

# Drapieren ohne Falten

**Verstärkungstextilien.** Die Drapiersimulation gewinnt bei textilen Verstärkungsstrukturen für die Auslegung von Faserkunststoffverbundbauteilen (FKV) zunehmend an Bedeutung. Dadurch kann ein Fertigungsprozess material- und kosteneffizient gestaltet werden. Um das enorme Leichtbaupotenzial besser zu nutzen, wird daran gearbeitet, FKV-Bauteile in Serienreife zu produzieren.

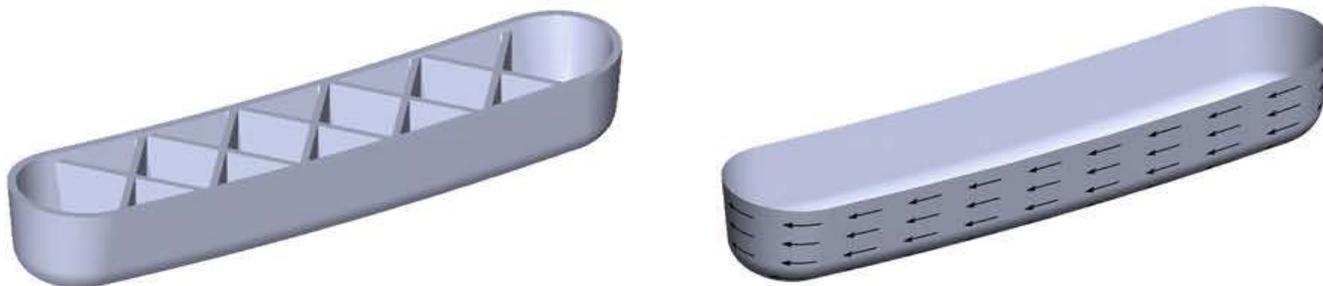
**MATTHIAS HÜBNER U. A.**

**T**extilverstärkte Verbundwerkstoffe besitzen im Vergleich zu anderen Hochleistungswerkstoffen eine hohe Flexibilität zur Anpassung der Verstärkungsstruktur an Lastfälle und komplexe Bauteilgeometrien. Somit eignen sie sich besonders für den Leichtbau. Die beanspruchungsgerechte Ausrichtung der textilen Verstärkungsstruktur stellt bei komplex geformten Bauteilen hohe Anforderungen an die Design- und Berechnungsprogramme sowie die zur Ferti-

und somit die Bauteilentwicklung hinsichtlich einer der Belastung entsprechenden Faserlage unterstützt werden [1]. Die Ergebnisse der Drapiersimulation können darüber hinaus beispielsweise als Eingangsdaten für Infiltrations- und Belastungssimulationen genutzt werden.

Zur Verbesserung der Handhabungs- und Drapiereigenschaften der textilen Verstärkungsstruktur kann eine lokale Strukturfixierung durch die anforderungsgerechte Integration und das lokale Aufschmelzen thermoplastbasierter Hybridgarne in der textilen Struktur rea-

lisiert werden [2]. Auf diese Weise lassen sich Zonen mit erhöhter Scher- und Biegesteifigkeit ausbilden und somit das Materialverhalten der Struktur lokal beeinflussen. FEM basierte Simulationsansätze sind in der Lage, solche lokalen Änderungen des Materialverhaltens (Spannungs-Dehnungs-Verhalten unter Zug-, Scher- und Biegebelastung) zu berücksichtigen, und eignen sich somit hervorragend für die Identifizierung von Bereichen für eine lokale Strukturfixierung zur Beeinflussung der Drapiereigenschaften und des Umformprozesses.



**Bild 1. a) Das Demonstratorbauteil aus einer hochsteifen endlosfaserverstärkten Topologiestruktur in Hybridbauweise (HTH). b) Die notwendige Orientierung der Verstärkungsfäden ist in der Geometrie der Preformschale dargestellt (Bilder: ITM)**

gung eingesetzten Verfahren und Maschinen. Der Herstellungsprozess textilverstärkter FKV erfordert in der Regel die Fertigung einer Preform aus textilen Halbzeugen mit definierter Fadenanordnung und die anschließende Tränkung mit einer Kunststoffmatrix. Eine Simulation der Drapierung unterstützt den Preformingprozess und hilft potenzielle Schwachstellen frühzeitig zu erkennen. Für die Drapiersimulation der Verstärkungsstrukturen bietet ein Ansatz auf Basis der Finite-Elemente-Methode (FEM) vielfältige Möglichkeiten. So kann die Faserlage nach der Umformung bestimmt

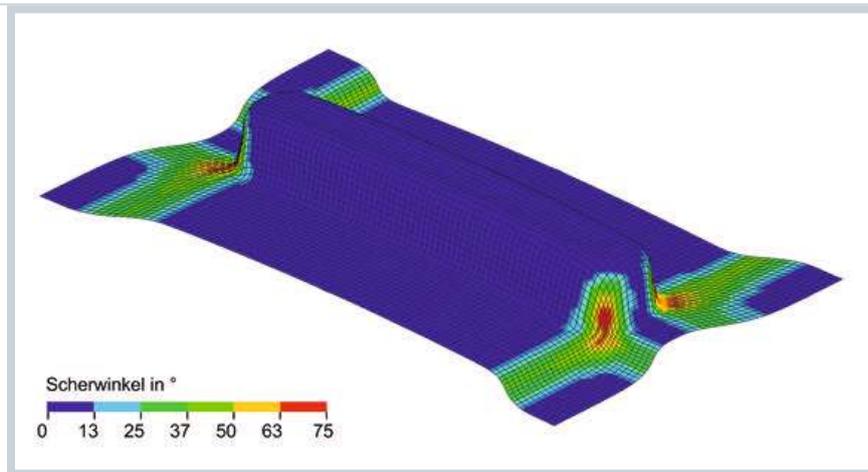
## Methoden für die Serienproduktion

Für die Untersuchungen im Rahmen des interdisziplinär angelegten DFG-AiF-Clusters „Leichtbau und Textilien“ [3] zur serienangepassten Material- und Technologieentwicklung für die effektive Nutzung textilverstärkter Kunststoffbauteile, wurde der in **Bild 1** dargestellte Demonstrator ausgewählt. Bei diesem Demonstrator handelt es sich um eine hochsteife endlosfaserverstärkte Topologiestruktur in Hybridbauweise (HTH-Demonstrator). Verwendung finden derartige Aussteifungselemente beispielsweise in Dachaussteifungen und Heckklappen von Fahrzeugen sowie in Maschinentragstrukturen.

**ARTIKEL ALS PDF** unter [www.kunststoffe.de](http://www.kunststoffe.de)  
Dokumenten-Nummer KU111464

Die textile Verstärkung des Demonstrators erfolgt durch ein biaxial verstärktes Mehrlagengestrick [4] mit Glasfaserrovings als Verstärkungsfäden (900 tex). Als Maschenfaden wird u. a. ein Glas/Polypropylen-Hybridgarn (134 tex) verarbeitet, das für die lokale Strukturfixierung beim Preforming genutzt wird. Die Preform ist schalenförmig und entspricht der äußeren Schale des Demonstrators (**Bild 1b**). Um die mechanischen Bauteilanforderungen zu erfüllen, ergeben sich an den Preform verschiedene Anforderungen bezüglich der Steifig- und Festigkeiten und/oder der Crasheigenschaften. Zum einen eine beanspruchungsgerechte Lage der Verstärkungsfasern, die im betrachteten Lastfall der 3-Punkt-Biegung, parallel entlang des Umfangs der Schalengeometrie ist (vgl. **Bild 1b**). Zum anderen muss der Preform gut handhabbar sein, um nachfolgende Prozessschritte zu automatisieren. Um eine faltenfreie Umformung der textilen Verstärkungsstruktur in die komplexe Zielgeometrie zu gewährleisten, ist weiterhin eine gute Drapierbarkeit dieser erforderlich.

Für die FEM-Simulation des Drapierverhaltens textiler Verstärkungsstrukturen eignet sich ein makromechanischer Modellansatz. Damit wird das Textil auf der Makroebene durch Schalenelemente abgebildet. Am Institut für Textilmaschinen und Textile Hochleistungswerkstofftechnik (ITM) der TU Dresden wurde ein Materialmodell entwickelt und in die kommerzielle FEM-Software LS-DYNA implementiert, welche das nichtlineare orthotrope Materialverhalten biaxialer textiler Verstärkungsstrukturen berücksichtigt. Auch die geringe Biegesteifigkeit der Materialien kann durch einen auf der Laminattheorie basierenden Lösungsansatz im Simulationsmodell realitätsnah berechnet werden [5, 6].



**Bild 2. Lokale Scherwinkel nach der Umformung (ohne Fixierung)**

Für die Drapiersimulation und die Bestimmung bauteilangepasster Fixierzonen ist die Kenntnis des Materialverhaltens unter Zug-, Scher- und Biegebelastung der fixierten und unfixierten textilen Verstärkungsstruktur notwendig. Die Kennwerte werden mit ein- oder biaxialen Zugversuchen, Scherrahmenversuchen und dem Cantilever-Biegeversuch bestimmt.

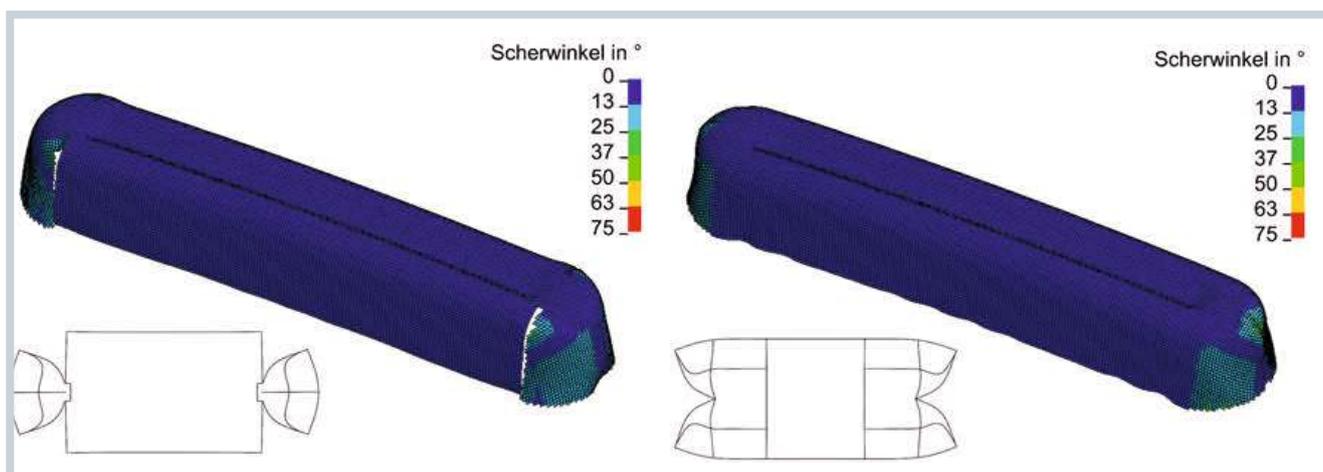
Die bauteilangepassten Fixierzonen werden über die Umformung für die unfixierte Verstärkungsstruktur simuliert. Die Simulation zeigt zum einen, ob eine faltenfreie Umformung der textilen Struktur zur Zielgeometrie möglich ist und gibt zum anderen Informationen über die lokal auftretenden Scherwinkel. Wenn die belastungsgerechte Faserlage,

die in einer strukturmechanischen Auslegung des Bauteils bestimmt wird, und die tatsächliche Faserlage nach dem Umformen bekannt sind, wird entschieden, ob Entlastungsschnitte notwendig sind um Bereiche mit großer Scherung bzw. Falten zu vermeiden. Ist dies der Fall, kann unter Verwendung von inversen Berechnungsmethoden ein bauteilangepasster Zuschnitt generiert werden. Eine Umformsimulation mit den angepassten Zuschnitten zeigt, ob die Maßnahmen zur Beeinflussung der Faserorientierung erfolgreich sind. Aufbauend auf diesen Ergebnissen werden Bereiche für eine lokale Strukturfixierung ausgewählt. Diese unterliegen während der Umformung einer geringen bis keiner Scherung. Somit hat die Strukturfixierung keinen negativen Einfluss auf die Umformung in die Zielgeometrie.

Darüber hinaus können mit der Drapiersimulation verschiedene Umformstrategien untersucht werden, ohne dass für entsprechende Experimente kostenintensive Werkzeuge angeschafft werden müssen. So kann ein Fertigungsprozess entwickelt werden, der auf die Bau-

**i Kontakt**

**Inst. f. Textilmaschinen u. Textile Hochleistungswerkstofftechnik (ITM)**  
**D-01062 Dresden**  
**TEL +49 351 463-42244**  
**[www.tu-dresden/mw/itm](http://www.tu-dresden/mw/itm)**



**Bild 3. Die Scherwinkel der Zuschnittvarianten mit a) vier (Zuschnitt 1) und b) zwei Entlastungsschnitten (Zuschnitt 2)**

teilgeometrie und das textile Halbzeug angepasst ist.

### Strukturfixierung beeinflusst Schersteifigkeit

Die Ergebnisse der textilphysikalischen Charakterisierung weisen ein stark nicht-lineares Verhalten des Mehrlagengestricks auf. Darüber hinaus hat die Strukturfixierung den größten Einfluss auf die Schersteifigkeit der Verstärkungsstruktur, während Zug- und Biegeverhalten nur geringfügig beeinflusst werden.

ten im Bauteil entstehen. Weiterhin entspricht die Ausrichtung der Verstärkungsfasern nicht dem Belastungsfall. Gemäß der strukturmechanischen Auslegung des Demonstratorbauteils müssen die Verstärkungsfäden möglichst parallel am Umfang des Bauteils angeordnet sein.

Im Allgemeinen kann die Scherung der Verstärkungsstruktur durch ein angepasstes Umformkonzept oder einen entsprechenden Zuschnitt beeinflusst werden. Da bei dem betrachteten Fall erhebliche Scherungen im Textil auftreten, ist es sinnvoll den Zuschnitt anzupassen. Durch inverse

Scherung wird um ca. 40° reduziert, so dass der kleinste Winkel zwischen Kett- und Schussfadensystem ca. 54° beträgt. Somit ist keine negative Beeinflussung der Infiltrierbarkeit zu erwarten, und die Faserlage ist auf die Belastung abgestimmt.

Um die Zuschnitte besser handhaben zu können und damit den Preformingprozess besser zu automatisieren, werden die wenig gescherten Bereiche vor dem Preforming fixiert. Dies geschieht durch das gezielte lokale Aufschmelzen der thermoplastischen Komponente des Ma-



**Bild 4. Umgeformte textile Verstärkungsstrukturen a) Zuschnitt 1 (vier Entlastungsschnitte); b) Zuschnitt 2 (zwei Entlastungsschnitte)**

Das Simulationsergebnis (**Bild 2**) zeigt die lokalen Scherwinkel des Mehrlagengestricks nach der Umformung. In den doppelt gekrümmten Bereichen ist eine sehr große Scherung der Verstärkungsstruktur zu erwarten. Hier tritt ein minimaler Winkel von ca. 15° zwischen den Schuss- und den Kettfäden auf. Aufgrund der großen Verscherung der Verstärkungsfäden und der sich daraus ergebenden hohen Faden- bzw. Faserdichte in diesen Bereichen können während der Infiltration Fehlstellen bzw. Inhomogenitäten

Berechnungsmethoden wurden zwei an die Bauteilgeometrie angepasste Zuschnitte erstellt [7]. Die Entlastungsschnitte sind so platziert, dass diese im Lagenaufbau versetzt angeordnet sind und somit die mechanischen Eigenschaften des Bauteils nur geringfügig beeinflussen. Die Simulation zeigt, dass mit den entwickelten Zuschnittvarianten eine belastungsgerechte Faserlage im Bauteil realisiert werden kann (**Bild 3**). Durch die Einschnitte werden die Bereiche großer Scherung reduziert. Die maximal auftretende

schweifadens mittels IR-Strahlern und anschließend Abkühlen. Dabei verklebt die thermoplastische Komponente lokal die Schuss- und Kettfäden und bildet so die Strukturfixierung aus. In **Bild 4** sind die auf den Zuschnitten basierenden, umgeformten, textilen Halbzeuge dargestellt. Die bis dahin nicht fixierten umgeformten Verstärkungsstrukturbereiche können durch vollflächige Aktivierung der thermoplastischen Komponente des Hybridgarns ebenfalls fixiert werden. Das stabilisiert die Preform vollständig und verbessert ihre Handhabung erheblich.

### Material- und kosteneffiziente Auslegung des Fertigungsprozesses

Die Drapiersimulation auf FEM-Basis und inverse Berechnungsmethoden unterstützen die material- und kosteneffiziente Auslegung des Fertigungsprozesses textilverstärkter Faserkunststoffverbunde. Die Faserorientierung nach der Umformung kann vorhergesagt und geeignete Maßnahmen gefunden werden, um das Drapierverhalten zu beeinflussen. Weiterhin können Bereiche für eine lokale Strukturfixierung, beispielsweise durch integrier-

tes Hybridgarn, definiert und die Handhabungseigenschaften der textilen Verstärkungsstrukturen verbessert werden. Mit den Ergebnissen der Simulation ließen sich Zuschnitte und Preforms für das Demonstratorbauteil des DFG-AiF-Clusters „Leichtbau und Textilien“ herstellen. ■

#### DANK

Die Autoren danken der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) für die Förderung der Arbeiten des Projekts „Strukturfixierung zur Preformfertigung“ (CH 174/16-1 und KR 3487/5-1) im Rahmen des DFG-AiF-Clusters „Leichtbau und Textilien“.

Das IGF-Vorhaben 16427 BR der Forschungsvereinigung Forschungskuratorium Textil e. V., Reinhardtstr. 12-14, 10117 Berlin, wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

#### LITERATUR

- 1 Gereke, T.; Döbrich, O.; Hübner, M.; Cherif, C.: Experimental and computational composite textile reinforcement forming: A review. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, Vol. 46, S. 1-10, 2013, DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.compositesa.2012.10.004>
- 2 Cherif, C.; Diestel, O.; Krzywinski, S.: Structure fixing of textile semi-finished products made of hybrid yarns for preforms that withstand stresses. Tagungsband 3. Internationale Ausstellung & Symposium für Textilien und Leichtbau im Fahrzeugbau, Chemnitz, 08.-10. Juni 2010
- 3 Cherif, C. (Hrsg): Leichtbau mit Textilverstärkung für Serienanwendungen: Bindermaterialien – Textile Preforms – Verbundbauteile. Dresden: Verlag Wissenschaftliche Scripten, 2013. ISBN: 978-3-942267-81-6
- 4 Cherif, C. (Hrsg): Textile Werkstoffe für den Leichtbau: Techniken - Verfahren – Materialien - Eigenschaften. Berlin und Heidelberg: Springer, 2011. ISBN: 3-642-17991-6
- 5 Döbrich, O.; Gereke, T.; Diestel, O.; Krzywinski, S.; Cherif, C: Decoupling the bending behavior and the membrane properties of finite shell elements for a correct description of the mechanical behavior of textiles with a laminate formulation, *Journal of Industrial Textiles*, online first, 2013, DOI: 10.1177/1528083713477442
- 6 Gereke, T.; Döbrich, O.; Hübner, M.; Diestel, O.; Krzywinski, S.; Cherif, C.: Numerical draping simulations of textile composite reinforcements. Tagungsband 6th European Congress on Computational Methods in Applied Sciences and Engineering (ECCOMAS 2012), Wien, 10.-14. September 2012
- 7 Girdauskaite, L.; Krzywinski, S.; Rödel, H.: Lokale Strukturfixierung im Preformherstellungsprozess. Tagungsband 13. Chemnitzer Textiltechnik-Tagung, S. 217-224, Chemnitz, 14.-15. März 2012

#### DIE AUTOREN

MATTHIAS HÜBNER, ist als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Textilmaschinen und Textile Hochleistungswerkstofftechnik (ITM), Dresden, tätig.

OLIVER DÖBRICH, ist als wissenschaftlicher Mitarbeiter am ITM, Dresden, tätig.

DR. OLAF DIESTEL, ist als wissenschaftlicher Leiter Textiltechnik am ITM, Dresden, tätig.

PROF. DR. SYBILLE KRZYWINSKI, ist als wissenschaftliche Leiterin Konfektionstechnik am ITM, Dresden, tätig.

DR. THOMAS GEREKE, ist als Forschungsgruppenleiter „Struktur- und Prozesssimulation“ am ITM, Dresden, tätig.

PROF. DR.-ING. HABIL. CHOKRI CHERIF, ist Institutsdirektor des ITM, Dresden.

#### SUMMARY

##### WRINKLE FREE DRAPING

TEXTILES FOR REINFORCEMENT. Draping simulation is gaining ever more significance for textile reinforcing structures in designing fiber reinforced plastic composite parts (FRPC). This approach allows manufacturing processes to be conducted in a way that is efficient in material usage and cost terms. In order to better exploit the enormous lightweight construction potential work is being carried out to enable mass production of FRPC components.

*Read the complete article in our magazine*

*Kunststoffe international* and on

[www.kunststoffe-international.com](http://www.kunststoffe-international.com)