

AVK COMPOSITES REPORT 13



Innovative FORSCHUNG IN / RESEARCH IN Construction

INHALT | CONTENT

10 **FRAUNHOFER WKI**

Daten direkt aus dem Asphalt
Data directly from the asphalt

22 **UNIVERSITÄT STUTTGART ITFT**

FlectoLine – eine moderne,
reaktionsfähige Fassade
FlectoLine – an advanced, responsive façade

22 **FRAUNHOFER IGCV**

Vom geraden Profil zur 3D-Bewehrung
Transforming straight profiles
into 3D-reinforcement



Liebe Leserinnen und Leser,

der Bereich Bau und Infrastruktur ist mittlerweile für Composites-Materialien das größte Anwendungssegment in Europa und hat den Transportbereich hinsichtlich der eingesetzten Mengen überholt. Vor allem gibt es hier weiterhin große Potenziale für Bauteile aus Faserverbundkunststoffen, die noch ausgeschöpft werden können. Insb. gibt es zahlreiche innovative Anwendungen im Baubereich, für die Composites bisher gar nicht vorgesehen sind, für die sie sich aber mit ihren Materialeigenschaften gut eignen. Dafür muss unsere Industrie die entsprechenden Möglichkeiten aufzeigen und die Nutzer von der Leistungsfähigkeit der Bauteile überzeugen. Diesen Zweck verfolgt auch der aktuelle Composites Report, der in dieser 13. Ausgabe Einsatzgebiete im Bau- und Infrastrukturbereich fokussiert.

Sie können sich im Weiteren in insgesamt drei Beiträgen über die Möglichkeiten und das Potenzial von Composites-Bewehrungen informieren. Außerdem wird eine geflochtene Composites-Hülle für Hochlast-Tragwerke vorgestellt. Das Thema Außenfassaden ist ein weiterer Zukunftsmarkt und es werden neu entwickelte, hochmoderne und anpassungsfähige Fassadenelemente präsentiert. Wegen der Bedeutung des Themas Standardisierung insb. auch im Baubereich widmet sich ein Beitrag der DIN 35255, die umfassende Qualitätsanforderungen an Composites-Prozesse definiert.

In den aktuell für die gesamte europäische und insbesondere auch deutsche Industrie wirtschaftlich schwierigen Zeiten, ist es wichtig, sich neben Maßnahmen zur Effizienzsteigerung auch den Innovationspotenzialen zu widmen, die Composites-Produkte bieten. Dabei möchte dieser Composites Report unterstützen.

Ihr Dr. Elmar Witten,
AVK-Geschäftsführer

6

INSTITUT FÜR TEXTIL UND FASERTECHNOLOGIEN (ITFT)

3D-verzweigte, geflochtene Strukturen
für betonverfüllte Hochlast-Tragwerke
3D branched braided structures for
concrete-filled, high-load bearing
supporting structures

10

FRAUNHOFER WKI

Daten direkt aus dem Asphalt
Data directly from the asphalt

12

INSTITUT FÜR KUNSTSTOFF- VERARBEITUNG (IKV) AN DER RWTH AACHEN

Nachformbare Epoxid-FVK-
Bewehrungen
Enabling post-forming
of epoxy-FRP rebars

Dear reader,

the construction and infrastructure sector is now the largest application segment for composite materials in Europe and has overtaken the transport sector in terms of the volumes used. Above all, there remains significant untapped potential here for components made from fibre-reinforced plastics. In particular, there are numerous innovative applications in the construction sector for which composites have not yet been considered, but for which they are well suited given their material properties. To this end, our industry must highlight the relevant opportunities and convince users of the components' performance capabilities. This is also the aim of the current Composites Report, which, in this 13th edition, focuses on areas of application in the construction and infrastructure sector.

In the following, you can read three articles in total about the possibilities and potential of composite reinforcements. In addition, a braided composite shell for heavy-load structures is presented. The topic of external façades is another market of the future, and newly developed, state-of-the-art and adaptable façade elements are showcased. Given the importance of standardisation, particularly in the construction sector, one article is dedicated to DIN 35255, which defines comprehensive quality requirements for composites processes.

In these challenging economic times for industry across Europe, and in Germany in particular, it is important to focus not only on measures to improve efficiency but also on the potential for innovation offered by composites products. This Composites Report aims to support this effort.

Yours sincerely, Dr. Elmar Witten
AVK Managing Director



READ
ONLINE
LESEN!

INHALT CONTENT

18

FRAUNHOFER ICT

Faserverstärkte Betonbewehrungen
mit thermoplastischem Material
als Matrix
Fiber-reinforced concrete reinforce-
ments use a thermoplastic matrix

22

UNIVERSITÄT STUTTGART (ITFT)

FlectoLine – eine moderne,
reaktionsfähige Fassade
FlectoLine – an advanced,
responsive façade

26

FRAUNHOFER IGCV

Vom geraden Profil
zur 3D-Bewehrung
Transforming straight profiles
into 3D-reinforcement

THERMOPLASTISCHE COMPOSITES IM FOKUS

Thermoplastische faserverstärkte Kunststoffe – auch thermoplastische Composites genannt – gewinnen in zahlreichen Industriebranchen zunehmend an Bedeutung. Von der Automobilindustrie über Luft- und Raumfahrt bis hin zu Bauwesen sowie Sport- und Freizeitprodukten überzeugen sie durch ihre Kombination aus hoher Festigkeit, geringem Gewicht und guten Recyclingperspektiven. Damit gelten sie als Schlüsselmaterial für nachhaltige und leistungsfähige Leichtbaulösungen.

Vor diesem Hintergrund hat die European Alliance for Thermoplastic Composites (EATC) eine neue Marktstudie zum europäischen Markt für thermoplastische Faser-verbundwerkstoffe in Auftrag gegeben und fachlich begleitet. Ziel der Studie ist es, einen systematischen Überblick über den Status quo, die Entwicklung sowie die zukünftigen Chancen dieses dynamischen Werkstoff-segments zu geben.

FOKUS AUF MARKTSTRUKTUR, ANWENDUNGEN UND WACHSTUMSTREIBER

Die Studie analysiert die grundlegenden Materialeigenschaften thermoplastischer Composites und zeigt die Vorteile ihres Einsatzes gegenüber alternativen Werkstoffen auf. Darüber hinaus werden Unterschiede zwischen verschiedenen Materialklassen herausgearbeitet sowie die historische Entwicklung ihrer industriellen Nutzung dargestellt.

Ein besonderer Schwerpunkt liegt auf der Untersuchung des aktuellen europäischen Marktvolumens sowie der heute dominierenden Anwendungsfelder. Ergänzend identifiziert die Studie zukünftige Marktpotenziale auf Basis relevanter makroökonomischer Einflussfaktoren.

IM FOKUS: LFT, GMT UND CFRTTP

Betrachtet werden insbesondere LFT (long fiber-reinforced thermoplastics), GMT (glass mat-reinforced thermoplastics) und CFRTTP (continuous fiber-reinforced thermoplastics).

Diese Werkstoffgruppen spielen eine zentrale Rolle für moderne Strukturbauteile mit hohen mechanischen Anforderungen. Sie verbinden die Vorteile thermoplastischer Matrices – wie kurze Zykluszeiten, effiziente Verarbeitung und neue Fertigungsmöglichkeiten – mit der Leistungsfähigkeit verstärkender Fasern.



AB JETZT VERFÜGBAR

Die Studie ist ab sofort im PDF-Format per Vorkasse über die AVK erhältlich.

EATC- und AVK-Mitglieder erhalten die Studie für EUR 149,- (zzgl. MwSt.), für Nicht-Mitglieder steht die Studie zu einem Preis von EUR 349,- (zzgl. MwSt.) zum Verkauf.

STRATEGISCHER WERKSTOFF FÜR EUROPAS INDUSTRIE

Die Ergebnisse der Studie unterstreichen die wachsende strategische Bedeutung thermoplastischer Verbundwerkstoffe für den Industriestandort Europa. Insbesondere in Zeiten steigender Anforderungen an Ressourceneffizienz, CO₂-Reduktion und Kreislaufwirtschaft bieten thermoplastische Composites großes Potenzial für innovative Produktlösungen.

AVK STUDY

FOCUS ON THERMOPLASTIC COMPOSITES

Thermoplastic fibre-reinforced plastics – also known as thermoplastic composites – are becoming increasingly important across a wide range of industries. From the automotive industry and aerospace to construction and sports and leisure products, they offer a compelling combination of high strength, low weight and good recycling prospects. As such, they are regarded as a key material for sustainable and high-performance lightweight construction solutions.

Against this backdrop, the European Alliance for Thermoplastic Composites (EATC) has commissioned and provided technical support for a new market study on the European market for thermoplastic composites. The aim of the study is to provide a systematic overview of the current situation, developments and future opportunities within this dynamic materials segment.

FOCUS ON MARKET STRUCTURE, APPLICATIONS AND GROWTH DRIVERS

The study analyses the fundamental material properties of thermoplastic composites and highlights the advantages of using them over alternative materials. It also identifies differences between various material classes and outlines the historical development of their industrial applications.

Particular emphasis is placed on analysing the current size of the European market and the application areas that dominate today. In addition, the study identifies future market potential based on relevant macroeconomic factors.

IN FOCUS: LFT, GMT UND CFRTTP

The focus is in particular on LFT (long fibre-reinforced thermoplastics), GMT (glass mat-reinforced thermoplastics) and CFRTTP (continuous fibre-reinforced thermoplastics).

These material groups play a central role in modern structural components with high mechanical requirements. They combine the advantages of thermoplastic matrices – such as short cycle times, efficient processing and new manufacturing possibilities – with the performance of reinforcing fibres.

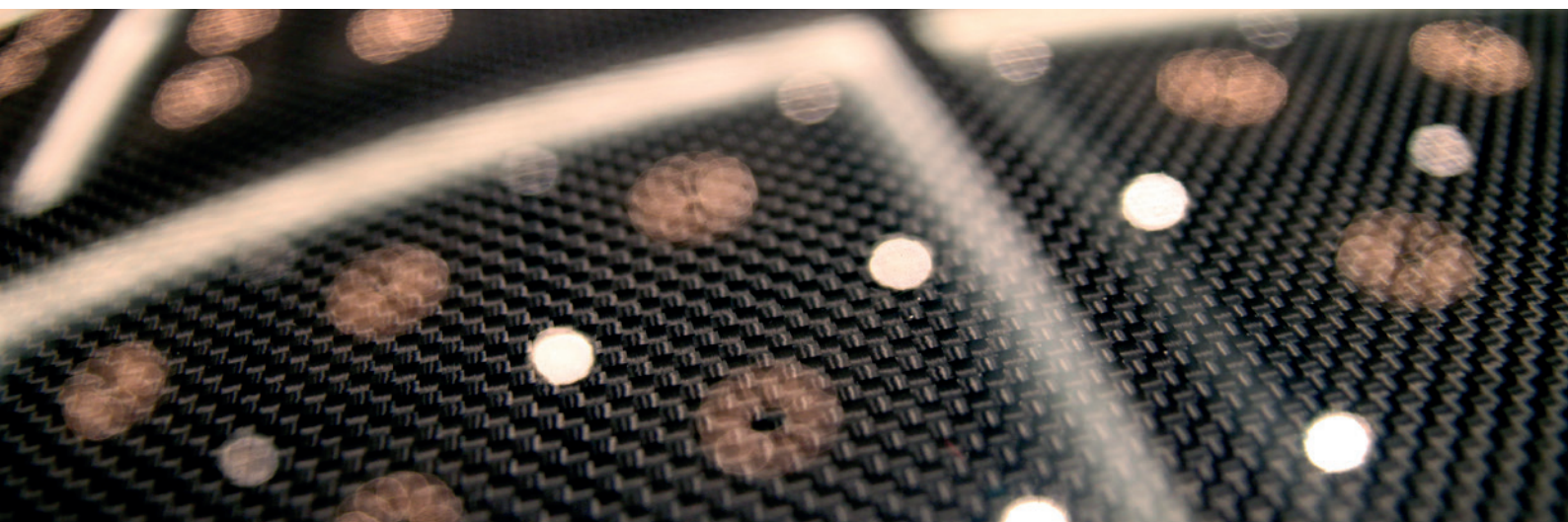
A STRATEGIC MATERIAL FOR EUROPEAN INDUSTRY

The findings of the study highlight the growing strategic importance of thermoplastic composites for Europe as an industrial hub. Particularly at a time when demands for resource efficiency, CO₂ reduction and the circular economy are on the rise, thermoplastic composites offer great potential for innovative product solutions.

NOW AVAILABLE

The study is now available in PDF format from AVK upon advance payment.

EATC and AVK members can purchase the study for EUR 149,- (plus VAT); for non-members, the study is available for EUR 349,- (plus VAT).



3D-verzweigte, geflochtene Strukturen für **BETONVERFÜLLTE HOCHLAST-TRAGWERKE**

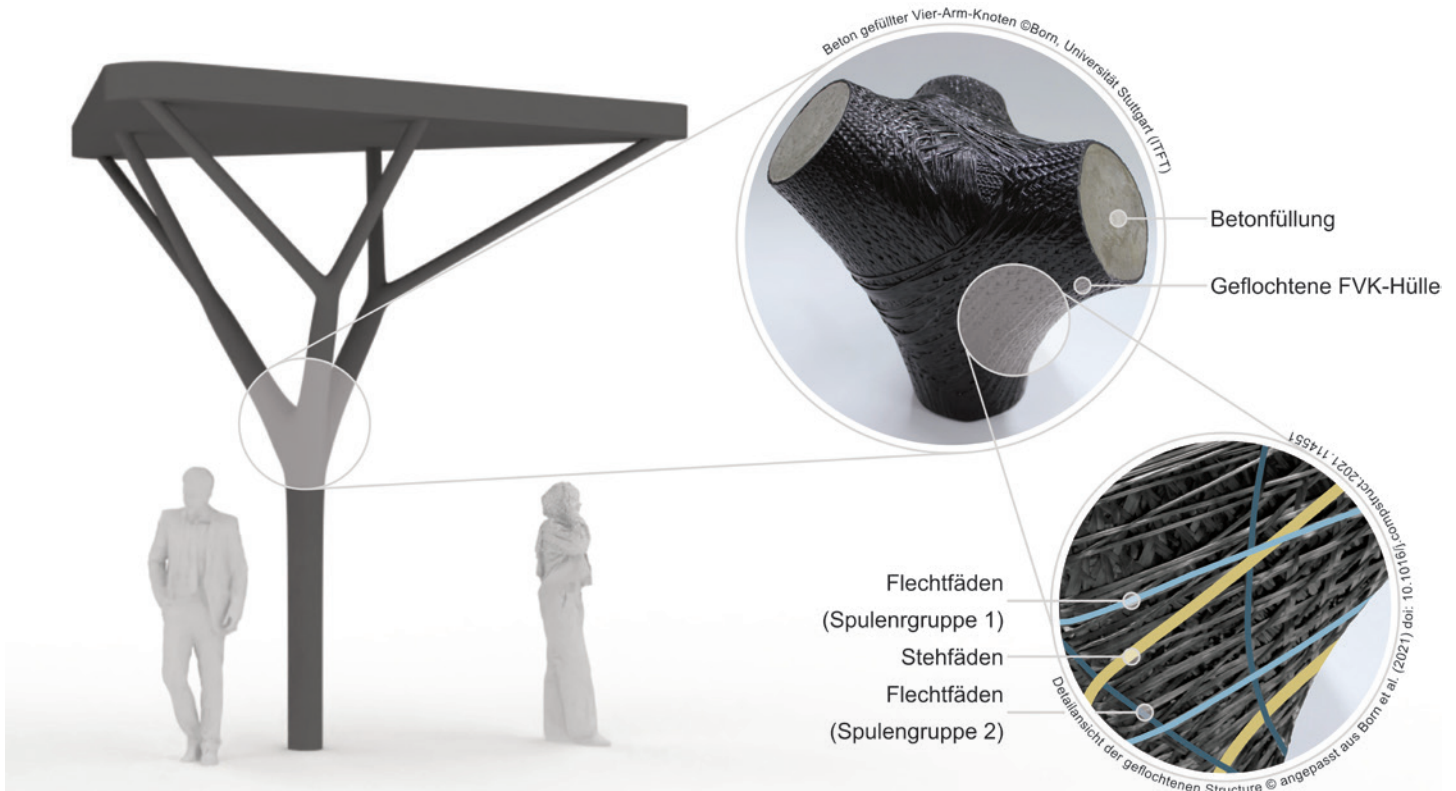
Autoren: Robert Wegner^{a,*}, Hastia Asadi^b, Frank Heidbrink^c, Axel H. Körner^b,
Mathias Maus^c, Jan Knippers^b, Götz T. Gresser^{a,d}, Larissa Born^a

Verzweigte Tragstrukturen stellen einen vielversprechenden Ansatz für zukünftige Bausysteme dar, da sie strukturelle Effizienz, Materialeinsparungen und eine hohe geometrische Flexibilität vereinen. Im Vergleich zu konventionellen prismatischen Trägern und Stützen folgen verzweigte Systeme dem Kraftfluss direkter und reduzieren die Gesamtstrukturmasse. Ihre praktische Umsetzung ist jedoch bislang begrenzt, da insbesondere die strukturellen Knoten, an denen mehrere Bauteile zusammentreffen, komplex, kostenintensiv und energieaufwendig in der Herstellung sind.

Eine Lösung zur Überwindung dieser Einschränkungen sind faserverstärkte, geflochtene Knotenbauteile. Im vorgestellten Ansatz bestehen die Strukturelemente – Stäbe und Knoten – aus einer geflochtenen FVK-Hülle, die

mit Beton gefüllt ist. Das resultierende Materialsystem weist synergetische Effekte auf: Die Hülle trägt Zugkräfte, umschließt den Beton und erhöht dessen Druckfestigkeit, während sie zugleich als verlorene Schalung dient. Dies ermöglicht leichte, korrosionsbeständige und geometrisch flexible Tragstrukturen für hochbelastbare Anwendungen.

Im Rahmen des Forschungsansatzes wird ein integrierter Entwurfsworkflow entwickelt, der Materialverhalten und Produktionsrandbedingungen systematisch berücksichtigt und eine standardisierte Auslegung, zuverlässige strukturelle Charakterisierung sowie den Transfer in die industrielle Praxis ermöglicht. Der Workflow wird genutzt, um geflochtene FVK-Beton-Knoten von überwiegend ebenen und Y-förmigen Konfigurationen hin zu



vollständig dreidimensionalen, mehrfach verzweigten Systemen weiterzuentwickeln. Dabei werden strukturelle Anforderungen, Geometrie, Materialverhalten und Fertigungsbedingungen verknüpft, sodass Faserorientierungen, Knotengeometrie und Betonkern an die Kraftflüsse angepasst sind.

Der Fertigungsprozess erfolgt mittels einer Flechtanlage mit zwei Sechssachs-Robotern und angepassten Handhabungswerkzeugen in Kombination mit einem wasserlöslichen, geometrisch anpassbaren und recycelbaren Sandkern. Dieser wird nach der Faserimprägnierung und Konsolidierung ausgewaschen und kann durch Fräsen in komplexe Geometrien geformt werden.

Abschließend wird der Ansatz auf das automatisierte Flechten dreidimensionaler Knoten erweitert, um die zuverlässige Herstellung vollständig dreidimensionaler geflochtener Knoten mit lastpfadgerechten Faserorientierungen zu demonstrieren.

FÖRDERUNG

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Diese Arbeit wurde durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWE) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages im Rahmen des Technologietransfer-Programms Leichtbau (TTP LB; Förderkennzeichen 03LB2084B) gefördert.

^a *Institut für Textil und Fasertechnologien (ITFT), Universität Stuttgart, Pfaffenwaldring 9, 70569 Stuttgart, Deutschland*

^b *Institut für Tragkonstruktionen und konstruktives Entwerfen (itke), Universität Stuttgart, Keplerstraße 11, 70174 Stuttgart, Deutschland*

^c *Maus GmbH Modell- und Formenbau, Am Viehweg 9, 76229 Karlsruhe, Deutschland*

^d *Deutsche Institute für Textil- und Faserforschung Denkendorf (DITF), Körschtalstraße 26, 73770 Denkendorf, Deutschland*

* *robert.wegner@itft.uni-stuttgart.de*

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

3D Branched Braided Structures for Concrete-Filled, **HIGH-LOAD BEARING SUPPORTING STRUCTURES**

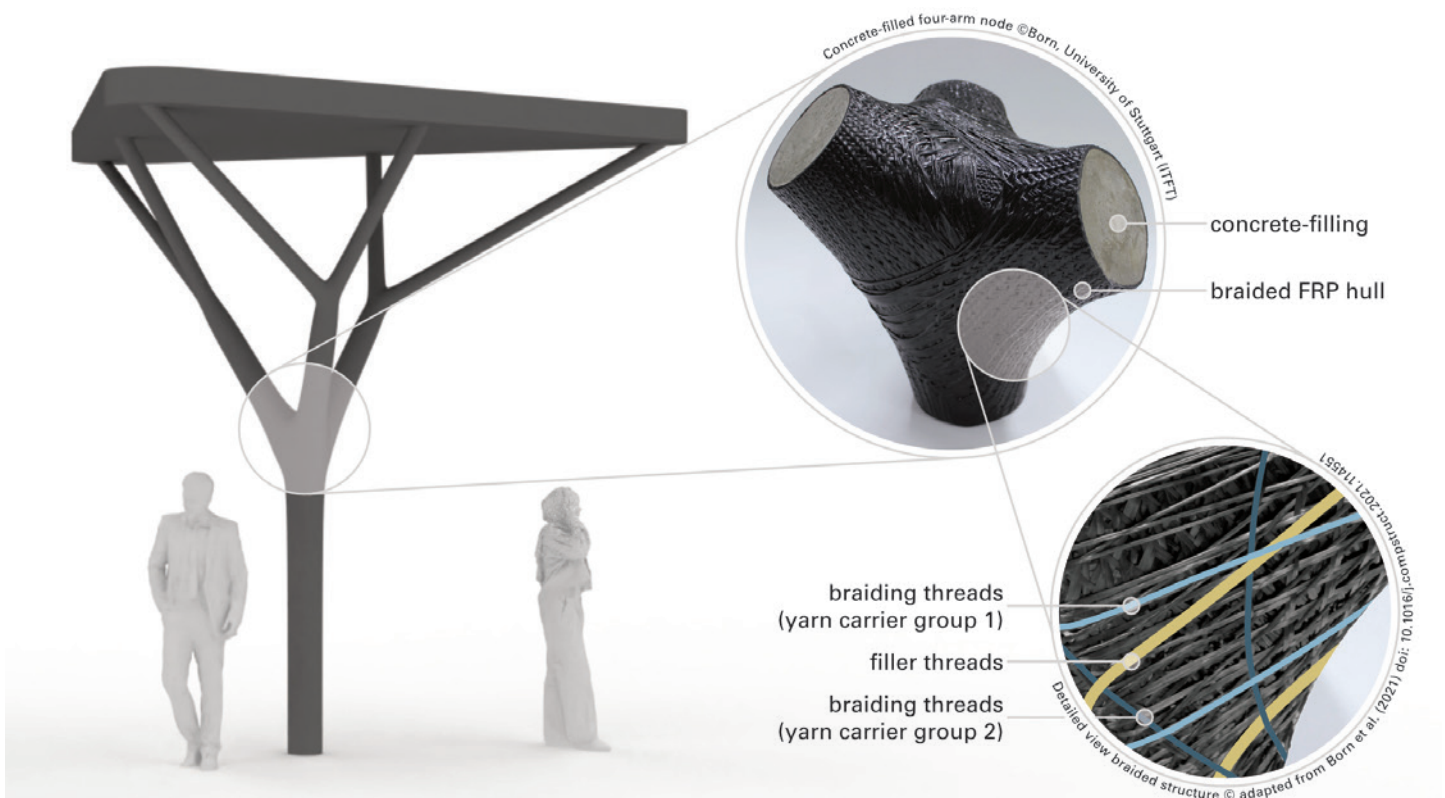
Authors: Robert Wegner^{a,*}, Hastia Asadi^b, Frank Heidbrink^c, Axel H. Körner^b,
Mathias Maus^c, Jan Knippers^b, Götz T. Gresser^{a,d}, Larissa Born^a

Branched structures represent a promising approach for future construction systems, combining structural efficiency, material savings, and high geometric flexibility. Compared to conventional prismatic beams and columns, branched systems follow force flow more directly and reduce structural mass. However, their realization remains limited, mainly because the structural nodes, where multiple members meet, are complex, costly, and energy-intensive to manufacture.

A solution to overcome these constraints are fiber-reinforced, braided nodal structural elements. In this approach, the structural elements, struts and nodes, consist of a braided FRP hull filled with concrete. The material system exhibits synergetic effects: The hull carries ten-

sile forces and also confines the concrete, increasing its compressive strength, while simultaneously serving as lost formwork. This enables lightweight, corrosion-resistant, and geometrically flexible branched structures for high load bearing supporting structures.

An integrated design workflow systematically incorporates material behavior and production constraints, enabling standardized design, reliable structural characterization, and the transfer of the technology into industrial practice. The workflow is applied to advance braided FRP-concrete nodes from limited, mostly planar and Y-shaped configurations toward fully three-dimensional, multi-branched structural systems. The integrated design workflow links structural requirements, geometry, material behavior, and production constraints. This work-



flow enables the systematic design of branched structures and ensures that fiber orientations, node geometry, and concrete core configuration are adapted to the load paths and performance requirements.

The manufacturing process uses a braiding setup with two six-axis robots and custom handling tools in combination with a water-soluble sand mandrel that serves as a geometrically adaptable and recyclable braiding mandrel. The sand mandrel can be removed after fiber impregnation and consolidation by rinsing. As the mandrel can be milled into any shape, it is ideal for producing braided nodes of complex geometry. Finally, the approach is extended toward the automated braiding of three-dimensional nodes through dedicated solutions and fixtures that accommodate a wide range of geometries and design variations. The goal is to demonstrate the reliable automated production of fully three-dimensional braided nodes with fiber orientations aligned to the structural load paths.

FUNDING

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

This work was funded by the Federal Ministry for Economic Affairs and Energy (BMWE) based on a resolution of the German Bundestag as part of the Technology Transfer Program Lightweight Construction (TTP LB; funding code 03LB2084B).

^a Institute for Textile and Fiber Technologies (ITFT), University of Stuttgart, Pfaffenwaldring 9, 70569 Stuttgart, Germany

^b Institute of Building Structures and Structural Design (itke), University of Stuttgart, Keplerstrasse 11, 70174 Stuttgart, Germany

^c Maus GmbH Modell- und Formenbau, Am Viehweg 9, 76229 Karlsruhe, Deutschland

^d German Institutes of Textile and Fiber Research Denkendorf (DITF), Koerschtalstrasse 26, 73770 Denkendorf, Germany

^{*} robert.wegner@itft.uni-stuttgart.de

SFG COMPOSITES



60 JAHRE SMC EXPERTISE FÜR HÖCHSTE DEUTSCHE ANSPRÜCHE

53.000 M² COMPOSITES-FERTIGUNGSZENTRUM
VON DUBAI IN DIE WELT



DEUTSCHE SMC
HEIßPRESSEN



INDIVIDUELLE
MOLD DESIGN



EIGENE SMC
PRODUKTION



INNOVATIVES
PRODUKT DESIGN



“Als Europäer kenne ich die deutschen Qualitätsansprüche. Bei SFG finden Sie genau das, kombiniert mit einer Kapazität, die Europa nicht bieten kann.”



Volker Napp
Sales Director
DACH-REGION



0049 160 962 44 358



volker@sfgcomposites.com

LinkedIn



DATEN DIREKT AUS DEM ASPHALT

Das intelligente Zustandsmonitoring SenAD2 für die Straßen der Zukunft

Autor: Christina Haxter, Fraunhofer WKI

Der Straßenbau entwickelt sich schrittweise weiter und das Projektvorhaben SenAD2 - »Machine Learning-basiertes Degradationsmonitoring für Asphaltstraßenbefestigungen« möchte hier einen wichtigen Beitrag leisten.

Im vom Bundesministerium für Verkehr (BMV) geförderten Projektvorhaben werden Gewebe mit integrierter Sensorik entwickelt, welche die kontinuierliche Überwachung sowie daraus abgeleitet eine Prognose der Degradation in Asphalttragschichten ermöglichen. Als Trärgewebe wird hierbei ein biobasiertes Gewebe entwickelt, welches robust genug für die Nutzung im Straßenbau sein muss und die eingebettete Sensorik schützt, gleichzeitig muss es aber auch so strukturiert sein, dass es nicht zu einer Gefügestörung in der Asphalttragschicht führt. Die durch die Sensorik erfassten Änderungen werden durch entsprechende Untersuchungen und einen darauffolgenden Machine Learning Prozess in Form von Ermüdungszuständen der unteren Asphalttragschicht ausgegeben. Darüber hinaus wird ein weiteres Machine Learning Modell entwickelt, das auch eine Prognose ermöglicht. Bei all diesen Machine Learning Prozessen werden umfangreiche Daten genutzt und untersucht – sowohl die direkt aus dem Sensorsystem erhobenen Daten als auch weitere, bspw. die Umgebungs- sowie Nutzungsbedingungen betreffend. So kann durch das integrierte Sensorsystem eine deutlich genauere Einschätzung des Straßenzustands erfolgen als bisher möglich. Die zerstörungsfreie Prüfung kann eine quasikontinuierliche Erhebung des Ermüdungszustands ohne zusätzlichen Schädigungseintrag, wie er beispielsweise bei Bohrkernentnahme gegeben ist, ermöglichen. Durch Umsetzung in ein entsprechendes Softwaretool werden darauf basierende Instandsetzungsmaßnahmen deutlich besser planbar und so effizienter und ressourcenschonender.

Übergeordnetes Ziel des Forschungsvorhabens ist eine praxistaugliche, möglichst kostengünstige Technologie, die sich in bestehende Bau- und Wartungskonzepte inte-

grieren lässt, gleichzeitig aber auch flexibel auf unterschiedliche Klimazonen und Lastspektren adaptierbar ist. Hinsichtlich der Nachhaltigkeit vereint das Projektteam biobasierte Materialien, fortschrittliche Sensorik und datenbasierte Wartungsstrategien zu einem integrierten Monitoring-System. Die Vision des Vorhabens sind Straßen, die kontinuierlich ihren Zustand melden, wodurch sich Wartungsvorgänge besser steuern lassen – für sichereren, langlebigeren und umweltfreundlicheren Straßenverkehr. Mit dem ersten Einsatz eines Demonstrators im Realumfeld in einer Straße in Oranienburg konnte das Konsortium bestehend aus Konsortialführer Uhlig & Wehling, den Unternehmen AS+BE und Time4Innovation sowie WissenschaftlerInnen von den Hochschulen Hannover und Magdeburg-Stendal und vom Fraunhofer WKI, im vergangenen Jahr einen bedeutenden Fortschritt erzielen.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



ANSPRECHPARTNER | CONTACT

Christina Haxter M. Eng. | Wissenschaftliche Mitarbeiterin
christina.haxter@wki.fraunhofer.de
Telefon: +49 511 3532 4820

Fraunhofer-Institut für Holzforschung
Wilhelm-Klauditz-Institut WKI
Heisterbergallee 10A | 30453 Hannover

Fig. 1: SenAD2 sensor fabric
embedded in demonstration area,
©Fraunhofer WKI, Christina Haxter



DATA DIRECTLY FROM THE **ASPHALT**

The intelligent condition monitoring
SenAD2 for the roads of the future

Autor: Christina Haxter, Fraunhofer WKI

Road construction is gradually evolving, and the SenAD2 project – “Machine learning-based degradation monitoring for asphalt road pavements” – aims to make an important contribution in this area.

The project, which is funded by the Federal Ministry of Transport, is developing fabrics with integrated sensor technology that enable continuous monitoring and, based on this, prediction of degradation in asphalt base layers. A bio-based fabric is being developed as the carrier fabric, which must be robust enough for use in road construction and protect the embedded sensor technology, but at the same time must also be structured in such a way that it does not lead to structural disruption in the asphalt base layer. The changes detected by the sensors are output in the form of fatigue states of the lower asphalt base layer through appropriate investigations and a subsequent machine learning process. In further development, another machine learning model is being developed that also enables forecasting. All of these machine learning processes use and examine extensive data – both the data collected directly from the sensor system and other data, such as that relating to environmental and usage conditions. The integrated sensor system thus enables a much more accurate assessment of road conditions than was previously possible. Non-destructive testing can enable quasi-continuous measurement of the fatigue state without additional damage, such as that caused by core sampling.

By implementing this in a corresponding software tool, repair measures based on this data can be planned much better and thus become more efficient and resource-saving.

The overarching goal of the research project is to develop a practical, cost-effective technology that can be integrated into existing construction and maintenance concepts, while also being flexibly adaptable to different climate zones and load spectra. In terms of sustainability, the project team combines bio-based materials, advanced sensor technology, and data-based maintenance strategies into an integrated monitoring system. The vision of the project is roads, that continuously report their condition, enabling maintenance operations to be managed more efficiently for safer, more durable, and more environmentally friendly road traffic. With the first use of a demonstrator in a real-world environment on a road in Oranienburg, the consortium consisting of consortium leader Uhlig & Wehling, the companies AS+BE and Time4Innovation, as well

as scientists from the universities of Hanover and Magdeburg-Stendal and from Fraunhofer WKI, achieved a significant step forward.

With funding from the



Federal Ministry
of Transport

by decision of the
German Bundestag

NACHFORMBARE EPOXID-FVK-BEWEHRUNGEN

durch gezielte Nutzung teilvernetzter Materialzustände

Epoxidharzbasierte Faserverbundwerkstoffe haben sich im Bau- und Infrastrukturbereich, beispielsweise in Bewehrungen in Beton etabliert.

Autoren: Prof. Christian Hopmann (Institutsleiter), Dr. Kai Fischer (Wissenschaftlicher Direktor), Jonathan Alms (Abteilungsleiter FVK und Polyurethan) und Jonas Regel

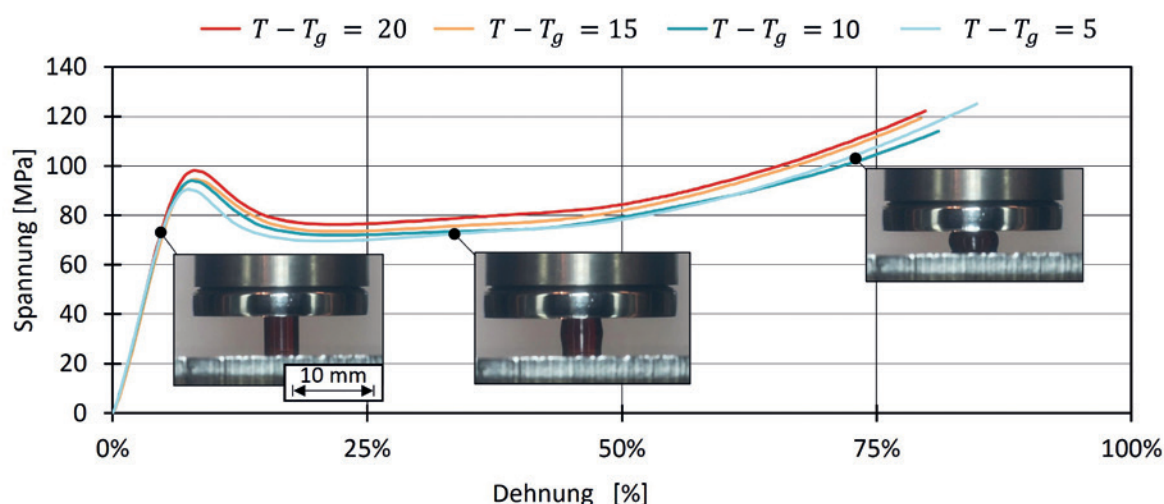


Abb. 1: Spannungs-Dehnungs-Diagramm der Druckversuche einer teilvernetzten (Vernetzungsgrad = 85 %) Reinharzprobe unter Variation der Prüftemperatur.

Ihre Korrosionsbeständigkeit, hohe Festigkeit und Langlebigkeit bieten gegenüber Stahl deutliche Vorteile. Nachteilig ist jedoch ihre mangelnde Umformbarkeit. Sie werden im Pultrusionsprozess als endlosfaserverstärkte Profile mit vollständig ausgehärteter Matrix erzeugt, sind hochsteif und -fest, jedoch nicht umformbar. Vor diesem Hintergrund sind Materialzustände von Epoxidharzen interessant, die eine erhöhte Verformbarkeit ermöglichen, ohne die grundlegenden Vorteile aufzugeben.

Bei der Umformung von faserverstärkten Bewehrungen überträgt die gebogene Faser Kräfte auf die Matrix. Eine Verformung ist ausschließlich dann umsetzbar, wenn die Matrix in einem Zustand vorliegt, welcher plastisches Fließen ermöglicht. Um die grundsätzliche Einsetzbarkeit und mögliche Verarbeitungsfenster von Epoxidharzen zu untersuchen, wurden am IKV Experimente an Reinharzproben durchgeführt.

Hierzu wurde das Epoxidharzsystem Voraforce 5310 von Dow Chemicals, USA, mit entsprechendem Härter im teilvernetzten Zustand untersucht. Definierte Vernetzungsgrade wurden über modellbasierte Nachhärtezyklen eingestellt und analytisch verifiziert. Der Vernetzungsgrad bestimmt auch die Glasübergangstemperatur T_g maßgeblich. Dementsprechend wurden die Prüftemperaturen während mechanischer Prüfungen in Biegung, Druck und Zug auf den jeweiligen Vernetzungszustand im Bereich $T_g - 20$ °C bis $T_g - 5$ °C angepasst. Dabei zeigte sich für die untersuchten Proben konsistent ein ausgeprägtes plastisches Fließverhalten (exemplarische Druckprüfung in Abb. 1).

Es ist deutlich erkennbar, dass mit zunehmender Prüftemperatur eine Steigerung der Dehnung bei gleicher Spannung erzielt wird. Hingegen zeigen die erzielten Bruchdehnungen für die einzelnen Vernetzungsgrade

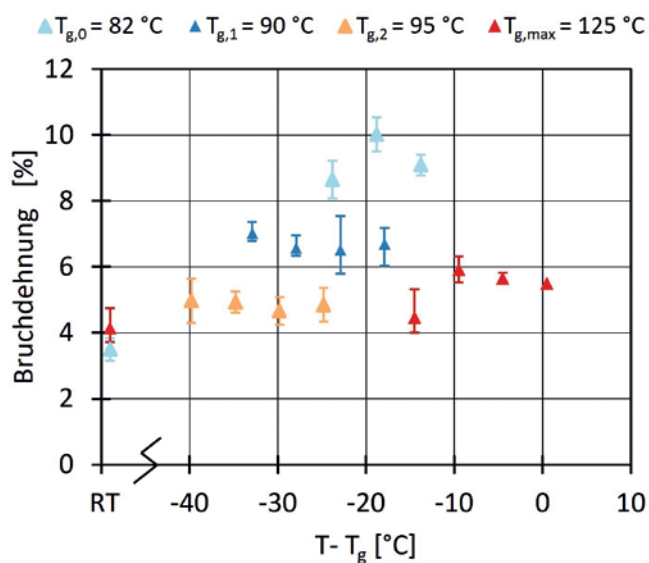


Abb. 2: Bruchdehnungen von teilvernetzten Reinharzproben unter Biegebelastung bei verschiedenen Prüftemperaturen unterhalb von T_g (T_g 1-3 stellen unterschiedliche Vernetzungsgrade dar; $T_{g,max}$ bezieht sich auf eine vollständig vernetzte Probe).

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

keine signifikanten Unterschiede. Für sinkende Vernetzungsgrade wurde eine Erhöhung der Bruchdehnung bei vergleichsweise geringen Prüftemperaturen festgestellt. Bei niedrigen Vernetzungsgraden konnten in 3-Punkt-Biegeversuchen besonders hohe Bruchdehnungen bis 10 % erreicht werden. Für das untersuchte Harzsystem wird die maximale Bruchdehnung primär durch den Vernetzungsgrad bestimmt und nur in geringem Maße durch die Prüftemperatur beeinflusst. Unterschiede in der Bruchdehnung sind daher überwiegend auf unterschiedliche Vernetzungszustände zurückzuführen (Abb. 2).

Die Ergebnisse verdeutlichen, dass plastische Verformung in teilvernetzten Epoxidharzen unterhalb von T_g ein nutzbarer Materialzustand ist, der konkreter untersucht werden sollte. Für epoxidbasierte Bewehrungen eröffnet dies Perspektiven für eine geometrische Anpassung direkt auf der Baustelle.

FÖRDERUNG

Das IGF-Forschungsvorhaben 01IF24012N der Forschungsvereinigung Kunststoffverarbeitung wird über die IGF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert. Allen Institutionen gilt unser Dank.

ANSPRECHPARTNER | CONTACT

Jonas Regel | Jonas.Regel@ikv.rwth-aachen.de

Institut für Kunststoffverarbeitung (IKV)
in Industrie und Handwerk an der RWTH Aachen
Seffenter Weg 201 | 52074 Aachen | Germany

****Die DIN 35255 »Qualitätsanforderungen an Composite Prozesse«:**

Ihre Anwendbarkeit im Baubereich**

Die zunehmende Nutzung von Faserverbundwerkstoffen (Composites) – insbesondere im Bauwesen – erfordert Herstellungs- und Instandhaltungsprozesse, die sicher, reproduzierbar und rechtssicher ausgeführt werden können. Gerade im Baubereich, in dem Faserverbundbauteile als tragende, aussteifende oder dauerhaft beanspruchte Elemente eingesetzt werden, ist eine prozesssichere Fertigung unverzichtbar. Da Composite Bauteile aufgrund ihrer Materialstruktur und der häufig komplexen Geometrien nur begrenzt zerstörungsfrei geprüft werden können, gewinnen strukturierte und standardisierte Prozessanforderungen für bautechnische Anwendungen erhebliche Bedeutung.

Die neue DIN 35255 setzt genau hier an: Sie definiert erstmals umfassende Qualitätsanforderungen für Composite Prozesse entlang des gesamten Lebenszyklus eines Bauteils – von der Planung über die Herstellung bis hin zu baustellenbezogenen Montage, Instandhaltung und Reparaturprozessen. Damit adressiert sie unmittelbar jene Herausforderungen, die bei der Nutzung von Composites auch im Bauwesen bisher nicht ausreichend normativ abgedeckt waren.

Warum Standardisierung unverzichtbar ist

Composites zählen nach ISO 9001 zu den sogenannten „speziellen Prozessen“, da ihre Qualität nicht vollständig durch nachträgliche Prüfungen verifiziert werden kann. Auch für das Bauwesen bedeutet dies, dass eine beherrschte Prozessführung zum zentralen Baustein für die bauliche Sicherheit wird. Die DIN 35255 überträgt Grundprinzipien etablierter

qualitätssichernder Normen aus der Schweiß- und Klebtechnik auf die Faserverbundtechnologie und schafft so ein normatives Fundament, das bisher insbesondere im Bausektor fehlte.

Zugleich konkretisiert die Norm die Anforderungen des Produktsicherheitsgesetzes (ProdSG), indem sie den maßgeblichen „Stand der Technik“ für Composite Prozesse beschreibt und in praktisch umsetzbare Anforderungen übersetzt. Damit lassen sich die besonderen, im Bauwesen üblichen Anforderungen – etwa Dauerhaftigkeit, Tragfähigkeit und bauaufsichtliche Verwendbarkeitsnachweise – besser mit industriellen Composite Prozessen verknüpfen.

Für die Baupraxis bedeutet dies, dass die Qualität und Zuverlässigkeit von Composite Strukturelementen wie Bewehrungen, Profilen, Sandwichstrukturen sowie Dach- und Wandelementen nicht nur planbarer werden, sondern auch indirekt nachweisbar, was ihre Anwendung in sicherheitsrelevanten Bereichen erheblich erleichtert.

Aufbau und Kernelemente der DIN 35255

Die Norm umfasst die gesamte Prozesskette und strukturiert ihre Anforderungen in drei zentrale Elemente:

Bauteilklassifizierung nach Sicherheitsanforderungen (C1–C4)

Sie bildet die Grundlage für eine risikoadaptierte Qualitätsplanung. Für bauwerksrelevante Bauteile – insbesondere in höheren Klassifizierungsstufen – wird damit präzise definiert, welche Prozesssicherheiten und dokumentierten Verfahrensschritte notwendig sind, um statische, ermüdungsrelevante oder brandschutztechnische Anforderungen erfüllen zu können.

Kompetenznachweise für Fachpersonal (Level 1–3)

Die Norm definiert objektive Anforderungen an Ausbildung, Qualifikation und Erfahrung des Personals, das an Composite Prozessen beteiligt ist. Dies ist insbesondere im Bauwesen von großer Bedeutung, da hier häufig unterschiedliche Gewerke und dezentral arbeitende Teams aufeinandertreffen und reproduzierbare Qualität gewährleistet werden muss.

Nachweisführung der Produkt und Prozesssicherheit

Im Vordergrund stehen fehlervermeidende Prozessgestaltung, reproduzierbare Abläufe und dokumentierte Qualitätssicherung. Gerade im Bauwesen, wo Composite Bauteile über Jahrzehnte sicher funktionieren müssen, ist dieser standardisierte Nachweisweg eine wesentliche Voraussetzung für die bauaufsichtliche Akzeptanz und Planungszuverlässigkeit.

Mit dieser Struktur schafft die DIN 35255 erstmals eine einheitliche und technologieübergreifende Grundlage, um Composite Prozesse – inklusive jener im Bauwesen – sicher zu planen, umzusetzen und zu dokumentieren.

Nutzen für Unternehmen

Die Anwendung der DIN 35255 bietet Unternehmen auch im Bau- und Bausektorumfeld mehrere Vorteile. Die normativ klare Definition des „Standes der Technik“ schafft Rechtssicherheit, da sowohl technische als auch organisatorische Anforderungen eindeutig formuliert sind. Für Bauprodukterhersteller und bauausführende Unternehmen steigt die Prozessstabilität, weil Personal, Organisation und Fertigung auf standardisierte Qualitätsanforderungen ausgerichtet werden.

Die Norm reduziert zudem Risiken in der Ausführung und erhöht das Sicherheitsniveau im baulichen Einsatz, was wiederum Schadensereignisse und damit verbundene Haftungs- und Regressrisiken verringert. Insbesondere für den baurechtlich sensiblen Einsatz von Faserverbundwerkstoffen – etwa als Bewehrung, im Fassadenbau oder in Sandwich- und Profilstrukturen – verbessert die DIN 35255 die Marktakzeptanz, da sie eine normativ abgesicherte Grundlage für Planer, Bauherren und Prüfinstitutionen schafft.

Darüber hinaus unterstützt die Norm eine branchenübergreifende Harmonisierung von Qualitätsanforderungen und wird damit zu einem wichtigen Motor für die breite Einführung von Composite Bauteilen auch im Bauwesen, wo robuste und regelkonforme Fertigungsprozesse unabdingbar sind.

Rolle des Fraunhofer IFAM

Das Fraunhofer IFAM war maßgeblich an der Erarbeitung der DIN 35255 beteiligt und unterstützt

deren Umsetzung durch praxisorientierte Weiterbildungen, Qualifizierungsprogramme entlang der Kompetenzvorgaben und Technologietransfer in reale Produktions- und Instandhaltungsprozesse. Für den Bausektor bedeutet dies, dass das IFAM als Bindeglied zwischen Normung, industrieller Fertigung und baupraktischer Anwendung fungiert – ein entscheidender Faktor für die sichere und regelkonforme Nutzung von Composites auch im Bauwesen.

Fazit

Mit der DIN 35255 entsteht ein bedeutender Meilenstein für die Qualitätssicherung in der Composite Technologie. Die Norm stellt erstmals eine weltweit einzigartige, normative Grundlage für sichere, reproduzierbare und rechtssichere Composite Prozesse bereit und schafft damit insbesondere für das Bauwesen einen klaren, fachlich fundierten Orientierungsrahmen. Sie stärkt die technische Sicherheit, erhöht die wirtschaftliche Effizienz und ermöglicht eine breitere, bauaufsichtlich akzeptierte Nutzung von Faserverbundwerkstoffen in tragenden, aussteifenden und langlebigen Bauteilen.

Stefan Simon

stefan.simon@ifam.fraunhofer.de

www.faserverbund-in-Bremen.de

Fraunhofer-Institut für Angewandte Materialforschung
IFAM, Wiener Str. 12, 28359 Bremen

© Fraunhofer IFAM



ENABLING POST-FORMING OF EPOXY-FRP REBARS

through controlled partial curing

Epoxy-based fibre-reinforced polymer (FRP) composites have become established in construction and infrastructure applications, for example as rebars in concrete.

Authors: Prof. Christian Hopmann (Institutsleiter), Dr. Kai Fischer (Wissenschaftlicher Direktor), Jonathan Alms (Abteilungsleiter FVK und Polyurethan) und Jonas Regel

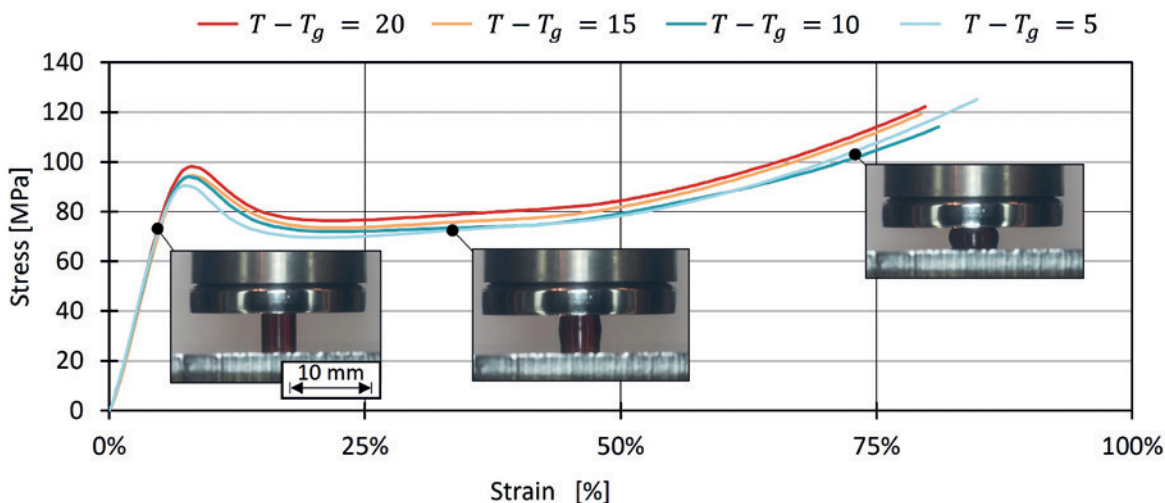


Fig. 1: Stressstrain diagram of compression tests on a partially cross-linked (degree of cure = 85 %) pure resin sample with varying test temperatures.

Their corrosion resistance, high strength and durability offer clear advantages over steel. A major drawback, however, is their limited formability. They are produced in the pultrusion process as continuous fibre-reinforced profiles with a fully cured matrix. As a result, they exhibit high stiffness and strength but cannot be plastically formed after manufacturing. Against this background, material states of epoxy resins that enable increased deformability without sacrificing their fundamental advantages are of particular interest.

During the forming of fibre-reinforced rebars, the bent fibres transfer stresses to the surrounding matrix. Deformation is therefore only feasible if the matrix is in a state that allows plastic flow. To investigate the fundamental applicability and potential processing windows of epoxy resins, experiments were first carried out at IKV on neat resin specimens.

For this purpose, the epoxy resin system Voraforce 5310 from Dow Chemicals, USA, together with the corresponding hardener, was investigated in a partially cured state. Defined degrees of cure were adjusted using model-based post-curing cycles and later analytically verified. The degree of cure also strongly determines the glass transition temperature (T_g). Accordingly, the test temperatures during mechanical testing in bending, compression and tension were adjusted to the respective curing state in the range of $T_g - 20$ °C to $T_g - 5$ °C. Under these conditions, the investigated specimens consistently exhibited pronounced plastic flow behaviour (exemplary compression test shown in Fig. 1).

It can clearly be observed that increasing the test temperature leads to higher strain at comparable stress levels. In contrast, the measured failure strains for the individual degrees of cure show no significant differences between the tested temperatures. For a decreasing degree

of cure, an increase in failure strain was observed even at comparatively low test temperatures. At low degrees of cure, particularly high failure strains of up to 10% were achieved in three-point bending tests. For the investigated resin system, the maximum failure strain is therefore primarily governed by the degree of cure and only to a minor extent by the test temperature. Differences in failure strain can therefore mainly be attributed to the respective degree of cure (Fig. 2).

The results demonstrate that plastic deformation in partially cured epoxy resins below T_g represents a usable material state that should be investigated in more detail. In the specific case of epoxy-based FRP rebars, this approach opens perspectives for geometric adjustment directly on the construction site.

SPONSORING

The research project 01IF24012N of the Forschungsvereinigung Kunststoffverarbeitung has been sponsored as part of the "industrielle Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF)" by the German Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWE) due to an enactment of the German Bundestag through the IGF. We would like to extend our thanks to all organizations mentioned.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

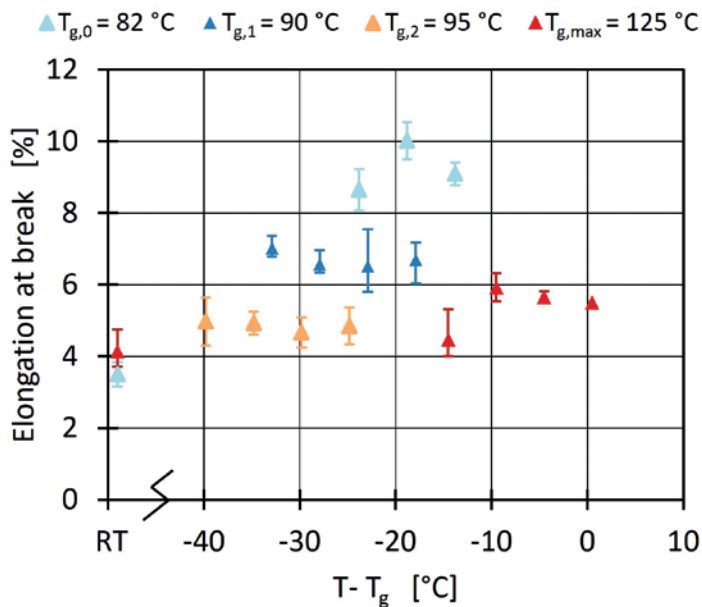
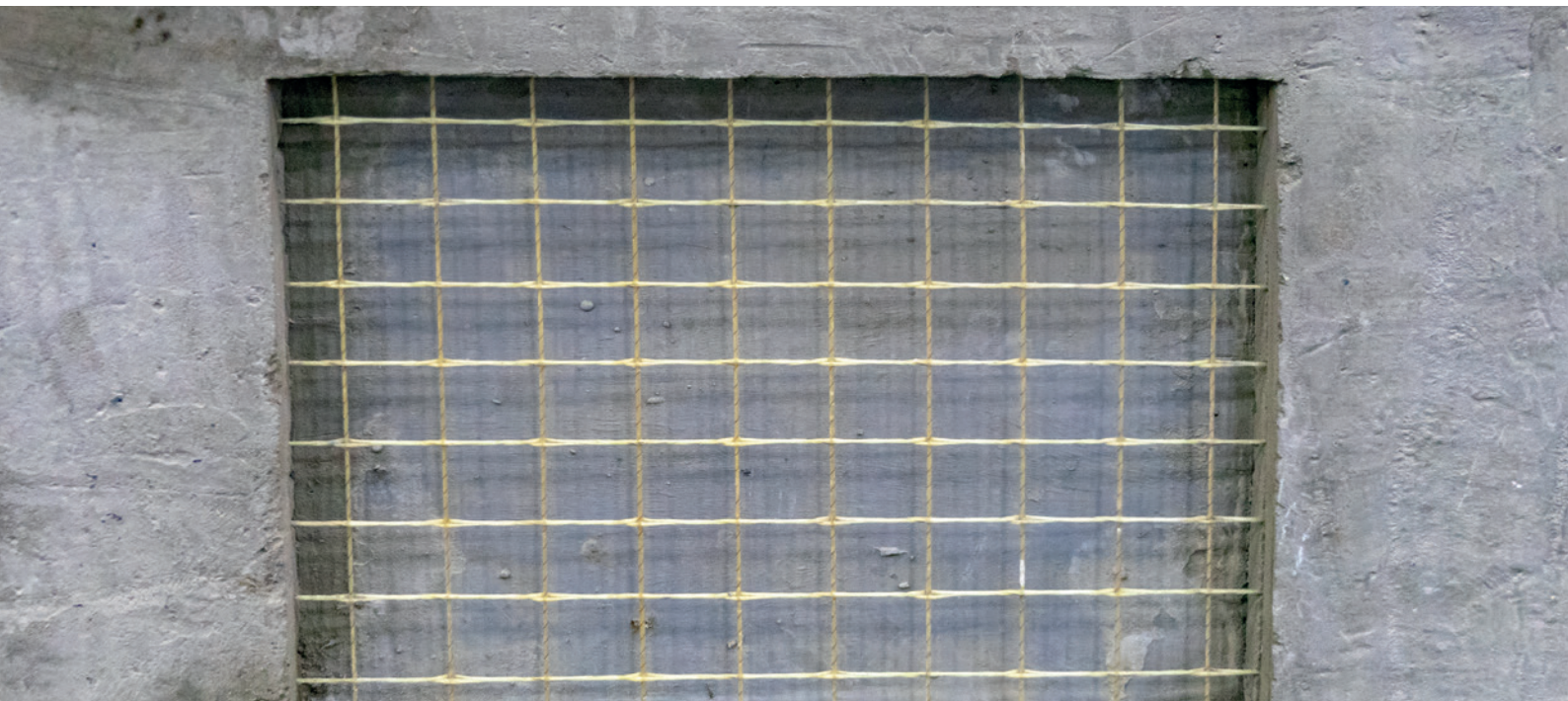


Fig. 2: Elongation at break of partially cross-linked pure resin samples under bending stress at various test temperatures below T_g (T_g 1–3 represent different degrees of cross-linking; $T_{g,max}$ refers to a fully cured sample).



Vorteil beim Biegen: FASERVERSTÄRKTE BETONBEWEHRUNGEN

verwenden ein thermoplastisches Material als Matrix

Autoren: Michael Wilhelm, Georg Zeeb, Moritz Fünkner, Fraunhofer ICT, Björn Riecken, Dr. Valea Wisniewski, CompriseTec GmbH, Dietmar Weber, Wagenfelder Spinnereien GmbH, Tobias Kortmann, reese-solutions GmbH, Tobias Wendler, Prof. Dr.-Ing. Matthias Pahn, RPTU Kaiserslautern, Landau

Im Projekt REcyBAR entwickelt das Forschungsteam Bewehrungsstäbe aus recycelten Carbonfasern und einer thermoplastischen Matrix. Die neuen Stäbe sind formbar, korrosionsbeständig und wiederverwertbar. Sie sollen Stahl im Betonbau ersetzen, dabei Materialeinsatz, CO₂-Emissionen und Umweltbelastungen deutlich verringern.

Im Betonbau bieten Stahlbewehrungen hohe Festigkeit, sind jedoch korrosionsanfällig und schwer, ihre Herstellung ist energieintensiv. Faserverbundkunststoffe sind eine leichtere, nicht-korrodierende Alternative. Meist kommen duroplastische Kunststoffe zum Einsatz, die weder nach dem Aushärten gebogen noch recycelt werden können. Damit eignen sie sich für Anwendungen im Bauwesen nur eingeschränkt. Zugleich wächst der Bedarf an ressourcenschonenden, langlebigen Baumaterialien.

Hier setzt das Forschungsprojekt REcyBAR an: Das Team entwickelte Bewehrungsstäbe aus recycelten Carbonfasern und einer thermoplastischen PA6-Matrix. Diese Kombination ermöglicht es erstmals, die Stäbe nach der Produktion zu biegen und zu verschweißen – ähnlich wie Betonstahl. So lassen sich maßgeschneiderte Bewehrungsformen herstellen und vor Ort präzise an Geometrien und Belastungen anpassen. Der Einsatz recycelter Fasern verringert den Bedarf an Primärrohstoffen, die thermoplastische Matrix erleichtert das Recycling am Lebensende. Im Vergleich zu Stahl sinken sowohl die CO₂-Emissionen bei der Herstellung als auch der Material- und Transportaufwand, was die Ressourceneffizienz und die Umweltbilanz von Betontragwerken verbessert.

Die Forschenden entwickelten eigene Carbon-Stapel-fasergarne aus recycelten Fasern. Diese werden in einem In-situ-Pultrusionsprozess mit einem auf ϵ -Caprolactam basierenden Reaktionsgemisch infiltriert, bei dem das flüssige Monomermaterial direkt im Werkzeug zu festem PA6 polymerisiert. Die Oberfläche des entstehenden kontinuierlichen Stabs kann geprägt oder gekerbt werden,

um größere Verbundkräfte zwischen Stab und Beton zu ermöglichen. Ferner entwickelte das Team eine Biegevorrichtung zur thermischen Umformung der Stäbe. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler untersuchten die Tragfähigkeit, die Dauerhaftigkeit und das Verbundverhalten zwischen Bewehrungsstab und Beton unter verschiedenen Umweltbedingungen.

PROJEKT-STECKBRIEF

REcyBAR – Produkt- und Prozessentwicklung zur Herstellung und der thermischen Umformung von thermoplastischen faserverstärkten Betonbewehrungen aus recycelten Carbonfasern

Laufzeit 01.10.22 – 31.03.26, Förderkennzeichen: 03LB2051
Projektleitung: Björn Riecken, CompriseTec GmbH, riecken@comprisetec.de

ANSPRECHPARTNER | CONTACT

Michael Wilhelm | Moritz Fünkner | Georg Zeeb
Fraunhofer ICT
Joseph-von-Fraunhofer-Str. 7 | 76327 Pfinztal

Björn Riecken | Valea Wisniewski
CompriseTec GmbH | Rödingsmarkt 20 | 20459 Hamburg

Dietmar Weber | Wagenfelder Spinnereien GmbH
Maschweg 1-7 | 49419 Wagenfeld

Tobias Kortmann | reese-solutions GmbH
Ottenbecker Damm 12 | 21684 Stade

Tobias Wendler | Univ.-Prof. Dr.-Ing. Matthias Pahn
RPTU Rheinland-Pfälzische Technische Universität
Kaiserslautern Landau, Fachbereich Bauingenieurwesen
Paul-Ehrlich-Straße 14 | 67663 Kaiserslautern

Forschungsprojekt

REcyBAR

COMPRISETEC
COMPOSITE AND POLYMER TECHNOLOGIES



R TU
P

Reese-Baukonstruktion

Supported by:
Federal Ministry
for Economic Affairs
and Climate Action

Fraunhofer
ICT

REESE
solutions

Demonstratorbauteile mit vollständig integrierten Stäben belegen die technische Umsetzbarkeit und die Leistungsfähigkeit des neuen Bewehrungssystems in Form von Betonwinkelstützwänden.

Demonstrator components with fully integrated rebars demonstrate the technical feasibility and performance of the new reinforcing system in the form of concrete angle-supported walls.

Advantage in bending:

FIBER-REINFORCED CONCRETE REINFORCEMENTS

use a thermoplastic matrix

Authors: Michael Wilhelm, Georg Zeeb, Moritz Fünkner, Fraunhofer ICT, Björn Riecken, Dr. Valea Wisniewski, CompriseTec GmbH, Dietmar Weber, Wagenfelder Spinnereien GmbH, Tobias Kortmann, reese-solutions GmbH, Tobias Wendler, Prof. Dr.-Ing. Matthias Pahn, RPTU Kaiserslautern, Landau

In the REcyBAR project, the research team develops reinforcement bars made from recycled carbon fibers and a thermoplastic matrix. The new rebars are formable, corrosion-resistant, and recyclable. They are intended to replace steel in concrete construction, significantly reducing material use, CO₂ emissions, and environmental burdens.

In concrete construction, steel reinforcements offer high stiffness but are prone to corrosion and heavy, with energy-intensive production. Fiber-reinforced plastics are lighter and non-corrosive alternatives. Most often, thermoset resins are used, which cannot be bent after curing or recycled. This limits their suitability for construction applications. At the same time, there is a growing demand for resource-saving, durable building materials.

This is where the REcyBAR research project enters: the team developed rebars from recycled carbon fibers and a thermoplastic PA6 matrix. This combination makes it possible for the first time to bend and weld the bars after production – similar to reinforced steel in concrete. Customized reinforcement shapes can thus be manufactured and precisely adapted on-site to geometries and loads. The use of recycled fibers reduces primary raw material demand, while the thermoplastic matrix facilitates recycling at end of life. Compared with steel, both the CO₂ emissions during production and the material and transport energy are lower, improving the resource efficiency and environmental balance of concrete structures. The researchers developed their own carbon filament yarns from recycled fibers. These are infiltrated in an in-situ pultrusion process with a reaction mixture based on ϵ -caprolactam, where the liquid monomer material

polymerizes directly in the tooling to solid PA6. The surface of the resulting continuous rebar can be textured or grooved to enable greater composite strength between rebar and concrete.

Furthermore, the team developed a bending device for thermally forming the rebars. The researchers studied the load-bearing capacity, durability, and bond behavior between rebar and concrete under various environmental conditions.

Demonstrator components with fully integrated rebars demonstrated the technical feasibility and performance of the new reinforcing system in the form of concrete angle-supported walls.

PROJECT OVERVIEW

REcyBAR – Product and process development for the manufacture and thermal forming of thermoplastic fiber-reinforced concrete reinforcements made from recycled carbon fibers

Duration: 01.10.22 – 31.03.26, Grant number: 03LB2051
Projectmanagement: Björn Riecken, CompriseTec GmbH,
riecken@comprisetec.de



FLAMMSCHUTZTAGUNG IN BERLIN | FLAME RETARDANCY CONFERENCE IN BERLIN

FLAME RETARDANCY FOR COMPOSITE APPLICATIONS



Nach dem Erfolg der ersten beiden Veranstaltungen findet nun am 18.-19. November 2026 bereits die dritte Ausgabe der Fachtagung zum Thema Flammschutz in Berlin statt, veranstaltet von der AVK – Industrievereinigung Verstärkte Kunststoffe e. V. in Kooperation mit der FGK - Forschungsgesellschaft Kunststoffe e. V.

Der Schwerpunkt der Veranstaltung liegt auf den Bereichen Bau/Infrastruktur- und Mobilitätsanwendungen. Bauteile aus faserverstärkten Kunststoffen/Composites, die für diese Sektoren hergestellt werden, müssen häufig spezifische Flammschutzeigenschaften aufweisen.

15 KOMPAKTE VORTRÄGE informieren in anderthalb Tagen über Neuerungen, Anforderungen und Innovationen aus den Bereichen Material- und Prozessentwicklung, Öffentlicher Verkehr, Nachhaltigkeit/Recycling, Bau/Infrastruktur, Mobilität sowie Standardisierung und Prüfung. Die vielfältigen Vortragstitel reichen von neuen Möglichkeiten mit Grafit im halogenfreien Flammschutz über umweltfreundliche Flammschutzmittel für Naturfasern bis zu innovativen Anwendungen im öffentlichen Personennahverkehr.

16 EXPERT:INNEN von Industrievertretern wie der Ensinger Composites Schweiz GmbH, Polynt GmbH oder Schill+Seilacher "Struktol" GmbH sowie von Instituten wie dem Wehrwissenschaftlichen Institut für Werk- und Betriebsstoffe und der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) werden ihr Wissen weitergeben.

Following the success of the first two events, the third edition of the conference on flame retardancy will take place in Berlin on 18–19 November 2026, organised by AVK – Industrievereinigung Verstärkte Kunststoffe e. V. in cooperation with FGK – Forschungsgesellschaft Kunststoffe e. V.

The event focuses on the fields of construction, infrastructure and mobility applications. Components made from fibre-reinforced plastics and composites manufactured for these sectors often need to possess specific flame-retardant properties.

Over the course of a day and a half, **15 CONCISE PRESENTATIONS** will provide an overview of the latest developments, requirements and innovations in the fields of materials and process development, public transport, sustainability and recycling, construction and infrastructure, mobility, as well as standardisation and testing. The wide range of presentation topics spans everything from new possibilities for using graphite in halogen-free flame retardants and environmentally friendly flame retardants for natural fibres to innovative applications in local public transport.

SIXTEEN EXPERTS from industry representatives such as Ensinger Composites Schweiz GmbH, Polynt GmbH and Schill+Seilacher 'Struktol' GmbH, as well as from institutes such as the Defence Research Institute for Materials and Operational Supplies and the Federal Institute for Materials Research and Testing (BAM), will be sharing their expertise.



**INFORMIEREN SIE SICH
JETZT UNTER:**

www.avk-tv.de/veranstaltung/fachtagung-flame-retardancy-for-composite/



FIND OUT MORE NOW AT:

www.avk-tv.de/en/veranstaltung/symposium-flame-retardancy-for-composite/

FLECTOLINE

EINE MODERNE, REAKTIONS- FÄHIGE FASSADE

Angesichts der wachsenden Herausforderungen des Klimawandels erfordert die gebaute Umwelt einen transformativen Ansatz, der in Architektur und Bauwesen der Energieeffizienz oberste Priorität einräumt.

Autoren: Matthias Ridder¹, Edith Anahi González San Martín², Stephan Moser³, Axel Hannes Körner², Robert Weitlaner³, Jan Knippers², Götz T. Gresser^{1, 4}, Larissa Born¹

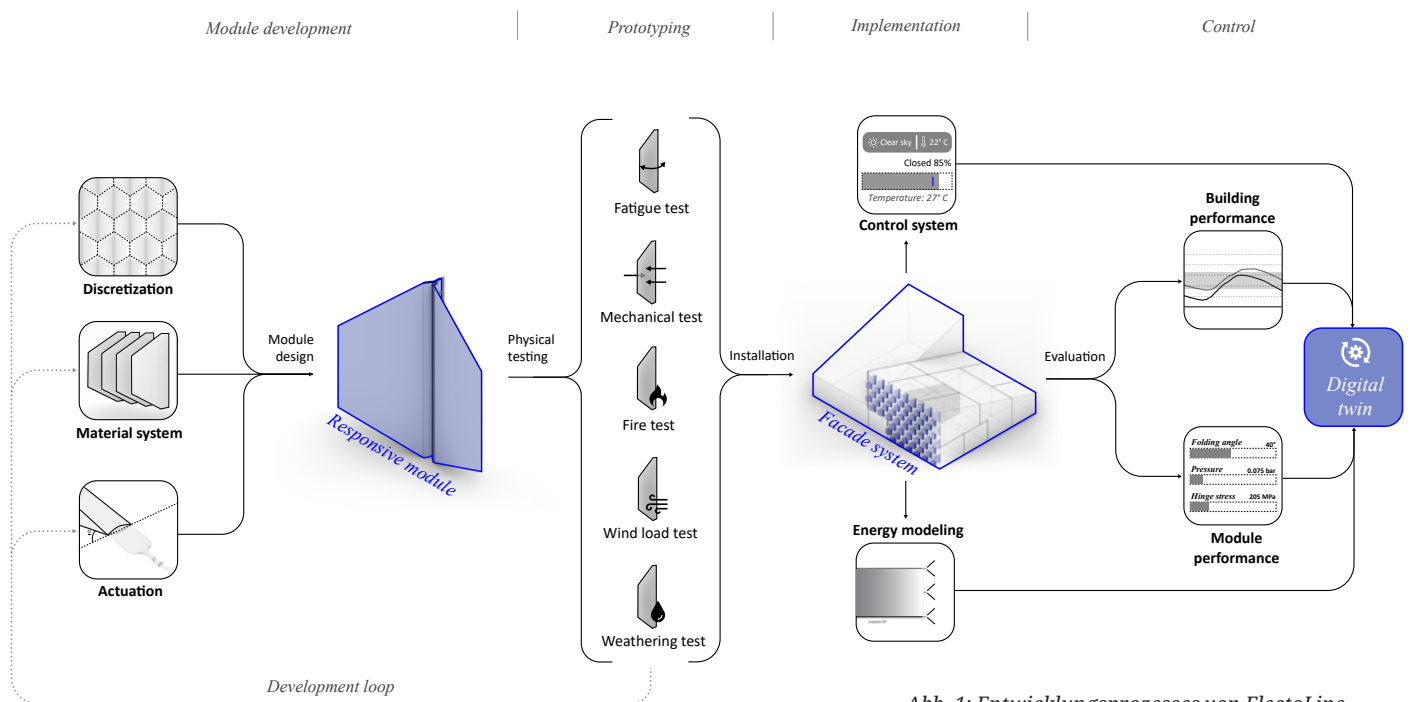


Abb. 1: Entwicklungsprozesses von FlectoLine
Fig.1: FlectoLine development process

Fassaden müssen sich zu dynamischen Systemen entwickeln, die mit ihrer Umgebung verschmelzen und den Energieverbrauch von Gebäuden minimieren, während Komfort und Funktionalität maximiert werden. Die Umwandlung von Fassaden in aktive, anpassungsfähige Systeme kann die Energieeffizienz und Leistung von Gebäuden verbessern und ihren CO₂-Fußabdruck verringern.

Das internationale Forschungsprojekt Flectionation konzentrierte sich auf die Entwicklung hochmoderner,

anpassungsfähiger Fassadenelemente für die reale Anwendung. Das Ergebnis ist FlectoLine, ein Verschattungssystem, das im botanischen Garten der Universität Freiburg installiert wurde. FlectoLine nutzt nachgiebige Mechanismen für eine scharnierlose, elastische Verformung, wodurch die mechanische Komplexität und die geometrischen Einschränkungen, die für herkömmliche starre Systeme typisch sind, reduziert werden. Ergänzt wird FlectoLine durch eine intelligente Steuerung, die auf Umgebungs- und Nutzerdaten reagiert. Die Steuerung

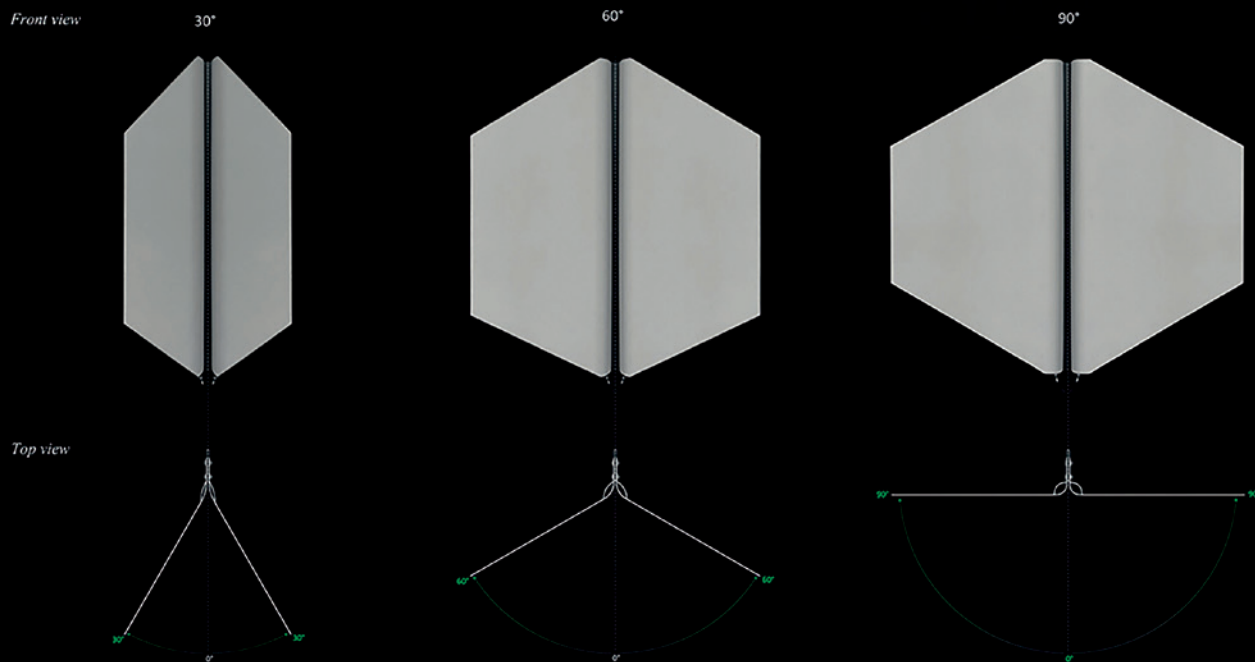


Abb. 2: FlectoLine-Modul in verschiedenen Aktuierungsstufen
Fig. 2: FlectoLine module in different actuation stages

nutzt maschinelles Lernen, um optimale Einstellungen für verschiedene Szenarien vorherzusagen.

Auf einer Fläche von 83,5 m² zeigt FlectoLine einen zukunftsweisenden Ansatz: Die Möglichkeit bestehende Gebäude an veränderte Umweltbedingungen und Nutzungsanforderungen anzupassen. Die Integration von gebäudeintegrierter Photovoltaik, engl. Building-Integrated Photovoltaic (BIPV), in diese anpassungsfähigen Beschattungselemente bietet eine ganzheitliche Lösung, die Energieerzeugung mit Energieeinsparung im Gebäudebetrieb kombiniert. Das System verbessert den Innenraumkomfort und optimiert gleichzeitig die Ausrichtung der Solarmodule für maximalen Energieertrag.

Die Entwicklung von FlectoLine basiert auf über zehn Jahren Forschung der Institute ITKE und ITFT der Universität Stuttgart. Vorherige Demonstratoren wie Flecto-fold und FlectoSol zeigten bereits das Potenzial flexibler Mechanismen, waren jedoch auf Tests in Innenräumen beschränkt. Mit FlectoLine wurde nun die erste voll funktionsfähige adaptive Außenfassade entwickelt, die flexible Mechanismen nutzt und Nachhaltigkeit mit innovativem Design vereint.

FINANZIERUNG

Deutschland: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWE, Deutschland), basierend auf einem Beschluss des Deutschen Bundestages [Förderkennzeichen KK5293301EB1] und Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) im Rahmen der Exzellenzstrategie des Bundes – EXC 2120/1 – 390831618

Österreich: Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft (FFG) [Förderkennzeichen 888028], Bundesministerium für Wirtschaft, Energie und Tourismus (BMAW, Österreich) und Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK, Österreich)

DANKSAGUNG

Die Autoren danken den Projektpartnern Jehle Technik GmbH und Formfinder Software GmbH für ihre wertvolle Zusammenarbeit und technische Unterstützung während des gesamten Projekts.



CG TEC

Innovative Faserverbund Technologie

**Ihr Experte für
innovative
Faserverbundlösungen**

SEIT 30 JAHREN



✉ info@cg-tec.de
☎ 09175 / 90807-0

UNIVERSITY OF STUTTGART, INSTITUTE FOR TEXTILE AND
FIBER TECHNOLOGIES (ITFT)

FLECTOLINE

AN ADVANCED, RESPONSIVE FAÇADE

Amid the growing challenges of climate change, the built environment demands a transformative approach that prioritizes energy efficiency in architecture and construction.

Authors: Matthias Ridder¹, Edith Anahi González San Martín², Stephan Moser³, Axel Hannes Körner², Robert Weitlaner³, Jan Knippers², Götz T. Gresser^{1, 4}, Larissa Born¹



Façades must evolve into dynamic systems that harmonize with their environment, employing strategies to minimize building energy consumption while maximizing comfort and functionality. Reimagining façades as active responsive components, presents opportunities to enhance building performance and foster innovative architecture that reduces energy consumption and carbon footprints.

The international research project Flectuation focused on the development of advanced responsive façade elements for real-world application. The resulting façade shading system FlectoLine, located at the Botanical Garden of the University of Freiburg, employs compliant mechanisms for hingeless, elastic deformation, effectively eliminating the mechanical complexity and geometric constraints typical of conventional rigid-body systems. This innovative design is complemented by an advanced control system that incorporates user- and environment-specific response models. The system records these responses to inform a machine learning algorithm capable of predicting ideal actuation levels for various scenarios.

Covering an area of 83.5 m², this façade system explores a future oriented alternative approach to our build environment by retrofitting the current building stock through their response to changing environmental conditions and fluctuating indoor usage patterns. Incorporating Building-Integrated Photovoltaic (BIPV) into these responsive shading elements offers a holistic solution that combines energy generation with a reduction of building energy consumption during operation. The system can optimize interior comfort while simultaneously adjusting the orientation of the photovoltaic cells to maximize solar energy generation.

Building on over a decade of research by the University of Stuttgart's ITKE and ITFT, FlectoLine represents the latest step of development in responsive building envelope design, utilized by compliant mechanisms. Previous demonstrators, such as Flectofold and FlectoSol, showcased the potential of fiber-reinforced compliant mechanisms but were limited to indoor testing. Thus, FlectoLine is the first fully functional exterior responsive façade shading, utilized by compliant mechanisms, combining sustainability and enhanced architectural performance.

FUNDING

Germany: Federal Ministry for Economic Affairs and Energy (BMWE, Germany), based on a decision of the German Bundestag [funding reference KK5293301EB1] and German Research Foundation (DFG) under Germany's Excellence Strategy – EXC 2120/1 – 390831618

Austria: Austrian Research Promotion Agency (FFG) [funding reference 888028], the Federal Ministry Economy, Energy and Tourism (BMAW, Austria), and the Federal Ministry for Climate Action, Environment, Energy, Mobility, Innovation and Technology (BMK, Austria)

ACKNOWLEDGEMENT

The authors would like to thank the project partners Jehle Technik GmbH and Formfinder Software GmbH for their valuable collaboration and technical support throughout the project.

Abb. 3: Seitenansicht der FlectoLine-Fassade mit halb geöffneten Modulen
Fig. 3: Side view of FlectoLine façade with semi-opened modules

¹ Universität Stuttgart, Institut für Textil- und Fasertechnologien (ITFT), University of Stuttgart, Institute for Textile and Fiber Technologies (ITFT)

² Universität Stuttgart, Institut für Tragkonstruktionen und konstruktives Entwerfen (itke), University of Stuttgart, Institute of Building Structures and Structural Design (ITKE)

³ HELLA Sonnen- und Wetterschutztechnik GmbH, InnovationLAB

⁴ Deutsche Institute für Textil- und Faserforschung (DITF) German Institutes of Textile and Fiber Research (DITF)

ReichTank

High Performance Composites

Kunststoffverarbeitung Reich GmbH

Am Kornfeld 2
86932 Pürgen
+49 (0) 8196 9303 -10
info@reich-tank.de



WISSEN WAS MAN TUT
Unsere Erfahrung für Ihren Erfolg



Vom geraden Profil zur 3D-BEWehrUNG

Rotationszugbiegen thermoplastischer FVK-Profile

Autorin: Cassandra Bauer, M.Sc.

Die Pultrusion ist ein etabliertes, hochproduktives Verfahren zur kontinuierlichen Herstellung (endlos)-faserverstärkter Kunststoffe mit konstanter Querschnittsgeometrie. Aufgrund der Prozessgegebenheiten können jedoch nur geradlinige Profile oder Bauteile mit sehr großen Radien (Radiuspultrusion) hergestellt werden. Baugruppen mit komplexen, insbesondere gebogenen Geometrien erfordern daher häufig aufwendige Verbindungselemente oder die Einbindung diskontinuierlicher Fertigungsprozesse.

Thermoplastische Matrixsysteme eröffnen im Gegensatz zu duroplastischen Systemen die Möglichkeit der nachträglichen Umformung pultrudierter Profile und erweitern damit den Gestaltungsraum wesentlich. Eine vielversprechende Technologie ist das aus der Metallverarbeitung adaptierte Rotationszugbiegen. Hierbei wird das Profil lokal auf eine definierte Umformtemperatur erwärmt (z. B. durch Kontakt-, Infrarot- oder Induktionserwärmung) und über ein Biegewerkzeug in die Zielgeometrie gezogen. Roboterassistierte Handhabung stabilisiert das erweichte Profil, verhindert Durchhang und erhöht die Prozesssicherheit. Geometrisch angepasste Spannbacken und Gegenhalter ermöglichen eine reproduzierbare Krafteinleitung und begrenzen Schädigungen von Fasern und Matrix. Nach dem Biegen verbleibt das Profil für eine definierte Abkühlzeit im Werkzeug, um ein vollständiges Rekonsolidieren der thermoplastischen Matrix sicherzustellen; hierfür werden passive sowie aktiv gekühlte Prozessvarianten untersucht.

Im Bauwesen werden glasfaserverstärkte Kunststoffe (GFK) zunehmend als korrosionsbeständige Bewehrungsalternative zu Stahl betrachtet. GFK-Bewehrung weist eine geringere Dichte, eine reduzierte Wärmeleitfähigkeit sowie elektrische Isolation auf. Die fehlende Korrosionsneigung erlaubt eine Verringerung der erforderlichen Betonüberdeckung, was zu reduziertem Materialein-

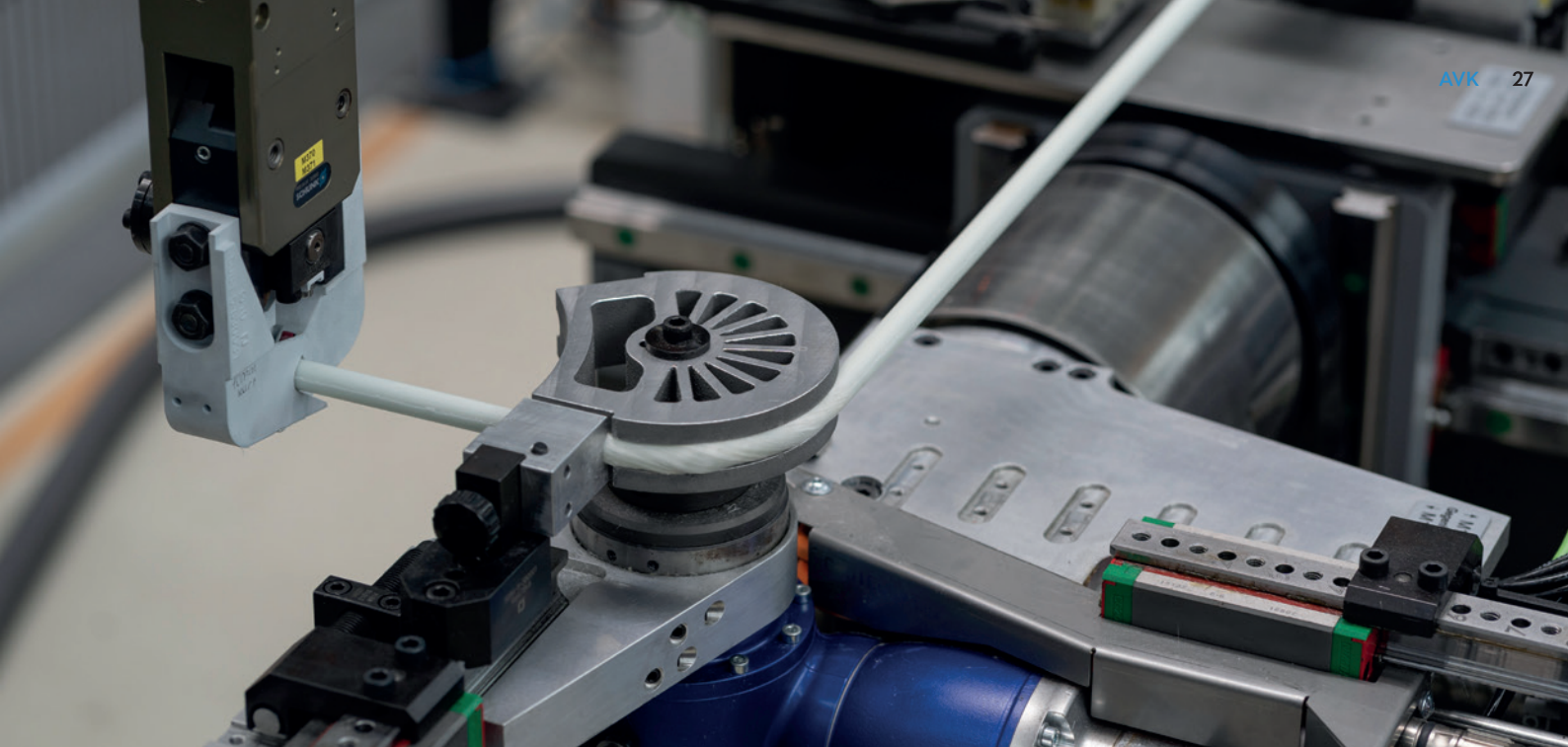
satz und geringeren CO₂-Emissionen führen kann. Für Bewehrungsstäbe sind Biegungen unter anderem zur Verankerung, zur Ausbildung von Bügeln und U-Formen sowie zur Abbildung von Bauteilecken erforderlich. Duroplastische GFK-Stäbe müssen in ihrer Endgeometrie gefertigt werden, da eine nachträgliche Umformung nicht möglich ist. Thermoplastische Pultrudate ermöglichen demgegenüber das flexible Herstellen anwendungsspezifischer Geometrien in einem separaten Biegeschritt.

Am IGCV wird das Rotationszugbiegen für thermoplastische Verbundprofile in den Projekten PulFlex (FKZ: 01QE2431B), NextGenRebar (Projekt-ID: 57747812) und Rebar 3D (FKZ: KK5002004KT4) untersucht. Im Fokus stehen prozesssichere Erwärmungs- und Abkühlstrategien, die resultierenden Bauteileigenschaften und die Prozessökonomie, mit dem Ziel, einen automatisierbaren Biegeprozess für pultrudierte thermoplastische Faserverbundprofile im Bauwesen zu etablieren.

ANSPRECHPARTNER | CONTACT

Cassandra Bauer
M.Sc. Pultrusion und Biegetechnologie
cassandra.bauer@igcv.fraunhofer.de

Fraunhofer-Institut für Gießerei-, Composite- und
Verarbeitungstechnik IGCV
Am Technologiezentrum 2 | 86159 Augsburg
Telefon: +49 821 90678 250



Transforming Straight Profiles into 3D-REINFORCEMENT

Rotary Draw Bending of Thermoplastic FRP Profiles

Autorin: Cassandra Bauer, M.Sc.

Pultrusion is an established, highly productive process for the continuous manufacture of (continuous-) fibre-reinforced polymers with constant cross-sectional geometry. Due to the inherent process characteristics, however, only straight profiles or components with very large radii (radius pultrusion) can be produced. Assemblies with complex, in particular curved, geometries therefore often require elaborate connecting elements or the integration of discontinuous manufacturing processes to produce curved elements.

In contrast to thermoset systems, thermoplastic matrix systems enable the subsequent forming of pultruded profiles and thus significantly expand the design space. A promising technology for this purpose is rotary draw bending, adapted from metal processing. In this process, the profile is locally heated to a defined forming temperature (e.g. by contact, infrared or induction heating) and drawn over a bending tool into the target geometry. Robot-assisted handling stabilises the softened profile, prevents sagging and increases process reliability. Geometrically matched clamping jaws and counter-holders enable reproducible force introduction and limit damage to fibres and matrix. After bending, the profile remains in the tool for a defined cooling time to ensure complete reconsolidation of the thermoplastic matrix; both passive and actively cooled process variants are investigated for this purpose.

APPLICATION IN THE CONSTRUCTION SECTOR

In the construction sector, glass-fibre-reinforced polymers (GFRP) are increasingly being considered as a corrosion-resistant reinforcement alternative to steel. GFRP reinforcement exhibits lower density, reduced thermal conductivity and electrical insulation. The lack of susceptibility to corrosion allows a reduction of the required concrete cover, leading to reduced material consumption and lower CO₂ emissions. For rebars, bends are required, among other things, for anchorage, the formation of stirrups and U-shapes, and for representing corners in structural parts. Thermoset rebars must be manufactured in their final geometry, as subsequent forming is not possible. Thermoplastic pultruded products, by contrast, enable the flexible production of application-specific geometries in a separate bending step.

At IGCv, rotary draw bending of thermoplastic composite profiles is being investigated in the projects PulFlex (FKZ: 01QE2431B), NextGenRebar (Project-ID: 57747812) and Rebar 3D (FKZ: KK5002004KT4). The work focuses on robust heating and cooling strategies, the resulting component properties and process economics, with the aim of establishing an automated bending process for pultruded thermoplastic fibre-reinforced profiles in construction applications.

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



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

WWW.AVK-TV.DE

