

Carola Bick & Andreas Detzel

Biokunststoffe für Verpackungen

Hintergrundinformationen und Einsatzbereiche



Impressum

Autor*innen:

Carola Bick (ifeu), Andreas Detzel (ifeu)

Projektleitung:

Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW)

Potsdamer Str. 105, 10785 Berlin

www.ioew.de

Kooperationspartner:

ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg gGmbH

Wilckensstraße 3, 69120 Heidelberg

www.ifeu.de

Der vorliegende Beitrag entstand im Forschungsprojekt „Innoredux – Geschäftsmodelle zur Reduktion von Plastikmüll entlang der Wertschöpfungskette: Wege zu innovativen Trends im Handel“. Das Projekt ist Teil des Forschungsschwerpunkts „Plastik in der Umwelt – Quellen, Senken, Lösungsansätze“ und wird gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF).

Förderkennzeichen 01UP1804A

Zitiervorschlag:

Bick, C., Detzel, A. (2022): Biokunststoffe für Verpackungen – Hintergrundinformationen und Einsatzbereiche, FactSheet des Forschungsprojekts Innoredux

Mehr Informationen zum Projekt: www.plastik-reduzieren.de

Heidelberg, Juli 2022

Inhaltsverzeichnis

1	Was sind Biokunststoffe?	4
1.1	Rohstoffe biobasierter Kunststoffe	5
1.2	Bioabbaubarkeit und Kompostierbarkeit	5
2	Hintergrundwissen	5
2.1	Produktionskapazitäten	5
2.2	Kosten biobasierter Kunststoffe	6
2.3	Umweltbewertung von biobasierten Kunststoffen	6
2.4	Zertifikate für biobasierte Kunststoffe	8
2.5	Abfallwirtschaft	8
2.6	Verpackungsgesetz	8
3	Anwendung biobasierter Kunststoffe für Verpackungen	9
3.1	Einflussfaktor Recyclingfähigkeit	9
3.2	Einflussfaktor Materialeinsatz	10
3.3	Einflussfaktor Barriereigenschaften	10
3.4	Einflussfaktor Bioabbaubarkeit/Kompostierbarkeit	11
3.5	Einflussfaktor Biobasiertheit	11
4	Literaturverzeichnis	12

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1.1:	Einteilung von Kunststoffen nach Rohstoffbasis (biobasiert/fossil) und Bioabbaubarkeit	4
Abb. 2.1:	Globale Produktionskapazitäten von Biokunststoffen für Verpackungen im Jahr 2020.	6
Abb. 2.2:	Cradle-to-gate Ökobilanzergebnisse verschiedener Kunststoffe.	7

Tabellenverzeichnis

Tab. 3.1:	Anwendungseignung von biobasierten Kunststoffen	9
-----------	---	---

1 Was sind Biokunststoffe?

Bei Kunststoffen unterscheidet man zwischen fossilen und biobasierten sowie zwischen bioabbaubaren und nicht abbaubaren Kunststoffen. Bioabbaubare Kunststoffe können dabei sowohl fossilen als auch biobasierten Ursprungs sein.

Die **biobasierten, nicht abbaubaren Kunststoffe** sind größtenteils sogenannte „Drop-In“ Biokunststoffe. Sie sind chemisch-strukturell (und damit anwendungs- und entsorgungstechnisch) identisch zu den fossilen Pendanten wie z.B. PET und bbPET oder PE und bbPE. Ebenfalls biobasiert und nicht bioabbaubar, jedoch chemisch neuartig, ist PEF. Dieses neue Polymer ist jedoch noch nicht sehr stark am Markt vertreten.

Die **biologisch abbaubaren biobasierten Kunststoffe** sind in der Regel chemisch neuartig und damit anders aufgebaut als konventionelle fossile Kunststoffe. Die gängigsten sind PLA, PHA sowie verschiedene Stärkeblends (Blend = Mischung). Auch die schon lange etablierte Zellulosefolie gehört zu den biobasierten bioabbaubaren Kunststoffen.

bb = biobasiert
 PBAT = Polybutyratadipat-Terephthalat
 PBS = Polybutylensuccinat
 PE = Polyethylen
 PEF = Polyethylenfuranoat
 PET = Polyethylenterephthalat
 PHA = Polyhydroxyalkanoate
 PLA = Polymilchsäure / polylactic acid
 PP = Polypropylen

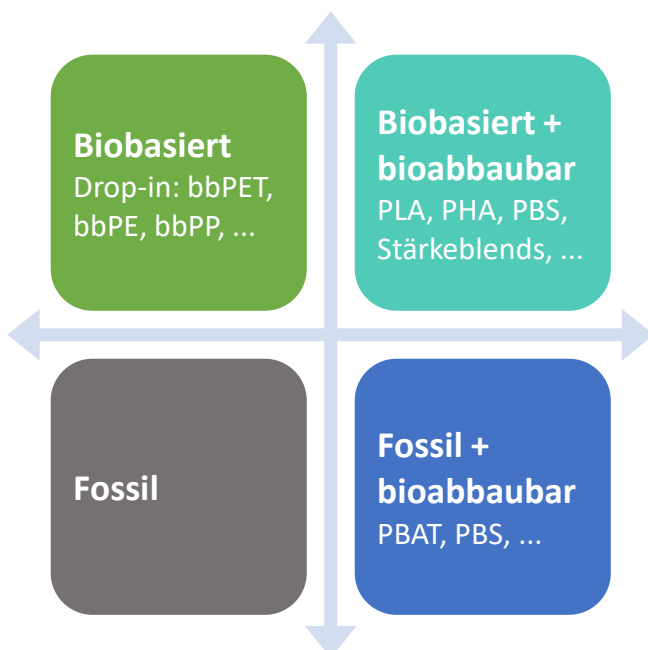


Abb. 1.1: Einteilung von Kunststoffen nach Rohstoffbasis (biobasiert/fossil) und Bioabbaubarkeit

Der Anteil nachwachsender Rohstoffe an biobasierten Kunststoffen ist variabel. Teilweise werden fossile Kunststoffe beige-mischt, um die Verarbeitungseigenschaften zu verbessern, oder es werden nur ausgewählte Komponenten aus nachwachsenden Rohstoffen hergestellt (wie z.B. der Monoethylenglycolanteil beim bbPET). Stärkeblends werden häufig mit fossilen Kunststoffen gemischt und haben unterschiedlich hohe Anteile an biobasiertem Material.

Zu den **bioabbaubaren fossilen Kunststoffen** gehören PBAT und PBS, wobei beide Kunststoffe zumindest teilweise auch aus biobasierten Rohstoffen hergestellt werden können. PBAT ist zudem eine beliebte Komponente für biobasierte Blends, z.B. im Verbund mit PLA.

1.1 Rohstoffe biobasierter Kunststoffe

Die wichtigsten Rohstoffe für biobasierte Kunststoffe stammen derzeit aus der Agrar- und Forstwirtschaft, wie Stärke aus Mais, Zucker aus Zuckerrübe oder Zuckerrohr und Zellulose und Lignin aus Holz. An der Nutzung von Reststoffen und Nebenprodukten (wie bspw. Agar, Chitosan oder Molke) wird weiterhin geforscht und ihre Nutzung nimmt an Bedeutung zu.

Aufgrund der aktuell insgesamt noch immer geringen Produktionsmengen an biobasierten Kunststoffen spielt eine Nutzungskonkurrenz zur Herstellung von Lebensmitteln derzeit (noch) eine untergeordnete Rolle.

1.2 Bioabbaubarkeit und Kompostierbarkeit

Bioabbaubarkeit und Kompostierbarkeit von Kunststoffen sind nicht gleichzusetzen. „Die biologische Abbaubarkeit umfasst die Eigenschaft eines Stoffes, durch Mikroorganismen in Anwesenheit von Luftsauerstoff zu Kohlendioxid, Wasser, Biomasse und Mineralien sowie unter Luftabschluss zu Kohlendioxid, Methan, Biomasse und Mineralien zersetzt zu werden, wobei kein Zeitraum definiert ist.“ (DIN CEN/TR 16208:2011).

Unter Kompostierbarkeit hingegen versteht man die biologische Abbaubarkeit unter festgelegten äußeren Umständen und in einem definierten Zeitraum (siehe auch Abschnitt 2.4).

2 Hintergrundwissen

2.1 Produktionskapazitäten

Biokunststoffe machen global aktuell ca. 1% der Kunststoffproduktion aus. Der Biokunststoffmarkt wächst allerdings stetig, von 2021 zu 2026 wird ein Anstieg der Produktionskapazitäten von 2,4 zu 7,7 Mio. Tonnen erwartet (European Bioplastics 2021). Verpackungen stellen aktuell mit 48% den größten Anwendungsbereich für Biokunststoffe dar. Bei den starren Verpackungen haben PET und PLA die relativ größte Bedeutung, bei den flexiblen Verpackungen PE, Stärkeblends und PBAT (European Bioplastics, nova-Institute 2021a, siehe Abbildung 2.1).

Knapp die Hälfte der globalen Biokunststoffproduktionskapazitäten liegt in Asien, aber auch Europa ist mit ca. einem Viertel der Produktionskapazitäten ein starker Standort (European Bioplastics, nova-Institute 2021b).

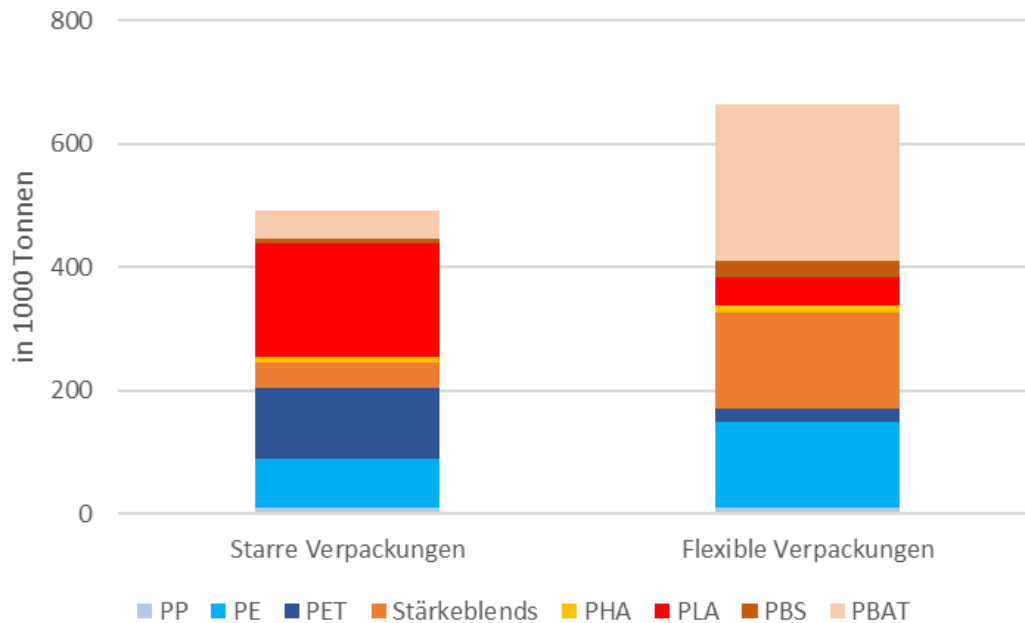


Abb. 2.1: Globale Produktionskapazitäten von Biokunststoffen für Verpackungen im Jahr 2021, aufgeteilt nach starren und flexiblen Verpackungen (eigene Darstellung nach European Bioplastics, nova-Institute 2021a).

2.2 Kosten biobasierter Kunststoffe

Die Kosten von biobasierten Kunststoffen sind höher als die der fossilen Kunststoffe. Der Aufschlag lag dabei in der Vergangenheit je nach Kunststofftyp zwischen 10 und 50 %, bei einzelnen Kunststoffen sogar bis zu 300 %. Ursache für die höheren Kosten sind höhere Rohstoffkosten sowie höhere Entwicklungskosten, die auf relativ kleine Mengen umgelegt werden. Auch der erhöhte Vertriebsaufwand trägt zu den höheren Kosten bei (Detzel et al. 2018, Detzel et al. 2019). In Detzel et al. (2018) wurde aufgezeigt, dass der Kostenvergleich zwischen biobasierten und fossil-basierten Kunststoffen besonders stark vom Weltmarktpreis für Rohöl abhängt, der je nach geopolitischer Lage größeren Schwankungen unterliegen kann.

2.3 Umweltbewertung von biobasierten Kunststoffen

Häufig zeigt sich beim ökobilanziellen Vergleich von Biokunststoffen und fossilen Kunststoffen ein gesamtökologisches Patt. Verpackungen aus biobasierten Kunststoffen schneiden in den Kategorien Klimawandel und nicht-regenerativer kumulierter Energieaufwand in der Regel besser ab als solche aus fossilen Kunststoffen. In den meisten anderen Kategorien (u. a. aquatische Eutrophierung, Versauerung) schneiden sie zumeist schlechter ab, da hier u.a. Auswirkungen des landwirtschaftlichen Anbaus der Rohstoffe hineinspielen. Weitere Einflussfaktoren sind die Materialstärken der verglichenen Verpackungen und die Entsorgung der biobasierten Kunststoff-Verpackungen. Die Gewährleistung eines Recyclings oder mindestens einer effizienten energetischen Verwertung tragen gegenüber anderen Entsorgungsoptionen deutlich zur Verbesserung der Ökobilanz von biobasierten Kunststoffen bei.

Optimierungspotential besteht bei Biokunststoffen unter anderem bei der Wahl der Rohstoffe, aber auch im Herstellungsprozess. Mit optimierten Randbedingungen im Herstellungsprozess lassen

sich vor allem die Umweltwirkungen auf den Klimawandel und der nicht erneuerbare Ressourcenverbrauch verbessern. Die aktuell durch landwirtschaftliche Emissionen geprägten Umweltwirkungskategorien könnten durch eine Veränderung der Rohstoffbasis verbessert werden (Detzel et al. 2019).

In Abbildung 2.2 sind die Umweltprofile biobasierter Kunststoffe zusammengestellt. Dabei ist nur die Prozesskette von den Rohstoffen bis zu den fertigen Kunststoffen je Masse Kunststoff umfasst. Es handelt sich somit nicht um vollständige Ökobilanzdaten. Generell gilt zu beachten, dass der ökobilanzielle Vergleich verschiedener Kunststoffe i.d.R. nur anhand einer fallspezifischen Betrachtung belastbare richtungssichere Ergebnisse sicherstellen kann. Die Daten der Umweltprofile stammen aus Detzel et al. (2018). Für weitreichende (Investitions-)Entscheidungen sollte die Verfügbarkeit aktuellerer Daten geprüft werden.

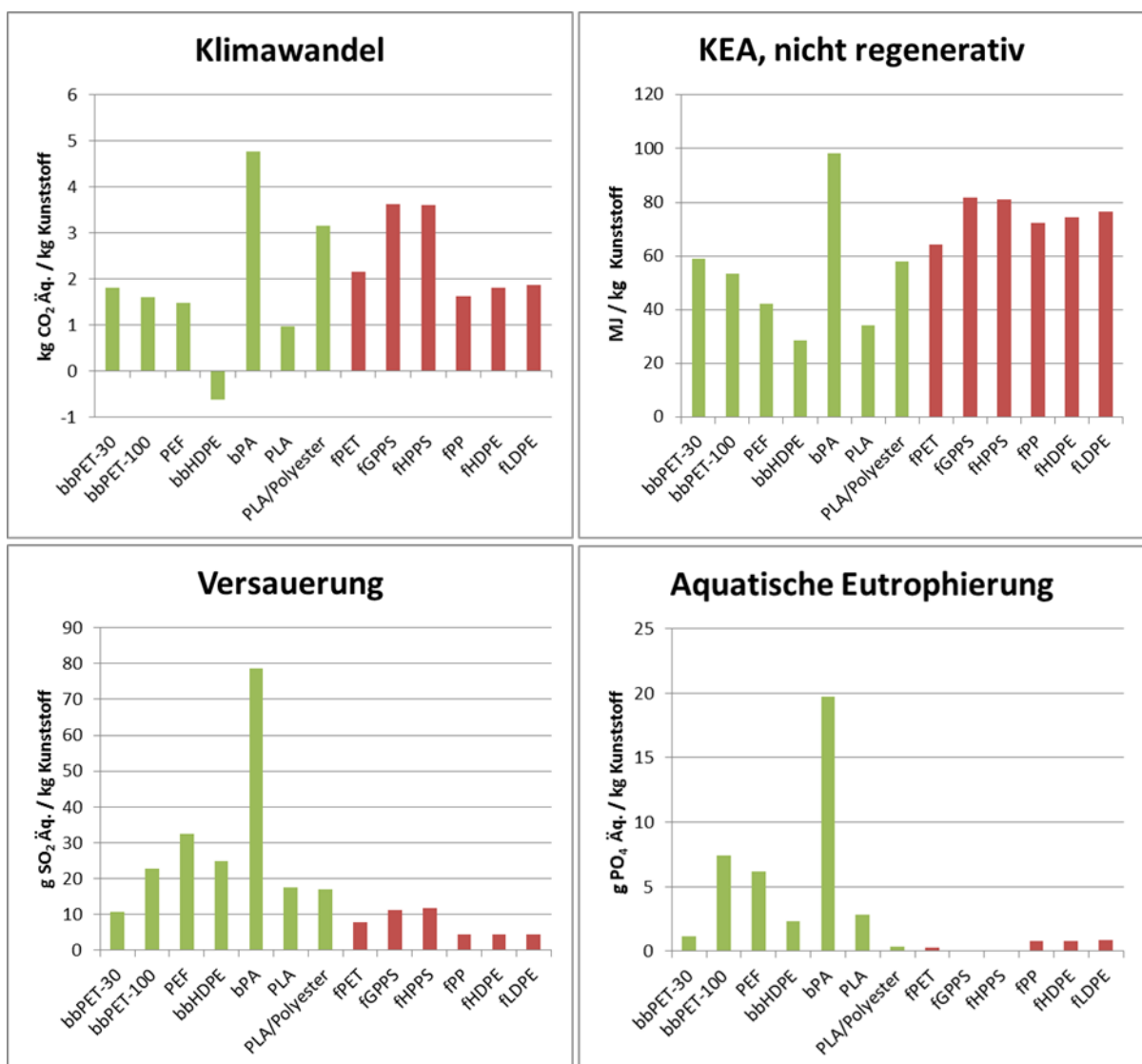


Abb. 2.2: Cradle-to-gate Ökobilanzergebnisse verschiedener Kunststoffe.

bb: biobasiert (grüne Balken); f: fossil (rote Balken);

bbPET-30: 30% biobasiertes PET, bbPET-100: 100% biobasiertes PET, PLA/Polyester: Blend aus PLA und Polyester.

Quelle: Detzel et al. (2018), S. 45.

2.4 Zertifikate für biobasierte Kunststoffe

Im Gegensatz zu fossilen Kunststoffen gibt es für Biokunststoffe Nachhaltigkeitszertifikate, die den Herstellungsprozess insgesamt bewerten, bspw. von ISCC (ISCC 2021) oder RSB (RSB 2021, RSP 2020).

Auch die Kompostierbarkeit bzw. Bioabbaubarkeit lassen sich unter anderem von TÜV Austria (TÜV AUSTRIA 2019) oder DIN CERTCO (DIN CERTCO 2019) zertifizieren. Hier wird u.a. zwischen industrieller Kompostierung, Gartenkompostierung oder Bioabbaubarkeit im Boden unterschieden, die je von unterschiedlichen Temperaturen und unterschiedlicher Verweildauer ausgehen. Ebenso lässt sich der biobasierte Anteil eines Kunststoffs von TÜV Austria (TÜV AUSTRIA 2019) oder DIN CERTCO (DIN CERTCO 2020) zertifizieren.

2.5 Abfallwirtschaft

Drop-in Kunststoffe können in der Regel gut recycelt werden, da sie in den Sortieranlagen gemeinsam mit ihren fossilen Pendanten in die entsprechenden Fraktionen sortiert werden.

Für neuartige biobasierte Kunststoffe ist die Entsorgungssituation komplizierter. Verpackungen dürfen laut Bioabfallverordnung (BioAbfV) grundsätzlich nicht über die Biotonne entsorgt werden, selbst wenn sie kompostierbar und biobasiert sind. Zudem scheint es in der Praxis häufig so zu sein, dass auch als kompostierbar zertifizierte Kunststoff-Verpackungen nicht lange genug in den industriellen Kompostieranlagen verweilen, um vollständig zersetzt zu werden. Gelangen sie dennoch in die Kompostieranlagen werden sie daher ggf. vorher als Störstoffe aussortiert. Folglich müssen auch kompostierbare Kunststoffverpackungen über den Gelben Sack entsorgt werden. Da neuartige biobasierte Kunststoffe in den Sortieranlagen jedoch aktuell noch keine relevanten Mengen erreichen, werden sie nicht gesondert gesammelt und können nur thermisch verwertet werden.

2.6 Verpackungsgesetz

Das (novellierte) Verpackungsgesetz (VerpackG2) setzt rechtliche Rahmenbedingungen für das Inverkehrbringen und die hochwertige Verwertung von Verpackungen. §21 des Verpackungsgesetzes regelt die ökologische Gestaltung der Beteiligungsentgelte. Demnach sollen zum einen Verpackungsmaterialien gefördert werden, die zu einem hohen Anteil recycelt werden können, zum anderen soll der Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen gefördert werden. Zur Beurteilung der Recyclingfähigkeit veröffentlicht die Zentrale Stelle Verpackungsregister (ZSVR) jährlich einen Mindeststandard für die Bemessung der Recyclingfähigkeit. In der aktuellen Fassung sind biobasierte Kunststoffe nicht explizit aufgeführt (ZSVR 2021).

Es ist davon auszugehen, dass die Recyclingfähigkeit von biobasierten Drop-in Kunststoffen genauso eingeschätzt wird, wie die ihrer fossilen Pendanten. Zwei Beispiele sollen dies verdeutlichen: Für die meisten Verpackungstypen aus PE gilt das Vorhandensein einer Recyclinginfrastruktur demnach als gegeben, bei Verpackungen aus PET hingegen gilt dies derzeit nur für Flaschen, bei den meisten anderen PET-Verpackungstypen wird nur im Einzelfall (nur mit Einzelfallnachweis) vom Vorhandensein einer Recyclinginfrastruktur ausgegangen (ZSVR 2021). Zur Einschätzung der Recyclingfähigkeit neuartiger biobasierter Kunststoffe gibt es in den genannten Dokumenten bis-

lang keine Hinweise. Sofern die biobasierten Kunststoffe in den Leichtverpackungs-(LVP) Sortieranlagen keiner Werkstofffraktion zugeordnet werden können, sind sie daher im Sinne des VerpackG2 vorerst als nicht recyclingfähig einzuschätzen.

3 Anwendung biobasierter Kunststoffe für Verpackungen

Die grundsätzliche Eignung von Biokunststoffen für Verpackungsanwendungen lässt sich klar bestimmen und ist aus Tabelle 2.1 abzulesen. Die ökologische, rechtliche und ökonomische Sachlage für Verpackungsmaterialien aus biobasierten Kunststoffen ist (wie in Kapitel 2 erörtert) komplex und lässt sich wie folgt zusammenfassen:

- Die Kosten für Biokunststoffe waren in der Vergangenheit in der Regel höher als die für fossile Kunststoffe,
- aus ökobilanzieller Sicht zeigen die vorliegenden Vergleiche zwischen biobasierten und fossilbasierten Kunststoffen häufig keinen eindeutigen Sieger,
- die Entsorgungssituation für chemisch neuartige Biokunststoffe ist aktuell schwierig,
- und das Verpackungsgesetz gibt bzgl. Biokunststoffen teils widersprüchliche Anreize.

Daher stellt sich die Frage: Unter welchen Randbedingungen ist der Einsatz von Biokunststoffen für Verpackungen machbar und sinnvoll? Entscheidende Einflussfaktoren sind in den folgenden Unterkapiteln dargestellt.

Tab. 3.1: Anwendungseignung von biobasierten Kunststoffen

Anwendungseignung für Folienanwendungen	Anwendungseignung für Hohlkörper und formstabile Verpackungen
– Stärke-Blends	– Biobasiertes PET
– Biobasiertes LDPE, LLDPE	– Biobasiertes HDPE
– PLA	– PLA
– Polyester/PLA Mischungen	
– Zellulosefolien	

3.1 Einflussfaktor Recyclingfähigkeit

Bezüglich der Recyclingfähigkeit sind zwei Ausgangssituationen denkbar – die bis dato genutzte Verpackung wird recycelt oder sie wird es nicht. Da die Recyclingfähigkeit im Verpackungsgesetz einen sehr hohen Stellenwert hat, ist die Substitution einer recyclingfähigen mit einer nicht recyclingfähigen Verpackung schwierig. In diesem Fall kommt eigentlich nur der Einsatz chemisch iden-

tischer Drop-in Kunststoffe in Frage, die genauso recycelt werden können. Da das Verpackungsgesetz sowohl Anreize für recyclingfähige als auch für biobasierte Materialien schafft, begünstigt es die Nutzung von Drop-in Biokunststoffen doppelt.

Für den Fall, dass auch die bis dato genutzte Verpackung nicht recycelt wird, kann der Einsatz von Biokunststoffen (auch von chemisch neuartigen Biokunststoffen) erwogen werden. Hier kommen z.B. Service-Verpackungen oder komplizierte Verbundverpackungen in Frage.

Service-Verpackungen, also Verpackungen für Lebensmittel, die vom Vertreiber am Ort der Abgabe mit der Ware befüllt werden (z.B. Coffee-to-go Becher), werden häufig in den Abfallbehältern auf der Straße entsorgt. Daher findet keine Sortierung und auch kein Recycling statt – die Verpackung wird in der Regel verbrannt. Hier kann der Einsatz von Biokunststoffen insofern von Vorteil sein, dass bei der Verbrennung zumindest kein fossiles CO₂ freigesetzt wird.

Zu den schwer recycelbaren Verbundverpackungen zählen beispielweise Chipstüten oder ähnliche Verpackungen für Snacks. Das Packgut hat hier sehr hohe Ansprüche an die Verpackung, die sich nur durch eine Multilayerfolie realisieren lassen. Da sich die unterschiedlichen Lagen der Multilayerfolie nur schwer wieder voneinander trennen lassen, werden die Verpackungen in der Regel thermisch verwertet. Auch hier hat die Verpackung aus biobasierten Kunststoffen den Vorteil, kein fossiles CO₂ freizusetzen. Eine Gesamtbewertung der Umweltauswirkungen kann für diesen Fall (und auch das weiter oben genannte Beispiel der Service-Verpackung) jedoch nur über eine entsprechende Ökobilanz gegeben werden.

3.2 Einflussfaktor Materialeinsatz

Ist durch den Einsatz von Biokunststoffen im Vergleich zu fossilen Kunststoffen eine Materialeinsparung möglich, kann dies eine Chance für Biokunststoffe sein. Zum einen fallen dann die häufig bei Biokunststoffen anfallenden Mehrkosten geringer aus, da weniger Material eingesetzt wird. Zum anderen hat eine Materialeinsparung auch ökologische Vorteile.

Ob eine Materialeinsparung möglich ist, hängt unter anderem von der Dichte der Kunststoffe ab. Polyolefine (PE und PP) haben relativ geringe Dichten, Polyester (z.B. PET und die meisten nicht-Drop-in Biokunststoffe) haben höhere Dichten. Findet eine Materialsubstitution bei gleichbleibender Schichtdicke der Verpackung statt, ist die Verpackung aus dem Material mit geringerer Dichte entsprechend leichter und dementsprechend vorteilhafter.

Weitere Einflussfaktoren für eine mögliche Materialeinsparung sind die mechanischen Eigenschaften des eingesetzten Materials und die Anforderungen des Packguts an die Verpackung bezüglich deren Barriereigenschaften (z.B. Barriere gegenüber Sauerstoff). Wenn die mechanischen Eigenschaften (wie z. B. Zugfestigkeit und Steifigkeit) des substituierenden Materials es zulassen, können möglicherweise dünnere Schichtdicken realisiert werden. Dies ist beispielsweise bei einem Joghurt-Becher aus PLA anstelle von PS möglich (Detzel et al. 2018).

3.3 Einflussfaktor Barriereigenschaften

Die meisten Packgüter haben spezielle Ansprüche an ihre Verpackung, was die Barriereigenschaften gegenüber bestimmten Stoffen wie Sauerstoff und Wasserstoff, aber auch gegenüber Mineralöl angeht. Hier können die chemisch neuartigen Biokunststoffe ggf. gegenüber den klassischen Kunststoffen punkten, wenn sie die entsprechenden Eigenschaften besser erfüllen.

Polyethylenfuranoat (PEF) ist ein neues Bio-Polymer, das bzgl. der Verarbeitbarkeit grundsätzlich mit PET vergleichbar ist, ihm in Bezug auf Gewicht, Barriere- und thermischen Eigenschaften jedoch noch überlegen ist. PEF hat eine sehr gute Sauerstoffbarriere, was zum Beispiel bei der Verpackung von sauerstoffempfindlichen Getränken wie Saft vorteilhaft sein kann. Wird Saft in PET-Flaschen abgefüllt, müssen häufig zusätzliche Barrierefunktionen (z.B. über Zusatz von PA) erwirkt werden, was dazu führen kann, dass sie nicht mehr recyclingfähig sind. PEF hingegen erfüllt als Monomaterial ausreichende Barrierefunktionen, sodass es zumindest theoretisch recyclingfähig ist. Hier wird es in Zukunft auf das Vorhandensein relevanter Marktmengen ankommen, sodass sie in den Sortieranlagen in separaten Werkstofffraktionen gesammelt werden. Wünschenswert wären in Zukunft auch aussagekräftige Ökobilanzuntersuchungen, die bislang noch fehlen.

Die Mineralölbarriere von Verpackungen ist z.B. relevant, wenn in der Verpackung / Umverpackung auch Recyclingpapier zum Einsatz kommt, da hier durch die Druckfarben auch Mineralölrückstände in die Verpackungen kommen können. Die Biokunststoffe Ecovio (PBAT und PLA) und auch Zellulosefolie weisen eine sehr gute Mineralölbarriere auf. Ihr Einsatz ermöglicht ggf. zusätzlich den Einsatz von Recyclingpapier in der Umverpackung, was das ökologische Abschneiden der Verpackung insgesamt verbessern kann.

3.4 Einflussfaktor Bioabbaubarkeit/Kompostierbarkeit

Wie in Kapitel 2.5 erläutert, können und dürfen Verpackungen aus kompostierbaren Biokunststoffen in Deutschland nicht über die Biotonne entsorgt werden.

Auch aus ökobilanzieller Sicht schneidet die Kompostierung schlechter ab als Recycling und (effiziente) thermische Verwertung, da das Material aus dem Stoffkreislauf verloren geht und weder Material- noch Energiegutschriften erhält. Es ist zudem von keinem nennenswerten Nährstoffbeitrag der Verpackung für den Kompost auszugehen.

Es gibt Bestrebungen mit bioabbaubaren und/oder kompostierbaren Verpackungen – für den Fall von Littering – das Verschmutzungsrisiko der Meere zu verringern. Grundsätzlich gibt es auch Zertifizierungen für Bioabbaubarkeit im Süßwasser oder in marinen Ökosystemen. Ob bioabbaubare Verpackungen hier einen Beitrag leisten können oder gar einen gegenteiligen Effekt haben, ist derzeit nicht ausreichend wissenschaftlich untersucht und daher ungewiss.

3.5 Einflussfaktor Biobasiertheit

Das VerpackG2 fördert den Einsatz nachwachsender Rohstoffe. Verpackungen aus biobasierten Kunststoffen haben daher einen Vorteil, sofern sie zudem auch recyclingfähig sind.

Aus ökobilanzieller Sicht ist Biobasiertheit per se kein Vorteil, hier kommt es auf den Einzelfall an. Wie in Kapitel 2.3 erläutert, schneiden biobasierte Kunststoffe in einigen Wirkungskategorien besser und in anderen schlechter ab als fossile Kunststoffe.

Biobasierte Kunststoffe haben das Potential zur Defossilisierung der Ökonomie/Materialwirtschaft beizutragen – wie groß dieser Beitrag sein kann, wird sich in Zukunft zeigen.

4 Literaturverzeichnis

BioAbfV (2022) Lesefassung nach „Kleiner“ Novelle der BioAbfV mit den Änderungen gemäß Artikel 1 der Verordnung zur Änderung abfallrechtlicher Verordnungen vom 28. April 2022 (BGBl. I S. 700) Online abrufbar unter https://www.bmuv.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Glaeserne_Gesetze/19._Lp/bio-abfv_novelle/Entwurf/bioabfv_novelle_refe_lesefassung.pdf (letzter Zugriff: 14.6.2022).

Detzel, A., Bodrogi, F., Kauertz, B., Bick, C., Welle, Dr. F., Schmid, Prof. Dr. M., Schmitz, K., Müller, K., & Kän, Dr. H. (2018). Biobasierte Kunststoffe als Verpackungen von Lebensmitteln (S. 122). ifeu - Institut für Energie und Umweltforschung Heidelberg, Fraunhofer IVV, Narcon.

Detzel, A., Kauertz, B., Schlecht, S., Fehrenbach, H., Köppen, S., Bodrogi, F., Hennenberg K.J. (2019) Implementierung von Nachhaltigkeitskriterien für die stoffliche Nutzung von Biomasse im Rahmen des Blauen Engel. Teil 2: PROSA – Biobasierte Kunststoffe. Abschlussbericht. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.

DIN CERTCO (2019) Bioplastics Worldwide. Your Markets – Your Solutions – Our Certifications. DIN CERTCO Gesellschaft für Konformitätsbewertung mbH, Berlin.

DIN CERTCO (2020) Zertifizierungsprogramm Biobasierte Produkte nach ASTM D 6866 und/oder ISO 16620, Teil 1-3. DIN CERTCO, Berlin.

DIN Deutsches Institut für Normung: Biobasierte Produkte - Übersicht über Normen, Deutsche Fassung CEN/TR 16208:2011.

European Bioplastics (2021) Bioplastics Market Development Update 2021. European Bioplastics, Berlin. Online abrufbar unter: https://docs.european-bioplastics.org/publications/market_data/Report_Bioplastics_Market_Data_2021_short_version.pdf (letzter Zugriff 14.6.2022).

European Bioplastics, nova Institute (2021a) Global production capacities of bioplastics 2021 (by market segment). Online abrufbar unter: https://www.european-bioplastics.org/wp-content/uploads/2021/11/Global_Prod_Market_Segment_Total_2021.jpg (letzter Zugriff 14.6.2022).

European Bioplastics, nova Institute (2021b) Global production capacities of bioplastics 2021 (by region). Online abrufbar unter: https://www.european-bioplastics.org/wp-content/uploads/2021/11/Global_Prod_Capacity2021_map.jpg (letzter Zugriff 14.6.2022).

ISCC (2021) ISCC PLUS Version 3.3. ISCC System GmbH. Online abrufbar unter: https://www.iscc-system.org/wp-content/uploads/2021/08/ISCC-PLUS_V3.3_31082021.pdf (letzter Zugriff: 15.6.2022).

RSB (2020) Chemicals & Polymers – An Industry transforming. RSB Roundtable on Sustainable Biomaterials, Geneva, Switzerland.

RSB (2021) A Guide to RSB Certification for Advanced Products - Getting your operation certified to the RSB Standard. RSB Roundtable on Sustainable Biomaterials, Geneva, Switzerland.

TÜV AUSTRIA (2019) The Plastic Challenge – Roadmap to Bioplastics. TÜV AUSTRIA BELGIUM NV/SA, Kraainem, Belgium.

VerpackG2 (2021) Gesetz über das Inverkehrbringen, die Rücknahme und die hochwertige Verwertung von Verpackungen. Online abrufbar unter: <https://www.verpackungsgesetz.com/gesetzestexte/verpackg-2022-07-01/> (letzter Zugriff: 14.6.2022).

ZSVR (2021) Mindeststandard für die Bemessung der Recyclingfähigkeit von systembeteiligungspflichtigen Verpackungen gemäß § 21 Abs. 3 VerpackG. Zentrale Stelle Verpackungsregister.

www.plastik-reduzieren.de

