

Biobasierte und biologisch abbaubare Kunststoffe – Partner für Holz?

Anna Eiglsperger
Geschäftsstelle des Sachverständigenrats Bioökonomie Bayern
Straubing, Deutschland



Biobasierte und biologisch abbaubare Kunststoffe – Partner für Holz?

1. Hintergrund

Der anthropogene Klimawandel ist die größte Herausforderung unserer Zeit. Mehr als 90 % der emittierten Treibhausgase enthalten Kohlenstoff, welcher wiederum zu mehr als 80 % aus fossilen Quellen stammt [1]. Um die Klimaziele des Übereinkommens von Paris einhalten zu können, muss ein Großteil der noch vorhandenen fossilen Rohstoffe zwingend im Boden verbleiben und bereits in Nutzung befindlicher Kohlenstoff besser und kontinuierlich im Kreislauf gehalten werden, um nicht in Form von CO₂ in die Atmosphäre zu gelangen. Fossile Kohlenstoffquellen dürfen dabei nicht Teil des Kreislaufes sein.

Auf der anderen Seite ist Kohlenstoff ein sehr wichtiger Baustein und das Grundgerüst der meisten heute genutzten Chemikalien und Materialien. Eine Dekarbonisierung, vergleichbar wie im Energiesektor, ist somit faktisch im Materialsektor unmöglich. Biobasierte Polymere, und insbesondere solche, die darüber hinaus biologisch abbaubar sind, könnten, je nach Einsatzbereich, die Umwelt deutlich entlasten. Die Unterscheidung zwischen diesen beiden Werkstoffgruppen ist für eine sachliche Diskussion unerlässlich. Der häufig verwendete Begriff «Biokunststoff» ist zur Beschreibung der wichtigsten Eigenschaften ungeeignet und wird oft missbräuchlich verwendet. Ob der Kohlenstoff aus fossilen oder erneuerbaren Rohstoffen stammt, ist für die Eigenschaften der daraus entstehenden Produkte zunächst nicht relevant. Erneuerbarer Kohlenstoff findet sich in einer großen Bandbreite an Produkten. Diese reichen dabei von nahezu unveränderter Nutzung des Rohstoffs wie bspw. als Bauholz bis zu aus Stärke oder Zucker durch Fermentation hergestellten synthetischen Produkten wie Kunststoffen.

In Zukunft ist ein Wandel von der Nutzung fossilen Kohlenstoffs hin zu biobasierten, erneuerbaren Kohlenstoffressourcen, wie z.B. Holz, Stärke bzw. Kohlenhydraten oder Pflanzenölen zwingend erforderlich, um die klima- und umwelt-verträgliche Versorgung mit kohlenstoffbasierten Materialien sicherzustellen. Damit einher muss der Aufbau einer möglichst regionalen Wertschöpfungskette gehen.

Durch intensive Forschung und Entwicklung ist es technologisch bereits heute möglich, einige aus fossilen Quellen stammende chemische Zwischenprodukte oder Polymere durch biobasierte qualitativ gleichwertig zu ersetzen. Die Herstellung von biobasierten Polymeren findet beispielsweise über innovative bio- oder chemokatalytische Umwandlung von Biomassebestandteilen wie Kohlenhydraten, Fetten oder Lignin statt. Die Spanne reicht dabei von molekular identischen Produkten (Drop-Ins), z.B. Polyethylen und Polypropylen, bis hin zu biologisch abbaubaren Werkstoffen mit teilweise neuen Eigenschaftsprofilen, z.B. Polymilchsäure und andere biobasierte Polyester, wie Polyhydroxyalkanoate (PHA), die vollständig in Bakterien als mikrobieller Speicherstoff hergestellt werden. Unabhängig vom gewählten Polymer muss grundsätzlich eine bestmögliche Integration in bestehende und zukünftige Stoffkreisläufe angestrebt werden, um eine maximale Kreislaufführung des Kohlenstoffs zu erreichen und den zusätzlichen Bedarf an Kohlenstoff zu minimieren. Dies betrifft auch eine eventuell angestrebte (industrielle) Kompostierung als Lebensende-Szenario: da mit dem biologischen Abbau auch zwangsläufig die Freisetzung des gebundenen Kohlenstoffs einhergeht, sollte dies nur für Produktkategorien die bevorzugte Lebensende-Option sein, in denen Wiederverwendung und Recycling nicht praktikabel sind oder eine Emission in die Umwelt nicht vermeidbar ist. Konkrete Anwendungsfälle wären beispielsweise Mulchfolien, Kompostbeutel oder Rasentrimmer-Mähfäden.

Auch biobasierte Polymere können im Sinne des Cradle-to-Cradle-Prinzips [2] im Kreislauf geführt werden. Untenstehende Abbildung 1 zeigt zum einen den technischen Kreislauf, in dem Produkte und Gebrauchsgüter, solange es möglich ist, genutzt, wiederverwendet oder durch chemische oder mechanische Aufbereitung recycelt werden und damit der Einsatz neuer Ressourcen reduziert wird. Können Materialien oder Produkte nicht mehr sinnvoll im technischen Kreislauf gehalten werden bzw. kann ein Übertritt aus der Technosphäre in die Biosphäre nicht verhindert werden (z.B. aufgrund von Verschleiß oder Abrieb), sollten

Produkte so gestaltet sein, dass sie sich in den biologischen Kreislauf integrieren lassen. Innerhalb dieser beiden Kreisläufe werden Rohstoffe effizient und ökologisch genutzt und Ressourcen können erheblich sparsamer eingesetzt werden, als dies bei einer rein thermischen Verwertung der Fall ist. In der Kreislaufwirtschaft von morgen werden die biobasierten bzw. biologisch abbaubaren Produkte gemeinsam erfasst und im Anschluss durch maschinelle Sortierung entweder dem technischen Kreislauf zum Wertstoffrecycling zugeführt oder durch organisches Recycling in den biologischen Kreislauf gebracht.

BIOPOLYMERE IM KREISLAUF DER BIOÖKONOMIE

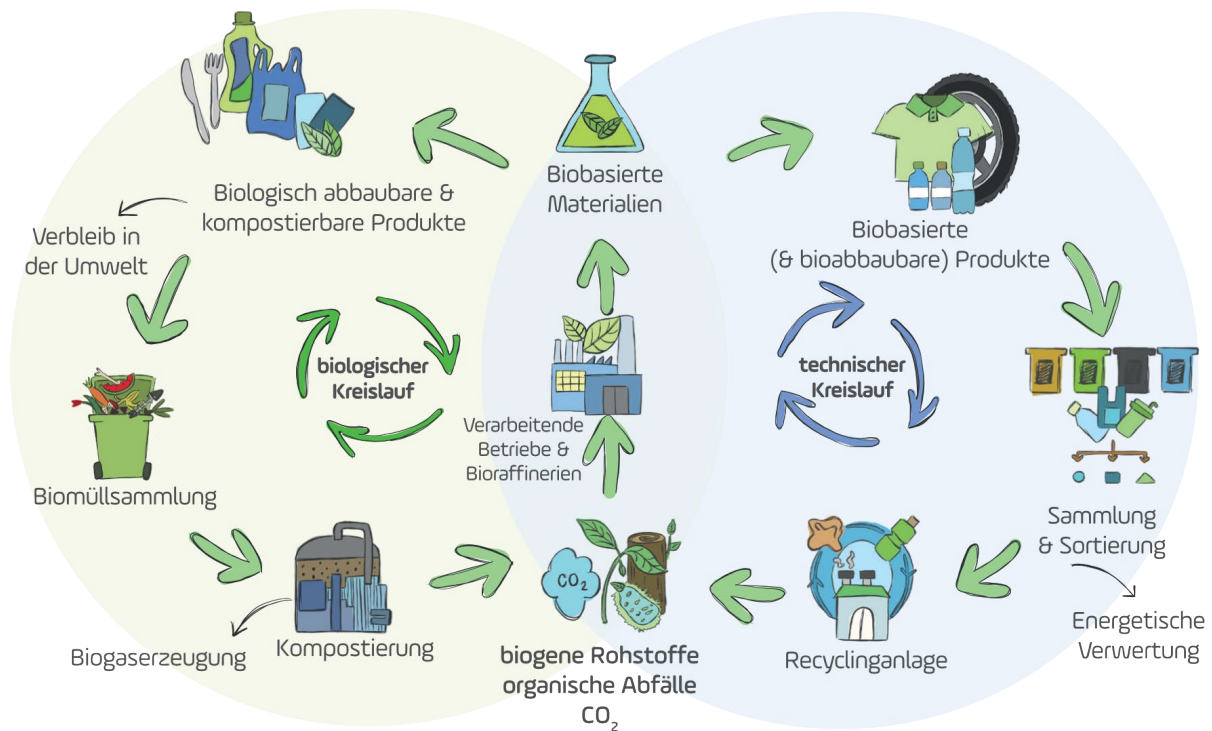


Abbildung 1: Die Nutzung von Biopolymeren im technischen und biologischen Kreislauf nach dem Cradle-to-Cradle-Prinzip, SVB 2021.

2. Herausforderungen

Um die Chancen, die Produkte aus biobasierten bzw. biologisch abbaubaren Polymeren bieten, nutzen zu können, muss zuerst die öffentlich geführte Diskussion versachlichtet werden, indem man auf den Begriff Biopolymer verzichtet und zwischen den beiden Werkstoffgruppen unterscheidet. Pauschalisierende Aussagen sollten vermieden werden. Dann sollte undogmatisch geprüft werden, wo der eine bzw. andere Werkstoff Vorteile gegenüber herkömmlichen Kunststoffen bietet. Die dabei zu erreichenden Ziele sind allgemein bekannt, die Verringerung der CO₂-Emissionen aus fossilen Quellen, ein Ende der Verschmutzung der Gewässer und Böden durch Mikroplastik, die Stärkung des ländlichen Raumes, Erhalt der Arbeitsplätze, Förderung der Kreislaufwirtschaft und eine nachhaltige Nutzung natürlicher Ressourcen.

2.1. Biopolymere sind vielfältig hinsichtlich der verwendeten Rohstoffe, ihrer Herstellung, ihrer Eigenschaften und ihrer Verwendung.

Natürliche Polymere wie Alginat, Xanthan, Carrageen oder Zellulose können beispielsweise in Kosmetika, als Zusatz zu Farben und Lacken oder als Fließmittel verwendet werden und damit petrochemische Stoffe ganz oder zumindest teilweise ersetzen. Aus Chitin gewonnenes Chitosan und mithilfe von Bakterien oder Pilzen hergestellte biobasierte Tenside

kommen in Waschmitteln zum Einsatz und sind nachhaltig erzeugte und ökologisch attraktive Alternativen zu fossilbasierten Inhaltsstoffen. Es gibt aber auch Produkte aus nachwachsenden Rohstoffen (NawaRo), die aus Polymeren bestehen oder Polymere enthalten, die in ihrer natürlichen Form verwendet werden, wie Wolle und Stroh. Häufig verwendete Polyamid-Kunststoffe, wie z.B. Nylon und Perlon können ebenfalls teilweise unter Verwendung nachwachsender Rohstoffe hergestellt werden. Moderne Fasern, die wir u.a. in Sportbekleidung und Vliesstoffen finden, wie z.B. Lyocell, sind Regeneratfasern der Zellulose. PET-Getränkeflaschen können mit biobasiertem Monoethylenglykol (MEG) hergestellt werden und sind bereits bei internationalen Getränkeherstellern im Einsatz. Schließlich bestehen die kompostierbaren Obst- & Gemüsebeutel, die in mehreren europäischen Ländern vom Verbot der Kunststoff-Einwegtragetaschen ausgenommen sind, aus überwiegend biobasierten Stärke-Blends – Mischungen aus thermoplastischer Stärke und biologisch abbaubaren Polyestern. So unterschiedlich die Anwendungsmöglichkeiten für Biopolymere sind, so divers sind auch die Optionen zur Kreislaufführung der Materialien.

2.2. Viele biobasierte bzw. biologisch abbaubare Polymere werden noch nicht im industriellen Maßstab produziert.

Für einige petrobasierte Polymere existieren bereits biobasierte Alternativen. Es gilt nun einerseits, die Produktion aus dem Labor- in den Industriemaßstab zu heben und andererseits, die zahlreichen biobasierten bzw. biologisch abbaubaren Polymere auf den Märkten zu etablieren, ihre Verwendung sowie die Kreisläufe zu fördern und das Wissen der Konsument*innen zu erweitern, um ihnen eine Entscheidung für nachhaltigere Produkte zu erleichtern. Außerdem sollte geprüft werden, für welche Anwendungen sich welche biobasierten Polymere eignen und als Substitute für fossile Polymere gefördert oder bevorzugt werden können. Es ist zu prüfen, welche gesetzlichen Regulierungsinstrumente (z.B. NawaRo-Quoten, CO₂-Bepreisung/-Abgabe auf petrobasierte Produkte) implementiert werden können, um den Wandel der von der fossilen Wegwerfwirtschaft hin zur biobasierten Kreislaufwirtschaft voranzubringen.

2.3. Biobasiert oder biologisch abbaubar?

Als ein Klassifizierungsmerkmal ist die biologische Abbaubarkeit der Polymere zu nennen. Bei Biopolymeren werden biobasierte und bioabbaubare Biopolymere unterschieden. Einige Polymere besitzen auch beide Eigenschaften.

Für welche Produkte die biologische Abbaubarkeit sinnvoll ist, hängt von der jeweiligen Anwendung ab. Grundsätzlich gilt im Sinne der Kreislaufwirtschaft, Kohlenstoff – biobasiert oder fossil – so lange wie möglich im Kreislauf zu halten. Das ist zum Beispiel mit einer PET-Flasche mit 30% biobasiertem MEG schon heute möglich. Mit zukünftig erwartbarer FDCA-Produktion wird die PET-Flasche zunehmend durch PEF-Flaschen, hergestellt aus 100% biobasierten Rohstoffen, darstellbar sein und die PET-Flasche zunehmend verdrängen. Die Recyclierbarkeit ist bei beiden Systemen vergleichbar, sofern man das Sammelsystem etabliert hat. Bei bestimmten Anwendungen kommt es bei der Nutzung zum Verschleiß oder Abrieb und so verbleiben Rückstände des Materials in der Umwelt oder in Gewässern. Für den Einsatz von Kunststoffen in ökosensiblen Bereichen bieten abbaubare Materialien einen bedeutenden Mehrwert, wenn dadurch der Eintrag von Mikroplastik in die Natur vermindert wird. Eine Übersicht über solche Anwendungen für biologische abbaubare Polymere gibt der Bericht zu dem Projekt BioSinn [3].

Kunststoffartikel, die in Verbindung mit Lebensmitteln eingesetzt werden, gelangen oft in den Strom der organischen Abfälle, z.B. Obstetiketten, Lebensmittelverpackungen oder Kaffeekapseln, und erschweren die Produktion von sauberem Kompost ohne Kunststoffrückstände, weil eine vollständige Trennung der Kunststoffe von dem feuchten Abfall, vor dessen Umwandlung zu trockenem Kompost, nicht möglich ist. Seit der Einführung der Biotonne in Deutschland kämpfen die Öffentlich-rechtlichen Entsorger mit mehr oder weniger hohen Fremdstoffanteilen im Bioabfall. Laut einer Studie, die im Auftrag des NABU durchgeführt wurde, werden rund 1.235 t Kunststoffe/ Jahr durch Komposte und Gärreste in landwirtschaftliche Böden eingetragen [4].

Durch biologisch abbaubare Werkstoffe wird der Mikroplastik-Eintrag in die Natur, aufgrund des raschen biologischen Abbaus des Materials, verringert. Im Rahmen des Bio-Beutel Projekts, das C.A.R.M.E.N. e.V. im Rahmen der bayerischen Bioökonomiestrategie durchgeführt hat, wurde deutlich, dass Bioabfallbeutel aus biologisch abbaubaren Polymeren bei den Verbraucher*innen sehr beliebt sind und auch die kompostierbaren Obst- und Gemüsebeutel für den Einkauf und die Sammlung von Bioabfall gerne angenommen werden. In den anschließenden Kompostuntersuchungen konnten keine Folienrückstände der biologisch abbaubaren Beutel mehr nachgewiesen werden [5].

2.4. Aufklärung ist wichtig

Um einer Verwechslung oder Gleichsetzung der Begriffe «biobasiert» und «biologisch abbaubar» entgegenzuwirken, muss das Verständnis der Verbraucherinnen und Verbraucher zu den Eigenschaften deutlich erhöht werden. Einfach verständliche Hinweise würden den Anwender*innen bei der richtigen Entsorgung von Haushaltsabfällen, wie z.B. Verpackungen, helfen. Das betrifft nicht nur biobasierte und biologisch abbaubare Polymere, sondern alle Produkte, die im Haushalt als Abfälle anfallen. Insbesondere Verpackungen, die aus unterschiedlichen Komponenten bestehen, von denen mindestens eine recycelt werden soll, erfordern eine eindeutige Zuordnung zu einer der verschiedenfarbigen Tonnen, die jedem Bürger zur Verfügung stehen.

2.5. Biobasierte Polymere können in bestehende Verwertungswege integriert werden

Nicht abbaubare, aber biobasierte Polymere sind z.B. Drop-In-Biokunststoffe, die identische Eigenschaften wie ihr fossiles Pendant aufweisen, z.B. Polyethylen aus nachhaltig hergestelltem Ethanol oder biobasiertes PET (Bio-PET). Bio-PET kann problemlos zusammen mit fossilem PET gesammelt und recycelt werden. Dies ermöglicht eine leichte Integration in den bestehenden Kreislauf der Getränkeflaschen-Sammlung und zumindest den Einstieg in die Verwendung biobasierter Materialien. Bio-PET besteht zu 30 % aus biobasierten Rohstoffen (nur eines der beiden zur Herstellung notwendigen Monomere ist aus nachwachsenden Rohstoffen darstellbar).

Das chemische Recycling wird neue Optionen hinsichtlich der Verwertung von fossilen und von biobasierten Polymeren eröffnen, z.B. könnte die Terephthalsäure aus der enzymatischen Spaltung von PET wiederum als Rohstoff für andere chemische Syntheseprozesse verwendet werden. Um das Verständnis zur begrifflichen Differenzierung zu steigern, müssen sinnvolle Lebensende-Optionen klar identifiziert werden und die Produkte entsprechend eindeutig gekennzeichnet werden.

2.6. Normen und Nachweise

Der Zertifizierung von Produkten gehen erfolgreich absolvierte Prüfungen gemäß international vereinbarter Standards, d.h. Normen, voraus. Damit werden bestimmte Eigenschaften von Produkten garantiert. Die Bestimmung des NawaRo-Anteils, sowohl in der Kunststoff-Neuware als auch im Rezyklat, erfolgt durch eine simple, schnelle und kostengünstige Bestimmung des Gehalts an ^{14}C -Isotopen (nach ISO 16620-2:2015 oder CEN/TS 16640:2017) und wird von anerkannten, unabhängigen Zertifizierungsstellen, wie z.B. DIN Certco, durch ein Zertifikat bestätigt [6]. Diese Kohlenstoff-Isotope sind typischerweise nur in biobasierten Kohlenstoffverbindungen enthalten, nicht aber in fossilbasierten. Somit können biobasierte Kunststoffe leicht von solchen aus fossilen Rohstoffen hergestellten unterschieden werden und alle an der Wertschöpfungskette beteiligten Akteure erhalten eine Garantie für die Herkunft der Rohstoffe. Der Nachweis, ob ein Produkt aus einem fossilen Polymer, einem biobasierten Polymer oder einer Mischung aus beiden hergestellt wurde, ist also leicht zu erbringen. Daher sollte auch nur der nachweisbare Gehalt an nachwachsenden Rohstoffen auf einem Produkt angegeben werden.

Ebenso wie fossil basierte Polymere, müssen auch biobasierte und biologisch abbaubare Polymere und die daraus gefertigten Produkte eine Vielzahl rechtlicher Normen erfüllen. Diese beziehen sich einerseits auf die verwendeten Rohstoffe und Monomere, die z.B. durch die europäische REACH-Verordnung geregelt sind, andererseits auf den Einsatzbereich der Produkte, wenn diese z.B. als Verpackungen für Lebensmittel dienen und dabei

mit Lebensmitteln in Kontakt kommen. Hier bestimmen die EU-Verordnungen (EU) Nr. 1935/2004 und (EU) 10/2011 (PIM) die Einsatzmöglichkeiten von Polymeren und den verwendeten Additiven. Sie sind nach «guter Herstellungspraxis so herzustellen, dass sie unter den normalen oder vorhersehbaren Verwendungsbedingungen keine Bestandteile auf Lebensmittel in Mengen abgeben, die geeignet sind, die menschliche Gesundheit zu gefährden oder eine unverträgliche Veränderung der Zusammensetzung (...) oder eine Beeinträchtigung der organoleptischen Eigenschaften der Lebensmittel herbeiführen».

2.7. Abfallrechtliche Rahmenbedingungen

Die Verwertung von Verpackungen und Serviceverpackungen über die Kompostierung oder Vergärung ist nach deutschem Recht grundsätzlich nicht erlaubt, selbst wenn es ökologische Vorteile brächte. Leichtverpackungen aus Kunststoff, Metall oder Verbunde müssen in Deutschland bei einem dualen Systembetreiber lizenziert und über die gelbe Tonne/den gelben Sack eingesammelt bzw. auf Wertstoffhöfe gebracht werden. Langlebige Produkte enden oft in der grauen Tonne und damit in einer Verbrennungsanlage.

§21 des deutschen Verpackungsgesetzes, der die «ökologische Gestaltung der Beteiligungsentgelte» vorschreibt, könnte die Entwicklung und Herstellung von Verpackungen aus nachwachsenden Rohstoffen befördern. Nach Abs.1 Satz 2 soll «die Verwendung von Rezyklaten sowie von Nachwachsenden Rohstoffen» gefördert werden [7]. Dies soll dadurch erreicht werden, dass die Dualen Systeme, bei denen jeder Hersteller bzw. Inverkehrbringer einer Verpackung deren Einsammlung, Sortierung und ggf. Verwertung vorab bezahlen muss, geringere Gebühren für Verpackungen aus nachwachsenden Rohstoffen oder mit hohem Rezyklat-Anteil verlangen als für vergleichbare Verpackungen aus fossilen Rohstoffen. Was wäre aber der Anreiz für die dualen Systembetreiber die Lizenzgebühren für ökologische Verpackungen zu senken, wenn die Kosten für die Sammlung und Sortierung gleich hoch sind wie für Verpackungen aus herkömmlichen Kunststoffen und auch das Rezyklat nicht teurer verkauft werden kann? Eine Steigerung der Material-Nachfrage wäre ein entscheidender Faktor für eine Verbesserung der Marktsituation von biobasierten Kunststoffen, was z.B. durch verpflichtende NawaRo-Quoten, ähnlich der zukünftigen Rezyklat-Quote für Kunststoff-Getränkeflaschen ab 2025, erreichbar wäre.

2.8. Politische Zielstellungen

Mit dem Erlass der Verordnung (EU) 2019/904 über die Verringerung der Auswirkungen bestimmter Kunststoffprodukte auf die Umwelt (Single Use Plastics Directive – SUPD) wurden verschiedene Einwegprodukte aus Kunststoff verboten. Dabei wurde der Kunststoffbegriff so weit gefasst, dass auch Biokunststoffe, selbst wenn sie in der Natur vorkommen und biologisch abbaubar sind, darunterfallen. Ebenso fallen Produkte darunter, die überwiegend aus Papier oder Pappe bestehen und mit einer dünnen Kunststoff-Schicht versehen sind. Gleichzeitig fördert aber die EU die Entwicklung der Bioökonomie mit größeren Summen. Dieses Beispiel zeigt, wie die Politik und die daraus folgende Gesetzgebung in sich widersprüchlich sein können. Die Wirtschaft wird durch solche Widersprüche nicht zur Investition in neue Materialien und Technologien im Bereich der Biokunststoffe animiert.

Generelle Schwierigkeiten bei der stofflichen Verwertung von Kunststoffen werden derzeit z.B. durch den Einsatz von Verbundverpackungen bzw. Multilayer-Verpackungen, in denen verschiedene Kunststoffe, Barrierematerialien, Farben und Additive untrennbar miteinander verbunden sind, verursacht. Der Ansatz des Design for Recycling und die Definition von Mindeststandards für die Recyclingfähigkeit könnten hier Verbesserungen bringen, weil sie dazu anregen, bereits bei der Konzeption von Kunststoffprodukten deren Rezyklierbarkeit zu bedenken. Besonders im Bereich des Ökodesigns können biobasierte Polymere zum Einsatz kommen. Hier ist die Etablierung von Verwertungsstrukturen entscheidend, um die Anwendungen entsprechend ihren Eigenschaften im technischen bzw. biologischen Kreislauf zu führen. Der möglichst geringe Einsatz von Additiven und Materialverbünden trägt dabei erheblich zur Verbesserung der Rezyklierbarkeit bei.

Das Thema Biopolymer-Recycling könnte ein besonders nachhaltiger Weg sein, um pflanzlichen Kohlenstoff im Kreislauf zu führen. Hier bieten sich, je nach Produkt, verschiedene Arten des Recyclings an. Verpackungen aus teilweise mit NawaRos hergestelltem Bio-PET werden entweder über Pfandflaschen-Rückgabe oder die gelbe Tonne erfasst und können

werkstofflich recycelt werden. Langlebige Produkte aus biobasierten Kunststoffen könnten über eine Wertstofftonne erfasst, durch Nahinfrarot-Sortierung abgetrennt und werkstofflich oder chemisch recycelt werden.

Biobasierte Produkte, die biologisch abbaubar sind, finden besonders in ökosensiblen Bereichen Anwendung: Textilien, Pflege- und Reinigungsprodukte oder Hygieneartikel, die momentan häufig Kunststoffrückstände in natürliche Kreisläufe einbringen und Produkte, die durch Verschleiß oder Abrieb zwangsläufig in die Natur gelangen, müssen durch biologisch abbaubare Produkte ersetzt und damit Mikroplastikeinträge in die Umwelt vermieden werden.

3. Literaturverzeichnis

- [1] Olivier, J., Peters, J. (2020): Trends in global CO₂ and total greenhouse gas emissions – 2019 Report.
- [2] Cradle to Cradle – Wiege zur Wiege e.V. (2021)
- [3] nova-Institut für politische und ökologische Innovation GmbH (2021): BioSinn – Steckbriefe sinnvoll biologisch abbaubarer Produkte auf Basis von Nachwachsenden Rohstoffen.
- [4] Bertling, J. et al. (2021): Kunststoffe in der Umwelt: Emissionen in landwirtschaftlich genutzte Böden.
- [5] C.A.R.M.E.N. e.V. (2022): Praxistest Bio-Beutel – Kreislaufwirtschaft mit kompostierbaren Obst- und Gemüsebeuteln.
- [6] DIN geprüft-Biobasiert XX%, vgl. <https://www.dincertco.de/din-certco/de/main-navigation/products-and-services/certification-of-products/environmental-field/biobased-products/>
- [7] Weitere Informationen unter <https://www.gesetze-im-internet.de/verpackg/>