

Hochwertiges Recycling für eine Kunststoffkreislaufwirtschaft

Themenkurzprofil Nr. 35 | Tobias Jetzke • Stephan Richter | April 2020

Der weltweite Konsum von Plastik steigt seit den 1950er Jahren stetig an. Eine große Menge an Produkten wird aus verschiedenen Kunststoffen hergestellt. Für die Erzeugung werden vor allem Primärrohstoffe wie Erdöl und Erdgas genutzt. Nur etwa 9 % der in Deutschland hergestellten Kunststoffprodukte bestehen aus Rezyklaten, die durch werk- oder rohstoffliche Verwertung gewonnen wurden.

Werkstoffliche Verwertung wird häufig auch als Downcycling bezeichnet, da die erzeugten Rezyklate von geringerer Qualität im Vergleich zum ursprünglich genutzten Kunststoff sind. Dies liegt an vermischten oder verschmutzten Abfällen. Obwohl in Deutschland 2017 immerhin 46 % der Kunststoffabfälle werkstofflich verwertet wurden, konnten trotz jahrzehntelanger Erfahrungen im Trennen und Wiederaufbereiten von Kunststoffen nur aus 0,8 % die petrochemischen Grundstoffe rückgewonnen werden. 53 % aller Kunststoffabfälle wurden energetisch verwertet.

Um rohstoffliches Recycling wirtschaftlich durchzuführen und bereits genutzte Kunststoffe in hochwertiger Form zurückzugewinnen, stehen verschiedene Verfahren zur Verfügung, die jedoch bislang aufgrund der hohen Komplexität und der vergleichsweise geringeren Wirtschaftlichkeit – insbesondere gegenüber der energetischen und werkstofflichen Verwertung – noch nicht breit angewendet werden.

Aus umweltpolitischer Sicht ist eine Erhöhung des Rezyklatanteils in Kunststoffprodukten sinnvoll und wird daher auf EU-Ebene angestrebt, u.a. durch die Plastikstrategie und daraus abgeleitete Regularien. Auf nationaler Ebene werden die Vorgaben beispielsweise durch das neue Verpackungsgesetz von 2019 umgesetzt, in dem etwa für Leichtverpackungen eine

Erhöhung der Quote für die stoffliche Verwertung von 36 auf 63 % vorgeschrieben ist.

Hintergrund und Entwicklung

Plastik ist die umgangssprachliche Bezeichnung für Kunststoffe aller Art. In der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts wurden günstige Alternativen zu Naturprodukten wie Seide, Elfenbein, Schildplatt und Kautschuk entwickelt, die zunächst aus organischen Rohstoffen bestanden. Zu Beginn des 20. Jahrhunderts wurden Kunststoffe patentiert, die keine in der Natur vorkommenden Moleküle mehr enthielten und in der Regel aus fossilen Kohlenwasserstoffverbindungen bestehen, z.B. Erdöl und Erdgas oder Kohle.

Spätestens mit der Erfindung von PVC und der Verbesserung der Herstellungsverfahren durch Nutzung von Abfallprodukten der chemischen Industrie nahm die Verwendung von Kunststoffen zur Herstellung einer Vielzahl von Produkten zu (Fuhr et al. 2019, S.10). Neben PVC gehören PE und PP zu den häufig genutzten Kunststoffen (Fuhr et al. 2019, S.11). Eine beispielhafte Übersicht über die aus unterschiedlichen Kunststoffen hergestellten Produkte für die Industrie und den Privatbereich liefern u.a. Hahladakis/Iacovidou (2018).

- PE (Polyethylen): Frischhaltefolien, Müllbeutel, Tragetaschen etc.
- PET (Polyethylenterephthalat): Lebensmittelverpackungen
- PP (Polypropylen): Fahrzeuginnenraum, Lebensmittelverpackungen etc.
- PS (Polystyrol): als Styropor für Verpackungsmaterial etc.
- PVC (Polyvinylchlorid): Fensterrahmen, Garten- und Campingmöbel, Kabelummantelungen, Medikamentenblister etc.

Seit 1950 sind weltweit ca. 8,3 Mrd. t Kunststoff hergestellt worden, die Hälfte davon in den vergangenen 20 Jahren (Fuhr et al. 2019, S.14f.). Ein Kunstprojekt in der Schweiz illustriert diese Plastikmenge auf eindrückliche Weise: Sie entspricht dem Volumen des Matterhorns oberhalb von 2.600 m mit einem Radius von 3,78 km (14 km³).¹ Rund ein Drittel der bislang produzierten Menge ist noch in Gebrauch, während mehr als die Hälfte der bislang hergestellten Menge entsorgt wurde und auf Deponien weltweit liegt (Fuhr et al. 2019, S.37). Nur ca. 6 % davon wurden bislang wiederverwertet.

Die Herstellung bzw. Verwendung von Plastik wird heute als ernstes Umwelt- und Gesundheitsproblem wahrgenommen (EASAC 2020), u.a., weil Plastik durch große Langlebigkeit gekennzeichnet ist. Zu den gravierendsten Umweltfolgen der massiven Plastikverwendung zählen

Exkurs biobasierte Kunststoffe

Die Ausgangsrohstoffe für biobasierte Kunststoffe liefern in der Regel cellulose- oder stärkereiche Pflanzen. Gemeinsam mit den biologisch abbaubaren Kunststoffen – diese können biobasiert oder aus fossilen Rohstoffen hergestellt werden – lag der globale Marktanteil biobasierter Kunststoffe 2016 bei 0,6 % (Kabasci 2018).

Biobasierte Kunststoffe werden bislang überwiegend als Verpackungsmaterial genutzt. Zu unterscheiden sind dabei zwei Gruppen: erstens biobasierte Kunststoffe, die in der chemischen Struktur den bereits auf dem Markt befindlichen fossilen Kunststoffen gleichen – sogenannte Drop-in-Lösungen wie Bio-PE oder Bio-PET –, und zweitens weitere biobasierte Kunststoffe, z.B. die bioabbaubare Polymilchsäure (PLA), die kein fossiles Pendant hat. Hierbei ist zu beachten, dass Drop-in-Lösungen in der Regel als Blend von fossilem und biobasiertem Kunststoff verarbeitet werden. Der biobasierte Anteil von Bio-PET liegt aktuell bei ca. 20 % (Kabasci 2018).

Bezüglich des Recyclings verhalten sich Drop-in-Materialien ebenso wie ihre petrochemisch hergestellten Pendanten und können gemeinsam mit diesen sortiert und verwertet werden (Kabasci 2018). Auch weitere biobasierte Kunststoffe wie PLA sind generell recyclingfähig und können mittels Nahinfrarotspektroskopie (NIR) erkannt und sortiert werden. Aufgrund mangelnder Wirtschaftlichkeit werden viele dieser nicht strukturgleichen biobasierten Kunststoffe, so auch PLA, nicht einzeln erfasst, sondern mit anderen Sortierresten der thermischen Verwertung zugeführt (Hiebel et al. 2017; Recycling magazin 2017).

der Ausstoß von Treibhausgasemissionen durch Herstellung, Verarbeitung und Entsorgung sowie die Belastung von Meeren, Binnengewässern und Böden mit Mikroplastik und Kunststoffmüll. Auch die menschliche Gesundheit kann negativ von der Plastiknutzung betroffen sein, etwa durch Kontakt mit im Plastik enthaltenen Weichmachern oder Mikroplastik (Fuhr et al. 2019, S.16 ff. u. 29 ff.).

In Deutschland wurden 2017 insgesamt 19,9 Mio. t Kunststoffneuwaren produziert. Die Gesamtmenge produzierter Kunststoffneuwaren enthielt ca. 9 % (1,76 Mio. t) Rezyklate, also aus werkstofflichem und rohstofflichem Recycling gewonnene Kunststoffe (UBA 2018a). Die Verpackungsindustrie ist der größte Verarbeiter von Kunststoffwerkstoffen, gefolgt von der Bau- und der Fahrzeugindustrie (UBA 2018a). Der Bausektor ist größter Verwerter von Rezyklaten und setzt einen Anteil von knapp 43 % der insgesamt rezyklierten Kunststoffe in der Produktion ein. Zweitgrößter Verwerter ist die Verpackungsindustrie mit rund 23 % Anteil an der rezyklierten Kunststoffmenge.

Recycling lässt sich verstehen als roh- und werkstoffliche Verwertung von Kunststoffabfällen bzw. als Erzeugung von Energie durch Verbrennung (energetische Verwertung).

- Energetische Verwertung ist die Gewinnung und Nutzung der in den Kunststoffabfällen enthaltenen Energie. Dies geschieht durch Verbrennung und gleichzeitige Erzeugung von Wärme bzw. Strom (PlasticsEurope o.J.).
- Werkstoffliche Verwertung bezeichnet die stoffliche Wiederverwertung von gebrauchten Kunststoffen und deren mechanische Aufbereitung zu Sekundärrohstoff für neue Kunststoffprodukte (Hellerich et al. 2010, S.55). Wenn nicht sortenreine Kunststoffe recycelt werden, können häufig nur minderwertige Produkte hergestellt werden (Downcycling).
- Rohstoffliches Recycling ist die chemische Aufspaltung der Polymerketten in Monomere, Öle und Gase, die wiederum als Primärrohstoffe für neue Kunststoffe dienen können (Lechleitner et al. 2020). Dies kann als hochwertiges Recycling bezeichnet werden.

Die beiden letztgenannten Varianten können einen wichtigen Beitrag zum Umgang mit den deutschland- und weltweit steigenden Kunststoffabfallmengen leisten. 2017 wurden in Deutschland bei der Kunststoffproduktion etwa 953.000 t Kunststoffabfälle erzeugt. Nach Verwendung von Kunststoffprodukten und -verpackungen sind weitere 5,19 Mio. t Abfälle (sogenannte Post-Consumer-Materialien) angefallen. Die insgesamt 6,15 Mio. t Kunststoffabfälle wurden beinahe vollständig verwertet. Rund 46,7 % (2,87 Mio. t) wurden werk- und rohstofflich genutzt, 52,7 % (3,24 Mio. t) energetisch verwertet (UBA 2018a). Angesichts der kontinuierlich steigenden Menge an Kunststoffabfällen wird die Wiederverwertung der genutzten Rohstoffe als Teil einer Müllvermeidungs- und -wiederverwendungsstrategie immer wichtiger.

¹ <https://earth-plastic-view.de>



Kunststoffabfälle sind nicht nur häufig verunreinigt, sondern auch sortenunrein (sogenannte Verbundstoffe). Daher sind sowohl die Sammlung und die anschließende Sortierung als auch die Reinigung, die Trennung der Verbundstoffe sowie die Erzeugung von Regranulaten mit technischem Aufwand verbunden und unwirtschaftlicher als die energetische Verwertung (Bilitewski et al. 2018, S.132 f.). Die Verbrennung von Kunststoffabfällen entzieht dem Stoffkreislauf wichtige Rohstoffe, trägt aber gleichzeitig zur Energieerzeugung bei.

Werkstoffliche Verwertung führt häufig zu minderwertigen Rezyklaten

Werkstoffliche Verwertung kann durch Kombination verschiedener Verfahren erfolgen. So können Verfahren der Dichtentrennung, der optischen Sortierung und der elektrostatischen Trennung miteinander kombiniert werden, um aus heterogenen Kunststoffabfallmengen möglichst reine Kunststoffprodukte abzutrennen (Lechleitner et al. 2020). Sekundärrohstoffe werden anschließend üblicherweise durch Zerkleinerung und Erhitzung der Abfälle erzeugt. Die geschmolzenen Abfälle werden zu neuen Pellets gegossen. Die Kombination von Verfahren ist aber umso aufwendiger, je höher die Anforderungen an die Materialeigenschaften der benötigten Sekundärrohstoffe sind. Bei gemischten oder verunreinigten Abfallmengen können die entstehenden Sekundärrohstoffe veränderte physikalische Eigenschaften oder unerwünschte Inhaltsstoffe aufweisen und daher nur für die Herstellung minderwertiger Produkte eingesetzt werden.

Für die Erzeugung neuer, gleichwertiger Kunststoffprodukte mit hohen Anforderungen, z.B. Lebensmittelverpa-

ckungen, reichen die eingesetzten Technologien in den meisten Recyclinganlagen bislang nicht.

Rohstoffliche Verwertung liefert höherwertige Rezyklate

Rohstoffliches Recycling bietet das Potenzial zur Rückgewinnung von Sekundärstoffen, die in der Kunststoffproduktion für die Herstellung gleich- oder höherwertiger Produkte eingesetzt werden können. Dennoch macht rohstoffliches Recycling von Kunststoffabfällen in Deutschland mit 0,8 % bislang nur einen sehr geringen Anteil aus. Ergänzend zu den bereits genannten Faktoren Verunreinigung, Sortenunreinheit und Verbundstoffe sind die chemische Zerlegung von Kunststoffen in die jeweiligen Bestandteile und die Erzeugung sortenreiner Primärrohstoffe technisch aufwendig und dementsprechend selten wirtschaftlich. Durch die Nutzung von Rezyklaten kann auf den Einsatz von Primärrohstoffen teilweise oder ganz verzichtet werden, sodass die rohstoffliche Verwertung wichtiger Bestandteil einer umweltschonenden Kunststoffproduktion sein könnte.

Rohstoffliches Recycling ist ähnlich aufwendig wie die werkstoffliche Verwertung, weist allerdings in der Tendenz eine höhere Toleranz gegenüber Störstoffen als werkstoffliches Recycling auf: Es erfordert eine möglichst sortenreine Sammlung, wie sie in Deutschland z.B. bei PET-Flaschen bereits realisiert wird. Erfolgt diese sortenreine Sammlung nicht, ist eine aufwendige Sortierung nötig, die häufig noch manuell erfolgen muss. Erst danach können Kunststoffabfälle in chemischen Prozessen in ihre Bestandteile zerlegt werden. Durch das Einwirken von Wärme, Katalysatoren, Lösemittel und Wasserstoff (für eine Darstellung und einen Vergleich unterschiedlicher Verfahren siehe Lechleitner et al. 2020) werden die Polymerketten in kürzere Kohlenwasserstoffe zerteilt. Teilweise können dabei Verunreinigungen bzw. Zusatzstoffe herausgelöst werden (Lechleitner et al. 2020). Wie gut dies gelingt, ist von der Qualität der Abfälle abhängig: Die Eigenschaften der Materialien und das Vorhandensein zusätzlicher Stoffe wie Farben, Weichmacher etc. erhöhen die Komplexität des Recyclingprozesses.

Ein Anwendungsbeispiel für rohstoffliches Recycling ist die Verwertung von PET-Flaschen in Deutschland. Aufgrund der Getrenntsammlung können PET-Flaschen quasi sortenrein vorsortiert werden, sodass einem rohstofflichen Recycling nichts im Wege steht. Endprodukt ist ein PET-(Re-)Granulat, das für den Lebensmittelkontakt geeignet ist – wenn die Abfälle entsprechend der Qualitätsanforderungen sortiert sind (Kauertz/Detzel 2017) –, sodass neue PET-Flaschen hergestellt werden können. Dieses Beispiel ist jedoch nur bedingt übertragbar, da Kunststoffabfälle häufig als Mischabfälle vorliegen. In der Praxis wird daher eine Vielzahl weiterer, unterschiedlicher chemischer Verwertungsverfahren erprobt, mit denen verunreinigte Mischabfälle rohstofflich verwertet werden können, z.B. Pyrolyse und Hydrocracking (Lechleitner et al. 2020; Sherwood 2020).

Technische Innovationen sind für ein wirtschaftliches, hochwertiges Recycling nötig

Um rohstoffliches Recycling wirtschaftlich zu gestalten, sind technische Innovationen notwendig. Diese betreffen insbesondere die Sortierung sowie die Verarbeitung gemischter Kunststoffabfälle.

Die Abfallsortierung durch Entsorger bzw. Recyclingunternehmen läuft für die werkstoffliche Verwertung bereits weitestgehend automatisch, stößt aber bei der Trennung unterschiedlicher Kunststoffabfälle für eine rohstoffliche Verwertung an Grenzen. Eingesetzt werden kombinierte Sensorsysteme, z.B. Nahinfrarotspektroskopiesensoren mit hyperspektralen Sensoren, mit denen Kunststofftypen, Materialien, Farben und Formen der Abfälle unterschieden werden können (BDE et al. 2018, S.31). Zukünftige Prozessinnovationen könnten KI-basierte Verfahren zusammen mit Infrarotsensoren sowie 3-D-Objekt-Rekonstruktionsverfahren liefern, die die Zusammensetzung des Abfalls detaillierter analysieren. So könnten Abfallarten besser vorsortiert in die weiteren Verarbeitungsprozesse gebracht werden (z.B. die Reportage zum Projekt „ReCircE“ in BMU 2020, S.16 ff.).

Auch eine verbesserte Qualitätskontrolle sowohl im Recycling- als auch im Produktionsprozess kann mittels technischer Innovationen realisiert werden: Die Datensammlung bei der Verarbeitung von Abfällen zu Rezyklaten soll dabei helfen, die Qualität der Rezyklate besser nachvollziehen zu können, damit sie sich für die anschließende Verwendung in Produktionsprozessen besser eignen. Bei der Nutzung von Rezyklaten im Produktionsprozess kann die bislang stichprobenartige Qualitätskontrolle der fertigen Produkte beispielsweise durch die Echtzeiterkennung von Produktionsfehlern mittels Sensorik erweitert werden: Die Mes-

sung mechanischer Eigenschaften und Spektroskopie ermöglichen die Prüfung von Farbe und Feuchtigkeitsgehalt der Kunststoffschmelze (Röcker 2020). Entsprechende Prozessinnovationen werden u.a. in den Forschungsvorhaben „DiLinK“ (Wuppertal Institut o.J.c) und „Di-Plast“ (North-West Europe o.J.) erforscht.

Fragen der rohstofflichen Verwertung bzw. des hochwertigen Recyclings sind bislang vor allem ein Forschungsthema, wenngleich einzelne Verfahren auch bereits in der praktischen Anwendung erprobt werden (Lechleitner et al. 2020). Zusätzlich zu den bereits genannten Beispielen gibt es Vorhaben, in denen die Machbarkeit und langfristige Wirksamkeit regionaler blockchainbasierter Netzwerke aus kleinen und mittelständischen Produzenten und Entsorgern sowie deren Beitrag zu einer Kreislaufwirtschaft von Kunststoffprodukten erforscht werden (Wuppertal Institut o.J.b). Ein besonderer Fokus im Forschungsvorhaben „KUBA“ liegt auf der Baubranche, für die ein Konzept zur nachhaltigen Nutzung und Kreislaufführung von Kunststoffen entwickelt wird (Wuppertal Institut o.J.a).

Politische Vorgaben schaffen neue Rahmenbedingungen

Mit der Novellierung des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes² – seit 2012 in Deutschland Kreislaufwirtschaftsgesetz³ (KrWG) – auf Grundlage der Richtlinie 2008/98/EG⁴ sowie mit der Plastikstrategie der Europäischen Kommis-

2 Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Beseitigung von Abfällen (Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz)

3 Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen (Kreislaufwirtschaftsgesetz – KrWG)

4 Richtlinie 2008/98/EG über Abfälle und zur Aufhebung bestimmter Richtlinien (Abfallrahmenrichtlinie)





sion (EC 2018) wurde u.a. festgelegt, bis 2030 alle Kunststoffverpackungen recyclingfähig zu gestalten. Ziel ist es, die Verwertungsquoten von Plastikabfällen zu erhöhen. Deutschland ist gefordert, die EU-Vorgaben bis Februar 2020 (maximale Frist 5. Juli 2020) in deutsches Recht umzusetzen (Umsetzung der Richtlinie (EU) 2018/852⁵).

Seit dem 1. Januar 2019 gilt in Deutschland auch das Verpackungsgesetz⁶ (VerpackG), das die Förderung von Recycling und die Vermeidung von Verpackungsabfällen regelt (WD 2019); u.a. wird darin die Quote für die stoffliche Verwertung von Leichtverpackungen von 36 auf mindestens 65 % vorgeschrieben. Das Thema hat insgesamt in den vergangenen 2 Jahren deutlich an Dynamik gewonnen, wie sich in den gesetzgeberischen Aktivitäten zeigt. Darüber hinaus entfaltet die Frage nach Verfahren des hochwertigen Recyclings eine weitergehende gesellschaftliche, wirtschaftliche und (forschungs)politische Relevanz.

Gesellschaftliche und politische Relevanz

Das gegenwärtige Konsumverhalten in Deutschland führt zu einer steigenden Kunststoffnachfrage. Zwar gibt es durchaus Bemühungen um Alternativen für Verbraucherinnen und Verbraucher, darunter den verpackungsfreien Einkauf; doch handelt es sich dabei bislang um Konsumnischen, sodass Verbraucherinnen und Verbraucher insgesamt immer häufiger zu verpackten Produkten greifen. Damit einher gehen die erwähnten Umwelt- und Gesundheitsrisiken, die es im Sinne einer gemeinwohlorientierten Umweltpolitik zu minimieren gilt. Die Nutzung der durch werkstoffliche und rohstoffliche Verwertung entstehen-

den Potenziale zur Minimierung von Umweltbelastungen erfordern eine stärkere Bewusstseinsbildung und aktive Beteiligung der Konsumentinnen und Konsumenten. Ein wesentlicher Faktor, der einer rohstofflichen Verwertung entgegensteht, ist die aufwendige Sortierung von Abfällen. Hier setzen beispielsweise Informationskampagnen an, die Verbraucherinnen und Verbraucher zur Abfalltrennung bewegen sollen. Allein ist bisher fraglich, ob diese ausreichende Wirksamkeit erzeugen, also die Mülltrennung verbessern (Drössler/Rauner 2020). Eine weitere Herausforderung ist die noch geringe Nachfrage nach Produkten und Verpackungen mit Rezyklatanteil. Obgleich Händler und Hersteller zunehmend Informationen zur Verfügung stellen, fehlt es bislang jedoch an einheitlichen und verbindlichen Kennzeichnungen, an denen sich Verbraucher und Verbraucherinnen orientieren können (Tagesspiegel 2019).

Aus Sicht der Produzierenden dominiert die grundsätzliche Frage nach der Rohstoffverfügbarkeit und den -preisen. Hier bestehen – von Ausnahmen abgesehen – bislang wenig Anreize, Rezyklate einzusetzen, weil die fossilen Primärrohstoffe nach wie vor günstiger sind. Zudem gibt es noch Vorbehalte gegenüber dem Einsatz recycelten Kunststoffs, wenn etwa, je nach Entsorgungssystem und Verwertungsinfrastrukturen, nicht derselbe Reinheitsgrad erreicht wird oder die Kunststoffe nicht dieselbe Verarbeitungsfähigkeit aufweisen.

Die bereits vorhandenen und in der Entwicklung befindlichen Verfahren bieten vielversprechende Möglichkeiten, Farbstoffe zu entfernen (Sherwood 2020), Weichmacher herauszulösen und Verbundstoffe zu trennen und stellen dadurch eine steigende Wirtschaftlichkeit des chemischen Recyclings in Aussicht. Allerdings behindern aus Sicht der Entsorger starre Vorschriften einen breiteren Einsatz von Rezyklaten. Dies gilt z.B. für die Verwendung von Rezyklaten zur Herstellung von Lebensmittelverpackungen (Kloepfer 2019). Als hilfreich würden verpflichtende Recyclingquoten erachtet, die einen Mindestanteil an Rezyklaten für verschiedene Produkte bzw. Produktgruppen vorschreiben (Cwienk 2019).

Entlastungseffekte durch den Einsatz von Rezyklaten können erst dann auftreten, wenn die Ökobilanz von Recyclingprodukten positiver ausfällt als die von Produkten ohne Rezyklatanteile. Ein häufig vorgebrachter Einwand gegen die Investition in chemische Verfahren zur rohstofflichen Verwertung ist der hohe Energieaufwand, der notwendig ist, um die Kunststoffabfälle in ihre Bestandteile zu zerlegen (Cwienk 2019). Dieser wirkt sich negativ auf die Ökobilanz rohstofflicher Verwertungsverfahren im Vergleich zu werkstofflicher Verwertung aus. Weitere Parameter, die einen Einfluss auf die Ökobilanz haben, sind die notwendigen Mengen an Lösungsmitteln und Katalysatoren, die Erträge des Prozesses, eventuelle Nebenprodukte und Gifte sowie die Wiederverwendbarkeit von Lösungsmitteln und Katalysatoren.

⁵ Richtlinie (EU) 2018/852 zur Änderung der Richtlinie 94/62/EG über Verpackungen und Verpackungsabfälle

⁶ Gesetz über das Inverkehrbringen, die Rücknahme und die hochwertige Verwertung von Verpackungen (Verpackungsgesetz – VerpackG)

Zusammen mit dem VerpackG ist die Zentrale Stelle Verpackungsregister (ZSVR) eingerichtet worden, bei der sich alle Hersteller von Verpackungen registrieren müssen und die als Institution die Einhaltung von Recyclingquoten sowie von finanzieller Förderung überwacht (UBA 2018b, S.30). Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU 2018) hat weiterhin bereits 2018 einen 5-Punkte-Plan für weniger Abfall und mehr Recycling vorgestellt (sogenannte Rezyklatinitiative), der neben der Vermeidung von überflüssigen Produkten und Verpackungen vor allem folgende zentrale Ansatzpunkte benennt: die umweltfreundliche Gestaltung von Verpackungen, umweltfreundliches Produktdesign sowie die Schließung von Stoffkreisläufen durch kluges und hochwertiges Recycling. Auf EU-Ebene werden derzeit weitere Maßnahmen diskutiert, die beispielsweise ein Verbot von Plastikverpackungen und eine Vorschrift über die Verwendung von Recyclingkunststoff vorsehen (ZEIT ONLINE et al. 2020). Eine stärkere Verantwortungsübernahme durch Hersteller von Kunststoffprodukten und -verpackungen kann durch politische Maßnahmen zur Bildung und Förderung von Netzwerken aus Entsorgern, Herstellern und Kommunen – die als zentrale Akteure zur getrennten Sammlung von Kunststoffen verpflichtet sind – gelingen. Zudem wird mit der Hightech-Strategie der Bundesregierung ein Forschungsschwerpunkt auf eine ressourceneffiziente Kreislaufwirtschaft gelegt, durch die u.a. erreicht werden soll, den Plastikeintrag in die Umwelt durch Innovationen im Recycling zu verringern (BMBF 2018, S.20).

Die Veränderung des Recyclings hin zu einer hochwertigen, rohstofflichen Wiederverwertung ist letztlich auch von geopolitischer Relevanz. Über die Hälfte des weltweit jemals produzierten Plastiks ist in den letzten 20 Jahren



hergestellt worden. Die Entsorgung findet dabei nur selten in den Produktions- und Verbrauchsländern statt. Für Deutschland bedeutet dies, dass nicht alle Kunststoffabfälle, die hier anfallen, auch hier entsorgt bzw. recycelt werden. Im Gegenteil: Weltweit ist Deutschland der drittgrößte Exporteur von Kunststoffabfällen. Eine entscheidende Veränderung trat 2018 ein, als China – bis dahin größter Abnehmer für deutsche Plastikabfälle – einen Importstopp verhängte. Damit wurde Malaysia der Hauptabnehmer für Plastikabfälle aus Deutschland. Allerdings landen Kunststoffabfälle dort auf Deponien, werden möglichen Recyclingkreisläufen entzogen und führen so zu massiven Umweltbelastungen (Fuhr et al. 2019, S.38f.). Wenn mehr Kunststoffabfälle im hiesigen Recyclingsystem verbleiben, können sich für deutsche Entsorger, aber auch Produzenten Chancen bieten, die Verwertungsrate von Kunststoffabfällen zu erhöhen. Die exportierten Mengen und die daraus resultierenden Umweltbelastungen könnten reduziert werden. Letztlich ist auch die Abhängigkeit der Kunststoffproduzenten von Primärrohstoffen wie Erdöl und Erdgas, deren Verfügbarkeit und Preisentwicklung von den produzierenden Ländern gesteuert werden, ein Aspekt geopolitischer Relevanz.

Mögliche Bearbeitung des Themas

Die Komplexität des hochwertigen Recyclings von Kunststoffabfällen kann in einer kurzen Darstellung nur angedeutet werden. Es bietet sich daher an, dieses aktuelle und hochrelevante Thema im Rahmen einer vertieften Analyse zu bearbeiten. In einer TAB-Studie sollte eine ausführliche Sichtung des Themenfelds erfolgen. Dazu gehört eine differenzierte Betrachtung technischer Innovationen in verschiedenen Stufen des Recyclingprozesses und für die verschiedenen Kunststoffarten ebenso wie von Innovationen im Bereich Sammlung, Sortierung und Verarbeitung von Kunststoffabfällen. Bei der Innovationsanalyse im Bereich Sammlung und Sortierung bestehen Querbezüge zur laufenden TAB-Untersuchung „Digitalisierung kritischer Infrastrukturen“ (TAB 2019). Je nach Bearbeitungszeitraum einer TAB-Studie zum Thema hochwertiges Recycling kann entweder auf Endergebnisse der genannten TAB-Untersuchung zurückgegriffen werden oder es sollten Abgrenzungen und Querbezüge hergestellt werden.

Mögliche Fragen, die im Rahmen einer TAB-Studie beantwortet werden können, sind:

- Welche Verfahren des chemischen Recyclings sind vielversprechend? Für welche Kunststoffarten und Verwendungen sind sie geeignet?
- Wie können Qualitätskontrolle und Kommunikation von Materialeigenschaften durch digitale Technologien verbessert werden?
- Unter welchen Bedingungen ist die Ökobilanz von Produkten mit Rezyklatanteil aus rohstofflichem Recycling

positiver als die von Produkten mit Rezyklatanteil aus werkstofflichem Recycling bzw. als die von Produkten ohne Rezyklatanteile?

- Wie kann ein (höherwertiges) Recycling von Kunststoffen wirtschaftlich umgesetzt werden?
- Wo bestehen Wissenslücken und Forschungsbedarfe?
- Welche regulativen Voraussetzungen müssten für den Rezyklateinsatz in der Neuproduktion geschaffen werden?

Literatur

- ▶ BDE (Bundesverband der Deutschen Entsorgungs-, Wasser- und Rohstoffwirtschaft e.V.); BDSV (Bundesvereinigung Deutscher Stahlrecycling- und Entsorgungsunternehmen e.V.); bvse (Bundesverband Sekundärrohstoffe und Entsorgung e.V.); ITAD (Interessengemeinschaft der thermischen Abfallbehandlungsanlagen in Deutschland e. V.); PlasticsEurope Deutschland e.V.; VDM (Verband Deutscher Metallhändler e.V.); VDMA (Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V.); VHI (Verband der Deutschen Holzwerkstoffindustrie e.V.); VKU (Verband kommunaler Unternehmen e.V.) (2018): Statusbericht der deutschen Kreislaufwirtschaft 2018. Einblicke und Aussichten. https://www.bvse.de/images/pdf/Nachrichten_2018/Statusbericht_2018_Ansicht_und_Druck.pdf (10.3.2020)
- ▶ Bilitewski, B.; Wagner, J.; Reichenbach, J. (2018): Bewährte Verfahren zur kommunalen Abfallbewirtschaftung. Sachverständigengutachten. UBA (Umweltbundesamt), Texte Nr. 39/2018, Dessau-Roßlau
- ▶ BMBF (Bundesministerium für Bildung und Forschung) (2018): Forschung und Innovation für die Menschen. Die Hightech-Strategie 2025. Berlin, https://www.bmbf.de/pub/Forschung_und_Innovation_fuer_die_Menschen.pdf
- ▶ BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit) (2018): „Nein zur Wegwerfgesellschaft“ 5-Punkte-Plan des Bundesumweltministeriums für weniger Plastik und mehr Recycling. https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Abfallwirtschaft/5_punkte_plan_plastik_181123_bf.pdf (26.3.2020)
- ▶ BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit) (2020): Umweltpolitische Digitalagenda (Kammerer, F.; Schäfstoß, N.; Röw, M.). https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/broschuere_digitalagenda_bf.pdf (6.4.2020)
- ▶ Cwienk, J. (2019): Wie kann die Plastikindustrie nachhaltiger werden? Deutsche Welle, 24.10.2019, <https://p.dw.com/p/3RXCL> (6.4.2020)
- ▶ Drösser, C.; Rauner, M. (2020): Der Irrsinn und die Abfall-eimer. In: Die Zeit 11, 5.3.2020, S.33–34
- ▶ EASAC (European Academies Science Advisory Council) (2020): Packaging plastics in the circular economy. https://easac.eu/fileadmin/PDF_s/reports_statements/Plastics/EASAC_Plastics_complete_Web_PDF.pdf (16.4.2020)
- ▶ EC (Europäische Kommission) (2018): Kommission legt europäische Plastikstrategie vor. 16.1.18, https://ec.europa.eu/germany/news/20180116-plastikstrategie_de (6.4.2020)
- ▶ Fuhr, L.; Buschmann, R.; Freund, J. (2019): Plastikatlas. Daten und Fakten über eine Welt voller Kunststoff. Heinrich-Böll-Stiftung, Berlin
- ▶ Hahladakis, J. N.; Iacovidou, E. (2018): Closing the loop on plastic packaging materials: What is quality and how does it affect their circularity? In: The Science of the total environment 630, S.1394–1400
- ▶ Hellerich, W.; Harsch, G.; Baur, E. (2010): Werkstoff-Führer Kunststoffe. Eigenschaften, Prüfungen, Kennwerte. München
- ▶ Hiebel, M.; Maga, D.; Kabasci, S.; Lieske, A.; Jesse, K.; Westphalen, C.; Bauer, J.; Kroll, L.; Rinberg, R.; Hartmann, T.; Endres, H.-J. et al. (2017): PLA-Abfälle im Abfallstrom. Ergebnisrapport. Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik, <https://biowerkstoffe.fnr.de/fileadmin/allgemein/pdf/Pressemitteilungen/Ergebnisbericht-PLA-Abfaelle.pdf> (9.4.2020)
- ▶ Kabasci, S. (2018): Recycling von Biokunststoffen. Fraunhofer UMSICHT nimmt Stellung. Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik, <https://www.umsicht.fraunhofer.de/content/dam/umsicht/de/dokumente/publikationen/2018/positionspapier-recycling-von-biokunststoffen.pdf> (9.4.2020)
- ▶ Kauertz, B.; Detzel, A. (2017): Verwendung und Recycling von PET in Deutschland. Verwendung von PET und PET Rezyklaten aus Verpackungen in Deutschland. Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg, Heidelberg
- ▶ Klett, W.; Weishaupt, H. (2018): Müllgovernance in Deutschland und Europa. In: Aus Politik und Zeitgeschichte 68(49-50), S.17–22
- ▶ Kloepfer, I. (2019): Kunststoff-Kreislauf: Der große Plastik-Irrsinn. Frankfurter Allgemeine Zeitung, 1.11.2019, <https://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/klima-energie-und-umwelt/recycling-von-kunststoff-der-grosse-plastik-irrsinn-16452797.html> (19.3.2020)
- ▶ Lechleitner, A.; Schwabl, D.; Schubert, T.; Bauer, M.; Lehner, M. (2020): Chemisches Recycling von gemischten Kunststoffabfällen als ergänzender Recyclingpfad zur Erhöhung der Recyclingquote. In: Österr. Wasser- und Abfallw. 72(1-2), S.47–60
- ▶ North-West Europe (o.J.): Digital Circular Economy for the Plastics Industry (Di-Plast). <https://www.nweurope.eu/projects/project-search/di-plast-digital-circular-economy-for-the-plastics-industry/> (6.4.2020)
- ▶ PlasticsEurope Deutschland e. V. (o.J.): Recycling und energetische Verwertung. <https://www.plasticseurope.org/de/focus-areas/circular-economy/zero-plastics-landfill/recycling-and-energy-recovery> (16.4.2020)
- ▶ Recycling magazin (2017): Bioplastik löst keine Abfallprobleme. 27.9.2017, <https://www.recyclingmagazin.de/2017/09/27/duh-bioplastik-loest-keine-abfallprobleme/> (9.4.2020)

- ▶ Röcker, A. (2020): Recycling: »Da geht noch viel, viel mehr«. 20.2.2020, <https://www.spektrum.de/news/wie-forscher-das-recycling-von-kunststoff-verbessern-wollen/1706240> (23.3.2020)
- ▶ Sherwood, J. (2020): Closed-Loop Recycling of Polymers Using Solvents: Remaking plastics for a circular economy. In: Johnson Matthey Technology Review 64(1), S.4–15
- ▶ TAB (Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag) (2019): 2019): Die Digitalisierung kritischer kommunaler Infrastrukturen. In: TAB-Brief Nr. 50, S.7
- ▶ Tagesspiegel (2019): Wie gefährlich ist das Plastik in meinem Alltag für die Umwelt? 30.8.2019, <https://www.tagesspiegel.de/verbraucher/verpackungsmuell-wie-gefaehrlich-ist-das-plastik-in-meinem-alltag-fuer-die-umwelt/24916806.html> (25.3.2020)
- ▶ UBA (Umweltbundesamt) (2018a): Kunststoffabfälle. 20.12.2018, <https://www.umweltbundesamt.de/daten/ressourcen-abfall/verwertung-entsorgung-ausgewaehlter-abfallarten/kunststoffabfaelle#kunststoffe-produktion-verwendung-und-verwertung> (10.3.2020)
- ▶ UBA (Umweltbundesamt) (2018b): Recycling. Schwerpunkt 1, https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/2546/publikationen/uba_sp_recycling_01-2018_web.pdf (26.3.2020)
- ▶ WD (Wissenschaftliche Dienste des Deutschen Bundestages) (2019): Kunststoff- und Verpackungsabfall. Kurzinformation Nr. WD8-3000-022/19, <https://www.bundestag.de/resource/blob/645192/a6d6a4dc10d068a36519216fee1ac628/WD-8-022-19-pdf-data.pdf> (6.4.2020)
- ▶ Wuppertal Institut (Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie gGmbH) (o.J.a): Nachhaltige Kunststoffwertschöpfungskette: Pilotfall Kunststoffe in Bauwirtschaft und Gebäuden Kunststoffe im Baubereich (KUBA). 20.11.2017, <https://wupperinst.org/p/wi/p/s/pd/798/> (6.4.2020)
- ▶ Wuppertal Institut (o.J.b): Plastic Waste Recovery by Regional Blockchain Networks (PBR). 20.11.2017, <https://wupperinst.org/p/wi/p/s/pd/784/> (6.4.2020)
- ▶ Wuppertal Institut (o.J.c): Digitale Lösungen für industrielle Kunststoffkreisläufe (DiLink). <https://www.dilink.de/> (6.4.2020)
- ▶ ZEIT ONLINE; dpa; AFP, js (2020): EU prüft Verbot von Kunststoffverpackungen. 13.1.2020, <https://www.zeit.de/politik/ausland/2020-01/plastikverbot-eu-kommission-umweltschutz-virginijus-sinkevicius> (26.3.2020)

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 expertenbasierten Validierungs- und Bewertungsprozessen kombiniert.

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

Gestaltung: VDI/VDE Innovation + Technik GmbH

Bildnachweise: © Bits and Splits/AdobeStock (S. 1), © zakalinka/AdobeStock (S. 3),
© aydinmutlu/iStock (S. 4), © Pavel/AdobeStock (S. 5), © digitalstock/AdobeStock (S. 6)

ISSN-Internet: 2629-2874