

Bio für die Technik

Basaltfaserverstärkte biobasierte Polyamide für stark beanspruchte Anwendungen

Gegenüber petrobasierten Polyamiden mit Glasfasern bieten basaltfaserverstärkte Bio-Polyamide nicht nur einen ökologischen Mehrwert. Auch die mechanischen Eigenschaften können sich sehen lassen. Eine torsionsbeanspruchte Kuppelmuffe, die in der kommunalen Wasserversorgung verbaut ist, zeigt das Potenzial technischer Bio-Compounds.

Fasern aus Basalt, einem Gestein vulkanischen Ursprungs, werden durch einen Schmelzspinnprozess bei Temperaturen von über 1450°C erzeugt. Im Vergleich zu Glasfasern weisen sie eine höhere Zugfestigkeit, Druckfestigkeit und Steifigkeit auf. Basaltfasern sind beständig gegenüber Säuren, Laugen, hohen Temperaturen sowie Korrosion und haben ein hervorragendes Schwingungsdämpfungsverhalten. Die Bandbreite der Anwendungen von Basaltfasern reicht von faserverstärktem Beton über den

Einsatz textiler Verstärkungen und Armierungen bis hin zur Faser- und Betonchemie. Die kommerzielle Verfügbarkeit diverser Basaltfaserhalbzeuge nimmt daher kontinuierlich zu.

Vor dem Hintergrund begrenzter fossiler Ressourcen bieten Kunststoffhersteller mittlerweile auch technische Kunststoffe wie beispielsweise Polyamide (PA) aus nachwachsenden Rohstoffen an. Die Rohstoffquelle für biobasiertes PA1010 ist Rizinusöl, das aus den Samen des afrikanischen Wunderbaums (*Ricinus communis*)

gewonnen wird. Dieser technische Biokunststoff kann aufgrund seiner sehr guten Eigenschaften petrochemische Polymere in technischen Anwendungen ersetzen. Gegenüber klassischen PA6 und PA66 besteht der Mehrwert neben der Rohstoffbasis in der geringeren Wasseraufnahme und folglich konstanteren Eigenschaften bei unterschiedlichen klimatischen Bedingungen.

Vom Rizinusbaum unter die Straße

Zusammen mit der Schönborner Armaturen GmbH, Doberlug-Kirchhain, werden an der Professur Strukturleichtbau und Kunststoffverarbeitung der TU Chemnitz spritzgießfähige, basaltfaserverstärkte und biobasierte PA-Compounds entwickelt. Schönborner stellt u. a. Kuppelmuffen als hochbeanspruchte Bauteile für die Wasserwirtschaft her. Die entwickelten Compounds werden für die Herstellung von Kupplungselementen eingesetzt. Diese werden wiederum zur Produktion von Betätigungselementen genutzt, die für das Bedienen von erdverlegten Kommunalarmaturen benötigt werden. Das dauerhaft im Erdreich eingelassene Betätigungselement ist Bestandteil der Absperr- und Regelarmaturen in kommunalen Gas-, Wasser- und Abwassernetzen. Die normativ in das Bauteil gesetzten Anforderungen werden allumfänglich erfüllt. Zusätzlich bietet der Werkstoff Korrosionsschutz sowie elektrische und thermische Entkopplung. Der hohe biobasierte Anteil im Bauteil substituiert außerdem petrobasierte Materialien.

Das Bauteil besteht aus einem Zink-Druckguss-Insert und einer faserver- »

Kuppelmuffe aus Zinkguss-Insert mit Kunststoffummantelung aus Bio-PA1010, verstärkt mit Basaltfasern
(© TU Chemnitz)



stärkten Kunststoffummantelung. Das Insert übernimmt die Aufgabe der Momentübertragung im Gestänge. Die Kunststoffummantelung dient als Schutz vor Korrosion und Verschleiß und verhindert das Einfrieren sowie den elektrischen Stromfluss zur Armatur. Bei der Nutzung wird das Kupplungselement mit einem Drehmoment beansprucht, wobei auch die Kunststoffummantelung ausreichend torsionssteif sein muss, um ein Bauteilversagen durch „Ablösen“ vom Metallinsert bzw. durch Bruch auszuschließen. Erreicht werden diese Anforderungen aktuell durch die Verstärkung des Polymers mit bis zu 60Gew.-% Fasern. Ziel der Entwicklung ist es, ressourcenschonende Kunststoffe einzusetzen, den Faseranteil deutlich zu reduzieren und so die Fließfähigkeit der Polymerschmelze zu verbessern. Das Ergebnis ist die Hybrid-Kuppelmuffe aus biobasiertem PA1010 mit einer Kurzfaserverstärkung aus Basalt (**Titelbild**).

Die Autoren

Florian Tautenhain, Sebastian Buschbeck und **Dr. Claudia Reichelt** sind seit mehreren Jahren wissenschaftliche Mitarbeiter im Forschungsbereich „Biopolymere und Naturfaserverbunde“ an der Professur Strukturleichtbau und Kunststoffverarbeitung der TU Chemnitz.

Dr.-Ing. Roman Rinberg leitet seit 2012 den Forschungsbereich „Biopolymere und Naturfaserverbunde“ an der Professur Strukturleichtbau und Kunststoffverarbeitung der TU Chemnitz.

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Prof. h. c. Dr. h. c. Prof. Lothar Kroll ist Direktor des Instituts für Strukturleichtbau der TU Chemnitz und des An-Instituts Cetex sowie CEO des Bundesexzellenzclusters Merge.

Dank

Die Autoren danken der Firma Schönborner Armaturen GmbH für die enge Kooperation im Rahmen des Projekts. Die Forschungsergebnisse wurden im Rahmen des Forschungsnetzwerks KNVB mit Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft gefördert.

Service

Digitalversion

➤ Ein PDF des Artikels finden Sie unter www.kunststoffe.de/7384786

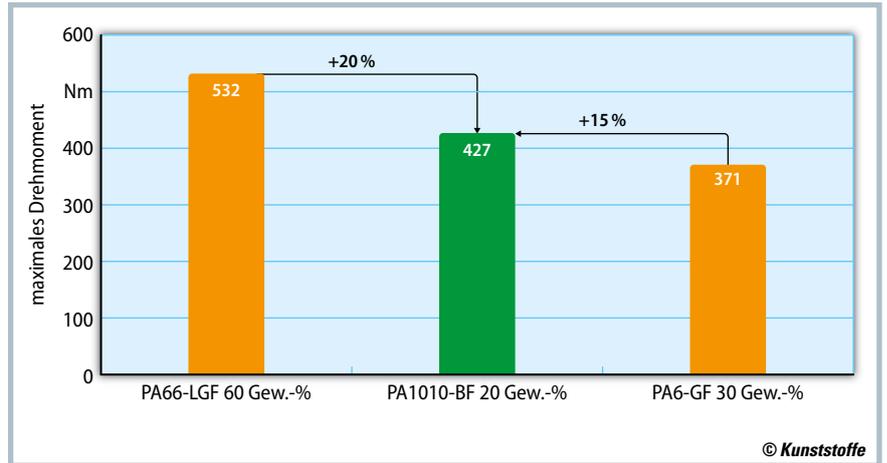


Bild 1. Bei der Bestimmung der maximalen Belastbarkeit unter Torsionsbeanspruchung kann die neue Kuppelmuffe mit PA1010-BF20 mit etablierten Materialien mithalten (Quelle: TU Chemnitz)

Das an der TU Chemnitz entwickelte und getestete Compound weist einen Basaltfaseranteil von 20Gew.-% auf. Die Fertigung der Hybrid-Kuppelmuffe erfolgt in vorhandenen Werkzeugen, wobei der Prozess an die neuartigen Werkstoffe angepasst wird.

Mit den neuen Bauteilen werden Prüfungen durchgeführt, um die Torsionssteifigkeit zu untersuchen (**Bild 1**). Die Kuppelmuffen aus PA1010 mit 20Gew.-% Basaltfasern übertragen ein maximales Drehmoment von 427Nm und nehmen bezüglich der Steifigkeit eine Stellung zwischen PA6 mit 30Gew.-% Glasfaser und PA66 mit 60Gew.-% Langglasfasern ein. Sie sind damit hinsichtlich der mechanischen Belastbarkeit eine Alternative zu den bisher verwendeten Materialkombinationen.

Die Prozessführung macht die Eigenschaft

Vor der Bauteilfertigung steht die Frage nach der Auswahl geeigneter Komponenten für den Verbundwerkstoff. Sie stand unter der Maßgabe, Kunststoffe aus nachwachsenden Rohstoffen einzusetzen sowie die geforderten Verbundeigenschaften zu erreichen. Die eigentliche Hürde war die Herstellung des Compounds. Mehrere Produzenten bieten unterschiedliche biobasierte PA an. Neben den grundlegenden technischen Anforderungen und dem Anteil an nachwachsenden Rohstoffen entscheiden bei der Auswahl auch wirtschaftliche Faktoren. Innerhalb dieses Vorhabens wird PA 1010 Vestamid Terra DS 16 von der Evonik Industries AG, Essen, verwendet.



Bild 2. Übersicht der Zugabeorte bei der Compoundierung im Zweischnckencomponuder

(© TU Chemnitz)

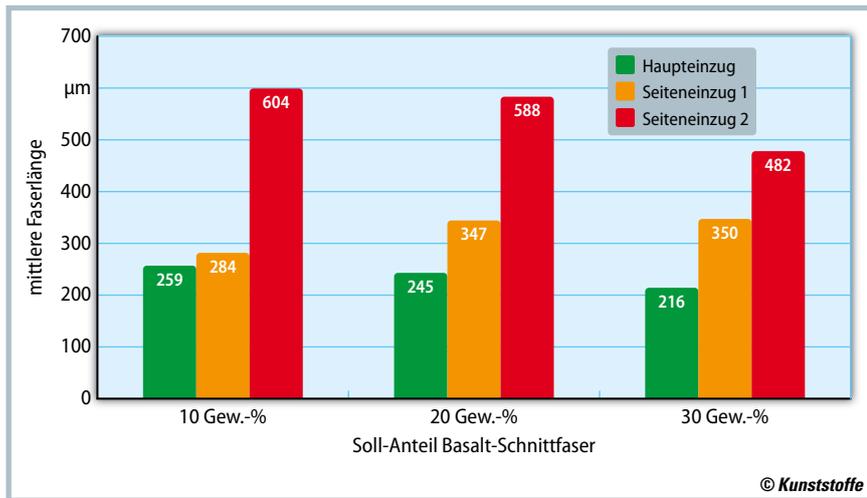


Bild 3. Je später Basaltschnitt- und Rovingfasern in den Compounder kommen, desto größer hinterher die Faserlänge im Compound. Außerdem weicht die Ist-Faserlänge besonders bei Zugabe über den Haupteinzug deutlich von der Soll-Faserlänge ab (Quelle: TU Chemnitz)

Auch Basaltfasern werden von mehreren Firmen angeboten, in verschiedenen textilen Feinheiten mit anwendungsspezifischen Schichten sowie als endloses Halbzeug (Roving) oder als Schnittfaser. Analog zu den schon beim Matrixmaterial beschriebenen Kriterien wird die Auswahl unter Beachtung der geeigneten Schichten getroffen. Zur Anwendung kommen Basaltfasern der Incotology GmbH, Pulheim, mit einer Feinheit von 2400tex sowie einer Spezialschicht für PA.

Neben den verwendeten Materialien ist die Compoundierung für die Eigenschaften des Verbundwerkstoffs entscheidend. Die Schnittfasern werden entsprechend dem vorgegebenen Schüttgewicht gravimetrisch dosiert. Bei Rovings regeln Schneckendrehzahl bzw. Einzugs geschwindigkeit den Faseranteil. Besonders die Schnecken geometrie und die Verweilzeit der Fasern im Extruder haben Auswirkung auf die Faserlänge im Compound. Eine lange Verweilzeit reduziert infolge der Scherbelastung der mit Fasern gefüllten Schmelze die Faserlänge und verändert die mechanischen Eigenschaften. Gleichzeitig ist jedoch eine ausreichend lange Verweilzeit für eine homogene Verteilung der Fasern in der Polymermatrix notwendig (Bild 2). Diese gegenläufigen Effekte sind verfahrenstechnisch anzupassen. Für die Versuche wird ein Zweischneckencompounder mit gleichsinnig laufenden Schnecken (Typ: ZSC 25/40D Hersteller: Noris Plastic GmbH & Co. KG, Altdorf/Nürnberg) verwendet.

Die richtige Fasereinarbeitung entwickeln

Um den tatsächlichen Faseranteil (Ist-Faseranteil) zu ermitteln, werden die hergestellten Compounds nach DIN EN ISO 1172 verascht. Diese Faseranteile werden mit den vorher berechneten Anteilen (Soll-Faseranteil) verglichen. Das Vorgehen ermöglicht Rückschlüsse auf den Einfluss der Halbzeugart, des Verfahrensaufbaus (Zugabeort) sowie der Prozessparameter. Die Untersuchungen bestätigen die ausreichende Genauigkeit der gravimetrischen Dosierung der Schnittfasern (SF). Die Abweichung zum Soll-Faseranteil beträgt weniger als 1% unabhängig vom Zugabeort. Der Ist-Faseranteil der mit Rovingfasern (RF) hergestellten Compounds weicht hingegen deutlich vom Soll-Faseranteil ab (Tabelle 1).

Eine Ursache für die Abweichungen des Ist-Faseranteils in Abhängigkeit vom Zugabeort bei der Verwendung von Rovings ist der Schlupf am Haupteinzug. Der Kunststoff liegt an dieser Stelle als nicht aufgeschmolzenes Granulat vor. Dadurch rutschen die Fasern an der Schnecke ab. Der Roving wird folglich

nicht kontinuierlich, sondern mit kurzen Unterbrechungen in den Extruder eingezogen, was den tatsächlichen Fasergehalt reduziert. Neben dem Abgleiten beeinflusst auch die lokale, d.h. die am Einzugsort vorliegende Schnecken geometrie, den Rovingeinzug. Am Haupteinzug sind beide Extruderschnecken mit Förder elementen bestückt. Diese sollen das Kunststoffgranulat effizient fördern und sind für das homogene Abwickeln eines Faserrovings eher ungeeignet. Die Überlagerung der genannten Effekte führt dazu, dass der Ist-Faseranteil bei der Verwendung von Rovings stark von den errechneten Werten abweicht und Compounds mit 10 Gew.-% Rovingfasern nicht realisiert werden können.

Neben dem Faseranteil werden die mechanischen Eigenschaften des Verbunds durch die Faserlänge im Compound bestimmt. Erwartungsgemäß ist davon auszugehen, dass infolge der Reibung zwischen Faser und Maschine sowie zwischen den Fasern untereinander die endgültige Länge mit steigendem Verfahrensweg respektive zunehmender Verweildauer im Aktionsraum der Extruderschnecken abnimmt. Zur Charakterisierung dieses Effekts werden die Faserlängen der veraschten Compounds mithilfe des optischen Mess-Systems Fasep 3E Eco (Hersteller: IDM Systems – Dipl.-Ing. (FH) Helga Mayr, Darmstadt) bestimmt. Die Fasern werden nach der Pyrolyse in einer geeigneten Flüssigkeit dispergiert, gescannt und die Aufnahmen digital analysiert. Pro Compound werden 10000 bis 15000 Einzelfasern ausgewertet.

In Bild 3 ist ersichtlich, dass bei den untersuchten Materialien die mittlere Faserlänge in Abhängigkeit vom Zugabeort und der Verarbeitungstrecke im Compounder variiert. Bei gleicher Ausgangslänge werden die Fasern deutlich stärker gekürzt, wenn der zurückgelegte Weg im Compounder länger ist. Dieser Zusammenhang ist vom Fasertyp unabhängig. Bei den Rovingfasern überwiegt da- ➤

Soll-Faseranteil [Gew.-%]	10			20			30		
Zugabeort	E	SE1	SE2	E	SE1	SE2	E	SE1	SE2
Ist-Faseranteil [Gew.-%] Schnittfasern	9,95	10,0	10,0	19,82	20,85	19,88	29,23	30,09	30,14
Ist-Faseranteil [Gew.-%] Roving	Nicht herstellbar			11,8	17,66	17,48	18,99	26,25	26,23

Tabelle 1. Basaltfasergehalt im PA-Compound in Abhängigkeit vom Zugabeort (E: Einzug, SE: Seiteneinzug) (Quelle: TU Chemnitz)

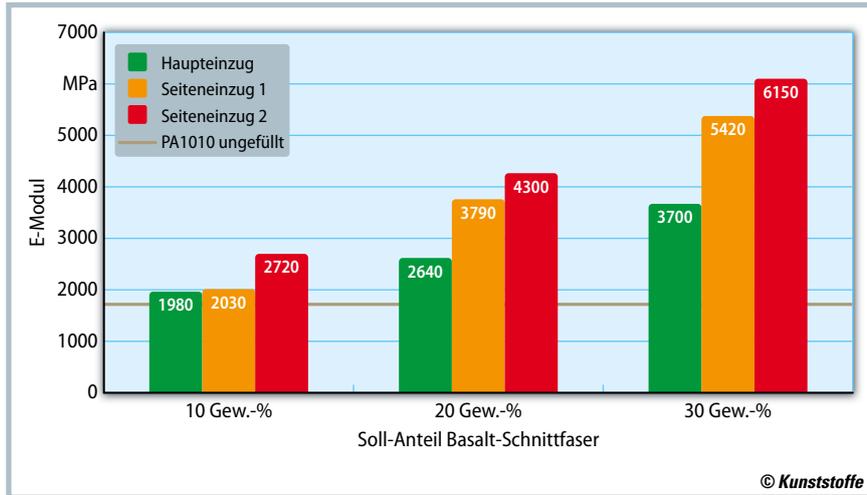


Bild 4. Die E-Moduln der getesteten Basaltfaser-Compounds zeigen, dass eine späte Zugabe der Fasern in den Compounder zu deutlich höheren Werten führt (Quelle: TU Chemnitz)

bei aber der Einfluss der primären Einkürzung am Einzug. Darüber hinaus sinkt die durchschnittliche Faserlänge mit steigendem Faseranteil im Compound, lediglich die Einkürzung am Seiteneinzug 1 weicht davon ab.

Um die mechanischen Eigenschaften der einzelnen Verbundwerkstoffe in Abhängigkeit von Faseranteil und -länge zu ermitteln, werden Universalprüfkörper gefertigt und entsprechend der gültigen DIN-Normen im Zug-, Biege- und

Schlagversuch geprüft. Die Ergebnisse des Zugversuchs bestätigen die Zunahme der Steifigkeit der Compounds mit zunehmendem Faseranteil (**Bild 4**). Darüber hinaus bedingt die spätere Faserzugabe eine größere Faserlänge und folglich deutlich höhere Werte beim E-Modul.

Fazit

Die Kupplungselemente aus biobasierendem PA und Basaltfasern zeigen, dass technische Bauteile mit einem hohen Anteil an nachwachsenden Rohstoffen und sehr guten mechanischen Eigenschaften gefertigt werden können. Aktuell sind die Materialkosten gegenüber erdölbasierten Polymeren noch nicht konkurrenzfähig. Eine steigende Nachfrage und höhere Produktionsmengen vorausgesetzt, sind Kunststoffe aus nachwachsenden Rohstoffen in Zukunft auch in anspruchsvollen Anwendungen abseits von Verpackungsmitteln und Konsumartikeln wirtschaftlich verwendbar. ■

Tennisschläger und Fahrradsattel aus E-TPU Infinergy

Partikelschäume halten fit

Der Sportartikelhersteller Dunlop International GmbH, Hanau, setzt in seiner neuen Tennisschläger-Serie CX das expandierte thermoplastische Polyurethan (E-TPU) Infinergy der **BASF SE** aus Ludwigshafen ein. Der leichte Tennisschläger wurde für Sportler entwickelt, die für ihre Spieltechnik einen leichten Schläger mit starker Dämpfung, viel Energie und hoher Beschleunigung benötigen.

Das E-TPU weist hohe Dämpfung und Rückprallelastizität auf. Es wird in der Zehn- und Zwei-Uhr-Position in den Rahmen des Schlägers eingearbeitet, um die Leistungs- und Dämpfungseigenschaften zu verbessern. Die von Dunlop durchgeführten Werkstoffprüfungen haben gezeigt, dass dadurch die Rückprallelastizität um 46% und die Ballgeschwindigkeit um 2% erhöht werden. Daneben verfügt der Werkstoff auch über sehr gute Dämpfungseigenschaften, die Vibrationen im Vergleich zu einem herkömmlichen Carbon-Schläger um bis zu 37% vermindern. Die CX-Schlägerserie mit E-TPU wird von Dunlops Turnierspielern beworben, unter anderem dem mehrfachen Grand-Slam-

Finalisten Kevin Anderson, der 2019 mit diesen Schlägern spielen wird.

Im August wurde ebenfalls eine neue Sportanwendung des E-TPU-Schaums vorgestellt. Sie befindet sich im Ergon-Fahrradsattel ST Core Ultra des Herstellers RTI Sports GmbH, Koblenz. Die Sattelschale übernimmt klassischerweise eine Doppelfunktion: Sie trägt die Last des Fahrers und dient gleichzeitig als Unterkonstruktion für das Sitzpolster. Das E-TPU Infinergy wird hier für einen ergonomischen Kern, der sogenannten TwinShell-Technologie, eingesetzt. Zwei Schalen arbeiten damit isoliert voneinander in einer Sandwich-Konstruktion, schwimmend gelagert durch das elastomere Dämpfungsmaterial. Die untere Tragschale übernimmt die Funktion der Lastaufnahme, während die obere, flexible Sitzschale das Sitzpolster aufnimmt.

Dieses Konstruktionsprinzip steigert laut Hersteller den Komfort und erlaubt eine neue Tret-Ergonomie. Durch die Entkopplung der Sitzschale von der Tragschale folgt der Sattel den natürlichen Tretbewegungen in allen Richtungen.



2019 setzt Tennisspieler Kevin Anderson einen Schläger mit E-TPU im Randbereich ein (© Dunlop)

Der Druck auf den Sitzknochen ist durch hervorragende Vibrationsdämpfung gut verteilt. Das schont den Rücken. Sobald der Druckimpuls nachlässt, kehrt der Schaumstoff wieder in seine alte Form zurück. Diese Besonderheit verliert das Material auch bei Dauerbelastung nicht. Der Sattel ST Core Ultra ist bereits seit Februar 2018 in Europa und den Vereinigten Staaten erhältlich.

Zur Produktmeldung:
www.kunststoffe.de/7603439