

Kunststoffe aus nachwachsenden Rohstoffen

Themenkurzprofil Nr. 51 | Stephan Richter | Februar 2022

Kunststoffe auf Basis nachwachsender Rohstoffe (NaWaRo) waren bis zum Zweiten Weltkrieg vorherrschend, wurden jedoch anschließend weitgehend durch petrochemische Varianten ersetzt. In den letzten Jahren hat das Interesse an biobasierten Kunststoffen, insbesondere aus Nachhaltigkeitsgründen, wieder deutlich zugenommen. Sie werden mittlerweile in der Lebensmittel-, Automobil-, Chemie-, Bau- oder Pharmabranche eingesetzt und das Angebot an biobasierten Kunststoffen diversifiziert sich zusehends. Außer in der Industrie mit ihren spezifischen Anforderungen an Materialien finden Kunststoffe aus NaWaRo auch zunehmend auf dem Verbrauchermarkt Verbreitung.

Das Kurzprofil fokussiert auf sogenannte Strukturpolymere, zu denen thermo- und duroplastische Kunststoffe zählen, weil diese ca. 74 % des globalen, jährlichen Gesamtkunststoffaufkommens ausmachen, hiervon jedoch bislang nur ca. 1 % biobasiert hergestellt wird. Aktuell werden biobasierte Strukturpolymere überwiegend als Verpackungsmaterial genutzt, könnten aber aus technischer Sicht bis zu 90 % ihrer petrochemischen Verwandten bei vielen anderen Anwendungen ersetzen. Weitere Kunststoffe – hierzu zählen Elastomere, Kunstfasern und Funktionspolymere – werden im Folgenden nicht berücksichtigt, weil für ihre Produktion im Vergleich zu den Strukturpolymeren bereits heute große Mengen nachwachsender Rohstoffe eingesetzt werden.

Biobasierte Strukturpolymere können zwei Gruppen zugeordnet werden: Zum einen gibt es solche, die in der chemischen Struktur den bereits auf dem Markt befindlichen fossilen Kunststoffen gleichen (sogenannte Drop-in-Lösungen wie Bio-PE oder Bio-PET). Hierbei ist zu beachten, dass Drop-in-Lösungen in der

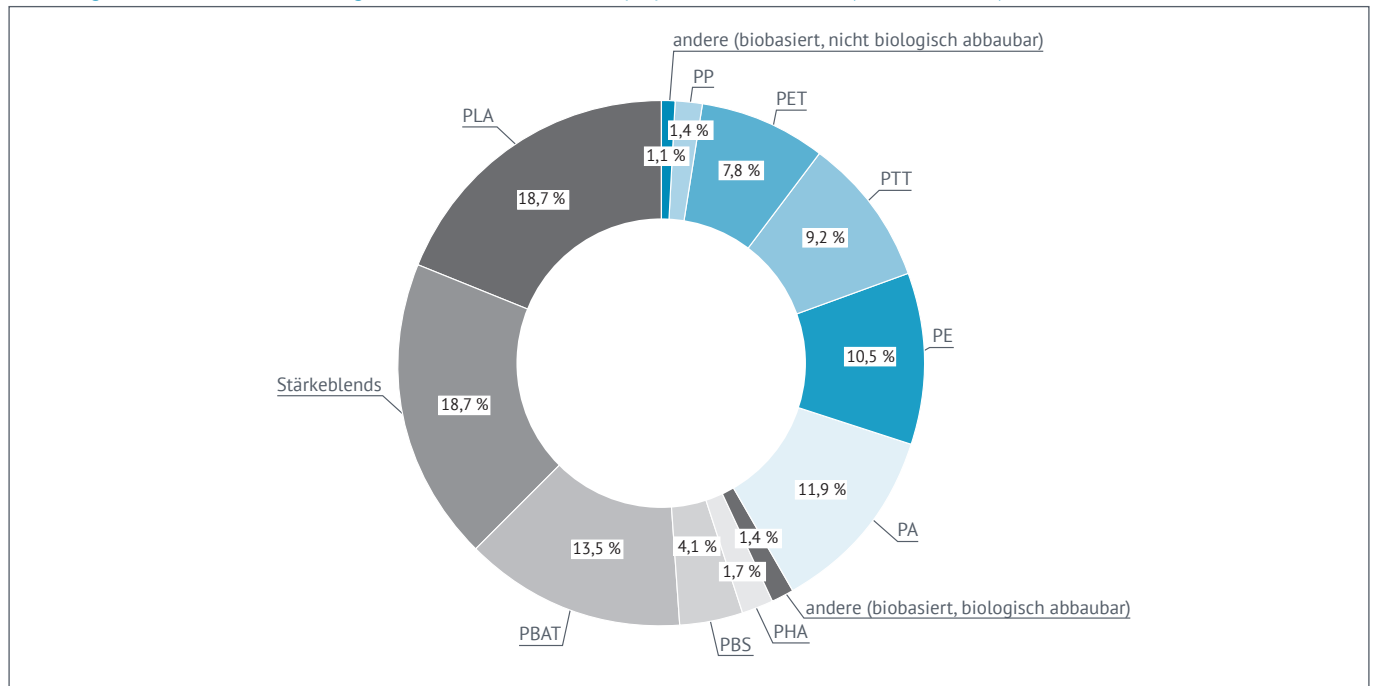
Regel als Mix aus fossilen und biobasierten Kunststoffen verarbeitet werden. Zum anderen gibt es biobasierte Kunststoffe, die kein fossiles Pendant haben, etwa das biologisch abbaubare Polylactid.

Zukünftig könnten petrochemische Kunststoffe vermehrt durch biobasierte Alternativen ersetzt werden. Treiber hierfür sind u.a. die zunehmende Ausrichtung unseres Wirtschaftssystems in Richtung Bioökonomie sowie die steigende Nachfrage nach biobasierten Produkten von Endverbraucher/innen. Im Kontext der Nachhaltigkeitsbetrachtung schneiden biobasierte Kunststoffe im Vergleich zu petrochemischen Pendants in der Regel mit besseren Ergebnissen in den Wirkungskategorien Treibhausgaspotenzial und abiotischer Ressourcenverbrauch ab. Sie haben aber auch nachteilige Umweltwirkungen. Hierzu zählen der Landverbrauch, die Eutrophierung und Versauerung von Böden und der Wasserverbrauch. Zukünftig können die mit der Rohstoffbereitstellung verbundenen negativen Umweltwirkungen u.a. durch die Nutzung von Rest- und Abfallstoffen als Rohstoffquelle, die Optimierungen des Bioraffinerieprozesses und die nachhaltige Bewirtschaftung von Agrarflächen für biobasierte Kunststoffe minimiert werden.

Hintergrund und Entwicklungsstand

Biobasierte Kunststoffe werden teilweise oder vollständig aus nachwachsenden Rohstoffen hergestellt, wobei die Ausgangsrohstoffe in der Regel cellulose- oder stärke-reiche Pflanzen sind. Historisch gesehen sind biobasierte Kunststoffe keine neue Entwicklung, sondern bis in die 1930er Jahre wurden Kunststoffe überwiegend aus nachwachsenden Rohstoffen hergestellt. Beispiele für biobasierte Kunststoffe aus jener Zeit sind u.a. das

Abbildung 1: Globale Produktionsmengen von biobasierten Strukturpolymeren im Jahr 2020 (total 2,11 Mio. t)



Biologisch abbaubare biobasierte Kunststoffe sind in grau und nicht abbaubare biobasierte Kunststoffe in blau dargestellt.

Quelle: EUBP o.J.

holzbaasierte Celluloseacetat, das noch heute als Material für Zigarettenfilter oder Brillengestelle genutzt wird, oder das milchbaasierte Casein, welches früher beispielsweise als Rohstoff für Knöpfe weiterverarbeitet wurde (BPF 2014). Mit Ende des Zweiten Weltkriegs setzten sich dann fossilbaasierte Kunststoffe durch, die aus Erdöl und -gas oder auch aus Kohle gewonnen werden. Mit der Entwicklung von stärkebasierten Kunststoffen wie Polylactid (PLA) oder Polyhydroxyalkanoat (PHA) in den 1990er Jahren und einem zunehmenden Interesse an biologischer Abbaubarkeit bzw. Kompostierbarkeit erfuhren Kunststoffe aus nachwachsenden Rohstoffen, die diese Kriterien erfüllen, eine gewisse „Renaissance“ (FNR 2020a, S.13 f.). Mittlerweile sind biobasierte (bioabbaubare) Kunststoffe in verschiedenen Anwendungsfeldern etabliert. Sie werden beispielsweise für Verpackungen genutzt oder in der Landwirtschaft als kompostierbare Folien eingesetzt.

1 % der Strukturpolymere wird bislang biobasiert hergestellt

Bislang sind nur ca. 1 % aller global produzierten Strukturpolymere (2,11 Mio. t, Stand 2020) biobasiert (EUBP o.J.). Ein Grund hierfür ist der nach wie vor höhere Preis von biobasierten gegenüber fossilbasierten Kunststoffen, weil Rohöl im Vergleich zu nachwachsenden Ressourcen günstiger bezogen werden kann. Zudem werden biobasierte Kunststoffe häufig in kleineren Mengen produziert, was die Prozess- und Entwicklungskosten pro Mengeneinheit erhöht. Hergestellt werden sie vor allem in China mit 46 % und Europa (26 %), gefolgt von Nordamerika (17 %), Südamerika (10 %) und Australien/Ozeanien mit lediglich 1 %

(EUBP o.J.). Nach einer aktuellen Schätzung von European Bioplastics (EUBP o.J.) in Zusammenarbeit mit dem nova-Institut werden die weltweiten Produktionskapazitäten für biobasierte Kunststoffe von rund 2,11 Mio. t 2020 auf etwa 2,87 Mio. t bis 2025 steigen.

Technische Aspekte biobasierter Strukturpolymere

Die biobasierten Strukturpolymere, die aktuell am Markt am weitesten verbreitet sind, können in biologisch abbaubare und nicht abbaubare Biopolymere unterschieden werden (Abb. 1). Die biologische Abbaubarkeit ist in DIN EN 13432 geregelt und bedeutet, dass Kunststoffe unter dem Einfluss von definierten Temperatur-, Feuchte- und Sauerstoffbedingungen durch Bakterien und/oder Pilze zu mehr als 90 % zu Wasser, Kohlendioxid und Biomasse abgebaut werden können. Hierbei ist zu beachten: Biologisch abbaubare Kunststoffe können nicht nur ausschließlich biobasiert, sondern auch aus fossilen Rohstoffen hergestellt werden.

Von den 2020 hergestellten 2,11 Mio. t biobasierter Strukturpolymeren waren 58,1 % biologisch abbaubar und 41,9 % nicht abbaubar (EUBP o.J.).

Beispiele für die am Markt verbreitetsten **biologisch abbaubaren biobasierten Strukturpolymere** (FNR 2020a, S.13 ff.):

- Zu den am meisten verbreiteten biobasierten Polyestern zählt das **Polylactid (PLA)**. Der Grundbaustein für PLA ist Milchsäure, die in einem Fermentationsprozess mithilfe von Mikroorganismen aus Zucker oder Stärke hergestellt wird. Im Anschluss wird das Rohmaterial durch die Zu-

gabe von Additiven, Copolymerisation bzw. Verblendung mit weiteren Kunststoffen, beispielsweise Polyhydroxybutyrat (PHB) zur Verbesserung der Zähigkeit, für den industriellen Einsatz weiterverarbeitet. PLA lässt sich wie alle thermoplastischen Kunststoffe handhaben und wird zur Herstellung von Folien, Formteilen, Dosen, Bechern, Flaschen und weiteren Gebrauchsgegenständen genutzt.

- **Polyhydroxyalkanoate (PHA)** gehören ebenfalls zur Familie der Polyester. Zu den häufig genutzten PHAs gehört Polyhydroxybutyrat (PHB) sowie dessen Copolymere. Für die Gewinnung von PHAs werden Bakterien kultiviert, die während ihrer Lebensphase Polyhydroxyalkanoate intrazellulär einlagern. Zur Herstellung von verarbeitetem PHA wird das Zellmaterial der Kultur aufgeschlossen, das Biopolymer aufgereinigt und mit Zuschlagstoffen, wie beispielsweise Additiven, vermischt. PHAs können z.B. zu Folien, aber auch im Spritzguss, in Extrusions- und Blasformprozessen verarbeitet werden.
- Weitere biologisch abbaubare Polyester sind **Polybutylenadipaterterephthalat (PBAT)** und **Polybutylensuccinat (PBS)**. PBAT wird aus Terephthalsäure bzw. Terephthal-säuredimethylester und Butandiol synthetisiert und beispielsweise als bioabbaubare PET-Alternative eingesetzt. Die Grundbausteine von PBS, das z.B. als Verpackungsmaterial genutzt wird, sind Butandiol und Bernsteinsäure. Während das Butandiol biobasiert ist, sind die weiteren Bestandteile von PBAT bzw. PBS bislang in der Regel erdölbasiert.
- Polysaccharidbasierte Kunststoffe, wie die **thermoplastische Stärke (TPS)**, die mit weiteren (biobasierten) Polymeren zu Stärkeblends verarbeitet werden können, gehören aktuell zu den meistgenutzten biobasierten Strukturpolymeren. Zur Herstellung von TPS werden Stärkekörner in Extrusionsprozessen unter Einwirkung von mechanischer Energie und Wärme sowie Weichmachern (z.B. Wasser) destrukturiert und zu Kunststoffgranulaten verarbeitet. Diese können zu Folien, Spritzgussartikeln oder Beschichtungen weiterverarbeitet werden.

Beispiele für die am weitesten verbreiteten **nicht abbaubaren biobasierten Strukturpolymere** (FNR 2020a, S.13 ff.):

- **Polyethylenterephthalat (PET)** ist einer der wichtigsten Massenkunststoffe und vor allem durch den Einsatz für Getränkeflaschen bekannt. Mittlerweile ist (teil)biobasiertes PET eine gängige Alternative zu fossilbasiertem PET. Bio-PET wird mittels Polykondensation hergestellt, wobei Monomere in Polymere (Kunststoffe) überführt werden. Die Grundbausteine bilden Monoethylenglycol, welches aus Zuckerrohrmelasse gewonnen wird, und Terephthalsäure oder Dimethylterephthalat, die bislang noch überwiegend petrochemisch hergestellt werden. Erste Ansätze, biobasierte Terephthalsäure wirtschaftlich herzustellen, sind in der Erprobung.
- **Polytrimethylenterephthalat (PTT)** ist ein weiterer (teil-)biobasierter Polyester, welcher ebenfalls aus Terephthal-

säure oder Dimethylterephthalat und einem biobasierten Alkohol (1,3-Propandiol) synthetisiert wird. PTT wird häufig zu Fasern verarbeitet.

- Um Faser- und Textilprodukte herzustellen, werden häufig **Polyamide (PA)** genutzt. Nylon ist ein bekanntes Beispiel hierfür. PA werden aber auch zu spritzgegossenen und extrudierten Produkten verarbeitet. Die Grundbausteine für die PA-Synthese sind Dicarbonsäure und Diamine, die beide aus nachwachsenden Rohstoffen gewonnen werden können.
- Zu den am weitesten verbreiteten Kunststoffen gehören Polyolefine, mit den beiden wichtigsten Vertretern **Polyethylen (PE)** und **Polypropylen (PP)**. Zur Herstellung von biobasierten PE wird aus fermentiertem Zuckerrohr gewonnener Ethanol zu dem Monomer Ethylen dehydriert. Die Herstellung von biobasierten PP ist deutlich komplexer, kann jedoch auch auf Basis der Dehydrierung von Alkoholen umgesetzt werden.

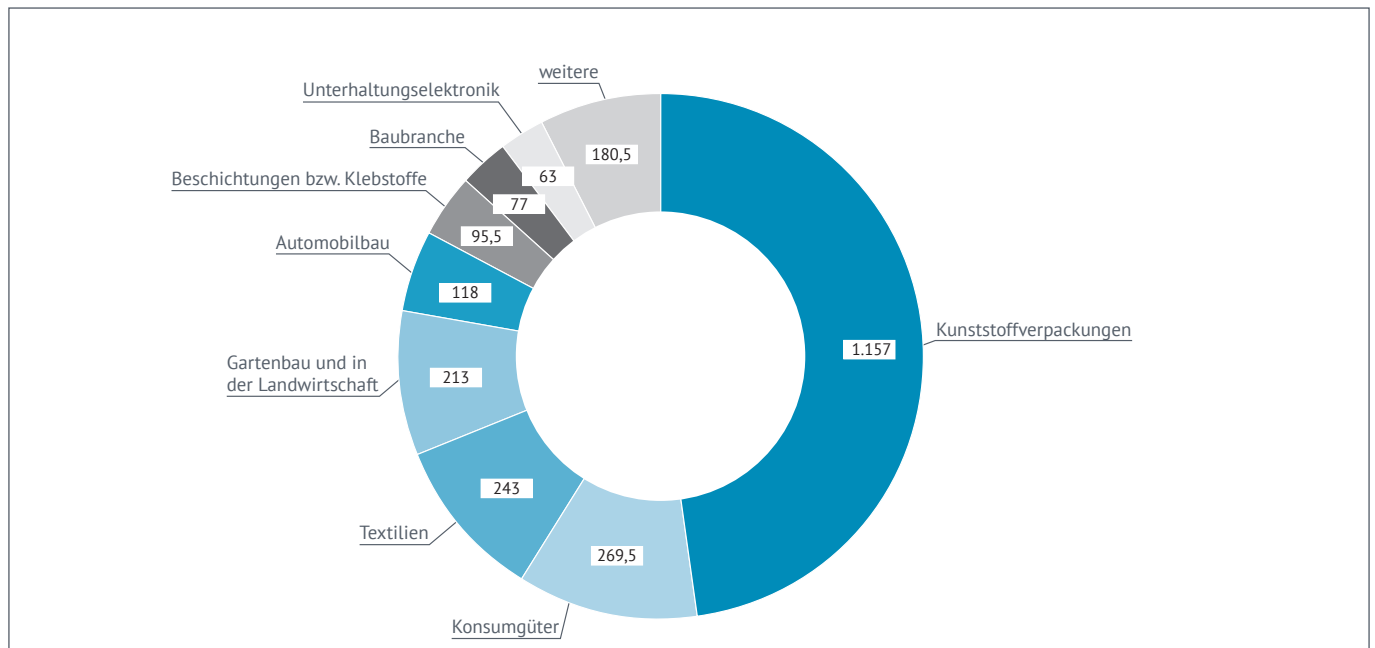
Breite Anwendungsmöglichkeiten biobasierter Strukturpolymere

Obwohl biobasierte Strukturpolymere bislang nur einen Bruchteil des Marktes ausmachen, werden sie bereits in einer Vielzahl von Anwendungsfeldern eingesetzt (Abb. 2) (EUBP o.J.; FNR 2020a, S.39 ff.). 2020 waren **Kunststoffverpackungen** mit Abstand das wichtigste Anwendungsfeld (47,9 %), dem ein großes Wachstumspotenzial zugesprochen wird. Biobasierte Kunststoffe werden beispielsweise für Tragetaschen und Folien, aber auch für Getränkeflaschen oder für Verpackungen von Kosmetik- und Reinigungsartikeln genutzt. **Konsumgüter** (z.B. Cateringgeschirr oder Coffee-to-go-Becher) mit 11,2 % und Textilien (10,1 %) sind weitere wichtige Anwendungsfelder. Im **Gartenbau und in der Landwirtschaft** (8,8 %) kommen insbesondere biologisch abbaubare biobasierte Kunststoffe zum Einsatz, beispielsweise als Mulchfolien, Pflanz- und Anzuchttöpfe. Die kompostierbaren NaWaRo-Kunststoffe haben den Vorteil, dass anfallende Abfälle nicht eingesammelt und entsorgt werden müssen, sondern z.B. auf dem Feld untergepflügt werden können. Zur Anwendung kommen biobasierte Kunststoffe außerdem im **Automobilbau** (4,9 %), wo sie vor allem im Innenraum eingesetzt werden, in Konzeptstudien aber bereits für tragende Karosserieteile getestet wurden. Weitere Anwendungsbereiche sind **Beschichtungen bzw. Klebstoffe** (4 %), Holz-Kunststoff-Verbundwerkstoffe, Dämmmaterialien etc. in der **Baubranche** (3,2 %) sowie Gehäuse und Touchpanelfrontscheiben für **Unterhaltungselektronik** (2,6 %).

Gesellschaftliche und politische Relevanz

Das breite Feld der bisherigen Anwendungsmöglichkeiten zeigt auf, dass biobasierte Strukturpolymere perspektivisch eine wichtigere Rolle spielen und etablierte petrochemische Alternativen zumindest teilweise ablösen könnten. Aus technischer Sicht wären bis zu 90 % der Strukturpolymere

Abbildung 2: Weltweite Produktionskapazitäten für biobasierte Kunststoffe nach Marktsegmenten im Jahr 2020 in 1.000 t



Quelle: EUBP o.J.

biobasiert herstellbar (FNR 2020a, S.57). Bislang sind Alternativen aus nachwachsenden Rohstoffen jedoch häufig noch zu teuer, um sich gegen petrochemische Kunststoffe durchsetzen zu können. Hauptgründe hierfür sind der relativ niedrige Rohölpreis und Skaleneffekte.

Deutsche Bioökonomiestrategie setzt die Nutzung biogener Ressourcen in den Fokus

Mit dem Beschluss zur „Deutschen Bioökonomiestrategie“ (BMBF/BMEL 2020) hat das Bundeskabinett im Januar 2020 einen wichtigen politischen Grundstein zur (Weiter-)Entwicklung und Marktdurchdringung biobasierter Kunststoffe gelegt. Die Strategie baut auf der „Nationalen Forschungsstrategie BioÖkonomie 2030“ und der „Nationalen Politikstrategie Bioökonomie“ auf. Neben dem Aufbau biologischen Wissens und fortschrittlicher Technologien als Pfeiler eines zukunftsfähigen, nachhaltigen und klimaneutralen Wirtschaftssystems soll die Wirtschaft durch die Nutzung biogener Ressourcen nachhaltig und kreislauforientiert ausgerichtet werden (BMBF 2020). Hierzu zählt auch die Entwicklung neuer Biokunststoffe, durch die der Einsatz fossiler Rohstoffe gesenkt und der nachwachsender Rohstoffe gestärkt werden soll (Bundesregierung 2021). Die Umsetzung der Bioökonomiestrategie wird ressortübergreifend realisiert, wobei allein die federführenden Ressorts, das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft und das Bundesministerium für Bildung und Forschung, von 2020 bis 2024 insgesamt 3,6 Mrd. Euro investieren werden (Bundesregierung 2021).

Verbraucher/innen sind gegenüber Produkten aus biobasierten Kunststoffen aufgeschlossen

Ein Faktor, der zur Verbreitung von biobasierten Kunststoffen beitragen könnte, ist das Umweltbewusstsein in

unserer Gesellschaft. Die kontinuierlich wiederkehrende Befragung des Umweltbundesamts (2021) zu Umwelteinstellungen und -verhalten zeigt, dass 2020 ca. 65 % der Deutschen den Umwelt- und Klimaschutz für ein sehr wichtiges Thema hielten. Im Rahmen einer Befragung von Verbraucher/innen (n = 1.191) konnte zudem gezeigt werden, dass das Thema „Kunststoffe aus nachwachsenden Rohstoffen“ für 77,5 % der Befragten von hoher Wichtigkeit war (Rumm 2016, S.66). Der Großteil der Teilnehmenden (66,7 %) wusste jedoch nicht, ob sie in dem der Befragung vorausgegangenen Jahr biobasierte Kunststoffprodukte gekauft hatten (Rumm 2016, S.70). Für die Zukunft konnte sich mehr als die Hälfte der Befragten vorstellen, beim Einkauf bewusst auf biobasierte Kunststoffe zu achten, und zwei Drittel der Befragten gaben an, beim Kauf eines Kunststoffprodukts jenes aus nachwachsenden Rohstoffen zu bevorzugen (Rumm 2016, S.70). Aufklärungskampagnen sowie verbraucherfreundliche Kennzeichnungen könnten zukünftig eine bewusste Kaufentscheidung biobasierter Kunststoffprodukte unterstützen (Rumm 2016, S.12 ff.).

Nachhaltigkeitsaspekte von biobasierten Kunststoffen

Biobasierte Kunststoffe werden häufig als nachhaltige Alternative zu petrochemischen Polymeren beworben, weil sie in der Regel eine bessere CO₂-Bilanz aufweisen. Detailliertere Analysen potenzieller Umwelteffekte, die den gesamten Lebenszyklus einbeziehen – sogenannte Ökobilanzen –, zeigen jedoch ein differenzierteres Bild. Während biobasierte und petrochemische Kunststoffe bei der Herstellung, Verarbeitung und Nutzung meist ähnlich abschneiden, unterscheiden sie sich maßgeblich bei der Rohstoffbereitstellung und der Entsorgung. Auch wenn verallgemeinernde Aussagen über die Ökobilanz von bio-

basierten Kunststoffen eine gewisse Unschärfe mit sich bringen – beispielsweise haben die konkrete Anwendung, die Kunststoffart sowie Art und Ursprung der verwendeten nachwachsenden Rohstoffe einen großen Einfluss auf die Ökobilanz –, können die vorliegenden Untersuchungen folgendermaßen zusammengefasst werden:

- Gegenüber petrochemischen Kunststoffen weisen biobasierte Alternativen **bessere Ergebnisse in den Wirkungskategorien Treibhausgaspotenzial und abiotischer Ressourcenverbrauch** auf, weil sie aus nachwachsenden, CO₂-bindenden Rohstoffen hergestellt werden. Ein Grund für die bessere CO₂-Bilanz von biobasierten Kunststoffen ist, dass sie beim Wachstum das CO₂ aufnehmen, welches sie bei einer späteren Verbrennung bzw. bei ihrer mikrobiellen Zersetzung wieder abgeben.
- Da die nachwachsenden Rohstoffe für biobasierte Kunststoffe landwirtschaftlich produziert werden, haben sie jedoch gegenüber petrochemischen Rohstoffen eher **nachteilige Umweltwirkungen bezüglich des Landverbrauchs, der Eutrophierung und Versauerung von Böden und des Wasserverbrauchs**.

Bislang sind die genutzten Agrarflächen für die Herstellung von biobasierten Strukturpolymeren, die nur 1 % des Kunststoffmarktes ausmachen, noch sehr gering. So werden weltweit lediglich 0,015 % (FNR 2020b) bis 0,05 % (Rumm 2016) der Ackerflächen genutzt, um die erforderlichen Rohstoffe für die Produktion von biobasierten Kunststoffen anzubauen. Würden alle derzeit jährlich produzierten Kunststoffe biobasiert hergestellt, könnte dies laut einer Abschätzung von Prof. Dr. Hans-Josef

Endres, Leiter des Instituts für Kunststoff- und Kreislauftechnik an der Leibniz-Universität Hannover, ca. 5 % der global verfügbaren Agrarflächen in Anspruch nehmen (Plastarbeiter 2019). Solche langfristig ausgelegten Abschätzungen bezüglich der Flächeninanspruchnahme für die zukünftige Produktion biobasierter Kunststoffe sind jedoch mit großen Unsicherheiten behaftet. Hierbei sind die Art des Agrarwirtschaftssystems, dessen Effektivität sowie die Wahl spezifischer Kulturpflanzen als Rohstoffquelle nur einige Faktoren, die die zukünftige Flächeninanspruchnahme und sonstige Umweltwirkungen stark beeinflussen. Darüber hinaus könnte sich langfristig die Nutzung von Rest- und Koppelprodukten als Rohstoffquellen für die Produktion biobasierter Kunststoffe durchsetzen. Hierzu zählen etwa Ernterückstände bei Kartoffeln und Zuckerrüben (Mundzeck/Siebert-Raths 2021; Rumm 2016). Dies würde die benötigten landwirtschaftlichen Flächen zur Rohstoffproduktion minimieren und etwaige negative Umweltwirkungen reduzieren. Biobasierte Kunststoffe aus Rest- und Koppelprodukten sind bislang jedoch noch vorwiegend im Entwicklungsstadium und werden nur in kleinem Maßstab hergestellt.

Bis dato entwickelt sich der Ausbau von Produktionskapazitäten für biobasierte Kunststoffe eher langsam, sodass die technisch mögliche Transformation der petrochemischen Kunststoffindustrie hin zu einer biobasierten als langfristig angelegter Prozess zu verstehen ist. Dies bietet Politik, Wissenschaft wie auch Unternehmen einen Entwicklungskorridor, um die zukünftige Wertschöpfung biobasierter Kunststoffe so nachhaltig wie möglich zu gestalten und insbesondere negative Umweltwirkungen zu



minimieren, die mit der Rohstoffbereitstellung in Verbindung stehen.

Neben der ökologischen Transformation des Agrarsektors könnten in diesem Kontext beispielsweise auch Nachhaltigkeitsstandards, die für die Rohstoffbereitstellung von Agrotreibstoffen entwickelt wurden (EC 2019), bei der Produktion von nachwachsenden Rohstoffen für biobasierte Kunststoffe angewandt werden (TAB 2010, S.161 ff.). Überdies gibt es weitere (technische) Ansatzpunkte, um die Ökobilanz biobasierter Kunststoffe weiter zu verbessern (Brizga et al. 2020; Lambert/Wagner 2017; Rameshkumar et al. 2020; TAB 2016, S. 103 ff.), beispielsweise

- die bereits erwähnte Nutzung von Rest- und Koppelprodukten sowie Abfällen als Rohstoffquelle,
- die Optimierung der Umwandlungswirkungsgrade von Rohstoffen in biobasierte Kunststoffe in Bioraffinerien sowie
- die Verbesserung der Energieeffizienz und die Nutzung erneuerbarer Energien in ebendiesen Bioraffinerien.

Die Frage, ob und in welchem Ausmaß eine biobasierte Kunststoffindustrie grundsätzlich nachhaltiger ist als die herkömmliche petrochemische Produktionsweise von Kunststoffen, kann bislang nicht abschließend beantwortet werden. Sie bleibt ein Schwerpunkt der aktuellen wissenschaftlichen Auseinandersetzung.

Recycling von biobasierten Kunststoffen

Neben der Vermeidung von Kunststoffabfällen gehört deren Recycling zu den wichtigsten Möglichkeiten, um Umweltwirkungen am Ende des Lebensweges von Kunststoffprodukten zu minimieren. Hierzulande werden Kunststoffabfälle vor allem thermisch verwertet (ca. 53 % im Jahr 2017) oder alternativ werkstofflich recycelt (ca. 46 % im Jahr 2017), um Sekundärrohstoff für neue Kunststoffprodukte zurückzugewinnen (TAB 2020).

Biobasierte Kunststoffe, die sich in ihrer chemischen Struktur nicht wesentlich von ihren petrochemischen Pendanten unterscheiden – z. B. Drop-in-Materialien mit biobasiertem Kunststoffanteil (Bio-PE, Bio-PP etc.) –, können problemlos den bestehenden Down-, Re- und Up-cyclingströmen zugeführt werden (Behnsen et al. 2018; FNR 2017). Anders verhält es sich bei biobasierten Kunststoffen, die chemisch neuartig sind und kein petrochemisches Äquivalent haben, wie PLA. Grundsätzlich sind diese Kunststoffe recyclingfähig und können mit bestehenden Technologien, etwa durch Nahinfrarotspektroskopie (NIR), erkannt und sortiert werden (FNR 2017). Aufgrund kleiner Margen ist ein sortenreines Recycling bislang jedoch häufig nicht wirtschaftlich. Unklar ist zudem noch, inwieweit chemisch neuartige biobasierte Kunststoffe in das etablierte Kunststoffverwertungssystem integriert werden können, ohne das etablierte Recy-

clingsystem petrochemischer Kunststoffe zu stören. Dies wird umso wichtiger, wenn der Massenanteil biobasierter Kunststoffe zukünftig zunehmen wird. Neben technischen und werkstoffwissenschaftlichen Fragen zum Recycling biobasierter, chemisch neuartiger Kunststoffe sind auch Fragestellungen, die die Wirtschaftlichkeit und die Nachhaltigkeit betreffen, Schwerpunkte der aktuellen wissenschaftlichen Auseinandersetzung, beispielsweise (Alaerts et al. 2018; Ferreira-Filipe et al. 2021; Rujnić-Sokele/Pilipović 2017):

- Welche biobasierten Polymere können etablierte Recyclingströme beeinflussen?
- Ab welchem Massenanteil macht sich dieser Einfluss bemerkbar?
- Ab welchen Mengen lohnt sich die Entwicklung von spezifischen Sammel- und Recyclingsystemen von biobasierten Kunststoffen monetär sowie aus Sicht der Ökobilanzierung?

Als Folge der beschriebenen Hindernisse werden aktuell chemisch neuartige biobasierte Kunststoffe häufig mit anderen Sortierresten der thermischen Verwertung zugeführt, obwohl sie recyclingfähig sind (Recycling magazin 2017).

Mögliche vertiefte Bearbeitung des Themas

Im Zuge der vorgesehenen Transformation des Wirtschaftssystems in Richtung Bioökonomie und der zunehmenden Nachfrage nach biobasierten Produkten können und sollen biobasierte Kunststoffe mittel- bis langfristig eine bedeutendere Rolle spielen. Bislang zeichnet sich jedoch kein einheitliches Bild ab, wie diese seit Längerem gehegte Erwartung schneller und effektiver als in



den vergangenen Jahren realisiert werden kann. Eine Beschleunigung dieser Entwicklung hätte erhebliche gesellschaftliche, wirtschaftliche und politische Relevanz auf nationaler wie auch globaler Ebene.

Eine vertiefte Bearbeitung des Themas durch das TAB könnte auf früheren Arbeiten zum Anbau und zur Nutzung von Biomasse/nachwachsenden Rohstoffen aufbauen, in denen Mengenpotenziale, Nutzungs- und Flächenkonkurrenzen, (bio)technologische Möglichkeiten sowie Fragen der Umwelt- und Nachhaltigkeitspotenziale in umfassender Perspektive behandelt wurden. Eine Innovationsanalyse zu Potenzialen und Hemmnissen von Biokunststoffen und ihrer Rolle in einer verbesserten Kreislaufwirtschaft könnte eine sinnvolle Ergänzung zum laufenden TA-Projekt „Strategien und Instrumente zur Verbesserung des Rezyklateinsatzes“ bilden.

Hierbei sollte nicht ausschließlich eine nationale oder europäische Perspektive eingenommen werden, sondern die Möglichkeiten der Versorgung des Marktes mit nachhaltigen biobasierten Kunststoffen unter dem Blickwinkel internationaler Lieferketten und einer umwelt- und sozialverträglichen Wertschöpfung analysiert werden. Neben den biobasierten Strukturpolymeren, auf die im vorliegenden Themenkurzprofil fokussiert wurde, sind Bioverbundwerkstoffe ein weiteres wichtiges Feld für den Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen und sollten in der Untersuchung ebenfalls adressiert werden. Diese bestehen aus Naturfasern (Holz, Baumwolle, Flachs, Kenaf, Hanf etc.), die in eine (biobasierte) Kunststoffmatrix eingebettet sind. Typische Anwendungen sind beispielsweise Terrassendielen, Automobilinterieurs, Möbel und andere Konsumgüter.

Literatur

- ▶ Alaerts, L.; Augustinus, M.; Van Acker, K. (2018): Impact of Bio-Based Plastics on Current Recycling of Plastics. In: Sustainability 10(5), S.1487
- ▶ Behnsen, H.; Spierling, S.; Endres, H.-J. (2018): Biobasierte Kunststoffe als Produkt der Bioökonomie. In: ÖW 33(1), S.28–29
- ▶ BMBF (Bundesministerium für Bildung und Forschung) (2020): Nationale Bioökonomiestrategie. <https://biooekonomie.de/themen/politikstrategie-deutschland> (22.2.2022)
- ▶ BMBF; BMEL (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft) (2020): Nationale Bioökonomiestrategie. Berlin, https://biooekonomie.de/sites/default/files/files/2020-06/bmbf_nationale_biooekonomiestrategie_langfassung_deutsch.pdf (22.2.2022)
- ▶ BPF (British Plastics Federation) (2014): A History of Plastics.https://www.bpf.co.uk/plastipedia/plastics_history/Default.aspx (22.2.2022)
- ▶ Brizga, J.; Hubacek, K.; Feng, K. (2020): The Unintended Side Effects of Bioplastics: Carbon, Land, and Water Footprints. In: One Earth 3(1), S.45–53
- ▶ Bundesregierung (2021): Bio-Plastik als Alternative. 22.7.21, <https://www.bundesregierung.de/breg-de/suche/biokunststoffe-1944646> (1.12.2021)
- ▶ EC (European Commission) (2019): Sustainability criteria for biofuels specified. 13.3.2019, https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/MEMO_19_1656 (1.12.2021)
- ▶ EUBP (European Bioplastics e.V.) (o.J.): Bioplastics market data. <https://www.european-bioplastics.org/market/> (21.1.2022)
- ▶ Ferreira-Filipe, D.; Paço, A.; Duarte, A.; Rocha-Santos, T.; Patrício Silva, A. (2021): Are Biobased Plastics Green Alternatives?-A Critical Review. In: International journal of environmental research and public health 18(15), Artikel 7729
- ▶ FNR (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.) (2017): PLA-Abfälle im Abfallstrom. Gülzow-Prüzen, <https://biowerkstoffe.fnr.de/fileadmin/allgemein/pdf/Pressemitteilungen/Ergebnisbericht-PLA-Abfaelle.pdf> (22.2.2022)
- ▶ FNR (2020a): Biokunststoffe. Gülzow-Prüzen, https://fnr.de/fileadmin/allgemein/pdf/broschueren/brosch-biokunststoffe_2020_web.pdf (22.2.2022)
- ▶ FNR (2020b): Marktsituation. Biokunststoff-Markt – Überblick. <https://biowerkstoffe.fnr.de/biokunststoffe/marktsituation> (21.1.2022)
- ▶ Lambert, S.; Wagner, M. (2017): Environmental performance of bio-based and biodegradable plastics: the road ahead. In: Chemical Society reviews 46(22), S.6855–6871
- ▶ Mundzeck, L.; Siebert-Raths, A. (2021): Biobasierte Kunststoffe: Definitionen, Anwendungsbereiche, Potenziale und Forschung. Gastbeitrag, Trend Report, 23.3.2021,

<https://www.trendreport.de/biobasierte-kunststoffe/> (22.2.2022)

- ▶ Plastverarbeiter (2019): Biobasierte Kunststoffe sind klimaneutral. 4.9.2019, <https://www.plastverarbeiter.de/verarbeitungsverfahren/biobasierte-kunststoffe-sind-klimaneutral.html> (22.2.2022)
- ▶ Rameshkumar, S.; Shaiju, P.; O'Connor, K.; Babu, R. (2020): Bio-based and biodegradable polymers – State-of-the-art, challenges and emerging trends. In: Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry 21, S.75–81
- ▶ Recycling magazin (2017): DUH: Bioplastik löst keine Abfallprobleme. 27.9.2017, <https://www.recyclingmagazin.de/2017/09/27/duh-bioplastik-loest-keine-abfallprobleme/> (22.2.2022)
- ▶ Rujnić-Sokele, M.; Pilipović, A. (2017): Challenges and opportunities of biodegradable plastics: A mini review. In: Waste management & research 35(2), S.132–140
- ▶ Rumm, S. (2016): Verbrauchereinschätzungen zu Biokunststoffen: eine Analyse vor dem Hintergrund des heuristic-systematic model. Dissertation, <https://d-nb.info/1125627026/34> (22.2.2022)
- ▶ TAB (Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag) (2010): Chancen und Herausforderungen neuer Energiepflanzen. (Meyer, R.; Rösch, C.; Sauter, A.) TAB-Arbeitsbericht Nr. 136, Berlin
- ▶ TAB (2016): Weiße Biotechnologie. Stand und Perspektiven der industriellen Biotechnologie: Umwelt- und Nachhaltigkeitspotenziale. (Schiller, J.; Aicher, C.; Feresin, E.) TAB-Arbeitsbericht Nr. 169, Berlin
- ▶ TAB (2020): Hochwertiges Recycling für eine Kunststoffkreislaufwirtschaft. (Jetzke, T.; Richter, S.) TAB-Themenkurzprofil Nr. 35, Berlin
- ▶ Umweltbundesamt (2021): Umweltbewusstsein in Deutschland. Stand 21.7.2021, <https://www.umweltbundesamt.de/themen/nachhaltigkeit-strategien-internationales/umweltbewusstsein-in-deutschland> (1.12.2021)

Das Horizon-Scanning ist Teil des methodischen Spektrums der Technikfolgenabschätzung im TAB.

Horizon
SCANNING

Mittels Horizon-Scanning werden neue technologische Entwicklungen beobachtet und diese systematisch auf ihre Chancen und Risiken bewertet. So werden technologische, ökonomische, ökologische, soziale und politische Veränderungspotenziale möglichst früh erfasst und beschrieben. Ziel des Horizon-Scannings ist es, einen Beitrag zur forschungs- und innovationspolitischen Orientierung und Meinungsbildung des Ausschusses für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung zu leisten.

In der praktischen Umsetzung werden im Horizon-Scanning softwaregestützte Such- und Analyseschritte mit expert/innenbasierten Validierungs- und Bewertungsprozessen kombiniert.

Herausgeber: Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB)

Gestaltung und Redaktion: VDI/VDE Innovation + Technik GmbH

Bildnachweise: © RecycleMan/iStock (S. 1); © TanyaJoy/iStock (S. 5); © baramee2554/iStock (S. 6)

ISSN-Internet: 2629-2874