

# Monomere in den Adern

## Feuchtigkeitsaufnahme von Naturfasern durch Kavitätenpolymerisation verringern

Naturfasern sind leicht, günstig und nachwachsend. Deswegen gewinnen sie auch für Strukturbauteile an Bedeutung. Dringt Feuchtigkeit in die Fasern ein, leiden jedoch ihre mechanischen Eigenschaften. Kavitätenpolymerisation kann die Hohlräume der Fasern schließen, sodass die Naturfasern weniger Wasser aufsaugen.

**W**eil Naturfasern Feuchtigkeit aufnehmen, bieten sie oftmals unzureichende mechanische Festigkeiten. Deswegen können sie nicht, wie etwa glas- und kohlefaserverstärkte Kunststoffe (GFK, CFK), in allen Anwendungsbereichen eingesetzt werden. Das Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF untersuchte zusammen mit dem Institut für Textiltechnik der RWTH Aachen (ITA) Wege und Möglichkeiten, die Feuchtigkeitsaufnahme von Naturfasern zu verringern (**Bild 1**). Nur so können neue biobasierte Composite-Materialien entwickelt werden, die als

Strukturbauteile für verschiedene Anwendungen dienen.

### Feuchte Fasern durch Schnittkanten oder Beschädigungen

Trotz der genannten Nachteile besitzen naturfaserverstärkte Kunststoffe (NFK) gegenüber CFK und GFK einige Vorteile [1]. Sie sind preisgünstig, umweltschonend [2] und weisen eine geringe Dichte bei gleichzeitig zufriedenstellenden mechanischen Eigenschaften [3, 4] auf.

Die Feuchtigkeitsaufnahme macht sich insbesondere an Schnittkanten oder

bei Beschädigungen während des Gebrauchs bemerkbar. Die Fasern sind dadurch nicht mehr durch das Matrixpolymer geschützt. Dies ist insbesondere bei thermoplastischen Matrixpolymeren kritisch, weil hier der Kunststoff aufgrund der vergleichsweise hohen Schmelzviskosität nicht in das Faserinnere eindringt und damit die Fasern nur oberflächlich benetzt. Durch Feuchtigkeit gequollene Fasern verlieren zum einen ihre Zugfestigkeit, zum anderen kann es zu Delamination zwischen Faser und Matrix kommen. Beides beeinträchtigt die mechanischen Eigenschaften der Verbund- »





ren Umsetzung sowohl beim Projektpartner ITA als auch in einem industriellen Prozess. Als Monomere für die Kavitätenpolymerisation kamen verschiedene Acrylate bzw. Methacrylate sowie auch biobasierte Rohstoffe, wie Milchsäure, Zitronensäure und Glycerin, zum Einsatz. Flachsfasern wurden mit den Monomeren sowohl in diskontinuierlichen als auch in kontinuierlichen Prozessen getränkt und anschließend durch Erhitzen in den Faserkavitäten polymerisiert.

Für eine radikalische Polymerisation im Faserinneren kamen Methylmethacrylat und Butylacrylat zum Einsatz, um je einen Vertreter mit hoher und niedriger Glasübergangstemperatur zu haben. Diese wurden mit unterschiedlichen Initiatoren in verschiedenen Konzentrationen versetzt und nach dem Tränken der Faser zwischen 60°C und 130°C polymerisiert. Hierbei stellte sich heraus, dass Fasern mit Polymethylmethacrylat zu steif und Fasern mit Polybutylacrylat zu klebrig für eine Weiterverarbeitung durch das Umwindespinverfahren und den Webprozess waren. Mit Co-Monomer-Mischungen in unterschiedlichen Verhältnissen entstanden schließlich modifizierte Fasern, die keine klebrige Oberfläche hatten und flexibel genug waren. Sie könnten somit für eine Weiterverarbeitung grundsätzlich geeignet sein.



**Bild 2.** Umwindegarn mit parallel liegenden Flachsfasern im Kern und einem Multifilament als Umwindefaden (© ITA)

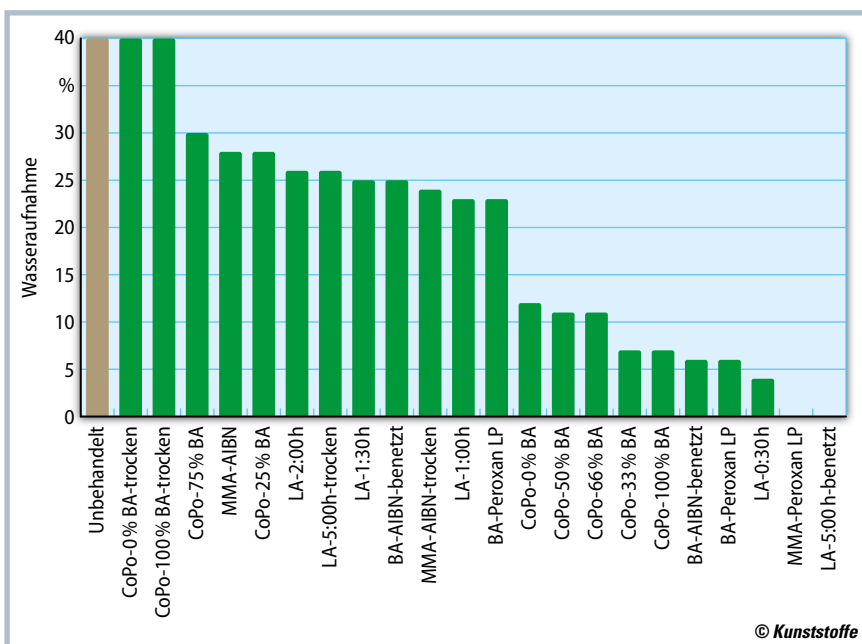
Da 100% biobasierte Composite-Materialien erklärtes Entwicklungsziel waren, wurden in weiteren Versuchserien die Faserkavitäten auch mit biobasierten Monomeren gefüllt und polymerisiert. Hierzu wurden die Fasern zunächst mit Milchsäure getränkt und die Polykondensationsreaktion durch höhere Temperatur gestartet. Mit dieser Methode wurden jedoch auch nach längeren Reaktionszeiten meist nur niedermolekulare Oligome-

re erzielt, die sich bei den Tests der Feuchtigkeitsaufnahme teilweise im Wasser lösten. Aus diesem Grund wurden in Folgeschritten mehrfunktionelle Monomere als Co-Monomere für die Milchsäure sowie auch Katalysatoren zur Beschleunigung der Reaktion eingesetzt. Dies sollte schneller zu hohen Molekulargewichten und vielleicht sogar zu vernetzten Produkten führen.

### Fast keine Wasseraufnahme mehr

Nach der Polymerisation wurde die Anwesenheit der Polymere in den Fasern mit spektroskopischen und thermischen Analysemethoden nachgewiesen. Die Fasern, die Polymere enthielten, wiesen eine deutlich verringerte Feuchteaufnahme nach Lagerung in Wasser bei Raumtemperatur auf, die in einigen Fällen sogar nahe 0% war (Bild 3). Auf diese Weise gelingt eine Hydrophobierung der Fasern auch im Inneren, sodass bei einem Schnitt keine unmodifizierte Fläche entsteht. Einige der hydrophobierten Fasern erscheinen geeignet für eine Weiterverarbeitung mittels Umwindespinverfahren und anschließender Textilherstellung.

Das ITA führte unverdrehte Flachsfrovings mit Feinheit 400 tex dem Umwindespinprozess zu und verarbeitete diese anschließend zu einem Bandgewebe (Breite 6 cm, Länge 1500 cm). Es wurde eine 4-1-Atlasbindung gewählt, um eine hohe Faserorientierung im



**Bild 3.** Wasseraufnahmevermögen unterschiedlich hydrophobierter Flachsfasern. Die Feuchteaufnahme wurde gravimetrisch nach Lagerung der Fasern in Wasser bei Raumtemperatur gemessen (CoPo: Copolymer; BA: Butylacrylat; MMA: Methylmethacrylat; AIBN: Azobis(isobutyronitril); LA: Milchsäure; Peroxan LP: Dilauroylperoxid) (Quelle: LBF)

## Die Autoren

**Dr. Roland Klein** ist Leiter der Gruppe Grenzflächendesign im Bereich Kunststoffefestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF, Darmstadt;  
roland.klein@lbf.fraunhofer.de

**Marie-Isabel Popzyk** ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Textiltechnik (ITA) der RWTH Aachen Universität;  
marie-isabel.popzyk@ita.rwth-aachen.de

**Konrad Burlon, Katharina Wennemann** und **Janis Karl** sind am Fraunhofer LBF tätig.

**Thomas Köhler, Marko Wischnowski** und **Thomas Gries** sind am ITA der RWTH Aachen tätig.

### Dank

Wir danken dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) für die finanzielle Förderung des Forschungsvorhabens „BastFix“ (FKZ 031B0241) im Rahmen des Förderprogramms Bioökonomie.

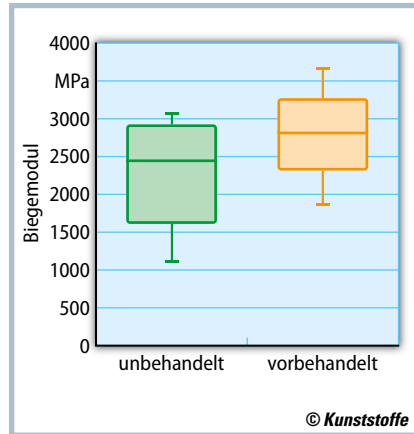
## Service

### Literatur & Digitalversion

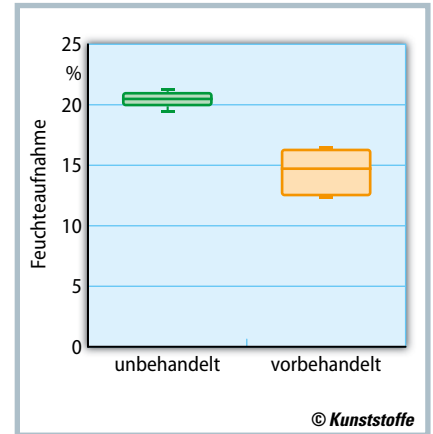
- Das Literaturverzeichnis und ein PDF des Artikels finden Sie unter [www.kunststoffe.de/4733991](http://www.kunststoffe.de/4733991)

### 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)



**Bild 4.** Biegesteifigkeit naturfaserverstärkter PLA-Composites mit und ohne Faservorbehandlung. Sie befindet sich im Bereich anderer naturfaserverstärkter Poly lactide (Quelle: LBF)



**Bild 5.** Feuchteaufnahme naturfaserverstärkter PLA-Composites mit und ohne Faservorbehandlung durch Einlegen der Prüfkörper in Wasser für 72 h. Durch Gewebeprebehandlung wird die Feuchteaufnahme verringert (Quelle: LBF)

Verbund zu gewährleisten. Kett- und Schussdichte liegen bei sechs Fäden pro Zentimeter. Eine kontinuierliche Produktion ist möglich.

In orientierenden Vorversuchen wurden schließlich auch Gewebe mit einem Polymer gefüllt und durch Laminieren mit PLA-Folien zu Composites weiterverarbeitet. Auf diese Weise sollten erste Hinweise darauf erhalten werden, dass mit dieser Methode die Feuchteaufnahme auch in einem Bauteil reduziert werden kann.

### Material- und Prozessparameter weiter anpassen

Von den Composites wurden Prüfkörper ausgeschnitten, an denen die Biegesteifigkeiten in einem Dreipunktbiegeversuch (**Bild 4**) sowie die Feuchteaufnahmevermögen durch Lagerung der Prüfkörper in Wasser für 72 h bestimmt wurden (**Bild 5**). Für die Wasseraufnahme wurden die Ränder der Prüfkörper nicht abgedeckt, um die Feuchteaufnahme über durch die Probenpräparation freigeleg-

ten Fasern mit zu berücksichtigen. Die Biegesteifigkeiten befinden sich im Bereich von anderen in der Literatur beschriebenen naturfaserverstärkten Poly lactiden, die üblicherweise um 3 GPa liegen.

Aus den Grafiken kann weiterhin entnommen werden, dass die Materialien, die mit dem vorbehandelten Gewebe verstärkt wurden, im Mittel eine etwas höhere Steifigkeit besitzen als die mit nicht vorbehandelten Geweben hergestellten. Weiterhin ist zu erkennen, dass die Feuchteaufnahme der Prüfkörper durch die Gewebeprebehandlung reduziert werden kann. In beiden Fällen – der Biegesteifigkeit und der Feuchteaufnahme – sind zwar keine um Größenordnungen verbesserten Kennwerte erreicht worden, es ist aber ein Trend hinsichtlich der angestrebten Materialverbesserungen zu erkennen. Die an dieser Stelle durchgeführten Untersuchungen dienen somit als Ausgangsbasis für Folgeprojekte, in denen die Material- und Prozessparameter weiter optimiert werden müssen. ■

HANSER KUNDEN

# Entdecken Sie das

# HANSER KUNDENCENTER

Viele Vorteile für registrierte Nutzer

NEU

[www.hanser-kundencenter.de](http://www.hanser-kundencenter.de)