



Dr. Annette Rexroth

Mikroplastik in Lebensmitteln

Kunststoffe werden erst seit wenigen Jahrzehnten verwendet. Innerhalb dieser kurzen Zeit haben sie jedoch fast alle Bereiche des Alltags erobert. Die weltweite Kunststoffproduktion nimmt stetig zu. 1950 lag sie bei einer Million Tonnen, 2014 bei 311 Millionen Tonnen. Studien zufolge gelangen sechs bis zehn Prozent davon am Ende ins Meer. In den frühen 1970er-Jahren fand man dort erstmals winzige Polystyrolpartikel.

Mikroplastik

Seit rund zehn Jahren werden Kunststoffpartikel mit einem Durchmesser von bis zu fünf Millimetern als Mikroplastik bezeichnet. Je nach ihrer Herkunft lassen sich diese Kunststoffpartikel in primäres und sekundäres Mikroplastik einteilen.

● Primäres Mikroplastik

Granulate oder Pellets werden in der gewünschten Partikelgröße gezielt industriell hergestellt. Sie finden in Kosmetik- und Körperpflegeprodukten wie Zahnpasten, Peelings, Handwaschmitteln und Duschgels Verwendung. Als Reinigungskügelchen sollen die Partikel zum Beispiel Schuppen, Schmutz und Zahnbelag entfernen helfen. Darüber hinaus dienen sie als Füllstoffe und Filmbildner.

Ausgangsstoffe für die Herstellung sind hauptsächlich Polyethylen (PE), Polypropylen (PP), Polystyrol (PS), Polyethylenterephthalat (PET), Polyvinylchlorid (PVC), Polyamid (Nylon) und Ethylvinylacetat (EVA). Nach Verwendung der Produkte gelangen diese Stoffe über das Abwasser in die Umwelt. Kläranlagen können sie mit der heute zur Verfügung stehenden Technologie nicht entfernen. Nach Angaben des Umweltbundesamtes (UBA) kommen in Deutschland jährlich 500 Tonnen primäres Mikroplastikpartikel aus Polyethylen in kosmetischen Mitteln zum Einsatz.

● Sekundäres Mikroplastik

Den weitaus größeren Eintrag von Kunststoffpartikeln in die Umwelt liefert sekundäres Mikroplastik. Es entsteht durch physikalische, biologische und chemische Alterungs- und Zerfallsprozesse aus Plastikabfall (Makroplastik: z. B. Plastikverpackungen, -tüten und -flaschen, aber auch Teile von in Fischerei und Seeschifffahrt genutzten Netzen und Tauen).

Auch beim Waschen von Kleidungsstücken, die aus Polyester oder Polyacryl bestehen, gelangen Mikroplastikpartikel ins Abwasser. Untersuchungen des Abwassers aus Waschmaschinen ergaben, dass ein einzelnes Kleidungsstück in einem einzigen Waschgang über 1.900 Kunststofffasern abgeben kann.

Übersicht 1 zeigt Quellen von Mikroplastik auf. Einträge durch den Verlust von Schiffscontainern, Schiffsunglücke, Unfälle auf Bohrinseln und Naturkatastrophen wie Überschwemmungen und schwere Stürme sind darin nicht berücksichtigt. Experten gehen davon aus, dass 80 Prozent aller Abfälle auf See aus an Land befindlichen Quellen stammen und vorwiegend durch unzureichendes Abfallmanagement ins Meer gelangen.

Auf See sorgen UV-Licht, Salzwasser, Wellenbewegung und Wind dafür, dass der Plastikmüll in immer kleinere Partikel zerfällt. Nach derzeitigen Erkenntnissen sind Mikroorganismen nicht in der Lage, Kunststoffe abzubauen. Gelangen Kunststoffe in die Umwelt, zeichnen sie sich dort durch eine hohe Persistenz aus. Das UBA geht davon aus, dass es bis zu 450 Jahre dauern kann, bis sich eine Plastikflasche im Meer zersetzt hat. Eine Plastiktüte benötigt bis zu 20 Jahren. So überrascht es nicht, dass sich weltweit in Meeren, Sedimenten und an Stränden mehr und mehr Kunststoffe sammeln.

Einfluss auf Organismen

Von 663 marinen Lebewesen ist bekannt, dass sie Gefahren durch Abfälle im Wasser und an den Küsten ausgesetzt sind. Während die physikalischen Gefahren gut beschrieben und nachgewiesen sind, liegen die chemischen und biologischen Risiken noch weitgehend im Dunklen. Meerestiere und Vögel können sich in Tauen, Netzen und Folien verfangen. Bei über 250 Meeresbewohnern ließ sich nachweisen, dass sie die Kunststoffpartikel mit der Nahrung aufnehmen. Das sind zum Beispiel Tiere, die große Mengen an Wasser filtern wie Muscheln oder Wale. Offenbar fressen auch Seehunde Mikroplastik aus dem Meer. Die Aufnahme der Kunststoffpartikel birgt Risiken. Sie können

- Verletzungen im Verdauungstrakt herbeiführen, die Verdauung stören,
- die Nahrungsaufnahme blockieren,
- toxische oder hormonelle Wirkungen entfalten (z. B. Weichmacher oder Stabilisatoren).

Unklar ist, in welchem Umfang solche, den Kunststoffen zugesetzte Verbindungen aus Mikroplastikpartikeln in einen Organismus übergehen und welche Folgen das hat. Unklar ist ebenso, inwiefern Mikroplastikpartikel als Transportmittel für andere Schadstoffe, invasive Organismen und Pathogene dienen.

Lebensmittel

Über Mikroplastikpartikel können unerwünschte Stoffe in die Lebensmittelkette gelangen. Anlässlich der Konferenz „Eliminating Plastic and Microplastic Pollution – an urgent need“ 2015 in Brüssel schilderte der für Umwelt, maritime Angelegenheiten und Fischerei zuständige Kommissar Vella das Szenario: „Man stelle sich vor, Sie kaufen am Fischstand einen Fisch für Ihr Abendessen. Der Händler packt den Fisch in einen Plastikbeutel, Sie nehmen ihn mit nach Hause, essen den Fisch und werfen den Beutel in den Abfall. Ironischerweise kann

eben dieser Beutel Teil Ihrer nächsten Fischmahlzeit werden, indem er nach unsachgemäßer Entsorgung ins Meer gelangt, sich zu mikroskopisch kleinen Partikeln zersetzt, von kleinen Meeresbewohnern gefressen wird, die ihrerseits von Fischen gefressen werden, die schließlich auf Ihrem Teller landen.“

Ging man bisher davon aus, dass für die menschliche Ernährung vor allem Schalen- und Krustentiere sowie Fischarten, die mit dem Magen-Darm-Trakt verzehrt werden, wie Sprotten, relevant seien, so zeigen die jüngsten am Alfred-Wegener-Institut (Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung, AWI) durchgeführten Untersuchungen, dass auch Meeresschnecken sowie Nord- und Ostseefische wie Kabeljau und Makrele Mikroplastik fressen: Bei insgesamt 290 Proben aus dem Magen-Darm-Trakt demersaler (Kabeljau, Kliesche, Flunder) und pelagischer Fische (Hering, Makrele) waren in 5,5 Prozent dieser Proben Plastikpartikel nachweisbar, 74 Prozent davon waren Mikroplastikpartikel, 40 Prozent bestanden aus Polyethylen. Fischarten wie die Makrele, die in den oberen Wasserschichten leben und an der Oberfläche nach Futter suchen, nehmen deutlich mehr Plastikpartikel auf (10,7 % positive Proben) als am Meeresboden lebende Fischarten wie Flundern, Heringe und Klieschen (3,4 %). Makrelen, in deren Mageninhalt die höchsten Gehalte an Mikroplastik zu finden waren, verwechseln die Kunststoffteilchen vermutlich mit Beute. Bisher gibt es keine Erkenntnisse darüber, ob die Mikroplastikpartikel in Blutbahn oder Gewebe (v. a. Muskelfleisch) von Speisefischen gelangen.

Auch Pflanzenfresser wie Strandschnecken laufen Gefahr, an Algen und Tang haftende Mikroplastikpartikel mitzufressen. Die Schnecken leben bevorzugt an felsigen Küsten, wo der Wellengang angespülte Plastikteile zerreibt. Strandschnecken dienen in der Regel nicht als Lebensmittel, sind jedoch Beute für Fische und Krebse. Offenbar scheiden die Schnecken die Mikroplastikpartikel so gut wie vollständig wieder aus.

Übersicht 1: Quellen für Mikroplastik auf See und an Land (mit Änderungen und Ergänzungen nach der UNEP-Broschüre „Microplastics“ 2013)

Quellen	Wichtigste Materialien für den Eintrag
Auf See	
Handelsschiffe	Taue, Verpackungen
Fischerei	Netze, Behälter, Taue, Verpackungen
Aquakultur	Netze, Taue, Schwimmkörper, Bojen
Öl- und Gasbohrinseln	Verpackungen, Abwasser
Kreuzfahrtschiffe	Verpackungen, Abwasser
Freizeitboote	Verpackungen, Abwasser
An Land	
Küstentourismus	Verpackungen, Abwasser, Zigarettenfilter
Menschliche Siedlungen, insbesondere schlecht kontrollierte Müllhalden und illegale Entsorgung	Verpackungen, Abwasser, Straßenabfall
Landwirtschaft und Gartenbau	Folienabdeckungen, Rohre
Industrieansiedlungen, insbesondere Kunststoffproduktion und -verarbeitung	Alle Arten von Materialien
Schiffswerften (Bau, Wartung, Verschrottung)	Alle Arten von Materialien

Mikroplastik findet sich auch in Süßwasser. 2013 wiesen Forscher der Universität Bayreuth Mikroplastikpartikel in den Uferbereichen des Gardasees nach.

● Aktuelle Forschungsvorhaben

Im Juni 2014 berichtete der Norddeutsche Rundfunk (NDR) über Mikroplastikpartikel-Funde der Universität Oldenburg in Regenwasser, Mineralwasser und Bier. Die Untersuchungsmethoden sind wissenschaftlich umstritten, unter anderem weil die Analysen nicht unter Reiraumbedingungen stattgefunden haben. Die betroffenen Wirtschaftsverbände für Mineralwasser und Bier bestreiten die Ergebnisse. Daher beauftragte das Bayerische Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz (StMUV) im September 2014 das Bayerische Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit (LGL) mit der Durchführung eines Forschungsvorhabens zum Nachweis von Mikroplastik in ausgewählten Lebensmitteln. Das Projekt wird Untersuchungsmethoden für die Bestimmung von Mikroplastik in Mineralwasser, Trinkwasser, Erfrischungsgetränken, alkoholischen Getränken, Fischen, Muscheln und Honig entwickeln und prüfen, ob in den genannten Lebensmitteln Mikroplastikpartikel nachweisbar sind. Sollte das der Fall sein, erhofft man sich Informationen hinsichtlich Art, Menge und Größe dieser Partikel. Das Projekt soll 2017 zum Abschluss kommen und belastbare Ergebnisse für das weitere Risikomanagement liefern.

● Kontamination von Trinkwasser

Der Oldenburgisch-Ostfriesische-Wasserverband (OOWV) hatte gemeinsam mit dem Niedersächsischen Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz eine Studie beim Alfred-Wegener-Institut in Auftrag gegeben. Diese sollte untersuchen, ob in Trink- und Grundwasser Mikroplastik nachweisbar sei und auf welchen Wegen es in das Wasser gelangt sein könnte. Zu diesem Zweck wurde in fünf Versorgungsgebieten des OOWVs in den Wasserwerken das unbehandelte Roh- und das aufbereitete Trinkwasser beprobt. Zusätzlich entnahmen die Lebensmittelkontrolleure in jedem Versorgungsgebiet Proben aus den Versorgungsnetzen der Wasserwerke sowie an der Wasseruhr und an einer weiteren Entnahmestelle im Verbraucherhaushalt. Außerdem analysierten sie Grundwasserproben aus drei Flachbrunnen. Alle Nachweise erfolgten mittels Mikro-FTIR (Fourier-Transformations-Infrarot)-Spektroskopie. Der im Oktober 2014 veröffentlichte Abschlussbericht ergab: Im Grundwasser waren keine Mikroplastik-Partikel nachweisbar. Im Trinkwasser fanden sich sehr geringe Konzentrationen von 0,4 bis sieben Mikroplastikpartikeln pro Kubikmeter. Die Partikel waren zwischen 50 und 150 Mikrometer groß, dünn und unregelmäßig geformt. Sie bestanden aus Polyvinylchlorid (PVC), Polyethylen (PE), Polyamid (PA), Polyester (PEST) und Epoxidharz. Vermutlich stammen die Partikel aus dem Abrieb von Rohren oder deren Anschlüssen. PE-Kügelchen, wie sie in Kosmetika vorkommen, wurden nicht gefunden.

● Honig und Zucker

Bereits 2013 hatten Wissenschaftler der Universität Oldenburg über den Nachweis von Mikroplastikpartikeln in Honig (40-660/kg) berichtet. Sie gehen davon aus, dass sich die Partikel aus der Atmosphäre auf Pflanzen und Blüten niederschlagen, wo die Bienen sie mit den Pollen aufnehmen und in den Bienenstock transportieren. Dafür spricht, dass sich die Partikel auch in Blüten und Wabenhonig nachweisen lassen. Da aber auch die Umgebungsluft in Räumen mehrere tausend Mikropartikel pro Kubikmeter enthält, ist eine Verunreinigung des Honigs beim Hersteller oder bei der Aufarbeitung der Proben im Labor nicht auszuschließen. Auch in haushaltsüblichem Zucker fanden sich im Rahmen der Studie Mikrofasertypen in vergleichbarer Anzahl.

● Wissenschaftliche Bewertung

In seiner Stellungnahme vom 30. April 2015 stellt das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) fest, dass ihm keine gesicherten Daten zur chemischen Zusammensetzung, zur Partikelgröße oder zum Gehalt von Mikroplastikpartikeln in Lebensmitteln vorliegen. Wegen des Fehlens belastbarer Daten ist derzeit keine Risikobewertung für den Verzehr von mit Mikroplastikpartikeln verunreinigten Lebensmitteln möglich.

Auch die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) kam im Juni 2016 in ihrer ersten wissenschaftlichen Stellungnahme zum Vorkommen von Mikroplastikpartikeln in Lebensmitteln zu dem Schluss, dass für eine verlässliche Risikobewertung derzeit nicht genügend Daten vorliegen. Sie empfiehlt deshalb, die analytischen Methoden zu verbessern, weitere Gehaltsdaten zu erheben und die Toxikologie näher zu beleuchten.

Maßnahmen gegen primäres Mikroplastik

Im Sinne eines vorbeugenden Umwelt- und Verbraucherschutzes wird bereits seit Jahren daran geforscht, die Einträge von Mikroplastikpartikeln in die Meere zu verringern. Mikroplastikpartikel in Kosmetika und Pflegeprodukten lassen sich durch Ersatzstoffe wie Sand, Nusschalen oder aus Milch gewonnene Granulate ersetzen. Das Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik sieht besonders in Biowachspartikeln eine Lösung. Einige große Hersteller haben angekündigt, keine Mikroplastikpartikel mehr in Kosmetika zu verwenden.

In den USA hat Präsident Obama am 28. Dezember 2015 den "Microbead-free Waters Act" unterzeichnet. Das Gesetz verbietet die Herstellung und das Inverkehrbringen von abspülbaren Kosmetik- und Pflegeprodukten einschließlich Zahnpasta, die absichtlich Mikroplastikpartikel enthalten. Das Herstellungsverbot gilt ab dem 1. Juli 2017, das Verbot des Inverkehrbringens ab dem 1. Juli 2018. Produkte, die als nicht verschreibungspflichtige Arzneimittel vermarktet werden, dürfen noch bis 1. Juli 2018 hergestellt und bis zum 1. Juli 2019 verkauft werden.

Entsprechende Regelungen in Deutschland und der Europäischen Union gibt es bisher nicht. Auf EU-Ebene hat Kommissar Vella eine Studie veranlasst, die ein mögliches Verbot von Mikroplastik in Kosmetika untersucht.

Maßnahmen gegen sekundäres Mikroplastik

● Abfallvermeidung

Nationale und europäische Maßnahmen in der Abfallpolitik zielen darauf ab, die Freisetzung von Mikroplastik in der Umwelt einzudämmen. So sollen Kunststoffverpackungen möglichst vollständig recycelt werden.

Seit dem 15. Juli 2008 ist die Europäische Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie in Kraft. Sie legt Regelungen zur Entwicklung und Umsetzung nationaler Strategien in den Mitgliedstaaten fest, um bis zum Jahr 2020 einen guten Zustand der Meeresumwelt zu erreichen oder zu erhalten. Die Maßnahmen wurden bis Ende 2016 implementiert. In Deutschland geht es um das visionäre nationale Umweltziel für die Nord- und Ostseegebiete: „Meere ohne Belastungen durch Abfall“. Das UBA fördert im Auftrag der Bundesregierung verschiedene Forschungs- und Entwicklungsprojekte und vergibt Gutachten, die zum Teil einen breiten Fokus auf Abfälle im Meer haben und das Themenfeld Mikroplastik mit umfassen oder unmittelbar darauf ausgerichtet sind.

Die Thünen-Fischereiforschungsinstitute erfassen im Rahmen ihrer fischereibiologischen und umweltbezogenen Untersuchungen an Bord ihrer Forschungsschiffe Art und Menge von Abfall jeder Art in den Fängen. Ferner beteiligt sich das Thünen-Institut im Rahmen einer Kooperation mit dem Alfred-Wegener-Institut an einer Studie zu Mikroplastikpartikeln in Fischen der Nord- und Ostsee. Auch die Hersteller von Kunststoffen sind aktiv: 60 Organisationen der Kunststoffindustrie aus 32 Ländern haben inzwischen die erstmals bei der 5. International Marine Debris Conference im März 2011 vorgestellte „Joint Declaration for Solutions on Marine Litter“ unterzeichnet. Die Erklärung enthält eine Sechs-Punkte-Strategie zur Vermeidung von Kunststoffabfällen:

- Verbesserung der Zusammenarbeit mit öffentlichen Institutionen
- Verbesserung der Zusammenarbeit mit wissenschaftlichen Institutionen
- Förderung von neuen und Durchsetzung bereits bestehender Gesetze
- Verbreitung eines Best-Practice-Ansatzes in der Abfallwirtschaft
- Verbesserung der Verwertung von Kunststoffabfällen
- Begleitung von Transport und Vertrieb von Kunststoffgranulaten und Erzeugnissen an die Kunden der Kunststoffindustrie sowie
- Förderung dieser Praxis in der gesamten Lieferkette.

Die Erklärung dient der Kunststoffindustrie als Handlungsrahmen und wurde in einen Aktionsplan übersetzt. Er besteht aus lokalen Projekten, die nationale Unterzeichner durchführen, und aus globalen Initiativen, etwa



Eine wichtige Maßnahme zum Umweltschutz ist das Vermeiden von Plastik, wo immer es möglich ist.

der Einbindung internationaler Forscher oder der Kooperation mit dem Umweltprogramm der Vereinten Nationen (UNEP).

Precycling spielt eine wichtige Rolle bei der Abfallvermeidung: Einen Kunststoff, der gar nicht erst verwendet wird, braucht man nicht zu recyceln und er gelangt auch nicht in die Umwelt. Durch die mehrmalige Verwendung von Verpackungen, Tüten, Stoffbeuteln, Glasflaschen und Dosen kann jeder Verbraucher einen Beitrag dazu leisten, die Menge des anfallenden Verpackungsmülls zu verkleinern. „Unpackaged“, „unverpackt einkaufen“ und ähnliche Initiativen propagieren die Rückkehr zum Verkauf von unverpackten Lebensmitteln („Bulk shopping“).

● Alternative: Biokunststoffe

Jedes Jahr werden allein in Deutschland rund 14 Millionen Tonnen Verpackungen verbraucht. Fast 40 Prozent davon bestehen aus Kunststoff. 1,8 Millionen Tonnen sind „kurzlebige Verpackungen“ wie Folien, Schalen, Tragetaschen, Beutel oder Einweggeschirr. Ein großer Teil davon wandert sofort nach dem Einkauf in den Müll, ungeachtet der Tatsache, dass für diese Materialien wertvolle Rohstoffe unter hohem Energieaufwand verarbeitet wurden. Studien zufolge vernichten Wegwerfartikel aus Kunststoff weltweit jährlich 80 bis 120 Milliarden US-Dollar. Selbst wenn diese Materialien gesammelt und wiederaufbereitet werden, so ist dies doch ein Downcycling: Es entstehen qualitativ schlechtere Produkte daraus. In jüngerer Zeit gibt es verstärkt Bestrebungen, kurzlebige Verpackungen aus Biokunststoffen anzufertigen – nicht aus Erdöl, sondern aus nachwachsender Biomasse (z. B. aus Mais, Kartoffeln, Weizen, Tapioka oder Zuckerrohr). Im Grundsatz ist das nichts Neues, denn die ersten industriell gefertigten Kunststoffe entstanden aus Cellulose (Celluloid) und Casein (Galalith). Im Zuge des Erdölbooms haben die kostengünstigeren Kunststoffe auf fossiler Basis diese Materialien schnell vom Markt verdrängt. Die heutigen Biokunststoffe sollen nicht nur umweltfreundlicher sein, sondern auch den Erdölverbrauch

verringern und neue Verwendungszwecke für landwirtschaftlich erzeugte Rohstoffe eröffnen.

In Deutschland erreichen Biokunststoffe derzeit einen Marktanteil von einem Prozent des Kunststoffmarktes. Dafür sind in erster Linie die vergleichsweise hohen Herstellungskosten verantwortlich. Die Zuwachsraten liegen jedoch im zweistelligen Bereich.

Anders als vermutet sind nicht alle Biokunststoffe biologisch abbaubar. Eine rechtlich verbindliche Begriffsbestimmung gibt es nicht. Gemäß der Definition des UBA sind Biokunststoffe

- Materialien, die ganz oder teilweise aus Biomasse hergestellt, das heißt biobasiert sind. Eine Bioabbaubarkeit muss nicht gegeben sein.
- Materialien, die nach den Vorgaben anerkannter Normen (z. B. EN 13432) bioabbaubar sind.
- Materialien, die beide Eigenschaften – biobasiert und bioabbaubar – gleichzeitig besitzen.

Einige Biokunststoffe (**Übersicht 2**) sind in ihren Eigenschaften den herkömmlichen Kunststoffen überlegen. So zeichnen sich zum Beispiel biotechnologisch erzeug-

te Polylactide (PLA) durch Wasserdampfdurchlässigkeit, gute Bedruckbarkeit und antistatisches Verhalten aus. Aus PLA und PLA-Blends entstehen Folien, Dosen, Flaschen, Gemüseschalen sowie Getränke- und Joghurtbecher. „Blends“ sind Kunststoffe, die Bestandteile aus nachwachsenden und fossilen Rohstoffen enthalten.

Waren Biokunststoffe bis zum Jahr 2010 größtenteils biologisch abbaubar, so ist damit zu rechnen, dass zukünftig nicht abbaubare Materialien den Markt bestimmen werden.

Die besten Zukunftsaussichten haben derzeit „Drop in-Biokunststoffe“. Dabei handelt es sich um biobasierte oder teil-biobasierte Standardkunststoffe wie Bio-Polyethylen (PE), Bio-Polyamid (PA) oder Bio-Polyethylenterephthalat (PET), die die gleichen Eigenschaften wie erdöl-basierte Kunststoffe aufweisen. Sinkende Erdölpreise setzen aber auch hier den Markt unter Druck.

Betrachtet man die vorliegenden Ökobilanzen, so kommt erschwerend hinzu, dass Verpackungen aus biologisch abbaubaren Kunststoffen insgesamt keine Vorteile gegenüber Verpackungen aus konventionellen Kunststoffen aufweisen. Wohl entsteht bei der Herstellung und

Übersicht 2: Wichtigste Biokunststoffe

Biokunststoff	Typ	Beispiele
Modifizierte natürliche Polymere		
Polysaccharid-basierte Kunststoffe	Thermoplastische Stärke (TPS), Stärke-Blends	
Cellulose-basierte Kunststoffe	Zellstoff Celluloseregenerate Cellulosederivate	Viskose Celluloid, Cellophan, Celluloseacetat
Protein-basierte Kunststoffe	Casein-Kunststoffe Collagen-Kunststoffe	Gelatine
Lignin-basierte Kunststoffe		„flüssiges Holz“
Elastomere	Naturkautschuk-basierte Kunststoffe Thermoplastische Elastomere (TPE) Thermoplastische Polyurethane (TPU)	Gummi Thermoplastisches Ether-Ester-Elastomer (TPC-ET) Polyether-Blockamid
Polyester	Polyhydroxyalkanoate (PHA) Polyhydroxyfettsäuren	Polyhydroxybuttersäure (PHB) Polyhydroxybutyrat Polyhydroxyvalerat (PHV) Poly-3-hydroxybutyrat-co-valerat (PHBV)
Aus biobasierten Monomeren synthetisierte Polymere		
Biobasierte Polyester	Polylactide (PLA, Polymilchsäure), PLA-Blends Polyethylenterephthalat (PET) Polyethylenfuranoat (PEF) Polytrimethylenterephthalat (PTT) Alkydharze Polysuccinate Ungesättigte Polyesterharze	Polybutylensuccinat (PBS) Polybutylenterephthalat (PBT) Polybutylenadipat-Terephthalat (PBAT)
Biobasierte Polyamide	Aus Rizinusöl	PA 11 PA 4.10 PA 6.10 PA 10.10
Biobasierte Polyurethane		
Biobasierte Polyacrylate		
Biobasierte Polyolefine		Biopolyethylen (Bio-PE) Biopolypropylen (Bio-PP)
Biobasiertes Polyvinylchlorid		
Biobasierte Epoxidharze		

Entsorgung von abbaubaren Verpackungen weniger Kohlendioxid und es wird weniger Erdöl verbraucht. Diesen Vorteil machen jedoch die negativen Auswirkungen auf Böden und Gewässer durch Versauerung und Überdüngung wieder wett. Nach Ansicht des UBA sind biologisch abbaubare Kunststoffe deshalb nicht umweltfreundlicher als herkömmliche.

Der Vorteil, biologisch abbaubar zu sein, kommt außerdem oft gar nicht zum Tragen: Biologisch abbaubare Verpackungen benötigen für eine ausreichende Stabilität eine hohe Materialstärke. Damit sind sie schlecht zu kompostieren, weil der Abbau zwar deutlich schneller geht als bei herkömmlichen Kunststoffen, aber immer noch viel Zeit in Anspruch nimmt. Hinzu kommt, dass der Verbraucher eine biologisch abbaubare Verpackung häufig nicht als solche erkennt. Statt auf dem Kompost landen biologisch abbaubare Kunststoffe deshalb meist im gelben Sack oder im Restmüll. Da sie den Recyclingprozess für herkömmliche Kunststoffe stören, müssen sie aussortiert werden und enden dann in der Müllverbrennung. Spezielle Recyclingverfahren für Biokunststoffe rechnen sich bisher aufgrund des geringen Marktanteils nicht. Die allgegenwärtige Präsenz von Mikroplastik in der Umwelt wird also durch Biokunststoffe nicht verschwinden, aber möglicherweise geringer. Vermeidungsstrategien und ein wirkungsvolles Recycling bleiben unerlässlich.

● Alternative: Von der Wiege zur Wiege

Viel weiter geht der Ansatz „From Cradle to Cradle“ (C2C, „Von der Wiege zur Wiege“): Es ist die Vision einer abfallfreien, kontinuierlichen Kreislaufwirtschaft, in der jeder Stoff nach seiner Verwendung in einen neuen brauchbaren Stoff übergeht, der für den Menschen und die Umwelt unschädlich ist. Essbaren Verpackungen, kompostierbaren Textilien, reinen Kunststoffen und Metallen, die unendlich oft wiederverwendet werden, soll die Zukunft gehören.

Dieses Konzept bedeutet die völlige Abkehr von den bisherigen linearen Materialströmen ohne Rücksicht auf den Ressourcenerhalt, die C2C-Anhänger als „Von der Wiege zur Bahre“ („From Cradle to Grave“) oder „Take, make, dispose“ („nehmen, herstellen, wegwerfen“) bezeichnen. Die gebrauchten Materialien sollen innerhalb eines Kreislaufs dauerhaft nützlich sein. Dabei unterscheidet man einen biologischen und einen technischen Kreislauf:

- Innerhalb des biologischen Kreislaufs zirkulieren die Verbrauchsgüter. Sie bestehen nur aus Stoffen, die am Ende ihrer Nutzung vollständig biologisch abgebaut werden. Jeder Stoff gilt grundsätzlich als Nährstoff. Der Abfall eines alten Produktes wird zur Nahrung für eines neues.
- Innerhalb des technischen Kreislaufs zirkulieren die Gebrauchsgüter. Diese werden bereits im Design- und Herstellungsprozess als Ressourcen für die nächste Nutzungsphase optimiert. Materialien und Rohstoffe werden nach der Nutzung sortenrein getrennt und vollständig wiederverwendet – im Idealfall unendlich oft. Da sich in einer hochtechnologisierten Welt schädliche Stoffe in vielen Produkten nicht vermeiden lassen (z. B. Schwermetalle und Quecksilber in Smartpho-



Kunststoffrecycling trägt zur Abfallvermeidung bei.

nes), muss der technische Kreislauf in sich geschlossen ablaufen, um die Freisetzung solcher Stoffe in die Umwelt zu verhindern. Der Hersteller verkauft sein Produkt nicht mehr, er stellt es lediglich zur Nutzung zur Verfügung. Danach erhält er es zurück und stellt ein neues Produkt daraus her. So soll aus einem alten Autositz ein neuer Autositz entstehen. Der Unternehmer soll unabhängiger von Preisschwankungen an den Rohstoffmärkten werden und die Wirtschaftlichkeit im gesamten Wertschöpfungszyklus verbessern. Eine durch die Ellen MacArthur-Foundation in Auftrag gegebene Studie kommt zu dem Ergebnis, dass europäische Hersteller durch den Übergang zur Kreislaufwirtschaft bis 2025 pro Jahr bis zu 630 Milliarden US-Dollar an Materialkosten einsparen könnten.

Einige Branchen haben das Konzept oder Teile davon bereits übernommen: Möbel, Teppiche und T-Shirts, die sich vollständig wiederverwerten lassen, gibt es bereits. Auch ganze Häuser nehmen für sich in Anspruch, nach dem „Cradle to Cradle“-Prinzip konstruiert zu sein. Während sich die Stimmen mehren, die die Versorgung einer wachsenden Weltbevölkerung mit den zur Verfügung stehenden endlichen Ressourcen nicht anders für möglich halten, führen die Kritiker die fehlende einheitliche Zertifizierung und die mangelnde Wettbewerbsfähigkeit ins Feld. Eine flächendeckende Umsetzung steht noch in weiter Ferne. Eine Welt ohne Plastikmüll wird also noch lange eine Vision bleiben.

Die Literaturliste finden Sie im Internet unter „Literaturverzeichnisse“ als kostenfreie pdf-Datei.

Die Autorin

Dr. Annette Rexroth ist Diplom-Chemikerin und staatlich geprüfte Lebensmittelchemikerin. Als Referentin für Rückstände und Kontaminanten in Lebensmitteln ist sie beim Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft in Bonn tätig.

Dr. Annette Rexroth
Oedinger Straße 50, 53424 Remagen
ar707@outlook.de

