

# Organoblech-Verschnitte recyceln

## Faserverstärkte Thermoplaste mechanisch rezyklieren und in die Produktion zurückführen

Organobleche haben sich in der Serienfertigung von hochbelastbaren Leichtbauteilen in unterschiedlichen Industriebereichen etabliert. Bei ihrer Produktion fallen Verschnittreste an, die sich nicht direkt wieder in den Herstellungsprozess zurückführen lassen. Die werkstoffliche Verwertung dieser Verschnitte stellt dafür einen vielversprechenden Recyclingansatz dar.



Selbst bei einer möglichst optimierten Herstellung von Organoblechen fallen dennoch relativ große Mengen an Verschnittresten an

© Lanxess

Endlosfaserverstärkte Thermoplaste verfügen über sehr gute technische Eigenschaften, die den Einsatz in zahlreichen Anwendungsfeldern ermöglichen – vom Sportschuh über Gehäuse von Elektronikgeräten bis hin zu sicherheitsrelevanten Automobilbauteilen wie Bremspedalen oder A-Säulenverstärkungen. Die Lanxess-Tochtergesellschaft Bond-Laminates GmbH produziert am Standort Brilon unter dem Markennamen Tepex seit mehr als 20 Jahren solche Faserverbundwerkstoffe. Diese Organobleche sind mittlerweile in vielen Großserienprodukten etabliert.

Die Tepex-Organobleche werden in einem kontinuierlichen Prozess hergestellt und für den jeweiligen Verarbeiter konfektioniert. Insbesondere für die Automobilindustrie, wo die Weiterverarbeitung der Tepex-Halbzeuge in vollautomatisierten Fertigungszellen abläuft, werden die Einleger als zweidimensionale Zuschnitte bereitgestellt. Um den Verschnitt, der beim Zuschnitt dieser Einleger entsteht, zu minimieren, werden die

entsprechenden Geometrien unter Berücksichtigung der notwendigen Faserorientierung so in dem Tepex-Halbzeug verschachtelt, dass eine optimale Materialausbeute möglich ist. Dieses Vorgehen ist auch als Nesting bekannt.

Allerdings ist bei stark gekrümmten Geometrien, die sich nur sehr ungünstig verschachteln lassen, ein systematischer Verschnitt nicht vermeidbar (**Titelbild**). Bereits bei einem Verschnitt von 5–10 % fällt unter Großserienbedingungen sehr schnell eine große Menge an Restwerkstoff an, der dem Produktionsprozess nicht direkt zugeführt werden kann. Um sie erneut in der Herstellung verwenden zu können, müssen die Materialien zunächst recycelt werden.

### Geeignetes Recyclingverfahren für Organoblech-Verschnitte

Da Tepex und vergleichbare Organobleche auf einer thermoplastischen Kunststoffmatrix basieren, ist das Recycling sowohl mithilfe von werkstofflicher Verwertung

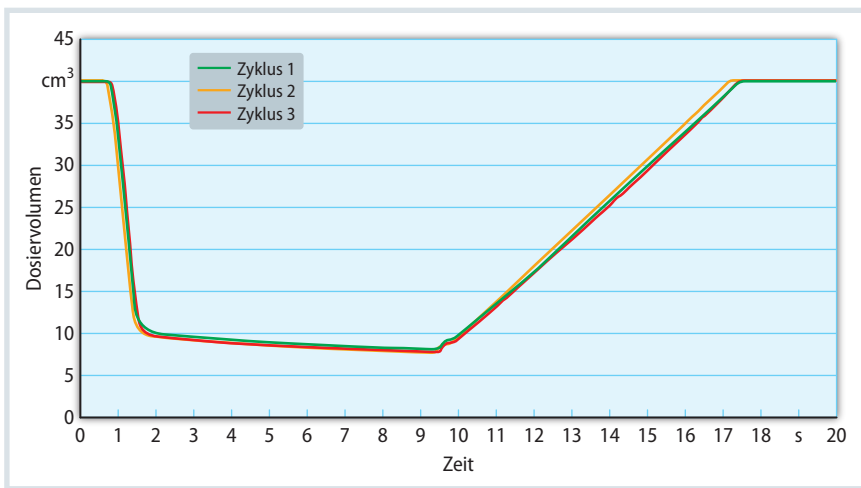
durch mechanische Aufarbeitung möglich als auch durch die rohstoffliche bzw. chemische Verwertung, also die Aufspaltung in Einzelkomponenten durch Hydrierung, Hydrolyse und Pyrolyse. Den größten wirtschaftlichen Nutzen bei der Verwertung der Reststoffe und Verschnitte bietet das werkstoffliche Recycling. Dabei muss der Tepex-Verschnitt zunächst zu einer definierten Partikelgröße vermahlen werden.

Handelsübliche Schneidmühlen sind zwar in der Lage, Organobleche aller Art zu zerkleinern. Die hohen Schnittgeschwindigkeiten, die bei dieser Technik üblich sind, führen allerdings zu einem sehr hohen Verschleiß der Messer. Im Mahlgut wird außerdem ein hoher Staubanteil und eine relativ geringe mittlere Partikelgröße erzeugt. Die daraus resultierende geringe Schüttdichte des Mahlguts ist für übliche Verarbeitungsverfahren wie Regranulierung oder Direktspritzgießen meist ungeeignet.

Eine Reduzierung der Schnittgeschwindigkeit bei gleichbleibender Zerklei- »



**Bild 1.** Gemahlene Tepex: Bei der Zerkleinerung kommt es auf die verwendeten Maschinen an. Insbesondere mit Einwellenzerkleinerern lässt sich ein homogenes Mahlglas erzeugen © Lanxess



**Bild 2.** Verarbeitung einer Mischung aus 80 % Granulat und 20 % Organoblech-Mahlglas auf einer Standard-Dreizonenschnecke: Ein reproduzierbares Dosieren in jedem Zyklus ist bei der Verarbeitung möglich Quelle: Lanxess; Grafik: © Hanser

nerungsleistung lässt sich mit klassischen Wellenzerkleinerern erreichen. Für die Messerwalzen sollte dabei eine niedrige Drehzahl gewählt werden. Insbesondere Einwellenzerkleinerer mit automatischem hydraulischen Vorschub sind dazu geeignet, ein homogenes Mahlglas zu erzeugen (Bild 1) [1]. Große, streifenförmige Partikel, wie sie bei anderen Verarbeitungsformen auftreten können, werden dabei vermieden. Das gilt auch für dickere Materialien oder besonders spröde, carbonfaserverstärkte Varianten.

### Parameter für die Zerkleinerung

Aufgrund der hohen Steifigkeit, Festigkeit und Schlagzähigkeit von Tepex-Materialien ist für die effiziente Zerkleinerung ein geeignetes Set-up notwendig. Neben einem möglichst kleinen positiven Schneid-

winkel sollten weitere Parameter eingehalten werden (Tabelle) [2]. Auf eine geeignete Absaugung ist aufgrund der hohen Staubeentwicklung in jedem Fall zu achten.

Das bei der Zerkleinerung entstehende Mahlglas kann einem kunststofftypischen Verarbeitungsprozess wie Spritzgießen oder Extrusion direkt zugeführt werden. Um eine Verarbeitung auf Standardmaschinen ohne modifizierte Einzugszone zu gewährleisten, ist eine mittlere Partikelgröße von 8–15 mm empfehlenswert. Derartiges Mahlglas verfügt über eine Schüttdichte von ca. 200 kg/m<sup>3</sup> ( $\pm 20$  kg/m<sup>3</sup>). Wird das Mahlglas handelsüblichem Granulat (Regranulat oder Neuware) zu einem Anteil von  $\leq 20$  % beigemischt, ist die Brückenbildung soweit reduziert, dass übliche Dosiertrichter ohne Zwangsdosierung und somit in Standardausführung eingesetzt werden können. Das bestätigen Untersuchungen der Kunststofftechnik Paderborn, einer Forschungseinrichtung der Universität Paderborn.

### Passende Schnecke für 100 % Mahlglas

Bild 2 zeigt einen automatischen Prozess, in dem eine Mischung aus 80 % Granulat und 20 % Organoblech-Mahlglas auf einer Standardschnecke mit 25 mm Durchmesser ohne zusätzliche Peripherie im Spritzgießverfahren verarbeitet wurde. Höhere Anteile an Mahlglas, zum Teil sogar bis zu 100 %, lassen sich ebenfalls auf Standardmaschinen verarbeiten, sofern bei der Dosierung eine für das Mahlglas geeignete Zwangsförderung, z. B. eine Stopfschnecke mit hoher Gangtiefe, verwendet wird. Der Einsatz von faserscho-

Prozessparameter	Empfehlung
Zerkleinerungsaggregat	Einwellenzerkleinerer
Drehzahl der Messerwalze	100 min <sup>-1</sup>
Messergeometrie	quadratisch
Schneidspalt	$\leq 1,0$ mm
Schneidwinkel	$< 10^\circ$
Siebgröße (für Mahlglasgröße 8–15 mm)	15–20 mm
Einzugsbreite	$\geq 1300$ mm

**Tabelle.** Empfohlene Prozessparameter für die Zerkleinerung von Organoblech-Verschnittresten Quelle: Lanxess

## Der Autor

**Dr. Stefan Seidel** ist Leiter der Forschung und Entwicklung für endlosfaserverstärkte thermoplastische Verbundwerkstoffe bei Lanxess/Bond-Laminates; stefan-seidel@bond-laminates.de

## Service

### Literatur & Digitalversion

Das Literaturverzeichnis und 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)

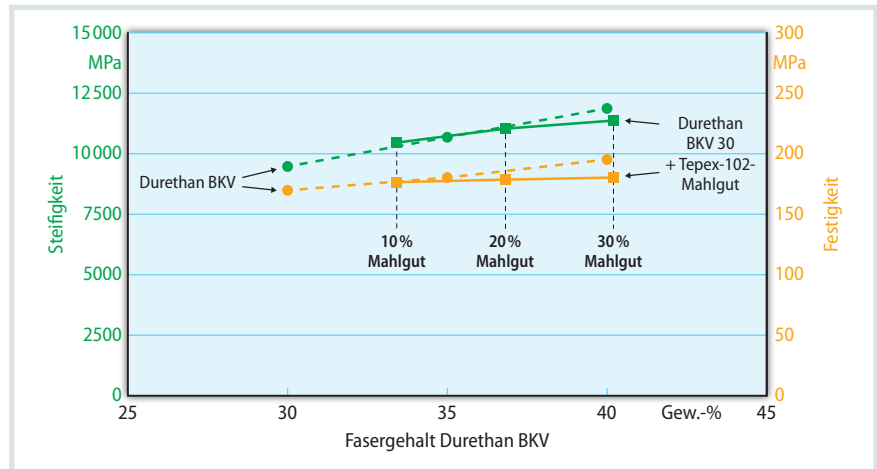
nenden Schneckenometrien mit hoher Gangtiefe in der Einzugszone kann für die Maximierung der mechanischen Eigenschaften im Bauteil herangezogen werden. Sie sind aber im Normalfall nicht zwingend erforderlich. Bereits mit üblichen, nicht modifizierten Dreizonenschnecken lässt sich Tepex-Mahlgut mit der empfohlenen mittleren Partikelgröße problemlos verarbeiten.

Für den Spritzgießprozess sind in Abhängigkeit vom herzustellenden Bauteil niedrige Dosiergeschwindigkeiten und Staudrücke empfehlenswert. Der optimale Betriebspunkt richtet sich üblicherweise nach der eingesetzten Maschinenteknik und dem Bauteildesign.

Durch Beimischen kurzfaserverstärkter oder unverstärkter Neuware lässt sich der Faseranteil im Bauteil gezielt einstellen. Bei auf Polypropylen (PP) basierendem Tepex ist eine Verdünnung des Mahlguts auf einen Fasermassengehalt von 30 % sinnvoll, da kurzfaserverstärkte PP-GF-Compounds mit höherem Fasergehalt auf dem Markt kaum verfügbar sind. Eine Verbesserung der mechanischen Eigenschaften durch eine weitere Erhöhung des Fasermassenteils ist bei PP aufgrund der Unpolarität des Polymers nicht trivial und kann in der Regel nur mit speziellen Langfasergranulaten erreicht werden. Andere Tepex-Typen können auch unverdünnt verarbeitet oder kurzfaserverstärkter Neuware mit vergleichbarem Fasermassengehalt beigemischt werden.

### Mechanische Eigenschaften wie kurzfaserverstärkte Kunststoffe

Die Festigkeit, Steifigkeit und Zähigkeit des Rezyklats sind vergleichbar mit denen von handelsüblichen kurzfaserver-



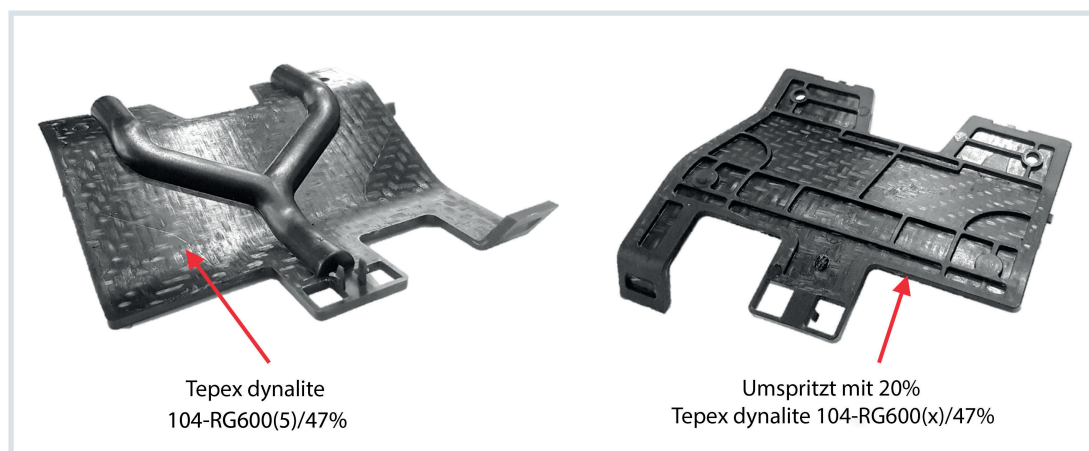
**Bild 3.** Vergleich der Steifigkeit und Festigkeit der PA 6 Durethan BKV30, BKV35 und BKV40 mit dem PA 6 Durethan BKV30, dem 10, 20 oder 30 % Tepex-102-Mahlgut zugegeben wurde: Trotz Zugabe des Mahlguts sind die Werte vergleichbar Quelle: Lanxess; Grafik: © Hanser

stärkten Kunststoffen mit entsprechenden Fasergehalten. Zur Validierung dessen wurde Tepex-Mahlgut (Ausgangsmaterial: Tepex dynalite 102-RG600(x)/47%; Fasermassengehalt: 66 %) zu unterschiedlichen Anteilen einem kurzglasfaserverstärkten Durethan BKV30 (Polyamid 6 (PA 6), Fasermassengehalt: 30 %) beigemischt und direkt im Spritzgießverfahren verarbeitet. Die resultierenden mechanischen Kenngrößen Zug-E-Modul und Zugfestigkeit liegen dabei auf dem Niveau von Durethan-Typen mit vergleichbarem Fasermassengehalt (**Bild 3**) [3]. Die Ergebnisse konnten in verschiedenen Untersuchungen auch mit anderen Polymeren und Faserwerkstoffen bestätigt werden. [1,4]

Zur Verifizierung wurde in Zusammenarbeit mit der Kunststofftechnik Paderborn ein Demonstratorbauteil hergestellt (**Bild 4**). Das Bauteil wird für Forschungszwecke eingesetzt und diente ursprüng-

lich der Untersuchung unterschiedlicher Aspekte des Spritzgieß-Sonderverfahrens GITBlow [5]. Die Geometrie ähnelt Bauteilen, die bereits für die automobiler Großserie produziert werden [6]. Die Umspritzung besteht vollständig aus einer Mischung aus 80 % Neuware und 20 % Mahlgut. Der Demonstrator zeigt, dass sich sowohl dickwandige Bereiche ohne nennenswerte Schwindung als auch dünnwandige Bereiche mit langen Fließwegen vollständig und ohne sichtbare Schwindungseffekte herstellen lassen, sofern übliche Spritzgießbedingungen beachtet werden.

Die recycelten Verschnittreste können ohne zusätzliche Investitionen in geplanten und sogar laufenden Serienprodukten eingesetzt werden. Das Recyclingverfahren stellt somit einen wichtigen Schritt hin zu einer umfassenden Kreislaufwirtschaft für endlosfaserverstärkte Thermoplaste dar. ■



**Bild 4.** Der Demonstrator zeigt, dass das Mahlgut für das Spritzgießen von Kunststoffbauteilen geeignet ist. Die Umspritzung des Demonstrators besteht aus einer Mischung aus 80 % Neuware und 20 % Tepex-Mahlgut

© Lanxess