

„Clever verpackt“ – Extrusionsfolien aus biobasierten Kunststoffen für nachhaltige Verpackungsanwendungen

Rostislav Svidler, TU Chemnitz, Professur Strukturleichtbau und Kunststoffverarbeitung (SLK) - Forschungsbereich „Biopolymere und Naturfaserverbunde“ (BNF), rostislav.svidler@mb.tu-chemnitz.de

Sebastian Buschbeck, TU Chemnitz, Professur Strukturleichtbau und Kunststoffverarbeitung (SLK) – Forschungsbereich „Biopolymere und Naturfaserverbunde“ (BNF), sebastian.buschbeck@mb.tu-chemnitz.de

Roman Rinberg, TU Chemnitz, Professur Strukturleichtbau und Kunststoffverarbeitung (SLK) und Leiter des Forschungsbereiches „Biopolymere und Naturfaserverbunde“ (BNF), roman.rinberg@mb.tu-chemnitz.de

Katja Schneider, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. und verantwortlich für das Biopolymernetzwerk, k.schneider@fnr.de

Wachsende Müllberge, steigender Rohölpreis und zunehmendes Umweltbewusstsein der Konsumenten treiben die Industrie an, ihre Produkte umweltfreundlich zu verpacken. Nachwachsende Rohstoffe aus Pflanzen, tierischen Bestandteilen oder aus mikrobieller Erzeugung könnten langfristig konventionelle, fossile Rohstoffe in der Kunststoffproduktion ersetzen. Seit mehr als zehn Jahren sind auf dem deutschen und internationalen Markt Unternehmen präsent, die diverse biobasierte Kunststoffe für zahlreiche Verpackungsanwendungen anbieten. Angesichts der Tatsache, dass der Begriff Biokunststoff nicht eindeutig definiert ist und viele Hersteller ihre biobasierten Produkte als „Black Box“ anbieten, ist es häufig für den Verpackungshersteller kaum nachvollziehbar, wie diese Produkte chemisch aufgebaut und welcher Kunststoffklasse sie zuzuordnen sind. Dies hat zur Folge, dass die verfahrenstechnischen Aspekte, wie z.B. Verarbeitbarkeit zu Folien, Thermoformbarkeit, Bedruckbarkeit, Schweißbarkeit oder Kompatibilität der Folien zu Barrierekunststoffen, kaum objektiv bewertet und miteinander verglichen werden können. Desweiteren fehlen oft zuverlässige Informationen über die lebensmittelrelevanten Barriereigenschaften oder chemische Beständigkeit dieser neuartigen Produkte. Aus der fehlenden Informationsbasis resultieren zwei wesentliche Probleme. Zum einen wird der Einsatz von Biokunststoffen für den Verpackungshersteller wesentlich erschwert und zum anderen die werkstoffimmanenten Vorteile von Biokunststoffen nicht gezielt genutzt. Im Ergebnis sind Biokunststoffe vorrangig in wenig anspruchsvollen Verpackungsanwendungen zu finden, obwohl diese nachhaltigen Materialien das Potential besitzen, in das von Standardkunststoffen dominierte Produktsegment vorzudringen. Ohne eine entsprechende Informationsbasis bleiben das Interesse und die Nachfrage seitens der Industrie gering.

Der Begriff „Biokunststoffe“ ist nicht eindeutig definiert. Im Folgenden werden daher Thermoplaste verstanden, welche aus nachwachsenden Rohstoffen hergestellt sind und/oder die Funktionalität der biologischen Abbaubarkeit aufweisen [1]. So werden für die Untersuchungen die biobasierten „Drop-in“ Polymere (grünes Polyethylen - GreenPE, Polyamid 11 - BioPA 11 und Celluloseacetopropionat - CAP), bioabbaubare biobasierte Kunststoffe (Polylactid - PLA und Polyhydroxybutyrate - PHB) sowie bioabbaubare petrochemisch basierte Kunststoffe (Polybutylenadipatdiphthalat – PBAT, Polybutylensebacatdiphthalat - PBSeT) und ihre Blends (physikalische Mischung von zwei oder mehreren kompatiblen Polymeren) ausgewählt. Durch das Mischen verschiedener Kunststoffe können die Eigenschaften des Compounds gezielt auf die Anforderungen eingestellt werden. Als Beispiel wird PLA zwecks Erhöhung der Bruchdehnung und Schlagzähigkeit häufig mit PBAT und diversen Fülladditiven

sowie anorganischen Zuschlagstoffen geblendet bzw. additiviert [2][3]. Eine geringe Zugabe weiterer Biopolymere (meist unter 5 Gew.-%), wie z.B. Polybutylensuccinat - PBS, Polybutylensuccinatadipat - PBSA oder PHB(V), verbessert die Verträglichkeit von PLA und PBAT sowie die biologische Abbaubarkeit des Blends [4][5]. Die Vertreter dieser Gruppe von Bio-Blends sind am häufigsten auf dem internationalen Markt der Biokunststoffe anzutreffen.

Um einen Beitrag für eine umfassende Informationsbasis zu leisten, werden im vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) über seinen Projektträger Fachagentur Nachhaltige Rohstoffe e.V. (FNR) geförderten Verbundvorhaben „Verarbeitung von biobasierten Kunststoffen und Errichtung eines Kompetenznetzwerkes im Rahmen des Biopolymernetzwerkes der FNR“ von der Professur Strukturleichtbau und Kunststofftechnik (SLK) der TU Chemnitz die Verarbeitbarkeit von marktrelevanten Biokunststoffen im Extrusionsprozess analysiert sowie Eigenschaften erzeugter Folien untersucht. Weitere Forschungspartner im Verbund sind das Fraunhofer-Institut für angewandte Polymerforschung in Potsdam/Golm, das SKZ in Würzburg und das Institut für Biokunststoffe und Bioverbundwerkstoffe der Hochschule Hannover.

Im Vorfeld wird das Fließverhalten der Polymere mittels Messung des Schmelzflussindex (MFI) bestimmt sowie das thermische Verhalten mittels thermischer Gravimetrie (TGA) und dynamischer Differenz Kalorimetrie (DSC) analysiert. Des Weiteren wird im Rahmen der Strukturaufklärung die Infrarotspektroskopie (IR) und in einzelnen Fällen Kernspinresonanzspektroskopie (NMR) eingesetzt.

Zum Zwecke einer materialspezifischen Prozesscharakterisierung werden umfassende Parameterstudien auf einer Folienextrusionsanlage bestehend aus einem Einschneckenextruder der Firma ERMAFA vom Typ E1.60 und einer Chill-Roll-Anlage der Firma Collin GmbH vom Typ 168/250/250 durchgeführt. Der Extruder hat einen Schneckendurchmesser von 60 mm, Schneckenlängenverhältnis von 31 (L/D) und 6 Heizzonen. Auf dem Extruder ist über einen beheizbaren Adapter eine Breitschlitzdüse (350 mm) mit manueller Flexlippenverstellung angebaut. Diese besitzt ein speziell ausgelegtes Kleiderbügel-Verteilersystem mit ausgeglichenen Druckverhältnissen über die Breite. Die Chill-Roll-Anlage verfügt über eine mit Öl/Wasser temperierbare Walzengruppe sowie eine Abzug- und Wickleinrichtung. Mit dieser Anlage kann industrielle Folienproduktion mit kommerziell erhältlichen Biokunststofftypen im Labormaßstab äquivalent abgebildet und beurteilt werden.

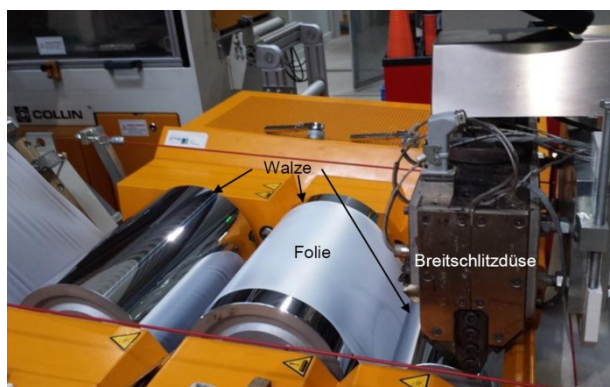


Abbildung 1: Chill-Roll-Anlage der Firma Collin GmbH vom Typ 168/250/250

Die Verarbeitungsanalyse fokussiert die Ermittlung prozessbestimmender Parameter, wie z.B. optimale Schmelztemperatur, Temperatur der Kalenderwalzen sowie uniaxiales Verstreckverhältnis der Folien. Darüber hinaus werden Experimente hinsichtlich der Anhaftung der Folienbahn an polierten bzw. matten Kalenderwalzen in Abhängigkeit der Walzentemperatur und Drehgeschwindigkeit durchgeführt sowie Maßnahmen zur Reduzierung der Bahnfehler mittels

Parameteroptimierung validiert.

Die hergestellten Folien wurden mittels ausgearbeiteter Methodik qualitativ bewertet. Die Bewertungskriterien umfassen die Verarbeitbarkeit des Biokunststoffes, Reproduzierbarkeit der Folienqualität sowie organoleptische Eigenschaften des fertigen Halbzeugs. Zur Charakterisierung der mechanischen Eigenschaften hergestellter Flachfolien wird der Zugversuch nach DIN ISO 527-3 angewendet. Die freie Oberflächenenergie wird nach DIN ISO 55660-1/2 mittels eines videogestützten optischen Kontaktwinkelmessgerätes bestimmt, die zur Beurteilung der Bedruckbarkeit, der Kompatibilität zu anderen Kunststoffen sowie der Schweißbarkeit von Kunststofffolien verwendet wird.

Ausgewählte Ergebnisse der mechanischen Prüfung sind in Abbildungen 2 und 3 zusammengefasst. Die getesteten Biokunststoffe und Blends können prinzipiell in zwei Gruppen unterteilt werden. Zu der ersten Gruppe gehören biobasierte Polyester wie PLA (Ingeo PLA-Typen), PHB (Mirel P4001) und Blends auf PLA-Basis (Bioflex A4100CL, Ecovio T2308) sowie BioPA 11(Rilsan BESN TL) und CAP (Cellidor 300-13), die relativ hohe E-Module und niedrige Bruchdehnungen aufweisen (Abbildung 2). Die mechanischen Eigenschaften, BioPA 11 und CAP ausgenommen, liegen je nach Kunststoff im Bereich der Standardkunststoffe, wie PP, PS oder amorphem PET und besitzen das Potential diese in ausgewählten Anwendungen zu substituieren. Aus den Materialien werden derzeit vorwiegend Verpackungsfolien, Trinkbecher für Kaltgetränke, Tragetaschen oder Cateringprodukte hergestellt. Einige dieser Biokunststoffe, wie beispielsweise Ingeo PLA oder Ecovio T2308, besitzen lebensmittelrechtliche Zulassung und können je nach geforderten Permeabilitätswerten als Einzel- oder Mehrschichtfolie für thermogeformte Lebensmittelverpackungen eingesetzt werden.

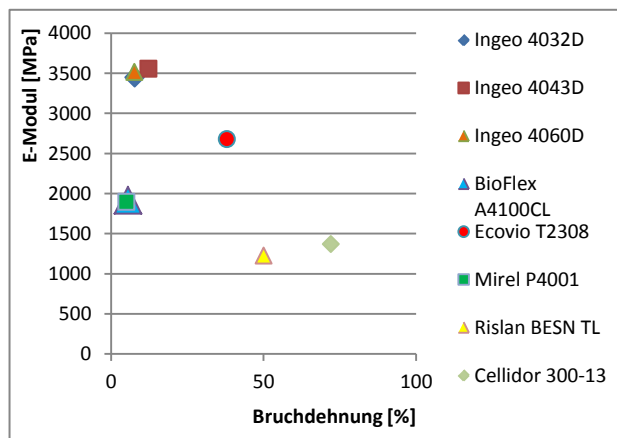


Abbildung 2: Mechanische Eigenschaften untersuchter Biokunststoffe, Gruppe 1

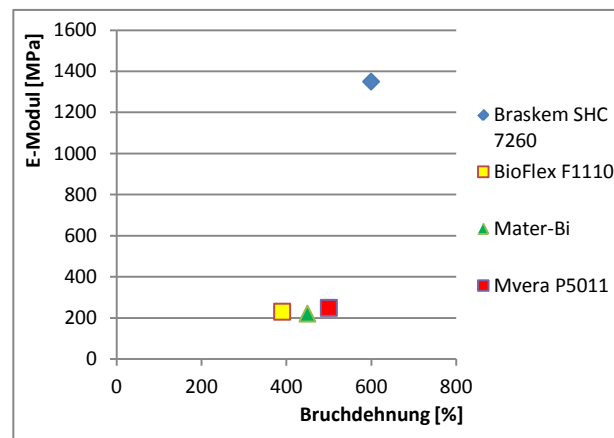


Abbildung 3: Mechanische Eigenschaften getesteter Biokunststoffe, Gruppe 2

Zu der zweiten Gruppe gehören Produkte mit niedrigem E-Modul, großer Bruchdehnung und hoher Tieftemperaturzähigkeit (Abbildung 2). Diese flexibel eingestellten Bio-Blends sind grundsätzlich im industriellen Kompost biologisch abbaubar und können konventionelle Polyethylene niedriger Dichte LDPE in zahlreichen kurzlebigen Anwendungen ersetzen. Der wichtigste Absatzmarkt für diese Kunststoffe sind derzeit dünne Hemdchenbeutel, kompostierbare Müllsäcke, Tragetaschen oder Luftpolsterfolien zur Verpackung stoßempfindlicher Gegenstände. Dank dem günstigen Eigenschaftsprofil und in Kombination mit anderen Polymeren ist der Einsatz dieser tieftemperaturzähen Biokunststoffe als



TECHNISCHE UNIVERSITÄT
CHEMNITZ



Verpackung für Tiefkühlkost denkbar. Darüber hinaus können auch atmungsaktive und wasserdichte „Backsheet“-Folien hergestellt werden, die beispielsweise in Windeln oder Damenhygiene Einsatz finden.

Weitere Informationen zu den Arbeiten der Professur Strukturleichtbau und Kunststofftechnik (SLK) der TU Chemnitz sowie Ansprechpartner finden Sie unter <http://www.leichtbau.tu-chemnitz.de/projects/biokunststoffe/content.php?id=270>.

Informationen und Ansprechpartner zum Verbundvorhaben sind in der Projektdatenbank der FNR auf www.fnr.de, Menü Projekte & Förderung unter den Förderkennzeichen 22017911, 22022512, 22022612 und 22022712 zu finden. Aktivitäten und Ergebnisse aus dem Verbundvorhaben werden auf den Internetseiten des Biopolymernetzwerkes bei der FNR www.biopolymernetzwerk.fnr.de veröffentlicht.

Stand: Oktober 2015

Literatur:

- [1] Endres, H.-J.; Siebert-Raths, A.: Technische Biopolymere – Rahmenbedingungen, Marktsituation, Herstellung, Aufbau und Eigenschaften. Hanser, München 2009
- [2] Fakirov, S.; Bhattacharyya, D.: Handbook of Engineering Biopolymers. Homopolymers, Blends and Composites. Hanser, München 2007
- [3] Zweifel, H.; Maier, R. D.; Schiller, M.: Plastics Additives Handbook. Hanser, München 2009
- [4] Pivsa-Art, W. et al.: Preparation of polymer blends between poly(lactid acid) and poly(butylene adipate-co-terephthalate) and Biodegradable polymers as compatibilizers. Energy Procedia 34, 2013; 549-554
- [5] Sarazin P. et al.: Binary and ternary blends of polylactide, polycaprolactone and thermoplastic starch. Polymer 2008; 49:599.