



Faserverstärktes Organoblech macht das Hybridfrontend des Audi A8 leichter

# Leicht und hoch belastbar

**Organoblech-Composite-Bauteile.** Mit Organo- statt Stahl- oder Aluminiumblechen lassen sich in Hybridtechnik noch leichtere Strukturbauteile fertigen, die dennoch hoch belastbar sind. Erste positive Erfahrungen in der Serienproduktion und die intensive Weiterentwicklung der Berechnungsmethoden werden dieser neuen Variante der Hybridtechnik weitere Anwendungsgebiete eröffnen.

**FRANK LUTTER U. A.**

**B**eim Spritzgießen glasfaserverstärkter Thermoplaste orientieren sich die Glasfasern je nach Fließrichtung, Wanddicke und Verarbeitungsparametern unterschiedlich. Dadurch sind bestimmte wichtige Werkstoffeigenschaften wie zum Beispiel die Steifigkeit, Festigkeit und Wärmeausdehnung richtungsabhängig. Dieses anisotrope Verhalten wird von gängigen Finite-Elemente (FE)-Methoden nicht erfasst, was häufig zu Ungenauigkeiten bei der rechnerischen Auslegung entsprechender Bauteile führt. Abhilfe schafft hier die sogenannte integrative Simulation. Sie verbindet die Simulation des Herstellprozesses und die nachfolgende mechanische Strukturanalyse. Die aus dem Fertigungsprozess

resultierenden lokal unterschiedlichen Werkstoffeigenschaften werden in Abhängigkeit von der an dem jeweiligen Bauteilpunkt vorliegenden Faserorientierung berechnet und individuell in der FE-Simulation berücksichtigt. Dadurch lassen sich die mechanischen und thermischen Eigenschaften eines Bauteils genau voraussagen.

Die integrative Simulation kurzglasfaserverstärkter Thermoplaste bzw. entsprechender Bauteile ist inzwischen verbreitet. Die Lanxess AG, Leverkusen, hat

zum Beispiel im eigenen Hause ein entsprechendes Tool entwickelt und implementiert. Es wird u. a. zur Auslegung von Frontends genutzt, die auf Basis von Polyamid 6 (Typ: Durethan) und Stahl- oder Aluminiumblech in Kunststoff-Metall-Verbundtechnologie, auch Hybridtechnik genannt, umgesetzt werden. Neu ist hingegen der Einsatz der integrativen Simulation bei Hybridbauteilen auf Basis von Organoblechen und Polyamid 6 als Spritzgießkomponente.

Organobleche sind leichte und steife Plattenhalbzeuge aus einer thermoplastischen Matrix, in die ein Endlosfasergewebe etwa aus Glas-, Aramid- oder Carbonfasern eingebettet ist. Die Fasern können in nur eine Richtung orientiert sein (unidirektional) oder in zwei Richtungen rechtwinklig zueinander stehen (orthotrop oder balanciert) (Bild 1). Endlosfasern haben den Vorteil, dass sie sehr gestreckt mit hohem Orientierungsgrad und da-

## **i** Kontakt

**Lanxess AG**  
**Market Communications**  
**D-51369 Leverkusen**  
**TEL +49 214 30 54529**  
**→ [www.lanxess.com](http://www.lanxess.com)**

**ARTIKEL ALS PDF** unter [www.kunststoffe.de](http://www.kunststoffe.de)  
 Dokumenten-Nummer KU110608

durch in größeren Mengen in die Thermoplastmatrix eingebracht werden können. Außerdem ermöglichen sie den Kraftfluss zwischen Krafteinleitungspunkten allein über die Fasern, was die mechanische Leistungsfähigkeit des Bauteils steigert.

### Höhere Flächensteifigkeit, Festigkeit und Energieabsorption

Endlosglasfaserverstärkte Organobleche mit Polyamid 6 als thermoplastischer Matrix zeichnen sich durch eine hohe Festigkeit und Steifigkeit aus. Mit einer Dichte von nur  $1,8 \text{ kg/dm}^3$  (Dichte Stahl bzw. Aluminium:  $7,8$  bzw.  $2,7 \text{ kg/dm}^3$ ) haben sie ein hohes Leichtbaupotenzial. Sie bieten daher in der Hybridtechnik eine Alternative zu Stahl- oder Aluminiumblech. Nach ersten theoretischen Betrachtungen der Entwicklungspartner kann bei geschickter konstruktiver Auslegung gegenüber Aluminiumblech ein Einsparpotenzial beim Bauteilgewicht von ca. 10 % erreicht werden. Gegenüber Hybridteilen mit Stahleinlegern ist die Ersparnis noch größer. Die mechanische Leistungsfähigkeit der resultierenden Vollkunststoff-Hybridbauteile ist ebenfalls auf hohem Niveau. Durch den gezielten Einsatz von Verstärkungsrippen kann eine höhere Festigkeit erzielt und mehr Energie absorbiert werden, was vergleichende 3-Punkt-Biegeversuche am sogenannten Erlanger Träger ergaben.

Hybridsysteme auf Basis von endlosglasfaserverstärkten Organoblechen und PA6, die seit einigen Jahren in enger Partnerschaft von Rohstoffherstellern und OEM entwickelt werden, können auch eine wirtschaftliche Alternative zu Composites auf Basis von kohlefaserverstärkten Kunststoffen (CFK) sein. Denn ihr mechanisches Eigenschaftsprofil reicht in

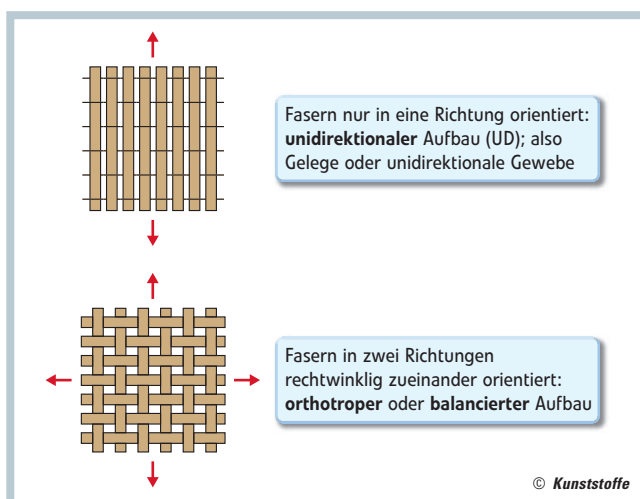
vielen Leichtbauanwendungen aus, um die Anforderungen zu erfüllen. Mit hinterspritzten Organoblechen sind kurze Zykluszeiten und die Integration u. a. von Befestigungselementen möglich.

### Stoffschlüssige Verbindung über alle Kontaktflächen hinweg

Zur Fertigung eines entsprechenden Hybridbauteils wird das Organoblech zunächst im Tiefziehverfahren rein physikalisch umgeformt bzw. drapiert. Es entsteht ein Vorformling, der gegebenenfalls bis kurz unter den Schmelzpunkt von PA6 erwärmt, dann in ein Spritzgießwerkzeug eingelegt und an ausgewählten Stellen gezielt mit Verrippungen aus PA6 verstärkt wird. Weil die Matrix des Organoblechs ebenfalls aus PA6 besteht, resultiert im Gegensatz zur klassischen Hybridtechnik mit Stahlblech aufgrund des Wärmeeintrags eine gute Haftung über alle Kontaktflächen hinweg. Diese stoffschlüssige Verbindung erhöht weiter die mechanische Leistungsfähigkeit des Gesamtbauteils.

### Integration der Organoblech-Umformung in das Spritzgießwerkzeug

Zurzeit wird daran gearbeitet, das bisher separate Umformen der Organobleche in das Spritzgießwerkzeug zu integrieren, sodass das Umformen und Spritzgießen in nur einem Prozessschritt stattfinden (**Bild 2**). Dadurch wird die Wirtschaftlichkeit und Produktivität der neuen Verbundwerkstoff-Technologie noch einmal deutlich verbessert. Diese Arbeiten sind Teil des Projekts „SpriForm“ (Spritzgießen + Thermoformen). Das Projekt wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung →



**Bild 1. Orthotroper und unidirektionaler Aufbau:** Die Endlosglasfasern können in nur eine Richtung oder in zwei Richtungen rechtwinklig zueinander orientiert sein (Quelle: Bond-Laminates)

(BMBF) innerhalb des Rahmenkonzepts „Forschung für die Produktion von morgen“ gefördert und vom Projektträger Forschungszentrum Karlsruhe (PTKA), Bereich Produktion und Fertigungstechnologien (PFT), betreut. Ziel von „Spriform“ ist, die Vorteile des Spritzgießens und des Thermoformens kontinuierlich faserverstärkter Thermoplaste in einem wirtschaftlichen Fertigungsprozess zu kombinieren, die relevanten Prozessparameter zu bestimmen und Grundlagen für die Bauteilauslegung zu erarbeiten. An „Spriform“ beteiligen sich unter anderem die Firmen Lanxess, Bond-Laminates, Audi, Jacob Plastics, Krauss-Maffei Technologies und das Institut für Verbundwerkstoffe (IVW).

Beim Umformen des Organoblechs wird das Gewebe in Bereichen mit starker dreidimensionaler Bauteilgeometrie geschert. Dieser sogenannte Trellis-Effekt führt an bestimmten Stellen dazu, dass die orthogonale Anordnung der Fasern verloren geht. Die somit entstehenden lo-

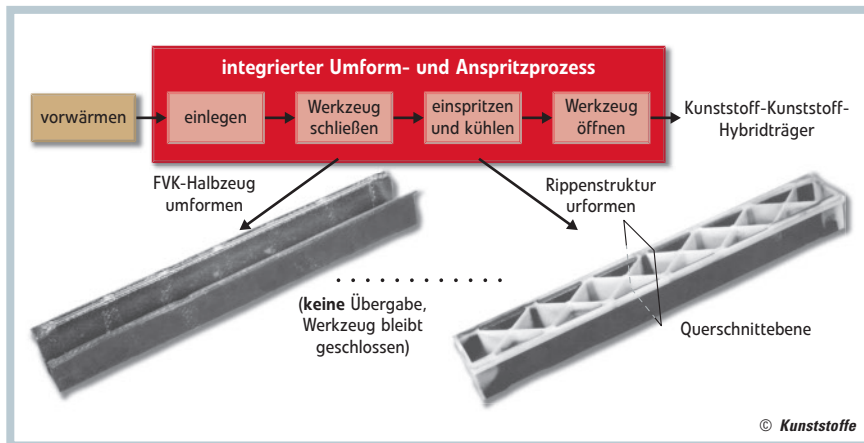
werden kann, ohne dass mit einer Beeinträchtigung der späteren Gebrauchseigenschaften zu rechnen ist.

### Nicht-lineares, anisotropes Materialmodell

Parallel dazu hat Lanxess eine mathematische Materialbeschreibung entwickelt, die im Sinne des integrativen Ansatzes die Simulation des Umformprozesses mit der mechanischen Strukturanalyse verknüpft. Das Modell berücksichtigt einerseits die aus der Umformsimulation erhaltene Faserorientierung und andererseits die aus der umfassenden mechanischen Charakterisierung erhaltenen Daten zu den anisotropen, nicht-linearen und dehnratenabhängigen Eigenschaften des Organoblechs. Somit werden alle wesentlichen Eigenschaften eines Organoblech-Hybridbauteils abgebildet. Es können u. a. die Anisotropie und Temperaturabhängigkeit von Steifigkeit und Festigkeit, das unter Schub nicht-lineare und

dehnratenabhängige Verformungsverhalten, die unterschiedliche Steifigkeit unter Zug und Biegung sowie das für die Crashsimulation wichtige Bruchverhalten erfasst werden.

Die dehnratenabhängigen Materialkennwerte wurden mithilfe von High-Speed-Zugversuchen bei Dehnraten von bis zu 100 1/s ermittelt. Um die Abhängigkeit der mechanischen Eigenschaften von der Faserorientierung möglichst genau zu charakterisieren, wurden nicht nur Messungen unter Winkeln von 0°, 45° und 90° bezogen auf die Lage des Gewebes durchgeführt. Zusätzlich wurden für ausgewählte Versuche Probekörper in 7,5°-Schritten aus Organoblechen herausgeschnitten und geprüft (Bild 3). Bond-Laminates und Lanxess haben für die Zugversuche eine spezielle Probekörpergeometrie entwickelt, mit der sich die verschiedenen quasistatischen und dynamischen Materialkennwerte mit vergleichsweise geringem Aufwand reproduzierbar und genau messen lassen.

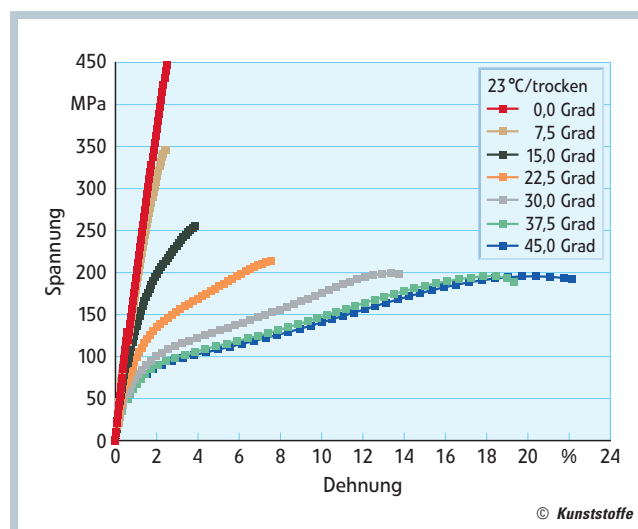


**Bild 2. Herstellung eines Organoblech-Hybridteils am Beispiel des Erlanger Trägers: Im Rahmen von „Spriform“ wird daran gearbeitet, den Umform- und Anspritzprozess im Spritzgießwerkzeug zusammenzulegen** (Quelle: Bond-Laminates)

### Materialmodell implementiert und getestet

Das Materialmodell deckt statische und crashbezogene Berechnungen ab. Es wurde bei Lanxess in das kommerzielle Finite Elemente-Programm Abaqus implementiert. Auf diese Weise ist es nun möglich, das nicht-lineare, anisotrope Materialverhalten des Organoblechs im Rahmen der integrativen Simulation präzise zu beschreiben und Organoblech-Hybridbauteile belastungsgerecht auszulegen. So können zum Beispiel die Festigkeit, Energieaufnahme und dynamische Belastbarkeit eines Organoblech-Hybridbauteils berechnet und dessen Crashverhalten realistisch beurteilt werden.

kal unterschiedlichen Ausrichtungen der Fasern müssen als Eingangsgrößen für eine mechanische Strukturanalyse bekannt sein, um dem anisotropen Materialverhalten Rechnung zu tragen. Bei Audi wurde deshalb als Baustein für die integrative Simulation eine Methode zur Simulation des Umformens eingeführt, mit der die im Organoblech nach dem Tiefziehprozess vorliegende Faserorientierung mithilfe eines kommerziellen Simulationsprogramms berechnet werden kann. Außerdem kann ermittelt werden, unter welchen Bedingungen das Halbzeug beim Umformen zur Faltenbildung neigt, wie die Positionierung des Halbzeugs im Werkzeug am günstigsten erfolgen sollte und bis zu welchen Grenzen tiefgezogen



**Bild 3. Anisotropes Verhalten von Organoblechen**

(Quelle: Lanxess)



**Bild 4. Im Hybridfrontend des Audi A8 kommt im Untergurt des Bauteils ein U-Profil aus endlosglasfaserverstärktem Organoblech zum Einsatz (Bild: Lanxess)**

Aktuell arbeiten Lanxess und Bond-Laminates an der Validierung der Simulationsergebnisse. Eine gute Übereinstimmung zwischen Berechnung und Prüfung zeigte sich beispielsweise bei der Simulation der Zugversuche und im Falle eines Erlanger Trägers auf Basis von Organoblech und Polyamid 6.

### Ziel: Einstieg in die wirtschaftliche Serienproduktion

Künftig hergestellte Serienbauteile sollen genutzt werden, um die Anwendung der integrativen Simulation bei Organoblech-Hybridsystemen und die Validierung entsprechender Ergebnisse weiter zu verbessern. Der Herstellprozess für Organoblech-Hybridbauteile ist inzwischen so optimiert, dass die wirtschaftliche Serienproduktion hoher Stückzahlen möglich ist. Das zeigt das Beispiel des Frontends vom Audi A8, das die Decoma Exterior Systems GmbH, ein Tochterunternehmen der Magna International Inc., fertigt (Titelbild, Bild 4). In dem Hybridbauteil findet neben Aluminium- auch Orga-

noblech Verwendung – und zwar in Form eines U-förmigen Profils im Untergurt. Dieser trägt u. a. den Lower-Leg-Schutz, den Unterbodenschutz und die Aufnahme für das Kühlmodul. Der Untergurt konnte in Organoblech-Hybridtechnik leichter ausgeführt werden als mit Aluminiumblech. Die Auslegung des Hybridfrontends erfolgte bei Decoma Exterior Systems, die bei der Entwicklung des Bauteils eng mit Lanxess, Bond-Laminates und Audi zusammenarbeitete. Das Organoblech-Halbzeug für den Untergurt fertigt Bond-Laminates auf Basis eines Polyamid 6 Durethan von Lanxess, als Spritzgießkomponente dient das leichtfließende PA6 Durethan BKV 30 EF.

### Auch Einsatzchancen bei nicht-automobilen Anwendungen

Grundsätzlich haben Hybridkonstruktionen aus Organoblech und Polyamid neben „klassischen“ Hybridbauteilen wie Frontends vor allem bei solchen Komponenten Anwendungspotenzial, die hohe Festigkeits- und Steifigkeitsanforderun-

gen erfüllen müssen – wie etwa Reserve- radmulden, Schottwände zum Motorraum, Elemente des Fahrzeugbodens oder Rahmenkomponenten des Fahrzeugdachs oder der Heckklappe. Einsatzchancen bestehen aber auch über das Automobil hinaus – so etwa in der Sport- und Freizeitindustrie, im Maschinenbau, bei der Herstellung von „weißer Ware“ und in der Möbelbranche. Mögliche Anwendungen sind zum Beispiel Strukturbauteile für Waschmaschinen wie Träger und tragende Gehäuseteile, hoch belastbare Leichtbau-Regalsysteme, Bremshebel für Fahrräder und Schutzhelme. ■

### DIE AUTOREN

FRANK LUTTER ist Manager CAE bei der Lanxess Deutschland GmbH, Leverkusen.

RALF ZIMMOL ist Leiter der Anwendungsentwicklung bei der Lanxess Deutschland GmbH, Leverkusen.

DR. CHRISTIAN OBERMANN ist Geschäftsführer der Bond-Laminates GmbH, Brilon.

HENDRIK ROTHE ist Product Director bei der Magna Decoma Systems GmbH, Sailauf.

### SUMMARY

#### LIGHTWEIGHT AND HIGHLY RESILIENT

HYBRID PARTS FROM ORGANIC SHEET. Organic sheet can be used instead of steel or aluminum to make hybrid composites that yield structural parts which are even more lightweight, yet highly resilient. Initial positive experiences in series production and intensive development of the simulation methods will open further application areas to this new variant of hybrid technology.

Read the complete article in our magazine

**Kunststoffe international** and on

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