

# Aus einem anderen Blickwinkel

## ORW-Verfahren ermöglicht multiaxiale lokale Verstärkung für RTM-Strukturbauteile

Bei der Herstellung von RTM-Strukturbauteilen können die textilen Halbzeuge mit einem speziellen Webverfahren lokal in unterschiedlichen Verlegewinkeln verstärkt werden. Auf diese Weise lassen sich die mechanischen Eigenschaften entlang hoch beanspruchter Bereiche verbessern.

Glasfaserverstärkter Lampentopf mit lokaler Kohlenstofffaserverstärkung. Durch die multiaxiale Einbringung der Kohlenstofffasern in das Glasgrundgewebe können die mechanischen Eigenschaften lastpfadgerecht verstärkt werden

(© Fraunhofer ICT)



Das Anforderungsprofil textilverstärkter Strukturbauteile bezüglich kraftflussgerechter Faserverläufe, angepasster Verbindungstechniken und funktionaler Formgestaltung wird zunehmend komplexer. Gleichzeitig steigt die Nachfrage für eine kosteneffiziente Auslegung und Herstellung dieser Strukturbauteile. Da die Belastung innerhalb eines Faserverbundbauteils stark variieren kann, ist es an Stellen hoher Beanspruchung oft sinnvoll, lokale Verstärkungen einzubringen. Diese können in einem aufwendigen Verfahren aufgestickt oder als Einleger vor der Infiltration im Lagenaufbau integriert werden. Meistens werden vollflächige Textilhilfsstoffe zur Verstärkung in Composites verwendet, da eine wirtschaftliche Webtechnik für das

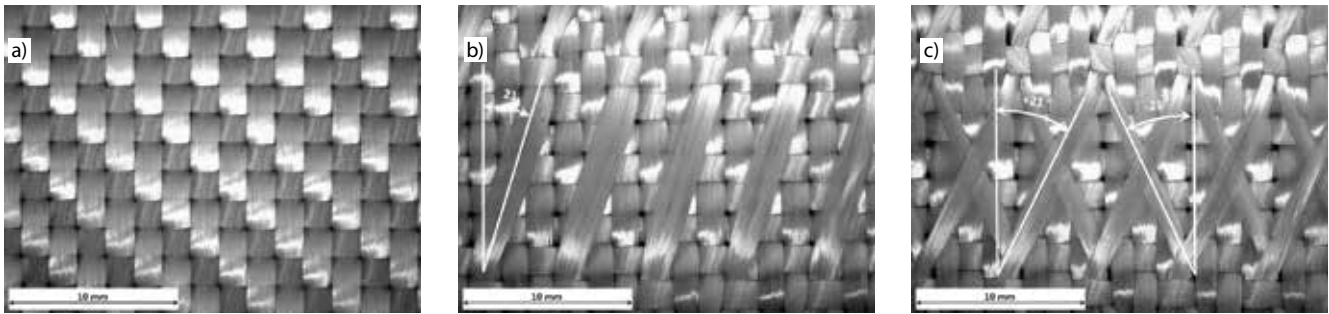
lokale Einbringen von Verstärkungsfasern fehlt.

### *Multiaxiale Verstärkung des Gewebes*

Gute Voraussetzungen für die Entwicklung solcher multifunktionaler Mehrlagenstrukturen bietet die im Rahmen des IGF-Projekts „Multiaxiale Hochleistungsgewebe-konstruktionen“ eingesetzte „Open Reed Weave“-Technik (ORW) der Lindauer Dornier GmbH. Im Vergleich zum aktuellen Stand der Technik bietet dieses Webverfahren die Möglichkeit, während des Webens Fasern sowohl flächig als auch lokal in einem Prozessschritt zusätzlich in einer von 0° abweichenden Faserrichtung einzubringen (Bild 1). Dies erfolgt durch die Integration einer zusätzlichen

dritten und vierten Webachse in die Webmaschine. Technisch umgesetzt wird dies mit einem nach oben offenen Webblatt (Reed) und zwei am vorderen Webschaft montierten Nadelbarren, die jeweils mit einem Linearantrieb seitlich definiert versetzt werden können (Bild 2).

Mit der ORW-Technik ist es erstmals möglich, multiaxiale Verstärkungsgewebe zu fertigen, bei denen hochfeste oder hochsteife und dementsprechend teure Verstärkungsfasern (z.B. Kohlenstofffasern) nicht mehr flächig, sondern gezielt lokal in den lastkritischen Bereichen eingesetzt werden. Für die weniger stark beanspruchten Bereiche des Bauteils besteht so die Möglichkeit, kostengünstigere Glas- oder Naturfasern zu verwenden. Mit dem ORW-Verfahren wurde die Voraussetzung ge-

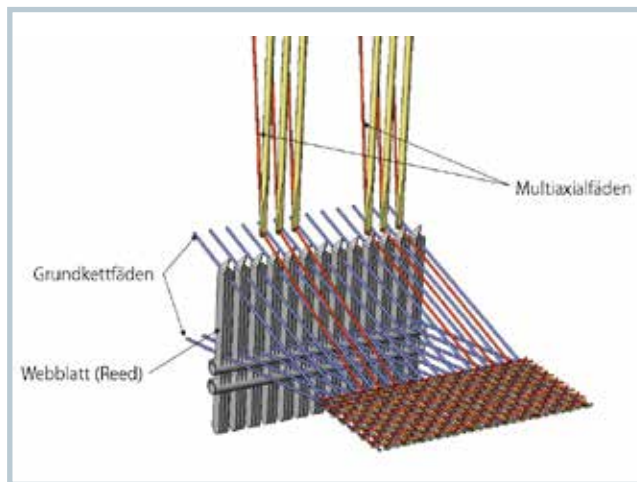


**Bild 1.** Verstärkungsgewebe aus Glasfasern ohne (links) und mit Multiaxialverstärkung: a) Biaxial-Grundgewebe; b) triaxial verstärktes Gewebe, Verlegewinkel +21°; c) tetraaxial verstärktes Gewebe, Verlegewinkel ±21° (© ITV Denkendorf)

schaffen, ein textiles Halbzeug zu fertigen, das speziell auf die Belastung des Bauteils abgestimmt ist und bei dem die zusätzlichen Verstärkungsfasern in einer Gewebelage stabil miteinander verbunden sind.

Zur Bewertung der mechanischen Bauteileigenschaften haben das Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie (ICT), Pfinztal, und das Institut für Textil- und Verfahrenstechnik (ITV), Denkendorf, in einem Gemeinschaftsprojekt Gewebe mit Multiaxialfäden in ±21°- bzw. ±41°-Richtung hergestellt, infiltriert und die Probekörper anschließend charakterisiert. Die Laminatplatten bestehen aus jeweils vier Gewebelagen, wobei nur die beiden äußeren Lagen mit einer Multiaxialfadenverstärkung versehen sind.

Ausgehend von zwei Multiaxialfäden pro Zentimeter aus 300 tex Glasfasern in Belastungsrichtung und 600 tex Glasfaserrovings im Grundgewebe beträgt der zusätzliche Faservolumengehalt der Multiaxialfasern in der Platte lediglich 4%. Die ermittelten Zug- und Biegeeigenschaften des Biaxial-Grundgewebes und des Tri-



**Bild 2.** Schematische Darstellung des ORW-Prinzips (Quelle: Lindauer Dornier)

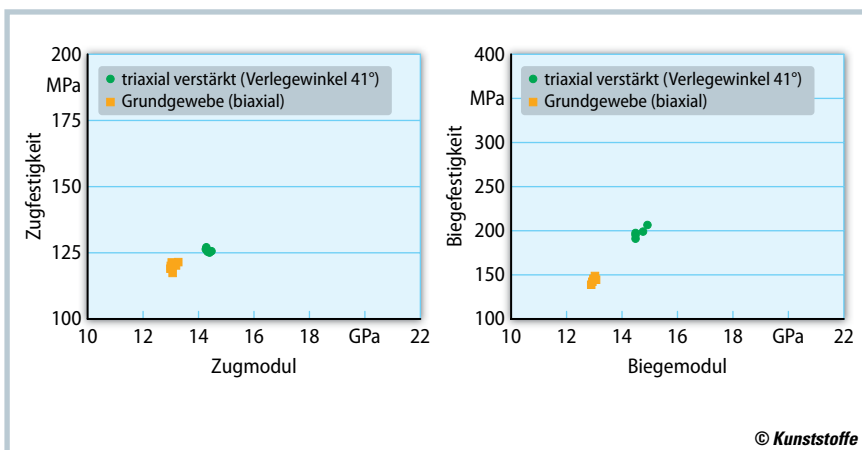
axial-Gewebes (Verlegewinkel 41°) werden einander gegenübergestellt (**Bild 3**). Die Prüfrichtung entspricht dem Verlegewinkel von 41°. Es ist zu erkennen dass bereits der geringe Anteil von 4% an zusätzlich eingebrachten Glasfasern ausreicht, um die Zug- und Biegeeigenschaften in Verstärkungsrichtung zu erhöhen.

Beim Vergleich der mechanischen Eigenschaften der Bauteile mit in 41° einge-

brachten Multiaxialfäden mit den Eigenschaften derer mit in 21° eingebrachten Multiaxialfäden zeigen sich bei gleicher Fadenzahl deutliche Unterschiede. Im Fall einer Verstärkung in 21°-Richtung erhöhen sich (vermutlich aufgrund der geringeren Ondulation der Fasern) die Zug- und Biegefestigkeit ebenso wie der Zug- und Biegemodul (**Bild 4**). Auch hier entspricht die Prüfrichtung dem jeweiligen Verlegewinkel. Eine weitere Steigerung ist zu erwarten, wenn anstelle des 300 tex Glasfaserrovings ein 6K-Kohlenstoffaserooving verwendet wird und/oder die Fandichte im Multiaxialbereich erhöht wird. Letzteres erfordert allerdings eine Neukonzeption der ORW-Einrichtung der Webmaschine.

**Umformung als Herausforderung**

Die Weiterverarbeitung eines mit der ORW-Technik multiaxial verstärkten Gewebes zu einem komplex geformten Faserverbundbauteil konnten die Forscher anhand eines sogenannten Lampentopfes eines Automobilheckdeckels (**Titelbild**) demonstrieren. Dabei wurde ein Glasfaserhalbzeug lokal mit Kohlenstofffasern »



**Bild 3.** Vergleich der Zug- und Biegeeigenschaften an Composites ohne und mit Multiaxialverstärkung in 41°-Richtung. Durch die Erhöhung der Fadenzahl pro Zentimeter beim Webprozess können die Eigenschaften in Multiaxialrichtung weiter verbessert werden (Quelle: Fraunhofer ICT)

## Die Autoren

**Prof. Dr.-Ing. Frank Henning** ist Produktbereichsleiter Polymer Engineering und stellvertretender Institutsleiter des Fraunhofer-Instituts für Chemische Technologie ICT, Pfinztal.

**Dr.-Ing. Bernd Thoma** ist Leiter der Projektgruppe Hochleistungsfaserverbunde am Fraunhofer ICT.

**Dipl.-Ing. Rainer Wendel** ist wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Gruppe Hochleistungsfaserverbunde am Fraunhofer ICT; Rainer.Wendel@ict.fraunhofer.de

**Dipl.-Ing. Philipp Rosenberg** ist wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Gruppe Hochleistungsfaserverbunde am Fraunhofer ICT.

**Prof. Dr.-Ing. Götz Gresser** ist Leiter des Instituts für Textil- und Verfahrenstechnik (ITV) an den Deutschen Instituten für Textil- und Faserforschung (DITF), Denkendorf.

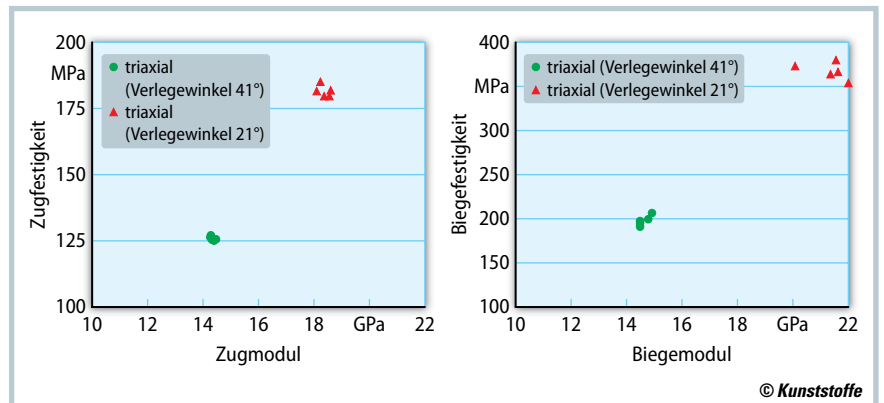
**Dr.-Ing. Hans-Jürgen Bauder** ist Leiter der Abteilung Webereitechnologien und Filamentgarnveredlung am ITV.

**Dipl.-Ing. (FH) Jürgen Wolfrum** ist wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung Webereitechnologien und Filamentgarnveredlung am ITV.

**Metin Caliskan** ist technischer Angestellter in der Abteilung Webereitechnologien und Filamentgarnveredlung am ITV.

### Dank

Das IGF-Vorhaben 462 ZN der Forschungsvereinigung Dechema e.V., Frankfurt, wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestags gefördert.



**Bild 4.** Vergleich der Zug- und Biegeeigenschaften an Composites mit Multiaxialverstärkung in 41°- bzw. 21°-Richtung. Ein Grund für die Verbesserung der mechanischen Eigenschaften ist vermutlich die geringere Ondulation der Fasern bei 21° (Quelle: Fraunhofer ICT)

verstärkt (**Bild 5**). Beim Preforming stellt der Prozessschritt des Drapierens eine neue Herausforderung dar. Bei dem aus Glas- und Kohlenstofffasern bestehenden Hybridgewebe verändert sich das Drapierverhalten im Vergleich zu homogenen Kohlenstofffaser- oder Glasfaserlagen aufgrund der inhomogenen Struktur.

So zeigten sich in ersten Versuchen Falten im Gewebe sowie Faserschlaufen im Bereich der lokalen Kohlenstofffaserverstärkung. Um diese Artefakte zu vermeiden, wurde im textilen Halbzeug sowohl die Einbindung als auch die Anordnung der lokalen Kohlenstofffaserverstärkungen schrittweise angepasst. Für die Infiltration der Preforms wurde das RTM-Verfahren gewählt. Es ermöglicht die Herstellung von Composites mit komplexen Geometrien.

### Fazit

Am Beispiel der gewählten Lampentopfgeometrie konnte nachgewiesen werden, dass mit der ORW-Technik auch

komplex geformte Strukturbauteile konturnah und lastpfadgerecht verstärkt werden können. Dadurch lassen sich die Bauteileigenschaften – wohlgermerkt bei geringerem Prozess- und Kostenaufwand – erheblich steigern. Mit der neuen Webtechnik steht nun ein Flächenbildungsverfahren zur Verfügung, das gemeinsam mit dem RTM-Verfahren ein vielversprechendes Instrument für die Entwicklung und Fertigung neuartiger und kostengünstiger Konstruktionen für den textilen Leichtbau ist. ■

## Service

### Digitalversion

- Ein PDF des Artikels finden Sie unter [www.kunststoffe.de/2502541](http://www.kunststoffe.de/2502541)

### English Version

- Read the English version of the article in our magazine *Kunststoffe international* or at [www.kunststoffe-international.com](http://www.kunststoffe-international.com)



**Bild 5.** Schritte der Weiterverarbeitung eines mit der ORW-Technik multiaxial verstärkten Gewebes zum fertigen Faserverbundbauteil: zweidimensionaler Faserzuschnitt (links), Faserpreform (Mitte), infiltriertes RTM-Bauteil (rechts) (Quelle: Fraunhofer ICT)