

Modifizierung von Flachfasern zur Eigenschaftsverbesserung von Compounds mit Thermoplasten – „FlaxHemPlast“

Marcel Meub, Roland Klein*

Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF, Bereich Kunststoffe, Schlossgartenstraße 6, 64289 Darmstadt

*) Email:roland.klein@lbf.fraunhofer.de

Einleitung

Eine bedeutende Anwendung erneuerbarer Ressourcen ist deren Einsatz in Leichtbau-Verbundwerkstoffen mit Naturfasern als Verstärkung für Kunststoffbauteile. Hierbei geht es vor allem um Kosten-, Rohstoff- und die damit zusammenhängende Energieeinsparung – etwa im automobilen Bereich. Naturfasern zeichnen sich gegenüber Glas- und Kohlefasern durch ihre niedrige Dichte aus. Daher werden beispielsweise Autotüren mit naturfaserverstärkten Kunststoffen ausgekleidet; diese wirken zudem akustisch dämpfend. Die Trends der Kunststoffforschung lassen überdies offenkundig eine Tendenz vom reinen Profitgeschäft zur Nachhaltigkeit erkennen. Abgesehen von der Tatsache, dass sich das Forschungsinteresse meist an Problemstellungen von Unternehmen orientiert, zeigen jüngste Prozessentwicklungen und -optimierungen, dass dieser Trend nicht nur durch die aufkommende Rohölknappheit, sondern auch durch ein aufkeimendes ökologisches Verantwortungsbewusstsein bedingt ist. Überdies werden auch immer mehr Firmen mit „grünem“ Hintergrund gegründet. Dazu gehört beispielsweise die bereits seit 1998 bestehende TECNARO GmbH, welche mit der Herstellung von ARBOFORM® – einem Naturfaserverstärkten Thermoplast auf Ligninbasis – ein breites Anforderungsspektrum abdecken kann. Besonders interessant ist hierbei nicht nur, dass die hierfür benötigten Materialien auf nachwachsenden Rohstoffen basieren, sondern auch, dass dabei Rohstoffe eingesetzt werden, die im Überfluss vorhanden sind. Anders als in Deutschland wird zum Beispiel Flachs in Ländern wie Belgien großflächig angebaut. Interessen und Ziele von ansässigen Gruppen wie dem Allgemeinen Belgisch Vlasverbond – einer Vereinigung aus Flachserzeugern, -verarbeitern und -vertreibern – zeigen, dass dort für Produkte aus dem Flachssektor stetig neue Anwendungen gesucht werden. Eine in diesem Zusammenhang bislang nur wenig untersuchte Anwendung ist die Nutzung kurzgeschnittener Flachsfasern als Verstärkungstoff in thermoplastischen Kunststoffen.

Ziel des Projektes

Natürliche Rohstoffe werden als Alternative zu synthetischen Stoffen auf Rohölbasis aus verschiedenen Gründen auch für die chemische Industrie immer wichtiger. Hierbei spielen vor allem die Verarmung der Rohstoffbasis Erdöl und die Schärfung des Umweltbewusstseins im Zuge der Grünen Bewegung eine wichtige Rolle. Nachhaltige Rohstoffe werden beispielsweise als Füll- und Verstärkungstoffe in Compounds bereits industriell verwendet. Um Preiswerte Produkte anbieten zu können, werden als Kunststoffmatrix dafür häufig Polyolefine eingesetzt, die den größten Anteil an produzierten und verwendeten Kunststoffen darstellen. Aufgrund des hydrophoben Charakters kommt es dabei allerdings zu Problemen in der Verträglichkeit mit den hydrophilen Naturprodukten. Auf die Kunststoffmatrix wirkende mechanische Kräfte können beispielsweise aufgrund der niedrigen Faser-Matrix-Adhäsion nicht ohne weiteres auf eincompoundierte Naturfasern übertragen werden, um deren spezifische Eigenschaften für die Stabilität des Compounds zu nutzen. Darüber hinaus sorgt die Wasseraufnahme der Fasern für Probleme. In beiden Fällen resultiert daraus ein Verlust der mechanischen Eigenschaften. Weitere Fragestellungen, die in diesem Kontext bislang noch nicht systematisch untersucht wurden, sind unter anderem der Schneidprozess der langen Flachfasern zu einem dosierfähigen Material sowie die Dosierung der Fasern selbst. Auch Informationen zu geeigneten Prozessparametern sowie Zusammenhänge zwischen Rezeptur, Verarbeitungsbedingungen und finalen Produkteigenschaften waren bislang nur wenig untersucht. Aus diesem Grund wurden diese offenen Punkte im Rahmen des CORNET-Projektes „FlaxHemPlast“ eingehend erforscht. Das Konsortium setzte sich aus den belgischen Partnern Celabor (Vervier) Flanders' Plastic Vision (Kortrijk) und KHBO (Oostende) sowie den deutschen Partnern IKV (Aachen) und Fraunhofer LBF (Darmstadt) zusammen. Dabei ging es in erster Linie darum, die Nachteile gegenüber kommerziell eingesetzten Stoffen auszugleichen und die Verwendung von biobasierten Produkten für die Anwendung attraktiver zu gestalten.

Die Aufgabe des Fraunhofer LBF war dabei, die Verträglichkeit zwischen Faser und Matrix zu verbessern und die Feuchteaufnahme der Fasern zu reduzieren. Stand der Technik ist dabei die Zugabe von Maleinsäureanhydrid gepfropften Polypropylenen als Haftvermittler zwischen unpolare Matrix und polare Faser. Dies führt üblicherweise zu einem deutlichen Anstieg der Belastbarkeit von naturfaserverstärktem Polypropylen, da die hydrophilen Maleinsäure-Gruppen mit den Hydroxyl-Gruppen der Fasern reagieren und dabei die angehängte Polypropylen-Kette aufpfropfen können. Diese wiederum kann mit der Matrix verschlaufen und die Kette in selbiger verankern. Allerdings wird dieser Haftvermittler durch die Zugabe als Granulat in der gesamten Matrix verteilt. Dies bedeutet, dass einerseits eine große Anzahl an funktionellen Gruppen unwirksam bleibt und darüber hinaus auch eine Veränderung der mechanischen Eigenschaften mit sich bringen kann. Daher sollte im Rahmen des hier vorgestellten Projektes überprüft werden, ob dies durch eine gezieltere Modifizierung der Faser umgangen werden kann. Gleichzeitig sollte untersucht werden, wie sich die Modifizierungen auf die Wasseraufnahme der NFKs auswirken.

Projektergebnisse

Im Rahmen des Projektes wurden deshalb diverse chemische Flachsmodifizierungen vorgenommen, die eine Hydrophobierung der Fasern bewirken sollten. Die so modifizierten Fasern wurden zusammen mit Polypropylen compoundiert und zu Prüfkörpern verarbeitet, die mechanisch geprüft wurden. Die Ergebnisse der mechanischen Prüfungen sind in Abbildung 1 dargestellt.

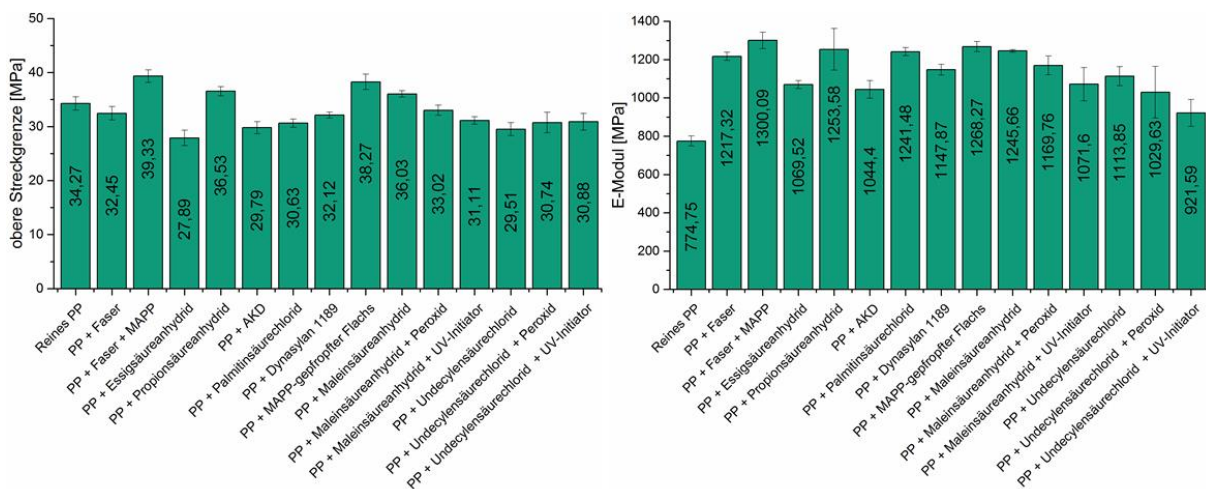


Abbildung 1: Vergleich von Elastizitätsmodul und oberer Streckgrenze bei verschiedener Prüfkörperzusammensetzung. Geprüft werden reines Polypropylen, faserverstärktes Polypropylen, faserverstärktes Polypropylen mit Haftvermittler sowie diverse Compounds mit chemisch modifizierten Fasern.

Offenkundig führt der Einsatz von Flachs als Verstärkungsmaterial zu einem leichten Abfall der oberen Streckgrenze, bedingt gleichzeitig aber einen immensen Anstieg des Elastizitätsmoduls. Durch den Einsatz des kommerziellen Haftvermittlers (MAPP) steigt der Wert für die obere Streckgrenze deutlich an; auch hinsichtlich des Elastizitätsmoduls zeigt sich hierdurch eine weitere Verbesserung. Betrachtet man die Ergebnisse für die durchgeführten Modifizierungen, fällt auf, dass kein Ergebnis der mechanischen Prüfung mit dem des Compounds mit kommerziellem Haftvermittler mithalten kann.

Der Grund hierfür liegt im Prozess der Verarbeitung. Abbildung 2 (links) zeigt die Abnahme der Faserlänge von drei verschiedener Flachstypen während dem Verarbeitungsprozess. Dabei wird die Faserlänge vor und nach dem Compoundieren sowie im Prüfkörper bestimmt. Die Fasern werden hierfür aus der Polymermatrix durch Extraktion wieder zurückgewonnen und deren Längenverteilung vom belgischen Projektpartner Celabor mit Hilfe eines Auswertalgorithmus in einer optischen Methode bestimmt.

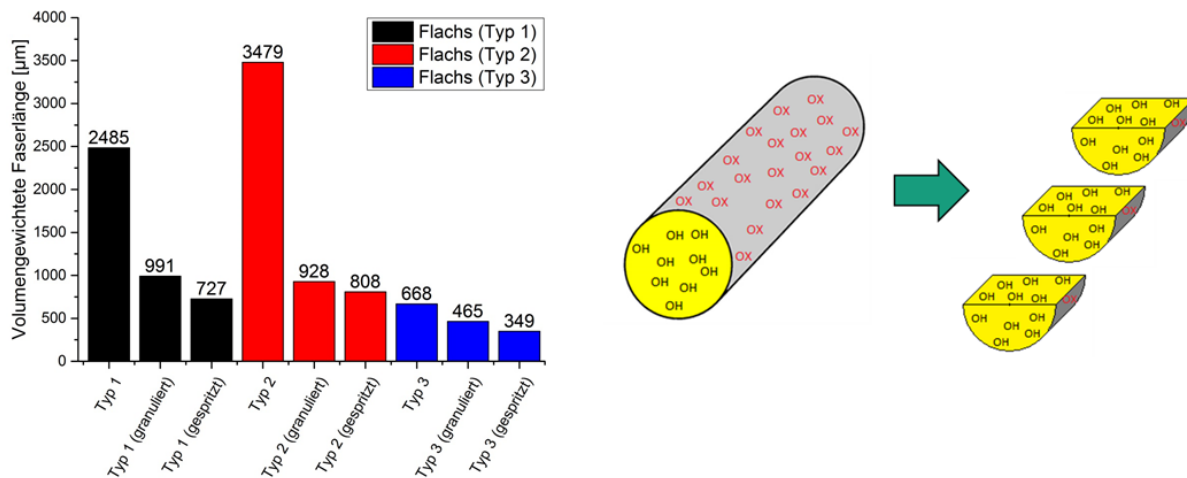


Abbildung 2: Vergleich des Abfalls der Faserlängen durch Extrusion und Spritzguss dreier Flachstypen (links) und Schema zur Bildung neuer Faseroberflächen durch Zerteilung während der Verarbeitung (rechts).

Dabei fällt auf, dass die Faserlänge bereits nach dem ersten Verarbeitungsschritt drastisch abnimmt. Wendet man diese Erkenntnis auf die zuvor erhaltenen Ergebnisse aus den Zugprüfungen an, lässt sich erklären, warum die Modifizierungen im Vergleich mit dem kommerziellen Haftvermittler zu schlechteren mechanischen Eigenschaften führen. Die Fasern werden im ersten Fall vor der Verarbeitung modifiziert. Durch das Zerteilen während der Verarbeitungsschritte werden neue Oberflächen generiert (Abbildung 2, rechts). Durch die Zugabe eines kommerziellen Haftvermittlers kann dieser während der Verarbeitung auf die neuen Oberflächen reagieren, während die Methode der vorherigen Behandlung die neuen Oberflächen unverändert lässt. Letzteres führt dazu, dass ein Großteil der Oberflächen quasi unbehandelt vorliegt, was zu einem Abfall der mechanischen Eigenschaften führt. Dazu kommt die Belastung der Fasern durch Chemikalien und Trocknungsprozessen, welche sich ebenfalls negativ auf die Mechanik auswirken kann.

Abbildung 3 zeigt ferner die Gewichtszunahmen der Compounds und des Polypropylens innerhalb von 2 Wochen in feuchter Umgebung (links) und in Direktkontakt mit Wasser (rechts). Die Proben wurden vorher bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Im Gegensatz zur Mechanik erzielt im Falle des Vergleiches der Wasseraufnahme nicht der Compound mit kommerziellem Haftvermittler das beste Ergebnis. Modifizierungen der Faser mit Maleinsäureanhydrid und Propionsäureanhydrid weisen hier geringere Wasseraufnahmen auf.

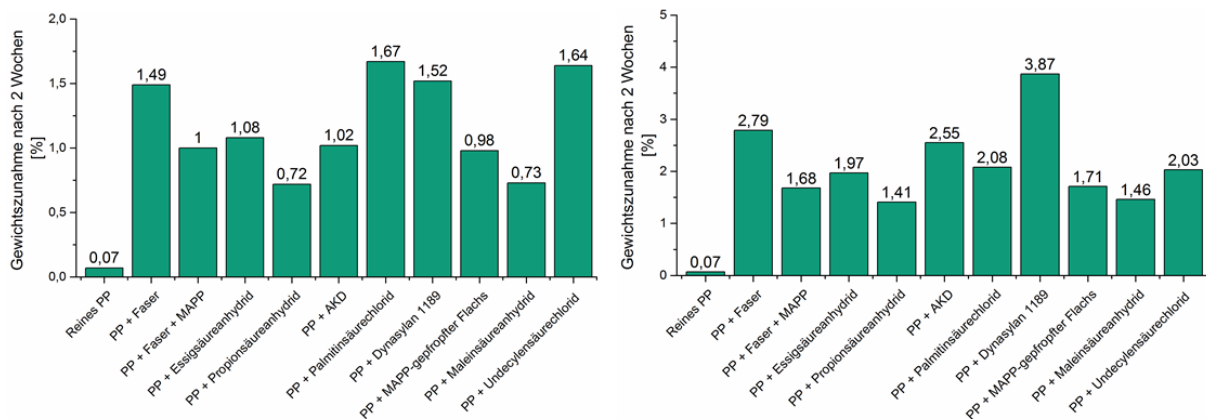


Abbildung 3: Gewichtszunahme der Prüfkörper innerhalb von 2 Wochen in feuchter Umgebung (links) und in Wasser (rechts). Die Proben wurden zuvor bis zur Gewichtskonstanz getrocknet.

Zusammenfassung

Im durchgeführten Forschungsvorhaben wurden Fasern erfolgreich mit diversen chemischen Substanzen modifiziert. Aufgrund von verarbeitungsbedingten Zerteilungen der Fasern konnte jedoch keine chemische Modifizierung mit den mechanischen Eigenschaften des als Referenz verwendeten kommerziellen Haftvermittlers reproduzierbar konkurrieren, da dieser erst bei der Verarbeitung zugegeben wird und so auf die neu erzeugten Oberflächen reagieren kann. Hinsichtlich der Wasseraufnahmereduzierung zeigt sich aber im Vergleich zum kommerziellen Produkt noch Potential, welches in Folgeprojekten genauer untersucht werden sollte.

Quellen

J. Holbery, D. Houston, *Jom* **2006**, 58(11), 80-86.

H. Nägele, J. Pfitzer, E. Nägele, E. Inone, N. Eisenreich, W. Eckl, P. Eyerer, *Chemical Modification, Properties, and Usage of Lignin* **2002**, 101-119.

M. Meub, Dissertation, TU-Darmstadt, in Vorbereitung

Danksagung

Das IGF-Vorhaben 67E der Forschungsvereinigung Kunststoffverarbeitung wurde über die AiF im Rahmen des CORNET Programms vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert. Wir bedanken uns für die finanzielle Unterstützung. Weiterhin bedanken wir uns bei den Mitgliedern des Projektbegleitenden Ausschusses für die intensive Unterstützung.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages