

# Nachhaltige Verwertungsstrategien für Produkte und Abfälle aus biobasierten Kunststoffen

## Forschungsverbund



[www.bionet.net](http://www.bionet.net)

**STATUS-QUO-**  
**Papier**  
01/2016

## Status-Quo-Papier

Dieses Papier informiert über den aktuellen Projektfortschritt der einzelnen Teilvorhaben im Forschungsverbund „Nachhaltige Verwertungsstrategien für Produkte und Abfälle aus biobasierten Kunststoffen“.

### Zum Projekt

Der Forschungsverbund widmet sich vorrangig den technischen Fragestellungen zum Sortier- und Recyclingverhalten von Leichtverpackungsprodukten und Abfällen aus biobasierten Kunststoffen, wird aber auch Fragen zur Ressourceneffizienz und Nachhaltigkeit beantworten.

Das Verbundvorhaben umfasst insgesamt fünf Teilvorhaben.

Die KNOTEN WEIMAR GmbH untersucht zusammen mit der Professur Strukturleichtbau und Kunststoffverarbeitung der Technischen Universität Chemnitz die Möglichkeiten einer zuverlässigen Erkennung und Sortierung unterschiedlicher biobasierter Kunststoffprodukte in der Praxis sowie des werkstofflichen Recyclings von Post-Consumer-Abfällen, wie z. B. Verpackungsabfälle, unter technischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten.

Die Fraunhofer-Institute für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik (UMSICHT), für Verfahrenstechnik und Verpackung (IVV), für Holzforschung (WKI) und für Angewandte Polymerforschung (IAP) widmen sich den komplexen Anforderungen des lösungsmittelbasierten Recyclings von PLA aus dem Post-Consumer-Bereich, der Einbindung von Alt-Polylactid in den Syntheseprozess für PLA und einer Nachhaltigkeitsbewertung der entwickelten Verfahren.

Das Institut für Biokunststoffe und Bioverbundwerkstoffe (IfBB) der Hochschule Hannover arbeitet zusammen mit der Bösel Plastic Management GmbH und weiteren Industriepartnern an der Aufbereitung und dem werkstofflichen Wiedereinsatz von biobasierten Kunststoffen aus dem Pre-Consumer-Bereich.

### Teilvorhaben 1.1:

#### Koordinierung des „lockeren Verbunds“

*KNOTEN WEIMAR GmbH*



Die zentrale Koordinierung übernimmt die KNOTEN WEIMAR GmbH.

### Ziel

Das Ziel der Koordinierungsstelle ist, die einzelnen Vorhaben in einem lockeren Gesamtverbund zusammenzuschließen. Durch eine gemeinsam abgestimmte Herangehensweise werden belastbare, ggf. vergleichbare Ergebnisse erzielt, welche untereinander sowie gegenüber der FNR und in der Fachöffentlichkeit kommuniziert werden.

### Stand

Am 09. und 10.02.2015 fanden sich die Verbundpartner zum Auftakttreffen in Weimar zusammen um grundlegende projektrelevante Punkte zu diskutieren und abzustimmen.

Es wurde u.a. festgelegt, ein einheitliches Ausgangsmaterial zu generieren, welches dann in den einzelnen Teilvorhaben, die sich mit Post-Consumer Abfällen befassen, für anschließende Versuche zur Verfügung steht. Dazu wurde PLA-Material aus einem, zuvor mit PLA angereicherten, Leichtverpackungsstrom (LVP) heraussortiert, aufbereitet und den Verbundpartnern für Anschlussversuche zur Verfügung gestellt. Sowohl der Sortier- als auch der Aufbereitungsversuch wurde auf Praxisanlagen durchgeführt.

Details zum aktuellen Projektstand der Teilvorhaben und zur weiteren Vorgehensweise wurden beim Verbundtreffen am 04.11.2015 am Fraunhofer IAP in Potsdam-Golm ausgetauscht.

### Geplante Aktivitäten

Zur Unterstützung der Kommunikation auf europäischer/internationaler Ebene, wird eine englische Version des Informationsflyers zum Forschungsverbund erstellt.

Das 3. Verbundtreffen wird voraussichtlich im April 2016 stattfinden.

**Teilvorhaben 1.2:**

**Biobasierte Kunststoffe im Post-Consumer-Recyclingstrom**

*Technische Universität Chemnitz, KNOTEN WEIMAR GmbH*



Im Rahmen dieses Teilvorhabens werden Potentiale des werkstofflichen Recyclings von Produkten/Abfällen aus biobasierten Kunststoffen im Post-Consumer Recyclingstrom systematisch, auch unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten, untersucht.

**Ziel**

Das Hauptziel stellt die Erarbeitung von Strategien für ein mengenabhängiges werkstoffliches Recycling von Produkten/Abfällen aus biobasierten Kunststoffen im etablierten Kunststoff-Verwertungssystem (z.B. Duales System) dar.

**Stand**

Die Recherche zu Produkt- und Materialtrends wurde und wird weitergeführt. Der aktuelle Trend zeigt, dass der Einsatz biobasierter Kunststoffe auch zukünftig zunehmen wird und, dass auch vermehrt Produkte aus biobasierten Kunststoffen im Entsorgungsstrom der Leichtverpackungen wiederzufinden sein werden.

Aktuell wird ein Standardfragebogen für die Durchführung von Kundengespräche erarbeitet, in deren Ergebnis aufgezeigt werden soll, welche spezifischen Anforderungen an die biobasierten Kunststoffe bzw. deren Verwertung von Seiten des Marktes gestellt werden. Dabei werden u.a. Entsorger/Verwerter, Hersteller von Entsorgungstechnik und Verarbeiter direkt angesprochen.

Parallel dazu werden im Technikum der TU Chemnitz zunächst Laborversuche mit Neumaterial durchgeführt. Dabei werden die biobasierten Materialien einem simulierten aber realitätsnahem „Konsumzyklus“ unterworfen und Daten zu den Auswirkungen des werkstofflichen Recyclingvorganges auf die mechanischen und rheologischen Eigenschaften der Werkstoffe ermittelt. Im Anschluss soll durch Additivierung und/oder Blending den Folgen der hohen thermo-mechanischen Belastung entgegengewirkt werden. Die erhaltenen Ergebnisse werden dann praxisnah eruiert und validiert. Dies geschieht anhand des einheitlichen Ausgangsmaterials, das innerhalb des Verbundprojektes generiert wurde.

**Geplante Aktivitäten**

Sortierversuche auf einer Praxisanlage zur Bestimmung der Sortierbarkeit von biobasierten Kunststoffen aus dem Post-Consumer-Recyclingstrom

Versuche im Technikum zur Ermittlung von Werkstoffkompatibilitäten und der Herstellung technisch wiederverwendbarer Rezyklate durch Additiveinsatz und Blending

Durchführung der Kundengespräche

**Teilvorhaben 2:**

**Recycling von PLA zu Dilactid**

*Fraunhofer IAP*



Dieses Teilvorhaben untersucht systematisch die Rückintegration von PLA in den Syntheseprozess im kleintechnischen Maßstab und das Upscaling des Prozesses bis in den Technikumsmaßstab.

**Ziel**

Ziel des Teilvorhabens ist es, eine Recycling-Strategie zu entwickeln, die eine direkte Rückführung von ready-to-use oder bereits verarbeitetem PLA in den Syntheseprozess für PLA ohne aufwändige Trennoperationen und Reinigungsschritte ermöglicht.

**Stand**

Es wurden systematische Untersuchungen zum Einfluss der Molmasse und der Menge des rückgeführten Polylactids auf den Verlauf des Syntheseprozesses und die resultierende Lactidqualität durchgeführt. Daraus konnte zunächst die grundsätzliche Machbarkeit der angestrebten Recycling-Strategie abgeleitet werden.

Darüber hinaus wurden und werden kommerziell verfügbare, teils additivierte Polylactide auf ihre Recyclingfähigkeit getestet. Neben schlagzähmodifizierten PLA-Granulaten kommen dabei auch industrielle Abfälle wie Folienverschnitte oder Stanzreste zum Einsatz. Die Rückintegration in den Syntheseprozess gelingt auch mit diesen PLA-Typen, wobei teilweise eine Anpassung der Reaktionsbedingungen erforderlich ist.

Aufbauend auf den aus den Untersuchungen gewonnenen Erkenntnissen wird im weiteren Projektverlauf anhand eines einheitlichen, im Verbundprojekt generierten Ausgangsmaterials die Recyclefähigkeit von Post-Consumer-PLA-Abfällen und damit relativ verschmutztem Material untersucht werden.

Der entwickelte Recycle-Prozess wird auf der PLA-Miniplant-Anlage bis zum kleintechnischen Maßstab aufskaliert. Das erzeugte Material durchläuft dabei alle technischen Prozessschritte bis zum entmonomerisierten und stabilisierten Polylactid. Die verschiedenen hergestellten Recycle-PLA-Muster werden anschließend charakterisiert und auf ihre industrielle Verarbeitbarkeit hin untersucht.

#### Geplante Aktivitäten

- weiterführende Recycling-Versuche mit kommerziell erhältlichen Polylactiden
- Untersuchung der Auswirkung möglicher Störfaktoren auf den Recycling-Prozess
- Versuche auf der PLA-Miniplant-Anlage im Fraunhofer IAP zum Upscaling des Prozesses und zur Herstellung von Recycle-PLA-Mustern zur weiteren Verarbeitung und Charakterisierung

#### Teilvorhaben 3:

#### Recycling von PLA durch selektives Lösen aus dem Abfallstrom

*Fraunhofer IVV, Fraunhofer WKI*



Im Rahmen dieses Teilvorhabens erfolgt die Anpassung des lösemittelbasierten PLA-Recyclingprozesses für PLA-haltige Post-Consumer Abfälle. Das entwickelte Verfahren wird zum Vergleich dem thermomechanischen Recycling (Recompounding) hinsichtlich Rezyklat-Qualität und Wirtschaftlichkeit gegenübergestellt.

#### Ziel

Gewinnung hochwertiger PLA-Rezyklate aus heterogenen Abfällen durch lösemittelbasiertes Recycling

#### Stand

Die Anpassung des Prozesses auf PLA-Abfall erfolgte zuerst im Labormaßstab. Bei diesem Abfall handelte es sich zunächst um industrielle Stanzabfälle (Pre-Consumer Abfälle) eines PLA-Papier-Verbundes. Erste Ergebnisse zeigten, dass durch die Anpassung der Reinigungsstufe ein qualitativ hochwertiges Rezyklat gewonnen werden konnte. Dabei blieb die Molmasse des PLA erhalten und Papier, Kleber, sowie Farbanteile konnten abgetrennt werden. Das Rezyklat zeigte eine grünliche jedoch transparente Optik und gute Qualität. Erste Entgasungsversuche auf einer großen Extrusionsanlage konnten erfolgreich durchgeführt werden. Der Lösemittelrestgehalt lag dabei unter 0,5%.

Aufgrund der positiven Ergebnisse erfolgte das Upscaling des Löse- und Reinigungsprozesses. Erste Versuche im kleintechnischen Maßstab wurden bereits mit einem Post-Consumer Abfall, der aus einem Sortierungsversuch von Teilvorhaben 1 resultierte, durchgeführt. Dabei zeigten sich positive Erfolge bei der Übertragbarkeit des Lösungs- und Reinigungsprozesses: Fremdpolymere, Papierfasern, Farbanteile sowie metallische Verunreinigungen konnten erfolgreich von der Polymerlösung abgetrennt werden.

#### Geplante Aktivitäten

- Aufbereitung des PLA-haltigen Post-Consumer Abfalls für das vergleichende thermomechanische Recycling
- Trocknungsversuche mit Post-Consumer PLA-Abfall. Dabei erfolgt die Optimierung der Trocknung zur Verminderung des Restlösemittelgehalts auf <0,1% (1000ppm)
- Musterproduktion hochwertiger PLA-Rezyklate auf der upscale-fähigen Pilotanlage, sowie der Vergleich der Rezyklate mit dem thermomechanischen Recycling
- Untersuchung verschiedener PLA-Typen hinsichtlich ihrer Recyclingfähigkeit mit dem lösemittelbasierten Prozess und im Vergleich zum thermomechanischen Recycling
- Anwendungsprüfung der Rezyklate

**Teilvorhaben 4:**

**Aufbereitung und werkstofflicher Wiedereinsatz  
von biobasierten Kunststoffen aus Produktionsabfällen**

*IfBB, BPM GmbH*



Dieses Teilvorhaben befasst sich vorrangig mit dem mechanischen Recycling der Pre-Consumer-Abfälle des PLA-Danone-Joghurtbechers und dem erneuten Gebrauch als wiederverwertbares Material.

**Ziel**

Das übergeordnete Ziel ist es ein qualitativ hochwertiges mechanisches Recycling zu etablieren und aus den recycelten Werkstoffen neue Produkte in Zusammenarbeit mit den Industriepartnern zu entwickeln. Ein weiteres Ziel ist es, diese mit PLA erzielten Ergebnisse auch auf andere Biokunststoffe, wie z.B. Polyhydroxyalkanoat, Polyester- oder Stärkeblends und Bio-PA zu übertragen, falls diese mengenmäßig verfügbar sind.

**Stand**

Das Projekt befindet sich in der ersten Phase, in welcher die generierten PLA-Rezyklate der Firma Bösel Plastic Management (Teilvorhaben 4.2) evaluiert wurden. Im Rahmen einer ersten Untersuchungsreihe wurden zunächst die Werkstoffeigenschaften der derzeitigen Output-Stoffströme der Recyclinganlage ermittelt. Hierdurch sollen Chancen und Grenzen von Wiederverwertungsmöglichkeiten des PLAs aufgezeigt werden.

Um eine größere Datenabsicherung aufzubauen und bereits im Vorfeld gezieltere Modifizierungen vornehmen zu können, wurde unter anderem die Rezyklat-Lagerstabilität anhand von älteren Rezyklaten untersucht. Anhand spritzgießtechnischer Verarbeitung konnte sichergestellt werden, dass grundsätzlich die Verarbeitung mittels Spritzguss möglich ist.

Des Weiteren wurde die Fragestellungen wie der Einfluss des mechanischen Recyclings auf die Gebrauchs- und Verarbeitungseigenschaften sowie der Langzeitstabilität des verunreinigten PLA-Rezyklats im Vergleich zum nativen PLA bearbeitet. Parallel wurde der Einfluss des Einfärbungsverhaltens der PLA-Rezyklate im Spritzgießprozess erarbeitet.

Im Anschluss daran erfolgte und erfolgt eine gezielte Optimierung im Recyclingprozess, dahingehend ein PLA-Rezyklat zu entwickeln, welches eine gleichbleibende Qualität und einen hohen Reinheitsgrad mit wenig Restbestandteile wie Papier, Farb- und Klebstoffe aufweist. Zudem wurden die ersten Daten für die Ökobilanzierung gesammelt.

**Geplante Aktivitäten**

- weitergehende Recyclingprozessoptimierung
- gezielte Materialentwicklung bzw. Additivierung des PLA-Rezyklats
- gezielte Produktentwicklung inklusive Betrachtung der Wirtschaftlichkeit und der Ökologie
- Recherche zur Verfügbarkeit andere Biokunststoffabfälle im Pre-Consumer-Bereich
- Übertragung der erzielten Ergebnisse auf andere Biokunststoffe

**Teilvorhaben 5:**

**Recycling von Biowerkstoffen zur effizienten Kaskadennutzung – Ökologische und sozio-ökonomische Bewertung zur Strategieentwicklung in Richtung hochwertiger Recyclingoptionen**

*Fraunhofer UMSICHT*



**Ziel**

In diesem Projekt werden für alle Teilvorhaben Nachhaltigkeitsbewertungen durchgeführt. Es werden vier Ökobilanzen erstellt und eine davon wird einem Critical Review unterzogen. Ausgehend von den Ergebnissen der Ökobilanzstudien und weiteren Informationen aus Literatur und Gesprächen werden Handlungsempfehlungen und eine spezifische Kommunikationsstrategie für die Vermittlung von ökologischen und sozio-ökonomischen Wirkungen des PLA-Recyclings abgeleitet.

## Stand

Für alle vier Teilprojekte wurden Prozess-Fließbilder erstellt und die funktionellen Einheiten festgelegt. Derzeit wird beabsichtigt als funktionelle Einheit das Recycling von 1 t PLA-Abfällen zu wählen, so dass ein Vergleich zwischen verschiedenen Verfahren möglich wird. Wie sich aber bereits jetzt gezeigt hat, benötigen die unterschiedlichen Verfahren eine unterschiedliche Reinheit des Abfallstroms. Daher ist es noch unklar, ob ein Vergleich zwischen den Verfahren möglich ist.

Die Fließbilder wurden mit den Partnern diskutiert und den Anforderungen an den Untersuchungsrahmen der Studie angepasst. Die Sachbilanzdatenerhebung hat in zwei Projekten bereits begonnen.

Parallel wurden aktuelle Informationen zur Nachhaltigkeitsbewertung von Biokunststoff-Recycling mit dem Schwerpunkt auf PLA-Kunststoffen zusammengestellt.

## Geplante Aktivitäten

Fortführung der Datensammlung und Plausibilitätsprüfung

Verwenden der Primärdaten und verknüpfen mit repräsentativen Hintergrunddaten in der Ökobilanzierungssoftware GaBi 7.0

Rückspiegelung der Ökobilanz-Ergebnisse an die Projektpartner

Durchführung des Critical Reviews für eine Studie

Entwicklung und Abstimmung von Kommunikationsstrategien für PLA-Produkte und mögliche Vorteile durch Recycling am Ende des Lebenszyklusses

## Ansprechpartner im Verbund

### **KNOTEN WEIMAR GmbH**

Dipl.-Ing. Jasmin Bauer  
jasmin.bauer@bionet.net  
+49 3643 58-4647

### **Fraunhofer-Institut für Holzforschung, Wilhelm-Klauditz-Institut WKI**

M.Sc. Anna Dörgens  
anna.doergens@wki.fraunhofer.de  
+49 511 9296-2284

### **Technische Universität Chemnitz**

Dipl.-Chem. Tobias Hartmann  
tobias.hartmann@mb.tu-chemnitz.de  
+49 371 531-32817

### **IfBB – Institut für Biokunststoffe und Bioverbundwerkstoffe / Hochschule Hannover**

Ing. Denisa Bellušová  
denisa.bellusova@hs-hannover.de  
+49 511 9296-2255

### **Fraunhofer-Institut für Angewandte Polymerforschung IAP**

Dipl.-Ing. (FH) Kathrin Jesse  
kathrin.jesse@iap.fraunhofer.de  
+49 331 568-1415

### **Bösel Plastic Management GmbH**

Stephanie Kötter-Gribbe  
gribbe@boesel-plastic.de  
+49 4494 1555

### **Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung IVV**

M.Sc. Tanja Fell  
tanja.fell@ivv.fraunhofer.de  
+49 8161 491-427

### **Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT**

Dr.-Ing. Markus Hiebel  
markus.hiebel@umsicht.fraunhofer.de  
+49 208 8598-1181