

**Projekttitle:** Fibriltex - Microfibrillär verstärkte Textilien und Polymercomposites  
**Partner:** Institut für Textiltechnik der RWTH Aachen University  
Centexbel  
Institut für Verbundwerkstoffe Kaiserslautern  
**Laufzeit:** 01.11.2012 - 31.10.2014  
**Förderträger:** AiF (CORNET)



### **Mission Statement:**

Die mechanischen, chemischen und physikalischen Eigenschaften von Polymerkompositen sind abhängig von der Polymorphologie und der Wechselwirkung zwischen Verstärkungsphase und Matrix. In der Regel werden kohärente Verstärkungsphasen in Form von Partikeln, Fasern oder textilen Strukturen eingesetzt. In einem neuen Ansatz wurden Polymerblends durch Extrusion und anschließendes mechanisches Ausziehen hergestellt, die aus einer kohärenten Phase und einer Verstärkungsphase bestehen. Die Verstärkungen dieser microfibrillär verstärkten Polymerblends liegen im nano- bis submicro-Bereich. Als Folge kann die Zugfestigkeit und der Zugmodul einer PET/PP-Mischung um den Faktor 1,5 gegenüber konventionellem Polyester erhöht werden. Inwieweit sich dieser Effekt auf textile Strukturen und Composites übertragen lässt, wird im Rahmen des Projekts untersucht.



### **Ausgangssituation:**

Mikrofibrillen werden bei der Verarbeitung von thermoplastischen Polymeren im sogenannten Kaltstreckprozess (engl. „cold drawing“) erzeugt. Dabei werden ein oder mehrere Polymere oberhalb ihrer Glasübergangstemperaturen einer kontinuierlichen Zugspannung ausgesetzt. In einem Blend aus zwei thermodynamisch nicht mischbaren Polymeren entstehen Fibrillen aus zunächst beiden Polymeren, die sich aus sphärischen Partikeln durch Agglomeration bilden. Überträgt man diese Technik auf einen Schmelzspinnprozess, erhält man Garne mit microfibrillaren Phasen, die bereits in Zugrichtung orientiert sind; ein anschließender Streckprozess erhöht zusätzlich die Fibrillenlänge und -orientierung.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

### **Projektergebnisse:**

Im Projekt Fibriltex wurde der Fokus auf thermoplastische Polymer-Blends aus Polypropylen (PP) und Polyethylenterephthalat (PET) gelegt. Weniger vielversprechende Ergebnisse wurden zuvor mit Polylactid und Polytrimethylene terephthalate erzielt, weshalb diese Polymerkombination im Projekt nicht weiter betrachtet wurde.

### **Extrusion von Mono- und Multifilamenten:**

Die Herstellung von Monofilamenten auf Basis von PP/PET Systemen konnte erfolgreich und ohne aufwendige Anpassungen im Standard-Schmelzspinnprozess realisiert werden. Dabei wurde ein PET-Gehalt von bis zu 30% erreicht. Es konnte nachgewiesen werden, dass eine Vormischung der Polymere mittels Doppelschneckenextruder nicht notwendig ist, um die Prozessierbarkeit sowie die mechanischen Eigenschaften der verreckten Blends zu verbessern. Die einzige Prozessanpassung im Vergleich zu reinem PP wurde durch die Erhöhung der Spinn temperatur vorgenommen. Der maximale Streckfaktor war zudem der gleiche wie bei dem Referenzwerkstoff. Es konnte bereits ab 10 % und 20 % PET eine Erhöhung der Zähigkeit und Zugfestigkeit erzielt werden. Die mechanischen Eigenschaften der Garne wurden auch bei höheren PET Anteil nicht verschlechtert.

Mit der Zugabe von Verträglichkeitsvermittlern wurde die Interaktion zwischen PP und PET deutlich verbessert, was zusätzlich eine Erhöhung des Zug-Moduls nach sich zog. Der Vergleich verschiedener Vermittler zeigte, dass sich PP oder Styrol-Ethylen/Butylen-Styrol mit „aufgefropfter“ Maleinsäure am besten eignen. Grundsätzlich führte die Zugabe von PET zu erhöhter thermischer Stabilität der PP Garne. Für viele Textilanwendungen stellen (thermischer) Schrumpf und Kriechen eine Herausforderung dar.

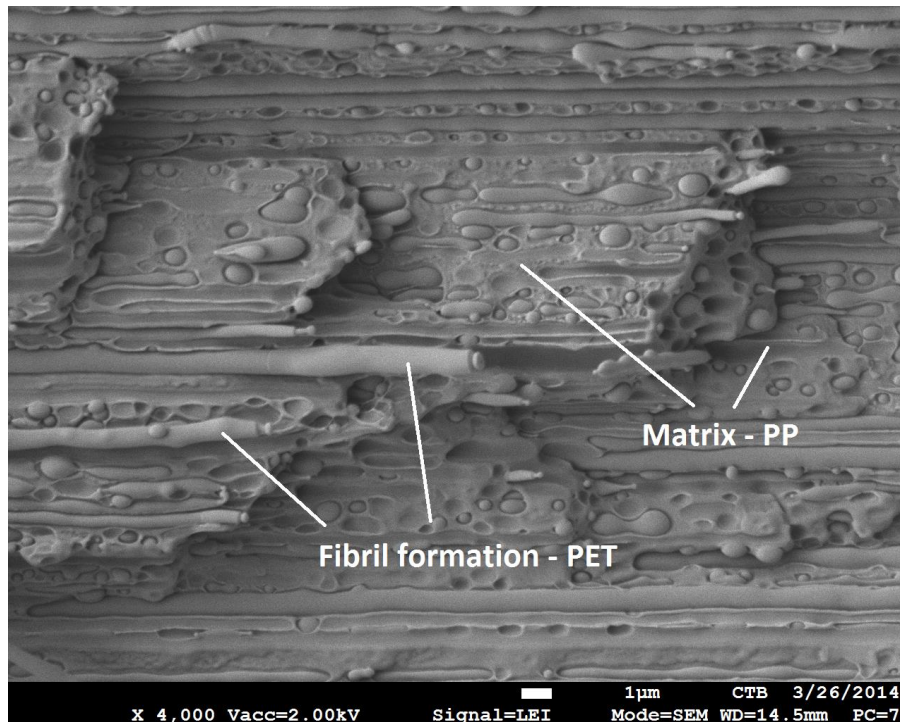
Die Herstellung von Multifilamenten auf Basis von PP/PET war deutlich anspruchsvoller. Hier spielte der Einfluss der Schmelzflussrate (engl. MFI = Melt Flow Index) des Polypropylens eine wichtige Rolle und musste bei der Polymerauswahl berücksichtigt werden. Darüber hinaus konnten die Spinnplattengeometrie sowie die Zugabe von Verträglichkeitsvermittlern als maßgebliche Einflussgrößen identifiziert werden. Auch hier wirkte sich die Zugabe eines geeigneten Vermittlers positiv auf die Interaktion zwischen PP und PET aus. Nach Festlegung geeigneter Parameter wurden Multifilamente

mit vergleichbaren Eigenschaften wie PP hergestellt. Die Kennwerte konnten durch Zugabe von 20 % PET verbessert werden, führten allerdings zu deutlich niedrigeren Prozessgeschwindigkeiten.

Abbildung 1 zeigt eine REM-Aufnahme nach dem Ausspinnprozess von PP/PET-Monofilamenten, auf der die PET-Fibrillenbildung zu erkennen ist.

24.03.2015

Seite 3/5



**Abbildung 1: REM-Aufnahme der Fibrillenbildung nach dem Ausspinnprozess**

### Textile Weiterverarbeitung der Filamente zu Geweben:

Im sich anschließenden Prozessschritt wurden die bei CenTexBel gewonnenen Mono- und Multifilamentkompositionen an das Institut für Textiltechnik in Aachen geschickt, wo sie zu Geweben weiterverarbeitet wurden.

Grundsätzlich zeigten beide Filamenttypen eine gute Verarbeitbarkeit auf einer konventionellen Bandwebmaschine. Seitens der Monofilamente musste lediglich der Schusseintrag leicht modifiziert werden, da dieser Filamenttyp über eine hohe Biegesteifigkeit verfügt. Seitens der Multifilamente trat bei den ersten Webversuchen eine starke Aufspaltung im Webbereich und vor allem am Webblatt auf. Durch eine Modifikation des Fadeneinzugs und dementsprechender Anpassung des Bindungstyps konnte diesem Problem Rechnung getragen werden. Nach diesen Modifikationen konnte die Gewebe schadungsfrei hergestellt werden.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die innerhalb dieses Projektvorhabens hergestellten Mono- und Multifilamente eine sehr gute Verarbeitbarkeit auf Webmaschinen aufweisen.

#### Herstellung von Verbundbauteilen:

Auf der abschließenden Verarbeitungsebene wurden die so hergestellten Mono- und Multifilamente zu Verbundbauteilen verpresst. Durch den ausreichend hohen Unterschied der Schmelztemperaturen beider Phasen in den Garnen konnten die verstreckten Blends partiell aufgeschmolzen werden. Dabei dient das PP als niedrighschmelzende Phase zur Generierung der Matrix, während die höher schmelzende PET-Phase in Form von Fibrillen im Verbund verbleibt.

Vorbereitend zu thermischen Pressversuchen wurde sowohl ein unidirektionaler Wickelprozess als auch das Laminieren der gewebten Halbzeuge aus den Mono- und Multifilamenten durchgeführt. Die Verarbeitung zum Polymer-Polymer Verbund erfolgte dann im Heißpressverfahren. Wichtigstes Ergebnis war, dass die im Schmelzspinnprozess erzeugten Fibrillen erfolgreich in die Verbundplatten transferiert werden konnte und ihre verstärkende Wirkung zu signifikanten Eigenschaftssteigerungen führte. Die mechanischen Kennwerte von selbstverstärktem Polypropylen konnten teilweise eingestellt werden. Ein weiterer Referenzwerkstoff war Kurzglasfaser-verstärktes Polypropylen, dessen Eigenschaften insbesondere unter Beachtung von Leichtbaukenngrößen übertroffen wurde. Diese stiegen grundsätzlich mit dem Gehalt der PET-Verstärkungsphase.

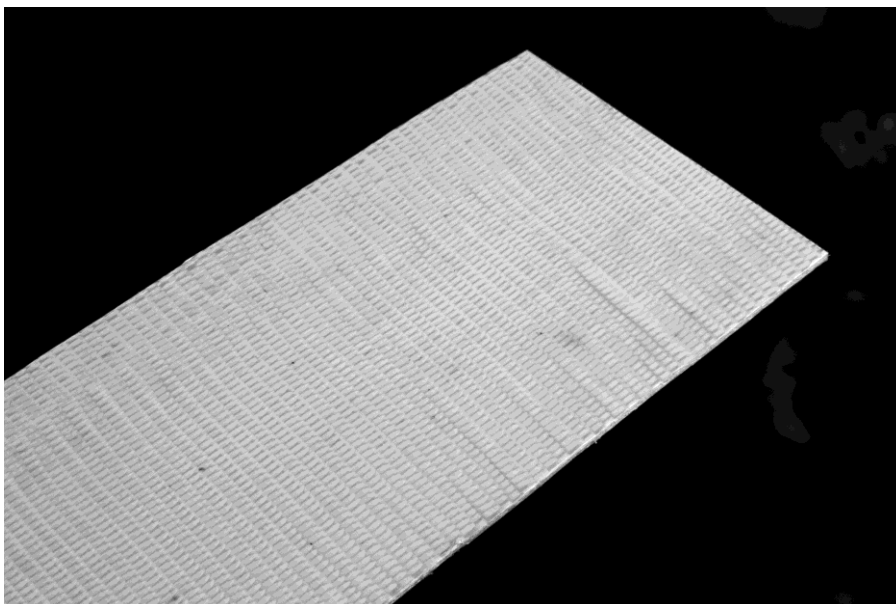


Abbildung 2: Verbundbauteil aus gewebten PP/PET-Monofilamenten

Die wesentliche Erkenntnis aus der Verbundprüfung ist, dass die Eigenschaften der verpressten Platten, wie bspw. Dehnungsvermögen, Festigkeit und Modul, gezielt durch die Komposition, den Streckfaktor und die Verwendung von Mono- oder Multifilamentgarnen beeinflusst werden können. Das textile Design ist hierbei ebenfalls maßgeblich für die Richtungsabhängigkeit der mechanischen Eigenschaften. Abbildung 2 zeigt ein Verbundbauteil aus PP/PET-Monofilamentgeweben.

#### Zusammenfassung:

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass thermoplastische Polymer-Polymer Verbunde mit hervorragenden mechanischen Eigenschaften durch Zugabe eines günstigen Massenproduktionskunststoffes entwickelt wurden. Sie zeichnen sich durch verringerte Materialkosten, gute Recyclierbarkeit und die Möglichkeit der in-situ-Erzeugung aus. Dadurch erlangen sie wirtschaftliche Wettbewerbsfähigkeit mit Kurzglassfaser-verstärkten Verbundwerkstoffen. Auf textiler Ebene weisen sie ähnliche Vorteile auf: Das thermische Verhalten (Schrumpf) konnte deutlich verbessert und die mechanischen Eigenschaften mindestens aufrechterhalten werden; teilweise haben die Filamente signifikant gesteigerte Festigkeiten gezeigt. Die neuen Erkenntnisse und Erfahrungen mit den Prozessschritten und gewählten Polymeren wurden der industriellen Zielgruppe in transparenter Form dar- und zur Verfügung gestellt. Darüber hinaus werden die Ergebnisse weiter veröffentlicht und in Folgeprojekten vertieft. Die Mitglieder des Projektkonsortiums zeigten bereits klares Interesse an der Umsetzung der „Mikrofibrillar“ Technologie für diverse Anwendungen.

#### Danksagung:

Das IGF-Vorhaben 78 N der Forschungsvereinigung Forschungskuratorium Textil e.V., Reinhardtstr. 12-14, 10117 Berlin wurde über die AIF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund des Beschlusses des Deutschen Bundestags gefördert.

#### Kontakt:

Dipl.-Ing. Stefan Fenske

[Stefan.Fenske@ita.rwth-aachen.de](mailto:Stefan.Fenske@ita.rwth-aachen.de); Tel.: +49 (0) 241 80 234 00