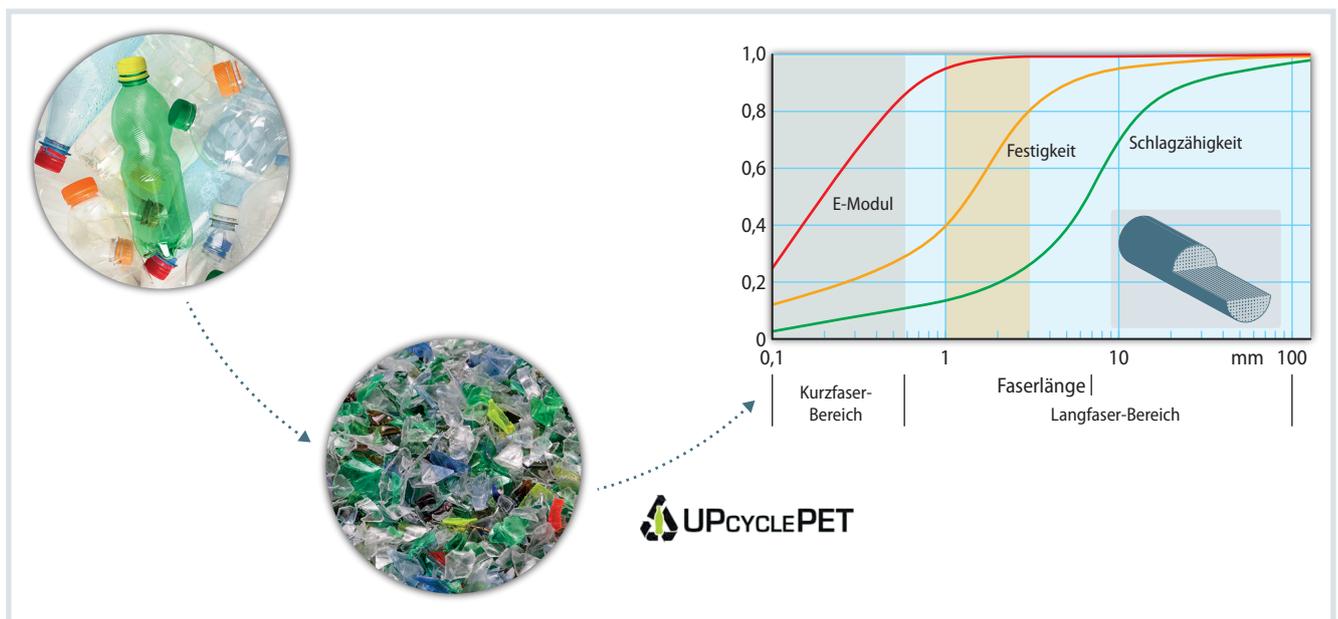


Nachhaltige Bauteile aus PET-Flakes

Neue Verbundwerkstoffe für langlebige technische Anwendungen

Im Forschungsprojekt „UPcyclePET“ entwickelte das Fraunhofer LBF gemeinsam mit der Easicomp GmbH einen neuen Werkstoff, der seine Qualitäten im Praxistest beweisen musste. Bei dem dabei hergestellten technischen Bauteil konnten die mechanischen Vorteile der stabilen Langfasern – kombiniert mit den positiven Eigenschaften von PET wie der geringen Quellfähigkeit und hohen Dimensionsstabilität – ihre Vorteile ausspielen.



Upcycling von PET-Flaschenabfällen zu langfaserverstärkten Thermoplasten

© Flaschen: akf – stock.adobe.com; Flakes: © Ursula Raapke; Quelle Tabelle: Fraunhofer; Grafik: © Hanser

Kunststoffabfälle und ein unsachgemäßer Umgang mit ihnen führen zu globalen Umweltproblemen. Dabei sind vor allem Verpackungskunststoffe problematisch, die nach einem kurzen Nutzungszyklus in die Umwelt gelangen oder entsorgt werden müssen. Eine Antwort darauf ist es, aus kurzlebigen Kunststoffabfällen hochwertige Werkstoffe zu gestalten, die in langlebigen technischen Anwendungen einen neuen Einsatz finden. Im Forschungsvorhaben „UPcyclePET“ entwickelte das Fraunhofer LBF zusammen mit der Easicomp GmbH – einer Expertin für langglasfaserverstärkte Thermoplaste – einen neuen und zugleich kostengünstigen Werkstoff auf Basis gebrauchter Getränkeflaschen aus PET (Polyethylenterephthalat). Potenzielle Ziel-

anwendungen liegen im Bereich automobiler Leichtbauteile, wie Motorlager oder Montageträger.

Nachhaltige neue Werkstoffe aus gebrauchten Getränkeflaschen

Das Besondere dieses Ansatzes besteht darin, dass sogenannte PET-Flakes aus gebrauchten Getränkeflaschen (im Folgenden als rPET bezeichnet) direkt in einem hochintegrierten Fertigungsverfahren aus Compoundierung und Pultrusion eingesetzt werden. Dabei werden die mechanischen Vorteile der besonders stabilen Langglasfasern mit den vorteilhaften Eigenschaften von PET wie der geringen Quellfähigkeit und hohen Dimensionsstabilität kombiniert.

Durch eine maßgeschneiderte Kunststoffadditivierung, zusammen mit einer optimierten Prozessführung bei Compoundierung und Pultrusion, wurden die Eigenschaften der Schmelze und des Verbundwerkstoffs den Anforderungen der Zielanwendung angepasst. Hauptaugenmerk lag dabei auf den mechanischen Eigenschaften. Die Projektpartner haben sich für das langglasfaserverstärkte PET aus Flaschen-Flakes zum Ziel gesetzt, mechanische Eigenschaften zu erreichen, wie sie heute von kurzglasfaserverstärkten Kunststoffen auf Basis von Neuware erreicht werden, wie beispielsweise von Polyestern bzw. Polyamiden (PA-SGF, PET-SGF). Im Gegensatz zu der sehr gut definierten Neuware stellen Rezyklate hinsichtlich ihrer Qualität besondere Anforder-

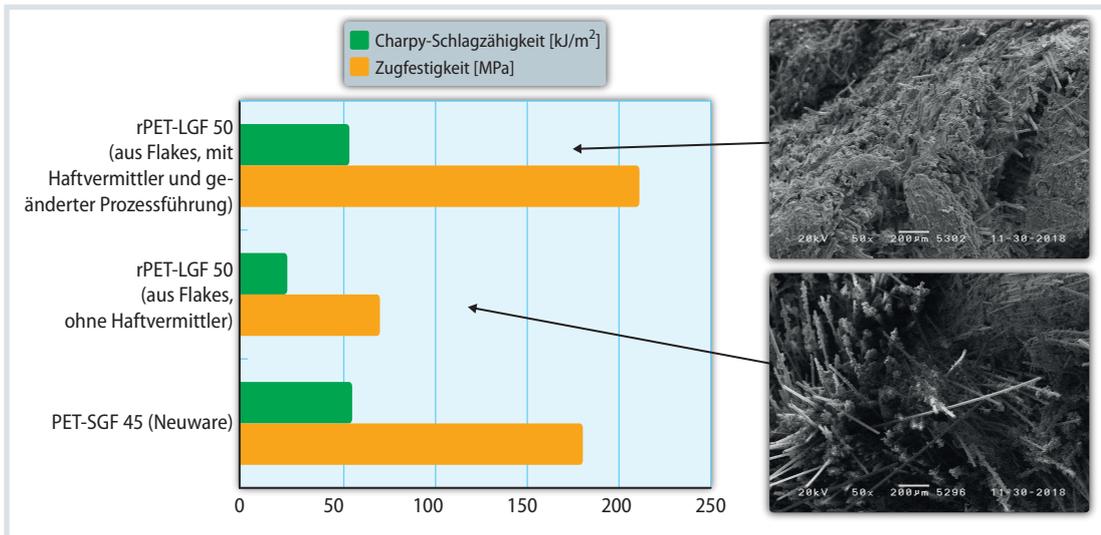


Bild 1. Vergleichende REM-Aufnahmen nach Kaltbrüchen in Korrelation zu erreichten mechanischen Kenngrößen verschiedener PET-LGF50, die sich in Zusammensetzung und Prozessführung unterscheiden, im Vergleich zu PET-SGF45. Fotos: ©

Fraunhofer; Quelle Tabelle: Fraunhofer; Grafik: © Hanser

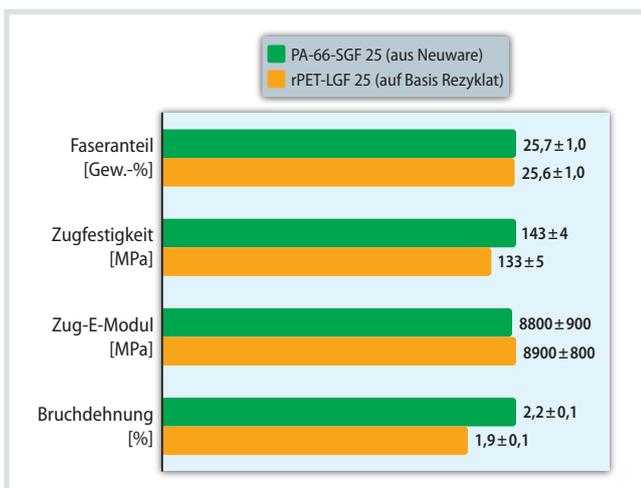


Bild 2. Vergleich der mechanischen Kennwerte von rPET-LGF25 im Vergleich zu PA-66-SGF25

Quelle: Fraunhofer; Grafik: © Hanser

Die Autoren

Dr. Frank Schönberger leitet die Abteilung Polymersynthese im Bereich Kunststoffe des Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF in Darmstadt;

frank.schoenberger@lbf.fraunhofer.de

Shilpa Khare leitet die Gruppe Technikum im Bereich Kunststoffe des Fraunhofer LBF in Darmstadt;

shilpa.khare@lbf.fraunhofer.de

Dr. Tapio Harmia ist Geschäftsführer der Easicomp GmbH;

tapio.harmia@easicomp.de

Dank

Dieses Vorhaben wurde im Rahmen des Förderprogramms „KMU-innovativ“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 033RK052 gefördert.

Service

Digitalversion

» Ein PDF des Artikels finden Sie unter www.kunststoffe.de/onlinearchiv

derungen an Prozessführung und die zu entwickelnde Formulierung. Zahlreiche Eigenschaften des PET wie die Feuchtigkeitsempfindlichkeit, das Abbauverhalten während der Verarbeitung oder die langsame Kristallisation stellen besondere Herausforderungen bei der Materialentwicklung und Prozessgestaltung dar. Zusätzlich müssen die spezifischen Anforderungen des Pultrusionsprozesses und des Glasfaserverbundes (z. B. hinsichtlich Viskositätsgrenzen und Benetzbarkeit der Glasfilamente) berücksichtigt werden. Dieses Zusammenspiel und eine zielgerichtete Optimierung erfordern ein umfassendes Verständnis für Formulierung und Prozessführung in den Compounds und Verbundwerkstoffen. Im Projekt „UPcyclePET“ wurden daher ausgewählte Formulierungen mit unterschiedlichen Methoden systematisch untersucht. Beispielhaft ist dieses Vorgehen im Folgenden anhand der Faser-Matrix-Haftung zweier Formulierungen mit 50% Lang-

glasfaseranteil (rPET-LGF50) dargestellt. Diese wurde vergleichend mittels Rasterelektronenmikroskopie nach Kaltbruch untersucht (Bild 1). Durch den Einsatz eines Haftvermittlers und einer geänderten Prozessführung lässt sich der für eine schlechte Faser-Matrix-Haftung typische Pull-out von Fasern und eine geringere Benetzung mit der polymeren Phase signifikant steigern. Dies schlägt sich direkt in einer deutlichen Verbesserung der mechanischen Eigenschaften nieder.

Mit weiteren Untersuchungen, beispielsweise zum Kristallisationsverhalten und der Morphologie, wurde ein umfassendes Verständnis der Struktur-Eigenschafts-Beziehungen für die Aufwertung solcher Rezyklate erarbeitet. Schließlich wurde die finale Rezeptur des neuen langglasfaserverstärkten rPET auf Basis von PET-Rezyklat (im Folgenden als UPcyclePET bezeichnet) erstellt. Diese besteht aus 25% Glasfaseranteil, im Folgenden rPET-LGF25, genannt. »

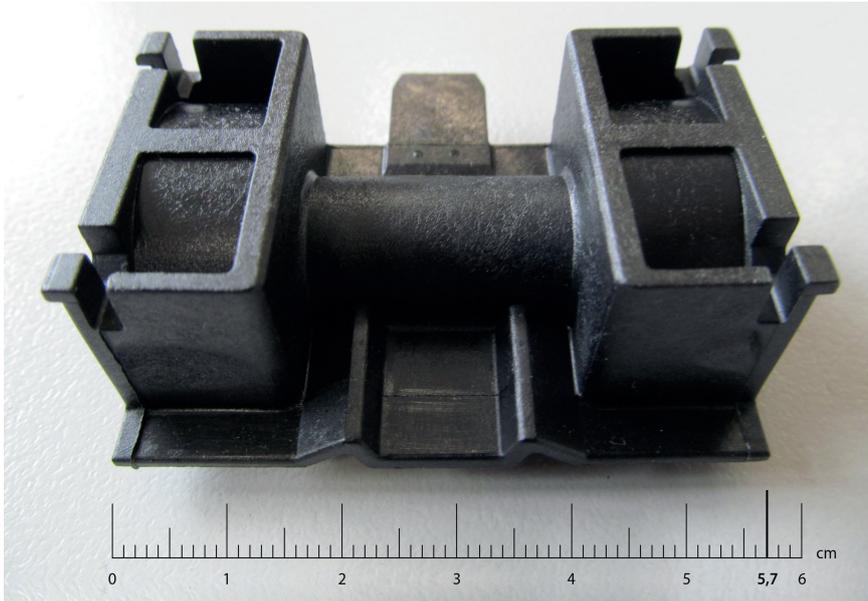


Bild 3. Das ausgewählte Bauteil aus rPET-LGF 25 ist ein technisches Teil in einem Fenster-Roll-laden-System und hat hohe Anforderungen an die Genauigkeit in der Geometrie und in den mechanischen Eigenschaften © -Easicomp

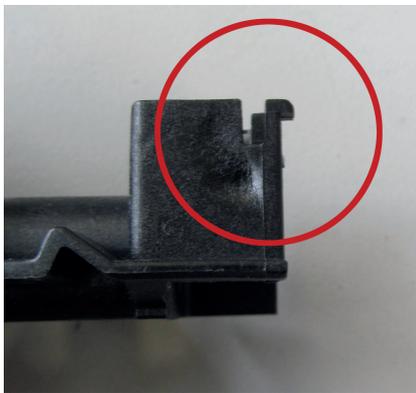


Bild 4. Herausforderungen: Im linken Bild ist eine Einfallstelle umrandet, beim Bild des Angusses rechts sind die langen Fasern am Angussende zu sehen ©Easicomp

Der CO₂-Fußabdruck von rPET und PA 66 im Vergleich

Bild 2 zeigt die im spritztrockenen Zustand gemessenen Zug-Dehnungs-Eigenschaften des neuen Werkstoffs rPET-LGF25 auf Basis von PET-Rezyklat im Vergleich zu PA-66-SGF auf Basis von Neupolyamid. Die Werkstoffeigenschaften aus PA-66-SGF bzw. rPET-LGF25 zeigen vergleichbare Zug-E-Module, unterscheiden sich jedoch geringfügig in Zugfestigkeit und Bruchdehnung. Beim CO₂-Fußabdruck zeigt der neue Werkstoff rPET-LGF25 auf Rezyklatbasis einen entscheidenden Vorteil gegenüber PA-66-SGF auf Basis des Neupolyamids. Eine vom Projektpartner Öko-Institut durchgeführte orientierende Ökobilanz zur Werkstoffherstellung geht davon aus, dass UPcyclePET einen CO₂-

Fußabdruck von 5,1 kg CO₂-Äquivalenten pro kg mit sich bringt, während die Neupolyamide auf Basis von PA-66-SGF mit 11,0 kg CO₂-Äquivalenten pro kg etwa doppelt so hoch liegt.

UPcyclePET im Bauteil

Auf Basis der so entwickelten Formulierung wurde zunächst ein Bauteil ausgewählt, das heute aus einem anderen, kurzglasfaserverstärkten Polyamid hergestellt und im Fahrzeugbau eingesetzt wird. Zur Beurteilung des Grenzfalls (langglas- vs. kurzfaserverstärkte Thermoplaste, in einem vorhandenen und für kurzglasfaserverstärktes Polyamid 66 optimierten Werkzeug) wurde dabei bewusst auf ein verhältnismäßig kleines Bauteil zurückgegriffen.

Das ausgewählte PA-66-Bauteil hat eine Größe von etwa 57 mm x 48 mm x 23 mm (Länge x Breite x Höhe, siehe **Bild 3**) und besteht aus einer Type mit 25 % Kurzglasfaseranteil, im Weiteren PA-66-SGF25 genannt. Das Bauteil wurde bei der K.S. Kunststoff-Innovation GmbH hergestellt, die sich auf hochwertige technische Spritzgussartikel spezialisiert hat.

Es hat sich gezeigt, dass mit dem für kurzglasfaserverstärktes PA-66-SGF25 ausgelegten Spritzgießwerkzeug langglasverstärktes rPET-LGF25 (Länge der LGF-Granulate: 11 mm) durch Variation der Spritzgießparameter verarbeitet werden konnte. Erwartungsgemäß zeigte sich ein nicht-optimaler Füllvorgang, bedingt durch die Länge der Glasfasern im Vergleich zu den deutlich kürzeren Glasfasern des PA-66-SGF25. Dieser wirkte sich auf die Bauteilhomoogenität und Bauteilgüte aus. An einer typischen Einfallstelle z.B. im Bereich des Angusses wird dies sichtbar (**Bild 4**). Der Grund dafür ist, dass wegen der hohen Faserlänge das rPET-LGF25 die engen Kanäle des Werkzeugs nicht ungehindert durchströmen kann. Es kommt zum „Einfrieren“ im Bereich des Angusses; der Nachdruck kann entsprechend nicht aufrechterhalten werden, dadurch entstehen Einfallstellen (**Bild 4**). Die Identifikation passender Bauteile (z.B. größere, weniger komplexe Bauteile) und die Optimierung der Faser- und Granulatlänge des rPET-LGF25 stellen die nächsten Schritte in der Qualifizierung des neuen Werkstoffs dar.

Demgegenüber zeigt das Bauteil aus PET-LGF25 gegenüber dem aus PA-66-SGF25 eine deutlich geringere Schwindung und damit eine höhere Maßhaltigkeit. Eine berührungsfreie photooptische Messung der Bauteile zeigte, dass die lokale Schwindung des PET-LGF25 Bauteils deutlich geringer als im Falle des Bauteils auf Basis von PA-66-SGF25 (**Bild 5**). Dies ist auf die inhärenten Eigenschaften des PET zurückzuführen.

Zusammenfassung und Ausblick

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass im vom BMBF unterstützten Vorhaben „UPcyclePET“ erfolgreich ein neuer langglasfaserverstärkter Werkstoff auf Basis eines Sekundär-PET entwickelt wurde. Dieser weist mechanische Eigenschaften auf, die denen kurzglasfaserverstärkter Neupolyamide (PET-SGF und PA-66-

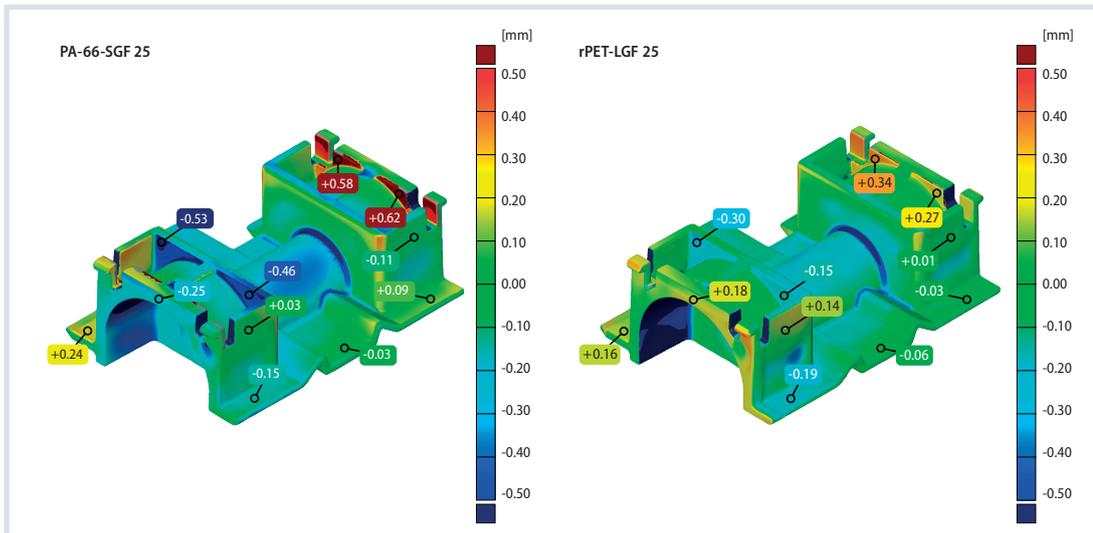


Bild 5. Bauteilvermessung mit einem berührungsfreien, photo-optischen Messsystem. Links das Originalbauteil aus PA-66 - auf der rechten Seite das Demonstratorbauteil aus UPcyclePET

© ZiMatec

SGF) ähneln. Im Vergleich zu PA-66-SGF25 weist das rPET-LGF25 zudem einen deutlich verbesserten CO₂-Fußabdruck auf. Im Rahmen des BMBF-Projektes „UPcyclePET“ konnte darüber hinaus gezeigt werden, dass mit dem neuen Werkstoff ein kleines Bauteil mit komplexer Geometrie,

welches bisher aus PA-66-SGF25 besteht, im selben Werkzeug hergestellt werden konnte. Das Demonstrator-Bauteil aus rPET-LGF25 zeichnet sich durch eine geringe Schwindung und besonders hohe Maßhaltigkeit aus. Diese Ergebnisse zeigen deutlich das Potenzial dieses Werk-

stoffs auf. Im Rahmen des Nachfolgeprojekts UPcyclePETPlus werden Stoffströme jenseits der PET-Flaschenflakes erschlossen. Darin werden auch größere Demonstratorbauteile angestrebt, die in Werkzeugen mit breiteren Kanälen und Angüssen hergestellt werden. ■

WE DRIVE THE CIRCULAR ECONOMY.



Ob Inhouse-, Postconsumer oder Bottle-Recycling: Nur wenn Maschinen perfekt auf die jeweilige Anforderung abgestimmt sind, gelingt es Kreisläufe präzise und profitabel zu schließen. Vertrauen Sie dabei auf die Nummer 1-Technologie von EREMA: Über 6000 unserer Maschinen und Systeme produzieren so jährlich rund 14,5 Mio. Tonnen hochwertiges Granulat – hocheffizient und energiesparend.

EREMA®
PLASTIC RECYCLING SYSTEMS

CHOOSE THE NUMBER ONE.