

# Leichtbau für die Hosentasche

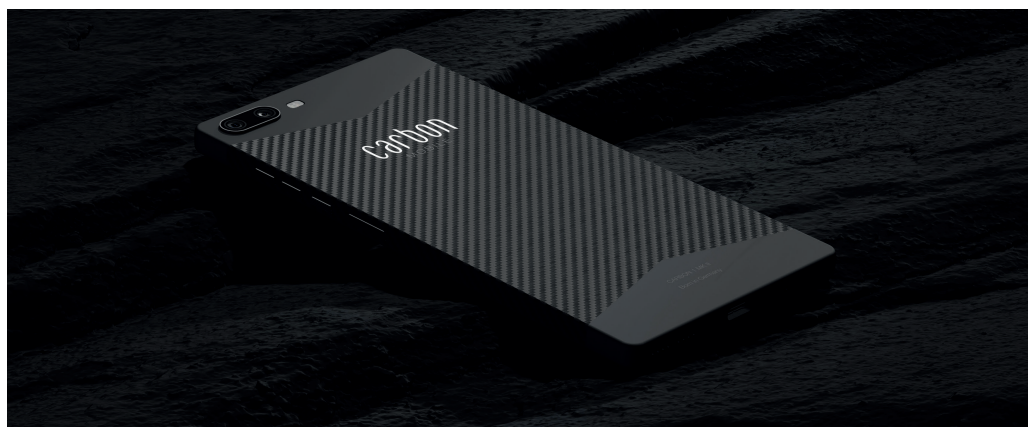
## Composites senken das Gewicht und erleichtern die Produktion von Elektronikgehäusen

Endlosfaserverstärkte Thermoplast-Composites etablieren sich auch bei dünnwandigen Gehäusen für die Unterhaltungselektronik und Informationstechnologie. Sie bieten nicht nur eine hohe Steifigkeit und helfen das Gewicht zu senken, sondern ermöglichen auch ein edles Design und Funktionen zu integrieren. Werden die Gehäuse im Hybrid-Molding-Verfahren gefertigt, lassen sich außerdem Kosten, Verarbeitungsschritte und Zykluszeiten reduzieren.

**K**aum eine Branche verzeichnet weltweit ein so starkes Wachstum wie die Unterhaltungselektronik und IT mit ihren Hauptanwendungen Smartphone, Laptop und Tablet. Allein der globale Markt für Smartphones hatte nach Berechnungen des indischen Marktforschungs- und Beratungsunternehmens Mordor Intelligence im Jahr 2020 ein Volumen von fast 715 Mrd. USD. Bis 2026 soll er sich mit Wachstumsraten von jährlich rund 11,2 % auf über 1,3 Billionen USD vergrößern. Für diese Bereiche hat der Kunststoffhersteller Lanxess endlosfaserverstärkte thermoplastische Verbundwerkstoffe entwickelt.

Die Tepex genannten Materialien sind plattenförmige Verbundhalbzeuge und werden auch im strukturellen Leichtbau von Automobilen verwendet. Ihre Matrix besteht aus Polyamid 6 (PA 6), Polypropylen (PP), Polycarbonat (PC), thermoplastischem Polyurethan (TPU) oder anderen Thermoplasten und ist in der Regel mit Endlosfaser-Geweben aus hochfesten Glas- oder Carbonfasern oder mit Langfasermatten oder Vliesen verstärkt. Die Fasern sind komplett mit dem Matrixkunststoff imprägniert und enthalten nahezu keine Luftblasen (vollkonsolidiert). Im Belastungsfall werden daher die Kräfte vollständig über die Matrix von einem Filament zum anderen übertragen. In den Geweben stehen die Fasern meist rechtwinklig zueinander und sind in beide Richtungen gleich verteilt (balanciert). Häufig werden auch kettstarke Gewebe verwendet, bei denen die Fasern vorwiegend unidirektional orientiert sind. Die Eigenschaften der entsprechenden Halbzeuge – wie Steifigkeit, Festigkeit und Wärmeausdehnung – sind daher richtungsabhängig.

Die Verarbeitung der Halbzeuge erfolgt inzwischen hauptsächlich durch Hy-



Das Smartphone Carbon 1 Mark II von Carbon Mobile wurde in Deutschland entwickelt. Die mattschwarzen Carbonfasern verleihen dem Smartphone einen edlen Hightech-Look

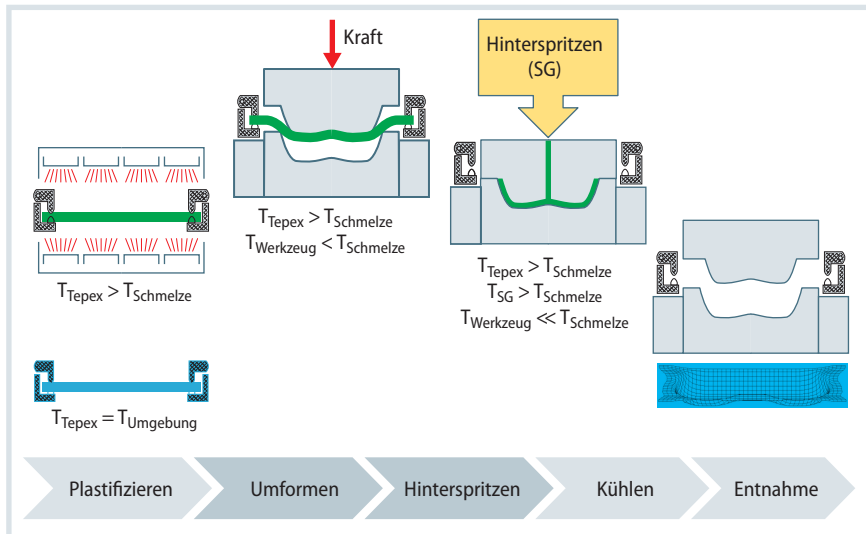
© Carbon Mobile

brid Molding. Das Verfahren geht von einem Halbzeugzuschnitt aus, der bereits die Endkontur des Bauteils erkennen lässt. Er wird über die Schmelzetemperatur der Matrix erhitzt und zwischen den geöffneten Hälften des Spritzgießwerkzeugs positioniert. Danach schließt sich das Werkzeug und formt den Zuschnitt um. Gleichzeitig wird er mit einer kurzfaserverstärkten Variante des Matrixkunststoffs hinter- und umspritzt (Bild 1). Thermoformen und Spritzgießen finden im Gegensatz zum Insert Molding nicht getrennt, sondern in einem Prozessschritt statt. Ein separates Umformwerkzeug ist nicht erforderlich. Der Prozess ist sehr effizient, da dadurch die Anzahl der Verarbeitungsschritte, die Investitionskosten und die Zykluszeiten sinken. Ein weiterer Vorteil der Tepex-Halbzeuge besteht darin, dass sie bereits vollständig konsolidiert zum Einsatz kommen. Die Konsolidierung muss daher nicht im Werkzeug erfolgen, was mit thermoplastischen Kunststoffen nicht unter wirtschaftlichen Randbedingungen möglich wäre.

Der Einleger wird in einem separaten Heizofen erwärmt und im plastifizierten Zustand zur Umformung ins geöffnete Spritzgießwerkzeug transferiert. Halbzeuge mit einer unidirektionalen Ausrichtung der Endlosfasern ohne Querverstärkung sind dabei im Nachteil, weil sie auseinanderfließen und es beim Schließen des Werkzeugs leichter zum Abscheren von Fasern kommt, dem sogenannten Mold Slip. Bei Halbzeugen mit Gewebeverstärkung bewirkt die Kett- und Schussfadenverkreuzung dagegen eine Querverstärkung, wodurch das Handling der Einleger im plastifizierten Zustand wesentlich einfacher ist.

### Werkzeugfallende Teile mit ansprechenden Oberflächen

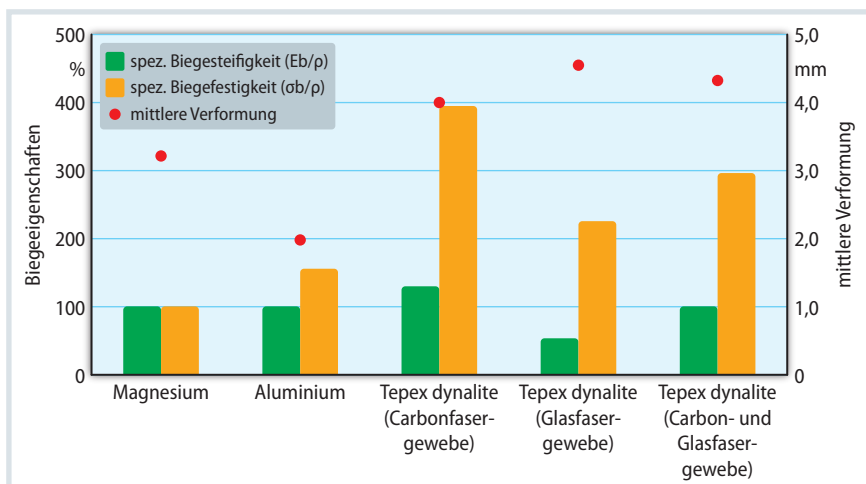
Gerade Gehäuseteile für die Unterhaltungselektronik und IT müssen glatte und meistens glänzende Oberflächen aufweisen. Die Verbundhalbzeuge erfüllen diese Anforderung, falls sie kontrolliert in ei- »



**Bild 1.** Schematischer Ablauf des Hybrid Molding mit variothermer Werkzeugtemperierung: Durch ein schnelles Aufheizen und Kühlen des Werkzeugs entstehen Bauteiloberflächen, die direkt lackiert werden können Quelle: Lanxess; Grafik: © Hanser

nem Hybrid-Molding-Werkzeug mit variothermer Temperierung verarbeitet werden. Es entstehen werkzeugfallend Oberflächen, die für nachfolgende Lackierschritte kaum nachbearbeitet werden müssen. Dagegen müssen Druckgussmetalle, aus denen ebenfalls Gehäuse etwa für Tablets gefertigt werden, meist vor dem Lackieren mit Füllern geglättet, geschliffen und poliert werden. Neben dem Aufwand dafür kostet das auch Zeit und erzeugt einen höheren Ausschuss. Grundsätzlich ist das Hybrid Molding mit Tepex gegenüber dem Metalldruckgießen deutlich weniger energieintensiv und hinterlässt einen geringeren  $\text{CO}_2$ -Fußabdruck.

Ein wesentlicher Grund dafür, dass sich Tepex zur Fertigung von Gehäusen für die Unterhaltungselektronik und IT eignet, ist die hohe Verwindungs- und Biegesteifigkeit bei geringer Wanddicke des Materials. Beide sind deutlich höher als bei spritzgegossenen Thermoplasten, mit denen die Composites vor allem bei Gehäusen für Kleingeräte konkurrieren. Die spezifische Biegesteifigkeit bei einer Verstärkung mit Carbonfasern ist mit der von Druckgussaluminium und -magnesium vergleichbar, die spezifische Biegefestigkeit sogar deutlich höher (**Bild 2**). Diese Eigenschaften tragen wesentlich dazu bei, dass Gehäuseteile etwa für Smartphones



**Bild 2.** Vergleich der Biegeeigenschaften von Standardmaterialien für Gehäuse von Geräten der Unterhaltungselektronik und IT: Die Tepex-dynalite-Halbzeuge mit halogenfrei flammgeschützter PC-Matrix sind Druckgussmetallen vor allem im Systemverformungstest überlegen

Quelle: Lanxess; Grafik: © Hanser

sehr dünn und leicht, aber dennoch hochsteif ausgelegt werden können und somit einen hohen Widerstand gegenüber Verformung besitzen. Dadurch sind die Komponenten von Elektronikgeräten wie Displays, Platinen und Akkus gut geschützt. Die Steifigkeit ist für die Hersteller solcher Geräte ein wichtiges Kriterium und wird von diesen in umfangreichen Systemtests bzw. Kraft-Verformungs-Prüfungen am Fertigteil verifiziert.

### Versteifungsrippen einfach anbringen

Wird das Gehäuseteil im Hybrid-Molding-Verfahren gefertigt, lassen sich außerdem sehr einfach Versteifungsrippen anspritzen. Weil sich Verbundmatrix- und Anspritzmaterial entsprechen, ergibt sich dabei ein sehr fester Stoffschluss zwischen Rippen und Gehäuse-schale. Daraus resultiert zusätzlich zur spezifischen Steifigkeit des Verbundmaterials ein Steifigkeitsgewinn, der durch geometrische Elemente wie z.B. Sicken oder Kanten weiter verstärkt werden kann.

Zu den ersten Anwendungen von Tepex in der Unterhaltungselektronik und IT zählten u.a. Deckel für Smartphones von Research in Motion (RIM), damals noch unter der Marke Blackberry. Die Deckel konnten zugleich steifer und dünner ausgelegt werden als in einer Spritzgussausführung. Hergestellt wurden sie aus einem TPU-basierten Verbundhalbzeug im Insert-Molding-Verfahren. Ein optisch sehr ansprechendes Element war dabei das farbige Carbon-Design, das vom regelmäßig angeordneten und eingefärbten Glasfasergewebe im Verbundmaterial herrührte und mit einer transparenten Lackierung betont wurde.

Eine Großserienanwendung von Tepex sind Deckel (A-Cover) für Business-Notebooks von Dell. Substituiert wurden Bauteile aus Druckgussmagnesium. Verwendung finden Verbundhalbzeuge mit PC-Matrix, die mit Carbon- und Glasfasergewebe verstärkt sind. Für den Einsatz der Composites sprechen, neben der hohen Steifigkeit bei geringem Gewicht, die im Vergleich zu Magnesium energieeffizientere und sicherere Verarbeitung und die sehr hohe, werkzeugfallende Oberflächenqualität der Bauteile.

Besonders anspruchsvoll sind die Anforderungen an die Flammwidrigkeit: Aufgrund der hohen Energiedichte in den

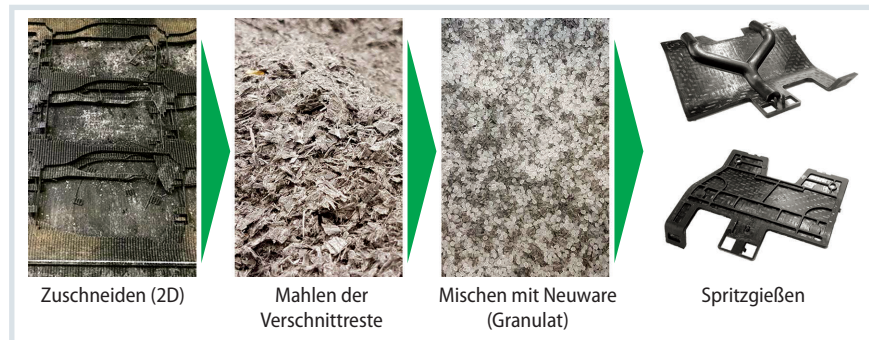
Prozessoren mit entsprechender Wärmeentwicklung müssen die eingesetzten Verbundhalbzeuge die UL-94-Flammenschutzprüfung mit der Einstufung V-0 bestehen. Entwickelt wurde eine halogenfreie Flammenschutzrüstung, die die Benetzung und Adhäsion der Fasern nicht beeinflusst und dadurch die mechanische Leistungsfähigkeit der Composites nicht verringert. Für ein attraktives Aussehen sorgt das sichtbare Carbon-Gewebe in Leinwandbindung. Die Notebook-Deckel sind eine der ersten Großserienanwendungen des Hybrid-Molding-Verfahrens mit variothermer Werkzeugtemperierung. Sie weisen bereits zahlreiche, über das Spritzgießen integrierte Funktionen wie Verstärkungsrippen, Befestigungselemente und Führungen auf. Auch carbonfreie Antennenfenster, die eine sichere Signalübertragung gewährleisten, sind per Spritzgießen integriert.

### Erstes Smartphone aus Carbon

Der Trend zur Funktionsintegration im Bereich Unterhaltungselektronik und IT hält weiter an. Ein Paradebeispiel dafür ist das kürzlich eingeführte, weltweit erste Carbon-Smartphone Carbon 1 Mark II des Berliner Start-ups Carbon Mobile (**Titelbild**). Vernetzte Geräte mit Gehäusen aus Carbonfasern galten bislang wegen des elektromagnetisch abschirmenden Verhaltens der Fasern und der damit verbundenen Blockade der Funksignale als nicht machbar. Mit der HyRECM-Technologie (Hybrid Radio Enabled Composite Material) von Carbon Mobile lassen sich Carbonfasern und ein zugehöriges Composite-Material so kombinieren, dass der resultierende Verbund für Funkwellen durchlässig ist. Dazu ist u.a. eine leitfähige 3D-Bedruckung, die die Antennenwirkung unterstützt, in das Carbonfasergehäuse integriert.

Das Gehäuse basiert auf einem Verbundhalbzeug mit TPU-Matrix. Es ist wie das lasttragende Chassis von Formel-1-Wagen als einteilige Schale konstruiert. Diese Monocoque-Bauweise nutzt sehr gut die hohe Steifigkeit des Carbonverbundmaterials aus. Das Smartphone wiegt nur 125 g und ist damit rund ein Drittel leichter als herkömmliche Geräte und mit nur 6,3 mm Bauhöhe um 25 % dünner.

Auch in der Unterhaltungselektronik und IT steigt die Nachfrage nach nachhal-



**Bild 3.** Organobleche aus Tepex können gut recycelt und anschließend erneut für technische Bauteile verwendet werden. Die Festigkeit, Steifigkeit und Zähigkeit des Rezyklats entspricht der von kurzfaserverstärkten Kunststoffen mit gleichen Fasergehalten. Quelle: Lanxess; Grafik: © Hanser

tigen Materialien. Das Ziel ist es u.a., Abfall zu vermeiden und Ressourcen aus End-of-Life-Bauteilen wiederzuverwerten. Als rein thermoplastische Systeme lassen sich Tepex-Organobleche im Sinne geschlossener Stoffkreisläufe gut recyclieren (**Bild 3**). Untersuchungen bei Lanxess ergaben, dass geschredderte Verschnittreste – allein oder vermischt mit unverstärkter oder kurzfaserverstärkter Compound-Neuware – unter den richtigen Randbedingungen problemlos auf Standardmaschinen spritzgegossen und extrudiert werden können. Die mechanischen Eigenschaften des Rezyklats – wie Festigkeit, Steifigkeit und Zähigkeit – liegen auf dem Niveau von handelsüblichen kurzfaserverstärkten Kunststoffen mit entsprechenden Fasergehalten.

Kürzlich vorgestellt wurden Tepex-Verbundhalbzeuge, deren Matrix zur Hälfte aus PC-Rezyklat aus der Verwertung von Mehrweg-Wasserflaschen stammt. Die Composites zielen auf Anwendungen wie Laptopdeckel oder Gehäuse von Smartphones, Tablets und E-Book-Readern. Kurz vor dem Serieneinsatz in Laptopdeckeln steht beispielsweise ein halogenfrei flammgeschützter Materialtyp mit einem Wirrfaserkern aus Carbonfaserrezyklaten.

### Alles Bio: Halbzeuge aus Biopolymeren mit biobasierter Verstärkung

Ebenfalls serienreif sind Verbundhalbzeuge mit Polymilchsäure (PLA) oder PA 11 als biobasierter Matrix, die mit Endlosglas- oder Endloscarbonfasern verstärkt sind. Sie können inzwischen in großserientauglicher Qualität produziert werden. Ihre mechanischen Eigenschaften wie Biegefestigkeit und E-Modul sind mit denen

von entsprechenden PA-6- und TPU-Halbzeugen vergleichbar.

Am Einsatz von biobasierten Verstärkungsfasern in Tepex arbeitet Lanxess gegenwärtig ebenfalls. Der Fokus liegt dabei auf Flachfasern, die als natürliche Alternative zu Carbonfasern diskutiert werden. Untersucht wurden entsprechende Halbzeuge mit PP-Matrix. Ihr mechanisches Eigenschaftsniveau ist im Vergleich zu ihren Pendanten mit Endloscarbonfaser- oder Endlosglasfaserverstärkung zwar deutlich niedriger, es ist aber immer noch höher als das von Spritzgießmaterialien, die mit Kurzfasern aus Carbon oder Glas verstärkt sind. Besonders nachhaltig ist die Kombination von Flachfasergeweben mit Biomatrizes. Diese Halbzeuge, die komplett auf nachwachsenden Materialien basieren, ergeben Oberflächen mit attraktiver Biocarbonanmutung. ■

## Die Autoren

**Dr. Dirk Bonefeld** ist Leiter Marketing und Vertrieb für Tepex Consumer Electronics und Sport bei Lanxess.

**Dr. Stefan Seidel** ist Leiter Forschung und Entwicklung Tepex bei Lanxess.

## Service

### Digitalversion

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

### 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)