

# Bioverpackungen wiederverwerten

**Recycling.** Verbrennung und Kompostierung sind nicht die einzigen Entsorgungsoptionen für Verpackungskunststoffe aus nachwachsenden Rohstoffen. Ein lösemittelbasiertes Verfahren bietet neue Ansätze für das Recycling von Packstoffen aus Polylactid.

**TANJA SIEBERT  
MARTIN SCHLUMMER  
ANDREAS MÄURER**

**P**olylactid (PLA) ist ein wichtiger Werkstoff für den zukünftigen Kunststoffmarkt. Grund dafür ist, dass PLA aus einem nachwachsenden Rohstoff gewonnen wird. Somit werden die limitierten und im Preis steigenden fossilen Ressourcen eingespart. In den letzten Jahren sind die Produktionskapazitäten für PLA um mehr als das Dreifache gestiegen. Prognosen bis 2016 sehen zudem eine weitere Steigerung des Bedarfs an PLA und deren Blends um das 1,6 fache [1]. Besonders im Bereich der kurzlebigen Produkte, wie Verpackungen (Becher, Schalen, flexible Folien) und Cateringprodukte (Teller, Becher, Besteck) konnte sich der Werkstoff PLA etablieren.

Momentan stehen PLA-Verpackungen in der Kritik, da sie am Ende der Gebrauchsphase zum größten Teil weder mengenmäßig erfasst noch wiederverwertet werden. In der Praxis werden polylactidhaltige Verpackungsabfälle bislang mit dem Dualen System Deutschland (DSD) über den Gelben Sack erfasst. Auf-

**ARTIKEL ALS PDF** unter [www.kunststoffe.de](http://www.kunststoffe.de)  
Dokumenten-Nummer KU111382



**Mögliche Beschaffenheit des PLA-Papierverbund-Bechers bei Anknunft in der Sortieranlage**  
(Bild: Fraunhofer IVV)

grund der noch zu geringen Mengen von PLA im Abfallstrom werden diese nicht sortenspezifisch mittels Nahinfrarot-Technik (NIR) zurückgewonnen, sondern landen in der Mischkunststoffraktion. Mit dieser werden sie zu Ersatzbrennstoffen verarbeitet und dienen in Zementwerken als Ersatz von fossilen Brennstoffen oder gelangen mit anderen Sortierresten in die Müllverbrennungsanlagen. Doch auch die Recyclingbranche sieht den Werkstoff PLA kritisch und bezeichnet ihn sogar als Störstoff, welcher den Recyclingstrom von Polyethylenterephthalat (PET) und Polystyrol (PS) behindert.

## Das Ziel

Die aktuellen Arbeiten am Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung IVV, Freising, zielen auf die hochwertige Wiederverwertung des PLA. Dabei sind aufgrund der steigenden PLA-Abfallmengen nicht nur die Entsorgungs- und Recyclingoptionen von PLA selbst zu betrachten, sondern auch mögliche Einflüsse des PLA auf Verwertungswege anderer Kunststoffe zu untersuchen. Deshalb beschäftigen sich die Mitarbeiter des Fraunhofer IVV mit der gesamten Prozess-Kaskade einer PLA-

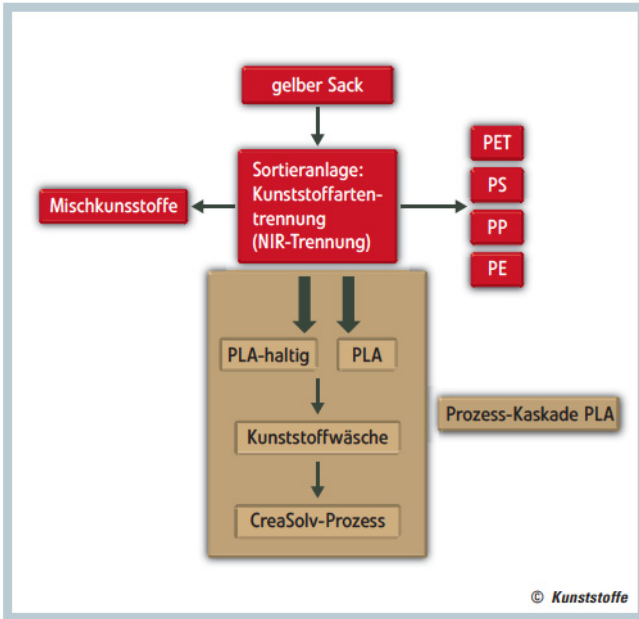
Aufbereitung (Bild 1) und stellen dazu verschiedene Untersuchungen an. Ziel ist es, PLA vollständig von anderen Wert- und Reststofffraktionen zu trennen. Das beinhaltet die Identifizierung von reinem PLA und PLA-haltigen Fraktionen, welche PLA-Verbunde oder Blends mit einschließen. Diese sind dann Ausgangspunkt für weitere Separations- und Reinigungsprozesse zur Erzeugung hochwertiger Rezyklate.

Durch die ansivierte Lösung werden hochwertige Produkte im Bereich der Non-Food-Packmittel und Konsumgüter generiert. Diese Rezyklate können zudem hohe Marktpreise erzielen und die in der Verpackungsverordnung priorisierte Wiederverwertung erfüllen. Gleichzeitig wird eine ökologisch und ökonomisch nachhaltigere Produktion von Kunststoffverpackungen forciert. Durch die Mehrfachverwendung von PLA-Werkstoffen kann



## **i** Kontakt

**Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackungen (IVV)**  
D-85354 Freising  
TEL +49 8161 491-120  
→ [www.ivv.fraunhofer.de](http://www.ivv.fraunhofer.de)



**Bild 1. Prozesskaskade einer PLA-Aufbereitung**

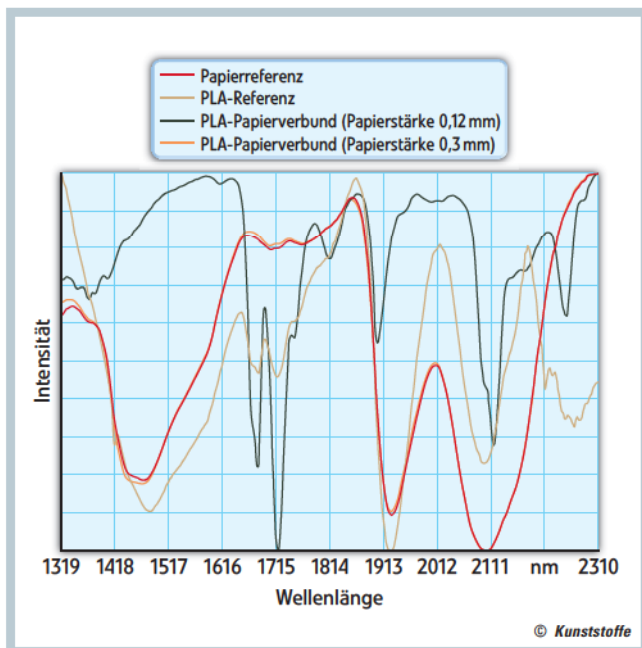
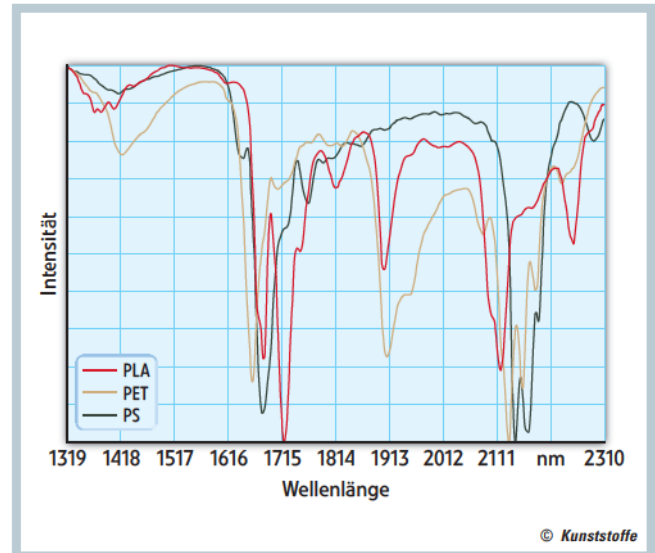
(Bild: Fraunhofer IVV)

die Flächen- und Rohstoffeffizienz der zur PLA-Produktion eingesetzten nachwachsenden Rohstoffe signifikant erhöht werden.

### Sortier- und Waschprozess

Die Sortierung mittels Nahinfrarot (NIR) ist neben der Schwimm-Sink-Trennung eine der wichtigsten Aufbereitungstechnologien für Verpackungsabfälle. Ziel ist es möglichst reine Kunststofffraktionen für ein hochwertiges Recycling zu generieren. Zur Identifizierbarkeit von PLA hat das Fraunhofer IVV bei der Firma S+S Separation and Sorting Technology GmbH, Schönberg, Sortierversuche mittels NIR-Technik durchgeführt. Dabei

**Bild 2. NIR-Spektren von PLA, PET, PS**  
(Bild: S+S)



**Bild 3. NIR-Spektren eines PLA-Papierverbunds in unterschiedlicher Dicke** (Bild S+S)

zeigte sich erwartungsgemäß, dass PLA charakteristische Merkmale im NIR-Spektrum aufweist und sich von anderen Verpackungskunststoffen wie z. B. PET und PS unterscheiden lässt (Bild 2).

Desweiteren wurde die Detektierbarkeit von PLA-Papierverbunden und PLA-Blends untersucht. Das Titelbild zeigt verschiedene Beschaffenheiten eines Bechers bei der Sortierung. Da die Leichtverpackungen aus Platzgründen bei der Sammlung gepresst werden, kann es dazu kommen, dass die Papierseite des PLA-Papierverbunds bei der Detektion eine große Fläche einnimmt und deshalb das zur Sortierung maßgebliche Spektrum liefert.

Dazu wurden NIR-Spektren eines PLA Bechers sowohl von der Papierseite als auch von der PLA Seite analysiert. Becher mit 0,12 mm und 0,3 mm Papierdicke

dienten zur Untersuchung. Die NIR-Ergebnisse des von der Papierseite vermessenen Papier-PLA Verbunds (Bild 3) zeigen eine Abhängigkeit von der Wandstärke des Papiers auf. Demnach ergibt sich ein Mischspektrum für die Papierstärke 0,12 mm. Bei einem solchem Mischspektrum kann das NIR-Gerät das Material als PLA-haltige Fraktion erkennen. Bei dem PLA-Verbund mit der Papierstärke 0,3 mm hingegen ergibt sich ein Spektrum, welches der Papier-Referenz gleicht. Das Material wird als Papier erkannt und gelangt nicht in die PLA-Fraktion. Aber auch bei der NIR-Messung von der PLA-Seite zeigte sich, dass das Papier im Hintergrund das PLA-Spektrum stört. So ergab sich für den Becher mit der höheren Papierstärke ein Mischspektrum und mit der geringeren Papierstärke (0,12 mm) ein typisches PLA-Spektrum.

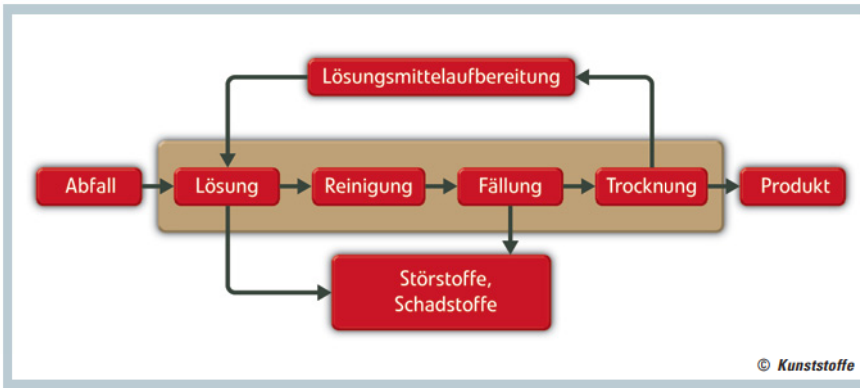


Bild 4. Darstellung des Prozessschemas des CreaSolv-Verfahrens (Bild: Fraunhofer IVV)

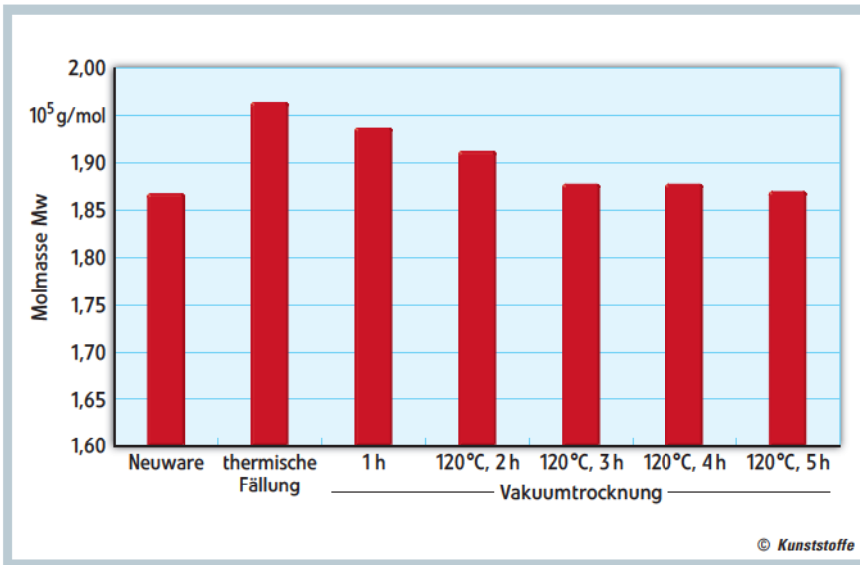


Bild 5. Molmassenerhalt und Aufbau von PLA bei verschiedenen Löse-/Fäll- und Trocknungsbedingungen mittels CreaSolv-Prozess (Bild: Fraunhofer IVV)

Von der PLA-Seite wurden beide Becher aber noch als PLA-Fraktion erkannt [2].

Auch die Detektierbarkeit von PLA-Blends wurde untersucht. Einige wurden als PLA erkannt und einige andere nicht. Es ist anzunehmen, dass die verschiedenen Erkennungsraten der PLA-Blends durch einen unterschiedlichen Verblendungsgrad zu erklären sind [2].

Der Waschprozess einer PLA-Reinfraktion und einer PLA-haltigen Fraktion wird momentan am Fraunhofer IVV untersucht. Dabei werden die Untersuchungen an die bisherigen Waschprozesse für Polykondensate (z. B. PET) angelehnt.

### Lösemittelbasiertes Recycling

Besonders aussichtsreich erscheint der Einsatz des lösemittelbasierten Recyclings. Das am Fraunhofer IVV, entwickelte und bereits patentrechtlich geschützte Verfahren ist als CreaSolv-Prozess bekannt (eingetragene Marke der Creacycle GmbH, Grevenbroich) [3]. Dieses Verfahren hat gegenüber etablierten mechani-

schen Recyclingverfahren den Vorteil, dass es mit dem selektiven Auflösen des Zielkunststoffs sowohl ungelöste Fremdpolymere (z. B. PLA-Blend oder Verbundbestandteile) als auch Nicht-Kunststoffe (Papier, Metalle) abtrennt. Es ist besonders für vermischte Abfälle und Verbunde geeignet. Der Prozess beinhaltet als einziger auch Reinigungsstufen für lösliche Verunreinigungen wie z. B. Abbau-

produkte, Oligomere oder unerwünschte Alt-Additive. Er liefert dadurch eine Lösung gereinigter Makromoleküle, deren Größe und Molmassenverteilung nachweislich der ursprünglichen Neuware entspricht. Dieses hat sich für konventionelle Thermoplasten (z. B. Polystyrol (PS), Polyethylenterephthalat (PET), Polypropylen (PP), Polyethylen (PE), Polyamide (PA), Acrylnitril-Butadien-Styrol (ABS)) bereits bewährt. Der Prozess erzeugt aus kontaminierten und heterogenen Abfällen sehr reine und hochwertige Polymerrezyklate.

Der Prozess lässt sich in vier verfahrenstechnische Hauptschritte unterteilen, welche Lösung, Reinigung, Fällung und Trocknung des Kunststoffs umfassen (Bild 4). Die Rezyklate sind anschließend auf herkömmlichen Kunststoffverarbeitungsanlagen zu neuen Kunststoffteilen verarbeitbar. Verwendet werden spezielle, hochsiedende Lösungsmittel-Formulierungen, die den Zielkunststoff selektiv lösen und in einem geschlossenen Kreislauf regeneriert werden. Eingesetzt werden dazu sichere, kennzeichnungsfreie Flüssigkeiten.

Erste Untersuchungen im Labormaßstab zeigen, dass durch geeignete Prozessführung (d. h. Löse-, Fäll- und Trocknungsbedingungen) und Lösemittelformulierungen die Molmassen des PLA erhalten und teilweise sogar aufgebaut werden (Bild 5). Farbliche Veränderungen konnten bei diesen Bedingungen vermieden werden (Bild 6). Desweiteren wurde die Selektivität des Lösungsmittel gegenüber etablierten petrobasierten Verpackungstoffen (PE, PP, PET, PS) überprüft und bestätigt [4].

### Ausblick

Weitere Untersuchungen zur Detektierbarkeit von PLA-Blends und Verbunden mittels NIR sind notwendig, um gut de-



Bild 6. MFR-Strang rezykliertes PLA (Bild: Fraunhofer IVV)

finierte PLA und PLA-haltige Fraktionen zu erzeugen. Auch weitere Untersuchungen des Waschprozesses sind notwendig, um ein hochwertiges Recycling zu garantieren. Die Erkenntnisse aus dem Labormaßstab werden dann auf der Pilotanlage am Fraunhofer IVV in Freising in den kleintechnischen Maßstab übertragen.

Neben der Molmassenanalyse soll die Rezyklatqualität in Kooperation mit dem Fraunhofer-Institut für Holzforschung, Wilhelm-Klauditz-Institut, WKI in Braunschweig, Anwendungszentrum Hofzet, auch durch rheologische Untersuchungen und mechanische Kennwerte belegt werden. Somit lassen sich für

das PLA-Rezyklat letztendlich maßgeschneiderte Anwendungsgebiete definieren. ■

**LITERATUR**

- 1 IfBB – Institute for Bioplastics and Biocomposites; Hochschule Hannover – University of Applied Sciences and Arts: Market statistics/ by groups of bioplastics 2012, 2016. URL: <http://ifbb.wp.hs-hannover.de/downloads/index.php?site=Statistics> (17.05.2013)
- 2 Polz, S.: Marktbetrachtung von Polylactid-haltigen Verpackungen hinsichtlich Entsorgungs- und Recyclingoptionen. Bachelorarbeit TU München 2012
- 3 Mäurer, A. und Schlummer, M.: Good as new. Recycling plastics from WEEE and packaging wa-

- ste . Waste Management World, 3 (2004), S.33-43
- 4 Widmann, N.: Untersuchung zum lösemittelbasierten Recycling von Polylactid. Masterarbeit Hochschule Fulda 2013

**DIE AUTOREN**

M. SC. TANJA SIEBERT ist als wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Abteilung Verfahrensentwicklung Polymer-Recycling am Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung IVV, Freising, tätig.

DR. MARTIN SCHLUMMER, ist als wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung Verfahrensentwicklung Polymer-Recycling am Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung IVV, Freising, tätig.

DR. ANDREAS MÄURER leitet die Abteilung Verfahrensentwicklung für Polymer-Recycling am Fraunhofer IVV in Freising.



**Diese Tüte besteht aus einem kompostierbaren Kunststoffe, denn sie wurde aus biobasierten Rohstoffe hergestellt**

(Bild: BASF)

## Kompostierung regional

**Biokunststoffe.** Ist der Eimer für Biomüll zu Hause einmal voll, gilt es die meist triefenden, stinkenden und halb verwesenen Abfälle in die Mülltonne zu transportieren. Dafür hat die BASF SE, Ludwigshafen einen Biobeutel aus dem kompostierbaren Kunststoff ecovio FS entwickelt. Die Beutel versprechen, Bioabfälle sauber, unkompliziert und hygienisch zu sammeln und zu entsorgen. Auch Geruchsbelästigung und Ungezieferbefall werden vorgebeugt. Damit entfällt das Schrubben des Sammelbehälters in der Küche, denn auf Grund der sehr guten Nassfestigkeit der Tüten sickert keine Flüssigkeit aus Obstresten durch. Der Beutel bleibt stabil.

Das Bio-Material besteht aus dem teilweise biobasierten ecoflex FS und Polylactid (PLA). Durch diese Kombination bestehen die Tüten überwiegend aus nachwachsenden Rohstoffen. Wie der Bioabfall selbst werden die Biomüllbeutel von

Mikroorganismen mithilfe von Enzymen abgebaut. Entscheidend für diesen Abbau ist nicht die Herkunft der Rohstoffe sondern nur die Struktur des Materials.

Am Ende der Kompostierung haben die Mikroorganismen die Tüten vollständig zu Kohlendioxid, Wasser und Biomasse umgesetzt. Laut Hersteller kann dies ein Vorteil für die Abfallverwertung sein, denn die Entsorgungsunternehmen müssten die Tüten nicht aufwändig aussortieren. Zusammen mit dem übrigen Bioabfall werden die Tüten zu wertvollem Kompost. So können sie dabei helfen, den Bioabfallanteil in der grauen Tonne zu verringern, die Umwelt zu schonen und zudem die Kosten für die Entsorgung des Restmülls zu senken.

Zur Abfallverwertung auf dem heimischen Gartenkompost sind die Tüten nicht geeignet. Industrielle Kompostierungsanlagen bieten jedoch die notwen-

digen Bedingungen für einen rückstandslosen Abbau. So gestattet der Wirtschaftsbetrieb Ludwigshafen in Abstimmung mit der GML Abfallwirtschaftsgesellschaft mgH für Ludwigshafen ab sofort die Verwendung von Biomülltüten aus ecovio für die Entsorgung in der Biotonne.

Eine umfangreiche Testreihe im Biokompostwerk Grünstadt hatte bereits Ende 2009 gezeigt, dass die Tüten auch für die kurzen Zykluszeiten professioneller Kompostierungsanlagen geeignet sind. Weitere Pilotprojekte mit den Biobeuteln 2011 im Landkreis Bad Dürkheim mit etwa 65 000 Haushalten und 2012 in Berlin mit knapp 25 000 Haushalten waren erfolgreich. Auch der Rhein-Pfalz- sowie der Ennepe-Ruhr-Kreis gestatten inzwischen die Nutzung der Abfalltüten. In Bad Dürkheim waren etwa 90 % und in Berlin 80 % der befragten Bürger mit diesen Tüten zur Bioabfallsammlung zufrieden.

Ein Keimling-Symbol auf den Beuteln zeigt an, dass die gesetzlichen Vorgaben der europäischen Norm EN 13432 zur Verwertung durch Kompostierung durch den biologischen Abbau erfüllt werden.

Zwei Termine seien laut Hersteller für die deutsche Bioabfallwirtschaft von Bedeutung. Seit Anfang Januar 2013 sei es von gesetzgeberischer Seite her in Deutschland gestattet, Bioabfalltüten, die vollständig bioabbaubar sind und gleichzeitig überwiegend aus nachwachsenden Rohstoffen bestehen, zusammen mit dem Bioabfall in der Biotonne zu entsorgen. Darüber hinaus verlange ab Januar 2015 die Novelle des Kreislaufwirtschaftsgesetzes deutschlandweit die getrennte Sammlung von Bioabfall.

→ [www.basf.com](http://www.basf.com)