carbonbetonfertigteilen) der Forschungsvereinigung Forschungskuratorium Textil e. V. wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.



Autoren: Chokri Cherif, Manfred Curbach, Lars Hahn, Harald Michler, Paul Penzel, Marina Stümpel

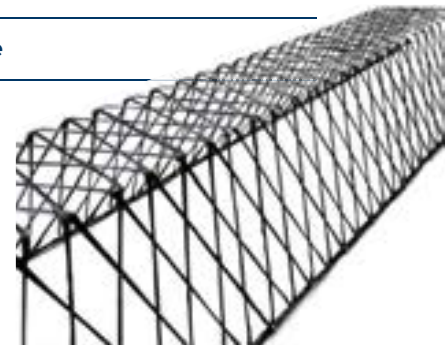


Abb. 2: Demonstrator eines textilen 3D-Netzgitterträgers aus Carbonrovings

damit verbundenen CO<sub>2</sub>-Emission, zudem eröffnen sie neue Design- und Funktionalisierungsmöglichkeiten. Die innovative Idee der patentierten Netzgitterträgerstruktur basiert darauf, dass die Überlagerung diagonal versetzter Carbonrovings eine lastgerechte Verstärkungsstruktur mit einer effizienten Fertigungstechnologie realisierbar macht.

## Neuartige Verstärkungsstruktur

Die Entwicklung der Verstärkungsstruktur erfolgt in enger Kooperation zwischen den zwei Instituten, beide „Innovationstreiber im Bereich textiles Bauen“. Das ITM entwickelt die textile Fertigungstechnologie auf Grundlage mehrerer Kettfadenversatzsysteme sowie den nachgelagerten Umformprozess für die Herstellung der 3D-Netzgitterträger. Dabei wird auch die nachträgliche Umformbarkeit von bereits konsolidierten 2D-Gitterstrukturen untersucht.

Aufgabe des im Bereich Carbonbeton renommierten IMB ist die numerisch gestützte baustatische Auslegung mittels eines Stabtragwerkprogrammes sowie die bautechnische Erprobung der Verstärkungsstruktur mit einer anschließenden simulationsgestützten Topologieoptimierung der 3D-Netzgitterträger.

Gemeinsam werden darüber hinaus neue Designmöglichkeiten untersucht, etwa die Integration von Hohlräumen und Leitungsschächten. Hierbei soll auch eine komplett neue Produktfamilie entwickelt werden. So ist zum Beispiel die Anwendung in Sandwichstrukturen, Doppelwänden und im allgemeinen „Filigran-“ Schalungsbau denkbar. ■

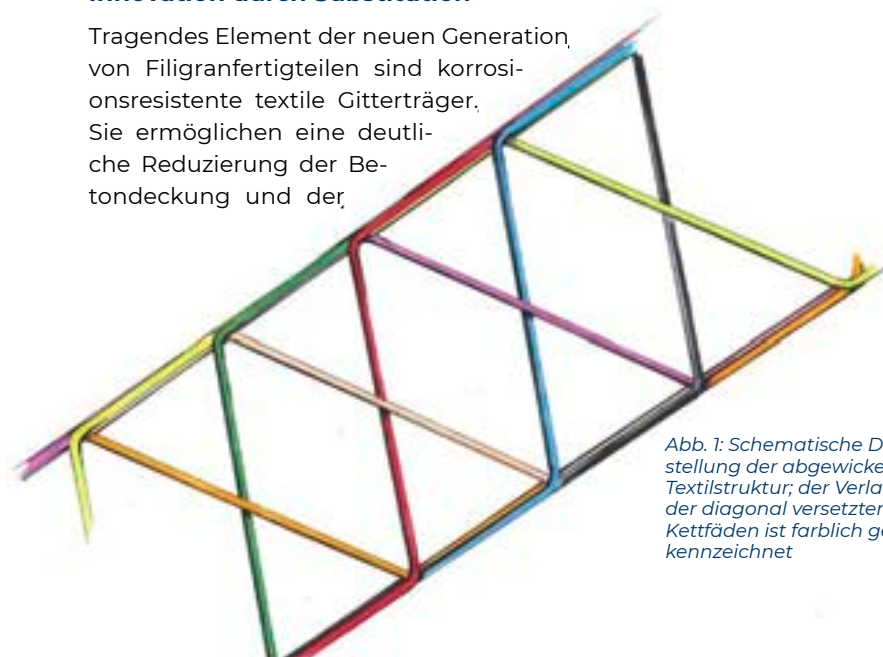


Abb. 1: Schematische Darstellung der abgewickelten Textilstruktur; der Verlauf der diagonal versetzten Kettfäden ist farblich gekennzeichnet



Technische Universität Dresden, Institut für Textilmaschinen und Textile Hochleistungswerkstofftechnik (ITM), Multiaxialgelege und Textiles Bauen  
**Dipl.-Ing. Paul Penzel**, Wiss. Mitarbeiter  
 ☎ +49 351 463-422 45  
 @ paul.penzel@tu-dresden.de  
 🌐 www.tu-dresden.de/mw/itm

# Schadstofffreies Fliegen

## Wasserstofftank als integraler Bestandteil des Flügels von Kleinflugzeugen

**Die Nutzung von Wasserstoff als Energieträger und die Integration von Wasserstoffdruckbehältern als tragende Elemente in die Flügelstruktur von Kleinflugzeugen ermöglichen eine optimale Ausnutzung des zur Verfügung stehenden Bauraums, eine hohe spezifische Energiedichte bei der Speicherung des Wasserstoffs und eine hohe Performance des Flugzeugs bei signifikanter Reduktion von CO<sub>2</sub>- und NO<sub>x</sub>-Emissionen im Flugbetrieb.**

Wasserstoff als Energieträger für die mobile Anwendung wird künftig eine immer größere Bedeutung erhalten und vermehrt fossile Brennstoffe ablösen. Entsprechend aktueller Prognosen und in Übereinstimmung mit der Strategie der Bundesregierung wird der Wasserstofftechnologie sogar eine Schlüsselrolle zugeschrieben beim Erreichen der Ziele zum Klimaschutz und zur signifikanten Reduktion von klimaschädlichen CO<sub>2</sub>- und NO<sub>x</sub>-Emissionen.

Das KVB Institut für Konstruktion und Verbundbauweisen beschäftigt sich innerhalb verschiedener Forschungsvorhaben mit der Herstellung von Wasserstoff-Druckbehältern aus kohlefaserverstärkten Kunststoffen (CFK) in mobilen Anwendungsfeldern (Typ IV und Typ V), deren anwendungsspezifische Implementierung und möglicher Integration von Zusatzfunktionen, wie etwa Belastungsermittlung und Strukturüberwachung durch Verwendung von Faser-Bragg-Gitter-Sensoren.

### H<sub>2</sub>-Druckbehälter als tragende Struktur

In einem aktuellen Forschungsvorhaben untersucht das KVB gemeinsam mit den Projektpartnern APUS, COTESA und dem ILR der TU Dresden die Fertigungstechnologie für einen neuartigen Wasserstoffdrucktank, der nicht nur als Energiespeicher für Wasserstoff, sondern auch als lasttragendes Strukturelement fungiert.

Vier Drucktanks ersetzen dabei die tragende Holmstruktur des Innenflügels eines viersitzigen Kleinflugzeugs vom Typ APUS i-2. Sie werden ergänzt durch zusätzlich integrierte Gurtbänder und Bandagen an spezifischen Stellen, etwa an Lasteinleitungsstellen von Fahrwerks-, Triebwerks- und Kabinenanbindung. Die Drucktanks erstrecken sich durchgängig über den gesamten Innenflügel und sind mehr als 9 m lang.

Basis für die Herstellung dieser langen Druckröhren ist die Prepreg-Verarbeitung im

Autoklav in Zusammenhang mit dem Faserwickeln von Prepreg-Tapes und einer segmentierten Bauweise. Letztere sorgt gleichzeitig für eine gewisse Flexibilität im Fertigungsprozess und für eine Längenanpassung der Druckröhren.

Der integrale Ansatz für die Drucktanks beim Flügelkonzept gewährleistet, dass die mechanischen Eigenschaften der Tankstruktur optimal ausgenutzt und der Leichtbaugrad gegenüber differentialen Flügelstrukturen erheblich erhöht werden. Auch verbessert sich so die spezifische Energiedichte bei der Speicherung des Wasserstoffs und das Flugzeug zeigt eine bessere Performance.

### Folienliner für dichte Drucktanks

Um die Dichtigkeit der Drucktanks sicherzustellen, muss ein Liner in die Verbundstruktur integriert werden. Im Rahmen des Forschungsprojektes wurden unterschiedliche Varianten untersucht, bei der Umsetzung fiel die Wahl auf einen Folienliner mit integrierter Aluminiumschicht.

Der hat den großen Vorteil, dass er nachträglich in die fertigte Tragstruktur integriert werden kann. Die Aluminiumschicht im Liner verringert die Wasserstoffpermeabilität des Tanks und sorgt für eine ausreichende Performance im spezifischen Anwendungsfall.

### Potenzial für weitere Anwendungen

Unabhängig vom Einsatz als integraler Bestandteil in Flügelstrukturen eignet sich diese Fertigungstechnologie auch für weitere mobile Einsatzfälle.

Sie ist äußerst prozesssicher und gewährleistet sehr gute mechanische Eigenschaften der Behälterstruktur. Außerdem kann die beschriebene segmentierte Bauweise leicht bedarfsgerecht angepasst werden. ■



Skizze Kleinflugzeug APUS i-2 mit vier integralen Wasserstofftanks über die gesamte Flügelspannweite

Sketch of small aircraft APUS i-2 with four integral hydrogen tanks over the entire wingspan

Faserwickeln von Prepreg-Tapes

Fiber winding of prepreg tapes



# Pollutant-free flying

## Hydrogen tank as an integral part of the wing of small aircraft

**The use of hydrogen as an energy carrier and the integration of hydrogen pressure tanks as load-bearing elements in the wing structure of small aircraft enable optimum utilization of the available installation space, a high specific energy density when storing the hydrogen and high aircraft performance with significant reductions in CO<sub>2</sub> and NO<sub>x</sub> emissions during flight operations.**

Hydrogen as an energy carrier for mobile applications will become increasingly important in the future and will increasingly replace fossil fuels. Hydrogen technology is even expected to play a key role in achieving climate protection goals and significantly reducing climate-damaging CO<sub>2</sub> and NO<sub>x</sub> emissions.

Within various research projects, the KVB Institute for Design and Composite Structures is engaged in the production of hydrogen pressure vessels made of carbon fiber reinforced plastics (CFRP) in mobile application fields (Type IV + Type V), their application-specific implementation and possible integration of additional functions, e.g. load detection and structural monitoring by fiber Bragg grating sensors.

### H<sub>2</sub> pressure tank as load-bearing structure

In a current research project, the KVB, together with project partners APUS, COTESA and the ILR of the TU Dresden, investigates the manufacturing technology for a novel hydrogen pressure tank that not only functions as an energy

storage for hydrogen, but also as a load-bearing structural element.

Four pressure tanks replace the load-bearing spar structure of the inner wing of a four-seater APUS i-2 small aircraft and are supplemented by additional integrated webbing and straps at specific points, such as the load application points of the landing gear, engine and cabin connections. The pressure tanks extend continuously over the entire inner wing and are more than 9 m long.

The basis for the production of these long pressure tubes is prepreg processing in an autoclave in conjunction with the fiber winding of prepreg tapes and a segmented design. The latter also ensures a certain flexibility in manufacturing and length adjustment of the tubes.

The integral approach ensures that the mechanical properties of the tank structure are optimally utilized and the lightweight design is significantly increased compared with differential wing structures. This also improves the specific energy density when storing the hydrogen and the aircraft performs better.

### Foil liners ensure leak-tight pressure tanks

To ensure leak-proofed pressure tanks, a liner must be integrated into the composite structure. Out of different investigated variants a foil liner with an integrated aluminum layer was chosen for implementation. This has the great advantage that it can be subsequently integrated into the finished support structure. The aluminum layer in the liner reduces the hydrogen permeability of the tank and ensures adequate performance in the specific application.

### Potential for further applications

Independent of its use as an integral component in wing structures, this manufacturing technology is also suitable for other mobile applications. It is extremely process-safe and ensures very good mechanical properties of the tank structure. In addition, the segmented design described can be easily adapted to meet specific requirements. ■



KVB Institut für Konstruktion und Verbundbauweisen gGmbH | Institute for Design and Composite Structures gGmbH, Döbeln  
[www.kvb-forschung.de](http://www.kvb-forschung.de)

**Martin Semsch**, Technischer Leiter  
 ☎ +49 3431 734 25 98  
 @ martin.semsch@kvb-forschung.de  
**Stefan Zigan** und **Adrian Wanielik**,  
 Wissenschaftliche Mitarbeiter  
 ☎ +49 3431 734 25-92  
 @ stefan.zigan@kvb-forschung.de  
 @ adrian.wanielik@kvb-forschung.de



*Durchgängiger  
lasttragender  
Drucktank*

*Extended structure  
bearing pressure  
tank*

# Innovative Wingtips

**Trinitair heißt der aufsehenerregende Beitrag zu nachhaltigerem Fliegen**

**Weltweit tragen innovative, grüne Projekte – auch im Bereich der Luftfahrt – zur Wiederherstellung eines gesunden Ökosystems bei. Eine solche Innovation sind Trinitair-Wingtips. Sie erhöhen das effektive Streckungsverhältnis eines Flügels, was die strukturelle Belastung und das Strukturgewicht beeinflussen kann. Gefertigt werden die neuartigen Flügelspitzen beim Projektpartner CTC GmbH im niedersächsischen Stade.**

Bei den meisten Flügelkonstruktionen sind Winglets ein wichtiger Schlüssel, um den Kraftstoffverbrauch zu reduzieren.

Neben den Winglet-Designs der OEMs, die mit neuen Flugzeugen geliefert werden, wurden in den letzten Jahren einige wenige innovative Lösungen von Partnern in Zusammenarbeit mit den OEMs entwickelt. Mit dem primären Designziel, innerhalb des vorgegebenen Montageprozesses die Flugzeugeffizienz zu maximieren, müssen der Flügel und seine Komponenten in der Regel strukturell versteift werden, was zusätzlich zu einer Gewichtserhöhung führt.

## Designen und entwickeln

Im Fall der Trinitair-Wingtips wählten die Luftfahrt-Experten der Aircraft Performance Company GmbH, Hamburg, einen neuen und individuellen Designansatz, der sich auf die realisierbare Effizienzsteigerung am Flugzeug konzentriert. Zusätzlich wurde die Anforderung mit

einbezogen, dass keine weiteren Änderungen an der Tragflächenstruktur erforderlich sind. So wäre ein individuelles Wingtip-Design für alle gängigen Flugzeugtypen möglich.

## Kooperation und Prototyp

Die Projektplanung sowie die Design- und Konstruktionsarbeit führte das Experten-Team in enger Zusammenarbeit mit internationalen Partnern und unter Verwendung von komplexen Prozessen und Tools mit hohem Digitalisierungsgrad durch.

Die praktische Umsetzung auf der anderen Seite wurde unter Prototypenbedingungen zusammen mit der CTC GmbH, Stade, durchgeführt. Sowohl die räumliche Nähe von Stade und Hamburg als auch die Expertise und das Netzwerk von CTC führten zur erfolgreichen Umsetzung der Trinitair-Prototypenfertigung.

## Integrieren und fliegen

APCs innovative Wingtip Technologie Trinitair wurde als Nachrüstlösung designt, um ein optimales Preis-Leistungsverhältnis für die bereits in Betrieb befindlichen Flugzeuge zu schaffen. Es wurde als Drei-Finger-Wingtip ausgelegt, die wie eine Plug-and-Fly Lösung in ein Flugzeug integriert werden könnte. Strukturelle Anpassungen an den Tragflächen wären dabei nicht nötig.

Zusammen mit der Integrationszeit von weniger als einem Tag bringt die neue Hardware Leistungs- und Nutzlaststeigerung, geringeren Triebwerksverschleiß, höhere Reichweite und eine Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs mit sich, wodurch sich die Emissionen von CO<sub>2</sub> und NO<sub>x</sub> reduzieren.

Das neue Trinitair Wingtip kann, je nach Flugzeugtyp, bis zu 2% Kerosin einsparen, in bestimmten Anwendungsfällen sogar mehr. ■



Alle Partner freuen sich auf den Jungfernflug des TRINITAIR Wingtips im Jahr 2022.

*Schematische Darstellung eines Flugzeugs mit integriertem APC Mehrfinger-Wingtip*

*Schematic view of aircraft with integrated APC feathered wingtip*

**i** Composite Technology Center / CTC GmbH (An Airbus Company), Stade  
**Marc Fette**, CEO  
 +49 4141 938 57-0  
 @ marc.fette@airbus.com  
 www.ctc-composites.com

The Aircraft Performance Company (APC) GmbH, Hamburg  
**Hans J. Petscher**, Managing Director  
 @ hjp@the-apc.eu  
 www.the-apc.eu



# Innovative wingtips

Trinitair is the name of the sensational contribution to more sustainable flying

**Around the world, numerous innovative green projects – including those in the aviation sector – are helping to restore a healthy ecosystem. Trinitair wingtips are one such innovation. They increase the effective aspect ratio of a wing, which can affect structural loading and structural weight. The novel wingtips are manufactured at project partner CTC GmbH in Stade.**

Winglets are a truly great invention. They increase the effective aspect ratio of a wing with or without adding greatly to the structural stress and the weight of its structure.

With most wing designs, winglets are key to achieve significant fuel burn reductions.

Besides the available winglet designs of the OEM's, mostly supplied with new aircraft, unfortunately few innovative solutions have been developed by partners in cooperation within the OEM's in the last decade. With the primary design goal of max. aircraft efficiency within the installation process the wing and its components has usually to be structurally stiffened which leads to an increase in weight as well.

## Designed and evolved

The German Aircraft Performance Company (APC) GmbH, a Hamburg-based team of aeronautical experts, has used an innovative design approach with customized design solutions, focusing on the individually feasible efficiency increase on the aircraft with the additional re-



*Konstruktionsdetail – Holm und äußeres Rippenelement*

*Integration detail – spar and outer rib element*

quirement of no further changes to the wing and its structure are necessary. An individual wingtip design would be available for all common types of aircraft.

## Cooperation and prototyping

All projekt planning as well as design and construction work has been carried out in close cooperation with international partners using sophisticated tools and processes with a high degree of digitization.

On the other hand, the practical implementation was carried out under obligatory prototyping conditions in the expert network together with the CTC Stade, Germany. Both, the direct neighborhood to Stade as well the access to a comprehensive network of composite specialists assured the success of the manufacturing process of the Trinitair prototype.

## Plug and fly

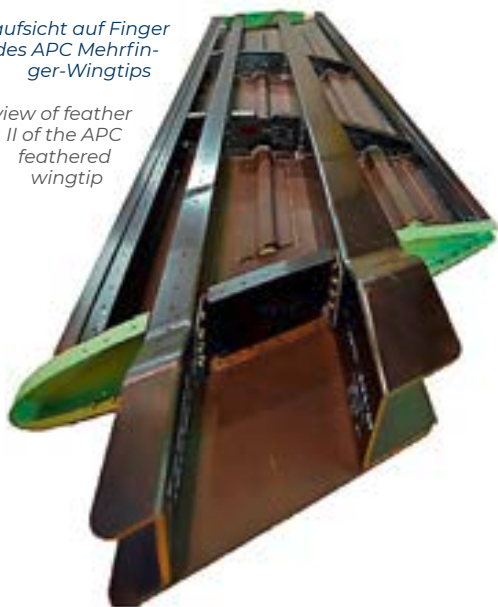
The APC's innovative Trinitair wingtip technology was designed as a cost-performance-optimized retrofit solution focusing on valuable in-service aircraft. It has been designed as a three-finger-wingtip which could easily be integrated to the aircraft like a plug and fly solution. Structural adaptations to the wing and its components are not required.

Along with a downtime of less than one day for installation, the new hardware brings performance enhancement payload increase, lower engine wear, range extension and a significant reduction of fuel burn that leads to lower emissions of CO<sub>2</sub> and NO<sub>x</sub>.

Depending on the type of aircraft, the new Trinitair wingtip can reduce fuel consumption up to 2% and on particular applications even more. ■

*Draufsicht auf Finger II des APC Mehrfinger-Wingtips*

*Topview of feather II of the APC feathered wingtip*

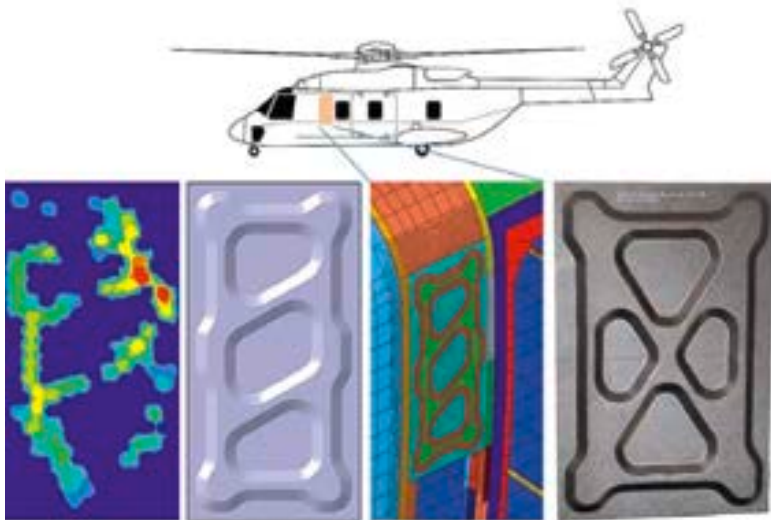


*All partners are looking forward to the maiden flight of the Trinitair wingtip in 2022.*

# Seien wir diskret

## Makroskalige Diskretisierung von asymmetrischen Sandwichstrukturen

**Die maßgeschneiderte Diskretisierung der Kernbelegung ist eine weitere, makroskalige Stufe der diskreten Charakteristik der Sandwichbauweise, die eine zusätzliche Erhöhung der herausragenden Gewichtseffizienz von Sandwichbauweisen unter Berücksichtigung der Anforderungen realer Strukturkonstruktionen im Hubschrauberbau ermöglicht.**



Feld einer Hubschrauber-Seitenschale. A: Topographische Optimierung hinsichtlich globaler Stabilitätsanforderungen; B: Abgeleitetes Diskretisierungsmuster; C: Modellierung im GFEM; D: Sandwichpanel mit generischer, diskreter Kernbelegung von etwa 50 %

Asymmetrische Sandwichstrukturen aus Faser-verbundwerkstoffen sind für Primärstrukturen im Hubschrauberbau weit verbreitet. Sie sind gekennzeichnet durch den Einsatz einer äußeren, hauptlasttragenden Schicht, einer inneren, dünnen, stabilisierenden Schicht und einen mittels Klebefilmen eingebetteten Honigwabekern. Dabei deckt der Kern typischerweise das gesamte Feld zwischen den inneren versteifenden Bauelementen ab.

### Kontinuierliche Basis

Sandwichbauweisen bieten erhebliches Leichtbaupotenzial. Dessen Ausnutzung wird jedoch häufig durch Sekundäranforderungen in der praktischen Strukturkonstruktion limitiert, etwa durch Restriktionen der Robustheit, der Schadenstoleranz, der Feuchteaufnahme oder der Integration von Inserts.

Die resultierenden Konfigurationen mit Minimalst-Belegung sind daher oft deutlich überdimensioniert hinsichtlich der im Hubschrauberbau typischen, häufig moderaten Belastungsni-

veaus der Rumpfschalen, insbesondere im Hinblick auf deren globale Beulsteifigkeit.

### Warum Diskretisierung

Die Diskretisierung ist ein mächtiges Werkzeug zur Gewichts- und Eigenschaftsoptimierung belasteter Strukturen. Sie wirkt sich von der nanoskaligen Größenordnung in der Materialebene bis zu makroskaligen Gebilden der Strukturkonstruktion positiv aus. Im Vergleich zu homogenen monolithischen Körpern ermöglicht eine diskrete Komposition u. a. bessere Schadensresistenz und -toleranz durch Schnittstellenvervielfältigung, synergetische Interaktion zwischen andersartigen Komponenten, höhere Robustheit und lastpfadgerechte Gestaltung.

### Weniger ist mehr

Typische Sandwichbauweisen sind bereits das Ergebnis einer zweifachen mesoskaligen Diskretisierung: Trennung der Haut in zwei Decklagen und Implementierung eines offenzellig strukturierten Kerns.

Eine weitere Stufe bietet die Diskretisierung in der makroskaligen Ebene, und zwar durch maßgeschneiderte Strukturierung der Kernbelegung. Dabei wird der Kern lokal nach einem zweckmäßigen Muster soweit ausgenommen, bis unter Einhaltung der statischen Anforderungen an lokale und globale Beulstabilität im jeweiligen Lastniveau eine Minimierung der Kernbelegung erzielt wird. Weitere technologische und integrative Randbedingungen werden hierbei berücksichtigt.

Die Maßnahme steigert die Effizienz durch den damit einhergehenden geringeren Bedarf an Kern und dazugehörigen Klebefilmen. Basierend auf die für den Hubschrauberbau typische Mindestbelegung, verringert eine um 50 % reduzierte Kernbelegung die Masse des Feldes um bedeutende 17 %.

Eine Grundlage für die effiziente und zweckmäßige Anordnung der Kernaussparungen lässt sich mit numerischen, topographischen Optimierungen ermitteln, die für die relevanten Lastfälle am globalen FE-Modell des Hubschraubers durchgeführt werden. ■

**i** AIRBUS Helicopters, Donauwörth  
**Dr.-Ing. Axel Fink**, Expert Mechanics/Structures  
 +49 906 71 59 62  
 @ axel.fink@airbus.com  
 www.airbus.com

# Überblick behalten

## Jahresbericht zur Entwicklung des europäischen GFK-Marktes

**Die AVK – Industrievereinigung Verstärkte Kunststoffe gibt auch dieses Jahr einen Marktbericht zu Glasfaserverstärkten Kunststoffen (GFK) heraus. Fazit diesmal: Der europäische Markt für glasfaserverstärkte Kunststoffe konnte 2021 an das Vorkrisenniveau anknüpfen. Insgesamt wurden 2021 fast 3 Mio. Tonnen Composites in Europa produziert.**

Glasfaserverstärkte Systeme machen am Gesamtmarkt nach wie vor über 95 % aus. Andere Materialsysteme bleiben Spezialitäten, die sich jedoch in entsprechenden Anwendungssegmenten weiterhin positiv entwickeln.

Nach einer lang andauernden Phase des Wachstums von 2013–2018 haben seit Februar 2020 die Corona-Pandemie sowie zahlreiche weitere negative Effekte die Industrie und den Composites-Markt stark belastet. Das europäische Composites-Produktionsvolumen ging 2018–2020 um mehr als 15 % zurück. 2021 konnte dieser Trend deutlich umgekehrt werden (vgl. Abb. 1). Mit einem Wachstum von 18,3 % schließt der Markt fast zum Vorkrisenniveau auf.

### Wachstumstreiber

Vor allem die Thermoplastischen Composites profitierten sehr. Das Wachstum im vergangenen Jahr lag bei über 25 %. Die duroplastischen Materialien wuchsen knapp über 10 %. Überdurchschnittliche Zuwächse zeigen sich seit einigen Jahren auch bei den Non-Crimp-Fabrics. Hier ist der stärkste Treiber die Windindustrie.

Auch der Weltmarkt für Composites erreichte 2021 eine starke Steigerung von 11,2 auf 12,1 Millionen Tonnen (Quelle: JEC). Das Wachstum lag bei etwa 8 %. Insgesamt war die Marktdynamik in Europa aber höher als im Markt weltweit.

Abb. 1: Entwicklung des europäischen GFK-Marktes

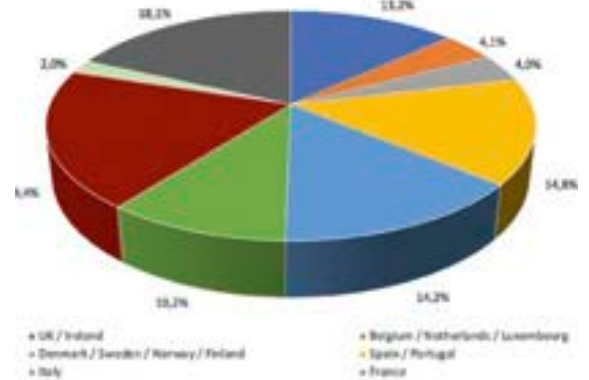
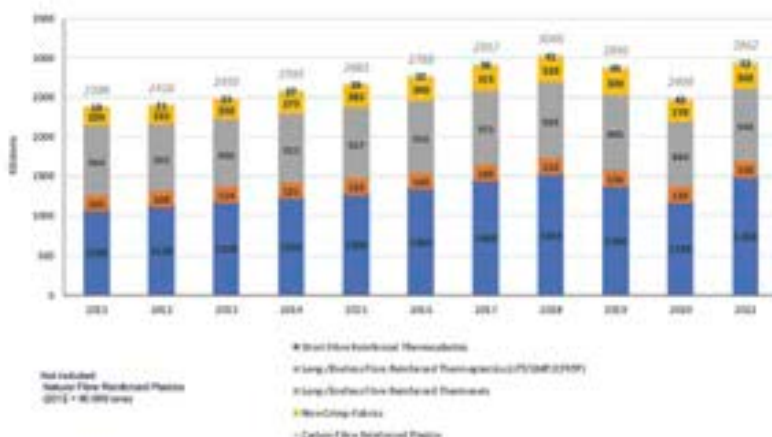


Abb. 2: Regionale Verteilung des europäischen Duroplast-Marktes (Marktanteile in %)

Insgesamt liegt der Anteil von Europa am Weltmarkt bei etwa 25 %. Ähnlich hoch ist der Marktanteil für Amerika. Asien steht mittlerweile für etwa 50 % des Weltmarktes.

Mittlerweile zeigen sich die Auswirkungen der Corona-Pandemie in Europa weniger stark. Doch auch abgesehen davon brachte 2021 zahlreiche weitere Herausforderungen für die Industrie, mit sehr unterschiedlichem Einfluss auf die Composites-Industrie. Zu nennen sind etwa die nach wie vor schwächelnden Automobilabsätze in Europa, die Luftfahrtindustrie, die noch nicht zu alter Stärke zurückgefunden hat, hohe Logistik- und zuletzt auch Energiekosten, mangelnde Rohstoffe und Halbzeuge sowie zunehmend auch politische Spannungen.

### Gründe für Zuversicht

Trotzdem haben sich zentrale Anwendungssegmente im GFK-Bereich 2021 sehr positiv entwickelt. Das sind vor allem der gesamte Transportbereich, aber auch Anwendungsbereiche aus dem Segment Sport und Freizeit. Bau und Infrastruktur waren in ihrer Gesamtheit deutlich weniger von Einschnitten betroffen.

Regional konnten Deutschland, Spanien/Portugal, Italien sowie die osteuropäischen Länder ihre starken Positionen im europäischen Kontext behaupten. Deutschland bleibt weiterhin das Land mit dem höchsten Marktvolumen, mit einem Anteil von fast 20 % am europäischen Gesamtmarkt (vgl. Abb. 2).

**i** AVK – Industrievereinigung Verstärkte Kunststoffe e.V., Frankfurt/Main  
**Dr. Elmar Witten**, Geschäftsführer  
 +49 69 27 10 77-0  
 info@avk-tv.de  
 www.avk-tv.de

# Feuerfest und federleicht

## Maximaler Brandschutz durch hybride Sandwichtechnologie

**Das FireAway™ Sandwich der baden-württembergischen Foldcore GmbH schließt die Lücke zwischen Leichtbau und Brandschutz. Der innovative Material- und Technologiemix erzeugt ein unbrennbares Sandwich, das Temperaturen bis 1200 °C widerstehen kann.**

Bauteile und Systeme höchster Leichtbaugüte entstehen in Sandwichbauweise. Ihr Einsatz gewinnt damit vor dem Hintergrund nötiger Gewichtseinsparungen in den verschiedensten Industrien ständig an Bedeutung.

Eine Lücke im Portfolio der bisher verfügbaren Sandwichwerkstoffe besteht beim Brandschutz und der Temperaturisolierung im Brandfall: Die verwendeten polymeren Bestandteile versagen strukturell bei Temperaturen jenseits von 250–350 °C und emittieren dazu noch häufig toxische Zersetzungsprodukte. Gleichzeitig werden die regulativen Vorgaben im Brandschutz nicht nur in der Mobilität, sondern auch zum Beispiel im Bauwesen immer strenger.

### Heiße Sache

Foldcore FireAway™ Sandwichplatten lösen dieses Problem durch einen innovativen Material- und Technologiemix. Unbrennbare Deckschichten umschließen Faltkerne aus ebenfalls unbrennbarem Papier auf Basis von Mica-(Glimmer-)Composites, die ein speziell entwickelter anorganischer Geopolymerschaum synergetisch miteinander verbindet.

Das hybride Sandwich kann Temperaturen von bis zu 1200 °C bei minimalen Emissionen widerstehen und setzt neue Maßstäbe in der

Kombination von Leichtbau und Brandschutz. Mica-Composite zeichnen sich durch hervorragende Brandresistenz und elektrische wie thermische Isolierung aus. Bisher werden sie vor allem als Hitzeschild und Isolierung von Kabeln und Generatorwindungen verwendet.

Durch den patentierten Foldcore-Faltprozess wird zum ersten Mal ein solches unbrennbares Papier in einen leistungsfähigen Strukturkern transformiert. Foldcore kooperiert bei Entwicklung und Herstellung exklusiv mit Cogebi, dem europäischen Marktführer für Mica-Produkte.

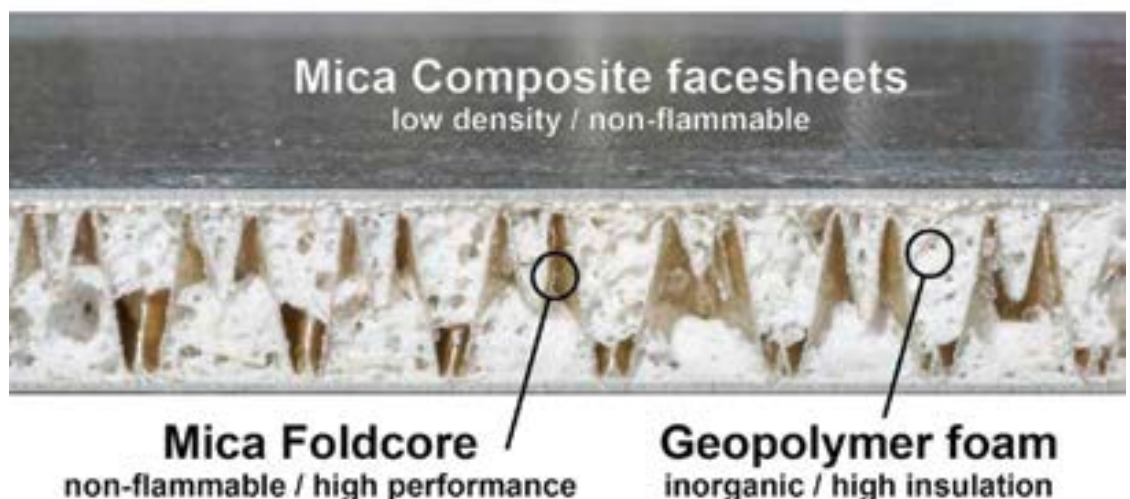
### Leicht und sicher

Damit erschließen sich neue Anwendungen mit höchsten Anforderungen an Brandschutz und Isolierung. Ein Beispiel sind Brandschutztüren, die bisher nur in schweren Stahlausführungen und mit dicken Isolierpaketen die strengen Auflagen im Bauwesen oder der Schifffahrt erfüllen konnten. Der Einsatz von FireAway-Paneeelen ermöglicht eine einfachere Konstruktion bei gleichzeitig drastisch reduziertem Gewicht. Das Material kann ähnlich wie typische Holzwerkstoffe oder Composites auch in situ und mit Standardwerkzeugen bearbeitet werden.

Foldcore FireAway™ Sandwichplatten sind in Dicken von 10–25 mm und in Plattengrößen bis 2,4 m x 1 m erhältlich. Bei einer Dichte von ca. 450 kg/m<sup>3</sup> werden Druckfestigkeiten von 1,5 MPa erreicht. FireAway™ ist nach IMO (International Maritime Organization) 2010 FTP Code Teil 1 als nicht brennbar eingestuft. Weitere Varianten sowie maßgeschneiderte Faltkerne als Rohmaterial sind auf Anfrage erhältlich. ■

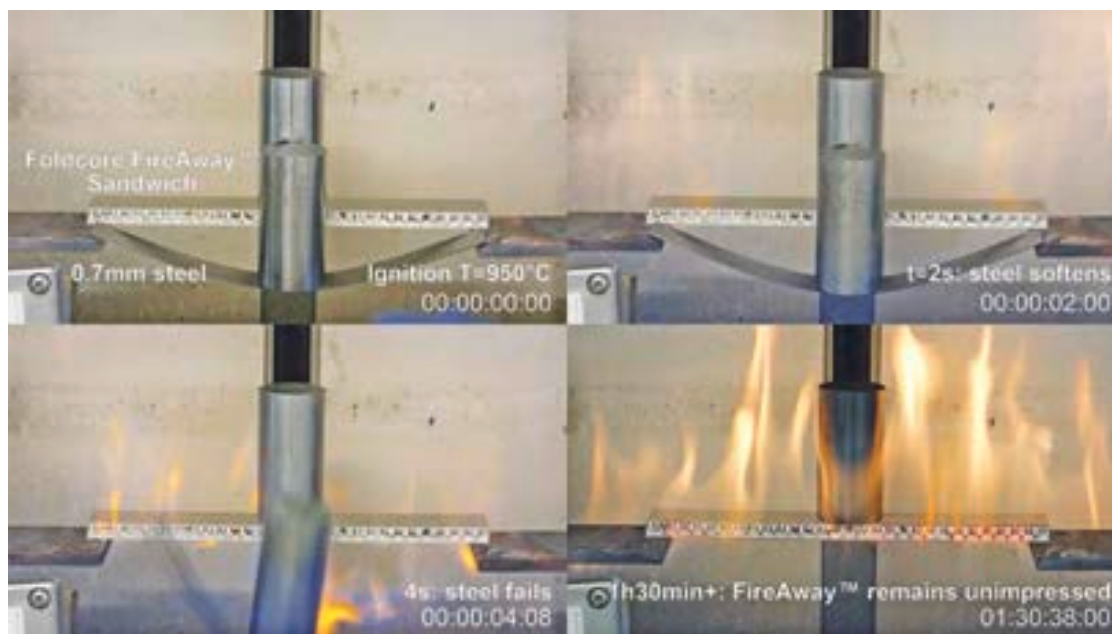
Aufbau des  
FireAway™-Sandwiches

Composition of a  
FireAway™-Sandwich



# Fire-resistant & feathery

Hybrid sandwich technology offers maximum fire protection



Vergleich FireAway™-Sandwich versus Stahlblech: Das Sandwich bietet bei gleichem Gewicht ein Vielfaches an Leistung, sowohl bei Raumtemperatur als auch dauerhaft bei 950 °C in der offenen Flamme

Comparison of FireAway™-Sandwich versus steel: The sandwich offers much better performance, both at room temperature and permanently at 950 °C in the open flame

**The Foldcore FireAway™ sandwich closes the gap between lightweight and fire protection. The innovative mix of material and technology creates a non-flammable sandwich that can withstand temperatures up to 1200 °C.**

Parts and systems with huge lightweight potential are produced with sandwich technology. Its application is thus becoming ever more important, especially in view of rising need for weight reduction in a host of industries.

One gap in the portfolio of available sandwich materials concerns fire protection and heat insulation: currently used polymer components break down structurally beyond 250–350 °C and additionally emit toxic decomposition products when burning. At the same time, regulations regarding fire protection not only in the mobility sectors but also in civil engineering are continuously becoming stricter.

## Hot stuff

Foldcore FireAway™ sandwich sheets solve this challenge through an innovative mix of materials and technologies. They consist of non-flammable facesheets and foldcores made from similarly non-flammable paper based on Mica-Composites which are synergistically joined by a specially developed anorganic geopolymers foam. The hybrid sandwich can withstand temperatures up to 1200 °C with minimal emissions and

sets new standards in the combination of lightweight and fire protection. Mica-composites excel at fire resistance, electrical and thermal insulation. They are mainly used as heat shielding, cable and generator winding insulation. The patented Foldcore folding process transforms such non-flammable composites into a high-performance structural core.

## Light and safe

This opens up new applications with extreme requirements for lightweight and fire and heat insulation performance. One example are fire protection doors which can meet the strict regulations in civil engineering and the marine sector only by use of heavy and complex steel constructions that incorporate massive amounts of padding for thermal insulation.

FireAway™ panels enable simplified construction and reduce weight drastically. The material can be processed in situ and with standard tools like typical woods or composites.

FireAway™ sandwich sheets are available in thicknesses of 10–25 mm and sheet size up to 2,4 m x 1 m. At a density of roughly 450 kg/m<sup>3</sup> the compressive strength reaches 1,5 MPa. FireAway™ is classified as non-flammable according to IMO 2010 FTP Code Part 1. Further varieties and bespoke cores are available on request.



Foldcore develops and produces in an exclusive cooperation with Cogebi, the European market leader for mica products

**i** Foldcore GmbH, Notzingen  
**Marc Grzeschik**  
 +49 160 11 77 995  
 info@foldcore.com  
 www.foldcore.com

# Gekrümmte Leichtbauprofile

## Gewebe 3D Preformen für Leichtbauprofilstrukturen

**In einem Stück gewebte Preformen für gekrümmte Leichtbauprofile zur Verstärkung schalenförmiger Bauteile genügen höchsten mechanischen Anforderungen und bieten ein enormes wirtschaftliches Leichtbaupotenzial.**

Leichtbauprofile verstärken schalenförmige Bauteile – etwa im Boots- und Schiffsbau, im Automobil- oder im Flugzeugbau – und erhöhen insbesondere deren Biege-, Beul- und Torsionssteifigkeit. Faserkunststoffverbund-Profile (FKV) bieten hier ein enormes Leichtbaupotenzial bei höchster Belastbarkeit.

Allerdings werden FKV-Profile aus Geweben aktuell hauptsächlich mittels sequenziellem Preforming gefertigt. Prinzipbedingt besteht die Gefahr der Delamination der Lagen und es entstehen Zuschnittverluste. Zudem erfordert die Vermeidung von Kerbspannungen zusätzliche Kederbänder im Zwickelbereich. Damit ist die Fertigung solcher Preformen aus Sicht der Ressourcennutzung, des Leichtbaus und aus wirtschaftlichen Gründen aktuell nicht optimal.

Am ITM der TU Dresden wurde deshalb das endkonturnahe 3D-Weben von gekrümmten Profilpreformen entwickelt und umgesetzt. Dabei erfolgt eine direkte Fertigung der 2,5 D-Gewebehalbezeuge durch Kombination von Mehrlagengeweben mit angepasster Webstruktur sowie eine anschließende Umformung zu 3D-Preformen aus einem einzigen, in der Ebene gefertigten Gewebestück.

Das Ziel des Projekts bestand somit in der Entwicklung gekrümmter, aus einem Stück gewebter Profilpreformen – insbesondere mit T- und I-Querschnitten. Gefertigt werden die Profile zunächst als ebene, einstückige Gewebe. Die Ausformung der Profile erfolgt nach der Entnahme aus der Webmaschine durch einfaches Falten. Fügeprozesse von Einzelzuschnitten sind nicht mehr erforderlich.

Durch eine intelligente Auswahl der Webbindung werden schon beim Weben alle Profilflächen anforderungsgerecht verstärkt. Die zentralen Herausforderungen waren die Entwicklung von Webbindung und Fertigungsverfahren zur Umsetzung einer Krümmung entlang der senkrechten Fläche (Steg).

Gelöst wurde dies durch eine schräg zu den Kettfäden angeordnete Webkontur in der Webmaschine. Die Zielkrümmung wird vollständig oder teilweise direkt im Webprozess realisiert oder über Scherung im Preformingprozess. Die Kontur der Profilgeometrie und die Steghöhe über der Profillänge sind dank Jacquardwebtechnik über die Gewebebindung frei wählbar.

Das entwickelte Profilweben wurde in einer CAE-gestützten Prozesskette umgesetzt (Abb. 1). Aus dem CAD-Entwurf sind somit entsprechend der Profilgeometrie und -krümmung softwaregestützt die Gewebebindung und die Vorgaben für die Ausformung generierbar. Eine Umformsimulation erlaubt die virtuelle Überprüfung der Ergebnisse und gegebenenfalls eine iterative Anpassung. Die reproduzierbare finale Ausformung der Profile erfolgt nach dem Weben mittels eines ebenfalls entwickelten Umformwerkzeugs.

Die Entwicklungsarbeiten wurden mit der erfolgreichen Herstellung einer Preform für ein gekrümmtes I-Profil validiert. Die Ergebnisse zeigen eindrucksvoll die Vorteile der Technologie für eine wirtschaftliche Herstellung von FKV-Profilen auf Basis einstückiger, gekrümmter Gewebeprofilpreformen, etwa zur Verstärkung von Rumpfsegmenten im Boots- und Schiffsbau oder von Rahmenbauteilen im Transportwesen. ■

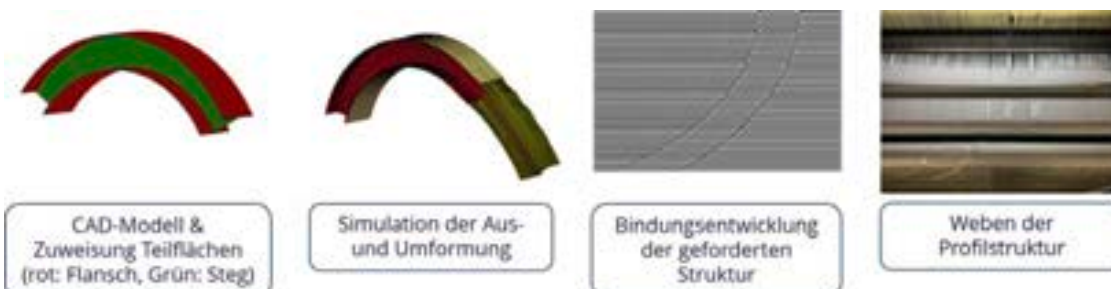


Gekrümmtes Leichtbauprofil



Das IGF-Vorhaben 20903 BR der Forschungsvereinigung Forschungskuratorium Textil e.V. wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

**i** Institut für Textilmaschinen und Textile Hochleistungswerkstofftechnik (ITM), Flächenbildungstechnik, Technische Universität Dresden,  
**Dipl.-Ing. Dominik Nuss**  
 +49 351 463-399 38  
 @ dominik.nuss@tu-dresden.de  
 tu-dresden.de/mw/itm



Prozesskette zur Produktion gekrümmter Leichtbauprofile

# Hier wird's heiß

## Neue Standardlösung für schweißbare und brandsichere Faserverbundpaneele

„Turn-key“ für brandsichere Faserverbundpaneele an Metalltragwerke: Hinter dieser technischen Lösung verbergen sich das Know-How und die Produkte dreier Firmen, die gemeinsam eine Lösung für brandgeschützte Faserverbundpaneele mit Verbindungen zu Metallstrukturen entwickelt haben.

Brandschutz und die Anbindung an Metallstrukturen sind für Faserverbundwerkstoffe oft eine Herausforderung. Gerade im Zusammenspiel mit Brandschutz müssen verschiedene Aspekte der Fügeverfahren aufeinander abgestimmt werden. Oft müssen Faserverbundhersteller dabei auf Lösungen unterschiedlicher Hersteller zurückgreifen und die Einzellösungen von hybrider Verbindung und Brandschutz miteinander im Bauteil kombinieren.

Das ist nun einfacher, seit drei innovative Produkte zu einer Standardlösung kombiniert wurden: Das LEO-System der Firma Sartex, die Brandschutzbeschichtung der Firma svt und das Verbindungselement Fausst von Hyconnect. Dabei entstand eine Brandschutzpaneele, die sich über Fausst oder auch mittels Schweißen an metallische Strukturen fügen lässt.

### Kombinierte Standardlösung

Als Demonstrator wurde ein Modul aus drei FVK-Platten und einer Aluminium-Wand an ein Stahltragwerk montiert. Dazu wurde zunächst in einen aus Fausst-Verbindern gelegten Rahmen das GFK und LEO-System aufgebaut. Mittels Vakuuminfusion wurde ein Epoxidharzsystem appliziert und anschließend getempert.

Die so gebauten Paneele können nach dem Entformen an den Metallrahmen verschraubt oder zueinander verschweißt werden. Durch das geringe Gewicht der 2 m x 2 m großen Paneele (35 kg) und die hohe Maßhaltigkeit konnte das Rahmengestell innerhalb kürzester Zeit bestückt werden. Nachträglich wird lediglich der Bereich zwischen Tragwerk und Faserverbundpaneel mit einer Brandschutzbeschichtung versehen und ein Streifen mineralische Isolierung befestigt. Dafür kann auf den Fausst-Verbindern auch genadelt werden.

### Feuer und Flamme für den Demonstrator

Ein indikativer Brandversuch demonstriert den effektiven Brandschutz und die strukturelle Integrität der Paneele. Hierfür wurde in das oben



**Bild 1:**  
Das hybride Paneel nach der Entformung

**Bild 2:**  
Rahmen-Modul aus Hybridpaneelen

**Bild 3:**  
Im Brandversuch nach 3 Minuten

**Bild 4:**  
Ende des Brandversuchs nach 10 Minuten

beschriebene Modul zum Vergleich zusätzlich eine Seitenwand aus extrudierten Aluminiumprofilen eingesetzt. Als Brandlast wurde ein kurzer Zeitraum unter hoher Temperatur gewählt, in diesem Fall zehn Minuten bei einer maximalen Temperatur von 1200 °C.

Bereits nach einer Minute erreichte das Feuer diese Temperatur und nach wenigen Minuten zerfiel die Aluminiumwand und die Flammen schlugen durch, während die Temperatur zu diesem Zeitpunkt auf den hybriden Paneelen nur geringfügig stieg. Auch nach Ablauf der Brennphase hatten die Paneele noch ihre volle strukturelle Integrität bei einer Oberflächentemperatur von etwa 70 °C.

Dieser erfolgreiche Brandversuch zeigt nicht nur die effektive Fertigung, Installation und Brandeigenschaften des Gesamtsystems, sondern auch das unterschiedliche Verhalten von metallischen und Faserverbundstrukturen im Brandfall. Auf Basis dieser „turn-key“-Lösung für

brandsichere und leicht fügbare Faserverbundpaneele können zukünftig weitere Applikationen von Leichtbau mit Faserverbundmaterialien für alle Branchen vorangetrieben werden. ■



Hyconnect GmbH, Hamburg

Dr. Lars Molter

+49 1515 63 41 937

@ Lars.Molter@hyconnect.de

www.hyconnect.de

# Von beiden Enden

## Duplex Filament Winding Maschine mit doppelter Leistung



*Das FWA 1 Duplex Maschinenkonzept von Roth Composite Machinery für die Herstellung von Produkten im Filament Winding Verfahren*

*The Roth Composite Machinery machine concept FWA 1 Duplex for the filament winding manufacture of products*

**Mit einem innovativen Maschinenkonzept und der Filament Winding Maschine FWA 1 Duplex setzt das Steffenberger Unternehmen Roth Composite Machinery neue Standards im Maschinenbau für die Herstellung von faserbewickelten Produkten. Die neue Verfahrenstechnik ermöglicht den Wickelprozess von beiden Seiten einer Spindel und halbiert damit die Wickelzeiten im Vergleich zu Standardmaschinen.**

„Unsere neue FWA 1 Duplex Maschine für die Großserienproduktion von Druckbehältern insbesondere für die Kraftfahrzeugindustrie erreicht die doppelte Produktivität im Vergleich zu unserem heutigen weltmarktführenden Standard“, erläutert Dr. Andreas Reimann, Geschäftsführer bei Roth Composite Machinery.

„Die neue Portal-Maschinengeneration adressiert namentlich die hochproduktive Behälterproduktion für Nutzfahrzeuge. Gegenüber unseren herkömmlichen Mehrspindelanlagen ist der Produktionsprozess um 10 bis 15 Prozent beschleunigt. Eine besonders starke Rahmenkonstruktion bündigt diese Dynamik mit einem zusätzlichen Spindeltrieb an der Gegenseite und der darüber hinaus verdoppelten Faserablagemenge mit Leichtigkeit“, so Reimann.

### Platzersparnis

Das Design der Duplex Produktionslinie punktet mit einer Platzersparnis von bis zu 15 Prozent und ermöglicht so die effektivere Auslastung von Produktionshallen. Zudem ist die neue Filament Winding Anlage von Roth Composite Machinery im Verhältnis zu Anlagen mit derselben Ausbringleistung etwa 10 Prozent preiswerter.

Sie ist mit drei, vier oder fünf Spindeln sowie optional mit einem zusätzlichen Schlittensystem erhältlich. Die Maschinen eignen sich für Produktionsvorgänge im Nass-, Trocken- oder Towpregwickelverfahren und für den Einsatz aller gängigen Faserarten, insbesondere von Carbon- oder Glasfasern.

### Zeitersparnis

Der Sondermaschinenbauer hat das Verfahren an einer Labormaschine im 2-Kopfbetrieb erfolgreich getestet. Die Wickelzeiten sind an einer Typ-1-Maschine verifiziert, die Konstruktion der Maschine ist fertiggestellt und beinhaltet eine Weiterentwicklung der patentierten und am Markt erfolgreich etablierten Automatisierungslösung für den Produktwechsel: Eine neue Variante des RCA (Roving cut and applying system) ist für Arbeiten gegen die Schwerkraft geeignet.

Zudem ist eine reibungslose Integration aller optionalen zusätzlichen Maschinenfunktionen gewährleistet. Untersuchungen von Roth Composite Machinery zum Produktionspotenzial einer fünfspindligen Roth Duplex Maschine ergaben, dass das Wickeln von fünf 300 Liter Composite Drucktanks im Nassverfahren in 1 Stunde 9 Minuten und mit Towpreg in nur 36 Minuten möglich ist. Mit einer fünfspindligen Roth FWA 1-Duplex Maschine ist also eine Netto-Zykluszeit von 7,2 Minuten (13,8 Minuten im Nasswickelverfahren) für einen Tank erreichbar. ■



# From both ends

## Duplex Filament Winding Machine with double power

**With an innovative machine concept and its new Filament Winding machine FWA 1 Duplex, Roth Composite Machinery is setting new standards in mechanical engineering for the filament winding manufacture of products. The new process technology enables winding from both sides of a spindle, thus halving the winding times compared to standard machines.**

“Our new FWA 1 Duplex Machine for the large-scale production of pressure vessels, particularly for the automotive industry, achieves double productivity compared with our current world-leading standard”, states Dr. Andreas Reimann, General Manager at Roth Composite Machinery.

“The new gantry machine generation is addressed to the highly productive manufacture of vessels for commercial vehicles and trucks. Compared to our conventional multi-spindle machines, the production process is 10 to 15 percent faster. A particularly strong frame construction with an additional spindle drive on the opposite side keeps this dynamic and, in addition, the doubled fibre volume under control with ease”, Dr. Reimann continues.

### Space-saving

The design of the Duplex production line stands out with a space-saving of up to 15 percent and thus enables a more effective utilisation of production floor.

Furthermore, the new Filament Winding Machine of Roth Composite Machinery is about 10 percent cheaper compared to other machinery with the same output capacity.

It is available with three, four or five spindles as well as an additional carriage system as an option. The machine is suitable for production processes for wet or dry or Towpreg winding procedures by using all common types of fibres, especially carbon and glass fibres.

### Time-saving

The special machine manufacturer has successfully tested the process on a laboratory machine in 2-head operation. The winding times have been verified on a type 1 machine, the machine design has been completed and includes a further development of the patented automation solution for product changeover which has



Detail FWA 1 Duplex

» Our new FWA 1 Duplex gantry machine for large-scale production of pressure vessels is particularly interesting for the automotive industry.«  
**Dr. Andreas Reimann, Managing Director**

been successfully established in the market: a new variant of the RCA (roving cut and applying system) is suitable for operation against gravity.

In addition, smooth integration of all optional additional machine functions is ensured. Investigations into the production potential of a 5-spindle Roth Duplex machine have shown that it is possible to wind five 300-liter composite pressure tanks in 1 hour 9 minutes using the wet process and in just 36 minutes using Towpreg. This means that a net cycle time of 7.2 minutes (13.8 minutes in the wet winding process) for one tank is achievable with a 5-spindle Roth FWA 1 Duplex machine. ■



Roth Composite Machinery GmbH, Steffenberg  
**Dr. Andreas Reimann**, Managing Director  
 +49 6464 91 50-0  
 andreas.reimann@roth-industries.com  
 www.roth-composite-machinery.com

# Grüne Wasserstofftank-Revolution

Weniger Gewicht, Kosten und Materialverbrauch bei Typ 4-Tanks durch FPP-Kuppelverstärkung

**Druckbehälter aus Verbundwerkstoffen sind der zentrale Energiespeicher für wasserstoffbetriebene Mobilität. Der Automatisierungsspezialist Cevotec hat eine industrielle Lösung entwickelt, die in Kombination mit dem etablierten Wickelverfahren die Materialeffizienz von Drucktanks verbessern und den Verbrauch an Fasermaterial um 15 % reduzieren kann. Das trägt erheblich zur nachhaltigeren Produktion der Tanks bei.**

Die Zahl der Länder steigt, die sich zur Klimaneutralität bis 2050 verpflichten. Wasserstoff ist ein vielversprechender Ansatz, um dieses Ziel zu erreichen, vor allem für die Transportbranche. Brennstoffzellenfahrzeuge, besonders für Langstreckentransporte wie LKWs, Busse und Züge, und auch wasserstoffbasierte Antriebskonzepte für die Luftfahrt sind auf dem Vormarsch.

Allerdings stellt die effiziente und sichere Wasserstoffspeicherung für mobile Anwendungen eine Herausforderung dar. H<sub>2</sub> wird üblicherweise in Typ 4-Tanks gespeichert, die aufgrund der hohen Betriebsdrücke (bis zu 700 bar) einen hohen Materialverbrauch haben. Das wirkt sich negativ auf die Produktionskosten der Drucktanks aus, da das Fasermaterial über 50 % der Produktionskosten ausmacht.

## Lokale Verstärkung

Um den Materialverbrauch zu senken, hat Cevotec eine industrielle Automatisierungslösung entwickelt, um die Kuppelbereiche der Druck-



*Das Projekt umfasst Laminatdesign, Simulation, Optimierung und Produktion sowie umfassende Prüfung des verstärkten Typ 4-Drucktanks.*

*Laminatverstärkung filamentgewickelter Drucktanks. Die Ausprägung der Patches und des Greifers ist an die Größe und Komplexität des Bauteils angepasst*

*Laminate reinforcement of filament-wound pressure tanks. The shape of the patches and the gripper is adapted to the size and complexity of the component*

tanks mittels Fiber Patch Placement (FPP) lokal zu verstärken. Die Verstärkungen werden von einem Roboter direkt auf dem Liner abgelegt. Sie ersetzen die hochwinkligen Helixlagen (HAHL), die üblicherweise im Filament-Wickelverfahren (FW) aufgetragen werden. Die Verstärkungspatches erstrecken sich jedoch nicht wie die HAHL über den zylindrischen Teil des Tanks, wo sie aufgrund der Faserorientierung nur wenig zu den mechanischen Eigenschaften beitragen würden. Das führt zu erheblichen Materialeinsparungen.

Die Patches werden parallel zum FW in einem unabhängigen Prozess aufgebracht, was die Gesamtzykluszeit der Fertigung um bis zu 20 % reduziert. Durch die Kuppelverstärkungen kann der Materialverbrauch um ca. 15 % reduziert werden bei gleichbleibenden mechanischen Eigenschaften.

## Durchgerechnet

Geht man von einem Carbonfasergewicht von 75 kg pro Drucktank (mittelgroßer Tank für Nutzfahrzeuge) und einer jährlichen Produktion von 30.000 Tanks aus, ermöglicht FPP Materialeinsparungen von 340 Tonnen pro Jahr für nur eine Fabrik.

Da die Industrie mit einer Verknappung von Kohlestofffasern aufgrund der exponentiell steigenden Nachfrage von H<sub>2</sub>-Tanks rechnet, können die potenziellen Einsparungen durch Kuppelverstärkungen erheblich zu einer nachhaltigeren Produktion von H<sub>2</sub>-Tanks beitragen.

Die ökologischen Vorteile gehen Hand in Hand mit ökonomischen Vorteilen: Aufgrund der hohen Kosten des Fasermaterials und der erzielbaren Einsparungen amortisieren sich die Investitionskosten in notwendige Produktionsanlagen bereits im zweiten Produktionsjahr.

Um den vorgestellten Ansatz mit Daten zu belegen, wurde in einem Gemeinschaftsprojekt mit Industriepartnern ein optimierter Drucktank-Demonstrator entwickelt und getestet. Ziel ist die Optimierung der Faserablage, auch simulativ, um die Zykluszeiten und Kosten zu reduzieren, die erforderlichen mechanischen Eigenschaften sicherzustellen und den positiven Einfluss von FPP-Kuppelverstärkungen in einem industriellen Set-up zu belegen. Aktuell befindet sich das Projekt in der Endphase und die Partner planen, die Ergebnisse auf den anstehenden Messen dieses Jahr vorzustellen. ■



# The green H<sub>2</sub> tank revolution

Less weight, cost and material consumption for type 4 tanks with FPP dome reinforcements

**Composite pressure vessels are the key storage system for hydrogen-powered mobility. Automation specialist Cevotec has developed an industrial solution that, in combination with the established filament winding process, improves the material efficiency and reduces the composite fiber material consumption of a tank by 15%, which significantly contributes to the sustainability of H<sub>2</sub> tanks.**

The number of countries committing to emission neutrality by 2050 is growing. Hydrogen is a promising approach, especially for the transportation sector, to achieve this goal. Fuel cell electric vehicles (FCEV), in particular for long-haul transport (trucks, buses, trains) and hydrogen-related aircraft programs are on the rise.

However, one of the challenges is to efficiently and safely store the hydrogen. H<sub>2</sub> is typically stored in type 4 pressure vessels, which have a very high consumption of carbon fiber material due to their high working pressure of up to 700 bar. This negatively influences the production costs of hydrogen tanks, with carbon fibers representing over 50% of the total tank costs.

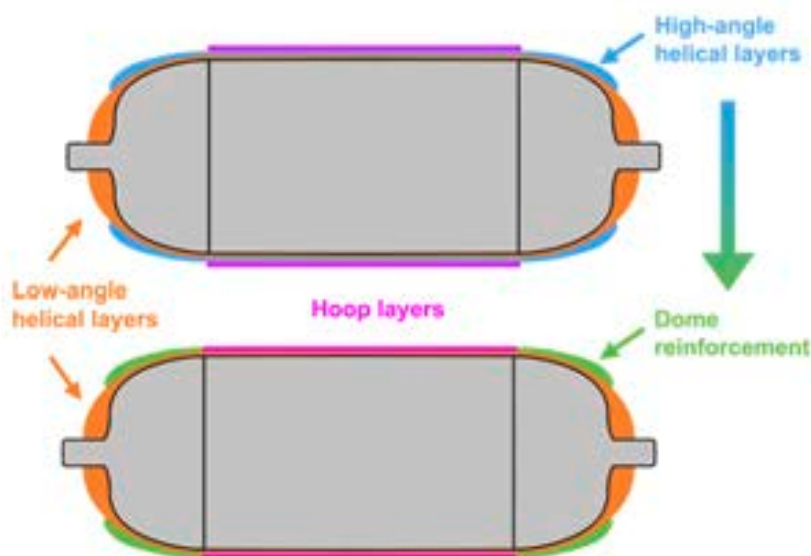
## Local reinforcement

To decrease the material consumption, Cevotec developed an industrial automation solution to reinforce the domes of pressure vessels, using Fiber Patch Placement (FPP) technology. The reinforcements are placed directly on the liner by a robotic FPP system. They substitute the high-angle helical layers (HAHL), traditionally applied by a filament winding (FW) process. However, unlike the HAHL, the patches don't span across the cylindrical portion of the vessel, where they would contribute only marginally to the mechanical performance. This translates into a considerable saving of material.

The patches are applied in an independent process, parallel to the FW, which reduces the overall cycle time by up to 20%. While achieving equivalent mechanical properties, the dome reinforcement solution reduces net material consumption by approximately 15%. This percentage can further grow with an increase of the aspect ratio (vessel length to diameter ratio).

## Calculations

Assuming a carbon fiber weight per vessel of 75 kg (medium-sized vessel for commercial ve-



*Wenn die hochwinkligen Helixlagen durch FPP-Verstärkungen ersetzt werden, kann bis zu 15% Carbonfasermaterial eingespart werden*

*Replacing the high-angle helical layers with FPP reinforcements saves up to 15% carbon fiber material*



*The project comprised the laminate design, simulation and optimization, as well as the production and comprehensive testing of the reinforced type 4 pressure vessels.*

hicles) and a yearly production of 30.000 tanks, the reinforcements enable material savings of 340 tons each year, just for one plant. As the industry anticipates a shortage of carbon fibers given the exponentially increasing demand for H<sub>2</sub> tanks over the next 10–20 years, these potential savings from dome reinforcements significantly contribute to make H<sub>2</sub> composite tanks more sustainable.

The environmental benefits go in hand with financial benefits: Due to the high cost of fibers and the amount saved, the investment case for dome reinforcements usually becomes positive already in the second year of series production, with a payback time of 12–18 months.

To underpin the presented approach, an optimized, full-scale demonstrator was developed and is currently tested in a joint project with industry partners. The goal is to optimize the fiber lay-up, also by simulation, in order to minimize cycle time and cost, ensure required mechanical properties and subsequently evaluate the impact of FPP dome reinforcement in an industrial production setting.

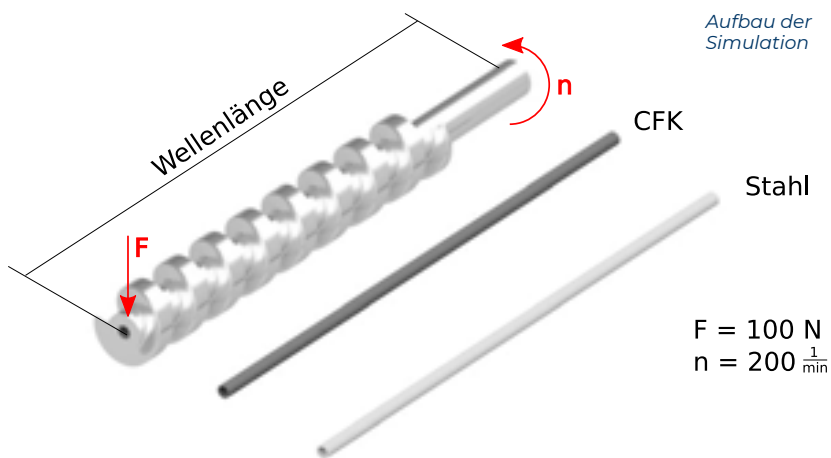
Currently, the project is in its final stage and the partners plan to exhibit results at upcoming trade shows this very year. ■

**i** Cevotec GmbH, Unterhaching  
**Henriette Morgenstern**  
 ☎ +49 89 2314 165 56  
 @ info@cevotec.com  
 🌐 www.cevotec.com

# Das Beste aus zwei Welten

## CFK-versteifte Schneckensysteme – hybride Lösungen für höhere Leistungen

**Gerade die produzierende Industrie ist gezwungen, ihren Durchsatz stetig zu erhöhen. Doch höhere Dynamiken erfordern höhere Steifigkeiten. Konventionelle Versteifungskonzepte aus Metall stoßen hier häufig an ihre Grenzen. Doch Versteifungen in Faserverbundbauweise können diese Grenzen wesentlich verschieben und erweitern.**



In der Abfüll- und Förderindustrie sind Förderschnecken ein wichtiges Maschinenelement und mit ausschlaggebend für den zu erreichenden Durchsatz. Doch die Anforderungen nach immer höheren Geschwindigkeiten und zunehmender Leistung können konventionelle Konzepte häufig nicht mehr bedienen.

### Problem durch zwei Materialien

Förderschnecken sind häufig aus Kunststoff-Vollmaterial. Das bringt die gewünschten Oberflächen und Materialeigenschaften mit, stößt aber im Vergleich zu anderen Werkstoffen bei erhöhter Dynamik merklich an seine mechanischen Grenzen. Konkret heißt das, dass eine solche Schnecke beim Einsetzen größerer kinetischer Kräfte zunehmend aus ihren geforderten Genauigkeiten und Toleranzen läuft. Folgen eines zum Beispiel zunehmend schlechteren Rundlaufs der Schnecke sind höhere Vibrationen, Schläge, zunehmende Geräuschentwicklung bis hin zu Beeinträchtigungen im Produktionsprozess wie Beschädigungen am Produkt oder an der Schnecke selbst, die zu Produktionsausfällen führen können.

Zur Kompensation werden deshalb bereits heute standardmäßig Stahlwellen zur Versteifung eingesetzt. Nachteil hierbei ist jedoch, dass durch die Stahlwelle das Eigengewicht der

Schnecke steigt, was sich wiederum nachteilig auf die Kompensierungseffekte auswirkt. Damit laufen stahlwellenverstärkte Schnecken ebenfalls an eine mechanische Grenze.

### Lösung durch zwei Komponenten

Murtfeldt ersetzt nun die konventionelle Metall-Versteifung durch eine kohlenstofffaserverstärkte Variante. Hierdurch bündelt der nordrhein-westfälische Kunststoff-Hersteller zwei seiner Fertigungskompetenzen zu einem Hybridkonzept aus einer Hand, das die Vorteile beider Disziplinen vereint: einerseits ein tribologisch optimierter Thermoplast außen, der sowohl den konstruktiven als auch fertigungsbedingten Anforderungen an eine solche Anwendung entsprechen muss, andererseits den enormen Steifigkeitserfolg durch die Faserverbundverstärkung im Inneren.

Eingesetzt wurde ein in Wickeltechnik hergestelltes kohlenstofffaserverstärktes Rohr, das das Eigengewicht der Schnecke sogar unterhalb des Gewichts der stahlverstärkten Schnecke brachte. Je nach Auslegung sind Gewichtseinsparungen von bis zu 78 % gegenüber der Stahlwelle möglich. Weiterhin verbesserte eine gleichzeitige Steifigkeitserhöhung den Rundlauf ganz wesentlich um ca. 20 %.

Die steigenden Anforderungen an mehr Produktionsleistung und Output können also durch den hybriden Einsatz erfüllt werden, da sich eine solche Schnecke unter den erhöhten Anforderungen optimaler betreiben lässt.

### Ausblick

Künftig sollen durch eine weitere Optimierung der hybriden Auslegung das Gesamtgewicht

weiter reduziert und die Steifigkeit durch größere Wellendimensionen und steifere Fasertypen erhöht werden. Des Weiteren ermöglichen Anpassungen der Wellengeometrie auf mehr-

eckige Profile eine einfache und verdrehsichere Montage.

Das Zusammenspiel aus biege- und verwindungssteifen faserverstärkten Kernen und funktionalen thermoplastischen Oberflächen eröffnet ganz neue Anwendungsfelder für die Industrie. ■

**i** Murtfeldt Kunststoffe GmbH & Co. KG,  
Dortmund  
**Dipl.-Ing. (FH)/M.Sc. Marco Bianconi**  
Business Development Manager  
☎ +49 231 206 09-966  
@ bianconi@murtfeldt.de  
🌐 www.murtfeldt.de

# Tank mal anders

RTM-Tanks mit flexiblerer Geometrie, in besserer Qualität und in größerer Stückzahl

**Als die Firma Diehl für knapp 1000-l-Tanks einen neuen Lieferanten suchte, fand sie die Firma Schmuhl. Zu ihren Tanks hatte Diehl zwei Wünsche: Die Innenoberfläche der Tanks sollte glatter und somit besser desinfizierbar werden, es sollte in kurzer Zeit eine hohe Stückzahl geliefert werden. Ein Fall für das Entwicklungsteam bei Schmuhl.**

Ist es bei der herkömmlichen Wickeltechnik so, dass der Hersteller strikt an die rotationssymmetrische Form gebunden ist, wollte Schmuhl herausfinden, wie das Produkt mittels RTM für den Kunden einen Mehrwert bietet. Diverse Versuche brachten die Lösung der freigeformten Tanks jenseits der üblichen rotationssymmetrischen Geometrien.

Das jedoch war nicht alles. Die RTM-Technologie ermöglicht unkompliziert das Einbringen von Verstärkungen, Domen, Rippen oder anderen Anschlusselementen. Somit ist der Kunde flexibel in der Verwendung und kann den vorliegenden Bauraum besser nutzen.

Mit einer zusätzlichen Optimierung des Gesamtgewichts als auch der Kosten, war der Kunde Diehl überzeugt und gewonnen.

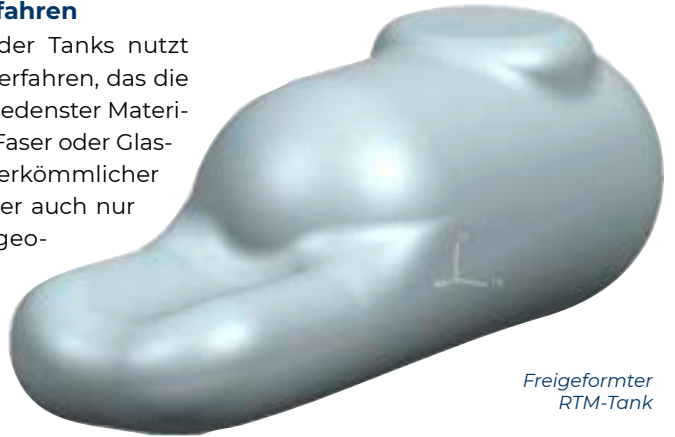
## Tanks im RTM-Verfahren

In der Produktion der Tanks nutzt Schmuhl das RTM-Verfahren, das die Verwendung verschiedenster Materialien wie Aramid, C-Faser oder Glasfaser erlaubt, bei herkömmlicher Tank-Herstellung aber auch nur eingeschränkte geometrische Freiheitsgrade. Ergänzend setzt Schmuhl gezielt Strukturrippen und Flächenverstärkung ein. Die Anlagentechnik wurde durch CNC-gestützte Zuschnitte, deren SPS-geführte Bereitstellung und lasergestützte Positionierung zugunsten höchster Reproduzierbarkeit angepasst.

Durch speziell für den Anwendungsbereich formulierte Harzsysteme werden selbst höchste Normen wie der Brandschutz nach FST FAR 25.853 gewährleistet. Auch die Voruntersuchungen wie Dauerstandsversuche und Chemikalienbeständigkeiten wurden in house umgesetzt

## Vom Design zur Serienfertigung

Schmuhl bietet als Partner für Faserverbundanwendungen im Multi-Material-Design der Industrie in den Be-



Freigeformter RTM-Tank

### Weitere Eigenschaften der RTM-Tanks:

- minimales Gewicht bei maximaler Steifigkeit durch angepasste Faserausrichtung, optimiert durch FEM-Berechnung
- maximales Tankvolumen bei begrenztem Bauraum
- optimale Ausnutzung des Bauraumes mittels freier 3D-Freiformflächengestaltung
- Flexibilität für angeformte Anschlüsse (z. B. zur Entleerung an optimaler Stelle)
- Sandwichbauweisen sind problemlos möglich
- Strukturrippen und Flächenverstärkungen gegen das Beulen

**i** Schmuhl Faserverbundtechnik GmbH & Co. KG, Liebschütz  
**Frank Rosenbaum**, Leiter Vertrieb  
 +49 36640 28 11-0  
 @ f.rosenbaum@schmuhl.de  
 www.schmuhl.de

» Die Anforderungen der Kunden lassen uns über den Tellerrand hinausschauen. So entsteht Innovation.«

**Frank Rosenbaum, Leiter Vertrieb Schmuhl**

Zusätzlich bieten sich Diehl als auch deren Kunden zahlreiche neue Möglichkeiten in der Anwendung. Denn ob Lagerung von Trinkwasser, Abwasser oder anderen Medien, beschichtungsseitig kann sich Schmuhl nach den Anforderungen des Kunden richten. Dabei entsprechen die Aufbauten selbstverständlich den gültigen Bestimmungen wie KTW und DVGW-Verordnungen.

reichen Medizintechnik, Fahrzeugbau, Maschinenbau und Luftfahrt Systemlösungen. Die Herstellungstechnologien werden individuell an die Produktforderungen angepasst.

Im gleichen Zeitraum wie die vorgestellten Tanks fanden im Haus weitere Produkte ihren Weg vom Entwicklungsprojekt zur Serienreife, zum Beispiel eine Leichtbauoilette ebenfalls für die Luftfahrt. ■



Ein wahres Leichtgewicht: nur rund 1,1 kg wiegt die Toilette ohne Beschläge

CU-Mitglieder (Stand April 2022)




64 PARTNER




## CU-Mitglieder im Heft | CU members in this issue

Airbus Helicopters Deutschland GmbH	50	ILH Institut für Leichtbau mit Hybridsystemen, Universität Paderborn	24, 30
AVK Industrievereinigung Verstärkte Kunststoffe e.V.	51	Invent GmbH	28
Cevotec GmbH	58	ITM Institut für Textilmaschinen und Textile Hochleistungswerkstofftechnik, TU Dresden	45, 54
CompPair Technologies Ltd.	32	KTP Kunststofftechnik Paderborn, Universität Paderborn   Plastics Technology, University of Paderborn	28
CTC Composite Technology Center GmbH (An Airbus Company)	44, 48	KVB Institut für Konstruktion und Verbundbauweisen gGmbH   Institute for Design and Composite Structures gGmbH	46
DITF Deutsche Institute für Textil- und Faserforschung	18	Lehrstuhl Keramische Werkstoffe, Universität Bayreuth   Ceramic Materials Engineering CME, University of Bayreuth	36
DLR Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.	38	Murfeldt Kunststoffe GmbH & Co. KG	60
FIBRE Faserinstitut Bremen e.V.	40, 42	Roth Composite Machinery GmbH	56
Foldcore GmbH	52	Schmuhl Faserverbundtechnik GmbH & Co. KG	61
Fraunhofer-Institut für Gießerei-, Composite- und Verarbeitungstechnik IGCV   Fraunhofer Institute for Casting, Composite and Processing Technology	26	SGL Carbon GmbH	38
Fraunhofer-Institut für Kurzzeitdynamik, Ernst-Mach-Institut (EMI)	31	STFI Sächsisches Textilforschungsinstitut e.V.	40
Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik IWM	31	Unternehmensnetzwerk texton e.V.	34
Hufschmied Zerspanungssysteme GmbH	35	WIPAG Deutschland GmbH	29
Hyconnect GmbH	55		

# CU reports 02/2022\*

**Fokus: Kreislaufwirtschaft | Focus: Circular economy**

**Regional, national, global!**

\* **Redaktionsschluss** 23. September 2022 **editorial deadline**



## CU reports

### Julia Konrad

CU Marketing & Communications

☎ +49 351 46 34 26 41

@ julia.konrad@composites-united.com

### Elisabeth Schnurrer

☎ +49 821 364 48

@ cu-reports@t-online.de

🌐 www.composites-united.com

## Media Consulting

### vmm wirtschaftsverlag

### Barbara Vogt

Kleine Grottenau 1

86150 Augsburg

☎ +49 821 4405-432

@ b.vogt@vmm-digital.de

🌐 www.vmm-wirtschaftsverlag.de



## IMPRESSUM

**ISSN 2699-4534**

**Herausgeber | Published by:**

Composites United e.V.  
Oranienburger Str. 45 | 10117 Berlin  
☎ +49 821 26 84 11-0  
@ info@composites- united.com  
🌐 www.composites- united.com

**Verantwortlich für Herausgabe  
und Inhalt | Responsible  
for publication and content:**

Composites United e.V. (CU)  
Amtsgericht | Local Court Berlin  
Vereinsregister |  
Register of Associations No. 37676  
Steuernr. | Tax No. 103 / 107 / 41111

**Präsidiumssprecher |  
Speaker of Steering Committee:**

Prof. Dr. Klaus Drechsler

**Geschäftsführer | CEOs:**

Dr. Gunnar Merz | @gunnar.  
merz@composites- united.com  
Tjark von Reden | @tjark.von.  
reden@composites- united.com

**Redaktion | Editorial staff:**

Julia Konrad (verantwortlich |  
in charge)  
☎ +49 351 46 34 26 41 | @julia.  
konrad@composites- united.com  
Elisabeth Schnurrer | Redaktions-  
büro Strobl + Adam | Augsburg  
☎ +49 821 364 48  
@cu-reports@t-online.de

**Erscheinungsweise | Frequency  
of publication:**

2 x jährlich | two times a year (2022)

**Umsetzung und Anzeigen |  
Making & Marketing:**

vmm wirtschaftsverlag  
gmbh & co. kg | Augsburg  
Barbara Vogt,

Manager Content & Marketing  
☎ +49 821 44 05-432  
@ b.vogt@vmm-digital.de  
🌐 www.vmm-wirtschaftsverlag.de

**Druck | Printing:**

Mayer Söhne Druck- und Medien-  
gruppe GmbH & Co. KG | Aichach,  
www.druckerei-mayer-soehne.de

**Bildnachweis | Picture credits:**

Sofern nicht anders vermerkt, wur-  
den Grafiken und Bilder eines Bei-  
trags von den im Text genannten  
Mitgliedern des Composites United  
e.V. zur Verfügung gestellt.

If not stated otherwise, graphics and  
pictures in this magazine are provi-  
ded by CU members.

**Titelbild | Cover:**

Basic ©Shutterstock 1294245946.  
Details v. u. n. o.: 1) Faseraufbereitung  
für Nassvliesherstellung am Fraun-  
hofer IGCV ©A3/Christian Strohmayer.  
2) Projekt FiberFuse: Fahrzeugplatt-  
form mit Strukturkomponenten, die  
über mehrere Produktlebenszyklen  
nutzbar sind ©EDAG Engineering  
GmbH. 3) Brücke in Holz-Carbonbet-  
on-Bauweise ©solidian GmbH. 4) Re-  
cycelte Carbonfasern und Garn dar-  
aus ©ITCF Denkendorf 5) Algen-Tech-  
nikum an der TUM: Im Projekt Green  
Carbon entstehen nachhaltige Car-  
bonfaser-Bauteile aus Algen ©Andre-  
as Heddergott/TUM. 6) ELG arbeitet  
CFK von Regatta-Katamaranen zu  
Recyclingstoffen für neue CFK-Segel-  
Bauteile um. ©ELG Carbon Fibre Ltd.  
+ INEOS Team UK. 7) Leitungsseg-  
ment aus GF-PEEK ©herone GmbH

**Verbreitung | Distribution:**

CU reports ist die Mitgliederzeit-  
schrift des Composites United e.V.

Der Bezug von CU reports ist im  
Mitgliedsbeitrag des Composites  
United e.V. enthalten.

CU reports is the members' journal  
of Composites United e.V. Its acqui-  
sition is included in the member-  
ship fee of Composites United e.V.

**Haftung | Disclaimer:**

Der Inhalt dieses Heftes wurde  
sorgfältig erarbeitet. Dennoch  
übernehmen Autor\*innen, He-  
rausgeber und Redaktion keine  
Haftung für die Richtigkeit der  
Angaben, Hinweise und Rat-  
schläge sowie für eventuelle  
Druckfehler.

Die Verantwortung für namentlich  
gezeichnete Beiträge trägt der\*die  
Verfasser\*in.

Whilst every care is taken to pro-  
vide accurate information, the  
publishers can not accept liability  
for errors or omissions, no matter  
how they arise. Authors take full  
responsibility for their articles.

**Urheberrecht | Copy right:**

Alle abgedruckten Beiträge sind  
urheberrechtlich geschützt. Nach-  
druck oder anderweitige Verwen-  
dung sind nur mit vorheriger Ge-  
nehmigung des Herausgebers  
gestattet.

All rights reserved. No part of this  
publication may be reproduced or  
transmitted without the prior con-  
sent of Composites United e.V.

**Verbreitete Auflage |**

**Total circulation:**

2.000 Exemplare |  
2.000 copies  
Online:



# MIT VOLLER KRAFT VON UNS GERETTET.



Maschinentelegraf der „Oscar Huber“, dem letzten erhaltenen Schleppdampfer auf dem Rhein.  
Mehr über die Geschichte dieses Denkmals:  
[www.dieganzgeschichte.de](http://www.dieganzgeschichte.de)

Eines von vielen tausend geförderten Denkmalen.

Wir erhalten Einzigartiges.  
Mit Ihrer Hilfe!

Spendenkonto  
IBAN: DE71 500 400 500 400 500 400  
BIC: COBA DE FF XXX, Commerzbank AG  
[www.denkmalschutz.de](http://www.denkmalschutz.de)



DEUTSCHE STIFTUNG  
DENKMALSCHUTZ

Wir bauen auf Kultur.

# LIGHT CON

1 - 2 JUNE 2022 | HANNOVER | GERMANY

INTERNATIONAL  
CONVENTION FOR  
LIGHTWEIGHT SOLUTIONS

## Lightweight Design on the Path to Circular Economy

Two full days of conference program with top-class keynotes:



**AIRBUS**

### Isabell Gradert

HO Central Research &  
Technology and General Manager  
for Material Technology  
Airbus



**BOSCH**

### Lisa Rechten

Business Lead Bosch Climate  
Solutions GmbH  
Bosch

**TICKETS  
SPECIAL PREMIERE  
DEAL!**



**VOLKSWAGEN**

### Dr. Oliver Schauerte

Head of Materials Research and  
Vehicle Projects  
Volkswagen AG



**IBM**

### Oliver Gahr

Sustainability Leader AI  
Applications IBM EMEA  
IBM



**AFFAN**

### Dr. Amer Affan

Managing Director  
Affan Innovative  
Structures LLC



Deutsche Messe



Founding  
Partner

[WWW.LIGHTCON.INFO](http://WWW.LIGHTCON.INFO)