

# AKK COMPOSITES REPORT 11



## INHALT

**6** LASER ZENTRUM HANNOVER  
Re-use – Strategie zum nachhaltigeren Einsatz thermoplastischer CFK-Halbzeuge

**12** TU CHEMNITZ  
Innovative Recyclingstrategien für Naturfaser-Sandwichmaterialien

**24** INSTITUT FÜR TEXTILTECHNIK  
DER RWTH AACHEN UNIVERSITY (ITA)  
Von der Idee zum Bauteil

# INHALT



# 14

## FACHHOCHSCHULE NORDWEST-SCHWEIZ HOCHSCHULE FÜR TECHNIK UND UMWELT

Rezyklierte Kohlenstofffasern als nachhaltige Lösung im Sportbereich

# 4

### FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR CHEMISCHE TECHNOLOGIE (ICT)

Kreislauffähige und biobasierte Materialien für die Sportindustrie

# 6

### LASER ZENTRUM HANNOVER

Re-use – Strategie zum nachhaltigeren Einsatz thermoplastischer CFK-Halbzeuge

# 8

### INSTITUT FÜR TEXTILTECHNIK DER RWTH AACHEN UNIVERSITY (ITA)

NatureDeepDraw – Nachhaltige Organobleche für Vakuumtiefziehverfahren

# 10

### INSTITUT FÜR TEXTILTECHNIK AUGSBURG, TECHNISCHE HOCHSCHULE AUGSBURG

Herstellungsprozess für hochorientierte Tapes aus pyrolysierten Carbonfasern

# 12

### TU CHEMNITZ

Innovative Recyclingstrategien für Naturfaser-Sandwichmaterialien

# 18

### DEUTSCHE INSTITUTE FÜR TEXTIL- UND FASERFORSCHUNG DENKENDORF (DITF)

Pionierarbeit in Sachen Nachhaltigkeit

# 20

### FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR HOLZFORSCHUNG (WKI)

Ökobilanzierung in der Kunststoffspritzgussimulation

# 21

### INSTITUT FÜR TEXTILTECHNIK DER RWTH AACHEN UNIVERSITY (ITA)

Konzeptentwicklung für Sandwichbodenplatten mit gesteigerter Nachhaltigkeit für die Luftfahrt

# 22

### INSTITUT FÜR TEXTILTECHNIK DER RWTH AACHEN UNIVERSITY (ITA)

Nachhaltige Faserverbundwerkstoffe: BioYarnCoat thermoplastisch imprägnierte Naturfasergerne

# 24

### INSTITUT FÜR TEXTILTECHNIK DER RWTH AACHEN UNIVERSITY (ITA)

Von der Idee zum Bauteil

# 28

### UNIVERSITÄT STUTTGART, ITFT, ICD, ITKE, INTCDC

Hybrid-Flachs-Pavillon – Neuartiges hybrides Bausystem auf Basis von Naturfasern

# 30

### TU CHEMNITZ

Ressourceneffiziente Formwerkzeuge aus nachwachsenden Rohstoffen

# COMPOSITES REPORT 11

Liebe Leserinnen und Leser,

Das Thema „Nachhaltigkeit“ ist derzeit eine der wichtigsten wirtschaftlichen Herausforderungen für Unternehmen, auch in der Composites-Industrie. Regulatorisch als auch seitens der (End-) Kunden werden die Erwartungen an nachhaltige Produktions- und Produktlösungen immer größer, auch um den Anforderungen an die Kreislauffähigkeit zu genügen. Schon aufgrund ihrer häufig sehr langen Lebensdauer haben Composites-Bauteile viele Vorteile ggü. kurzlebigeren Materialien. In eine umfassende Bewertung müssen aber auch die eingesetzten Rohstoffe sowie die Verwertungsmöglichkeiten und -wege am Ende der Produktnutzungsdauer mit in die Bewertung der Nachhaltigkeit einbezogen werden. Die Unternehmen sind sich der Bedeutung des Themas bewusst und es wird an vielen Stellen an der Entwicklung innovativer nachhaltigerer Lösungen gearbeitet. In der AVK und im europäischen Dachverband (EuCIA) gibt es sowohl zum Thema Nachhaltigkeit als auch zum Thema Composites-Recycling zahlreiche Aktivitäten (Arbeitskreis-Sitzungen, Recycling-Studie, LCA-Tool, ...).



In dieser Ausgabe des Composites Reports werden Möglichkeiten zur Verbesserung der Ressourcennutzung in Verarbeitungsverfahren vorgestellt (Stichwort „Ressourceneffizienter Leichtbau“). Des Weiteren finden Sie Beiträge zu naturfaserverstärkten und biobasierten nachhaltigen Materialien. Insbesondere zum Recycling gibt es zahlreiche technische Möglichkeiten: das Heft stellt Lösungen zum Recycling von Naturfaser-Materialien vor, Kohlenstofffaser-Recycling sowie das Thema Ökobilanzierung. Mit diesen Beiträgen unterstützt die AVK die Verbreitung nachhaltiger Lösungen in der Composites-Industrie und somit die Zukunftsfähigkeit unserer Materialien.

Ihr Dr. Elmar Witten,  
AVK-Geschäftsführer



**ONLINE  
LESEN!**

Impressum  
AVK – Industrievereinigung Verstärkte  
Kunststoffe e. V.  
Am Hauptbahnhof 12  
D-60329 Frankfurt am Main  
Tel.: +49 69 271077-0  
Mail: [info@avk-tv.de](mailto:info@avk-tv.de)  
Homepage: [www.avk-tv.de](http://www.avk-tv.de)  
Geschäftsführer: Dr. Elmar Witten

# KREISLAUFFÄHIGE und biobasierte MATERIALIEN für die Sportindustrie

Autor: Anna Krüger, Sascha Kilian, Janne-Constantin Albrecht, Sebastian Zürn

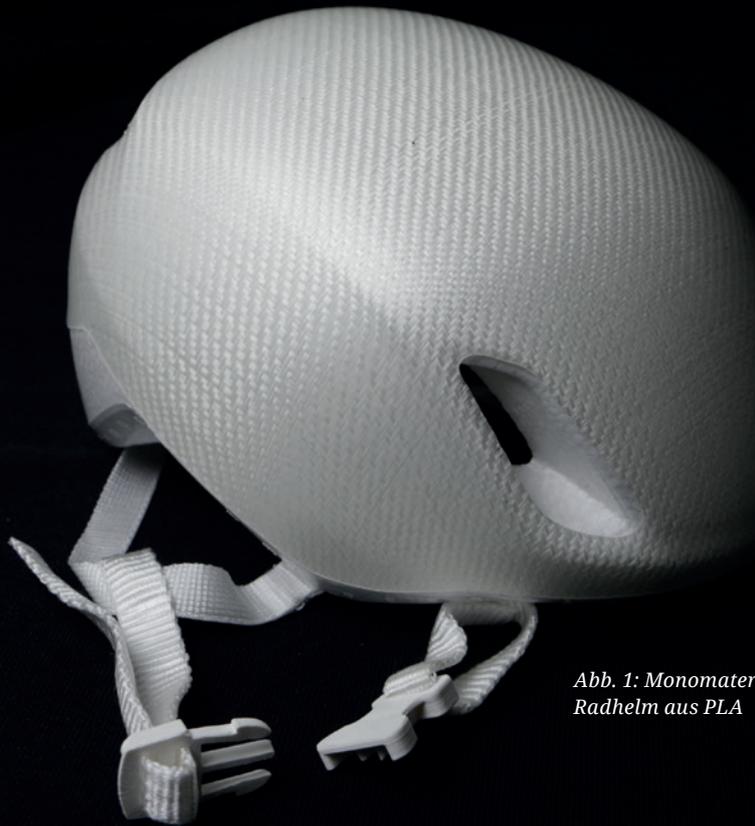


Abb. 1: Monomaterial  
Radhelm aus PLA

Radhelme werden heute im Multi-Material-Design entwickelt: ein stoßdämpfender EPS-Kern, eine evtl. faserverstärkte, versteifende und schützende Schale aus PC, Clips und Sonnensvisiere aus PET werden mit Gurten aus Nylon-Gewebe kombiniert. Das Recycling der Helme wäre nur unter hohem Demontageaufwand möglich, welches sich technisch und wirtschaftlich nicht im industriellen Maßstab umsetzen lässt. Daher werden Helme am Produktlebensende z. B. in Restmüllheizkraftwerken thermisch verwertet.

Die kundenseitige Nachfrage nach kreislauffähigen und biobasierten Produkten nimmt jedoch vor allem in der Sport- und Outdoorbranche stetig zu. Thermoplastische, eigenverstärkte Kunststoffe (EVK) bieten hier eine vielversprechende Alternative zu herkömmlichen Lösungen. Durch die Verwendung desselben Grundpolymers als

Faser- und Matrixmaterial wird ein werkstoffliches Recycling zurück in die gleiche Anwendung ermöglicht. Die Eigenverstärkung basiert auf der Verstreckung der Fasern und dem daraus resultierenden hohen Orientierungsgrad der Moleküle. Diese innovativen Werkstoffe vereinen die Vorteile hoch abrasionsbeständiger Fasern, um dissipative Verluste zu vermeiden, einer hohen Energieabsorption, als auch einer ausgeprägten Kreislauffähigkeit. Durch eine teilweise Konsolidierung eines EVK-Textils wird eine direkte Integration von Versteifungsrippen in den Stoff ermöglicht (siehe Abb. 1).

Eine Kombination mit Schäumen, Folien, Kompaktmaterial und Vliesen, welche alle auf dem gleichen Polymer basieren, lässt ein Baukastensystem der Materialmorphologien entstehen. Unter Berücksichtigungen der spezifischen Bauteil- und Prozessanforderungen können

diese frei kombiniert werden. Die am Fraunhofer ICT entwickelten Materialien und Prozesse ermöglichen eine hohe Flexibilität hinsichtlich Verstärkung, Bauraum, Lasteinleitung, Haptik und weiteren Eigenschaften der Bauteile. Bereits jetzt können komplexe Bauteile im Monomaterialansatz aus biobasierten Kunststoffen auf konventionellen Verarbeitungsanlagen gefertigt werden, wie ein PLA-basierter Radhelme in Abb. 2 demonstriert.

Die Schale wurde aus einer komplex geformten eigenverstärkten PLA-Decklage gefertigt. Gurte, Clips und Größenverstell-System sind ebenso aus PLA. Das EPLA im Kern ist eine biobasierte Lösung zur Substitution von EPS. EPLA bietet zu EPS nicht nur vergleichbare mechanische Eigenschaften, sondern kann auch mit identischer Anlagentechnik verarbeitet werden. Ebenso ist das Formen von dreidimensionalen, strukturellen Teilen mit diesem



Abb. 2: srPLA-Gewebe mit direkt integrierten Versteifungsrippen durch eine teilweise Konsolidierung

am Fraunhofer ICT entwickelten Partikel-Schaum möglich. EPLA kann mit Dichten von 30 kg/m<sup>3</sup> bis 150 kg/m<sup>3</sup> eingesetzt werden, ein breiteres Dichtespektrum wird untersucht. Der Umstieg auf einen PLA-Monomaterial Radhelm ermöglicht es, das CO<sub>2</sub>eq des Helmes um 36 % im Vergleich zu konventionellen Helmen zu reduzieren.

Wie in Abb. 3 dargestellt, konnten die Impact-Eigenschaften und darüber die Schutzwirkung des Helmes durch eine zielgerichtete Morphologieauswahl auf einem vergleichbaren Niveau zu handelsüblichen Helmen eingestellt werden. In seinen variierenden Morphologien kann PLA durch die entwickelten Prozesse neben Helmen, auch für Textilien, Rucksäcke und Protektoren ver-

wendet werden. Ebenso eignet es sich für den Einsatz in semi-strukturellen Anwendungen.

Das Ziel des hier vorgestellten biobasierten Morphologie-Leichtbaus ist es, leichte, kreislauffähige und ressourcenschonende Lösungen für Sportequipment aufzuzeigen. Die Entwicklung und Anwendung von EVK stellt einen bedeutenden Schritt hin zu einer nachhaltigeren Transformation der Sportindustrie dar.

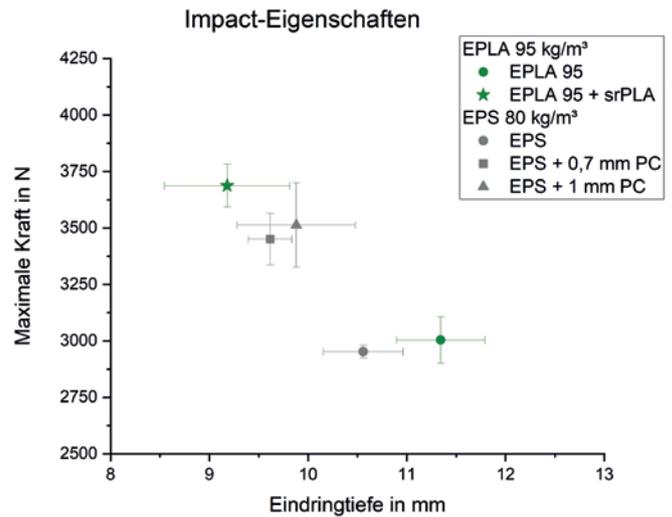


Abb. 3: Impact-Eigenschaften von EPLA in Kombination mit srPLA im Vergleich zu konventionellen Helmmaterialien aus EPS und PC

**ANSPRECHPARTNER**

Wissenschaftliche Mitarbeiter im Bereich Polymer Engineering des Fraunhofer ICT:

Anna Krüger | [anna.krueger@ict.fraunhofer.de](mailto:anna.krueger@ict.fraunhofer.de)

Sascha Kilian | [sascha.kilian@ict.fraunhofer.de](mailto:sascha.kilian@ict.fraunhofer.de)

Janne-Constantin Albrecht  
[janne.constantin.albrecht@ict.fraunhofer.de](mailto:janne.constantin.albrecht@ict.fraunhofer.de)

Sebastian Zürn | [sebastian.zuern@ict.fraunhofer.de](mailto:sebastian.zuern@ict.fraunhofer.de)

**WIR VERBINDEN DIE WELT.**

**Automobil | Sportindustrie**

**Luftfahrt | Boots- und Yachtbau**

**Anlagen- und Maschinenbau**

**Architektur | Motorsport**

**Militär | Windkraft**

Im Bereich Composites produzieren wir Schmaltextilien aus Materialien wie Carbon, Keramik, Glasfaser, Basalt, Vectran®, Hybridgewebe und Draht.

**GÜTH & WOLF**

BAND- UND GURTWEBEREIEN

33330 Gütersloh · Herzebrocker Str. 1-3 · Tel. +49 5241 879-0  
central@gueth-wolf.de · [www.gueth-wolf.de](http://www.gueth-wolf.de)

# RE-USE

## Strategie zum nachhaltigeren Einsatz thermoplastischer CFK-Halbzeuge

Autor: Hagen Dittmar

Endloskohlenstofffaserverstärkte Kunststoffe sind in nahezu allen Leichtbauanwendungen ein begehrtes Konstruktionsmaterial. Dennoch ist das Herstellungsverfahren weiterhin aufwendig und die Produktionskapazität niedrig, sodass hohe Preise für die Kohlenstofffasern und deren Verbundwerkstoffhalbzeuge anfallen.

In der Fertigung von Verbundwerkstoffbauteilen werden vor allem einlagige Kohlenstofffasertapes oder Gewebelagen verwendet, welche entsprechend den Anwendungsanforderungen mit wechselnder Ausrichtung der Faserorientierung gestapelt werden, bis die ausgelegte Dicke und Belastungsfähigkeit erreicht ist. Dieses Stapeln erfordert den Zuschnitt der Faserhalbzeuge auf Endkonturnähe und hinterlässt im Regelfall Verschnittreste, welche selten weitere Verwendung finden. Diese Verschnittreste werden z.B. gesammelt, geschreddert und Beton beigemischt. Häufig werden sie auch der thermischen Verwertung zugeführt.

Im Projekt Re-use (03LB3068) arbeiten der Maschinenbauer KMS Technology Center, die Vereinigten Elektronikwerkstätten und das Laser Zentrum Hannover zusammen mit Airbus an der Entwicklung einer Anlage (vgl. Abb. 2) und eines Verfahrens zur Herstellung von langfaserverstärkten CFK-Halbzeugen, um eine deutliche Verbesserung der Ressourcennutzung zu erzielen. In dem Verfahren werden aus den Verschnittresten

uniforme Chips hergestellt, welche ausschließlich über Fasern gleicher Länge verfügen. Dazu wird eine Anlage entwickelt, welche mit sich nicht überlappenden, einlagigen Verschnittresten bestückbar ist. Ein Kamerasystem erkennt Form und Größe der Halbzeugreste und ihre Position auf der Arbeitsfläche. Es ermittelt jeweils die vorliegende Faserorientierung des Reststücks und ein Schnittmuster, welches eine möglichst große Anzahl Chips erzeugt. Die Koordinaten des Schnittmusters werden mit den Halbzeugresten auf der Arbeitsfläche an eine Laserstation übermittelt, welche mittels eines Schneidprozesses für Kohlenstofffasern die Vereinzelung der Verschnittreste zu Chips vornimmt.

Im Projekt werden Chips mit verschiedenen Bindungsarten und Faserlängen zwischen 10–20 mm produziert, vgl. Abb. 1. Die Langfaser-Chips werden stochastisch verteilt in ein Formwerkzeug gegeben, um daraus Laminat zu pressen. Daraus werden Prüfkörper zur Charakterisierung der verwendeten Chips gewonnen, um zu ermitteln, wie sich unterschiedliche Faserlängen der Chips auf mechanische Eigenschaften der Lamine auswirken. Mit dem entwickelten laserbasierten Verfahren und der neuartigen Anlagentechnik wird gezeigt, dass mithilfe eines flexiblen und schnellen Prozesses die bei der Herstellung von endlosfaserverstärkten, thermoplastischen Kohlenstofffaserverbundwerkstoffen eingesetzten Rohstoffe und die dabei verbrauchte Energie eine höhere Nachhaltigkeit in hochwertigen Produkten erzielen.

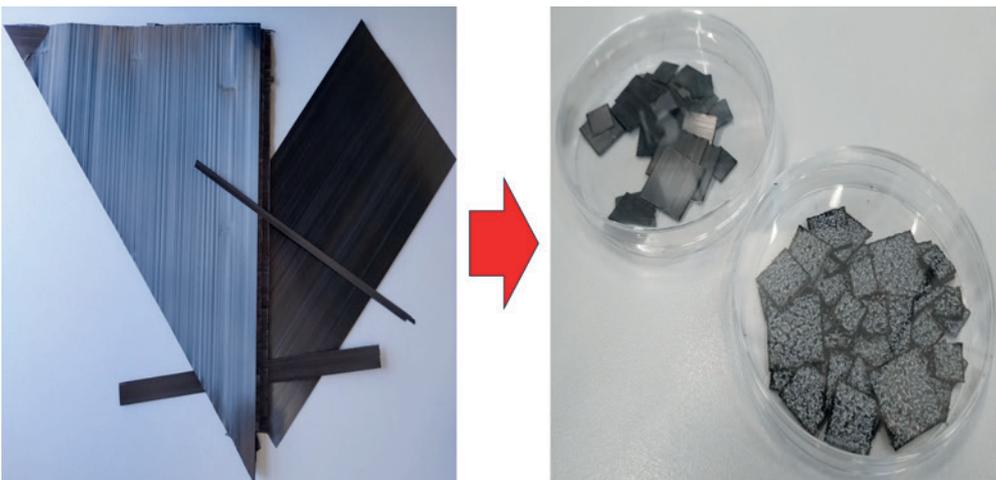
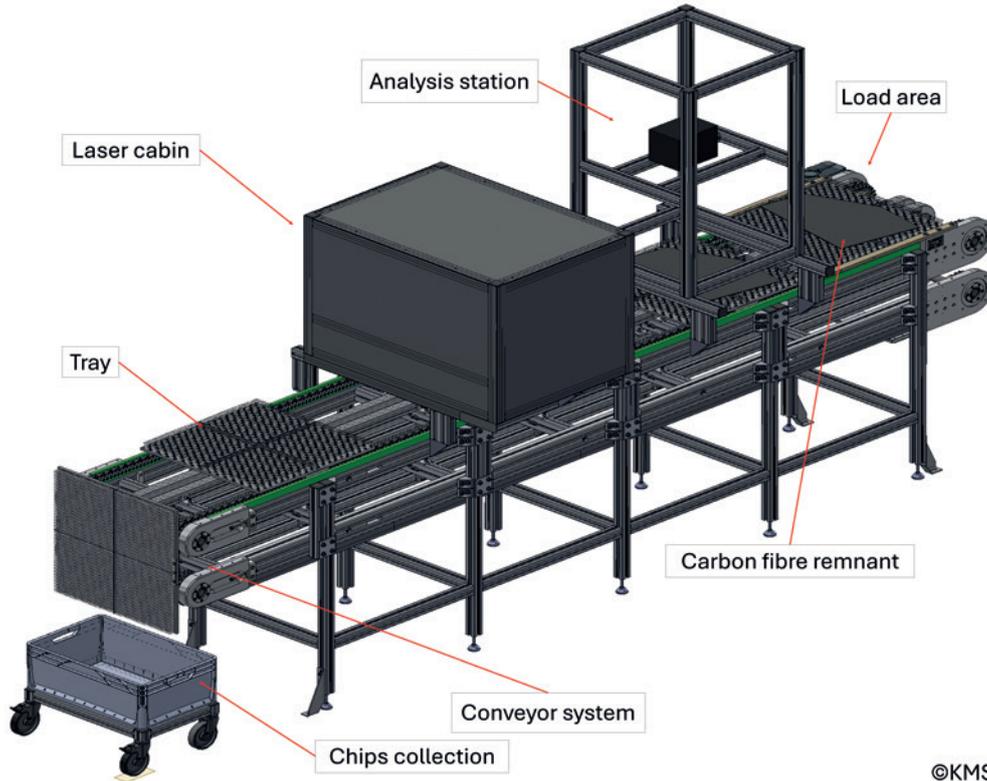


Abb. 1:  
Kohlenstofffaser-Halbzeugreste  
und verschiedenartige Chips



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

**ANSPRECHPARTNER**

Hagen Dittmar  
h.dittmar@lzh.de

Laser Zentrum Hannover  
Hollerithallee 8  
D-30419 Hannover

©KMS

Abb. 2: Re-use Anlagenkonzept



UD tapes  
in different widths



Sheets and forming parts  
from UD tapes



New appearance design  
with chopped UD tapes

Unidirectional thermoplastic tape made of  
carbon fiber and polypropylene

**TAFNEX™ CF-PP UD**



**Mitsui Chemicals**  
Group

Visit us @ [www.tafnex.eu](http://www.tafnex.eu)

# NATUREDEEPPDRAW

## Nachhaltige Organobleche für Vakuumentiefziehverfahren

Autor: Agata Ryzewska, Santino Wist, Tim Vosmer, Thomas Gries

Im Rahmen des Forschungsprojekts NatureDeepDraw wird ein innovatives, naturfaserverstärktes, thermoplastisches Halbzeug (Organoblech) entwickelt, das speziell für den Einsatz in Vakuumentiefziehprozessen optimiert wird.

Gegenwärtig werden bei dieser Art von Umformung hauptsächlich Halbzeuge aus Kohlenstoff- und Glasfasern verwendet. Ihre breite Anwendung in der Serienfertigung bringt jedoch mit sich eine Herausforderung, die zu hoher Fehleranfälligkeit des Halbzeuges führt. Diese Problematik ist auf die mangelnde plastische Verformbarkeit und die eingeschränkte Drapierbarkeit dieser Materialien zurückzuführen. Defizite in beiden Eigenschaften führen dazu, dass Deformationsmechanismen bei der Abbildung von komplexen Geometrien (z. B. bei konvexer Form) deutlich verstärkt werden. Übermäßige Kräfte, die in den Materiallagen/einzelnen Bündeln von Fasern wirken, führen letztendlich zu Materialdefekten wie Falten, Verzerrungen oder Faserausdünnungen (Abb. 1).

Naturfaserverstärkte Kunststoffe (NFK) sind neben Carbon- und Glasfaserverstärkten Kunststoffen an dritter Stelle der mengenmäßig bedeutendsten Materialgruppen. Ein wesentlicher Vorteil von Naturfasern liegt in ihrer verformbaren Garnstruktur, die sie anfälliger für Verformungen macht und dadurch Drapierung vereinfacht. Zusätzlich bieten sie die für Textilien wichtigen Performance-Eigenschaften – sie weisen eine hohe Festig-

keit bei gleichzeitig geringem Gewicht auf. Die Kombination dieser Eigenschaften mit vollständig biologisch abbaubaren Harzen bietet die Möglichkeit, ein innovatives und recyclingfähiges Material für Thermoformverfahren herzustellen und dadurch Ziel unseres Projekts zu erreichen (Abb. 2).

Ein zentraler Aspekt des Projekts ist Nutzung des Potenzials natürlicher, nachwachsender Rohstoffe in innovativen Verfahren der Verbundstoffherstellung. Das entwickelte Material wird aus Flachs, Kenaf oder Hanf im

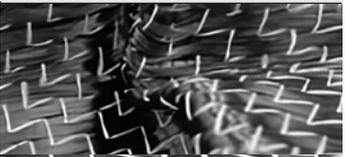
DRAPIERFEHLER	DARSTELLUNG
FALTE	
GASSE	
FASERRISS	

Abb. 1: Veranschaulichung der Drapierfehler

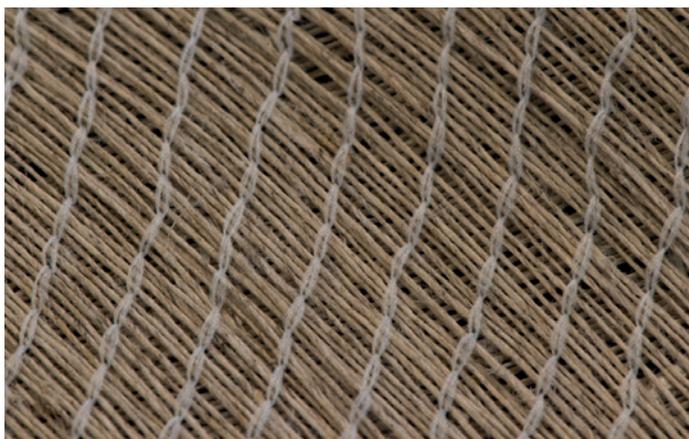


Abb. 1

Vakuumentiefziehprozess hergestellt. Beschädigte oder fehlerhafte Bauteile, die durch den Prozess entstehen, werden in dem ersten Teil der Prozesskette zurückgeführt und funktionieren in einem Recyclingkreislauf.

Unsere Forschung verdeutlicht, dass NatureDeepDraw einen Schlüsselansatz für die Industrie bietet, insbesondere für kleine und mittelständische Unternehmen (KMU). Mit den gewonnenen Erkenntnissen können KMU kostspielige Investitionen in neue Anlagen vermeiden und gleichzeitig hochfeste, nachhaltige Materialien effizient herstellen. Dieses innovative Konzept verbindet wirtschaftliche Vorteile mit ökologischer Verantwortung und stärkt so die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen nachhaltig.

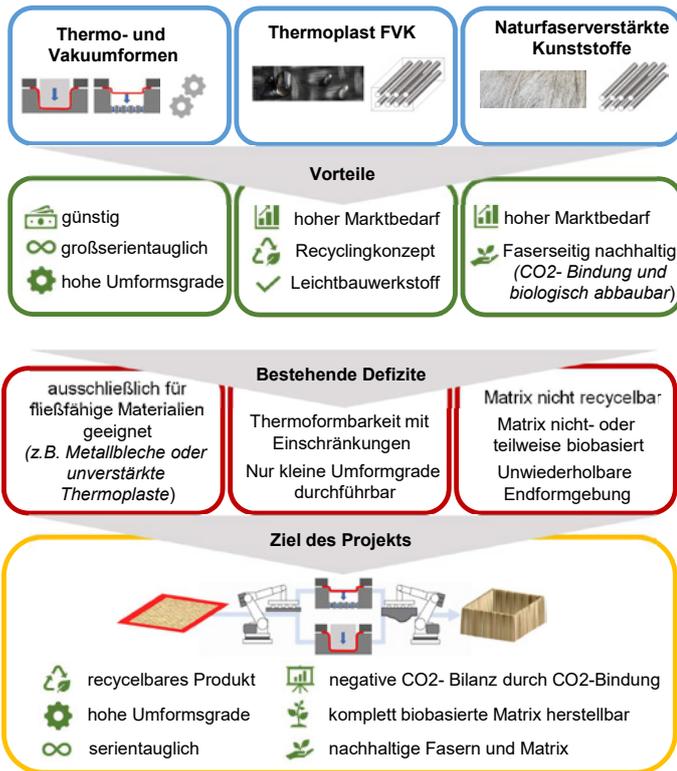


Abb. 2: Ableitung des Projektvorhabens aus den Defiziten des Stands der Technik

## DANKSAGUNG

Wir danken dem Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) und dem DLR Projektträger für die Förderung dieses Forschungsprojektes.



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

## ANSPRECHPARTNER

Agata Ryzewska | ryzewska@ita.rwth-aachen.de

ITA – Institut für Textiltechnik  
RWTH Aachen University  
Otto-Blumenthal-Straße 1 | D-52074 Aachen

Literaturverzeichnis: [Wis19] Wist, S. Entwicklung eines Geometrieanalysewerkzeugs zur Bewertung der Bauteilkomplexität bezüglich unidirektionaler Textilhälbzeuge Masterarbeit, RWTH, Institut für Textiltechnik, Aachen, 2019

# Advanced Composites Bewegung im Markt

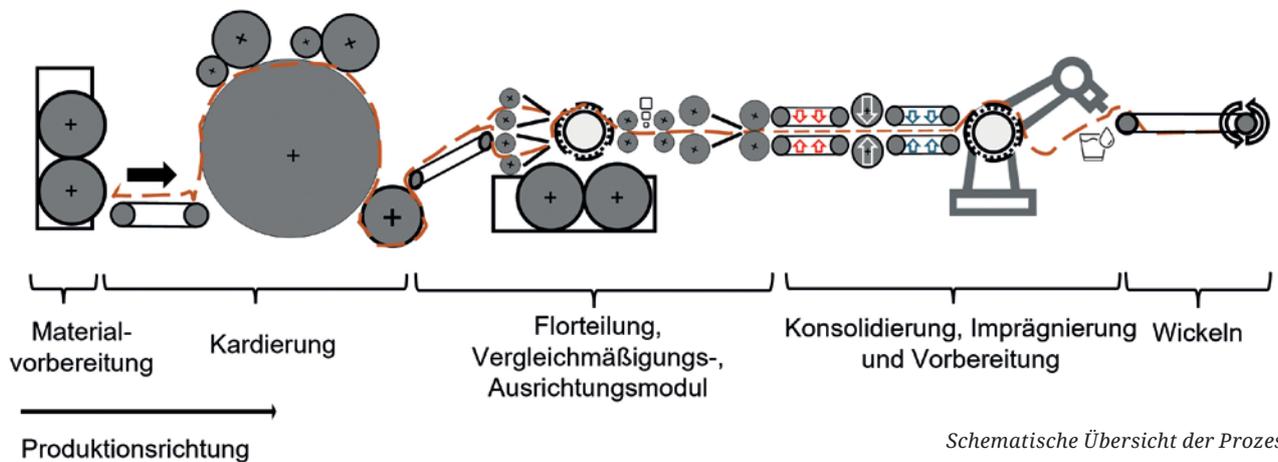
Windenergie ist eine der Schlüsseltechnologien unserer Zeit. Unsere hochqualitativen Prozessadditive und Haftvermittler sorgen für eine optimale Harzinfusion und ermöglichen die Produktion von leichteren und zugleich stärkeren Composite-Strukturen. Dies führt zu energieeffizienteren, beständigeren Komponenten – und nicht zuletzt interessanten Kosteneinsparpotenzialen.

[www.byk.com](http://www.byk.com)

# Herstellungsprozess für hochorientierte TAPES AUS PYROLYSIERTEN CARBONFASERN

## Eine kontinuierliche Prozesskette

Autoren: Felix Teichmann, Christoph Klemm, Simon Krauß (Institut für Textiltechnik Augsburg),  
Mesut Cetin (Technische Hochschule Augsburg,)



Faserverbundwerkstoffe haben sich in den letzten Jahrzehnten als Schlüsselmaterialien für anspruchsvollste Anwendungen etabliert. Sie bestehen aus einer Kombination von Fasern und einer Matrix, wobei die Fasern für Festigkeit und Steifigkeit sorgen, während die Matrix die Fasern schützt und miteinander verbindet. Diese Synergie ermöglicht es, Werkstoffe herzustellen, die sowohl leicht als auch mechanisch hoch belastbar sind. Ein zentraler Schritt bei der Herstellung von Faserverbundbauteilen ist die Produktion der textilen Faserhalbzeuge, die als Ausgangsmaterial für die Bauteilfertigung dienen. Gewebe, Geflechte oder unidirektionale Tapes

bieten definierte Materialeigenschaften, die speziell auf die Anforderungen des Produktes abgestimmt werden können. Besonders Tapes, die aus parallel ausgerichteten Fasern bestehen, ermöglichen eine präzise Auslegung und damit eine optimale Anpassung an die Lastpfade im Bauteil. Durch den Einsatz moderner Fertigungstechnologien wie robotergestützter Ablageverfahren lassen sich mit Tapes nicht nur komplexe Strukturen herstellen, sondern auch effizient höchste mechanische Bauteileigenschaften erzielen. Diese Eigenschaften machen Tapes zu einem entscheidenden Element in der Entwicklung leistungsfähiger Faserverbundbauteile.



Unterschiedliche RecyTapes

Beim Recycling von Carbonfasern (rCF) geht die geordnete Faserausrichtung verloren. Die zufällige Faserorientierung schränkt jedoch die Einsatzmöglichkeiten ein, da die Carbonfasern nicht ihr volles Potenzial entfalten können. Das ITA Augsburg arbeitet daher im Projekt GReTa (German Engineered Renewable Wind Turbine Blade - 03LB3087E) daran, die wirren Fasern wieder auszurichten, um ein orientiertes Halbzeug mit Eigenschaften ähnlich einem Produkts aus Neufasern herzustellen. In dem Projekt wird der Nasswickelprozess angestrebt, bei welchem das trockene Fasertape durch ein Harzbad gezogen und anschließend um eine Rippenstruktur gewickelt wird. Das rCF-Tape besteht im Projekt aus einem rCF-Gewichtsanteil von 95 % und lediglich

5 % Bindefaser. Die Bindefasern werden benötigt, um die Verarbeitbarkeit der Tapes zu gewährleisten. Die gesamte Prozesskette ist dabei auf hohe Produktivität ausgelegt, um zum Projektende einen 22 m großen Demonstrator zu bauen.

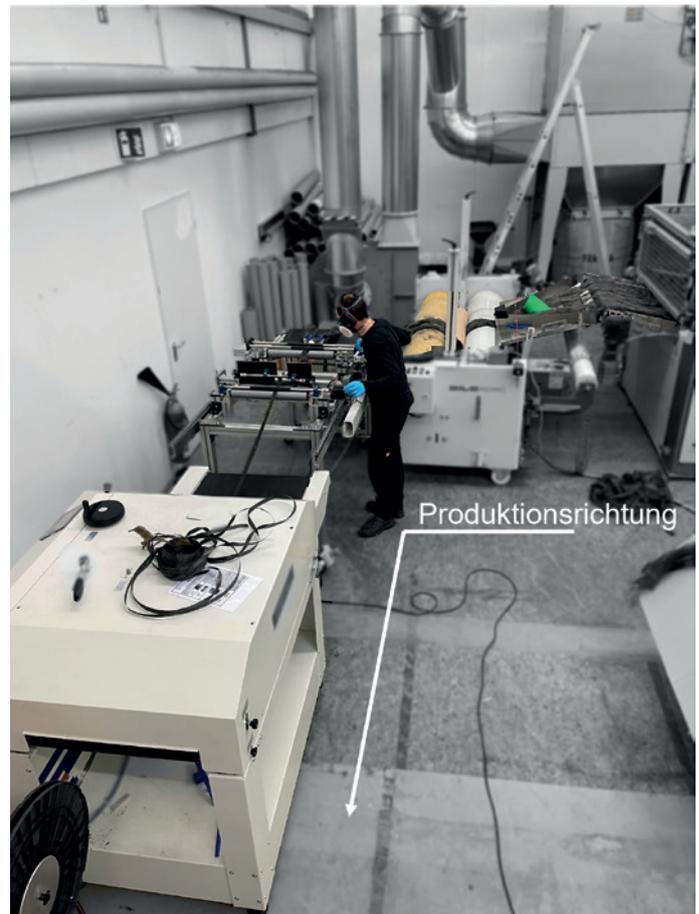
In der Prozesskette werden die rCF zu Beginn mit den Bindefasern gemischt und in der Faservorbereitung homogen vermengt. Die Fasermischung wird anschließend einer Krempel vorgelegt, zur Vereinzelnung der Fasern und weiteren Mischung. Der Krempelprozess erzeugt dabei einen Faserflor, welcher prozessbedingt Massechwankungen aufweist. Im Auslauf der Krempel wird der Flor daher geteilt und zu separaten Bändern gefasst. Diese Bänder werden umgelenkt und gemeinsam einem massegeregelten Streckwerk zugeführt. Die Umlenkung erzeugt einen Längsversatz der Bänder, welcher zusammen mit dem Streckwerk zu einer höheren Massegleichmäßigkeit des Bandes führt. Das homogenisierte Faserband wird im nächsten Prozessschritt der Faserausrichtungseinheit zugeführt. Im letzten Schritt der Prozesskette wird das Band zu einem Tape geformt. Dabei werden die Kanten geglättet und mittels der Bindefasern die Tapeform fixiert. Für die Fixierung werden die Binderfasern aufgeschmolzen und unter Druck abgekühlt.

Dieser Prozess läuft kontinuierlich in Reihe mit aktuell 5 m/min, erzeugt Tapes in der Breite von ¼ oder ½ Zoll mit möglichen Flächengewichten zwischen 150–350 g/m<sup>2</sup>. Als Recyclingfasern werden pyrolysierte Carbonfasern eines Projektpartners genutzt. Neben der im Projekt verwendeten Fasermischung können auch thermoplastische Tapes mit bis zu 40 %-Faservolumengehalt (FVG) hergestellt werden. Die mechanischen Eigenschaften variieren und erreichen Werte von ca. 40 % bzw. 60 % für die Zugfestigkeit und den Zugmodul, gegenüber vergleichbaren Neufaserhalbzeugen. Angestrebt bis Projektende werden jeweils 80 % für diese beiden mechanischen Kennwerte bei einem FVG von 50 % und einer Produktionsgeschwindigkeit von 9 m/min.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



Prozesskette in der Realität

## ANSPRECHPARTNER

Felix Teichmann | felix.teichmann@ita-augsburg.de  
Christoph Klemm | christoph.klemm@ita-augsburg.de  
Simon Krauß | simon.krauss@ita-augsburg.de

Institut für Textiltechnik Augsburg  
Am Technologiezentrum 5 | D-86159 Augsburg

Mesut Cetin

Technische Hochschule Augsburg  
An der Hochschule 1 | D-86161 Augsburg

**WOLFANGEL**<sup>®</sup>  
COMPOSITE EQUIPMENT



**GREMOLITH**  
Resins & Composites

Sie stellen großartige Produkte her.  
Wir Lösungen mit Mehrwert.

+ gremolith.ch

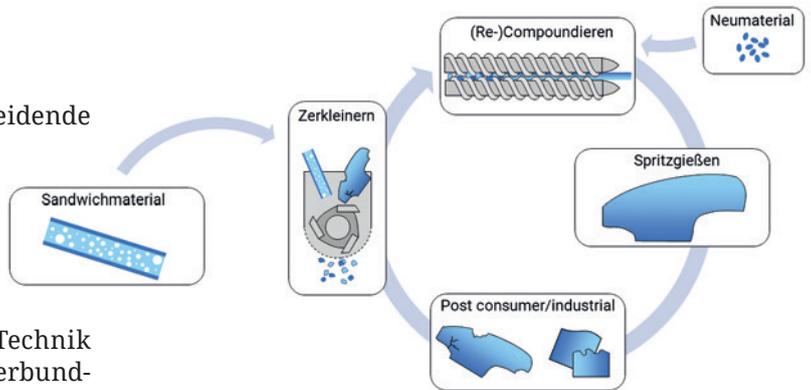
Innovative Recyclingstrategien für Naturfaser-Sandwichmaterialien:

# EFFIZIENTE WIEDERVERWERTUNG

mit vielseitigen Anwendungsmöglichkeiten

Autor: Florian Tautenhain, Benji Mojzes, Sebastian Buschbeck

Das Formpressverfahren spielt eine entscheidende Rolle bei der Herstellung von Formteilen, die in Schlüsselbranchen wie der Automobil- und Bauindustrie zum Einsatz kommen. Etabliert ist der Einsatz von thermoplastischen Fasern, kombiniert mit Naturfasern oder Sandwichstrukturen aus Schaumkern und Vliesstoffdecklagen – Technologien, die dem Stand der Technik entsprechen. Am Ende des Lebenszyklus dieser Verbundwerkstoffe steht oft eine thermische Verwertung, aber hier kommt eine vielversprechende Lösung ins Spiel: das stoffliche Recycling. Mit einer Kombination aus mechanischer Vorzerkleinerung und angepasster Dosier- sowie Compoundiertechnologie wird eine Recyclingkaskade realistisch, die eine äußerst effiziente Materialnutzung ermöglicht. Erste Ergebnisse beweisen bereits, dass auch Sandwichmaterialien mit niedriger Schüttdichte erfolgreich zu spritzgießfähigen Rezyklaten verarbeitet werden können. Dies ist ein großer Schritt in Richtung einer nachhaltigeren und ressourcenschonenderen Zukunft.



## MATERIALAUFBEREITUNG UND GRANULIERUNG

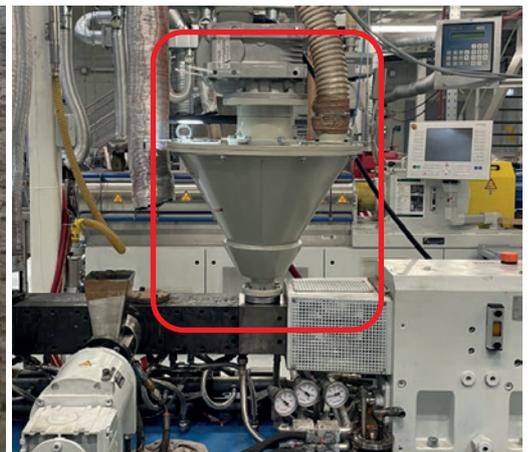
Die Vorzerkleinerung der Sandwichbauteile erfolgt mittels einer Schneidmühle. Das Material wird anschließend durch eine volumetrische Dosiereinheit der Compoundieranlage zugeführt. Im Vergleich zur ebenfalls untersuchten gravimetrischen Dosierung bietet die volumetrische Methode eine kontinuierliche, prä-



Abb. 1: NF/PP-PET-Sandwichmaterial



Abb. 2: Compoundiersuche links: NF/PP-PET-Schnitzel mit geringer Schüttdichte; rechts: Compounder mit Stopfwerk (rot) für die Materialdosierung



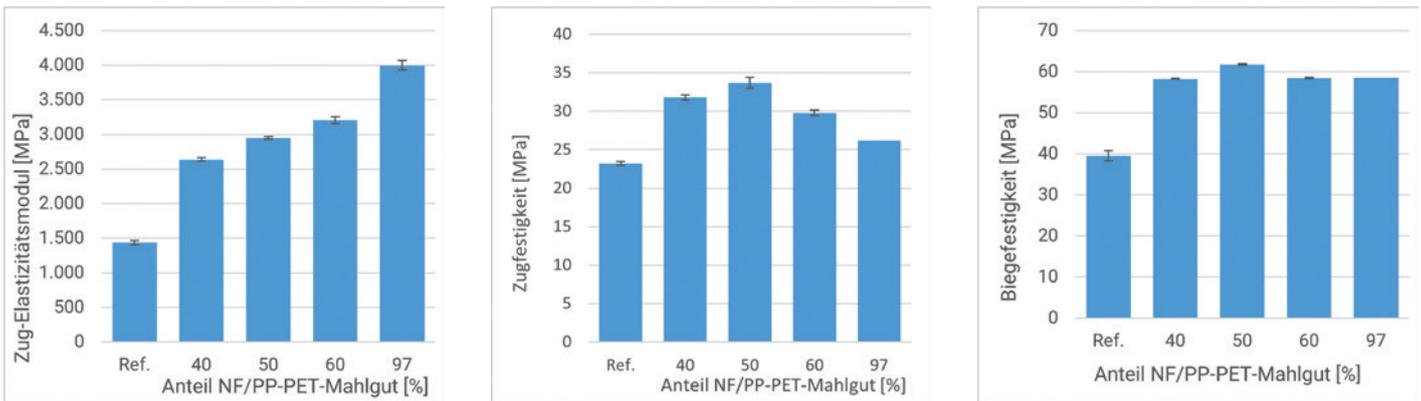


Abb. 3: Vergleich der mechanischen Eigenschaften von PP mit unterschiedlicher Anteil von NF/PP-PET-Mahlgut links: Zug-Elastizitätsmodul aus dem Zugversuch nach DIN EN ISO 527-2; Mitte: Zugfestigkeit aus dem Zugversuch nach DIN EN ISO 527-2; rechts: Biegefestigkeit aus dem Biegeversuch nach DIN EN ISO 178

zise Materialzufuhr. Eine Herausforderung liegt in der geringen Schüttdichte und der Neigung zur Brückenbildung, die die Prozessführung erschweren. Verschiedene Dosierverfahren wurden implementiert, u. a. ein konisches Stopfwerk, flexible Behältergeometrien und Massagepaddel. Diese Maßnahmen stabilisierten die Materialförderung und ermöglichten eine zuverlässige Prozessführung. Für die Granulierung wurden die NF/PP-PET-Sandwichmaterialien mit Haftvermittlern wie Scona TPPP 8112 GA sowie Polypropylen-Neumaterial (40–60 %) versetzt, was die Prozesskontinuität erheblich verbesserte. Zugleich beeinflusste die Materialzusammensetzung die Homogenität des Strangabzugs und die Expansion des geschäumten PET-Kerns.

## MECHANISCHE EIGENSCHAFTEN DES REZYKLIERTEN GRANULATS

Mechanische Tests zeigen, dass der Zug- und Biege-Elastizitätsmodul mit steigendem Mahlgutanteil kontinuierlich zunahm. Ein hoher Mahlgutanteil führte zu erheblichen Verbesserungen der Steifigkeit. Die Zug- und Biegefestigkeit erreichten ihr Maximum bei einem mittleren Mahlgutanteil, während die Schlagzähigkeit in einem breiten Bereich stabil blieb, jedoch im Vergleich zu reinem PP-Material reduziert war.

## FAZIT

Die Untersuchungen zeigen, dass durch optimierte Dosierverfahren und gezielte Materialzugaben eine kontinuierliche Wiederverwertung von NF/PP-PET-Sandwichmaterialien erfolgreich umgesetzt werden kann. Die erzeugten Regranulate sind für das Spritzgießen geeignet, wobei die mechanischen Eigenschaften weitgehend erhalten bleiben. Zukünftige Arbeiten könnten sich auf die Entwicklung von Additiven zur Schlagzähigkeitserhöhung konzentrieren. Insgesamt bieten die Technologien vielversprechende Möglichkeiten für nachhaltiges Recycling und innovative Anwendungen in der Kunststoffverarbeitung.

## ANSPRECHPARTNER

Florian Tautenhain | [florian.tautenhain@mb.tu-chemnitz.de](mailto:florian.tautenhain@mb.tu-chemnitz.de)  
Benji Mojzes | [benji.mojzes@mb.tu-chemnitz.de](mailto:benji.mojzes@mb.tu-chemnitz.de)  
Sebastian Buschbeck | [sebastian.buschbeck@mb.tu-chemnitz.de](mailto:sebastian.buschbeck@mb.tu-chemnitz.de)

Technische Universität Chemnitz  
Reichenhainer Str. 31/33 | D-09126 Chemnitz



**High Performance Composites**

Kunststoffverarbeitung Reich GmbH

Am Kornfeld 2  
86932 Pürgen  
+49 (0)81 96 93 03 -10  
[info@reich-tank.de](mailto:info@reich-tank.de)





# REZYKLIERTE KOHLENSTOFFFASERN

als nachhaltige Lösung im Sportbereich

Autor: Prof. Dr.-Ing. Marc Siebert



Abb. 1:

Rezyklierte Kohlenstofffasern (rCF) können bislang nur in Form von Kurzfasern für Spritzguss oder für die Herstellung von Vliesstoffen verarbeitet werden. Diese Produktklasse bietet ausgeprägte Materialeigenschaften, die deutlich oberhalb von unverstärkten Kunststoffen, jedoch gleichzeitig deutlich unter Hochleistungs-CFK-Laminaten liegen. Der Leistungsmangel korrespondiert schlicht mit dem sehr niedrigen Faservolumengehalt, der derzeit mit etwa 35 % für ein isotropes Vlies gedeckelt ist. Daher ist es in der Faserverbundindustrie die Meinung verbreitet, dass hier die Grenze von rCF-Halbzeugen im Hinblick auf die technische Machbarkeit und die Recyclingkosten liege.

Entgegen dieser Überzeugung zielt das Projekt Recywind darauf ab, rCF-Halbzeuge hinsichtlich ihrer mechanischen Eigenschaften so zu verbessern, dass sie Neufasermaterial in strukturellen Anwendungen tatsächlich ersetzen können. Nur dann kann eine echte Zirkularität für CFK-basierte Verbundwerkstoffe erreicht werden. Diese Vision wird von der Firma V Carbon GmbH in einer langfristigen Zusammenarbeit mit dem Institut für Kunststofftechnik – IKT der Fachhochschule Nordwestschweiz in Windisch getragen. Es wurden dafür zwei rCF-Halbzeugformate entwickelt: 1. Stapelfasertape, welches einen ebenen, breiten Querschnitt aufweist und für flächige, dünnwandige Bauteile geeignet ist und



Abb. 1: Rückgewonnene Carbonfasern nach der Solvolyse

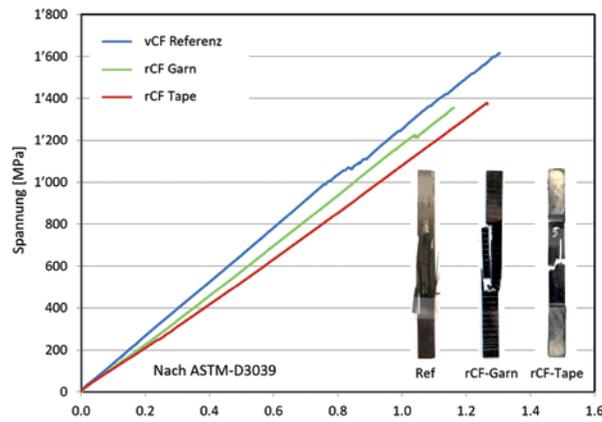


Abb. 2: Spannungs-Dehnungskurven von rCF-Tape/Garn UD-Coupons im Vergleich zur Neufaserreferenz



Abb. 3: Herstellung der Rohrsegmente mittels Trockenwickelverfahren

2. Stapelfaser-Garn mit einem runden Querschnitt, welches sich für Wickelstrukturen eignet.

Gemeinsam mit dem Rahmenbauer SPIN und der CG TEC GmbH wurde ein Rennradrahmen entworfen, um die Anwendbarkeit von 2nd-Life-Material als echtes Strukturbauteil zu demonstrieren. Insbesondere in der Fahrradbranche gibt es noch kein wirkliches Recyclingziel, sodass hier die Demonstration von CFK-Recycling und Zirkularität eine besondere Wirkung hat.

Anhand mechanischer Bauteiltests wurden rCF-spezifische Knock-Down-Faktoren definiert. Um die prozessspezifischen Anforderungen auf breiter Basis bewerten zu können, wurden vier Herstellungsprozesse untersucht: 1. Nasswickeln mit anschließender Autoklavinfusion, 2. Rollwrapping mit UD-Prepreg, 3. das Schlauchblasverfahren mit Gewebe-Prepreg sowie 4. das Nasspressen mit Trockengewebe. Alle Einzelkomponenten wurden mit insitu-Muffen im „Tube-to-Tube“-Montageprozess verklebt. Der Rahmen wurde auf statische Lenkkopfstufigkeit getestet und erreicht den vorgeschriebenen Mindestwert. Mit Unterstützung der Partner Schmolke, Carbovation, DT-Swiss und Schwalbe wurde ein Fahrrad aufgebaut und von mehreren Personen in variablem Gelände erfolgreich getestet.

Zur wirtschaftlichen und ökologischen Verarbeitung von rCF präsentiert sich keine Alternative, da dessen Wert einfach zu hoch ist, um ihn auf eine Deponie, in die Verbrennung oder ins Downcycling zu geben. Daher soll rCF als weitere Rohstoffquelle in Betracht gezogen werden. Bemerkenswert ist, dass der Einsatz von rCF im CFK-Herstellungsprozess im Vergleich zum Einsatz von Neufaser-CF zu einer Reduzierung des Energieverbrauchs um bis zu 80 % führen kann. Erhebliche Energieeinsparungen liegen schätzungsweise bei 50–130 kWh pro kg CF. Dies ist ein Wendepunkt für die CFK-Industrie und jeder Schritt zur Verringerung des CO<sub>2</sub>-Äquivalent-Fußabdrucks pro kg CFK wird von Vorteil sein.

**SPIN**  
INDIVIDUAL FRAMES

**CG TEC**  
Innovative Faserverbund Technologie

**n | w**

Fachhochschule Nordwestschweiz  
Hochschule für Technik und Umwelt

#### ANSPRECHPARTNER

Prof. Dr.-Ing. Marc Siebert  
PFH at Hansecampus Stade and Partner at SPIN  
siebert@pfh.de | +49 (0) 160 96411288

PFH Private Hochschule Göttingen  
Hansecampus Stade  
Airbusstr. 6  
D-21684 Stade

Dr.-Ing. Julian Kupski  
julian.kupski@fhnw.ch | +41 (0) 76 2985117

Fachhochschule Nordwestschweiz  
FHNW Hochschule für Technik und Umwelt  
Klosterzelgstrasse 2  
CH-5210 Windisch

Leo Walker  
leo.walker@v-carbon.ch | +49 (0) 171 8108149

V Carbon GmbH  
Unterriedenstrasse 43  
CH-5412 Gebenstorf



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Swiss Confederation

Innosuisse – Swiss Innovation Agency





» Wir flechten, Sie bauen! «

Unsere Leidenschaft und Expertise liegen im Flechten:  
Ob flexible Schläuche, robuste Bänder oder präzise Kordeln –  
wir entwickeln maßgeschneiderte Lösungen für Ihre individuellen  
Anforderungen.

Mit nachhaltiger Energie produziert, für eine grüne Zukunft!

Flecht- und Isoliertechnologie  
Holzmüller GmbH & Co.KG

Schreiben Sie uns eine Nachricht!



## 70 Jahre Erfahrung

Seit 70 Jahren stehen wir als verlässlicher Partner für innovative Faserverstärkungen in der Composite-Industrie – von Leichtbau über Orthopädie bis hin zu Spezialanwendungen.

Mit über 400 hochmodernen Maschinen und mehr als 100 Hochleistungsmaterialien beliefern wir weltweit über 14 Branchen mit Produkten, die Maßstäbe setzen.



## Anwendungsgebiete

- ✓ Automobiltechnik
- ✓ Energieindustrie
- ✓ Luftfahrtindustrie
- ✓ Schienenindustrie
- ✓ Medizintechnik
- ✓ Elektromobilität

» Kunden- & Projektbezogene Entwicklungen





Palmstr. 27  
D-84387 Julbach

T +49-8571-922 970  
M [siltex@siltex.de](mailto:siltex@siltex.de)  
[www.siltex.de](http://www.siltex.de)

**SILTEX**  
*Engineering Your Success*



### Hybride Faserstrukturen – Technik trifft Design!

Sie möchten verschiedene technische Fasern in einem Schlauch vereinen?  
Kein Problem – wir machen es möglich!

Unsere Schläuche, Bänder und Kordeln sind nicht nur funktional, sondern auch optisch ein Highlight.



### Elektroisolierung gewünscht?

Wir flechten nicht nur – wir beschichten! Mit Silikon, Polyurethan und anderen Hightech-Materialien schaffen wir Elektroisolierung und mehr.

Funktional, langlebig, perfekt für Ihre Anforderungen.

**SILTEX – geflochten und veredelt!**



### Wir flechten alles!

Mit über 100 verschiedenen Fasermaterialien und jahrzehntelanger Erfahrung setzen wir Maßstäbe. Ob Carbon, Aramid, Glasfasern, Flachs, Baumwolle, Polyester oder Polyamide – wir haben die perfekte Lösung für jede Anwendung.



### Compositeprodukte

Sie möchten ein Bauteil?  
Kein Problem! Unsere Produkte sind äußerst flexibel und formbar.

Keine Lust auf klebriges Harz?  
Entdecken Sie unsere Carbonprodukte mit integrierter Schmelzfaser – für saubere, effiziente und formbare Bauteile ohne den üblichen Harzaufwand.

# PIONIERARBEIT

## in Sachen Nachhaltigkeit

*Das neue Projekt „HiCarR“ soll das Recycling von Kohlenstofffasern durch die Entwicklung eines hochpräzisen Krempelbands revolutionieren*

*Autoren: Miriam Preinfalck, Julian Kupski*

**A**ngesichts der großen Mengen an anfallendem Verbundwerkstoff-Abfall und des erheblichen CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks von Kohlenstofffaserprodukten ist die dringende Notwendigkeit des Recyclings von Kohlenstofffasern heute unbestritten. Leider sind die möglichen Einsatzbereiche von recycelten Kohlenstofffasern (rCF) im Vergleich zu neuen Kohlenstofffasern (vCF) erheblich eingeschränkt. Dies liegt daran, dass die beiden Hauptvorteile von vCF – Länge und Orientierung – während des Recyclingprozesses verloren gehen, wodurch rCF verkürzt und in Wirrlage vorliegen.

In den letzten Jahren hat es vermehrt Bemühungen gegeben, um rCF in neu orientierte Halbzeuge umzuwandeln. In diesem Zusammenhang wurde der Krempelprozess als

der entscheidende Schritt zur Herstellung hochwertiger Zwischenprodukte identifiziert. Denn Untersuchungen haben gezeigt, dass Masseschwankungen des Faserbandes nur schwer in nachgeschalteten Prozessschritten korrigiert werden können, und die Verstreckung von ungleichmäßigen rCF-Krempelbändern zur Bildung von Paketverzügen neigt.

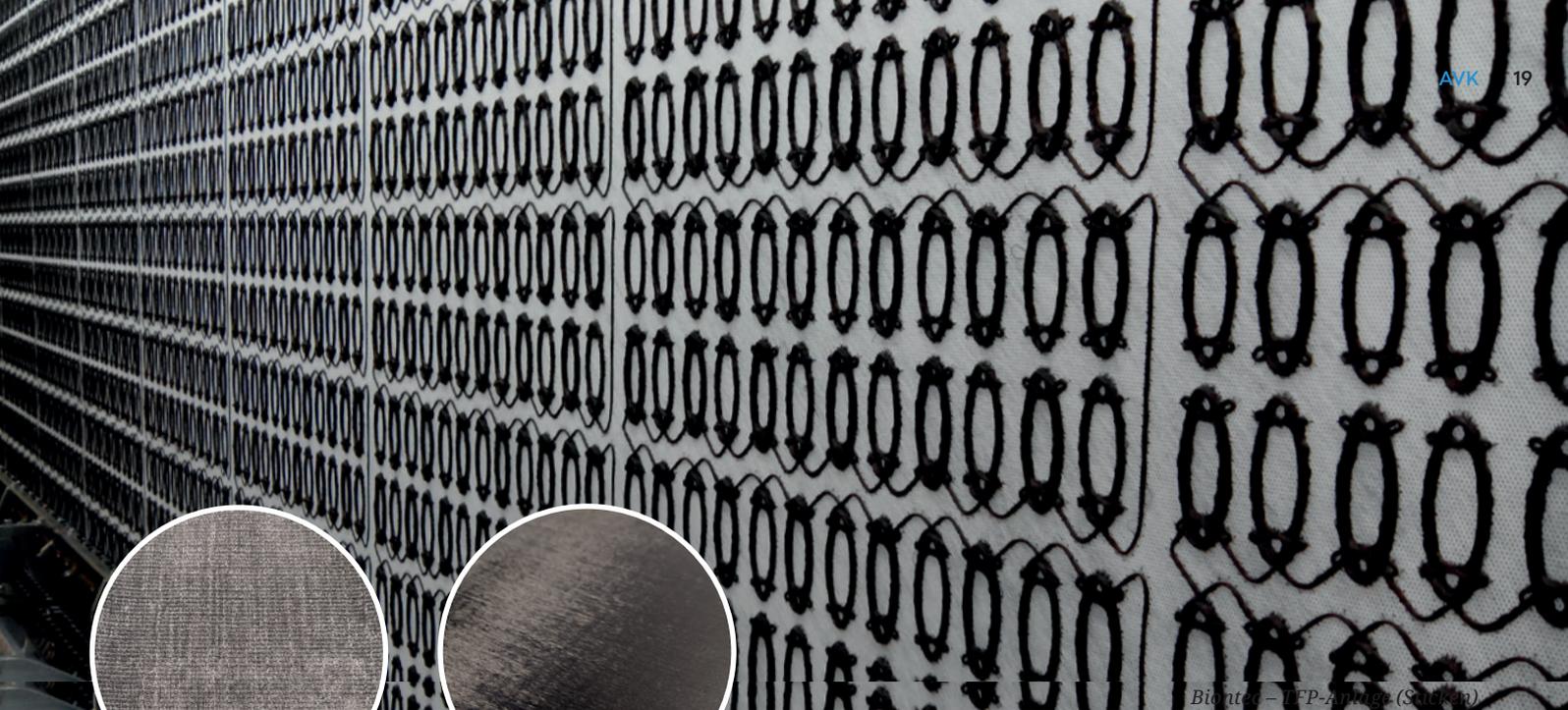
Im Cornet-Projekt HiCarR nehmen die Forschungsinstitute Institut für Kunststofftechnik (IKT) der Fachhochschule Nordwestschweiz (FHNW) und die Deutschen Institute für Textil- und Faserforschung (DITF) zusammen mit den Unternehmen BIONTEC – Bionic Composite Technologies AG und Ensinger Composites Schweiz GmbH diese Herausforderung an. Gemeinsam arbeiten sie an der Ent-



Garn aus rCF



rCF-Krempelband



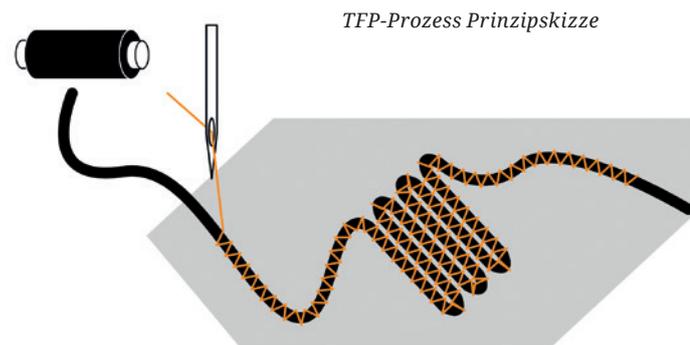
Biontec – TFP-Anleger (Sachen)

Biontec – gestickte  
TestplatteEnsinger – Testplatte aus  
gesticktem Garn

wicklung eines optimierten hochpräzisen Krempelbands und an der Demonstration der Qualität durch innovative Verarbeitungsansätze. Ziel ist es, ein hochpräzises rCF-Krempelband zu schaffen, das für die Weiterverarbeitung zu hochwertigen Halbzeugen geeignet ist und somit eine realistische Alternative zu Carbonneufasern darstellt. Das Projekt verfolgt zwei Hauptansätze zur Optimierung des Krempelbands: erstens die Entwicklung optimierter Materialien und zweitens die Verbesserung und Anpassung der rCF-Krempeltechnologie.

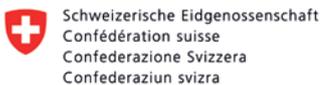
Im Bereich der Materialentwicklung werden maßgeschneiderte Polymerfasern und Schlichtemittel entwickelt, um die Kompatibilität zwischen rCF und Polymer zu verbessern und Faserschädigungen während der Verarbeitung zu minimieren, um die höchstmögliche Materialqualität sicherzustellen. Bei der Weiterentwicklung der Krempeltechnologie wird der Walzenkrempelprozess optimiert, um ein hochwertiges Krempelband in Bezug auf Massenhomogenität, Faserorientierung und minimale Fasereinkürzung zu erzeugen. Hierbei werden sowohl die Prozessparameter als auch die Maschinenkonfiguration betrachtet.

Abschließend werden zwei Benchmark-Anwendungen hergestellt, um die Qualität der Halbzeuge zu validieren. Der erste Demonstrator wird mit einem innovativen Ansatz, aus Umwindegarnspinnen, Tailored Fiber Placement (TFP) und der Konsolidierung in einer geschlossenen Form mit komplexer Geometrie kombiniert. Der zweite Demonstrator wird ein Schikanebauteil aus Garnewebe sein, das die Tiefziehfähigkeit der entwickelten Halbzeuge demonstriert.



TFP-Prozess Prinzipskizze

### Innovationsprojekt unterstützt von



Innosuisse – Schweizerische Agentur  
für Innovationsförderung

Gefördert durch:



### ANSPRECHPARTNER

Miriam Preinfalck | miriam.preinfalck@ditf.de  
Deutsche Institute für Textil- und Faserforschung Den-  
kendorf (DITF)  
Körschtalstraße 2  
D-673770 Denkendorf

Julian Kupski | julian.kupski@fhnw.ch  
Institut für Kunststofftechnik der Fachhochschule Nord-  
westschweiz (FHNW)  
Bahnhofstrasse 6  
D-5210 Windisch

# ÖKOBILANZIERUNG

## in der Kunststoffspritzgussimulation

Autoren: Christina Haxter (Fraunhofer-Institut für Holzforschung, Wilhelm-Klauditz-Institut WKI), Raphael Zimmermann (GreenDelta GmbH), Frederik Block (SIMCON kunststofftechnische Software GmbH), Marco Neudecker (Hochschule Hannover, IfBB – Institut für Biokunststoffe und Bioverbundwerkstoffe), Kevin Ullmann (Hochschule Hannover, IfBB – Institut für Biokunststoffe und Bioverbundwerkstoffe), Timo Weggebakker (bekuplast GmbH)

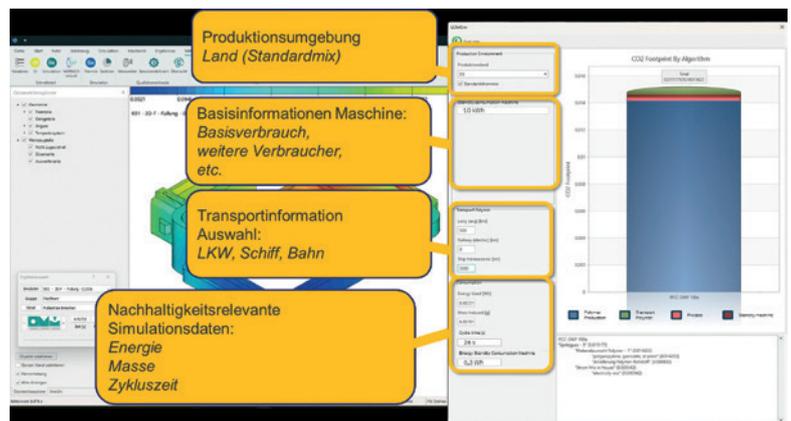
Ein bedeutendes Verarbeitungsverfahren in der weltweit wachsenden Polymerindustrie ist das Spritzgießen, dessen Hauptvorteile in der hohen Gestaltungsfreiheit und Stückzahl der resultierenden Produkte liegen. Ein wichtiger Aspekt vor allem bei industrieller Nutzung des Verfahrens ist die Prozesssteuerung, da verschiedene Parameter zum Teil großen Einfluss auf die Qualität von Komponenten und die Prozessstabilität sowie auf den Energieverbrauch haben.

Zur Erreichung der Nachhaltigkeitsziele dieser energieintensiven Branche muss die Energieeffizienz gesteigert werden. Zur Messung dieser Ziele wird die Ökobilanzierung (LCA) genutzt, welche bisher meist erst am Ende neuer Komponenten- und Prozessentwicklungen durchgeführt wurde. Erkenntnisse aus der LCA zu Optimierungsansätzen lassen sich so jedoch nicht oder nur unter großem Aufwand in die Konstruktion von Maschinen und Komponenten sowie die Auslegung von Prozessen einbringen. Erhebliche Vorteile bietet daher eine prädiktive LCA.

Eine solche prädiktive LCA in Kombination mit der Spritzgussimulation wird im Projekt LCA4Sim durch die Partner SIMCON, GreenDelta, bekuplast, IfBB und Fraunhofer WKI entwickelt. Im Projekt verknüpft die Software CADMOULD Prozessparameter des Spritzgießens direkt mit LCA-Ergebnissen, sodass über die Schnittstelle zur Software openLCA bereits in der Entwurfsphase fundierte Entscheidungen zur Steigerung von Nachhaltigkeit und Energieeffizienz getroffen werden können. Die Optimierung mit VARIMOS hilft, eine optimale Balance zwischen Qualität, Kosten und Umweltauswirkungen zu finden. Die Modellierung von Umweltauswirkungen, wie des Treibhauspotenzials, ermöglicht es, Schwachstellen in Produkt- und Prozessauslegung frühzeitig zu erkennen und zu beheben. So wird die Erstellung prädiktiver LCAs erleichtert und praxisnah umsetzbar.

Im Projekt wurde basierend auf der UVEK-Datenbank ein parametrisiertes Vordergrundmodell entwickelt, das die Phasen von Ressourcengewinnung bis Herstellung des Spritzgussteils umfasst. Durch die Verbindung mit openLCAs IPC-Server können die Parameter für das Modell direkt in CADMOULD festgelegt werden. Die Ein-

gabe der Parameter löst eine Wirkungsberechnung in openLCA aus, deren Ergebnisse in CADMOULD angezeigt werden. Die Projektversion befindet sich derzeit in der internen Testphase und wurde bereits den Partnern von LCA4Sim zur Verfügung gestellt. Die Umsetzung des Produkts steht noch aus, wird jedoch in Zusammenarbeit mit



Testversion der CADMOULD-Benutzeroberfläche: Softwarelösung zur prädiktiven LCA während der Designphase eines Spritzgussbauteils und Herstellprozesses in LCA4Sim, ©SIMCON.

den erforderlichen Stakeholdern vorangetrieben. Damit konnte das Projekt LCA4Sim erstmals zeigen, dass die programmatische Kombination von Prozesssteuerung und prädiktiver LCA im Kontext des Spritzgießens möglich ist.

Gefördert durch:



Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

### ANSPRECHPARTNER

Christina Haxter | christina.haxter@wki.fraunhofer.de  
 Fraunhofer-Institut für Holzforschung,  
 Wilhelm-Klauditz-Institut WKI  
 Anwendungszentrum HOFZET®  
 Heisterbergallee 12 | D-30453 Hannover

Raphael Zimmermann | zimmermann@greendelta.com  
 GreenDelta GmbH  
 Alt-Moabit 130 | D-10557 Berlin

Frederik Block | Frederik.Block@simcon.com  
 SIMCON kunststofftechnische Software GmbH  
 Schumanstr. 18 a | D-52146 Wuerselen

# KONZEPTENTWICKLUNG

## für Sandwichbodenplatten mit gesteigerter Nachhaltigkeit für die Luftfahrt

Autoren: Rebecca Emmerich, Thomas Gries, Adli Dimassi, Christoph Klemm

Im Projekt „EcoFloor“ wird ein neuartiges Konzept für Flugzeugbodenplatten entwickelt und untersucht. Dabei wird der herkömmliche Lagenaufbau aus Primärfasergeweben und -gelegen in den Decklagen und Wabenkernen durch Lagen aus alternativen Materialien ersetzt. Es wird ein Lagenaufbau aus einem Polyester-Schaumkern, einer Kork-Zwischenlage sowie Decklagen aus rezyklierten Carbonfasern (rCF) eingesetzt.

Durch diesen Lagenaufbau wird angestrebt, die Anforderungen an Flugzeugbodenplatten in zivilen Flugzeugen zu erfüllen. Ebenso werden verschiedene Anbindungssysteme untersucht. Die Anforderungen betreffen nicht nur technische Kriterien, wie Zug- und Biegebelastungen, sondern auch langfristige Ziele der Luftfahrtbranche, wie z. B. die Nachhaltigkeit der eingesetzten Rohstoffe zu erhöhen sowie die gesamten Umweltauswirkungen zu minimieren. Dazu werden die Teilkonzepte mit einer Lebenszyklusanalyse bewertet. Zusätzlich wird ein Recyclingkonzept entwickelt, das eine ökonomisch und ökologisch nachhaltige Wiederverwertung sicherstellt. Ziel dieses Konzepts ist, die effiziente Trennung der unterschiedlichen Schichten. Der Fokus liegt dabei auf der Aufbereitung der Deckschichten, um die strukturelle Integrität der recycelten Carbonfasern zu bewahren und deren Wiederverwendung als hochwertige Halbzeuge in tragenden Anwendungen zu ermöglichen.

Am ITA liegt der Fokus auf der Untersuchung der Herstellung von Decklagen aus rCF. Dazu werden sowohl Bänder als auch Garne als Eingangsmaterialien verwendet. Daraus werden Multiaxialgelege sowie Gewebe aus rCF-Garnen hergestellt. Die verwendeten rCF-Bänder (90–95 gew.-% rCF, 10–5 gew.-% Co-Polyamid) werden am ITA-A entwickelt und hergestellt. Die hergestellten Textilien wurden hinsichtlich der erzielbaren mechanischen Eigenschaften im Composite untersucht. Der Forschungsschwerpunkt des FIBRE liegt auf der Herstellung der Sandwichverbünde sowie der Untersuchung der Insert-Integration. Zur Fertigung der Platten wird das Vakuuminfusionsverfahren mit dem duromeren, biobasierten Harzsystem Furolite 106A25 2ST, TransFurans Chemicals bv, Geel (Belgien), verwendet. (siehe Abb. 1)

Anhand akustischer Untersuchungen durch die ZAL GmbH, Hamburg, wurde bereits nachgewiesen, dass durch den angepassten Lagenaufbau die akustischen



Abb. 1: Sandwichbodenplatte

Dämpfungseigenschaften gegenüber dem Benchmark verbessert werden. Die Herstellung und Weiterverarbeitung der Garne und Bänder stellen wesentliche Hindernisse dar. Die rCF liegen als Kurzfasern vor. Daher weisen die Textilien nach der Verarbeitung eine voluminöse Struktur mit einer rauen Oberfläche auf im Vergleich zu Primärfasertextilien. Diese resultieren im gewählten Verarbeitungsverfahren in geringen Faser volumengehalten von maximal 30 Vol.-%. In den letzten Monaten der Projektlaufzeit steht die Erhöhung des Faser volumengehaltes, die vollständige Charakterisierung der mechanischen Eigenschaften sowie die ökologische Evaluation im Vordergrund. Das Projekt mit dem Förderkennzeichen 20E2101C wird durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz im Rahmen des Luftfahrtforschungsprogramms VI gefördert.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

### ANSPRECHPARTNER

Rebecca Emmerich | rebecca.emmerich@ita.rwth-aachen.de

Dr.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing. Thomas Gries  
thomas.gries@ita.rwth-aachen.de

Institut für Textiltechnik (ITA) der RWTH Aachen University  
Otto-Blumenthal-Straße 1 | D-52074 Aachen

Adli Dimassi | dimassi@faserinstitut.de  
Faserinstitut Bremen e.V., Bremen (FIBRE)  
Am Biologischen Garten 2 | D-28359 Bremen

Christoph Klemm  
Institut für Textiltechnik Augsburg gGmbH,  
Augsburg (ITA-A)  
Am Technologiezentrum 5 | D-86159 Augsburg

# Nachhaltige Faserverbundwerkstoffe: BioYarnCoat

## thermoplastisch imprägnierte Naturfasergarne

Autoren: Lars Wollert, Maryam Sodagar, Thomas Gries

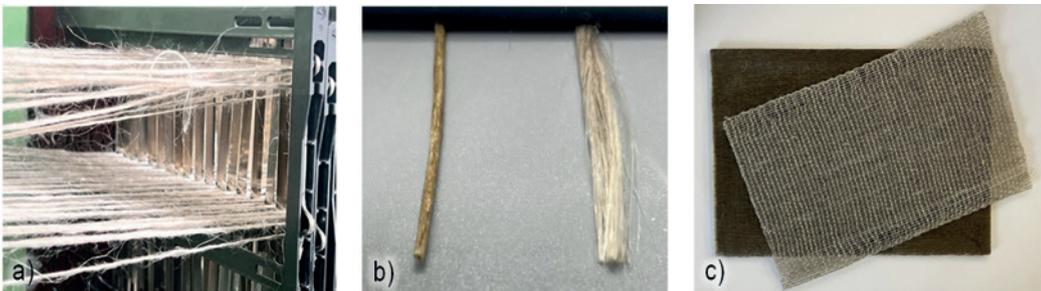


Abb. 1:  
a) nicht imprägniertes Flachsgarn während des Webens;  
b) imprägniertes und nicht imprägniertes Flachsgarn;  
c) 100 % biobasierte thermoplastische Organobleche

Die steigende Nachfrage nach nachhaltigen Verbundwerkstoffen hat das Interesse an Naturfasern aufgrund ihrer Erneuerbarkeit, biologischen Abbaubarkeit und geringeren CO<sub>2</sub>-Bilanz deutlich erhöht. Dennoch haben starke Faserhaarigkeit, hohe Feuchtigkeitsaufnahme und eine schwache Grenzflächenhaftung mit Polymermatrices ihre industrielle Nutzung eingeschränkt. Diese Herausforderungen führen zu Faserausschuss, Maschinenverschleiß und einer verringerten mechanischen Leistung der Verbundmaterialien. Um diese Probleme zu lösen, wurde im Rahmen des IGF Projektes „BioYarnCoat“ eine thermoplastische Imprägnierungsmethode für Naturfasergarne am Institut für Textiltechnik (ITA) der RWTH Aachen University entwickelt.

Im Mittelpunkt des Projekts steht die Schmelz-Imprägnierungstechnologie für Flachsgarne mit 100 % biobasiertem Polyamid 11 (PA11). Diese Innovation ermöglicht die Herstellung von vollständig biobasierten faserverstärkten Verbundwerkstoffen auf basis von Wergfasergarnen mit geringer Drehung (35/m). Ein entscheidender Fortschritt ist die Kontrolle der Faserverdrehung während der Imprägnierung, die eine bessere Faserausrichtung und Imprägnierungsqualität gewährleistet. Die Faserorientierung entlang der Garnachse verbessert die mechanischen Eigenschaften erheblich und ermöglicht den Einsatz des Materials für Hochleistungsanwendungen.

Eine wesentliche Verbesserung stellt die drastische Reduzierung der Faserhaarigkeit dar, wodurch der Faserflug und Verunreinigung während der Textilverarbeitung

erheblich minimiert wird. Dies führt zu glatteren, haltbareren Garnen, die die Maschinenwartung reduzieren und die Produktionseffizienz steigern.

Auch die mechanischen Eigenschaften wurden erheblich verbessert. Die Zugfestigkeit hat sich im Vergleich zu trockenem Garn verzehnfacht und erreicht  $171,25 \pm 5,5$  MPa, während der Elastizitätsmodul auf 21,03 GPa gesteigert wurde. Darüber hinaus wurde die Feuchtigkeitsaufnahme um 35 % reduziert, was die Langzeitlagerstabilität verbessert und dimensionsbedingte Veränderungen und Materialabbau verhindert.

Eine weitere bedeutende Errungenschaft ist die Reduzierung der Porosität auf nur 0,3 %, kombiniert mit einem optimierten Faseranteil von 44 %. Dies verbessert die mechanische Integrität und Haltbarkeit, wodurch das Material mit synthetischen Faserverbundstoffen konkurrieren kann.

Die imprägnierten Flachsgarne wurden erfolgreich auf industriellen Webmaschinen getestet, darunter die DORNIER P2 (als Schussgarn) und die Jakob Müller AG NFJK2 (als Kettgarn). Diese Versuche bestätigen die Kompatibilität mit bestehenden Textilfertigungsprozessen und gewährleisten die Skalierbarkeit für die industrielle Produktion.

Das BioYarnCoat-Projekt stellt einen wichtigen Fortschritt in der biobasierten Verbundstofftechnologie dar. Es löst zentrale Verarbeitungsprobleme und eröffnet neue industrielle Anwendungsmöglichkeiten. Zukünftige Arbeiten

konzentrieren sich auf die Optimierung der Faser-Matrix-Haftung, die Erforschung alternativer biobasierter Thermoplaste und die Skalierung der Produktion für den breiten industriellen Einsatz.

Mit Nachhaltigkeit als Priorität bieten Innovationen wie BioYarnCoat am Institut für Textiltechnik der RWTH Aachen University leistungsstarke biobasierte Alternativen und ebnen den Weg für eine umweltfreundlichere und effizientere Verbundstoffindustrie.

#### ANSPRECHPARTNER

Lars Wollert | lars.wollert@ita.rwth-aachen.de

Maryam Sodagar | Maryam.Sodagar@ita.rwth-aachen.de

Thomas Gries | thomas.gries@ita.rwth-aachen.de

Institut für Textiltechnik (ITA) der RWTH Aachen University  
Otto-Blumenthal-Straße 1 | D-52074 Aachen

#### DANKSAGUNG

Wir danken dem Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) für die Förderung dieses Forschungsprojektes. Außerdem danken wir folgenden Firmen für die interessanten Diskurse, Anregungen und aktive Mitarbeit am Projekt:

- EDAG Engineering GmbH
- INFRATEC Infrarot Strahler GmbH
- Greenboats GmbH
- Gunsails von Osterhausen GmbH
- Arkema GmbH
- Bond-Laminates GmbH
- Material 4 Print GmbH & Co. KG
- Teijin Carbon Europe GmbH
- Fehrer Automotive GmbH
- Büfa GmbH und Co. KG
- Fibrecoat GmbH
- Institut für Textiltechnik Augsburg gGmbH
- Institut für Unternehmenskybernetik e. V. an der RWTH Aachen
- Text techno Herbert Stein GmbH & CO. KG
- Eta Ressourcenmanagement
- Lindauer DORNIER GmbH

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



# BERGOLIN

Innovation für die  
Faserverbundindustrie.

## NEXT-LEVEL BESCHICHTUNGSLÖSUNGEN

für Verbundwerkstoffe: Innovation trifft Nachhaltigkeit

Bergolin setzt neue Maßstäbe in der Beschichtungstechnologie für Verbundwerkstoffe.

#### Unsere innovativen Lösungen überzeugen durch:

- Schnelle Trocknung: Zeitersparnis durch lichtschnelle Aushärtung.
- Langlebigkeit: Maximaler Schutz und verbesserte Haltbarkeit.
- Optimierte Produktionsprozesse: Effizienzsteigerung durch Automatisierbarkeit.

**Unsere Beschichtungen minimieren Porenbildung und verleihen Carbonoberflächen eine superhydrophobe Technologie – für eine deutliche Steigerung von Funktionalität und Qualität.**



#### Neu im Portfolio:

UV-aushärtende Harzsysteme, speziell entwickelt für die Herstellung und Reparatur von Verbundwerkstoffen. Diese Systeme sind nicht nur energieeffizient, sondern fördern auch eine nachhaltigere Produktion, reduzieren Abfall und unterstützen die Einhaltung aktueller Umweltstandards, wodurch die Umweltbelastung minimiert wird.

#### Nachhaltigkeit in jedem Schritt:

Unsere Lösungen sind auf maximale Sicherheit und Effizienz ausgelegt:

- Arbeitssicherheit: HSE-konforme, isocyanatfreie Systeme für ein sicheres und schadstofffreies Arbeitsumfeld.
- Ressourcenschonung: Energieeffizient und abfallreduzierend.
- Innovative Technologien: Schmutzabweisend und anti-ice.

**Entdecken Sie, wie unsere Beschichtungstechnologien Ihre Produktion auf das nächste Level heben – nachhaltig, effizient und zukunftssicher.**

# VON DER IDEE ZUM BAUTEIL

## Digitaler Produktentstehungsprozess zur Auslegung von Tailored Fibre Placement Bauteilen

Autoren: Rebecca Emmerich, Lars Wollert, Thomas Gries, Diego Aguirre Guerrero, Georg Jacobs, Tobias Schalm, Kai-Uwe Schröder

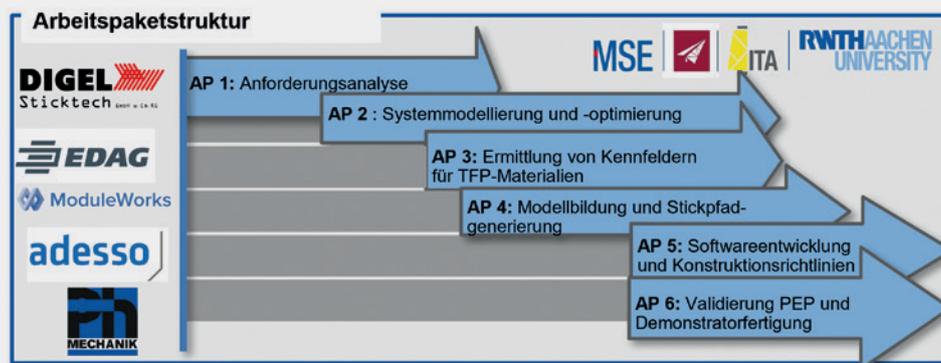


Abb. 1: Arbeitsplan

Die Technologie des Tailored Fibre Placements (TFP), ist eine Variante der technischen Stickerei, bei der Verstärkungsfasern mittels CNC-gesteuertem Stickrahmen variabelaxial auf einem Stickgrund abgelegt werden. Damit können textile Preforms für Faserverbundbauteile mit Ausrichtung der Fasern entlang der Hauptspannungen im Bauteil hergestellt werden. Trotz eines Technologiereifegrads von 9, stellt die optimierte Bauteilauslegung und Stickmuster-generierung eine Hürde für die industrielle Anwendung dar. Dies gilt insbesondere in kleinen und mittleren Serien. Zur Entwicklung von Bauteilen unter Einsatz des TFP ist meist eine Vielzahl an Iterationen notwendig.

Ziel des Forschungsvorhabens „DigiPEP“ war die Entwicklung und Validierung eines digitalen Produktentstehungsprozess für TFP-Bauteile. Dies soll dazu beitragen, mittels der TFP-Technologie material- und ressourceneffizienten Leichtbau zu ermöglichen. Ein digital vernetzter Produktentstehungsprozess (PEP) wurde entwickelt, um die strukturelle Auslegung von TFP-Bauteilen hinsichtlich Kosten, Gewicht und Performance zu optimieren. Neben drei Instituten der RWTH Aachen University waren fünf Unternehmen an dem Projekt beteiligt (Ph-MECHANIK GmbH & Co. KG, adesso SE, Digel Sticktech GmbH & Co. KG, ModuleWorks GmbH, EDAG Engineering GmbH). (siehe Abb. 1)

Der Lösungsansatz basiert auf der Methodik des model-based systems engineering (MBSE). Dabei wird die verknüpfte Wertschöpfungskette (Konstruktion, Strukturmechanik, Textil- und Fertigungstechnik) in Form eines

Systemmodells aggregiert und aus einzelnen digitalen Teilmodellen abgebildet. Die Teilmodelle umfassen unter anderem eine Strukturoptimierung, Festigkeits- und Stabilitätsuntersuchungen sowie die Bahnplanung für die Fertigung. Dazu wurde zunächst ein Business Process Model and Notation (BPMN) erstellt sowie verschiedene Modelle zur Unterstützung der Produktentwicklung entwickelt. Dazu gehören CAD-Konzeptentwurf,



Abb. 2: links: Konzept der Werkzeugform, rechts: fertiger Demonstrator

logieoptimierung sowie Optimierung von Faserpfaden. Zudem wurden Materialkarten für CFK-TFP-Materialien erstellt sowie spezifische Modelle zur automatisierten Pfadplanung entwickelt. Zur Demonstration der digitalisierten Prozesskette wurde ein Robotersegment ausgewählt. Es wurde festgestellt, dass in nachfolgenden Projekten ebenfalls die Formentwicklung mitberücksichtigt werden sollte. (siehe Abb. 2)

Die entwickelte Softwarelösung ermöglicht zukünftig die Auslegung und Herstellung materialeffizienter Bauteile unter Berücksichtigung aller relevanten Parameter. Dies stellt einen Beitrag zur Erreichung von Nachhaltigkeitszielen, unter anderem durch Minderung von Treibhausgasemissionen dar. Die Softwarelösung steht nach der Fertigstellung den Projektpartnern zur Verfügung und im Rahmen eines Nachfolgeprojektes ist eine Weiterentwicklung geplant.

Das Projekt wurde gefördert unter dem Förderzeichen 03LB3063A mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klima.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

## ANSPRECHPARTNER

Rebecca Emmerich | [rebecca.emmerich@ita.rwth-aachen.de](mailto:rebecca.emmerich@ita.rwth-aachen.de)

Dr.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing. Thomas Gries  
[thomas.gries@ita.rwth-aachen.de](mailto:thomas.gries@ita.rwth-aachen.de)

Institut für Textiltechnik (ITA) der RWTH Aachen University  
Otto-Blumenthal-Straße 1 | D-52074 Aachen

Diego Aguirre Guerrero  
[diego.aguirre@imse.rwth-aachen.de](mailto:diego.aguirre@imse.rwth-aachen.de)  
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Georg Jacobs  
[georg.jacobs@imse.rwth-aachen.de](mailto:georg.jacobs@imse.rwth-aachen.de)

Institut für Maschinenelemente und Systementwicklung  
(MSE) der RWTH Aachen University, Aachen  
Eilfschornsteinstr. 18 | D-52062 Aachen

Tobias Schalm | [tobias.schalm@sla.rwth-aachen.de](mailto:tobias.schalm@sla.rwth-aachen.de)  
Prof. Dr.-Ing. Kai-Uwe Schröder  
[kai-uwe.schroeder@sla.rwth-aachen.de](mailto:kai-uwe.schroeder@sla.rwth-aachen.de)

Institut für Strukturmechanik und Leichtbau (SLA)  
der RWTH Aachen University, Aachen  
Wüllnerstraße 7 | D-52062 Aachen



# TU Clausthal

Institut für Polymerwerkstoffe und Kunststofftechnik

**NACHHALTIGE  
FASERVERBUNDWERKSTOFFE**



**PROZESSORIENTIERTE FORSCHUNG**

## DIN 35255 „Qualitätsanforderungen an Composite-Prozesse“

### Ist die kommende DIN 35255 wirklich „neu“?

Eindeutig ja: Die DIN 35255 legt für die Composite-Technologie **weltweit erstmalig umfassend**, d.h. von der ersten Produktidee bis zum fertigen FVK-Bauteil die Qualitätssicherungs-Leitlinien sowohl für Composite-Produkte als für Composite-Prozesse fest. Andererseits: In anderen Technologiebe-

reichen – die Schweißtechnik und die Klebtechnik sind zwei international erfolgreiche Beispiele derartiger QS-Normen – existieren vergleichbare Normensysteme längst. **Die DIN 35255 überträgt diese Erfolgs-Stories jetzt auf die Composite-Technologie.**

### Wie ist im Composite-Bereich die Verbindung zwischen dem Produktsicherheitsgesetz (ProdSG), dem „Stand der Technik“ und dem Begriff „Spezieller Prozess“ nach ISO 9001?

Gemäß Produktsicherheitsgesetz (ProdSG) gilt für alle Technologien: Ein Produkt – egal welches, egal woraus, egal wie und wofür hergestellt – darf nur dann auf den Markt gebracht werden, „wenn es bei bestimmungsgemäßem oder vorhersehbarem Gebrauch die Sicherheit und Gesundheit von Personen nicht gefährdet“. Um dieses zu gewährleisten, ergibt sich der juristische Zwang, den **Stand der Technik** umfassend umzusetzen und nachzuweisen, sowohl für die Entwicklung und Herstellung von Composites und Composite-Bauteilen, für deren Instandhaltung und Reparatur als auch für die Nachweisführung der jeweiligen Produkt- und Prozesssicherheit.

Wenn jedoch dieser geforderte „Stand der Technik“ prozess- und produktspezifisch **nicht rein zerstörungsfrei** durch begleitende bzw. nachträgliche Überwachung respektive Messung oder zerstörungsfreie Prüfverfahren am Produkt (Produktsicherheit) oder in der Fertigung (Prozesssicherheit) nicht mit einhundertprozentiger Sicherheit verifiziert werden kann, handelt es sich gemäß ISO 9001 um sog. **spezielle Prozesse**. Folglich ist die Composite-Technologie ein solcher „spezieller Prozess“ – eine Analogie zur Schweißtechnik, zur Klebtechnik und zu zahllosen weiteren Verfahren!

### Wie ist bei „speziellen Prozessen“ der gesetzlich geforderte „Stand der Technik“ zu realisieren und welche Funktion hat dabei die DIN 35255?

Für „spezielle Prozesse“ fordert die ISO 9001 vom Beginn der Produktentwicklungsphase über die Prozesse in Fertigung, Instandhaltung und Reparatur bis zum Produktlebensende ein **Qualitätsmanagementsystem mit der Hauptfunktion einer durchgängigen Fehlervermeidung**. Hierfür konkretisiert – direkt vergleichbar zu den entsprechenden Schweiß- und Klebnormen – die „neue“ DIN 35255 die vorgegebenen ISO 9001-Leitlinien und spezifiziert ein bestehendes QMS auf den Bereich der Faserverbundwerkstoffe.

Die DIN 35255 legt **branchenübergreifend** sowohl **die Anforderungen** an eine qualitätsgerechte Entwicklung und Ausführung von Faserverbundbauteilen als auch die allgemeinen organisatorischen, vertraglichen und fertigungstechnischen Grundlagen für die Entwicklung, Herstellung, Instandhaltung und Reparatur **fest**. Sie enthält dafür die aus den Schweiß- und Klebnormen bekannten Kernelemente:

- - **Klassifizierung nach** hohen (C1)
- mittleren (C2)
- geringen (C3)
- und ohne (C4)

#### Sicherheitsanforderungen

- objektiver **Nachweis der** jeweiligen technologischen **Personalkompetenz** (Kompetenzlevel 1 – 3)  
*siehe [www.faserverbund-in-bremen.de](http://www.faserverbund-in-bremen.de)*
- **Nachweisführung** der Produkt- und Prozesssicherheit

und **vervollständigt** auf diese Weise in allen Bereichen von Industrie und Handwerk ganzheitlich **den geforderten Stand der Technik** für die fachgerechte, fehler(quellen)

vermeidende Planung, Organisation und Umsetzung faserverbundtechnischer Prozesse und Produkte sowie für die prozess- und produktspezifische Sicherheitsnachweisführung.

**Der FVK-verbindliche „Stand der Technik“ besteht folglich aus der Verknüpfung von ProdSG, QMS und DIN 35255.**



**Stand der Technik -> Produktsicherheitsgesetz + QMS + DIN 35255**

Durch Umsetzung der DIN 35255 gestaltet der Anwender in diesem Sinne Composite-Produkte und -Prozesse **robust und reproduzierbar**.

**Weitere Fragen** zur DIN 35255 und deren Umsetzung beantworten DIN-Arbeitskreisleiter Stefan Simon (Leiter Weiterbildungszentrum Faserverbundwerkstoffe – WZF im Fraunhofer IFAM / [stefan.simon@ifam.fraunhofer.de](mailto:stefan.simon@ifam.fraunhofer.de)) und Frank Stein (Leiter Zertifizierungsstelle TBBCert des Fraunhofer IFAM / [stein@tbbcert.de](mailto:stein@tbbcert.de)).



# HYBRID-FLACHS-PAVILLON

## Neuartiges hybrides Bausystem auf Basis von Naturfasern

Autoren: Daniel Christopher Bozó<sup>1,4</sup>, Pascal Mindermann<sup>1,4</sup>, Monika Göbel<sup>2,4</sup>, Christoph Zechmeister<sup>2,4</sup>, Harrison Hildebrandt<sup>2,4</sup>, Rebeca Duque Estrada<sup>2,4</sup>, Tzu-Ying Chen<sup>3,4</sup>, Jan Knippers<sup>3,4</sup>, Achim Menges<sup>2,4</sup>, Götz T. Gresser<sup>1,4,5</sup>

Der Hybrid-Flachs-Pavillon ist ein zentraler Ausstellungsbau am revitalisierten Ufer der Argen auf dem Gelände der Landesgartenschau Wangen im Allgäu 2024 (Abb. 1). Der Pavillon zeigt erstmals eine Holz-Naturfaser-Hybridkonstruktion in einem realen Anwendungsszenario als Alternative zu konventionellen Bauweisen, die im Exzellenzcluster „Integratives Computerbasiertes Planen und Bauen für die Architektur“ (IntCDC) erforscht wird. Durch die Kombination von Brettsperrholz mit robotisch gewickelten, flachfaserverstärkten Elementen demonstriert der Pavillon ein ressourcenschonendes Tragsystem aus biobasierten Materialien mit regionalem Bezug. Dabei wird Flachs, ein historisch mit der Region verbundenes Material, neuartig genutzt.

In der innovativen hybriden Dachkonstruktion wechseln sich 20 Holz-Faser-Hybridelemente, mit herkömmlichen Holzplatten ab, und schaffen so eine 380 m<sup>2</sup> große, stützenfreie Fläche. Die Hybridbauteile wurden mit computerbasierten Entwurfsmethoden entwickelt – die gewickelten Bauteile übernehmen hauptsächlich Zugkräfte, während die Holzplatten Druckkräfte aufnehmen. Zusammen bieten sie die erforderliche Festigkeit, um die hohen Schneelasten am Alpenrand zu tragen. Die Montage der 44 vorgefertigten Elemente erfolgte in nur acht Tagen und zeigt die Effizienz digitaler Entwurfs- und Fertigungsprozesse.

Der Entwurfsprozess vereint interdisziplinäre Anforderungen aus Tragwerk, Material- und Fertigung sowie architektonischer Vision. Das Bausystem wurde als zirkuläre Bauweise entwickelt, die sortenreine Zerlegung der Hybridkomponenten in ihre Einzelteile ermöglicht Materialwiederverwendung und -verwertung.

Der für Flachfasern optimierte, kernlose Faserwickelprozess, ermöglicht eine präzise Fertigung mit minimalem Formenbau. Robotisch gefertigte Prototypen liefern Feedback für den Designprozess, wodurch der Prozess vom Entwurf zur Fertigung optimiert und die Lücke zwischen Forschung und Industrie geschlossen wird (Abb. 2).

Im derzeit laufenden Forschungsprojekt „HNFVBauSys2“ (Hybrides Holz-Naturfaserverbund Bausystem 2. Förderphase) liegt das Ziel in der Weiterentwicklung der bestehenden Hybridbauweise. Hierzu erfolgt die Überwachung der strukturellen Integrität einzelner Bauelemente mittels faseroptischer Sensoren (Abb. 3). Die aus dem langfristigen Structural Health Monitoring gewonnenen Erkenntnisse werden in bestehende Prozesse implementiert, um die Einsparung von Ressourcen durch konstruktive Optimierung und die Bewertung von Entwürfen zu ermöglichen. Darüber hinaus werden die Auswirkungen einer verstärkten Nachfrage nach Faserpflanzen aus dem Bausektor ganzheitlich bewertet sowie eine Lebenszyklusanalyse des Bauvorhabens durchgeführt.



Abb. 1: Hybrid-Flachs-Pavillon auf der Landesgartenschau 2024 in Wangen im Allgäu  
© ICD/ITKE/IntCDC Universität Stuttgart



Abb. 2: Robotische Prototypenfertigung im kernlosen Faserwickelprozess © ICD/ITKE/IntCDC Universität Stuttgart

Die Ergebnisse liefern wichtige Erkenntnisse für die Bauwirtschaft und leisten einen wesentlichen Beitrag zu Nachhaltigkeit und Effizienz im Bausektor.

Weitere Projektpartner: Julia Weißert, Philip Leistner, Institut für Akustik und Bauphysik (IABP), Universität Stuttgart und Alina Rossa, Franziska Schünemann, Institut für Volkswirtschaftslehre, Fachgebiet Bioökonomie, Universität Hohenheim.

Gefördert durch  **Baden-Württemberg**  
Ministerium für Ernährung,  
Ländlichen Raum und Verbraucherschutz

 **Bioökonomie**  
Baden-Württemberg

Gefördert durch  **DFG** Deutsche  
Forschungsgemeinschaft

## ANSPRECHPARTNER

Faseroptische Sensoren:  
Daniel Christopher Bozó  
daniel.bozo@itft.uni-stuttgart.de  
Telefon: +49 (0) 711 9340-643

Institut für Textil- und Fasertechnologien (ITFT),  
Universität Stuttgart  
Pfaffenwaldring 9 | D-70569 Stuttgart  
info@itft.uni-stuttgart.de

Hybrid-Flachs-Pavillon:  
Monika Göbel  
monika.goebel@icd.uni-stuttgart.de  
Telefon: +49 (0) 711 6858-1929

Institut für Computerbasiertes Entwerfen und Baufertigung  
(ICD), Universität Stuttgart  
Keplerstraße 11 | D-70174 Stuttgart  
mail@icd.uni-stuttgart.de

<sup>1</sup> Institut für Textil- und Fasertechnologien (ITFT), Universität Stuttgart

<sup>2</sup> Institut für Computerbasiertes Entwerfen und Baufertigung (ICD),  
Universität Stuttgart

<sup>3</sup> Institut für Tragkonstruktionen und konstruktives Entwerfen (ITKE),  
Universität Stuttgart

<sup>4</sup> Exzellenzcluster Integratives computerbasiertes Planen und Bauen  
für die Architektur (IntCDC), Universität Stuttgart

<sup>5</sup> Deutsche Institute für Textil- und Faserforschung Denkendorf (DITF)

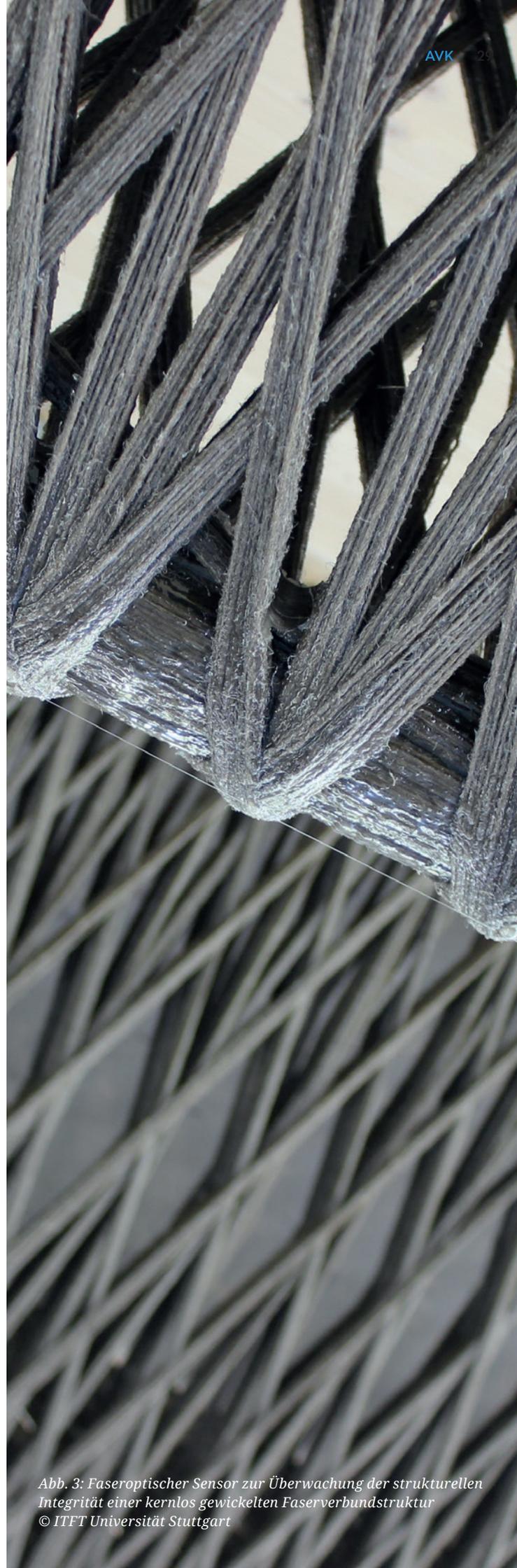


Abb. 3: Faseroptischer Sensor zur Überwachung der strukturellen Integrität einer kernlos gewickelten Faserverbundstruktur  
© ITFT Universität Stuttgart



*Finales ReForm-Werkzeug*

TU CHEMNITZ

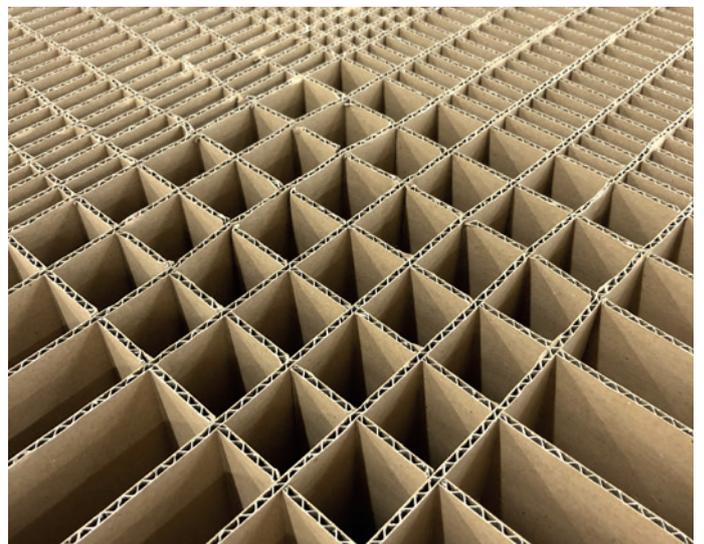
# Ressourceneffiziente Formwerkzeuge aus **NACHWACHSENDEN ROHSTOFFEN** für die Fertigung von Faserverbundbauteilen

*Autor: Patrick Evers, Wissenschaftlicher Mitarbeiter*

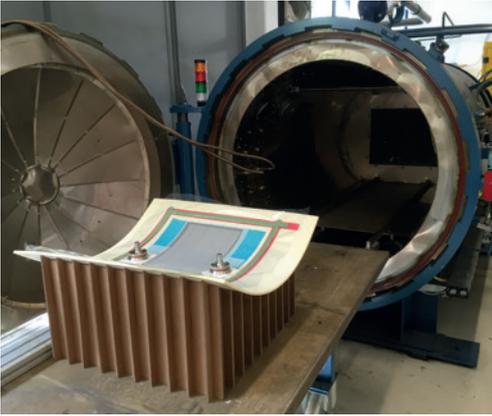
Faserverbundbauteile werden häufig in Kleinserien oder prototypisch als Unikate hergestellt. Je nach Fertigungsverfahren und angestrebten Bauteileigenschaften sind dafür einseitige oder geschlossene Formwerkzeuge notwendig, um die finale Geometrie des späteren Bauteils exakt zu reproduzieren. Dabei verursachte der Formenbau bei Laminier-, Infusions- und Gießverfahren – trotz hoher Stückzahlen – ca. 50 % der Gesamtbauteilkosten und hat außerdem einen erheblichen Anteil am Ressourcenverbrauch. In spezifischen Anwendungsbereichen, wie bspw. im Jachtbau, ist aufgrund der vom Endverbraucher priorisierten unikalen Sonderanfertigungen die mehrfache Verwendung von Formwerkzeugen stark eingeschränkt, was zu extrem hohen Kosten führt und somit unwirtschaftlich ist.

Das Ziel des Forschungsvorhabens „ReForm“ war die Entwicklung eines neuartigen und nachhaltigen Konzeptes zur Generierung von ressourcen- und kosteneffizienten Formwerkzeugen aus nachwachsenden Rohstoffen. Dabei ist der innovative Einsatz von zellulosefaserbasierten Komponenten – zusätzlich zum optimierten Recycling-

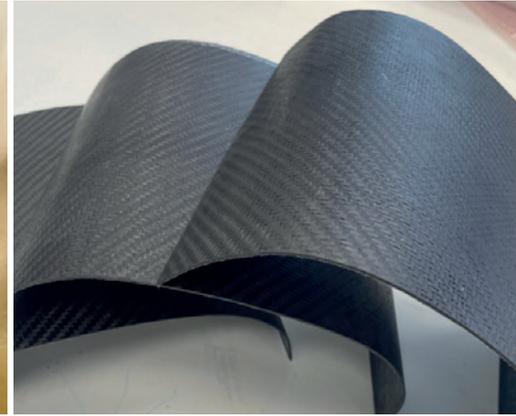
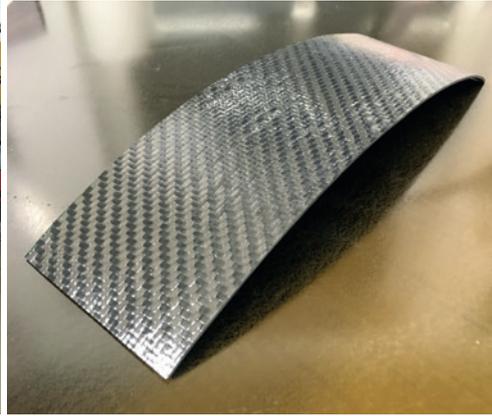
aspekt – durch eine erhebliche Senkung des Werkzeuggewichtes und somit des Transport- & Handhabungsaufwandes charakterisiert.



*Wellpappgefachestruktur mit variablen Abstand*



Fertigungsversuche am DLR-Institut  
Systemleichtbau



Bauteilfertigung

Der Lösungsansatz lag in der Verwendung des Werkstoffs Wellpappe in Form einer Gefachestruktur, die durch konturgenaues Plottern die 3D-Bauteilkontur durch Fügen von 2D-Pappstegen abbildet. Mithilfe der Verringerung des Gefacheabstandes ist eine detailliertere Ausführung stärker beanspruchter Segmente umsetzbar. Durch die Kombination mit einer flexiblen Formmatte lassen sich einfache Geometrien im Handlaminierverfahren herstellen. Für komplexere Strukturen oder Vakuumanwendungen wurde das Formwerkzeug anschließend in enger Zusammenarbeit mit dem DLR Institut für Systemleichtbau und der Firma richter & heiß VERPACKUNGSSERVICE GmbH in mehreren Iterationsschritten optimiert. Dabei wurde die Komplexität durch gestapelte Wellpappstege und die benötigte Vakuumdichtigkeit mithilfe einer dünnen, endkonturnah aufgetragenen Schicht erhöht.

Insgesamt konnte durch die Verwendung des nachhaltigen Werkzeuges die Prozesssicherheit anhand erster Abformungen nachgewiesen werden. Die Formwerkzeuge sind durch eine ausreichende Formstabilität – auch bei hohen Temperaturen und unter Druck – gekennzeichnet. Mithilfe einer oberflächennahen Perforationslinie in den Wellpappstegen ist es außerdem möglich, 95 % des Werkzeuges nach dessen Nutzungsphase sortenrein dem etablierten Recyclingprozess von Pappe zurückzuführen.

In weiterführenden Forschungsprojekten erfolgt die Evaluierung und Überführung der vorliegenden Entwicklungsergebnisse in neue Lösungen für geeignete Serienanwendungen.

Gefördert durch:



**Applus<sup>+</sup>**  
**IMA**



**Leibniz-Institut für  
Verbundwerkstoffe**



## From Fiber to Future: IVW Composite Colloquium

**Veranstalter:**

Leibniz-Institut für Verbundwerkstoffe GmbH

**Datum:**

29. und 30. September 2025

**Ort:**

Rotunde (Gebäude 57)  
Erwin-Schrödinger-Str. 57  
67663 Kaiserslautern

**Anmeldeschluss:**

01. September 2025

Erleben Sie spannende  
Vorträge, innovative Ansätze  
und Zukunftsperspektiven  
im Bereich der Verbund-  
werkstoffe.

Jetzt  
informieren  
& anmelden!

### ANSPRECHPARTNER

Patrick Evers | patick.evers@mb.tu-chemnitz.de  
Prof. Dr.-Ing. habil. Sandra Gelbrich |  
sandra.gelbrich@mb.tu-chemnitz.de

Technische Universität Chemnitz  
Professur Strukturleichtbau und Kunststoffverarbeitung  
Forschungsbereich Leichtbau im Bauwesen  
Reichenhainer Str. 31/33  
D-09126 Chemnitz

Für weitere Informationen und Anmeldung  
scannen Sie den QR-Code  
oder klicken Sie auf den Button:

Wir freuen uns auf Ihre Teilnahme!



# WIR SIND FÜR SIE DA



**Dr. Elmar Witten**  
*AVK-Geschäftsführer*

+49 (0) 69 271077-0  
elmar.witten@avk-tv.de



**Volker Mathes**

+49 (0) 69 271077-16  
volker.mathes@avk-tv.de



**Gabriele Frömter**

+49 (0) 69 271077-15  
gabriele.froemter@avk-tv.de



**Katharina Wagner**

+49 (0) 69 271077-13  
katharina.wagner@avk-tv.de

AVK – Industrievereinigung  
Verstärkte Kunststoffe e. V.  
Am Hauptbahnhof 12  
D-60329 Frankfurt am Main

Tel.: +49 69 271077-0  
Mail: [info@avk-tv.de](mailto:info@avk-tv.de)

[WWW.AVK-TV.DE](http://WWW.AVK-TV.DE)

