

Aus Gärresten der Biogasproduktion werden Fasern für Verbundkunststoffe

## Leichtbau mit regionaler Pflanzenfaser

Naturfasern als Verstärkung für Kunststoffe sind unter dem Gesichtspunkt der Nachhaltigkeit sehr interessant. Damit ihr ökologischer Fußabdruck möglichst gering ist, bietet es sich an, Fasern aus regional angebauten Pflanzen zu verwenden. In einem Forschungsprojekt wurde nun die Nutzung von Silphiefasern aus Abfällen der Biogasherstellung untersucht.

Die „durchwachsene Silphie“ wird in Deutschland für die Biogasherstellung angebaut. Aus den dabei entstehenden Gärresten lassen sich die Fasern der Pflanze herauslösen und anschließend für Verbundkunststoffe nutzen.

© Christine; AdobeStock



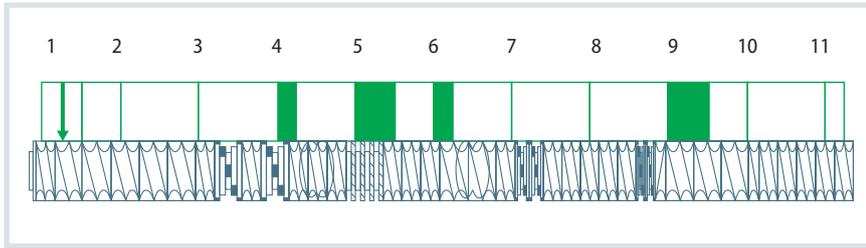
Im Transportwesen bietet der Leichtbau mit Faserverbundkunststoffen (FVK) ein hohes Energieeinsparpotenzial. Durch den Einsatz von Naturfasern lässt sich außerdem der ökologische Fußabdruck von FVK-Bauteilen verbessern. Allerdings weisen bisher verwendete Fasern noch Optimierungspotenzial auf. Lange Transportwege für die Naturfasern und der explizite Anbau für die FVK-Nutzung könnten etwa vermieden werden. Vorteilhaft ist dafür die Nutzung von regional verfügbaren Naturfasern, die idealerweise aus einem Abfallstoffstrom stammen. Eine solche Faser ist die Silphiefaser.

Die ursprünglich aus Nordamerika stammende „durchwachsene Silphie“

(**Titelbild**) kann in Deutschland angebaut werden und rückt zunehmend als Energiepflanze in den Vordergrund. Die bis zu 3 m große Pflanze lässt sich mehrjährig anbauen und bietet gegenüber dem weitverbreiteten Mais einen ganz entscheidenden Vorteil: Sie kann durch ihre langen Blütezeiten (Juli bis September) einen wesentlichen Beitrag zum Erhalt bestehender Ökosysteme sowie der Biodiversität leisten [1]. Im Verhältnis zur Silphie (173 dt/ha Trockenmasse) bietet Mais zwar mit 218 dt/ha mehr Trockenmasse, er besitzt jedoch auch einige Nachteile [2]: Mais ist einjährig und steht unter anderem in der Kritik, da damit bepflanzte Felder überdüngt seien [3].

Die Silphie benötigt hingegen kaum Düngung [1].

Wie bei anderen Energiepflanzen auch, bleibt bei Verwendung von Silphien in Biogasanlagen ein Gärrest zurück. Dieser kann aufgrund seines Nährstoffgehalts als Dünger für die Landwirtschaft genutzt werden [4]. Der Einsatz als Düngemittel birgt jedoch die Problematik, dass der Gärrest deutlich zu viel Stickstoff enthält, was das Grundwasser belastet [5]. Eine alternative Nutzung des Gärrests bietet die Firma Out-Nature an. Bei dieser erfolgt der Faseraufschluss in einer Steam-Explosion-Anlage. Aktuell werden die dadurch gewonnenen Fasern als Alternative in



**Bild 1.** Schneckenkonzept zur Silphieaufbereitung: Die verschiedenen Zonen wurden für PE und PLA unterschiedlich beheizt. Quelle: IKT; Grafik: © Hanser

Zone	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Bio-PE	–	120 °C	150 °C	190 °C							
PLA	–	100 °C	130 °C	170 °C			175 °C		180 °C		

**Tabelle 1.** Temperaturprofile für die beiden Matrixwerkstoffe bei der Compounding der Silphiefasern Quelle: IKT

der Papierherstellung verwendet [6]. Aufgrund der chemischen Zusammensetzung und des Trockenmassegehalts an Cellulose [7] ähnelt die Silphiefaser der Kenaffaser [8].

### Silphiefasern mit PLA und Bio-PE kombinieren

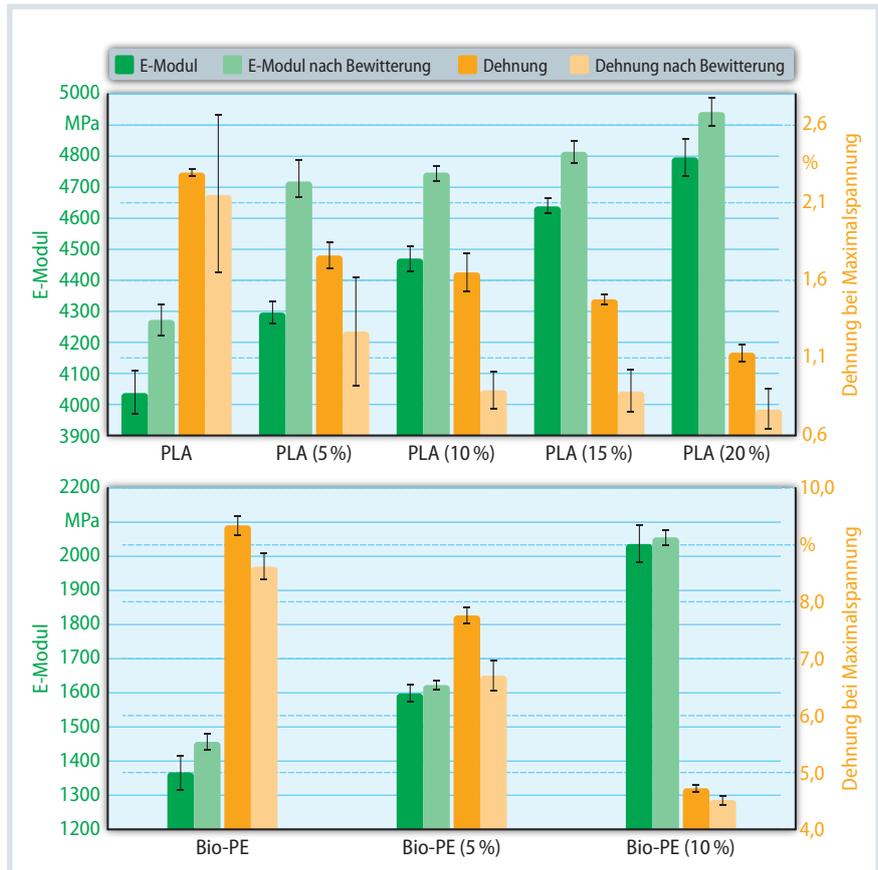
Am Institut für Kunststofftechnik (IKT) der Universität Stuttgart wurde hingegen die Nutzung von Silphiefasern für Faserverbundkunststoffe untersucht. Zur Vorbereitung und zum Aufbrechen der Faserklumpen wurden die Silphiefasern zunächst homogenisiert. Dafür kam eine SM1-Mühle der Retsch GmbH mit einem quadratischen Siebeinsatz der Kantenlänge 4 mm zum Einsatz. Zur Identifikation des für die Anwendung geeigneten Werkstoffs und der Untersuchung des Fasereinflusses wurden verschiedene Faservolumenanteile realisiert. Die Matrixauswahl fiel auf biobasiertes Polyethylen (PE) und Polylactid (PLA). Beide Werkstoffe wurden von dem Unternehmen Tecnaro GmbH bereitgestellt. Bio-PE wurde aufgrund des biobasierten Ursprungs und der damit bereits gesammelten Erfahrungen hinsichtlich der Recyclingfähigkeit ausgewählt. Für PLA sprach, dass es sowohl biobasiert als auch bioabbaubar ist.

Zur Aufbereitung wurde ein gleichläufiger Doppelschneckenextruder ZSK 26 K 10.6 von Coperion genutzt (Schneckenkonzept in **Bild 1**). Die Zugabe des Dryblends, bestehend aus Kunststoffgranulat und Silphiefasern, erfolgte in

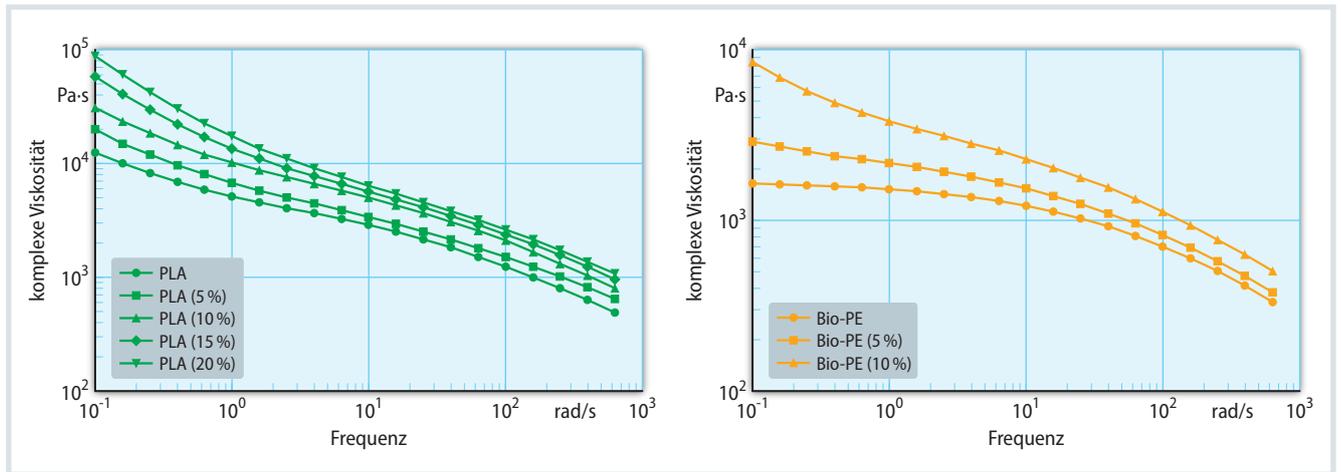
Zone 1 mit einer Dosiereinheit ebenfalls von Coperion. Nach Austritt der Schmelze aus der Einlochdüse mit einem Durchmesser von 10 mm in Zone 11 erfolgte die Abkühlung zunächst an der Luft und anschließend im Wasserbad. Die sich anschließende Granulierung wurde mit einem Granu-

lierer des Typs SGS 50-E der Reduction Engineering GmbH durchgeführt. Die elf Zonen des Doppelschneckenextruders wurden entsprechend den Werten in **Tabelle 1** beheizt. Der Einzugs beziehungsweise Zone 1 wurde nicht aktiv beheizt.

Das Ergebnis der Werkstoffaufbereitung waren Bio-PE mit 5 und 10 Vol.-% Silphiefasern. Höhere Faservolumenanteile konnten in Kombination mit Bio-PE aufgrund des abreißenden Schmelzestrangs nicht realisiert werden. Mit PLA waren Varianten mit 5, 10, 15 und 20 % Faservolumenanteilen herstellbar. Um den Feuchtegehalt nach dem Kühlvorgang im Wasserbad wieder zu reduzieren, wurden die FVK mit Faservolumenanteilen unter 10 % in einem Vakuumofen (Typ: VDL E2, Hersteller: Binder) für circa 12 h getrocknet. Durchgeführt wurde das bei PLA mit 60 °C und bei Bio-PE mit 80 °C. FVK mit Faservolumenanteilen über 10 % wurden in einem Silotrockner (Typ: DR 205 HAT; Hersteller: Bierther) mindestens 15 h getrocknet. »



**Bild 2.** Ergebnisse der Zugprüfversuche bei Normklima und nach Bewitterung: Durch die Zugabe der Silphiefasern (Volumenanteil in Klammern) steigt sowohl die Steifigkeit von PLA als auch von PE an und die Dehnung verringert sich. Quelle: IKT; Grafik: © Hanser



**Bild 3.** Viskosität von PLA und Bio-PE in verarbeitungsrelevanten Frequenzbereichen: Die Viskosität erhöht sich bei beiden durch die Zugabe der Silphiefasern. Quelle: IKT; Grafik: © Hanser

	PLA	PLA (5 %)	PLA (10 %)	PLA (15 %)	PLA (20 %)	Bio-PE	Bio-PE (5 %)	Bio-PE (10 %)
Dichte [g/cm <sup>3</sup> ]	1,29	1,34	1,34	1,19	1,17	1,03	1,04	1,08

**Tabelle 2.** Messergebnisse der Dichtebestimmung für die verstärkten PLA und PE nach DIN EN ISO 1183-1 Verfahren A (Volumengehalt der Silphiefasern in Klammern) Quelle: IKT

### Charakterisierung der Silphie-FVK

Zur Bestimmung der mechanischen Kennwerte wurden zunächst Normprüfkörper für Zugprüfversuche nach DIN EN ISO 527-4 vom Typ 1B auf einer Spritzgießmaschine Allrounder 370S 700-10/70 von Arburg hergestellt. Für die Einstellung der Verarbeitungsparameter wurde auf Erfahrungswerte sowie auf die Kunststoffdatenblätter zurückgegriffen. Die Temperaturen in den Heizzonen betragen 160–195 °C, die Werkzeugtemperatur 40 °C. Zur grundlegenden Charakterisierung wurden die mechanischen Kennwerte im Zugprüfverfahren an einer Universalprüfmaschine 1455 (E 2918-02E) von ZwickRoell ermittelt. Wie erwartet stieg die Steifigkeit mit Zugabe der Fasern bei beiden Matrixmaterialien an (**Bild 2**) und die Dehnung nahm ab. Diese Tendenzen zeigten sich auch bei den nach DIN 75220 durchgeführten Bewitterungsversuchen. Für diese wurden die spritzgegossenen Normprüfkörper bei einer Prüfkammertemperatur von 42 °C, einer relativen Luftfeuchtigkeit von 60 % und unter einer UV-Lampe mit einer Strahlungsstärke von 1000 W/m<sup>2</sup> für 240 h gelagert und anschließend geprüft. Dafür kam eine Klimakammer vom Typ Solar Climatic Test Cabinet SC 1000 MHG der Firma Weiss Technik zum Einsatz.

Weitere Werkstoffcharakterisierungen, wie eine Dynamische Differenzkalorimetrie (DSC) mithilfe des DSC 204 der Erich Netzsch GmbH & Co. KG, ergaben die für die Verarbeitung relevanten Temperaturen. Demnach veränderte sich der Schmelzbereich der Bio-PE kaum durch die Zugabe der Silphiefasern. Die Peak-Temperatur lag bei 136 °C. Ähnliches Verhalten zeigen die PLA-FVK. Auch bei diesen lagen die Temperaturen der Doppel-Peaks unverändert bei 175 °C beziehungsweise 179 °C. Durch die DSC zeigte sich außerdem, dass sich bei allen hergestellten FVK die Schmelzenthalpien durch die Zugabe der Silphiefaser kaum verändern.

### Auffällig geringe Zunahme der Dichte

Die Zugabe der Fasern bewirkte jedoch wie erwartet eine Zunahme der Viskosität (**Bild 3**). Für die Messung kam ein Rotationsrheometer des Typs Discovery HR2 von TA Instruments mit einem Platte-Platte-Aufbau zum Einsatz. Aus Vergleichsgründen wurden alle Compounds bei 180 °C gemessen. Zusätzlich wurden die Dichten der neu compoundierten Werkstoffe im Eintauchverfahren ermittelt. Dazu wurden die Werkstoffe zu Platten gepresst und anschließend Würfel von ungefähr 10 mm Seitenlänge herausgesägt. Auffällig ist die geringfügige Zunahme der Dichte mit steigendem Füllgrad. PLA mit 15 und 20 % Volumenanteilen Silphiefasern weist dabei eine unerwartete Dichteabnahme auf (**Tabelle 2**). Eine mögliche Ursache dafür könnten größere Luftporen im Inneren der ausgesägten Würfel sein.

## Info

### Text

**Irina Mostovenko** ist seit 2020 wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Abteilung Werkstofftechnik am Institut für Kunststofftechnik (IKT) der Universität Stuttgart; irina.mostovenko@ikt.uni-stuttgart.de  
**Prof. Christian Bonten** leitet das IKT.

### Dank

Die Autoren bedanken sich beim Ministerium für Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg für die Landesförderung im Rahmen des Förderprogramms „Nachhaltige Bioökonomie als Innovationsmotor für den Ländlichen Raum“. Außerdem bedanken sie sich bei der OutNature GmbH für die Bereitstellung der Silphiefasern und der Tecnar GmbH für die zur Verfügung gestellten Matrixmaterialien.

### 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)

## Fazit und Ausblick

Die Studie zeigt, dass die Silphiefasern bei geeigneten Parametern ohne weitere Zusatzstoffe in einen thermoplastischen Kunststoff eingearbeitet werden können. Als Vergleich für die verstärkende Wirkung wurden für die PLA-FVK Untersuchungen mit Kenaffasern herangezogen [9]. Bei diesen beträgt die Zunahme des E-Moduls vom ungefüllten zum mit 10 % Massenanteilen gefüllten Kenaffasercompound etwa 1,7 %. PLA-Compounds mit 10 % Volumenanteilen Silphiefasern verfügen über einen ungefähr 10,7 % höheren E-Modul als ungefülltes PLA. Bei den Bio-PE können Untersuchungen von mit 10 % Volumenanteilen Flachs gefüllten PE vergleichend herangezogen werden [10]. Die Flachscompounds erreichen eine E-Modulerhöhung von 40 %, mit 10 % Silphiefasern verstärktes Bio-PE eine von 49 %.

Wie sich die Silphiefasern in der Praxis bewähren, soll künftig anhand eines Leichtbauprodukts in einem zweijährigen Projekt untersucht werden. Gefördert wird dieses durch das Ministe-

rium für Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz in Baden-Württemberg im Rahmen des FuE-Förderprogramms „Nachhaltige Bioökonomie als Innovationsmotor für den Ländlichen Raum“. Als Technologiedemonstrator wurde die Box eines Elektrolastenrads ausgewählt. Bisherige Materialien wie Aluminium oder in Harz getränktes Holz werden dafür durch den mit Silphiefasern verstärkten Leichtbauwerkstoff ersetzt. Projektpartner des IKT ist dabei die Gemeinnützige Werkstätten und Wohnstätten GmbH (GWW) als Inhaber der Lastenradmarke XCYC (Bild 4). Dabei soll eine ausführliche und umfangreiche Prüfung des Werkstoffs sowie die Entwicklung eines nachhaltigen Designs umgesetzt werden. Ziel ist es außerdem, die Eigenschaften der einzelnen Werkstoffkomponenten wie der Silphiefasern weiter zu verbessern. Begleitet wird das Projekt durch die Erstellung einer Ökobilanz durch das Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung der Universität Stuttgart (IGTE). Die aus der Studie und der zweijährigen Innovationsprojektphase ge-



**Bild 4.** Der Einsatz von Silphiefasern wird an Transportboxen für Lastenräder der Marke XCYC getestet. © GWW

wonnenen Erkenntnisse sollen anschließend für weitere Bereiche wie den Automobilsektor und das Verpackungswesen genutzt werden. ■

## Polyolefin-Elastomere mit geringerem CO<sub>2</sub>-Fußabdruck

### Laufen auf Biokunststoffen

Der Kunststoffhersteller Dow hat die Einführung von nachhaltigeren Polyolefin-Elastomeren bekannt gegeben. Die sogenannte Engage-Ren-Produktfamilie richtet sich primär an Schuhhersteller und soll ihnen dabei helfen, den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck ihrer Produkte zu reduzieren. Dow zufolge sorgen die Elastomere für eine höhere Schaumstoffqualität und Polymerkonsistenz sowie ein besseres Rückstellvermögen, ermöglichen leichtere Schaumstoffe bei gleicher Härte wie bestehende Produkte und bieten eine gute Abriebfestigkeit und Haltbarkeit.

Hergestellt werden sie unter Verwendung von erneuerbaren Energien und aus pflanzlichen Rohstoffen wie Altspeiseöl. Für die Produktion möchte Dow vollständig auf Abfallreste und Nebenprodukte aus Produktionsprozessen setzen. Die Elastomere kommen laut dem Unternehmen auf die gleiche Leistung wie erdölbasierte Pendanten. Da es sich um Drop-in-Materialien handelt, sollen sie ohne Produktionsumstellung auf bestehenden Anlagen verarbeitet werden können.

„Markenhersteller, Einzelhändler und Verbraucher sind sich der Rolle bewusst, die sie bei der Reduzierung der Auswirkungen des Klimawandels spielen, und suchen daher nach nachhaltigeren Optionen. Engage Ren bietet der Schuhindustrie eine innovative Lösung, die das Nachhaltigkeitsprofil ihrer Produkte



Der Schuhhersteller Crocs möchte die Polyolefin-Elastomere künftig für seine Modelle verwenden. © Dow

verbessert und dabei die von Dow gewohnte hohe Leistungsfähigkeit beibehält“, erklärte Imran Munshi, Global Bio-Polymers and Consumer Market Manager bei Dow.

Als erster Hersteller plant Crocs die Materialien für seine Schuhe zu verwenden. Dow wird einen Teil der Polymere für das Material Croslite des Schuhherstellers liefern. Im Laufe der Zeit soll deren Anteil weiter gesteigert werden.

[www.de.dow.com](http://www.de.dow.com)