

Hybridstrukturen aus Thermoplasten

Voll-Kunststoff-Hybride. Leichtmetall-Hybride waren gestern, die Zukunft gehört Kunststoff-Kunststoff-Kombinationen: Hybridstrukturen aus thermoplastischen Kunststoffen mit kontinuierlich faserverstärkten Verstärkungselementen weisen eine hohe Integrationsvielfalt bei gleichzeitig geringem Gewicht und hoher Wirtschaftlichkeit auf.

**RALPH FUNCK
MARKUS STEFFENS**

Leicht, leichter, am leichtesten: Der Einsatz von Leichtmetallen und hoch spezialisierten Stahl-Legierungen gehört heute zu den Selbstverständlichkeiten. Was wird der nächste Innovationsschub im Leichtbau sein? Diese Frage stellt sich branchenübergreifend, berührt sie doch interessante Potenziale zum Kostensparen. Welche Werkstoffe, welche Bauweisen werden also bahnbrechend sein?

Eine Schlüsselrolle bei hoch belasteten Strukturkomponenten kommt eindeutig der Werkstoffgruppe der Faser-Kunststoff-Verbunde (FKV) zu, allen voran denen auf thermoplastischer Basis, die mit einem herausragenden gewichtsspezifischen Eigenschaftsprofil punkten können. Dank angepasster Bauweisen-Konzepte eröffnet sich hier ein ganzes Kaleidoskop der Möglichkeiten, wie sich Funktionen integrie-

i	Hersteller
<p>Adete – Advanced Engineering & Technologies GmbH Opelstraße 10 D-67661 Kaiserslautern Tel. +49 (0) 63 01/71 68-0 Fax +49 (0) 63 01/71 68-29 www.adete.com K-2004 Halle 12, Stand E19</p>	

ren und damit Kosten sparen lassen, beispielsweise indem Montagevorgänge und die daran gekoppelte Logistik wegfallen.

Thermoplastische Faser-Kunststoff-Verbunde (FKV) haben in den vergangenen zehn Jahren durch die Entwicklung neuartiger Halbzeuge und entsprechender Verarbeitungstechnologien Wege eröffnet, auch Mittel- und Großserien-Produkte wirtschaftlich und mit reproduzierbarer Qualität in Hochleistungs-Faserverbund-

Bauweise zu fertigen. Besonders viel versprechend für hochbelastete Strukturbauteile erscheinen hybride Voll-Kunststoff-Lösungen, bei denen gerichtete, kontinuierlich langfaserverstärkte Thermoplast-Halbzeuge (CFT) mit diskontinuierlich langfaserverstärkten Thermoplasten (LFT) vorteilhaft zu hochintegrierten Bauteilen kombiniert werden (Bild 1). Dieser zukunftsweisende Ansatz setzt herausragenden Leichtbau, Großserienfertigkeit und hohe Funktionsintegration auf werkstoff-, fertigungs- und beanspruchungsgerechte Weise um. Studien zufolge hat die Voll-Kunststoff-Hybrid-Bauweise ihr Potenzial zur Gewichtsreduktion, Verbesserung der Festigkeit und Steifigkeit sowie Integration von Funktionen noch längst nicht ausgeschöpft [1].

Hybride ganz aus Kunststoff

In diesem innovativen Werkstoffverbund übernimmt eine als Rippenstruktur im



Bild 1. Werkstoffverbund der Voll-Kunststoff-Hybridstrukturen: diskontinuierlich langfaserverstärkte Thermoplaste (LFT, links) in Verbindung mit kontinuierlich langfaserverstärkten Thermoplast-Halbzeugen (CFT, rechts)

Spritzgieß- oder Fließpress-Verfahren ausgeführte, vorzugsweise diskontinuierlich langfaserverstärkte Thermoplast-Struktur die Stützfunktion der CFT-Stab- oder Schalenstruktur und verbessert deren Stabilitätseigenschaften. In der Voll-Kunststoff-Hybrid-Bauweise kann die hohe Festigkeit der kontinuierlich faserverstärkten Tragstruktur voll ausgenutzt werden, da ein deutlich kleinerer Tragstruktur-Querschnitt ausreicht – das Gewicht ist entsprechend erheblich reduziert.

Die LFT-Stützstruktur wird im Spritzgieß- oder Fließpress-Verfahren hergestellt. Auch komplexe Bauteilgeometrien, eine hohe Funktionsintegration sowie hochwertige Oberflächen lassen sich auf diese Weise wirtschaftlich realisieren.

Bei geeigneter Prozessführung verschmelzen Grundwerkstoff und Hochleistungs-Faserverbund-Einlegeile fest miteinander: Die Kraftübertragung läuft dann stoffschlüssig über die gesamte Fläche der kontinuierlich verstärkten Faserverbund-Elemente. Zudem weisen die LFT-Stützstruktur und die lokalen CFT-Einlegeilelemente ähnliche Ausdehnungskoeffizienten auf und sind gleichermaßen korrosionsbeständig.

Ein weiterer Vorteil der Voll-Kunststoff-Hybrid-Bauweise ergibt sich, wenn identische Werkstoffe für Stützstruktur und Matrix des kontinuierlich verstärkten Thermoplast-Halbzeuges gewählt werden: So lässt sich die Forderung nach Sortenreinheit beim Werkstoff-Recycling erfüllen.

Werkzeuge für die Umformung von thermoplastischen Hochleistungs-Faserverbund-Halbzeugen sind aufgrund der geringen erforderlichen Umformkräfte mit nur einer einzigen Umformstufe deutlich kostengünstiger als vergleichbare

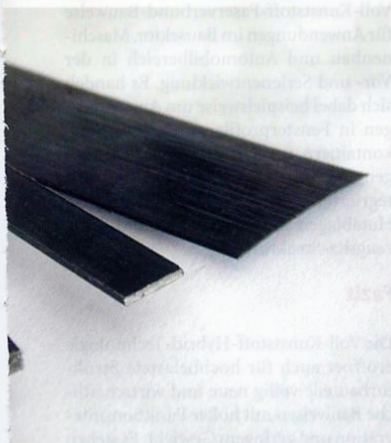
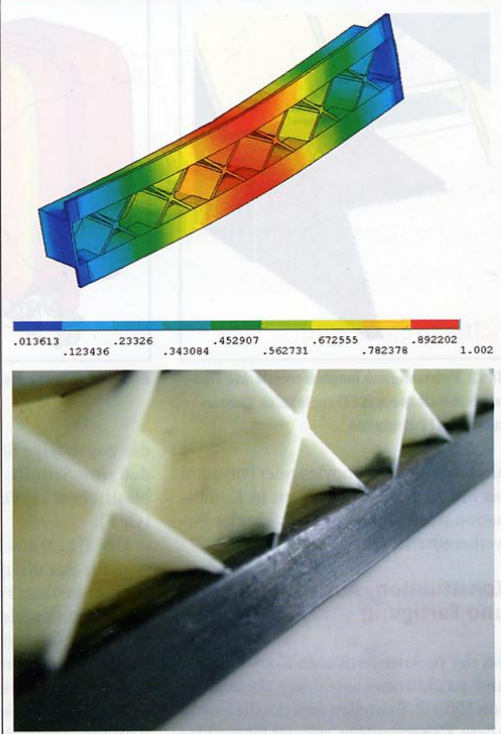


Bild 2.
Simulation der Bauteil-Verformung unter 3-Punkt-Biege-Belastung (oben) und Hybridstruktur aus LFT mit lokalen Einlegelementen aus kontinuierlich langfaserverstärkten GF/PP-Profilen (schwarz eingefärbt (unten))

Voll-Kunststoff-Hybrid-Träger



re Werkzeuge für die komplexe Metallumformung. Zudem kann die Herstellung von Voll-Kunststoff-Hybridstrukturen oftmals in einem Einschnitt-Prozess in Pressen oder Spritzgießmaschinen ablaufen. Dabei ist das Werkzeug gleichzeitig Umformwerkzeug, so dass Fertigungszeit, Handling- und Werkzeugkosten im Vergleich zu einem Zweischritt-Prozess nochmals deutlich günstiger ausfallen. Oft lassen sich sogar mehrere Einzelkomponenten direkt im Werkzeug zu einer komplexen Baugruppe montieren („In-Mold-Assembly“).

Kontinuierlich verstärkte Thermoplast-Profile

Auf der Basis innovativer Fertigungstechnologien ist es heute möglich, thermoplastische, kontinuierlich faserverstärkte Einlegeile in Form von Profilen wirtschaftlich auch in Großserie zu fertigen. Die Profile der Firma Comat, Kaiserslautern, bestehen dabei aus in Profillrichtung orientierten Endlosfasern, die in einem thermoplastischen Kunststoff eingebettet sind. Aufgrund der hohen Faseranteile in den Profilen (bis zu 55 Vol.-% Glasfaser) lassen sich in Profillrichtung Festigkeiten erreichen, die diejenigen vergleichbarer metallischer Profile bei weitem übertreffen – und dies bei wesentlich geringerem Gewicht [2]. Beim Einsatz von Kohlenstofffasern kann auch die Steifigkeit vergleichbarer metallischer Strukturen erreicht werden. Von besonderer Bedeutung ist die gute Imprägnierung der Einzelfilamente mit der thermoplastischen Kunststoff-Matrix.

Im Angebot sind Profile mit verschiedenen Geometrien und Faser-Kunststoff-Kombination, die von Glasfasern in Ver-

i	Hersteller
<p>Comat Composite Materials GmbH Marie-Curie-Straße 11 D-67661 Kaiserslautern Tel. +49 (0) 63 01/71 52-0 Fax +49 (0) 63 01/71 52-20 www.comat.de K-2004 Halle 12, Stand E19</p>	

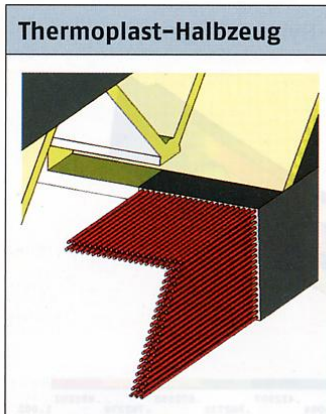


Bild 3. Kontinuierlich langfaserverstärkte Thermoplast-Halbzeuge (CFT) zur lokalen Verstärkung von LFT-Bauteilen

bindung mit Polypropylen oder Polyamid bis hin zu Kohlenstofffasern in Kombination mit Polyphenylsulfid oder Polyetheretherketon reichen.

Konstruktion, Auslegung und Fertigung

Bei der rechnergestützten Konstruktion und strukturmechanischen Auslegung von Hybrid-Bauteilen arbeitet die Firma Adete, Kaiserslautern, mit der Finite-Element-Methode (FEM). Dabei wird die Anisotropie der kontinuierlich faserverstärkten Profile voll berücksichtigt. Bild 2 zeigt einen als Versuchsträger ausgeführten Voll-Kunststoff-Hybrid-Träger sowie die in der Simulation errechnete Verformung des Bauteils unter einer 3-Punkt-Biegebelastung. Bild 3 zeigt

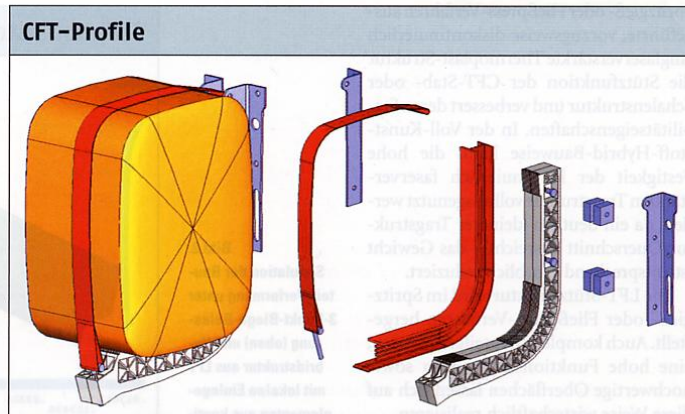


Bild 4. Lkw-Tankkonsole in Voll-Kunststoff-Hybrid-Bauweise

das zugehörige Simulationsmodell mit den im Schnitt sichtbaren, thermoplastischen Verstärkungselementen (CFT).

Der Träger aus Bild 2 ist eine Hybridstruktur aus diskontinuierlich langglasfaserverstärktem Polypropylen (LFT) mit lokalen Einlegeelementen aus kontinuierlich langfaserverstärkten GF/PP-Profilen der Abmessung 20 mm × 5 mm der Firma Comat. Die Verstärkungsprofile sind jeweils im Fußbereich der Trägerstruktur integriert. Die Hybridstruktur wurde im Pressverfahren am Fraunhofer Institut ICT, Pfinztal, hergestellt. Sowohl das naturfarbene LFT-Material als auch die schwarz eingefärbten, kontinuierlich faserverstärkten CFT-Profile werden dabei auf Schmelztemperatur erwärmt und in das Presswerkzeug eingelegt. Die Umformung des CFT-Profils und das Ver-

pressen des LFT erfolgen in einem Prozessschritt [3].

Bei Bedarf lassen sich die CFT-Profile vor dem Einlegen durch einen vorgeschalteten Thermoformprozess umformen, so dass auch hochkomplexe Bauteilstrukturen herstellbar sind. Wie beispielsweise die in Bild 4 gezeigte L-förmige Nutzfahrzeug-Tankkonsole. Die rechnergestützte Auslegung der vorentwickelten Tankkonsole auf Basis einer PP-GF-Bauweise zeigt, dass die Voll-Kunststoff-Hybrid-Technologie hier zu einer Gewichtsersparnis bis zu 30 % gegenüber der heutigen Stahllösung führt und kurzfristig auch Kosteneinsparpotenziale bietet. Die Gesamtverformung der neu konzipierten L-Konsole bei einer vertikalen Beschleunigung mit der zehnfachen Erdbeschleunigung und gefülltem Tank ist in Bild 5 dargestellt.

Derzeit befinden sich einige weitere hochbelastete Strukturkomponenten in Voll-Kunststoff-Faserverbund-Bauweise für Anwendungen im Bausektor, Maschinenbau und Automobilbereich in der Vor- und Serientwicklung. Es handelt sich dabei beispielsweise um Anwendungen in Fensterprofilen und Transportcontainern, im Gerüstbau, bei Werkzeugen und Maschinenteilen, in strukturintegrierten Instrumententafelträgern, Hutablagen sowie Frontend- und Fahrzeugsitz-Strukturen.

Fazit

Die Voll-Kunststoff-Hybrid-Technologie eröffnet auch für hochbelastete Strukturbauteile völlig neue und wirtschaftliche Bauweisen mit hoher Funktionsintegration und geringem Gewicht. Es stehen

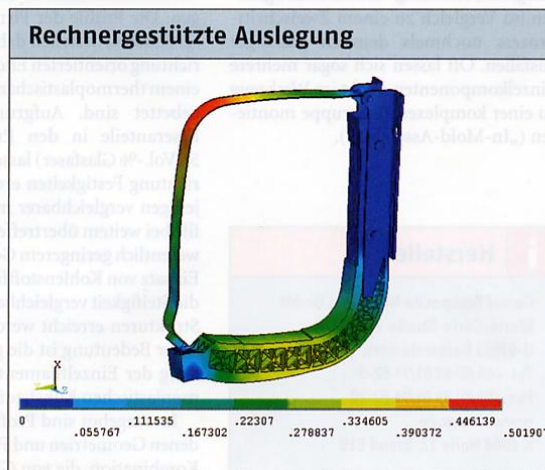


Bild 5. Gesamtverformung der Lkw-Tankkonsole bei 10 g

nun Profile aus kontinuierlich faserverstärkten Thermoplasten zur Verfügung, die sich stoffschlüssig als lokale Versteifungs- und Verstärkungselemente integrieren lassen und so die Abbildung komplexer Bauteilgeometrien auch in der Großserie ermöglichen. ■

LITERATUR

- 1 Funktionsvielfalt in Kunststoff und Metall versteckt, VDI-K, 2. April 2004
- 2 Funck, R.: Verstärkungselemente aus kontinuierlich faserverstärkten PP in Strukturbauteilen. Tagungsband Kunststoffnetzwerk Rheinland-Pfalz, Kaiserslautern, 27. Mai 2004
- 3 Steffens, M.: Aspekte der Werkstoff- und Fertigungsgerechten Gestaltung und numerischen Simulation von Voll-Kunststoff-Hybridstrukturen. Tagungsband Kunststoffnetzwerk Rheinland-Pfalz, Kaiserslautern, 27. Mai 2004

DIE AUTOREN

DR.-ING. RALPH FUNCK, geb. 1965, ist Geschäftsführer der Comat GmbH.
 DR.-ING. MARKUS STEFFENS, geb. 1968, ist Geschäftsführer der Adete GmbH.

SUMMARY PLAST EUROPE

Thermoplastic Hybrid Structures

ALL-PLASTIC HYBRIDS. All-plastic hybrid technology is a new lightweight design technique combining discontinuous long fibre-reinforced thermoplastics (LFT) with continuous fibre-reinforced (CFT) shell or rod-like, high-performance composites. The use of continuous fibre-reinforced profiles with a thermoplastic matrix provides a highly economical design, even for mass-produced structural parts subject to severe load.

NOTE: You can read the complete article by entering the document number PE102989 on our website at www.kunststoffe.de/pe

Funktionen erweitert

Materialdatenbank. Das offizielle Campus Merge Programm ist ab sofort in Version 5.0 verfügbar. MCBASE 5.0 ist datenkompatibel mit der neuesten Campus Version und erlaubt herstellerübergreifendes Suchen und Vergleiche in den original Campus-Daten. MCBASE wird mit dem kompletten Satz aller Campus-Daten der teilnehmenden Produzenten geliefert. Spätere Aktualisierungen sind per Knopfdruck über das Internet möglich.

MCBASE verfügt über zahlreiche zusätzliche Funktionen, wie die Berechnung von Kühlzeiten beim Spritzgießen, Volltextsuche in Produkttexten und die Suche nach Ersatzwerkstoffen. Neu hinzu gekommen ist die Möglichkeit, die in Campus enthaltenen Kriechdaten und die pvT-Diagramme nach allgemein bekannten Modellen zu fiten und die entsprechenden Parameter zu berechnen.

Campus ist die weltweit verbreitete, von führenden internationalen Kunststoffproduzenten betriebene Kunststoffdatenbank, die konsequent nur vergleichbare, nach internationalen Normen bestimmte Werte enthält.

► www.m-base.de

HEIBKANÄLE FÜR VERPACKUNGS- WERKZEUGE MIT HOHER KAVITÄTENZAHL

- Hoher Ausstoß
- Konstruiert nach Kundenspezifikation
- Einbaufertige Heiße Hälften
- Normal- und Etagenwerkzeuge



Sie finden uns in Halle 02 auf Stand B10
 20. - 27.10.04



Dr. Ruben-Rausing-Straße 7
 D-65239 Hochheim/Main
 Telefon: +49 (0) 61 46 - 906 - 0
 Telefax: +49 (0) 61 46 - 906 - 399
 Internet: www.mht-ag.de

Reinhardt

Industrieofen- und Maschinenbau

zum Thema:
Kunststofftechnik

Fertigungsprogramm:

- Rotationsformanlagen
- Slush-Moulding-Anlagen
- Vulkanisier- und Aushärteöfen
- Feuchtekkammern
- Kammertrockner
- Temper-, Gelier- und Wärmebehandlungsöfen
- Vorwärmeöfen u.a. für Kunststoffplatten
- Durchlauföfen u.a. für GMT-Kunststoffteile, Bremsbeläge usw.

Anlagen zur Oberflächenbehandlung:

- Trocknen · Beschichten
- Zentrifugieren · Tauchen · Lackieren

Ernst Reinhardt GmbH Industrieofenbau
 Güterbahnhofstr. 1 · D-78048 VS-Villingen/Germany
 Tel. +49-(0)7721-8441-0 · Fax +49-(0)7721-8441-44
 E-mail: info@ernstreinhardt.de
 Internet: www.ernst-reinhardt.com

