

# Mit Stahlseilen verstärken

**EASI-Bauteile.** Eine neuartige Technologie für die Herstellung von Spritzgussbauteilen mit Endlos-Stahlseil-Verstärkung (EASI) ermöglicht den Zugang zu Kunststoffkomponenten einer ganz neuen Leistungsklasse. Denn auf diesem Weg lassen sich crashresistente, gewichtsreduzierte Bauteile bei gleichzeitig hoher gestalterischer Freiheit herstellen.



Effizientes Spritzgießen kombiniert mit Stahlseilverstärkung stellt einen weiteren Baustein auf dem Weg zum leistungsfähigen Leichtbau dar. Dabei können die Gewebe aus Stahlseilen für unterschiedliche Anforderungen optimiert werden (Bild: Bekaert)

**ANDREAS RADTKE U. A.**

**D**ie Unternehmen NV Bekaert SA, Kortrijk/Belgien, Voestalpine Plastics Solutions BV, Roosendaal und Putte/Niederlande, und die BASF SE, Ludwigshafen, haben gemeinsam eine Technologie entwickelt, mit deren Hilfe sich neuartige Kunststoffbauteile für strukturelle Anwendungen fertigen lassen. Im Gegensatz zu den bekannten Formen der Bauteilverstärkung mit endlosfaserverstärkten thermoplastischen Laminaten (Organoblechen) oder anderen textilen Carbon- oder Glasfaserstrukturen, sorgt der Stahlseileinleger vor allem für den Erhalt der Bauteilfunktion beim Crash (Bild 1).

Bereits 2010 haben sich Bekaert, Voestalpine Plastics Solutions und BASF erstmals mit der Stahlseilverstärkung in spritzgegossenen Bauteilen, der EASI-Technologie, beschäftigt. Die Abkürzung EASI steht für Energie, Absorption, Sicherheit und Integrität. Sie bringt zum Ausdruck, dass der Anwendungsbereich für diese Bauteile dort zu suchen ist, wo es um sicherheitsrelevante Bauteile geht, die einerseits Energie absorbieren, ander-

erseits aber unter der Last eines Aufpralls nicht vollständig zerstört werden, sondern als Bauteil integer bleiben sollen. Das erste Serienbauteil der Vorläufertechnologie in Presstechnik basiert auf GMT (glasmattenverstärktem Thermoplast) und erhielt 2008 den AVK Innovation Award. Zusammen konzentrieren sich die

ist. Die BASF entwickelt einerseits ihre crashoptimierten kurz- bzw. langfaserverstärkten Polyamidspezialitäten aus dem Ultramid-Sortiment für die Kombination mit Stahlseil-Einlegern weiter. Andererseits arbeitet das Unternehmen am Ausbau der dazugehörigen Vorhersage-Expertise und erweitert sein Simulations-

## **i** Kontakt

**Bekaert SA**  
**Pressestelle**  
**BE-8500 Kortrijk**  
**TEL +32 56 23 05 71**  
**→ [www.bekaert.com](http://www.bekaert.com)**

## **i** Kontakt

**BASF SE**  
**Fachpressestelle Performance Polymers**  
**D-67056 Ludwigshafen**  
**TEL +49 621 60-43348**  
**→ [www.plasticsportal.eu](http://www.plasticsportal.eu)**

drei Unternehmen nun auf den klassischen Spritzguss von Bauteilen mit Stahlseilverstärkung. Die ursprüngliche Technologie wird dabei in ein One-Step-Verfahren mit reduzierten Material- und Prozesskosten überführt (Titelbild).

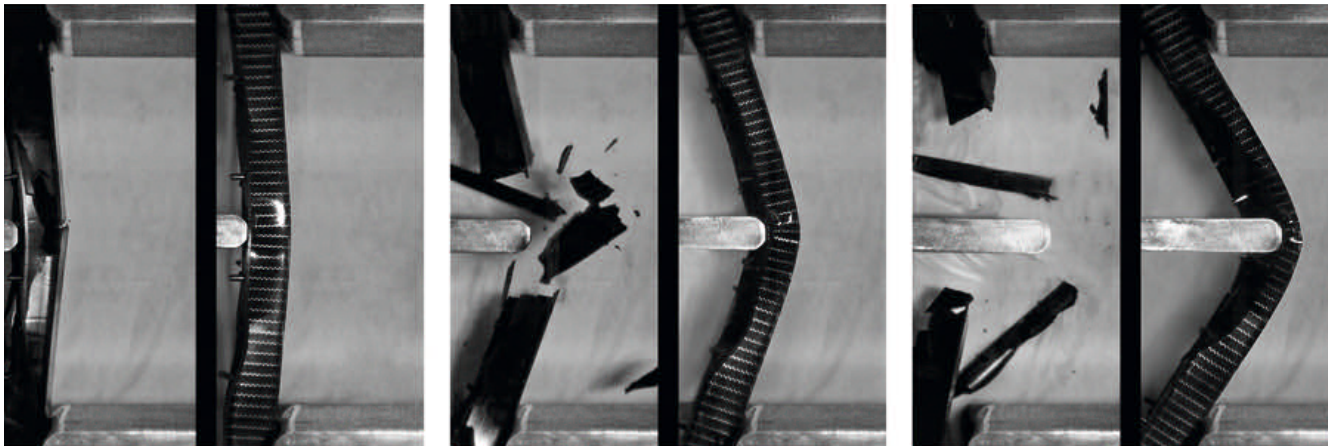
In den Know-how-Verbund bringt Bekaert die Expertise für die Verstärkung von Kunststoffen mit Stahlseilgeweben ein, während Voestalpine Plastics Solutions für Bauteilkonzept und -entwicklung sowie für die Verarbeitungstechnologie und die Bauteilfertigung verantwortlich

ist. Die BASF entwickelt einerseits ihre crashoptimierten kurz- bzw. langfaserverstärkten Polyamidspezialitäten aus dem Ultramid-Sortiment für die Kombination mit Stahlseil-Einlegern weiter. Andererseits arbeitet das Unternehmen am Ausbau der dazugehörigen Vorhersage-Expertise und erweitert sein Simulations-

## **Grenzen konventioneller Faserverstärkung**

Im Bereich der Composite-Werkstoffe sind heute verschiedene Konzepte in der Diskussion. Vergleicht man die konventionellen Ansätze bezüglich Steifigkeit und Festigkeit, so scheint ein mit Stahlseilen verstärktes Thermoplastbauteil auf

**ARTIKEL ALS PDF** unter [www.kunststoffe.de](http://www.kunststoffe.de)  
 Dokumenten-Nummer KU111189



**Bild 1.** Die Verstärkung mit Stahlseilgeweben sorgt im Gegensatz zu anderen marktgängigen Verstärkungsformen auch bei hohen Aufprallenergien für den Zusammenhalt eines belasteten Bauteils im Crashfall (links: normale Glasfaserverstärkung, rechts: Stahlseilverstärkung; s. Video) (Bild: BASF)

den ersten Blick keine ausgesprochenen Vorteile zu bieten. Seine Besonderheit spielt es jedoch im Crash aus (**Bild 2**).

Die Stahlseilverstärkung des EASI-Konzepts sorgt dafür, dass ein Kunststoffbauteil bei hochdynamischer Belastung seine strukturelle Integrität behält. EASI-Bauteile können bei einer Crash-Beanspruchung zwar beschädigt werden, sind aber nach Beginn der Schädigung den-

Darüber hinaus sind sie mit einer Anti-korrosionsbeschichtung ausgerüstet, die über die Lebensdauer des Bauteils hinweg Korrosion verhindert, wie Langzeituntersuchungen der Stahlseile ebenso wie der spritzgegossenen, stahlseilverstärkten Bauteile im Salz-Sprühversuch belegen (**Bild 3**).

Die Stahlseile haben eine hohe Steifigkeit und sind höchstfest, mit Bruchfestigkeiten von mehr als 2800 MPa. Durch diese im Stahlsektor höchsten Festigkeiten hält das Gewebe aus Stahlseilen beim Aufprall die Thermoplastmatrix zusammen. Das Stahlseilgewebe widersteht dabei auch noch nach wiederholten Aufschlägen sehr hohen Lasten einträgen.

Um die genaue Positionierung der Stahlseile im spritzgegossenen Bauteil zu

gewährleisten, hat Bekaert eine spezielle Textilstrukturierung für die Stahlseile entwickelt (**Bild 4**). Diese Struktur ist so offen, dass sie sich leicht und ohne weitere Vorbehandlung in das Spritzgießwerkzeug einlegen lässt und gleichzeitig vom Thermoplasten vollständig umhüllt wird. So können sich die Stahlseile während des Spritzgießprozesses nicht verschieben.

### Von Vorteilen der Polyamide profitieren

Das Spritzgießen von Thermoplasten wie Ultramid erlaubt bekanntermaßen die einfache Herstellung auch komplexer Formen und ist als etabliertes Kunststoffverarbeitungsverfahren für die Serienfer-



#### Video zum Thema

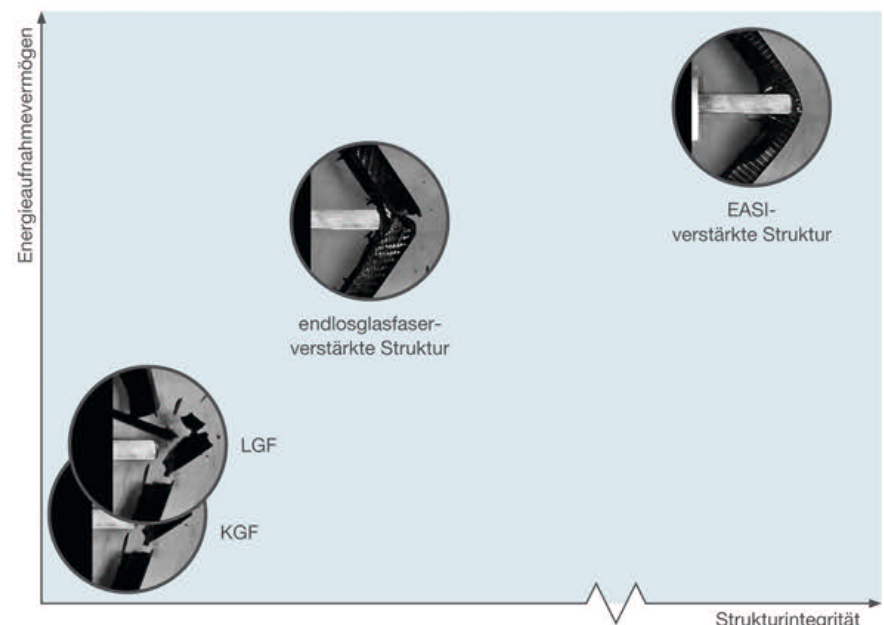
Ein Hochgeschwindigkeitsvideo zur Verdeutlichung der Leistungsfähigkeit von Stahlseilverstärkung ist zu finden unter: [www.plasticsportal.eu/ultramid-steelcord](http://www.plasticsportal.eu/ultramid-steelcord) oder

→ [www.kunststoffe.tv/steelcord](http://www.kunststoffe.tv/steelcord)

noch in der Lage, Energie zu absorbieren und Kräfte weiterzuleiten. Das ist eine entscheidende Innovation im Vergleich zu Kunststoffbauteilen mit herkömmlicher Verstärkung, die beim Versagen meist mit Trennbruch und Zerbersten reagieren. Ein solches Leistungsniveau ist mit Verstärkungstechnologien anderer Art nicht zu erreichen.

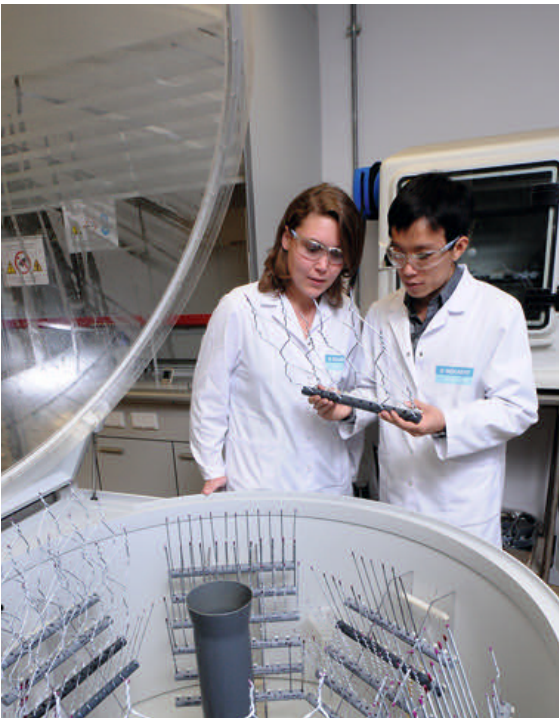
### Stahlseile für Kunststoffbauteile

Die Stahlseile im EASI-Konzept sind in ihrer Struktur und in ihrer Oberflächenbehandlung individuell auf die Anwendung im thermoplastischen Bauteil hin zugeschnitten. Die von Bekaert entwickelten und produzierten Stahlseile lassen sich aus verschiedenartigen oder unterschiedlich dicken Einzeldrähten konstruieren. Sie sind galvanisiert und weisen einen hohen Kohlenstoffanteil auf.



**Bild 2.** In seiner Festigkeit ist der stahlseilverstärkte Thermoplast mit langglasfaserverstärkten Kunststoffbauteilen vergleichbar. Durch seine Duktilität ist er jedoch weniger anfällig gegen Crash und die Strukturintegrität eines Bauteils bleibt äußerst lange erhalten (KGF: kurzglasfaserverstärkt, LGF: langglasfaserverstärkt, EASI: neue Stahlseilverstärkung) (Bild: BASF)





**Bild 3. Im Salzsprühversuch werden Stahlseile und stahlseilverstärkte Bauteile auf ihre Korrosionsbeständigkeit getestet** (Bild: Bekaert)

tigung hoch automatisiert. Daher ist die Kombination von Polyamid-Spritzguss und Stahlseilverstärkung eine sehr effiziente Methode, um zu Bauteilen zu gelangen, die einen Aufprall weitgehend unzerstört überstehen.

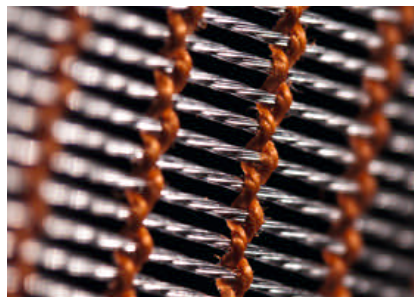
Der Prozess des Spritzgießens von stahlseilverstärkten Thermoplasten unterscheidet sich dabei kaum vom klassischen Ablauf; allerdings muss das Stahlseilgewebe vor dem Schließen des Werkzeugs in die Kavität eingelegt werden. Die prozesssichere Verarbeitung solcher Einleger bringt einige Herausforderungen hinsichtlich Werkzeugtechnik und Prozessführung mit sich, da die Fixierung und Positionierung der Stahlseilgewebe im Werkzeug sowie gegebenenfalls eine Vordrapierung beachtet werden müssen. Je nach Geometrie und Komplexität des Einlegers verlängert sich die Zykluszeit geringfügig gegenüber dem Standardspritzgießprozess.

Zu den interessanten Beispielen der letzten Jahre für Metallsubstitution im Fahrzeugbau gehören Motorlager, Pendelstützen und Getriebebrücken, Stoßfängerabstützungen oder Säuleneinleger aus technischen Thermoplasten wie Polyamid. Hier fanden Standard- aber auch Spezialtypen aus dem Ultramid-Sortiment der BASF zahlreiche Anwendungen. Auch die EASI-Bauteile profitieren von Polyamid als Spritzgussmaterial: Sie sind KTL-fähig und können sowohl als An-

bauteile als auch in der Rohkarosse (BIW: body in white) verwendet werden. In EASI-Bauteilen können fließverbesserte Werkstoffe wie Ultramid B3WG6 High Speed zum Einsatz kommen, ebenso wie die neuen langglasfaserverstärkten Produkte aus dem Ultramid Structure-Portfolio der BASF. Diese Bauteile verbinden die Leistungsfähigkeit für strukturelle Anforderungen wie Festigkeit und Steifigkeit mit der Duktilität hochfester Materialien, sodass auch im Crashfall eine extrem hohe Energieaufnahme und Strukturintegrität gewährleistet ist. Auf diese Weise füllen EASI-Bauteile eine Lücke zwischen reinen Thermoplast-Bauteilen, komplexen Glasfaser- oder Carbonfaser-Composites und den schwereren Metallblech-Kunststoff-Hybriden.

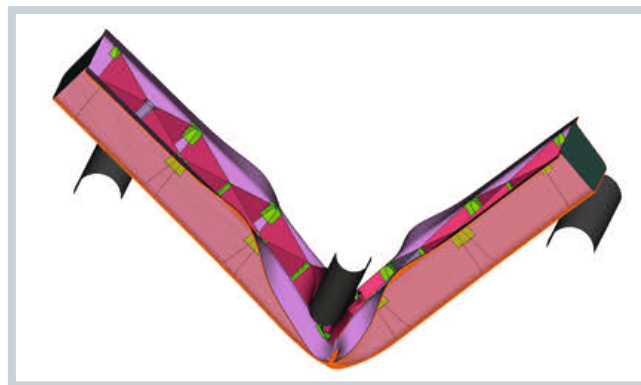
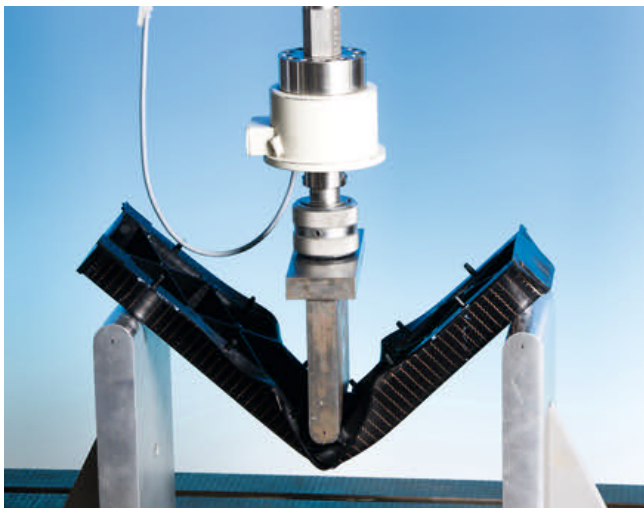
### Leistungsvermögen des Verbunds

Die Kombination von Stahlseilen mit einer thermoplastischen Matrix führt zu einem grundsätzlich neuartigen Materialverhalten, vor allem bei hohen Dehnungen. Bei konventionellen Faserverbundwerkstoffen kommt es bei hohen Dehnraten zum Trennbruch des gesamten Verbunds, was in ein spontanes Versagen mündet. Die EASI-Technologie



**Bild 4. Monofilamente aus Stahl lassen sich zu verschiedenartigen Seilen verdrehen, die unterschiedliche Dichten und Bruchfestigkeiten aufweisen und die dann mit Textilgewebe fixiert werden** (Bild: Bekaert)

verhindert die Trennung der Kunststoffmatrix von der Stahlseilverstärkung und bietet damit ein sehr duktileres Erscheinungsbild nach dem Einsetzen des Bruchs. Dieses Werkstoffverhalten hat zur Folge, dass konventionelle Materialtests und Datenblätter das Leistungsvermögen und Verhalten eines EASI-Verbunds nicht oder nur sehr unzureichend abbilden können. Die außergewöhnliche Strukturintegrität von EASI kann nur durch nicht genormte, bauteilnahe Versuche dargestellt werden. Einer dieser →



**Bild 5.** Links: Drei-Punkt-Biegeversuch am Demonstratorbauteil, einem verrippten Hutprofil aus stahlseilverstärktem Polyamid. Rechts: Zur Ermittlung der roten Kurve in Bild 7 wird der experimentelle Dreipunkt-Biegeversuch in der Computersimulation nachempfunden (Bilder: BASF)

Versuche ist der Drei-Punkt-Biegeversuch (**Bild 5**).

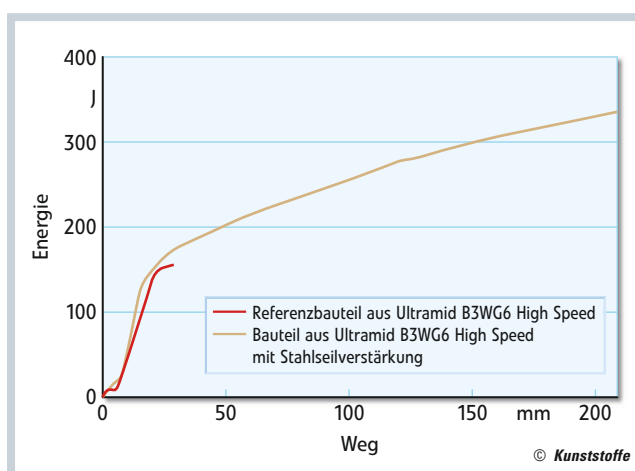
Ein erster Blick auf das Energie-Weg-Diagramm (**Bild 6**) zeigt, dass die Energieaufnahme des stahlseilverstärkten Polyamid-Bauteils sehr viel höher ist als die der reinen, mit 30 % Glasfasern verstärkten Polyamid-Komponente (hier die besonders fließoptimierte Type Ultramid High Speed).

### Verhalten durch Simulation vorhersagen

Zum Erfolg von Kunststoffanwendungen beigetragen hat nicht nur die stete Weiterentwicklung der Matrixkunststoffe, sondern auch die wachsende Fähigkeit, das Verhalten eines Kunststoffbauteils unter Belastung am Computer vorherzusagen, z. B. mit anspruchsvollen Instrumenten wie dem Simulationswerkzeug Ultrasim der BASF. Inzwischen lässt sich mit dem kontinuierlich erweiterten Instrument auch das quasistatische und dynamische Verhalten des stahlseilverstärkten Ultramid-Bauteils mit hoher Genauigkeit vorhersagen (**Bild 7, Bild 5 rechts**).

### Anwendungen und Recycling

Stahlfaserverstärktes Polyamid ist für Bereiche prädestiniert, die zur Energieab-



**Bild 6.** Die Energieaufnahme des stahlseilverstärkten Ultramid-Bauteils ist sehr viel höher als die des reinen, mit 30 % Glasfasern verstärkten Ultramids (hier die besonders fließoptimierte Type Ultramid High Speed) (Bild: BASF)

sorption und zur harmonischen Verteilung von Crashenergie dienen (s. Video). Fahrzeugbauteile, in denen diese Eigenschaften ausgespielt werden können, sind strukturell relevante Anbauteile wie Stoßfängerquerträger oder Frontends sowie Komponenten im Rohbau (BIW), die ihre tragende Funktion und ihre Strukturintegrität für die Weiterleitung von Kräften im Crash und im Nachversagensbereich behalten müssen. Auch an A-, B- und C-Säulenverstärkung sowie Verstärkungen im Innentür- oder Schwellerbereich lässt sich denken. Von zentraler Bedeutung bei diesen neuartigen Bauteilen ist die frühzeitige Einbeziehung des Stahlseilkonzepts in der Konstruktions- und Auslegungsphase. Das Einfügen von Stahlseilen in bereits bestehende Konstruktionen oder Prototypen kann zu Verbesserungen der Bauteilcharakteristik führen, nutzt aber nicht das gesamte Potenzial der Technologie. Erst beim Einsatz der Stahlseileinleger bereits in der Konzeptphase der Bauteilentwicklung sind optimale Eigenschaften zu erreichen.

EASI bietet eine Möglichkeit, bei Bauteilen in crashbelasteten Lastpfaden zwi-

schen konventioneller Blechbauweise mit teurem Großserienwerkzeug oder etwas aufwändigerem Bauteil bei geringer Gesamtinvestition zu entscheiden. Dazu kommen alle bekannten Vorteile, die das Spritzgießen von Kunststoffen bietet, wie Funktionsintegration und Modularisierung.

An ersten Serienbauteilen aus der Pressetechnik konnte die Möglichkeit der Weiterverwertung der Stahlseile und der Kunststoffe nach Gebrauchsende der Bauteile bereits demonstriert werden. Ein

### Kontakt

**Voestalpine Plastics Solutions BV**  
**Pressestelle**  
**NL-4704 RG Roosendaal**  
**TEL +31 165 575 475**  
**→ [www.voestalpine.com/polynorm](http://www.voestalpine.com/polynorm)**

Großversuch bei Voestalpine in Linz zeigte, dass sich bei Komplettbauteilen die Kunststofffraktion vollständig vom Stahlgewebe trennen lässt: Nach der mecha-

nischen Grobzerkleinerung und dem Schreddern können die Stahlreste wieder in den Hochofen zurückgeführt werden. Auch der Kunststoffanteil, die Schredderleichtfraktion, ist bekanntlich für die Verwertung geeignet.

### Ausblick: Kombination mit Laminaten

Besondere Synergien können bei der Kombination von thermoplastischen Glas- oder Carbonfaser-Laminaten (Organobleche) mit Stahlseilverstärkung entstehen. In Sachen Festigkeit, Steifigkeit und Energieaufnahme eröffnet die Kombination des EASI-Konzepts mit lo-

BASF ein neues Bauteilkonzept vor, das den Zugang zu crashresistenten, gewichtsreduzierten Komponenten bei gleichzeitig hoher gestalterischer Freiheit ermöglicht. Damit ist ein weiterer Schritt in Richtung kosteneffizienter Leichtbau für Strukturbauteile getan. ■

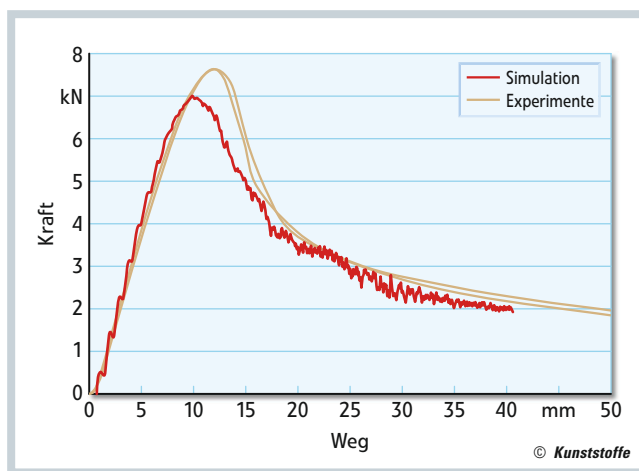
### DIE AUTOREN

ANDREAS RADTKE ist im Marketing der Geschäftseinheit Engineering Plastics Europe der BASF SE, Ludwigshafen, tätig.

VEERLE VAN WASSENHOVE ist F&E Projekt-Manager bei der NV Bekaert SA, Kortrijk/Belgien.

KEES VAN KOERT ist Application Manager Business Development bei der Voestalpine Plastics Solutions BV, Roosendaal und Putte/Niederlande.

**Bild 7. Drei-Punkt-Biegeversuch: Simulation (rot) und Experimente (beige) am konditionierten Demonstratorbauteil (verripptes Hutprofil). Das universelle Simulationsinstrument Ultrasim der BASF ist inzwischen so erweitert worden, dass sich auch das Verhalten stahlseilverstärkter Bauteile am Computer genau vorhersagen lässt. Das spart Entwicklungszeit und -kosten (Bild: BASF)**



kalen Endlosfaserverstärkungen (englisch: Continuous Fiber Reinforcement, CFR) weitere deutliche Verbesserungen, vor allem hinsichtlich der Grundsteifigkeit des Bauteils. Als lokale Verstärkungen von Bauteilen kommen imprägnierte unidirektionale Gelege (UD-Tapes) oder die als thermoplastische Lamine (Organobleche) bezeichneten gewebeverstärkten Halbzeuge in Frage.

In beiden Fällen werden die Halbzeuge durch Thermoformen dreidimensional gestaltet, anschließend im Spritzgießprozess beispielsweise mit einem wiederum glasfaserverstärkten Polyamid überspritzt und so zu Hybridbauteilen mit hoher Steifigkeit und Festigkeit verarbeitet. Im Fall der Kombination mit EASI muss sozusagen nur noch ein zweites Halbzeug – das mit Textil stabilisierte Stahlseilgewebe – eingelegt werden.

### Fazit

Mit EASI legen die drei Unternehmen Bekaert, Voestalpine Plastics Solutions und

FRANK VÖGE ist Manager Business Development bei Voestalpine Plastics Solutions, Roosendaal/Niederlande.

DRIES MOORS ist Innovations- und Marketing-Manager bei NV Bekaert SA, Kortrijk/Belgien.

OLIVER GEIGER ist im Business Development Automobil der Geschäftseinheit Engineering Plastics Europe der BASF SE, Ludwigshafen, beschäftigt.

DANIEL FERTIG ist im Simulation Engineering in der Geschäftseinheit Engineering Plastics Europe der BASF SE, Ludwigshafen, tätig.

### SUMMARY

#### REINFORCING WITH STEEL CORD

COMPOSITE MATERIALS. A novel technology for manufacturing injection molded parts with continuous steel cord reinforcement (EASI) opens up an entirely new performance class for polymer components. The technique allows the production of crash resistant, lower weight component parts whilst at the same time providing for a high degree of design freedom.

*Read the complete article in our magazine*

*Kunststoffe international and on*

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