

Entwicklung von schmelzbindenden Fasern und Garnen aus Polyolefinen und deren Implementierung in textile Anwendungen (POMELAD)

Volker Niebel¹, Karen Deleersnyder², Yves-Simon Gloy¹, Thomas Gries¹, Luc Ruys²

¹Institut für Textiltechnik (ITA), RWTH Aachen, Aachen

²Centexbel Ghent, Zwijnaarde, Belgium

Die Kontrolle des Schmelz- und Erweichungsablaufs und die Adhäsionseigenschaften von Polyolefin-Fasern (PO) sind für viele textile Anwendungen von wachsendem Interesse, da auf Grund der Schmelzverbindungseigenschaften starke neue Produktionsmöglichkeiten und Produkteigenschaften erzeugt werden können. Beispiele hierfür existieren in Faserverbundstoffen, wo Polyolefin-Fasern zu einer Kompositstruktur komprimiert werden.

Darüber hinaus bieten das Schmelzen und die Bindung von Materialien viele andere textile Anwendungsmöglichkeiten. Vermehrt werden Textilien mit anderen Komponenten durch leichtes Anpressen und unter Hitzeeinwirkung zu einer festen Struktur verbunden. Diese Vorgehensweise wird zum Beispiel in die Produktion von Faserpelzen (Fleecematerialien), Teppichen (Teppichrücken und Zweitrücken), zur Stabilisierung von Teppichfliesen und in der Herstellung von Gazegeweben angewendet.

In all diesen Anwendungen sind nicht nur das Schmelzverhalten, sondern auch die Adhäsion der Materialien und das Fließverhalten der Polymerschmelze entscheidende Parameter für die Prozessführung. Diese Materialeigenschaften sind direkt mit der Auswahl an Polymeren und deren Zusammensetzung verknüpft.

Heutzutage werden hauptsächlich Reinpolymerisate, wie z. B. Polyamid, Polypropylen, High-Density-Polyethylen und Low-Density-Polyethylen verwendet oder es kommen schmelzbindende Beschichtungen zum Einsatz. Aus diesen Gründen wird für textile Materialien ein großes Potential in speziellen Polyolefincopolymerisaten oder in funktionalisierten Polyolefinen mit maßgeschneidertem Schmelz- und Bindevverhalten durch die Industrie gesehen. Diese speziellen Polyolefine können in Einkomponentenfasern, Bi-Komponentenfasern und in Fasergemische verwendet werden.



Forschungsziel

Das Ziel dieses Projekts war eine Evaluierung des Einsatzes von schmelzbindenden Fasern und Garnen aus Polyolefinen und deren Implementierung in textile Anwendungen.

Ergebnisse: Ausspinnung des Polyolefin-Materials

Hochschmelzendes Polypropylen (PP) und niedrighschmelzendes Polyethylen (LDPE, LLDPE, HDPE oder Co-polymer) mit ähnlichen Fließeigenschaften – bestimmbar durch den Schmelzvolumenindex – wurden als Fasermaterialien für die Untersuchungen ausgewählt. Spezielle REM-Oberflächenanalysen zeigten eine heterogene Mischung der Materialien während des Compoundierens.

Die generelle Spinnbarkeit von PP/PE-Polymerblends im industriellen Maßstab wurde anhand der Polymere PP 561 S und PE HD 52226 EA der Firma Ineos Köln GmbH, Köln, nachgewiesen. Mit Hilfe der industriellen Hochtemperatur-Bi-Komponenten-Extrusionsanlage des ITA konnten Polymerblends mit einem maximalen Prozentanteil von 8,5 % PE in 91,5 % PP ausgesponnen werden. Analysen der ausgesponnenen Garne belegen, dass innerhalb der Garne ein Zweiphasen-Blend aus PE und PP vorliegt. PE bildet Inseln in der PP-Matrix, welche als Störstellen im Garn wirken. Ab einem PE-Anteil von mehr als 8,5 % konnte kein stabiler Spinnprozess bei industrieller Spinnengeschwindigkeit aufgebaut werden. Generell wurde nachgewiesen, dass ein steigender PE-Anteil im PP/PE-Blend den Schrumpf der Faser erhöht, auf die Gleichmäßigkeit und auf die Höchstzugkraft besitzt dies allerdings einen negativen Einfluss. Ausspinnungen von PP/PE-Blends bei CENTEXBEL zeigen, dass bei einem Mischungsverhältnis von 50 % PE und 50 % PP Fasern ausgesponnen werden können, auf einer halb-industriellen Spinnanlage bei maximalen Produktionsgeschwindigkeiten von 2.200 m/min. Eine Ausspinnung im industriellen Maßstab ($v \geq 2.500$ m/min) konnte mit dem Material nicht nachgewiesen werden. Eine Beimischung von sogenannten Kompatibilisatoren könnte die angesprochenen Hindernisse beheben. Genauere Untersuchungen hierzu sollten durchgeführt werden.

Ergebnisse: Nähgarneigenschaften

Mit Hilfe von Labormaschinen konnte aus dem ausgesponnen Fasermaterial texturierte Stapelfasern erzeugt werden. Gemeinsam mit Baumwollfasern – bei einem Mischungsverhältnis von 45 % PE/PP zu 55 % BW – konnte das Material



mit Hilfe der Rotorspinn Technik zu einem Garn mit einer Gesamtfinheit von 5,5 ktex weiterverarbeitet werden. In Abbildung 1 ist das erzeugte Nähgarn dargestellt.

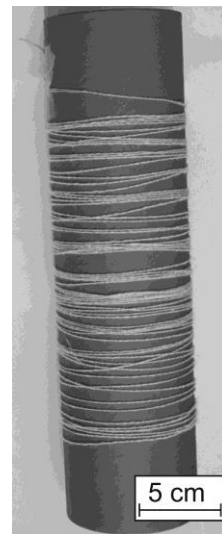
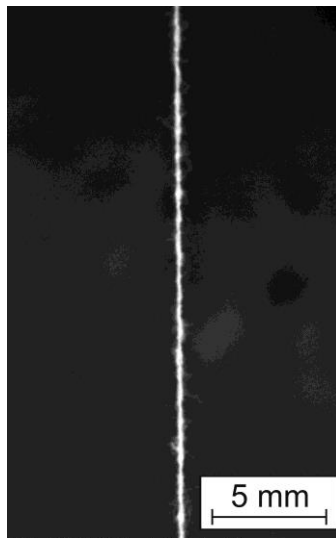


Abbildung 1: Produziertes Nähgarn

Für einen Vergleich der Nahteigenschaften des PE/PP- -Garnes mit herkömmlichem Nähgarn wurden Nahtzugfestigkeitstests nach DIN EN ISO 13935-1 von produzierten Nähten durchgeführt. Nach erfolgreichem Spinn- und Streckprozess wurde jedoch im Zwirnvorgang nur ein sehr inhomogenes Garn mit sehr geringer Festigkeit erreicht. Durch die mangelhafte Festigkeit schlugen alle Nähversuche mit handelsüblichen Doppelsteppstich-Schnellnähern fehl, da es bereits vor Stichbildung zu Fadenabrissen kam. Auf Grund des hohen kurzzeitigen Spannungsaufbaus im Nähfaden bei oben stehendem Fadengeber reißt das Nähgarn während der Stichbildung.

Die Nahtzugprüfung von handgenähten Verbindungen ergab eine erhebliche Reduktion der maximalen Nahtzugfestigkeit $F_{\text{Naht,max}}$ der Naht des PE/PP-Nähgarnes im Vergleich zur Naht mit reinem PES-Nähgarn. In Abbildung 2 sind die gemessenen maximalen Nahtzugfestigkeit $F_{\text{Naht,max}}$ inkl. Standardabweichung dargestellt. Es sind jeweils die Mittelwerte aus je drei Proben berechnet.

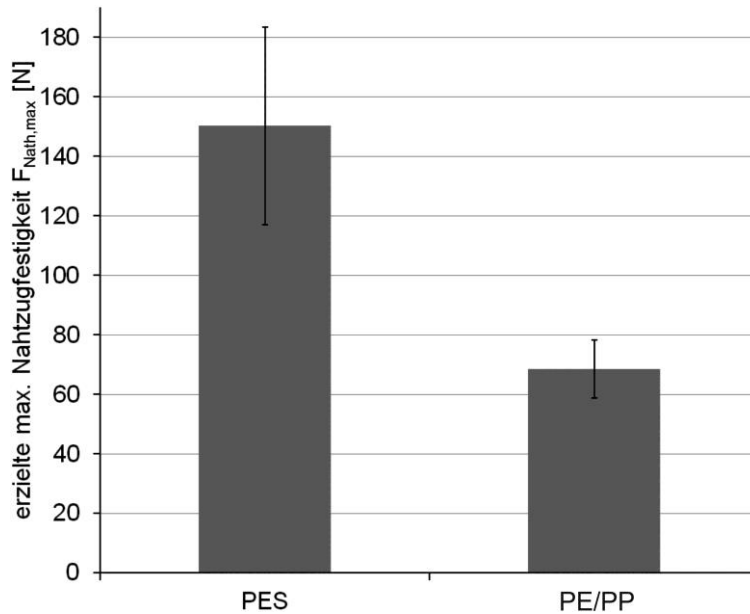


Abbildung 2: Erzielte maximale Nahtzugfestigkeiten $F_{Naht,max}$

Ergebnisse: Herstellung textile Fläche

Die Herstellung der textilen Flächen ist uneingeschränkt mit dem produzierten PE/PP-Garnmaterialien möglich. Das Garnmaterial konnte als Schussfaden bei der Gewebeerstellung in einer Breitwebmaschine des Typs LWV 4/E der Lindauer Dornier GmbH, Lindau eingesetzt werden. Weiterhin konnten Multi- sowie Monofilament-Gewebe erzeugt werden. In Abbildung 3 sind mikroskopische Abbildungen des Multi- (links) sowie des Monofilament-Gewebes (rechts) dargestellt.

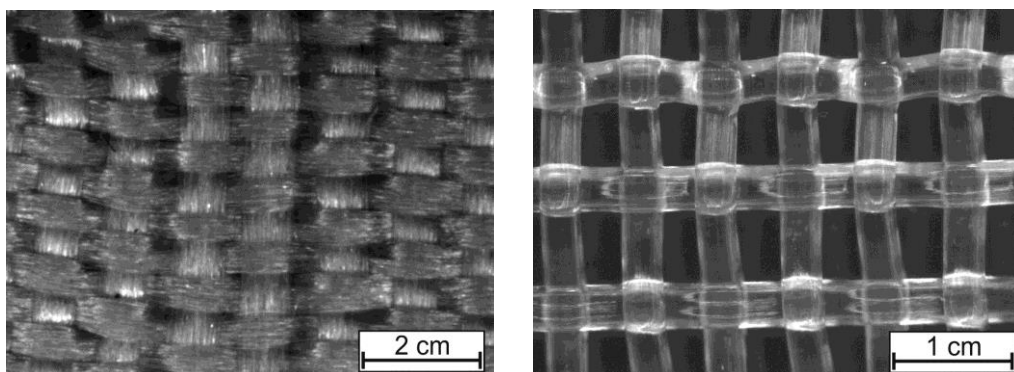


Abbildung 3: Produziertes Multifilament-Gewebe (links) sowie Monofilament-Gewebes (rechts)

Nichtsdestotrotz wurde die Prozessstabilität durch Unregelmäßigkeiten im Garnmaterial herabgesetzt. Die Festigkeiten des Polyolefin-Materials reichen nicht aus, um die Beschleunigungs- und Verzögerungskräfte beim

Schusseintrag aufzunehmen. Diese geringe Garnfestigkeit führt während der Produktion zu Fadenbrüchen an den Vorspulgeräten oder innerhalb des Vorderfachs. Ursachen hierfür sind Unregelmäßigkeiten im Garn (Dickstellen, lokal erhöhte Dehnbarkeit). In Abbildung 4 sind Fadenbrüche im Vorderfach während des Schusseintrags dargestellt. Die Aufnahmen wurden mit Hilfe einer High-Speed-Video-Kamera iSpeed 3 der Fa. Olympus Corp, Tokio, Japan zur Analyse aufgenommen.

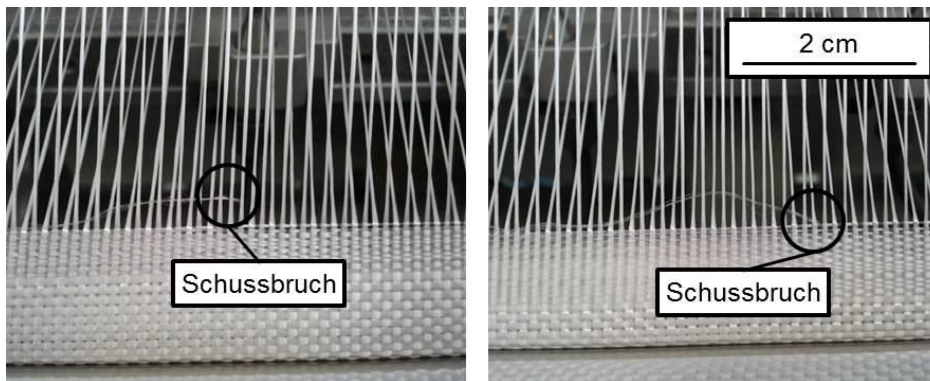


Abbildung 4: High-Speed-Video-Aufnahme Schussfadenbrüche im Vorderfach beim Luftweben

Bei den Gestriken war die Musterungsvielfalt limitiert, da lediglich vergleichsweise offenmaschige Bindungen (E10) stabil hergestellt werden konnten. Zur Herstellung der Gestricke wurde eine Kleinrundstrickmaschine der Firma Harry Lucas GmbH & Co. KG, Neumünster verwendet. Ein entsprechend hergestelltes Gestrick mit Single-Jersey-Strickbindung ist in Abbildung 5 dargestellt.

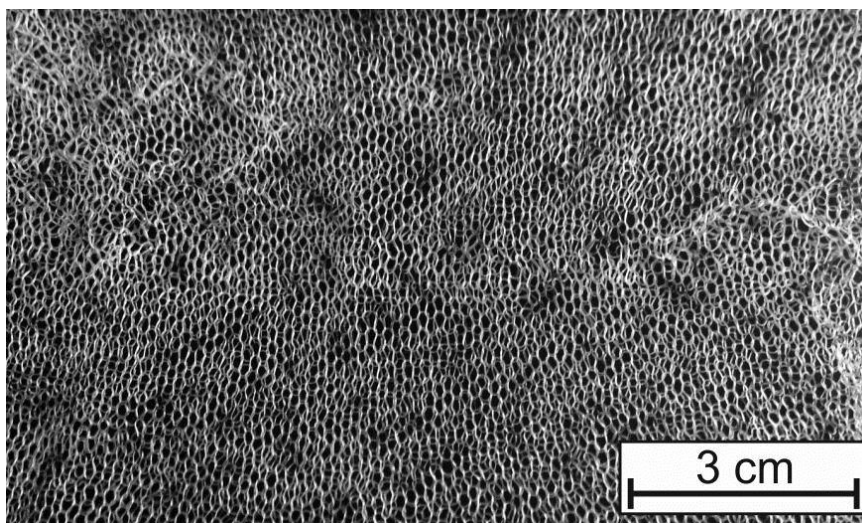


Abbildung 5: Strickmuster aus Multifilament-Garn

Ergebnisse: Thermofixierung

Eine mit dem hergestellten Nähgarn erzeugte Naht sollte durch thermische Behandlung verfestigt sowie wasserundurchlässig gestaltet werden. Hierzu wurden manuell erzeugte Doppelsteppstichnähte durch Ultraschall erhitzt, dass zu einem Aufschmelzen der Polyolefin-Bestandteile führen soll. Im Vergleich eines thermofixierten PES-Nähgarns mit einem thermofixierten PE/PP-Nähgarn ist eine deutliche höhere maximale Nahtzugfestigkeit $F_{\text{Naht,max}}$ des PE/PP-Nähgarns erkennbar. In Abbildung 6 ist der Vergleich der maximalen Nahtzugfestigkeiten $F_{\text{Naht,max}}$ des thermofixierten PES-Nähgarns mit dem thermofixierten PE/PP-Nähgarn inkl. der ermittelten Standardabweichungen gemessen nach DIN EN ISO 13935-1 dargestellt. Eine signifikante Änderung in der Wasserdichtigkeit durch Ultraschallbehandlung der Naht konnte hingegen nicht nachgewiesen werden.

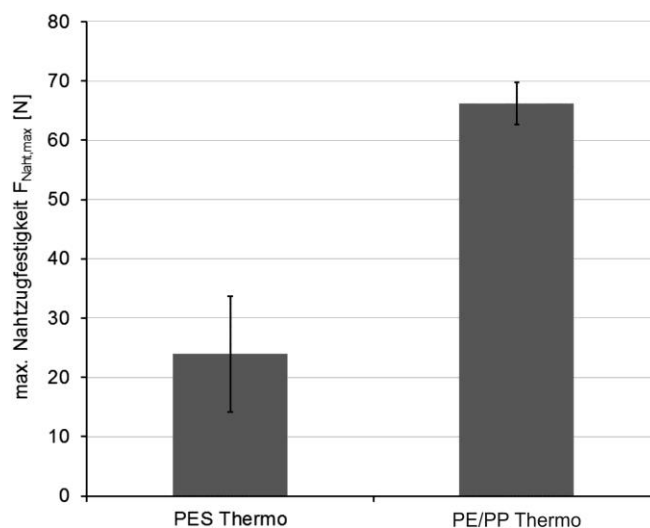


Abbildung 6: Vergleich die maximale Nahtzugfestigkeiten $F_{\text{Naht,max}}$ des thermofixierten PES-Nähgarns mit dem thermofixierten PE/PP-Nähgarn

Durch eine thermische Behandlung des Gewebes soll eine Erhöhung der Festigkeit sowie Stabilität durch gezielte Schmelzklebung erzeugt werden. Dazu wurde das Samt-Gewebe mit Hilfe eines Spannrahmens unter Spannung gesetzt und durch Infrarot-Strahlern (IR) mit Wärme behandelt. Die Mittelwerte der erzielten maximalen Zugfestigkeiten F_{max} für die IR-Fixierung des Samtgewebes sind in Abbildung 7 inkl. Standardabweichung gemessen nach DIN EN ISO 13935-1 dargestellt. Als Referenz ist die maximalen Zugfestigkeiten F_{max} einer unbehandelten Probe ebenfalls dargestellt.



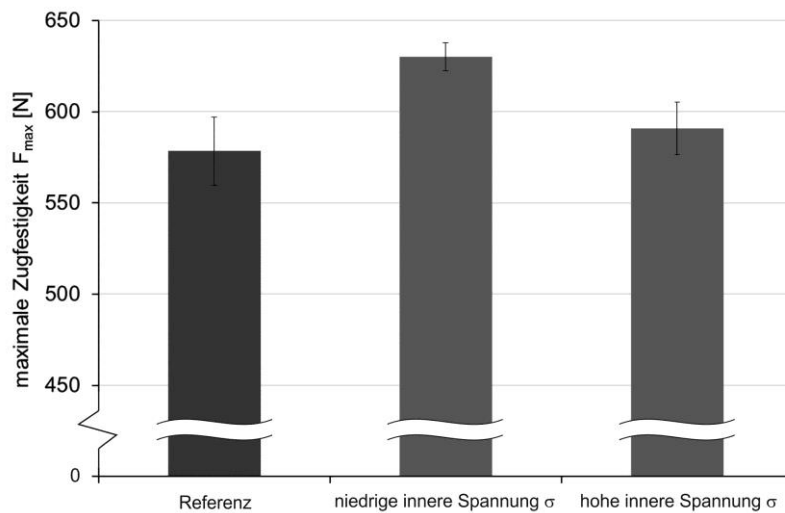


Abbildung 7: Vergleich Thermofixierter zu unbehandelter Probe (IR-Fixierung des Samtgewebes)

Es ist zu erkennen, dass die maximalen Zugfestigkeiten F_{max} der IR-fixierten Samtgewebe größer ist, als bei der unbehandelten Referenzprobe. Eine niedrige innere Spannung σ hat eine Erhöhung der maximalen Zugfestigkeiten F_{max} um 8 % im Vergleich zur Referenzprobe verursacht. Die maximalen Zugfestigkeiten F_{max} wurde – bei einer eingestellten hohen inneren Spannung σ – nur minimal erhöht.

Das Monofilament-Gewebe wurde mit der Fixiermaschine CC 600 der Firma Kannegiesser, Vlotho, thermofixiert. Die Fixierung des Materials findet durch Wärmeleitung und anschließendem Druckaufbringung durch Druckwalzen in der Maschine statt. In Abbildung 8 sind die erreichten maximale Zugfestigkeit F_{max} der Monofilament-Gewebe bei unterschiedlichen Temperaturen aufgetragen.

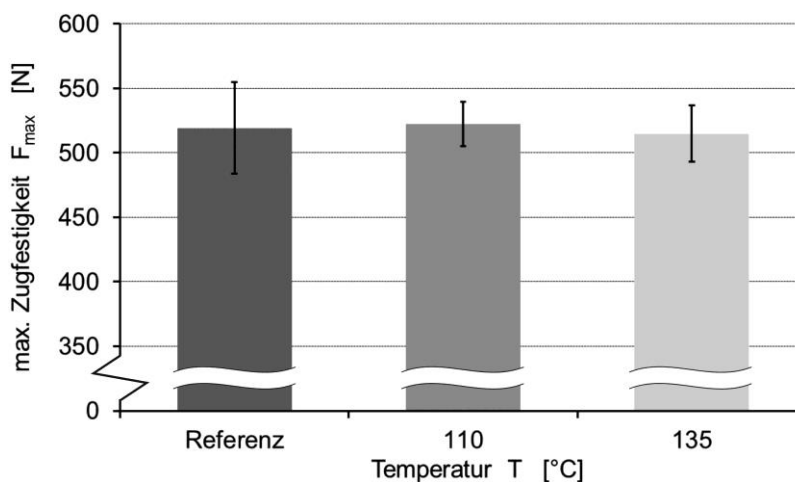


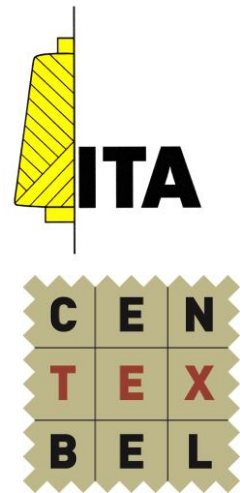
Abbildung 8: Temperaturabhängigkeit der maximalen Zugfestigkeit

Bei dem Vergleich der gemittelten maximalen Zugfestigkeit F_{max} zwischen der unbehandelten Referenzprobe und einer Temperatureinstellung ist keine eindeutige Tendenz erkennbar. Alle Abweichungen liegen innerhalb der Standardabweichung. Folglich kann darauf geschlossen werden, dass die maximale Zugfestigkeit F_{max} für thermofixierte Monofilament-Gewebe nicht von der Temperatur des Fixiervorgangs abhängt.

Zusammenfassung

Die Ergebnisse zeigen, dass es grundsätzlich möglich ist, Polyolefin-Garne herzustellen und diese zu verarbeiten. Es konnten Filamente hergestellt werden. Allerdings weisen diese Filamente noch erheblich geringere Festigkeiten im Vergleich zu alternativen Materialien auf. Eine Verarbeitung des Materials im industriellen Maßstab konnte aufgrund der Materialeigenschaften nicht durchgeführt werden. Ein Nähgarn konnte aus dem Polyolefin-Material erzeugt werden. Dabei traten Fadenbrüche im Nähprozess bei hohen Spannungsspitzen während des Nähvorgangs auf. Eine automatisierte Vernähbarkeit des Nähgarns konnte nicht erzielt werden. Bei hohen Spannungen im Nähgarn während des Nähprozesses riss der Faden. Per Hand hergestellte Nähte wiesen eine geringe Festigkeit im Vergleich zu alternativem Nähmaterial auf. Die Verarbeitbarkeit des Materials für textile Flächen wurde nachgewiesen. Mit kleinen Anpassungen ist eine Verarbeitbarkeit auf Webmaschinen sowie Strickmaschinen ohne starke Einschränkungen möglich. Die thermische Fixierung der Gewebe durch IR-Strahlung hat eine nur leichte Festigkeitssteigerung erzeugt.

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass der grundsätzliche Einsatz von Polyolefin als schmelzbindender Faserstoff in der Textiltechnik gegeben ist. Die beschriebene Limitation in der Verarbeitung liegen vornehmlich in den Materialeigenschaften. Falls eine Materialkombination gefunden werden kann, bei dem die Schmelzbereiche eine größere Temperaturdifferenz aufweisen, so kann eine Verarbeitung zu Nähgarn sowie eine Fixierung des Nähgarns realisiert werden. Ein Einsatz von Kompatibilisatoren kann die Spinnbarkeit des Materials im industriellen Maßstab bei hohen Produktionsgeschwindigkeiten ($v \geq 2.500$ m/min) ermöglichen. Eine solche hohe Produktionsgeschwindigkeit ist eine Grundvoraussetzung, um eine kosteneffiziente Anwendung des Materials in textilen Produkten zu gewährleisten.



Danksagung

Das IGF-Vorhaben 56 EN/1 der Forschungsvereinigung Forschungskuratorium Textil e.V., Reinhardtstraße 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 eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Kontakt

Institut für Textiltechnik der RWTH Aachen Universität
Dr.-Ing. Volker Niebel
Tel.: +49 (0)241 / 80 – 234 20
Email: volker.niebel@ita.rwth-aachen.de