

**Literatur-/Internetrecherche zum  
Themenfeld Kunststoffe und ihre  
Umweltwirkungen**



**ECO-Conseil** sarl

## I M P R E S S U M

BEAUFTRAGUNG	Administration de l'Environnement Unité Stratégies et Concepts 1, avenue du Rock'n'Roll L-4361 Esch-sur-Alzette Tel.: (00352) 40 56 56 – 614 Fax: (00352) 49 62 56 E-mail: stephanie.goergen@aev.etat	
AUSFÜHRUNG	ECO-Conseil s.à r.l. 12, Mounereferstrooss L-5441 Remerschen Tel.: (00352) 46 17 08 + 26 67 55 – 01 Fax: (00352) 22 31 40 + 26 67 55 – 20 E-Mail: info@eco-conseil.lu	
BEARBEITUNG	Steff Schaeler Dipl.-Agraringenieur Gerd Winter Dipl.-Geograph Armin Krämer	(ECO-Conseil; Projektverantwortlicher) (ECO-Conseil; Projektdelegierter) (ECO-Conseil; Projektdelegierter)
AUSFERTIGUNG	Mai 2018	

# Literatur-/Internetrecherche zum Themenfeld Kunststoffe und ihre Umweltwirkungen

	Seite
<b>KUNSTSTOFF - EIN ÜBERBLICK</b>	2
- Historie	3
- Kunststoffarten	4
- Produktion und Verwendung	7
- Umweltaspekte (allgemein)	11
<b>KUNSTSTOFF – SCHLÜSSELWERKSTOFF DER MODERNEN WELT UND ÖKOLOGISCHES RISIKO</b>	12
- Schlüsselwerkstoff	13
- Ökologisches Risiko	17
<b>KUNSTSTOFF – TAGTÄGLICH</b>	39
- Näher beleuchtet: Verpackungsabfall in Luxemburg	40
- Es geht auch ganz ohne Verpackungen	41
- Der ECOSAC – ein gutes Beispiel	41
<b>BIOLOGISCH ABBAUBARE KUNSTSTOFFE – ENTSCHÄRFUNG DER KUNSTSTOFFPROBLEMATIK?</b>	44
- Definition und Abgrenzung	44
- Ökologische Bewertung	48
- Fazit	52
<b>MEHRWEGSYSTEME UND MEHRFACHNUTZUNG ZUR VERRINGERUNG DES KUNSTSTOFFABFALLS</b>	54
- Mehrwegsysteme – am Beispiel der Getränkeflaschen	55
- Glas- und Kunststoffmehrwegflasche im Vergleich	57
- Übersicht zur Klimabilanz von Mehrweg- und Einwegflaschen	57
- Freisetzung von Chemikalien aus Kunststoffgetränkeflaschen	58
- Gegenüberstellung von (Einweg-)Verpackungen aus biologisch abbaubaren Kunststoffen und Verpackungsmehrwegsystemen	59
<b>KUNSTSTOFFEINSPARUNGSPOTENZIALE ERSCHLIESSEN UND AUSBAUEN</b>	65
- Die Plastikstrategie der EU-Kommission	65
- Einsparpotenziale beim Kunststoffeinsatz – Studie des Wuppertal-Institutes	70
<b>BEITRAG LUXEMBURGS ZUR UMWELTVERSCHMUTZUNG DURCH KUNSTSTOFFE (PLASTIC POLLUTION)</b>	80

## KUNSTSTOFF - EIN ÜBERBLICK

**Kunststoff**, umgangssprachlich auch als **Plastik** bezeichnet, ist ein vollsynthetisch oder halbsynthetisch (durch Umwandlung von Naturprodukten) hergestellter Werkstoff.

Grundbausteine von Kunststoff sind **Polymere**. Bei ihnen handelt es sich um Makromoleküle (Riesenmoleküle), die aus Ketten gleicher oder ähnlicher Einzelmoleküle, den **Monomeren** bestehen.

Ein Stück Kunststoff besteht aus Millionen ineinander verschlungener sehr langer Polymere.

**Synthetische Kunststoffe** werden aus Monomeren mittels verschiedener kettenbildender Prozesse hergestellt. Ausgangsstoff ist meistens **Rohbenzin (= Naphtha)**. Naphtha wird in Raffinerien durch **Destillation von Rohöl** gewonnen. **Halbsynthetische Kunststoffe** entstehen durch die Modifikation natürlicher Polymere (z.B. Zellulose zu Zelluloid).

## • **Historie**

Ausgangsprodukte der ersten Kunststoffe waren natürliche Materialien. Diese wurden durch physikalische Prozesse oder Zugabe von anderen Stoffen transformiert. Als erster Kunststoff gilt Kunsthorn, das aus Kasein (Milcheiweiß) gewonnen wurde<sup>1</sup>. Seine Herstellung wurde bereits im 16. Jahrhundert beschrieben. Die systematische Entwicklung der Kunststoffe als Werkstoff begann Mitte des 19. Jahrhunderts zunächst in den USA als für bestimmte Materialien Ersatzstoffe gesucht wurden. So entstand beispielsweise Celluloid aus Zellulose, Alkohol und Kampfer als Ersatzstoff für Elfenbein<sup>2</sup>. Weitere Beispiele für frühe Kunststoffe - alle noch aus natürlichen Ausgangsstoffen - sind Latex und Gummi aus Naturkautschuk oder Schellack aus dem Sekret einer Schildlausart.

Der erste im industriellen Maßstab hergestellte vollsynthetische Kunststoff aus Erdöl, Bakelit, wurde 1907 von dem belgischen Chemiker Baekeland entwickelt. Bakelit fand dank seiner Eigenschaft als elektrischer Isolator schnell Verbreitung in der sich entwickelnden Elektroindustrie<sup>2</sup>.

Hermann Staudinger, Nobelpreisträger von 1953, kann als Vater der Polymerchemie bezeichnet werden. In den Zwanzigerjahren des 20. Jahrhunderts veröffentlichte er grundlegende wissenschaftliche Arbeiten zum Aufbau und zur Chemie von Kunststoffen. Diese ermöglichten der chemischen Industrie eine rasante Entwicklung des Kunststoffsektors.

Nach zahlreichen Erfolgen auf dem Gebiet der Polymerchemie nahm die Produktion von synthetischen Kunststoffen ab 1950 enorm zu. Neue Kunststoffe und Verarbeitungsverfahren führten dazu, dass Kunststoff von einem speziellen Werkstoff mit spezifischen Verwendungszweck zum Allround-Werkstoff der industriellen Massenanfertigung wurde.

In der Kunststofftechnologie steckt auch heute noch viel innovatives Potential. Gleichzeitig werden aber auch die negativen Folgen und die potentiellen Gefahren durch die Massenproduktion und -verwendung von Kunststoffen immer offensichtlicher. Kunststoffe sind in ihrer sichtbaren Form, als Kunststoffabfall, und ihrer unsichtbaren Form, als Mikro- oder Nanoplastik ein globales ökologisches Problem von großer Komplexität mit einem hohen Risikopotential.

---

<sup>1</sup> Deutsches Kunststoffmuseum, Zeittafel zur Geschichte der Kunststoffe; <http://www.deutsches-kunststoff-museum.de>

<sup>2</sup> Deutsches Kunststoffmuseum; <http://www.deutsches-kunststoff-museum.de/rund-um-kunststoff/erfinder>

• **Kunststoffarten**

Kunststoffe lassen sich nach vielen unterschiedlichen Kriterien unterteilen.

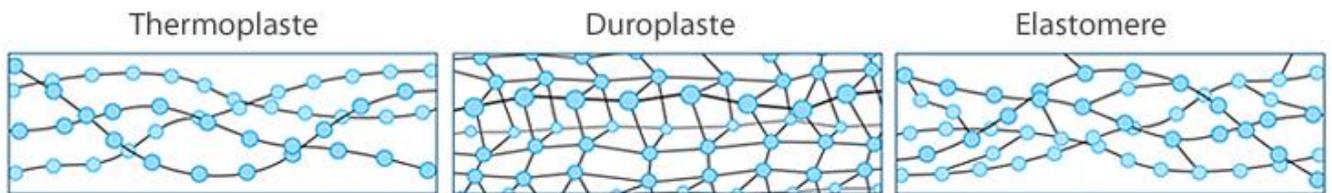
Mögliche Unterscheidungsmerkmale sind:

- Mechanisches Verhalten und Verhalten bei Erhitzen (mechanisch-thermisches Verhalten)
- Verwendungszweck
- Ausgangsmaterialien für ihre Herstellung

**Einteilung nach mechanischem Verhalten und Verhalten beim Erhitzen**

Diese Einteilung wird am häufigsten zur Klassifizierung und Unterscheidung von Kunststoffen eingesetzt und kommt aus der Anwendungstechnik. Es werden drei Hauptgruppen unterschieden:

- Duroplaste: engmaschig vernetzte Polymere, nicht schmelzbar, hart und spröde
- Thermoplaste: unvernetzte Polymere; bei Erwärmung plastisch und formbar; schmelzbar
- Elastomere: weitmaschig vernetzte Polymere; elastisch, nicht schmelzbar



www.maschinenbau-wissen.de

THERMOPLAST	DUROPLAST	ELASTOMER
<p>Beim Erhitzen in einem bestimmten Temperaturbereich plastisch und verformbar; nach Abkühlen behält das Werkstück seine Form bei; der Vorgang ist reversibel, d.h. der Kunststoff kann wieder eingeschmolzen und neu verformt werden</p> <p>Bei <b>teilkristallinen Thermoplasten</b> sind die Makromoleküle in bestimmten Bereichen parallel zueinander gelagert. Bei <b>amorphen Thermoplasten</b> sind die einzelnen Molekülketten völlig regellos ineinander verknäult.</p>	<p>Entsteht aus einer Lösung oder Schmelze von Polymeren, die durch Erhitzen oder Oxidationsmittel miteinander vernetzt werden; der Prozess ist irreversibel und führt nicht zur Schmelze sondern zur Zersetzung (Verkohlung); hart und spröde</p>	<p>Mechanische Einwirkung (Druck, Dehnen) führt zu einer Verformung, die sich bei Nachlassen der Krafteinwirkung wieder vollständig zurückbildet</p>
<p>Verwendung (Beispiele): Verpackungen, Bauindustrie (Rohre, Fensterrahmen, Baufolien); Technische Bauteile in der Automobil- und Elektroindustrie</p>	<p>Verwendung (Beispiele): In der Elektroindustrie: Gehäuse von elektrischen/elektronischen Bauteilen, Autoindustrie: Karosserieteile; Riemenscheiben, Ansaugstutzen Haushalt: Topfgriffe, Herdleisten</p>	<p>Verwendung (Beispiele): Reifen (=Hauptverwendungszweck, 60% aller Elastomere); Sonstige Gummiprodukte, wie Handschuhe, Hygieneartikel, Dichtungen, Puffer, Bänder</p>
<p>Kunststoffarten (Beispiele): teilkristallin: Polyethylen (PE), Polypropylen (PP), Polyamid(PA) amorph: Polystyrol (PS), Polyvinylchlorid (PVC)</p>	<p>Kunststoffarten (Beispiele): Epoxidharze; Kunstharze</p>	<p>Kunststoffarten (Beispiele): Kautschuk (z.B. Isopren-Kautschuk, Fluorkautschuk, Polyurethan</p>
<p>Quellen: <a href="http://www.maschinenbau-wissen.de">http://www.maschinenbau-wissen.de</a> und wikipedia</p>		

## Einteilung nach Verwendungszweck

Je nach Verwendungsart und Produktionsvolumen wird die mit Abstand größte Kunststoffgruppe - die der Thermoplaste - in folgende Anwendungsklassen unterteilt:

- Standardkunststoffe (= Massenkunststoffe)
- Technische Kunststoffe
- Funktionskunststoffe
- Hochleistungskunststoffe

**Standardkunststoffe** (standard plastics) können vielseitig verwendet werden. Sie werden häufig als Verpackungsmaterial oder zur Herstellung von Gebrauchsgegenständen, an die keine besonderen technischen Anforderungen gestellt werden, eingesetzt. Beispiele sind Polyethylen, Polypropylen oder Polyvinylchlorid. Die mit großem Abstand am meisten produzierten Kunststoffgruppe ist Standardplastik.

**Technische Kunststoffe** (engineered plastics ) genügen höheren Anforderungen bezüglich Temperaturbeständigkeit und Materialeigenschaften. Sie behalten ihre Werkstoffeigenschaften bei Temperaturen unter 0 und bis zu über 100 °C. Die drei größten Einsatzbereiche sind Elektro- und Elektronikindustrie, Konsumgüterindustrie und Fahrzeugbau. ABS (Acrylnitril-Butadien-Styrol) und PA (Polyamid) sind mengenmäßig die wichtigsten technischen Kunststoffe<sup>3</sup>.

**Funktionskunststoffe** haben einen ganz bestimmten, speziellen Anwendungszweck. Zu ihnen zählen z.B. Kunststoffe, aus denen Barrierefolien für Aromastoffe oder Gase in Lebensmittelverpackungen hergestellt werden<sup>4</sup>.

**Hochleistungskunststoffe** (high performance plastics) besitzen gegenüber den anderen Kunststoffklassen verbesserte mechanische Eigenschaften und eine höhere Wärmebeständigkeit. Sie zeichnen sich zum Beispiel durch höhere Elastizität, größere Schlagzähigkeit, hohe Dauerwärmebeständigkeit oder elektrische Leitfähigkeit aus<sup>4</sup>. Der Marktanteil der Hochleistungskunststoffe am Kunststoffsektor beträgt nur ca. 1%.

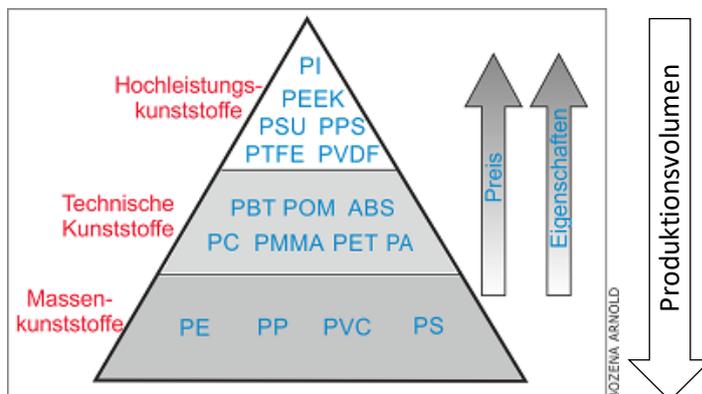


Abbildung verändert nach

<http://www.materialmagazin.com/index.php/kunststoffe/einteilung-von-kunststoffen>

<sup>3</sup> <https://www.ceresana.com/de/marktstudien/kunststoffe/technische-kunststoffe/>

<sup>4</sup> B. Schrader, P. Rademacher; Kurzes Lehrbuch der Organischen Chemie, Verlag Walter de Gruyter, 2009

### Einteilung nach den Ausgangsmaterialien

Nach dem Ursprung der Makromoleküle, aus denen sie aufgebaut sind, können Kunststoffe unterschieden werden in solche aus **petrochemischen** und solchen aus **natürlichen (nachwachsenden) Rohstoffen**. Der Marktanteil der Kunststoffe aus nachwachsenden Rohstoffen, die auch als **biobasierte Kunststoffe** bezeichnet werden, lag 2015 bei etwas über 0,5 %. Prognosen gehen von einem starken Anwachsen der Produktionsmengen und Marktanteile aus. So wird für das Jahr 2018 mit einer Produktion von 6,7 Millionen Tonnen gegenüber 1,6 Millionen Tonnen in 2015 gerechnet<sup>5</sup>.

---

<sup>5</sup> Ausarbeitung der wissenschaftlichen Dienste des deutschen Bundestages, *Biologisch abbaubare Kunststoffe, 2016*

## • Produktion und Verwendung

Seit Kunststoff in den 50iger Jahren des 20. Jahrhundert zum Massenprodukt wurde, wurden 8,3 Milliarden Tonnen produziert. Hiervon wurden mehr als die Hälfte in den letzten 13 Jahren produziert. 1950 wurden 2 Millionen Tonnen Kunststoffe hergestellt, 2015 bei weiterhin wachsender Tendenz bereits 380 Millionen Tonnen<sup>6,7</sup>.

SEIT 1950 WURDEN GLOBAL ETWA 8,3 MRD TONNEN KUNSTSTOFF ERZEUGT. DIESE MENGE ENTSPRICHT:



**25.000 x Empire State Building**

(331.000 Tonnen)



**822.000 x Eiffelturm**

(10.100 Tonnen)



**80.000.000 Blauwalen**

(ca. 104,5 Tonnen)



**1.000.000.000 Elefanten**

(ca. 7,5 Tonnen)

Quelle: Roland Geyer | University of California

In der EU 28 + Norwegen und Schweiz wurden 2015 rund 58 Millionen Tonnen Kunststoffe, die 19 % der Weltproduktion entsprachen, produziert. Asien hat einen Anteil von 50%, wobei allein in China 2016 29 % der Weltmenge produziert wurden.

Bezogen auf das Volumen werden seit 1989 mehr Kunststoffe als Stahl pro Jahr produziert. 2015 wurden nach Berechnungen von Plastics Europe 322 Millionen m<sup>3</sup> Kunststoff und 203 Millionen m<sup>3</sup> Stahl produziert.

Der weitaus größte Anteil der Kunststoffe wird in Europa von der Verpackungsindustrie verarbeitet (ca. 40 %). Die nächstgrößeren Verbraucher sind der Bausektor (ca. 20%), die Fahrzeugindustrie (ca. 10 %), die Elektro- und Elektronikindustrie (ca. 6 %), die Hersteller von Haushaltswaren und Freizeit-/ Sportartikeln (ca. 4%) sowie die Landwirtschaft (ca. 3%). Die restlichen Mengen (ca. 17%) werden von vielen weiteren Industriesektoren, unter anderem der Möbelindustrie, dem Maschinenbau und der Medizintechnik nachgefragt.

<sup>6</sup> <https://biooekonomie.de/studie-2017-plastikproduktion-und-verbrauch-weltweit>

<sup>7</sup> nach PlasticsEurope (Association of Plastic Manufacturers) belief sich die weltweite Plastikproduktion ohne PET-, PA-, PP- und Polyacryl-Fasern 2015 auf 322 Millionen Tonnen

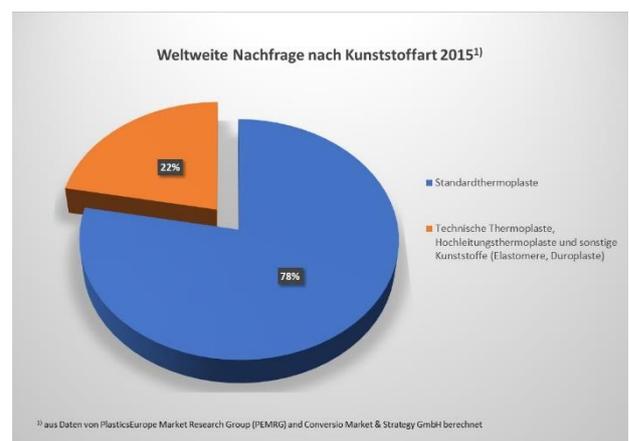
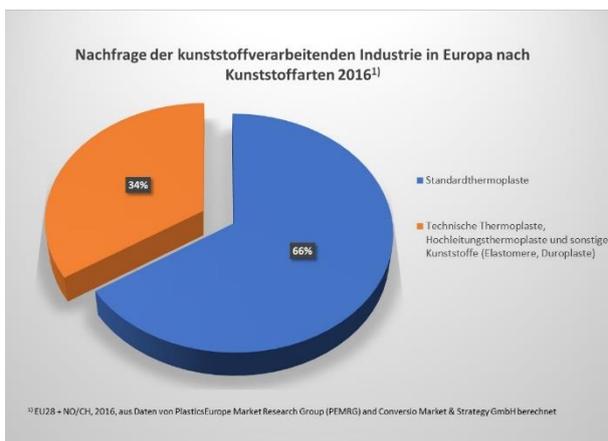
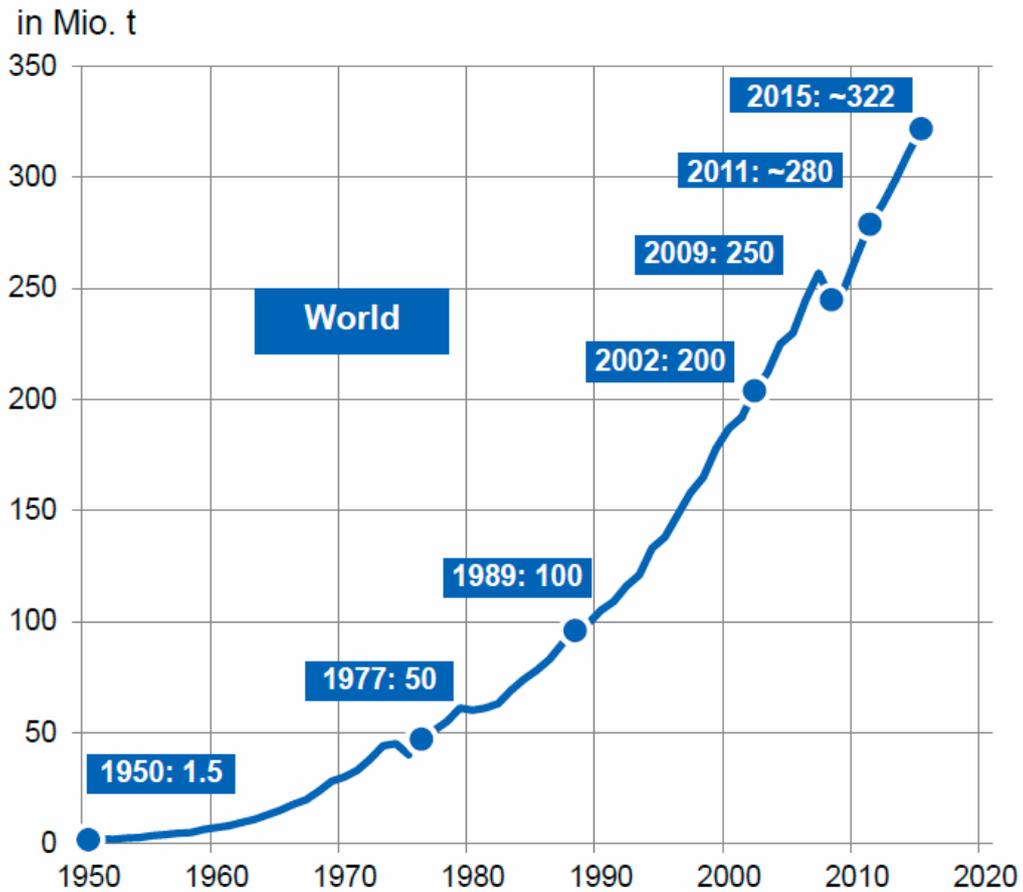


Abbildung: Entwicklung der weltweiten Kunststoffproduktion (ohne Berücksichtigung von Fasern aus PET-, PA-, PP- und Polyacryl)

Quelle: [http:1//plasticfreesea.nl/world-plastic-production-1950-2015/](http://1//plasticfreesea.nl/world-plastic-production-1950-2015/)

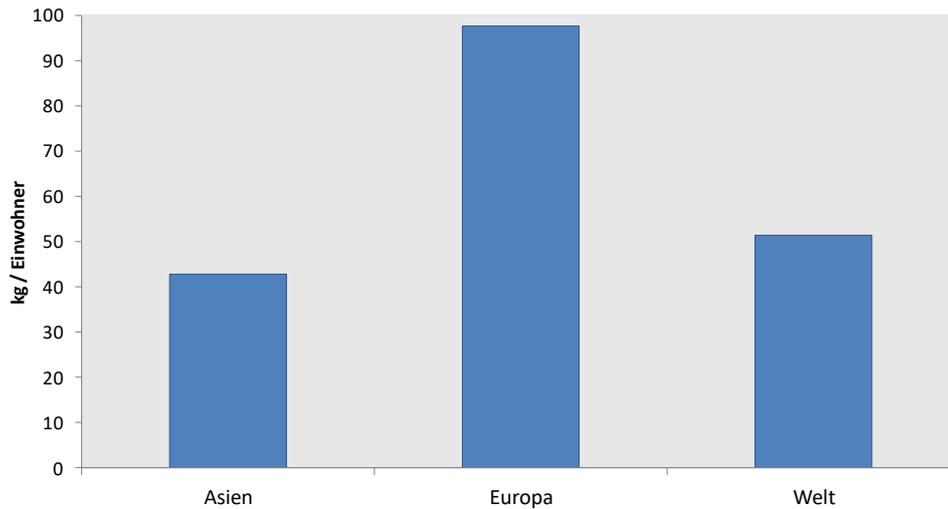
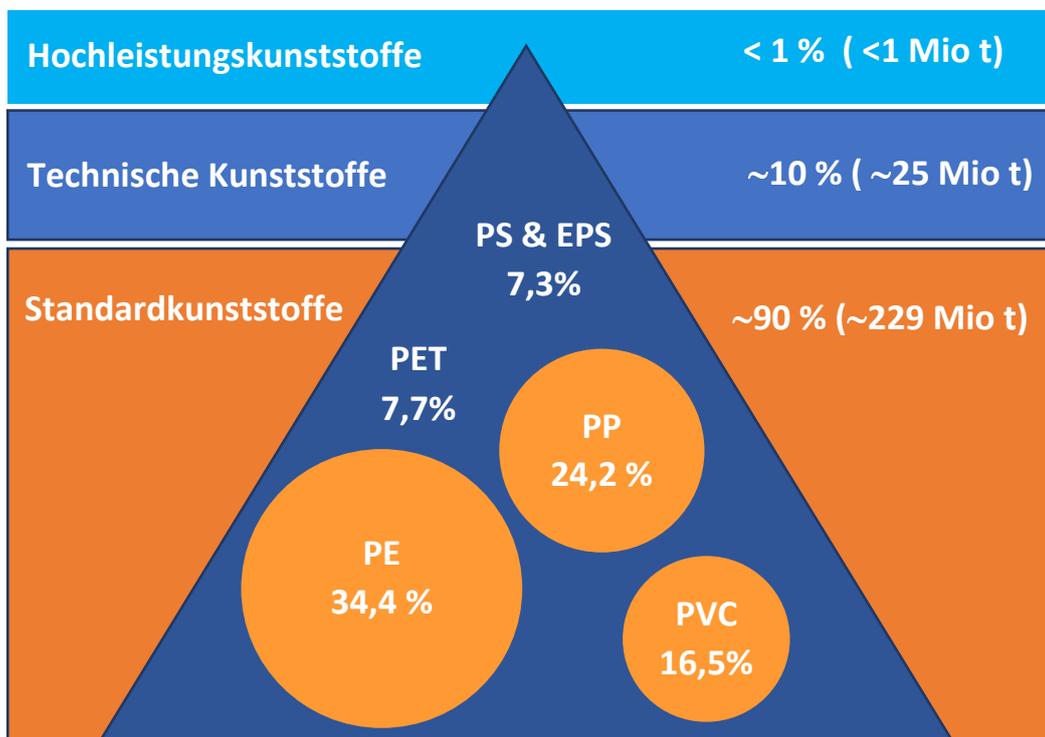


Abbildung: Kunststoffproduktion pro Kopf der Bevölkerung 2016

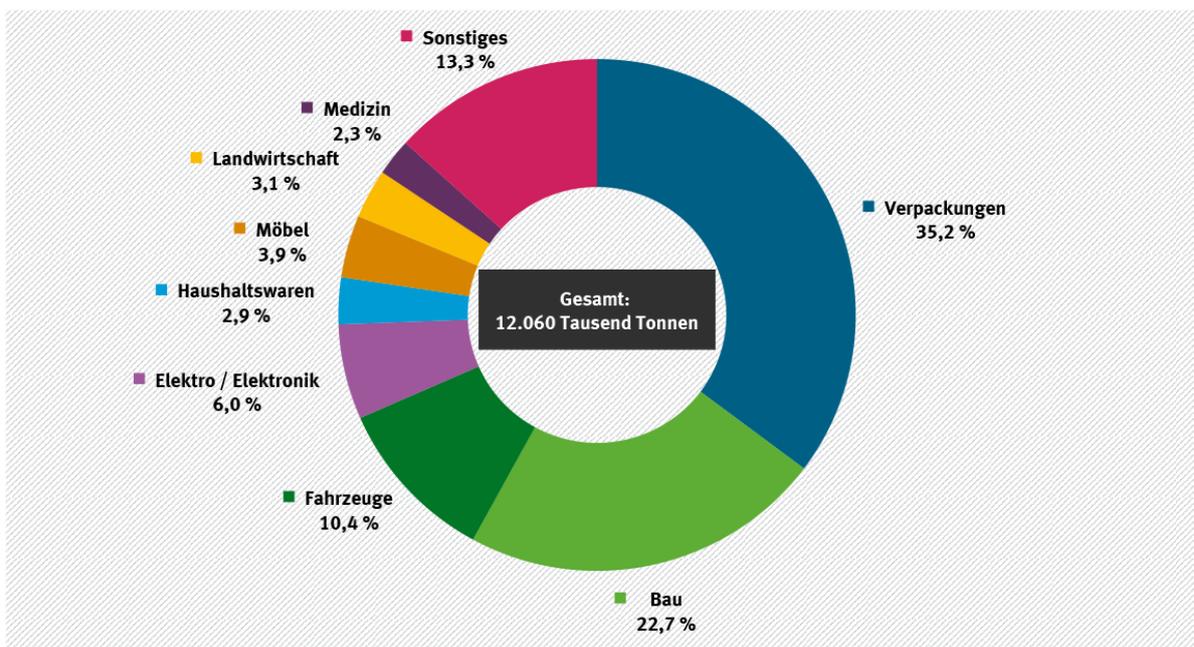
Datenquellen: *Plastics Europe, Plastics – the Facts 2017* und *R. Geyer et al., Production, use, and fate of all plastics ever made, Sci Adv 3 (7), e1700782*

### Weltweit produzierte Thermoplaste nach Verwendungsbereichen



Quelle: *PlasticsEurope Market Research Group (PEMRG)/Consultic Marketing & Industrieberatung GmbH*

Anteil relevanter Branchen an der Verarbeitungsmenge Kunststoffe 2015 in Deutschland



Quelle: Umweltbundesamt 2016, eigene Zusammenstellung mit Daten der CONSULTIC GmbH - Produktion, Verarbeitung und Verwertung von Kunststoffen in Deutschland 2015 (Stand 09/2016)



Abbildung: Nachfrage der kunststoffverarbeitenden Industrie in Europa nach Branchen 2016 (EU 28 + NO/CH)

Quellen: Plastics Europe, Plastics – the Facts 2017

• **Umweltaspekte (allgemein)**

Aufgrund ihrer enormen stofflichen Vielfalt, ständig neuen Entwicklungen und den vielfältigen Anwendungsfeldern sind mit Kunststoffen potenzielle Umwelt- und Gesundheitsgefahren verbunden.

Wie ein Blick in die Vergangenheit zeigt, waren potenzielle Risiken im Zusammenhang mit Kunststoffen oft nicht bekannt und wurden erst dann erkannt und erforscht, als sie offensichtlich wurden und es zu Umweltschäden oder gesundheitlichen Beeinträchtigungen beim Menschen kam. Vielen negativen Folgen konnte durch technische Maßnahmen oder durch Verbot bestimmter Kunststoffe bzw. bestimmter Additive erfolgreich begegnet werden.

Einerseits gleicht unsere heutige Situation der in früheren Jahren. Risiken und Umweltgefahren im Zusammenhang mit einzelnen Kunststoffen werden erst nach deren Einführung und Anwendung erkannt. Sie können dann häufig durch konkrete Gegenmaßnahmen abgestellt werden, etwa indem bestimmte Verwendungen von Kunststoffen oder diese selbst bzw. bestimmte Inhaltsstoffe verboten werden. Ebenso konnte das Problem des immer mehr werdenden Kunststoffabfalls zumindest punktuell in einzelnen Ländern durch den systematischen Aufbau abfallwirtschaftlicher Strukturen mit der Erfassung und zielgerichteten Behandlung der Kunststoffe entschärft werden. In vielen Ländern ist man aber noch weit davon entfernt die Abfallproblematik zu lösen. Hier fehlen Erfassungs- und Behandlungssysteme noch komplett oder funktionieren nicht.

Andererseits zeigen wissenschaftliche Untersuchungen aber auch neue Aspekte mit zum Teil globalen Auswirkungen im Zusammenhang mit Kunststoffen und Kunststoffabfällen, deren Risiken nicht abschließend bekannt sind und für die noch keine Lösungskonzepte bestehen. Dies betrifft vor allem die Freisetzung von sogenanntem Mikro- oder Nanokunststoffen und ihre Anreicherung in der Umwelt und ihr Auftauchen in der Nahrungskette.

## **KUNSTSTOFF – SCHLÜSSELWERKSTOFF DER MODERNEN WELT UND ÖKOLOGISCHES RISIKO**

Eine Welt ohne Kunststoffprodukte ist kaum vorstellbar. Seine enorm vielseitigen Eigenschaften und seine relativ günstige Produktion haben Kunststoff zum Schlüsselwerkstoff werden lassen. Als solcher ist er in vielen Bereichen zum Motor des Fortschritts geworden.

Eine Kehrseite des Siegeszuges des Kunststoffs ist der sog. Plastikabfall. Leider gibt es - und wird es auf absehbare Zeit auch nicht mehr geben - keine Welt ohne Kunststoffabfall. Die enorme Produktion von Kunststoff und seine globale Verbreitung in Form kurzlebigen Verpackungen und Massen-von Gebrauchsgütern hat zwangsläufig auch zu einem enormen Anwachsen der betreffenden Abfallmengen geführt, ohne dass der Ausbau von Erfassungs-, Entsorgungs- und Verwertungssystemen mit dieser Entwicklung Schritt gehalten hätte. Ergebnis ist eine sichtbare Verschmutzung der Landoberfläche, von Flüssen und Meeren mit fatalen Folgen für die Ökosysteme.

Und doch sind die Risiken durch den sichtbaren Kunststoffabfall (= Makroplastik) vermutlich geringer als die Gefahren durch für das menschliche Auge nicht sichtbares Plastik (= Mikroplastik), das vor allem bei der Zersetzung von Makroplastik durch Witterungseinflüsse und Wellengang oder auch durch Abrieb bei der Nutzung entsteht. Darüber hinaus stammt das Mikroplastik in der Umwelt aber auch Produkten, denen es zur Verbesserung ihrer Eigenschaften zugesetzt wird. Beispiele sind Kosmetika und Körperpflegemittel, Schmier- und Reinigungsmittel sowie Oberflächenbeschichtungen verschiedener Werkstoffe.

Mikroplastik ist ubiquitär verbreitet. Das heißt überall auf der Welt lassen sich im Boden, in Fluss- und Meerwasser und sogar in der Luft mikroskopisch kleine Plastikpartikel nachweisen. Auch hat Mikroplastik bereits Eingang in die Nahrungskette gefunden. Dies zeigen Untersuchungen an Meeresplankton, Meerespflanzen und Fischen. Die Erforschung und Bewertung des damit verbundenen Risikopotenzials für die Umwelt und die Gesundheit des Menschen hat gerade erst begonnen.

## • Schlüsselwerkstoff

(Quelle: PlasticsEurope Deutschland e. V., wenn nicht anders angegeben)

### Kunststoffe in Gebäude- und Bauanwendungen

Im Bausektor sind Kunststoffe in Form von Dach- und Dichtungsbahnen, Dämmungen, Bodenbelägen, Kabelisolierungen, Rohren, Fenstern und vielem mehr lange etabliert.



Vorteilhafte Eigenschaften:

- Langlebigkeit und Korrosionsbeständigkeit
- Gute Isolierungseigenschaften (Wärmedämmung, Lärmschutz)
- Einfache Installation und einfache Pflege

### Kunststoffe in der Mobilität und im Transport

Seit den 70-er Jahren ist die Verwendung von Kunststoffen in Flugzeugen von 4% auf etwa 50% gestiegen. In einem durchschnittlichen Auto sind 120 Kilogramm an Kunststoffen verbaut (etwa 15% seines Gesamtgewichts).

Vorteilhafte Eigenschaften:

- Kunststoffkomponenten wiegen nur die Hälfte vergleichbarer Komponenten aus anderen Materialien. Das verbessert die Treibstoffeffizienz um 25 bis 35%.
- z.B. 20 kg weniger CO<sub>2</sub>-Ausstoß pro kg eingesparten Gewicht im Laufe der Nutzungsdauer eines Autos



Kunststoffverwendung am Auto

(Quelle: <http://www.chemie-am-auto.de> ; Wirtschaftsgesellschaft des Kraftfahrzeuggewerbes mbH)

## Kunststoffe in elektrischen und elektronischen Anwendungen

In der Elektroindustrie werden Kunststoffe seit jeher als Isolationsmaterial und für die Gehäusekonstruktion eingesetzt. Neuere Entwicklungen führten zu elektrisch leitenden Polymeren, die für Akkumulatoren und elektronische Bauteile genutzt werden. In der Zukunft ist gar ein Ersatz der herkömmlichen teuren Silicium-Chips durch maßgeschneiderte Kunststoffe denkbar.<sup>8</sup>



<https://www.industriegehaeuse.de>



<http://www.lifcobuy.de>



<https://www.kabelscheune.de>

## Kunststoff in der Landwirtschaft

Kunststoffe spielen in der Landwirtschaft eine wesentliche Rolle. Auf Kunststoffen basierende landwirtschaftliche Systeme bieten in vielerlei Hinsicht effiziente Lösungen für den Anbau: So können Rohr- und Entwässerungssysteme aus Kunststoff zum Beispiel in trockenen Regionen die Bewässerungskosten um ein bis zwei Drittel senken und den Ernteertrag verdoppeln.

Ihre zunehmende Verwendung hat die Landwirte in die Lage versetzt, ihre Produktion und die Qualität zu erhöhen und dabei die Belastung unserer Umwelt und zu verringern. Der Anbau unter Folie ermöglicht höhere Erträge, frühere Ernten, einen verringerten Einsatz von Unkraut- und Schädlingsbekämpfungsmitteln, einen besseren Schutz der Lebensmittel und einen wirksameren Gewässerschutz.

Diese auf den ersten Blick sehr positive Einschätzung, besonders seitens der Kunststoffindustrie selbst, wäre zumindest teilweise zu hinterfragen. Die Nachteile und die möglichen Risiken, die durch eine intensive Landwirtschaft (z.B. Unterfolienanbau entstehen) müssten im Gegenzug bei einer vollumfänglichen Bewertung unbedingt berücksichtigt werden.



---

<sup>8</sup> <https://www.lernhelfer.de/schuelerlexikon/chemie-abitur/artikel/polymere-der-elektroindustrie>



Beispiele:

- Zuchttöpfe und Vermehrungskästen
- Kisten, Behälter und Kästen für Einbringung, Handhabung und Transport der Ernte
- Netze aus Polyethylen werden zum Schutz der Ernte vor Vögeln und Wild, zur Bodenstabilisierung in Hanglagen oder für Abzäunungen eingesetzt
- Bindematerial (Seile, Schnüre)
- Rohre und Schläuche aus PVC und Polyethylen für Wasserversorgung, Bewässerungssysteme und Drainage

### Kunststoffe in Medizinanwendungen

Die moderne Medizin greift auf zahlreiche kunststoffbasierte Produkte zurück – von der Einwegspritze über intravenöse Blutbeutel bis zu Herzklappen und vieles mehr.



### Kunststoffanwendungen im Sport und in der Freizeit

Vom Kunstrasen und den Laufbahnen in den Stadien, über Bälle, Schläger, Skier und andere Sportgeräte bis zu den Schuhen, Bekleidung und der Sicherheitsausrüstung reicht die Palette der Kunststoffanwendungen im modernen Sport sehr weit.





## Kunststoffverpackung

Seinen wirtschaftlichen Erfolg in der Verpackungsindustrie verdankt Kunststoff seiner Vielseitigkeit, die von der Folie bis zu festen Anwendungen reicht, ebenso wie dem leichten Gewicht, der Stabilität, den Barriere-Eigenschaften und der leichten Sterilisierbarkeit.



Kunststoffverpackungen haben weltweit den mit Abstand größten Anteil an den Kunststoffabfällen.

## Ökologisches Risiko

- **Rohstoffgewinnung**

Die Grundstoffe zur Herstellung von Kunststoffen werden größtenteils aus fossilen Kohlenwasserstoffen, vor allem Erdöl gewonnen. Steinkohle und Erdgas spielen als Ausgangsstoffe heute eine untergeordnete Rolle. Außerdem können nachwachsende Rohstoffe zur Produktion von Kunststoffen genutzt werden. Hierzu werden Biopolymere großtechnisch aus Kohlenhydraten, vor allem Stärke und Cellulose gewonnen. Ausgangspflanzen sind stärkehaltige Pflanzen wie Mais oder Zuckerrüben sowie Holz.

Für die Kunststoffherstellung werden „nur“ 4-6 % des jährlich geförderten Erdöls verwendet. Die Kunststoffindustrie hat damit aber dennoch ihren entsprechenden Anteil an den Umweltwirkungen bei Förderung, Transport und der Verarbeitung von Öl.

Maßgeblich für den massiven Anstieg von CO<sub>2</sub> in der Atmosphäre ist die Verbrennung von fossilen Brennstoffen. Die Verbrennung von Öl ist nach derjenigen von Kohle die zweitgrößte Quelle für die globalen CO<sub>2</sub> - Emissionen.

Auch Kunststoffe, die vornehmlich aus fossilem Erdöl hergestellt werden, und die nach dem sie zu Abfall geworden sind, heute noch hauptsächlich in Müllverbrennungsanlagen verbrannt oder als Ersatzbrennstoffe bei industriellen Feuerungen eingesetzt werden, tragen somit zum Anstieg des CO<sub>2</sub>-gehaltes bei.

Betrug die Weltproduktion von Erdöl um 1860 noch etwa 70.000 Tonnen, waren es 1870 bereits rund 1 Million Tonnen. In weniger als 100 Jahren hat sich diese Zahl vertausendfacht: 1960 erreichte sie rund 1 Milliarde Tonnen, 20 Jahre später sogar über 3,2 Milliarden Tonnen<sup>9</sup>. Die Folgen und Gefahren bei Förderung und Transport wurden lange Zeit nicht beachtet und in Kauf genommen. Durch die zunehmende Knappheit von Erdöl erhöht sich der Druck neue Lagerstätten zu erschließen und neue Fördertechniken zu entwickeln. Damit geraten besonders sensible Ökosysteme, die zum Teil durch Vereinbarungen und Moratorien bisher geschützt waren, in hohe Gefahr (Beispiel: Erschließung neuer Ölfelder in der Arktis). Neue Förderverfahren erlauben es auch, bisher nicht erreichbare Ölvorkommen zu erschließen. So werden beispielsweise Erdölquellen in bis zu 3000 m unter dem Meeresspiegel offshore erschlossen. Unfälle in solchen Wassertiefen haben bei den dort herrschenden Druckverhältnissen kaum absehbare und kaum behebbare Folgen. Im April 2010 ereignete sich im Golf von Mexiko ein Unfall, in dessen Folge aus dem Bohrloch der Plattform Deep Water Horizon Öl austrat. Es dauerte 87 Tage, bis die größte Ölkatastrophe der letzten Jahrzehnte gestoppt werden konnte. Etwa 4,9 Millionen Barrel Öl verschmutzten den Golf von Mexiko mit bis heute unabsehbaren ökologischen Folgen für Fauna und Flora. Die Ölpest kam nicht völlig unerwartet: Ein immer größerer Anteil der neu entdeckten Ölfelder befindet sich im Meer, v.a. im „Goldenen Dreieck“, also im Golf von Mexiko, vor Westafrika und vor Brasilien. Die Wassertiefen, in denen Öl gesucht und gefördert wird,

---

<sup>9</sup> Greenpeace *Erdöl – Gefahr für Umwelt, Klima, Menschen, 2002*

steigen mit den technischen Möglichkeiten. Damit steigen aber auch die Risiken, denn in 2.000 oder 3.000 m Tiefe ist das Material extremen Belastungen ausgesetzt. Bei Fehlern ist es sehr aufwendig und oftmals kurzfristig unmöglich, vor Ort einzugreifen.<sup>910</sup>

Oftmals haben die Ölkonzerne die Wahl zwischen technologisch schwierigen und riskanten Projekten in stabiler politischer Umgebung - oder aber technologisch einfacheren Projekten, die aber dafür in einem riskanten politischen Umfeld stattfinden. Der zweite Weg wird zunehmend schwieriger, da die großen Erdölfelder z.B. am persischen Golf oder in Russland fast ausschließlich von Staatskonzernen erschlossen werden. Neue Technologien und Organisationsformen ermöglichen die profitable Erschließung von Schiefergasen und -ölen (z.B. in den USA), von Tiefwasservorkommen und von Öl-Sanden (z.B. in Kanada).<sup>9</sup>

Jede Form der Erdölförderung ist mit Gefahren und Risiken für die Umwelt verbunden:

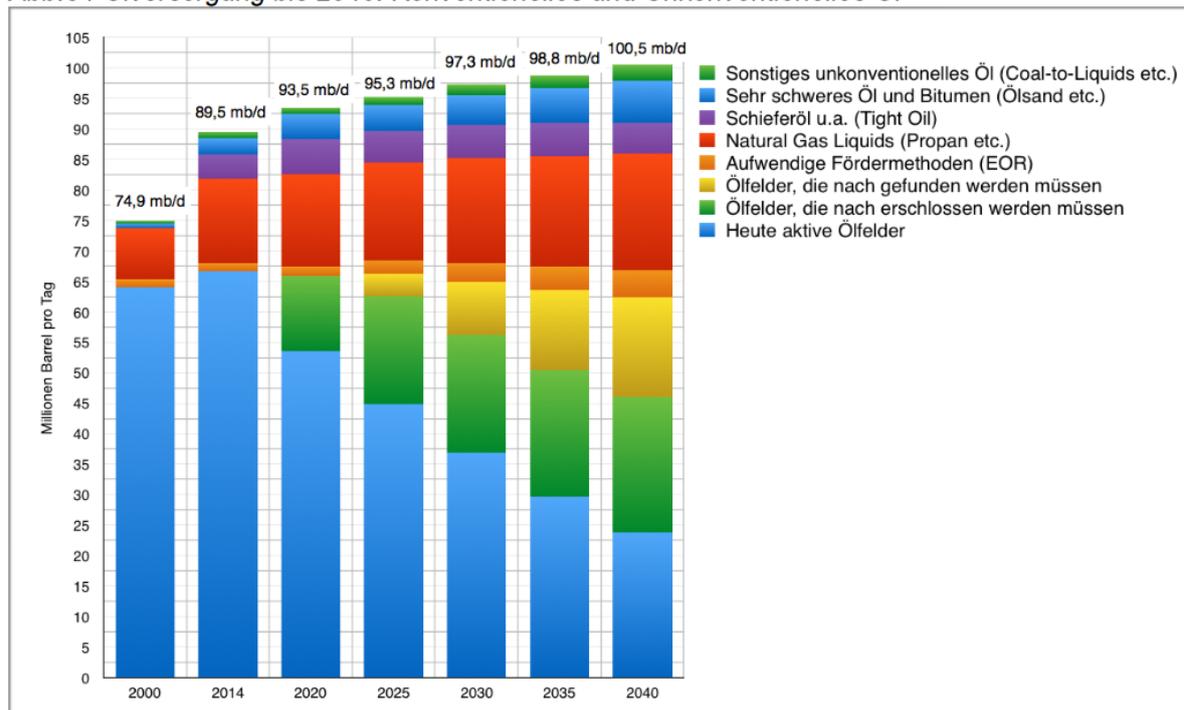
- Arktische Projekte bedrohen die Natur und Ökosysteme des hohen Nordens; Unfälle bergen unter den klimatischen Bedingungen besonders hohe Umweltrisiken
- Ölgewinnung aus Teersanden führt zu hohem Energie- und Ressourcenverbrauch
- Gas-to-Liquids-Technologie ist mit großen Energieverlusten verbunden
- Tiefseeprojekte bergen bei Unfällen sehr hohe Risiken
- Schiefergas und Schieferöl sind mit hohem Ressourcenverbrauch und Umweltrisiken durch Fracking verbunden

#### Umweltaspekte: Rohstoffgewinnung

Vollsynthetische Kunststoffe aus fossilen Kohlenwasserstoffen	Biobasierte Kunststoffe
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Risiken der Verschmutzung von Grundwasser, Böden, Flüssen und Meeren durch Erdölförderung und -transport</li> <li>- Gefährdung, Störung des ökologischen Gleichgewichtes durch Erschließung neuer Fördergebiete (Arktis, Tropischer Regenwald, Meere, ...)</li> <li>- Ca. 4-6 % des Erdöls wird zu petrochemischen Grundstoffen der Kunststoffindustrie verarbeitet</li> <li>- Emission von Klimagasen und gesundheitsschädlichen Abgasen bei Transport, Raffinierung und Weiterverarbeitung des Erdöls</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Umweltbeeinträchtigungen je nach Art und Weise des Anbaus, der Ernte und des Transportes der nachwachsenden Rohstoffe                         <ul style="list-style-type: none"> <li>• Intensivierung der Landnutzung (Dünger, Pestizide, Energieeinsatz)</li> <li>• Konkurrenz zur Lebensmittelproduktion</li> </ul> </li> <li>- Anbau gentechnisch veränderter Pflanzen</li> </ul>

<sup>10</sup> Greenpeace, Ölreport 2016

Abb.34 Ölversorgung bis 2040: Konventionelles und Unkonventionelles Öl



Quelle: EnergyComment (Datenquelle: IEA WEO 2015, Paris 2015)

### • Herstellung der Grundstoffe

Der Energieverbrauch der Raffinerien ist um ein Mehrfaches höher als der Energieeinsatz bei der Erschließung und Ausbeutung von Öl- oder Erdgasfeldern<sup>11</sup>.

In Raffinerien wird Erdöl durch die sogenannte fraktionierte Destillation in Komponenten verschiedener Siedebereiche aufgetrennt. Raffinerien sind komplexe Industrieanlagen, die aus vielen einzelnen Teilanlagen bestehen. Beim Betrieb der Raffinerien entstehen Emissionen in Luft und in Gewässer, deren Ausmaß von technischen und sonstigen Umweltschutzmaßnahmen abhängt.

#### **Emissionen in die Luft<sup>12</sup>**

Die relevantesten Emissionen in die Luft sind Staub, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> und Kohlenwasserstoffe.

Die Emissionen an Schwefeldioxid stammen aus Feuerungsanlagen und anderen Teilanlagen. Stickoxide entstammen im Wesentlichen den Feuerungsanlagen. Staub wird hauptsächlich aus Spaltanlagen und anderen spezifischen Anlagenteilen emittiert. Die wesentlichen Emissionen an Kohlenwasserstoffen (VOC) fallen im Prozessfeld<sup>13</sup> und im Tanklager an.

#### **Emissionen in Gewässer<sup>14</sup>**

<sup>11</sup> Greenpeace Erdöl – Gefahr für Umwelt, Klima, Menschen, 2002

<sup>12</sup> UBA <https://www.umweltbundesamt.de/raffinerien>

<sup>13</sup> Mit Prozessfeld wird ein Teil einer Raffinerie bezeichnet, in dem die Verarbeitungsanlagen zusammen gefasst sind.

<sup>14</sup> UBA <https://www.umweltbundesamt.de/raffinerien>

Anfall und Beschaffenheit von Abwasser aus der Erdölverarbeitung hängen von der Raffineriegröße, von der Art der Rohölverarbeitung und von den eingesetzten Rohölqualitäten sowie auch vom Alter einer Raffinerie ab.

Prozessabwässer (Kondensate) enthalten Kohlenwasserstoffe, Schwefelwasserstoff, Mercaptane, Phenole, Thiophenole, Ammoniumverbindungen, Cyanide, Naphtensäuren und Thiosulfate.

Direkte Kühlwässer, die bei der Gas- und Flüssigproduktkühlung anfallen, enthalten Kohlenwasserstoffe, Phenole, Schwefelverbindungen und Thiosulfate.

Wasch- und Sperrwässer (fallen bei der Rohölentsalzung, bei den physikalischen Trennverfahren, bei der chemischen Raffination und in den Fackelanlagen an) enthalten Kohlenwasserstoffe, Schwefelwasserstoff, Alkanolamine und andere Extraktionsmittel, Mercaptane, Ammoniumverbindungen sowie Säuren und Laugen.

Allen genannten Abwässern gemeinsam sind eine erhöhte Temperatur, der vom Neutralbereich abweichende pH-Wert, die Feststoffbelastung und eine deutliche Toxizität gegenüber Wasserorganismen.

Schwermetalle in den Abwässern der Erdölverarbeitung stammen aus den Begleitstoffen des Rohöles (vor allem Nickel, Vanadium und Kupfer) sowie aus eingesetzten Säuren, Laugen oder Waschflüssigkeiten (Blei, Kupfer). Quecksilber kann als Begleitstoff von Erdgas auftreten. Eisen stammt vor allem aus der Anlagenkorrosion.

Aufgrund ihrer Zusammensetzung und strengen gesetzlichen Anforderungen an den Schadstoffgehalt müssen (zumindest in der EU) die Abwässer in Aufbereitungsanlagen behandelt werden, deren Komplexität was die Anzahl der Prozessstufen und Teilanlagen betrifft nicht der Raffinerie selbst nachsteht.

- **Polymerproduktion**

Ausgangsprodukte zur Herstellung der großen Vielzahl von Kunststoffen sind Polymere, die größtenteils von der petrochemischen Industrie aus den in den Raffinerien erzeugten Erdöl-Derivaten gewonnen werden.

Der Energieverbrauch für 1 Tonne Produkt ist in der Petrochemie etwa doppelt so hoch wie in Raffinerien<sup>15</sup>.

Die Polymerindustrie stellt eine Vielzahl von Basiserzeugnissen her, die von Massenware bis zu hochwertigen Materialien reichen.<sup>16</sup>

Die Chemie der Polymerherstellung besteht aus drei grundlegenden Reaktionstypen - Polymerisation, Polykondensation und Polyaddition – und es gibt auch nur wenige Vorgänge/Prozesse: die Aufbereitung, die Reaktion selbst und die Abtrennung von

---

<sup>15</sup> Greenpeace Erdöl – Gefahr für Umwelt, Klima, Menschen, 2002

<sup>16</sup> Umweltbundesamt (German Federal Environmental Agency) National Focal Point – IPPC; „Integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung Referenzdokument über die besten verfügbaren Techniken für die Herstellung von Polymeren“ Oktober 2006

Produkten. In vielen Fällen sind Kälte, Wärme, Vakuum oder Druck erforderlich. Für die unvermeidlichen Abfälle werden Rückgewinnungs- oder Minderungssysteme eingesetzt; der verbleibende Abfall wird entsorgt.

Die Polymerindustrie belastet die Umwelt im Wesentlichen durch die Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen, teilweise durch Abwässer, die stark mit organischen Verbindungen belastet sein können, oder durch einen relativ hohen Lösemittelverbrauch, den hohen Anteil nicht rückführbarer Abfälle sowie den Energiebedarf. Wegen der Vielfältigkeit des Sektors und des breiten Spektrums an produzierten Polymeren ist es schwierig die Emissions- und Verbrauchsdaten und daraus resultierende Umweltbelastungen exakt zu quantifizieren.

- **Kunststoffverwendung**

Die Verwendung von Kunststoffen führt zu Umweltbeeinträchtigungen. Hierzu wird an dieser Stelle **nicht der Kunststoffabfall** gerechnet, der streng genommen letztlich auch aus der Verwendung von Kunststoffen resultiert, sondern nur die **Freisetzung von Kunststoffen oder ihren Bestandteilen beim Gebrauch von Plastikprodukten**. Die Folgen des Kunststoffabfalls werden gesondert unter dem folgenden Punkt behandelt.

Die bestimmungsgemäße Nutzung von Kunststoffen kann auf folgende Arten Auswirkungen auf die Umwelt haben:

- Geplanter oder zumindest akzeptierte/tolerierter Eintragungsweg in die Umwelt: Kunststoffpartikel in Kosmetika, Wasch- und Reinigungsmittel sowie Medikamenten gelangen ins Abwasser; sich abnutzende Plastikfäden als Messerersatz in Mähgeräten; Teile von Spielgeräten verbleiben in der Umwelt („Munition“ für Spielzeugpistolen, Luftballons, etc.)
- Textilien aus Kunststoffen setzen beim Waschen oder bei mechanischer Beanspruchung Fasern frei, die mit dem Abwasser in Vorfluter gelangen oder einfach in die Umgebung abgegeben werden
- Kunststoffe in Farben, Lacken und Beschichtungen werden durch Abrieb oder die Einwirkung von UV-Licht freigesetzt
- Die mechanische Beanspruchung von Produkten aus Kunststoffen führt zu Abrieb. Beispiele für einen solchen Eintragungsweg in die Umwelt sind der Reifenabrieb von Fahrzeugen oder das Verwehen von Folienteilchen (Mulchfolien, Folientunnels, Gewächshäuser) aus der Landwirtschaft.
- Gasförmige Freisetzung (Ausdünstung) von Inhaltsstoffen aus Kunststoffprodukten
- Generell ist in bestimmten Anwendungsfeldern zu beachten, dass die billige, einfache und kostengünstige Verwendung dazu führt, dass Kunststoff überhaupt oder in größeren Menge für diskussionswürdige Zwecke produziert wird (Stichwort Einweggeschirr, Einweghandschuhe, Werbeartikel, Miniportionsverpackungen, ...).

In einer von der EU-Kommission beauftragten Studie<sup>17</sup> betreffend die Entwicklung von Maßnahmen zur Reduzierung bestimmter Eintragungspfade von Abfällen ins Meer, wurde der

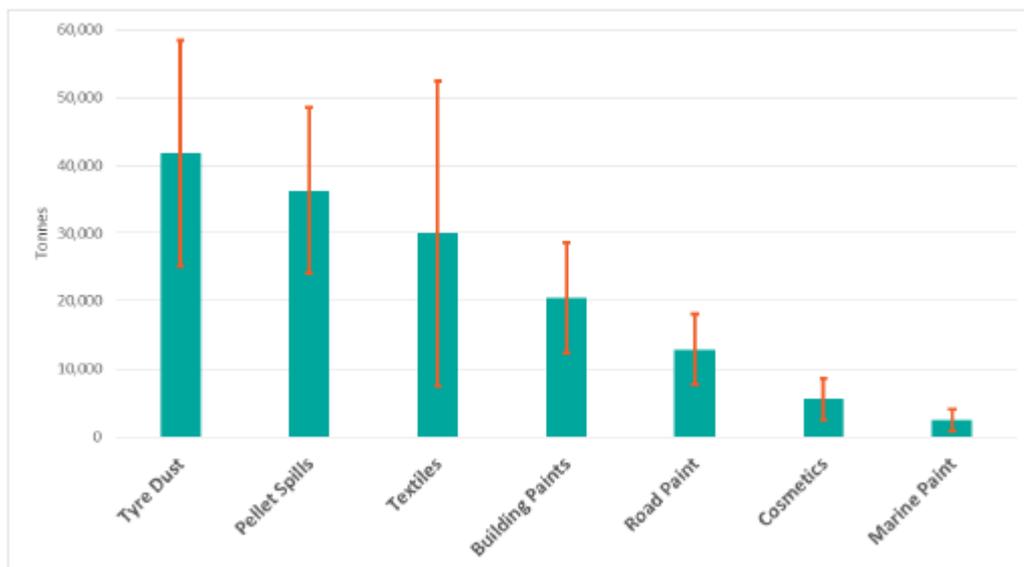
---

<sup>17</sup> *Eunomia, Study to support the development of measures to combat a range of marine litter sources- Report for European Commission DG Environment, 2016*

Eintrag von primären Mikroplastik geschätzt. Dabei wurden insbesondere folgende Quellen, die aus der bewussten Nutzung von Kunststoffen resultieren genannt:

- Reifenabrieb
- Plastikpellets aus der Kunststoffverarbeitung
- Textilien aus Kunstfasern
- Gebäudeanstriche
- Straßenmarkierungen
- Kosmetika
- Anstriche von Schiffen und marinen Anlagen und Bauwerken

Figure 45 – Annual Microplastic Emissions to the Marine Environment: Estimates for Europe



### • Kunststoffabfall

Kunststoffabfall wird spätestens nachdem zahlreiche Studien die mit ihm verbundenen Auswirkungen und seine potenziellen Risiken dokumentiert haben als eine große Gefahr für die Umwelt und die Gesundheit des Menschen angesehen, die von manchen Wissenschaftlern als ebenso so groß wie die Bedrohung des Ökosystems Erde durch den Klimawandel angesehen wird<sup>18</sup>.

Angesichts der Dimension und Dringlichkeit des Problems ist ein schnelles international koordiniertes Gegensteuern erforderlich. Die EU-Kommission entwickelt in ihrer Anfang 2018 vorgelegten Plastikstrategie Lösungswege und schlägt Maßnahmen vor, die sie gemeinsam mit den Mitgliedsstaaten und der Industrie umsetzen will. Bei der UN Umweltversammlung (United Nations Environment Assembly) unterzeichneten über 200 Länder eine Resolution zur Bekämpfung des Plastikmülls in den Ozeanen. Obwohl die Resolution rechtlich nicht bindend ist, könnte sie den Weg für völkerrechtlich verbindliche Vereinbarungen ebnet.

<sup>18</sup> Institut der deutschen Wirtschaft (IWD), 2017; <https://www.iwd.de/artikel/das-plastik-problem-368426>

Roland Geyer et al. berechneten in einer Studie<sup>19</sup>, dass seit 1950 bis 2017 weltweit insgesamt 8,3 Milliarden Tonnen Kunststoffe produziert wurden. Bis 2015 fielen hiervon 6,3 Milliarden Tonnen als Abfall an, von denen wiederum 9 % recycelt, 12 % verbrannt und 79 % entweder deponiert wurden oder in die Umwelt gelangten. Wenn die heutigen Trends bei Produktion und Abfallwirtschaft anhalten, wird für 2050 mit aufsummiert 12 Milliarden Kunststoffen auf Deponien und in der Natur gerechnet

Allein für das Jahr 2010 wurde ein Eintrag von 4 bis 12 Millionen Tonnen Plastik in die Weltmeere geschätzt. Untersuchungen zeigen auch eine zunehmende Verschmutzung von Flusssystemen und Seen sowie Landökosystemen. Plastik ist heute so allgegenwärtig, dass bereits diskutiert wird, es als geologischen Indikator für die Epoche des Anthropozens zu verwenden.

Zwischen 1950 und 2015 betrug die jährliche Wachstumsrate der Kunststoffproduktion bei 8,4 %. Damit lag sie um das 2,5fache über der Wachstumsrate des globalen Bruttoinlandsprodukts in dieser Zeitspanne.

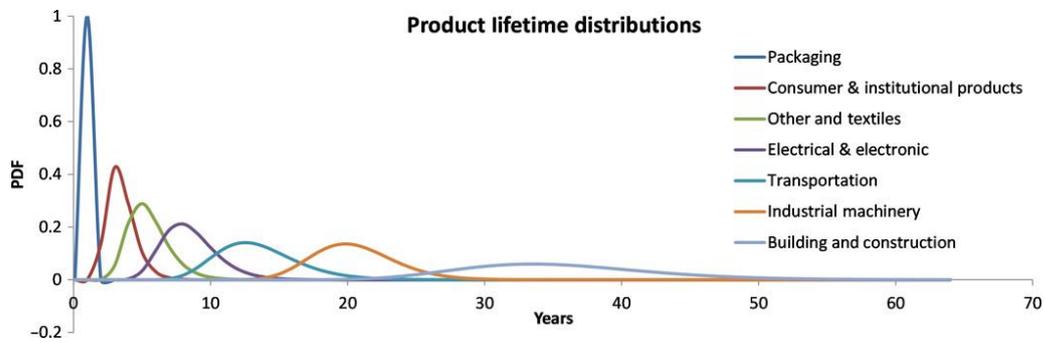
Verpackungen und andere kurzlebige Verbrauchs- und Gebrauchsgüter aus Kunststoffen fallen schon nach kurzen Nutzungsphasen (< ein Jahr bis wenige Jahre) als Abfall an. Kunststoffe im Baubereich, im Fahrzeugbau und im Elektro-/Elektronikbereich haben eine längere Produktlebenszeit. Sie stellen eine Art „Zwischenlager“ für Kunststoff dar, der erst mit Verzögerung zu Abfall wird.

Für 2015 ermittelte Geyer, dass 407 Millionen Tonnen Primärplastik in den Wirtschaftskreislauf gelangten und 302 Millionen Tonnen als Abfall wieder herausfielen. Die Differenzmenge erhöhte die Menge an Kunststoffen, die im (längerfristigen) Gebrauch (in-use stock) sind.

---

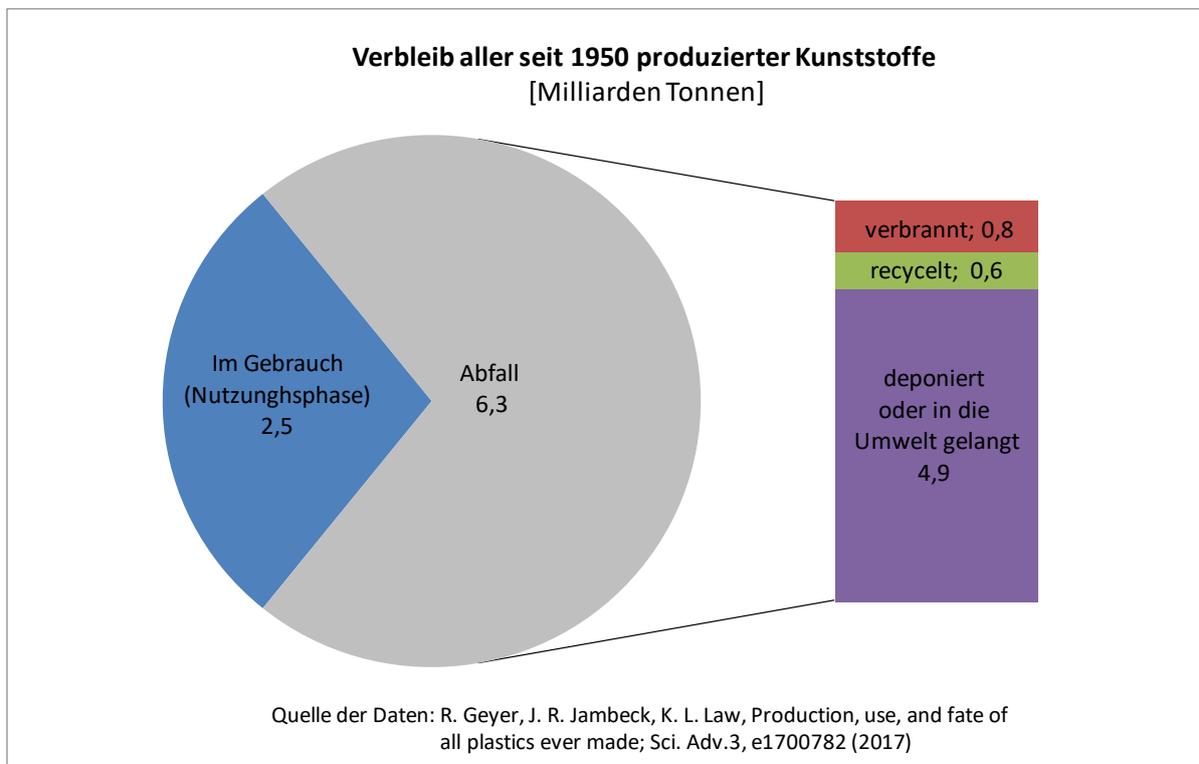
<sup>19</sup>:R. Geyer, J. R. Jambeck, K. L. Law, *Production, use, and fate of all plastics ever made; Sci. Adv.*3, e1700782 (2017)

**Fig. 1 Product lifetime distributions for the eight industrial use sectors plotted as log-normal probability distribution functions (PDF).**



Roland Geyer et al. Sci Adv 2017;3:e1700782

ScienceAdvances  
MAAS



## **Verbrennung von Kunststoffabfall**

Die Verbrennung oder die rohstoffliche Verwertung von Kunststoffen, z.B. mittels Pyrolyse, sind die einzigen Behandlungsverfahren, die stabile Kunststoffe kurz- bis mittelfristig aus dem Stoffkreislauf entziehen können. Die Deponierung stellt im Grunde nur eine Zwischenlagerung dar. Das Recycling von Kunststoffen bietet einerseits zwar die Chance die Materialproduktivität zu erhöhen und die Neuproduktion von primären Kunststoffen und von Kunststoffabfällen zu verringern. Andererseits werden auch Kunststoffe aus Sekundärplastik nach Erfüllung ihres Nutzungszweckes wieder Abfall. Unter diesem Gesichtspunkt hat Recycling nur eine aufschiebende Wirkung beim Anfall von Kunststoffabfällen. Dennoch kann hochwertiges Recycling auf Basis neu designter „intelligenter“ Kunststoffe und eines entsprechenden Auf- und Ausbaus der Erfassungs- und Verwertungsinfrastrukturen in Zukunft zu einem deutlichen Rückgang der Kunststoffherstellung und des Abfalls führen. Einen relevanten Beitrag zur Verringerung des bereits in der Umwelt akkumulierten Kunststoff kann es kaum leisten.

Recycling von Kunststoffen, soweit es technische und Umweltstandards einhält, spart Energie und Ressourcen gegenüber einer Neuproduktion ein. Es trägt so zu einer Verringerung der Umweltbelastungen durch Kunststoff bei.

Art und Ausmaß der Auswirkungen der geregelten Abfallverbrennung in technischen Anlagen auf Umwelt und Gesundheit hängen wesentlich vom technischen Standard und dem ordnungsgemäßen Betrieb der Anlagen ab. In Europa müssen die Verbrennungsanlagen bzw. industrielle Feuerung, die Ersatzbrennstoffe aus Abfall nutzen dürfen, strenge Normen erfüllen. Zu diesem Zweck müssen sie mit Reinigungsanlagen ausgestattet sein, die die sichere Elimination der Schadstoffe aus dem Abfall garantieren. Die Rückstände der Abgasreinigung (wie Filterstäube und Salze aus den Rauchgaswaschanalgen) sind teilweise hoch mit Schadstoffen belastet. Sie werden in speziellen Deponien meist untertage endgelagert und überwacht. Die Rückstände der Reinigungsanlage der einzigen luxemburgischen MVA (Müllverbrennungsanlage) werden aktuell in Salzbergwerken in Deutschland eingelagert.

Moderne Müllverbrennungsanlagen verfügen über Blockheizkraftwerke, die die Verbrennungsenergie zur Strom- und Wärmeerzeugung nutzen. Auf diese Weise wird die in den Kunststoffen steckende Energie genutzt. Da die Kunststoffe, bis auf einen sehr geringen Anteil, aus fossilen Rohstoffen hergestellt werden, führt ihre Verbrennung zur Freisetzung von klimarelevantem CO<sub>2</sub>.

Die Verbrennung von Kunststoffen setzt eine große Menge an toxischen Gasen frei. Bei Unglücken (Wohnungs-, Fahrzeug- oder Industrieanlagenbrände) oder beim absichtlichen Verbrennen an der freien Luft oder in Feuerstellen ohne Abgasreinigung werden diese emittiert und reichern sich in der Umwelt an.

Wie bei allen organischen Stoffen entstehen beim Brand von Kunststoffen überwiegend Kohlendioxid, Kohlenmonoxid, Ruß und Wasser (Dampf). Kunststoffe können - quasi in Umkehrung ihrer Herstellung - depolymerisieren oder pyrolytisch zersetzt werden, so dass neben dem brennbaren Gas Kohlenmonoxid auch andere brennbare Gase entstehen<sup>20</sup>.

---

<sup>20</sup> VdS Schadenverhütung GmbH; *Kunststoffe - Eigenschaften, Brandverhalten, Brandgefahren*; Herausgeber: Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. (GDV)

Darüber hinaus können, aufgrund der spezifischen chemischen Zusammensetzung bestimmter Kunststoffgruppen und der großen Vielzahl der in den einzelnen Produkten verwendeten Zusatzstoffen (Additive wie Farbstoffe, Brandhemmer, Weichmacher, Härter u.v.m.), spezifische Zersetzungs- und Brandfolgeprodukte entstehen.

Kunststoff (Kurzzeichen, vgl. Tabelle 1)	CO (toxisch / brennbar), CO <sub>2</sub> (toxisch)	HCl, HF (korrosiv / toxisch)	HCN (toxisch / brennbar)	PAK (toxisch / brennbar)	PHDD/PHDF (toxisch)	stark rußend
PE	#					
PP	#					
PS	#			(#)		#
PVC (hart u. weich)	#	##		(#)	(#)	
PU	#		##	(#)		
PA	#		##			
PC	#					
PTFE	#	##				
POM	#					
ABS	#		##			#
PETP	#			(#)		
PMMA	#					
PF	#					
UP	#					
SI	#					
Buna	#			(#)		#
Chlorkautschuk	#	##			(#)	

CO = Kohlenmonoxid; CO<sub>2</sub> = Kohlendioxid; HCl = Salzsäure, Chlorwasserstoff; HF = Fluorwasserstoff; HCN = Blausäure, Cyanwasserstoff; PAK = polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe; PCDD = polychlorierte Dibenzodioxine; PCDF = polychlorierte Dibenzofurane  
 (#) Bildung des Schadstoffes in kleinen Mengen möglich  
 # Bildung des Schadstoffes sehr wahrscheinlich  
 ## Bildung des Schadstoffes in größeren Mengen zu erwarten

**Tabelle 6:** Mögliche Bildung von toxischen oder umweltgefährdenden Brandfolgeprodukten aus Kunststoffen (ohne Zuschlagstoffe)

Quelle: VdS Schadenverhütung GmbH; Kunststoffe - Eigenschaften, Brandverhalten, Brandgefahren

## Recycling

Die Vielfalt der Kunststoffsorten erschwert ihr Recycling. Voraussetzung für eine hochwertige stoffliche Verwertung ist eine sortenreine Trennung nach Kunststoffarten.

Recycling macht allgemein nur Sinn, wenn aus den Sekundärrohstoffen hochwertige Produkte hergestellt werden können, für die es eine Marktnachfrage gibt. Außerdem dürfen Recyclingverfahren nicht umweltgefährdend sein oder die Gesundheit des Menschen beeinträchtigen. Gleiches gilt für die gewonnenen Rezyklate. Nicht zuletzt steht das Recycling in Konkurrenz zur Primärproduktion von Kunststoffen. Übersteigen die Kosten für Erfassung, Transport, Trennung und Aufbereitung von Kunststoffabfällen die Kosten für Primärrohstoffe ist die stoffliche Verwertung wirtschaftlich kaum möglich.

## Beispiel Textilien

Ein Großteil der getrennt eingesammelten PET-Getränkeflaschen wird heute zur Fasergewinnung genutzt. Die Fasern aus PET und anderen Kunststoffarten finden z. B. in der Textilindustrie Verwendung.

Ökologische Vorteile bringt dieser Art des Recyclings allerdings nur unter bestimmten Voraussetzungen:

- Die Klimabilanz muss gegenüber der Herstellung von Kleidung aus Primärfasern positiv ausfallen. Dies könnte bei Verarbeitung der Abfälle in weit entfernten Ländern infolge des Energiebedarfs für den Transport oder je nach erforderlichem Aufwand für die sortenreine Trennung des Ausgangsmaterials nicht der Fall sein.
- Die gewonnenen Textilien dürfen nicht durch die Freisetzung von Fasern zu einem Eintrag von Mikroplastik in die Umwelt beitragen.
- Die Verarbeitung der Kunststoffe und die Gewinnung der Fasern müssen mittels umweltverträglicher Verfahren erfolgen

Tabelle 7: Tabellarische Darstellung der Quellen von primären und sekundären Mikropartikeln aus Kunststoff in Deutschland (Quelle: Eigene Darstellung)

Quellen von Mikropartikeln aus Kunststoff in Deutschland	Quantifizierung der Quellen in Tonnen Mikropartikel pro Jahr
<b>Primäre Mikropartikel</b>	
▪ Kosmetische Produkte	500
▪ Wasch-, Reinigungs- und Pflegemittel im Gewerbe und der Industrie	< 100
▪ Strahlmittel zum Entgraten von Oberflächen	< 100
▪ Mikronisierte Kunststoffwachse in technischen Anwendungen	100.000
<b>Sekundäre Mikropartikel</b>	
▪ Fragmentierung von Kunststoffabfällen	unbekannt
▪ Synthetische Chemiefasern aus Kleidungsstücken und sonstigen Textilien	80 bis 400
▪ Verlust von Pellets in der Herstellung und Weiterverarbeitung von Kunststoffen	21.000 bis 210.000
▪ Reifenabrieb	60.000 bis 111.000

Quelle<sup>21</sup>:

<sup>21</sup> nova-Institut GmbH et al im Auftrag des deutschen Umweltbundesamtes; Quellen für Mikroplastik mit Relevanz für den Meeresschutz in Deutschland; 2014

## Beispiel China

2018 hat die chinesische Regierung den Import von Altplastik aus aller Welt gestoppt. Unsortierte Plastikabfälle werden ab sofort nicht mehr von China importiert, ab März gilt das auch für sortierte Plastikabfälle. Bisher gingen jährlich über sieben Millionen Tonnen Plastikmüll über die chinesische Grenze, davon ein großer Teil aus der EU. Damit wurde ein beachtlicher Anteil des zu recycelnden Verpackungsabfalls von der europäischen Entsorgungswirtschaft nach China exportiert<sup>22</sup>.

Die Begründung der Chinesen für den Importstopp lautete: Die Plastikabfälle seien übermäßig verschmutzt und gefährlich. An die Welthandelsorganisation (WTO) schrieb die Regierung, man wolle die Umwelt und die Gesundheit der Menschen schützen. Die Branche sucht als Reaktion hierauf alternative Abnehmer in anderen asiatischen Staaten wie Vietnam, Malaysia oder Thailand.<sup>23</sup>

In China wurden die Kunststoffabfälle bisher oft konzentriert in bestimmten Regionen weiterarbeitet. Das Waschen, Sortieren, Einschmelzen und die Pelletierung erfolgt in kleinen privaten Betrieben ohne spezifische Umweltschutzmaßnahmen. Folgen waren verschmutztes Grundwasser, belastete Flüsse und hoch belastete Abgasemissionen im Umfeld dieser „Kunststoffrecycler“. Eine Verlagerung der Exporte aus der EU und anderen Industriestaaten in andere Länder der Region würden die Probleme nur verschieben, nicht aber entschärfen, zumindest solange dort nicht grundsätzlich höhere Umweltstandards eingehalten würden.<sup>24</sup>

## Beispiel: „Elektro-/Elektronikschrottreycling“

Trotz strenger gesetzlicher Vorgaben für ein ordnungsgemäßes Recycling von Elektro- und Elektronikaltgeräten in der EU gelangen große Mengen von ihnen in sog. „ärmere“ Länder. Dort werden sie zum Teil repariert und weitergenutzt. Nicht mehr zu gebrauchende Geräte werden aber häufig mittels Methoden, die extrem umweltbelastend und zu lokal bis regional zu gravierenden Gesundheitsschäden in der Bevölkerung und Umweltschäden führen, „weiterverwertet“, analog zur vorgenannten Situation in China. Z.B. werden die Kunststoffgehäuse und -bauteile von den Geräten auf offenen Feuern verbrannt, um an die Metallbestandteile zu gelangen.

Zu betonen ist, dass diese Art der „Verwertung“ in keiner Weise dem fortschrittlichen Konzept der Rückführung und Behandlung von Elektro-/Elektronikschrott in Europa entspricht. Defizite werden nicht bei dem Konzept selbst sondern bei dessen Umsetzung und der Kontrolle von Vorgaben gesehen.

---

<sup>22</sup> NABU: Chinas Importstopp von Plastikabfall ist ökologische Chance für Deutschland in <https://www.presseportal.de/pm/6347/3832012>, Januar 2018

<sup>23</sup> Zeit Online, Müllexporte nach China: Die Weltmüllkippe schließt; Januar 2018

<sup>24</sup> Albert Knechtel, Nanje Teuscher; Plastik überall; Dokumentarfilm ZDF, 2017

## Deponierung

Weltweit gelangt der größte Teil der Kunststoffe, die im Rahmen von Sammelsystemen erfasst werden auf Deponien. Der technische Standard dieser Ablagerungsplätze ist sehr unterschiedlich.

Allen gemeinsam ist aber, dass die Kunststoffe dem Wirtschaftskreislauf entzogen werden. Sie stehen nicht mehr als Sekundärrohstoff für ein Recycling zur Verfügung. Auch wird ihr Energiegehalt nicht zur Strom- und Wärmeerzeugung durch Verbrennung in modernen Anlagen mit Abgasreinigung genutzt.

In Europa werden fast 30 % aller eingesammelten Kunststoffabfälle deponiert, wobei dieser Anteil von Land von Land sehr unterschiedlich ist. Die Spanne reicht von 0 % Deponierung bis über 50%.

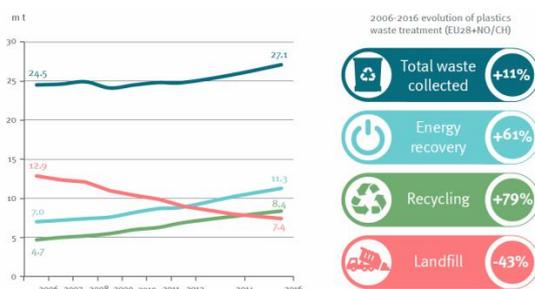
In den meisten anderen Ländern mit nicht geregelter Abfallentsorgung wird wesentlich mehr Kunststoffabfall auf Deponien verbracht. Je nach Ausführung und Betrieb stellen diese Deponien ein hohes Risiko für die Gesundheit des Menschen und die Umwelt dar.

Während auf „geregelten“ Deponien die möglichen Gefahren durch technische Maßnahmen (z.B. Abdichtungen, Gasfassung) und einen geordneten Betrieb (z.B. Kontrolle der Ablagerungen, systematischer Einbau und Abdeckung des Mülls) entschärft werden, können „ungeregelte“ Ablagerungsplätzen zur Verschmutzung von Boden, Grund- und Oberflächenwasser, zu Emissionen in die Luft und zur Ausbreitung von Keimen und Krankheiten führen.



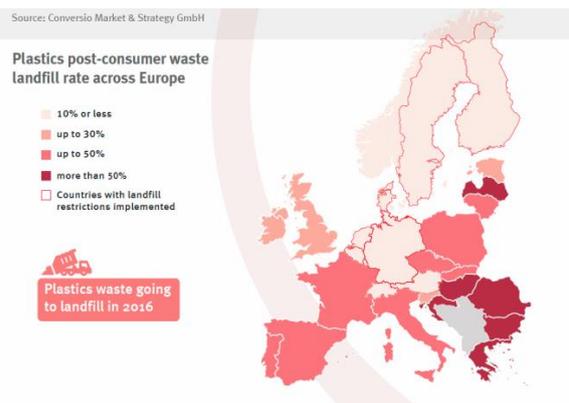
Behandlung der Kunststoffabfälle in der EU 28 + Norwegen und Schweiz

Quelle: Plastics Europe, Plastics -the facts 2017



Entwicklung der Behandlung von Kunststoffabfälle in der EU 28 + Norwegen und Schweiz

Quelle: Plastics Europe, Plastics -the facts 2017



Anteil des deponierten Kunststoffabfalls in der EU 28 + Norwegen und Schweiz

Quelle: *Plastics Europe, Plastics -the facts 2017*

Die Weltbank untersucht in einem Bericht von 2012 die Situation der Erfassung und Behandlung von festen Siedlungsabfällen<sup>25</sup>. Dabei konnte sie in den 95 näher betrachteten Ländern einen Zusammenhang zwischen dem Einkommensniveau und der Abfallbehandlung feststellen:

- Je höher das durchschnittliche Einkommen in einem Land ist, desto systematischer werden Abfälle eingesammelt. In den reichen Ländern werden hohe Anschlussgrade der Privathaushalte an die organisierte Müllabfuhr erreicht. Die erfassten Abfälle werden größtenteils in dem Stand der Technik entsprechenden Anlagen mit Schutzmaßnahmen für die Umwelt und Gesundheit behandelt.  
Bezüglich des Standards der Abfalldeponierung in diesen Ländern resümiert der Bericht der Weltbank: Kontrollierte Müllablagerung auf Deponien, die über Abdichtungssysteme mit Leckagedetektoren, Sammel- und Behandlungsanlagen für Abwasser und Deponiegas verfügen; die Neueinrichtung neuer Deponien ist allerdings schwierig, da sie auf den Widerstand von Anwohnern stößt; nach Schließung der Deponien erfolgt oft eine weitere Nutzung der Flächen z.B. als Industriestandort oder Parkanlage.
- In den ärmsten Ländern erreichen geregelte Erfassungssysteme nur geringe Anschlussgrade. Die erfassten Abfälle werden teilweise vollständig auf offenen Deponien ohne jeglichen technischen Umweltschutzmaßnahmen abgelagert<sup>26</sup>. Der Weltbankbericht charakterisiert die Müllablagerung in diesen Ländern wie folgt: Ablagerung auf Flächen mit unzureichender technischer Niveau (low technology sites) und in der Regel offen; starke Verschmutzung des Grundwasser und nahe gelegener Wasserkörper und Siedlungen; die Ablagerungen enthalten häufig giftige und hygienisch bedenkliche (medizinische) Abfälle; die Abfälle werden zudem häufig regelmäßig offen verbrannt; deutliche Beeinträchtigung der Gesundheitsschäden bei Anwohnern und Deponiearbeitern
- Länder mit mittlerem Einkommen nehmen bezüglich der Abfallerfassung und -behandlung eine Zwischenstellung ein. Im Bericht der Weltbank heißt es:

<sup>25</sup> Schriftenreihe der Weltbank: *Urban Development Series, Knowledge papers, No. 15; What a waste - A Global Review of Solid Waste Management, 2012*

<sup>26</sup> University of Leeds et al.; *Waste Atlas™*; <http://www.atlas.d-waste.com/>

Es gibt einige kontrollierte und geregelte Deponien, gleichzeitig ist die offene Ablagerung aber noch verbreitet; CDM-Projekte<sup>27</sup> z.B. zur Fassung und Nutzung von Deponiegas finden sich vielerorts auf geregelten Deponien

Für 81 Länder wurden Angaben zur Art der Abfallbehandlung gemacht. Demnach wurde den Ländern hohem Einkommen praktisch keine Abfälle auf unregulierten Deponien (Dumps) abgelagert. In Ländern mit mittlerem und niedrigem Einkommensniveau hatte diese Art der Entsorgung hingegen einen deutlichen Anteil an den Behandlungsverfahren der erfassten Abfälle.

**ANNEX K (continued)**  
MSW Collection Rates by Country

Summary by Income Level			
Income Level	Number of Countries Included	MSW Collection (%)	
		Lower Limit	Upper Limit
Lower Income	13	10.62	55.00
Lower Middle Income	20	50.20	95+
Upper Middle Income	27	50.00	100.00
High Income	35	76.00	100.00
Total	95		

Geregelte Abfallerfassung in Ländern mit unterschiedlichem Einkommensniveau

Quelle: Weltbank

Summary by Region			
Region	Number of Countries Included	MSW Collection (%)	
		Lower Limit	Upper Limit
AFR	12	17.70	55.00
EAP	6	60.00	100.00
ECA	12	50.00	100.00
LCR	28	10.62	100.00
MENA	10	55.60	95+
OECD	26	76.00	100.00
SAR	1	94.00	
Total	95		

## Anreicherung in der Natur

Unter Anreicherung in der Natur wird hier der Eintrag von Kunststoffen in alle Umweltmedien und in die Nahrungskette verstanden.

Es erscheint zweckmäßig zwischen Makroplastik und Mikroplastik sowie weiterhin danach zu unterscheiden, ob die Freisetzung von Kunststoffen während ihrer Nutzungs-/Anwendungsphase geschieht oder ob der Eintrag nach deren Ende erfolgt.

<sup>27</sup> Clean Development Mechanism (CDM): Industriestaaten oder deren Unternehmen können in Entwicklungsländern CDM-Projekte, d.h. also Maßnahmen zur Verringerung der Freisetzung von Treibhausgasen finanzieren, durchführen oder unterstützen. Für die dadurch eingesparten Treibhausgas-Emissionen erhalten die Investoren Emissionszertifikate, wenn das Projekt beim UN-Klimasekretariat angemeldet und nach Prüfung anerkannt wird.

### **Mikro- und Makroplastik**

Die Differenzierung von Makro- und Mikroplastik ist deshalb sinnvoll, weil sichtbares Plastik und mit dem bloßen Auge nicht oder kaum mehr erkennbares Plastik jeweils **spezifische Auswirkungen in der Umwelt** haben.

Sichtbare Kunststoffe, deren Teilchengröße mehr als 5 mm beträgt, werden als **Makroplastik** bezeichnet. Kleinere Plastikstücke werden als **Mikroplastik** bezeichnet.

Es gibt **zwei Arten von Mikroplastik: Primäres und Sekundäres**

Zum **primären Mikroplastik** gehören Kunststoffe, **die in kleiner und kleinster Partikelgröße hergestellt werden** und in dieser Form ihren Verwendungszweck erfüllen. **Sekundäres Mikroplastik** entsteht durch physikalische, biologische und chemische Degradation (Zerfall) von Makroplastikteilen.

Beispiele für primäres Mikroplastik sind<sup>28</sup>:

- Plastikpellets (=Basispellets), die das Grundmaterial für die Plastikproduktion darstellen
- Granulate in Kosmetik und Hygieneprodukten, wie Peelings, Zahnpasta, Handwaschmittel
- Mikroskopische Partikel, die in Reinigungsstrahlern, zum Beispiel auf Werften eingesetzt werden oder in der Medizin als Vektor für Wirkstoffe von Arzneien Anwendung finden
- Fasern, bis zu 2.000 Kunstfasern aus Fleece-Kleidungsstücken, einem Velourstoff, der meist aus Polyester oder Polyacryl besteht, gelangen pro Waschgang in Fließgewässer, da sie von den Klärwerken nicht zurückgehalten werden können.

Beispiele für Entstehungswege von sekundärem Mikroplastik sind<sup>29</sup>:

- Abrieb von Kunststoffen bei mechanischer Beanspruchung, z.B. Reifenabrieb, Mähfäden aus Plastik
- Abbau von oxoabbaubaren Kunststoffen
- Abbau von biologisch abbaubaren Kunststoffen
- Zerfall von Folien (z.B. in der Landwirtschaft) durch Witterungseinflüsse und UV-Licht in immer kleinere Partikel
- Zerfall von Plastikteilchen durch Wind, Wellengang und UV-Licht im Meer

### **Produktrückstände und Kunststoffabfall**

Eine Unterscheidung der Kunststoffe in der Umwelt danach, ob sie **während einer bestimmungsgemäße Verwendung** oder **nach Erfüllung ihres Verwendungszweckes** als Abfall im eigentlichen Sinne entstehen, ist aus Sicht des Autors hinsichtlich der Entwicklung und Umsetzung von Maßnahmen zur Minimierung der Kunststoffanreicherung in der Natur sinnvoll.

---

<sup>28</sup> <https://www.umweltbundesamt.de/service/uba-fragen/was-ist-mikroplastik>

<sup>29</sup> <https://www.umweltbundesamt.de/service/uba-fragen/was-ist-mikroplastik>

Kunststoffe, die durch ordnungs- und bestimmungsgemäße Nutzung von Produkten in die Umwelt gelangen sind Rückstände, deren Eintrag und Anreicherung nicht unbedingt beabsichtigt ist, zumindest aber toleriert und akzeptiert wird.

Kunststoffabfall fällt nach Ende eines Produktlebens an und gelangt global gesehen in weitaus größeren Mengen in die Umwelt als Produktrückstände aus Kunststoff.

Zur Verringerung der Eintragsmengen in die Umwelt sind bei beiden Plastikvarianten jeweils spezifische und grundsätzlich verschiedene Strategien gefragt.

Kunststoffabfälle gelangen zwar weltweit in die Natur, das Ausmaß ist aber in Ländern mit ausgebauter Abfallwirtschaft wesentlich geringer als in solchen, in denen geregelte Erfassungs- und Behandlungsstrukturen fehlen. In Ländern ohne funktionierende oder nur Teilbereiche abdeckende organisierte Abfallerfassung und -behandlung, leistet die Vermeidung von Kunststoffabfällen dagegen einen direkten und großen Beitrag zur dringenden Lösung der Probleme im Zusammenhang mit dem gigantischen Eintrag von Plastik in die Umwelt.

Die unbedingt wichtige Vermeidung und Reduzierung von Kunststoffabfällen in Luxemburg würde wegen des hierzulande ausgebauten Erfassungs- und Behandlungssystems, durch das ein Großteil der Abfälle „aufgefangen“ wird, zwar partiell zu weniger Abfall in der Natur führen (z.B. Littering), trüge aber global betrachtet relativ wenig zur Entschärfung des Problems des Kunststoffabfalls bei.

In dem Bereich der Produktrückstände ist Luxemburg aber gefordert und könnte durch entsprechende Maßnahmen seinen spezifischen Anteil am Eintrag von primären Mikroplastik in die Umwelt deutlich reduzieren. Diese Maßnahmen können sowohl technischer Natur sein, in dem z.B. bei der Abwasserreinigung Mikrokunststoffe ausgefiltert werden, als auch präventiv angelegt sein, in dem die Anwendung von Produkten, die Kunststoffe emittieren, (sei es durch rechtliche Regelungen, sei durch Sensibilisierung für die Problematik) eingeschränkt wird.

## **Auswirkungen im Meer**

### **Makrokunststoffe**

Schätzungsweise gelangen jedes Jahr mehr als 10 Millionen Tonnen Abfälle ins Meer. Hiervon sind ca. 75 % Kunststoffe. Durch Zufluss von Land erfolgen global betrachtet 80 Prozent der Einträge, 20 Prozent der Einträge erfolgen direkt auf dem Meer durch die Schifffahrt, die Fischerei durch verloren gegangene Ausrüstung, sowie die Offshore-Industrie: Forschungs-, Öl- und Gasplattformen oder Aquakulturanlagen.<sup>30</sup>

Wenn Plastik im Meer landet, wird es mit der Zeit von Organismen bewachsen und sinkt ab. Sterben die Organismen, steigen die Plastikstücke wie bei einem Jo-Jo-Effekt zunächst wieder auf. Wenn sie dann aber schließlich auf den Meeresboden gelangen, lagern sich Sedimente darauf ab und bleiben dort. Experten vom Umweltbundesamt schätzen, dass rund 70 Prozent des Plastiks auf den Meeresboden sinken, 15 Prozent an der Wasseroberfläche schwimmen und 15 Prozent an Strände gespült werden. Doch der Müll stört nicht nur den Ausblick an heimischen Stränden: Verlorengegangene Geisternetze fischen weiter in den Ozeanen, Tiere verhungern bei gefülltem Magen, weil sie Plastik mit

---

<sup>30</sup> <https://www.nabu.de/natur-und-landschaft/meere/muellkippe-meer/16805.html>

Nahrung verwechseln, und in Küstennähe sammelt sich in einigen Regionen Müll in unvorstellbaren Mengen.<sup>31</sup>

Der Plastikmüll konzentriert sich häufig in sogenannten Müllstrudeln. Sie entstehen entlang der natürlichen Meeresströme. In ihnen sammelt sich Plastik auf sehr großen Flächen an. Besonders ausgeprägt ist das Phänomen vor Japan und in der Region um Hawaii. Wie bei einem Eisberg ist auch von diesen Strudeln nur ein Bruchteil sichtbar. Zudem ist das Mikroplastik nicht direkt zu erkennen, die Plastikstücke sind nur bis zu fünf Millimeter groß.

Durchschnittlich 13.000 Plastikmüllpartikel treiben mittlerweile auf jedem Quadratkilometer Meeresoberfläche. Vor allem Verpackungsmaterialien und Abfälle aus Fischerei sowie Schifffahrt wie Netzreste oder Taue sind für das Sterben von mehr als einer Million Seevögel und weiteren circa 100.000 Meereslebewesen verantwortlich, die dadurch jährlich umkommen. Für 136 Arten von Meereslebewesen ist bekannt, dass sie sich regelmäßig in Müllteilen verheddern und strangulieren. Für mindestens 43 Prozent aller Wal- und Delfinarten, alle Arten von Meeresschildkröten sowie 36 Prozent der Seevögel und viele Fischarten konnte nachgewiesen werden, dass sie Müll fressen und verschlucken.<sup>32</sup>

Besonders betroffen sind z.B. Eissturmvögel in der Nordsee: Fast jeder tot aufgefundene Vogel an der deutschen Küste hat Plastik im Magen. Pro Vogel fanden Wissenschaftler zwischen 25 und 30 Plastikteile.<sup>33</sup>

Es wird vermutet, dass sich 2050 bei nahezu allen Meeresvögeln Plastikteile im Magen finden werden, wenn es mit der Vermüllung der Ozeane so weitergeht. Die Tiere verhungern, weil sie sich durch das Plastik im Magen bereits gesättigt fühlen. Auch Lebensräume wie Korallenriffe werden durch Ablagerungen von Plastikmüll geschädigt. Plastikmüll dient zusätzlich verschiedenen Organismen als Floß, mit dem sie in fremde Lebensräume vordringen. So wird die Massenausbreitung einer Quallenart bei Korea teilweise Plastikmüll zugeschrieben, den die Quallenlarven zum Transport nutzen. Tatsächlich wird der Plastikmüll in den Ozeanen in wachsendem Maße die Biodiversität negativ beeinflussen.<sup>34</sup>

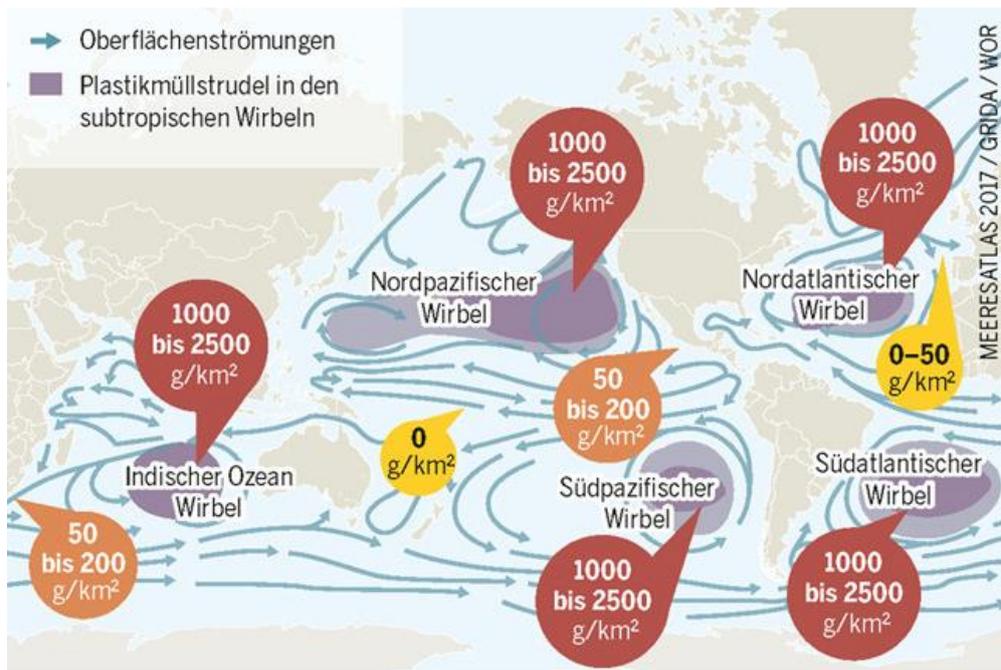
---

<sup>31</sup> Beitrag in *Helmholtz Perspektiven, Müll im Meer - Die Plastik-Pest*, Ausgabe Januar 2015  
([https://www.helmholtz.de/erde\\_und\\_umwelt/die-plastik-pest/](https://www.helmholtz.de/erde_und_umwelt/die-plastik-pest/))

<sup>32</sup> <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/gewaesser/meere/nutzung-belastungen/muell-im-meer>

<sup>33</sup> <https://www.nabu.de/natur-und-landschaft/meere/muellkippe-meer/14877.html>

<sup>34</sup> WWF-Faktenblatt, *Plastikmüll in den Meeren*, 2017



*Durchschnittliche (!) Menge von Plastikteilchen in den Mägen von Eissturmvögeln (Nordsee) links der Pinzette und zur Veranschaulichung die adäquate Menge bezogen auf ein mittleres Körpergewicht beim Menschen rechts der Pinzette <sup>35</sup>*

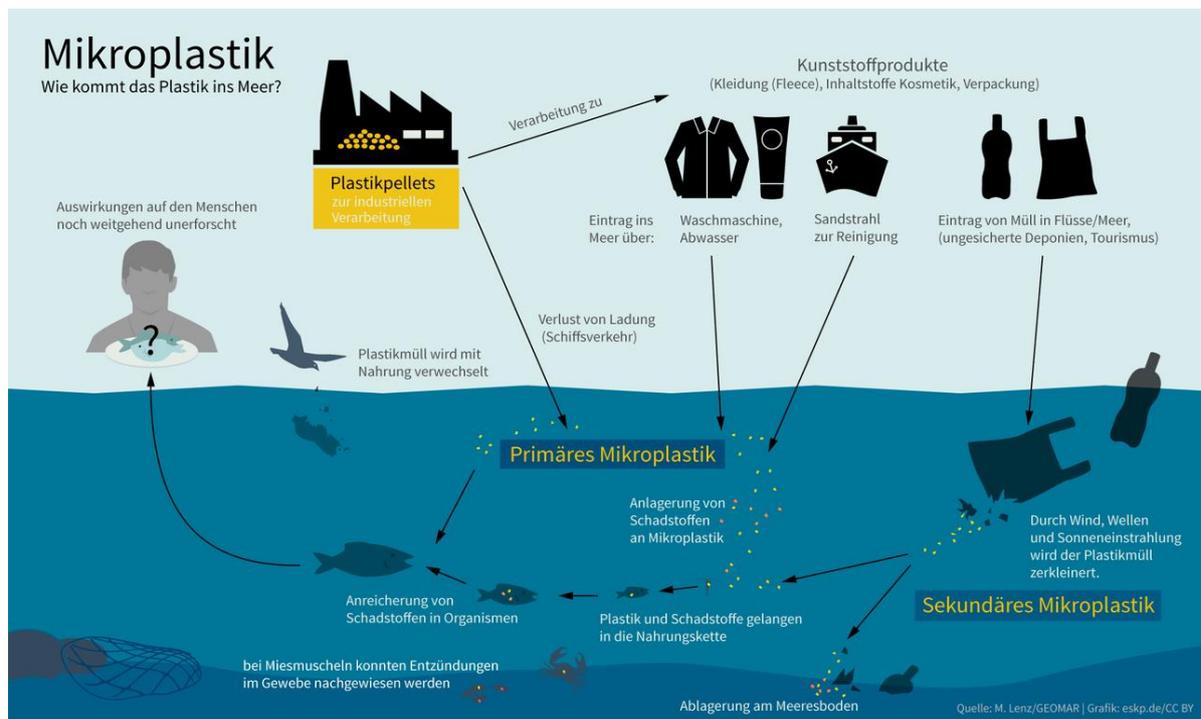
### Mikrokunststoffe

Ökologisch noch gravierender als Makrokunststoff wirkt sich Mikroplastik in der Umwelt aus.

Es wird mittlerweile überall im Meer, sowohl treibend an der Oberfläche als auch in der Tiefsee und im Meeresboden gefunden. Die Plastikteilchen sind wasserunlöslich, schwer abbaubar und können sich in Organismen anreichern. Ein vollständiger chemischer Abbau kann einige hundert Jahre dauern.

<sup>35</sup> Jan van Franeker – IMARES in European Commission: Harm caused by Marine Litter An overview on negative impacts caused by marine litter

Die leichten kleinen Teilchen werden von Fischen aufgenommen. Das Mikroplastik kann deren Schleimhäute und den Verdauungstrakt verletzen bzw. verstopfen und die Atmungsorgane belegen. Auch das Plankton wird geschädigt und Muscheln leiden unter schweren Entzündungen. An dem Mikroplastik mit seiner relativ großen Oberfläche reichern sich zahlreiche Umweltgifte aus den Gewässern an, z. B. Schwermetalle und schwer abbaubare Schadstoffe (POPs) wie PCBs, DDT und andere Pestizide oder Nonylphenol. Auf dem Mikroplastik wurden teilweise hundertmal höhere Konzentrationen von einzelnen Schadstoffen gemessen als im Meerwasser.<sup>36</sup>



## Menschliche Gesundheit

Mikroplastik wurde bereits in Fischen, Muscheln, Trinkwasser, Milch und Honig gefunden. Über die Nahrungskette gelangen die Plastikteilchen und ihre Schadstoffe in den menschlichen Körper und können sich dort anreichern. Die vielen möglichen Auswirkungen der Mikroplastik-Teilchen auf die menschliche Gesundheit sind jedoch noch nicht erforscht. Das Plastik selbst enthält außerdem viele Zusätze, so genannte Additive, die dem Plastik bestimmte Eigenschaften verleihen. Aufgenommen über die Nahrung entfalten sie in den Organismen der Meeresbewohner ihre schädliche Wirkung. Die wichtigsten dieser Additive sind Weichmacher, von denen besonders einige Phthalate und Bisphenol A wegen ihrer hormonellen Eigenschaften gefährlich für alle Wasserlebewesen, auch Fische sind. Es kann zu erheblichen Störungen des Hormonsystems kommen. Stabilisatoren in Kunststoffen sind oft Schwermetalle, von denen einige krebserregend sind. Auch einige der Flammschutzmittel und UV-Filter, die in Plastik enthalten sein können, sind gesundheitsschädlich.<sup>34</sup>

In einer Untersuchung von Meersalz der Universität Oldenburg<sup>37</sup> wurden in allen Proben Mikroplastik nachgewiesen. Dabei fanden sich in den als besonders hochwertig geltenden

<sup>36</sup> Greenpeace, *Mikroplastik in Kosmetika, FAQs, Juni 2014*

<sup>37</sup> *Untersuchung im Auftrag des Norddeutschen Rundfunk*; <https://www.ndr.de/ratgeber/verbraucher/Fleur-de-Sel-Plastik-in-Meersalz-nachgewiesen,salz378.html>;

Salzen (Fleur de sel) vermutlich aufgrund der unterschiedlichen Gewinnungsmethode höhere Konzentrationen als in herkömmlichen Meersalz (Gehalte in den untersuchten Fleur de sel-Salzen 138 -1796 µg/kg; in den herkömmlichen Salzen: 14 – 59 µg/kg).

Bereits 2015 wiesen die Universitäten East China University und Donghua University in Meersalzproben (handelsübliche Meersalze) Plastikteilchen nach<sup>38</sup>.

## **Auswirkungen an Land und in der Atmosphäre**

### **Makrokunststoffe**

Makrokunststoffe an Land sind neben einem ästhetischen Problem auch eine Quelle für sekundäres Mikroplastik und eine direkte Gefahr für Wild- und Haustiere.

Auf der Internetseite des Projektes Wildvogelhilfe sind zahlreiche Fälle von Verletzungen von Vögeln durch Kunststoffschnüre und -fasern dokumentiert. Häufig sind Verletzungen und Abschnürungen von Beinen und Füßen der Tiere.

In den Mägen von Weidetieren, vor allem Kühen, findet sich immer häufiger Plastik, das diese mit dem Gras direkt auf der Weide oder mit dem Heu bzw. der Grassilage im Stall aufnehmen. Problematisch bei den Wiederkäuern ist, dass sie nichts ausspucken können, selbst wenn sie während des Fressens Fremdstoffe bemerken. Sie haben auf der Zunge raue Papillen, die sich im Futter verhaken und in den Schlund treiben. Nägel, Drähte und zunehmend Plastiksplinter landen so im Verdauungstrakt des Wiederkäuers und werden durch die Magenbewegungen hin- und hergeschoben, bis sie sich schließlich im Vormagensystem sammeln und dort bleiben<sup>39</sup>.

Auch Rehe, Füchse und andere Wildtiere verenden, wenn sie Plastik verschlucken. Viele Vögel bauen Plastik in ihre Nester ein. Folge ist häufig, dass sich die Jungvögel in Plastikschnüren verheddern und als Folge sich strangulieren oder einfach verhungern. Plastikfolien im Nest verhindern auch, dass Feuchtigkeit abzieht. Jungvögel gehen dann bei feuchten Witterungsverhältnissen an Unterkühlung ein.

### **Mikrokunststoffe**

Mikroplastik ist in Böden und Binnengewässern allgegenwärtig. Über die Auswirkungen auf Tiere und Pflanzen ist noch relativ wenig bekannt.

Für die Gesundheit gefährlich ist Mikroplastik zum einen wegen einiger Inhaltsstoffe, (Phtalate oder Bisphenol A können beispielsweise hormonartig wirken), zum anderen aber auch wegen ihrer Form selbst. So können besonders kleine Teilchen in Zellen eindringen, größere Partikel bieten Krankheitserregern eine Nische, in der sie sich über große Distanzen verbreiten. Über die Nahrungskette reichern sich die Kunststoffe zudem immer weiter in Organismen an. Die Fremdkörper können im Gewebe unter anderem Entzündungen auslösen. Mitunter überwinden sie sogar die Blut-Hirn-Schranke. Mikroplastik sei für sich genommen zwar nicht das gefährlichste Umweltgift, mit dem Lebewesen derzeit zu kämpfen haben, schreiben die Wissenschaftler in ihrer Veröffentlichung. Das Ausmaß der Kontamination führe jedoch dazu, dass Ökosysteme weltweit einem weiteren menschengemachten Dauerstressfaktor ausgesetzt seien. Auch der Mensch gerät über die

---

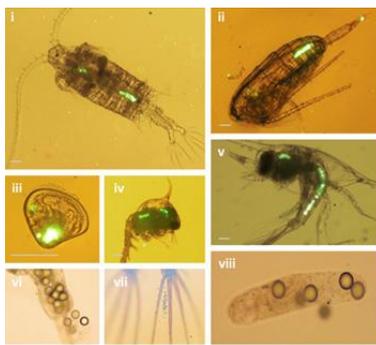
<sup>38</sup> *Untersuchungsergebnisse veröffentlicht in Environmental Science & Technology, Environ. Sci. Technol., 2015, 49 (22), pp 13622–13627, Publication Date (Web): October 20, 2015; Copyright © 2015 American Chemical Society*

<sup>39</sup> [https://www.swp.de/suedwesten/staedte/sachsenheim/tierarzt\\_-fast-jede-kuh-hat-plastik-im-magen-22895625.html](https://www.swp.de/suedwesten/staedte/sachsenheim/tierarzt_-fast-jede-kuh-hat-plastik-im-magen-22895625.html)

Luft und die Nahrung mit den Plastikteilchen in Kontakt.<sup>40</sup> Beispielsweise rieselten auf Testflächen im Großraum Paris täglich 355 Mikroplastikteilchen pro Quadratmeter ergab eine Studie aus dem Jahr 2016<sup>41</sup>. Hochgerechnet ergibt dies für den Großraum Paris (ca. 2.500 km<sup>2</sup>) einen „Plastikfallout“ zwischen 3 und 10 Tonnen pro Jahr.

In insgesamt 52 untersuchten Wasserproben aus Flüssen Süden und Westen Deutschlands wurden über 4.300 Partikel eindeutig als Plastikteilchen identifiziert. 99 % der Teilchen sind Mikroplastik (< 5mm). Am häufigsten wurden Partikel zwischen 0,02 und 0,3 mm (20 – 300 µm) Größe gefunden. Die höchsten Konzentrationen wurden dabei in kleinen und mittleren Nebengewässern gefunden, im Rhein waren die Konzentrationen verhältnismäßig geringer. Die meisten Partikel bestanden aus Polyethylen und Polypropylen, den beiden Kunststoffarten mit der weitesten Verbreitung in Europa. Die unregelmäßige Form der meisten Teilchen deutet daraufhin, dass es sich bei dem gefundenen Mikroplastik hauptsächlich um sekundäres Mikroplastik handelt.<sup>42</sup>

Ergebnisse von Untersuchungen in anderen europäischen Flüssen und in Nordamerika fielen ähnlich aus. Es kann vermutet werden, dass Plastik in Binnengewässern mittlerweile ein allgemeines Phänomen ist.



Durch Fluoreszenzmikroskopie sichtbares Mikroplastik in / an verschiedenen Arten von Zooplankton

Quelle: Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg; Mikro-Kunststoffe: Grundlagen und Sachstand, Oktober 2015



Primäres Mikroplastik (v.l.n.r. Plastikpellets, Mikrofasern, Mikroplastik eines Peelings)

Quelle: Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg; Mikro-Kunststoffe: Grundlagen und Sachstand, Oktober 2015

<sup>40</sup> A. Abel de Souza Machado, Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei (IGB) zitiert in sektrum.de

<sup>41</sup> R. Dris, J. Gasperi et al; Synthetic fibers in atmospheric fallout: A source of microplastics in the environment? In Marine Pollution Bulletin, Volume 104, pages 290-293, März 2016

<sup>42</sup> Universität Bayreuth, Pressemitteilung Nr. 037/2018 vom 15. März 2018 zur Studie Mikroplastik in Binnengewässern Süd- und Westdeutschlands

## Kunststoff – tagtäglich

Standard- oder Massenkunststoffe machen den weitaus größten Anteil der Kunststoffproduktion aus. Wie ihre Bezeichnung es bereits suggeriert werden aus ihnen Produkte in sehr große Stückzahl zur massenhaften Verwendung hergestellt. Sie machen auch das Gros des (sichtbaren) Kunststoffabfalls aus. Sie sind Bestandteil unseres tagtäglichen Lebens. Pro Kopf fallen in Luxemburg allein 46 kg Verpackungsabfall aus Kunststoff im Jahr an. Das sind knapp 125 g pro Tag.

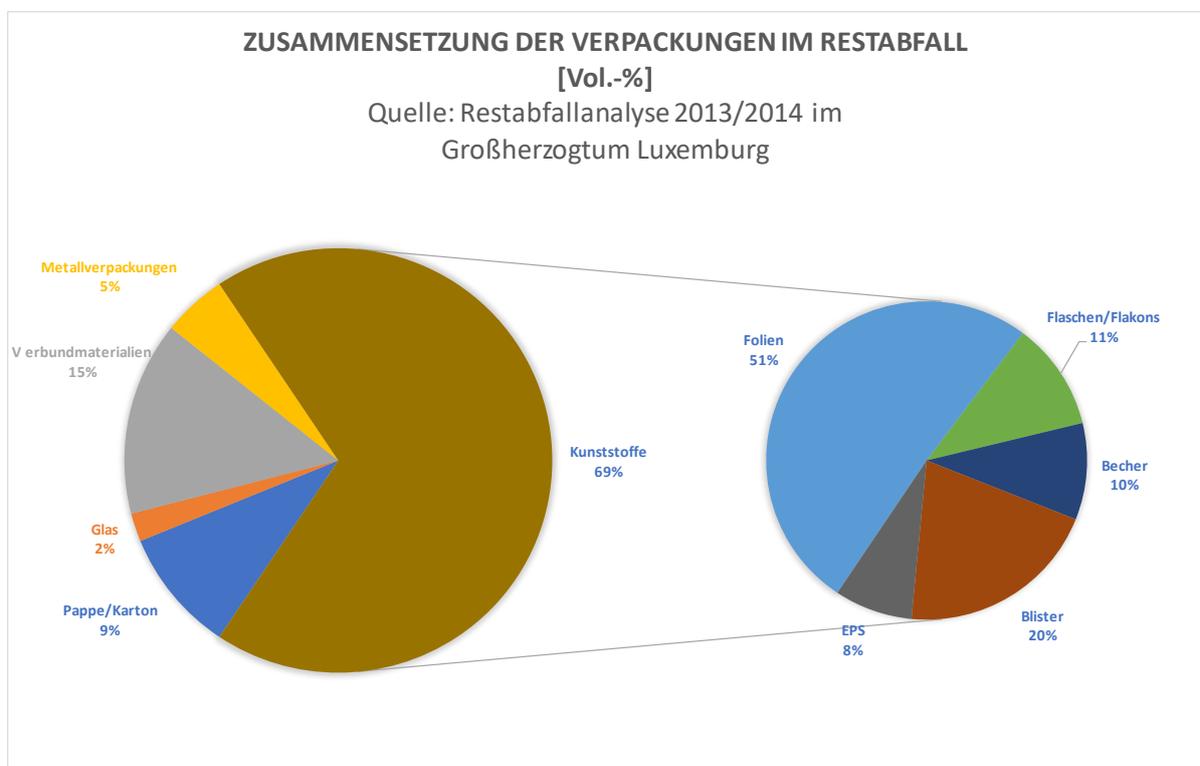
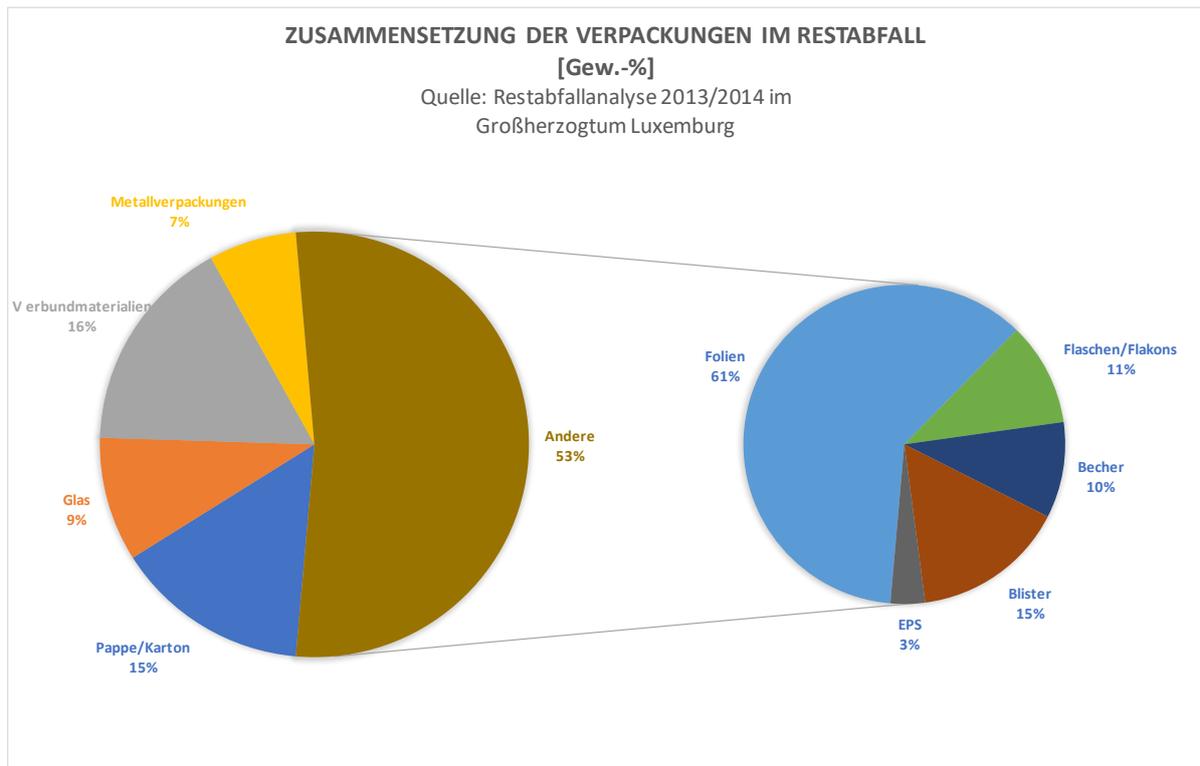
Neben Verpackungen finden sich noch viele weitere, z.T. nur zum einmaligen Gebrauch bestimmte oder kurzlebige Kunststoffprodukte in unserem Alltag. Einweghandschuhe, Einwegrasierer, Wäscheklammern, Zahnbürste, Kaffeekapseln für Kaffeemaschinen, Klebeband und Spülschwamm sind nur einige wenige willkürlich aufgegriffene Beispiele.

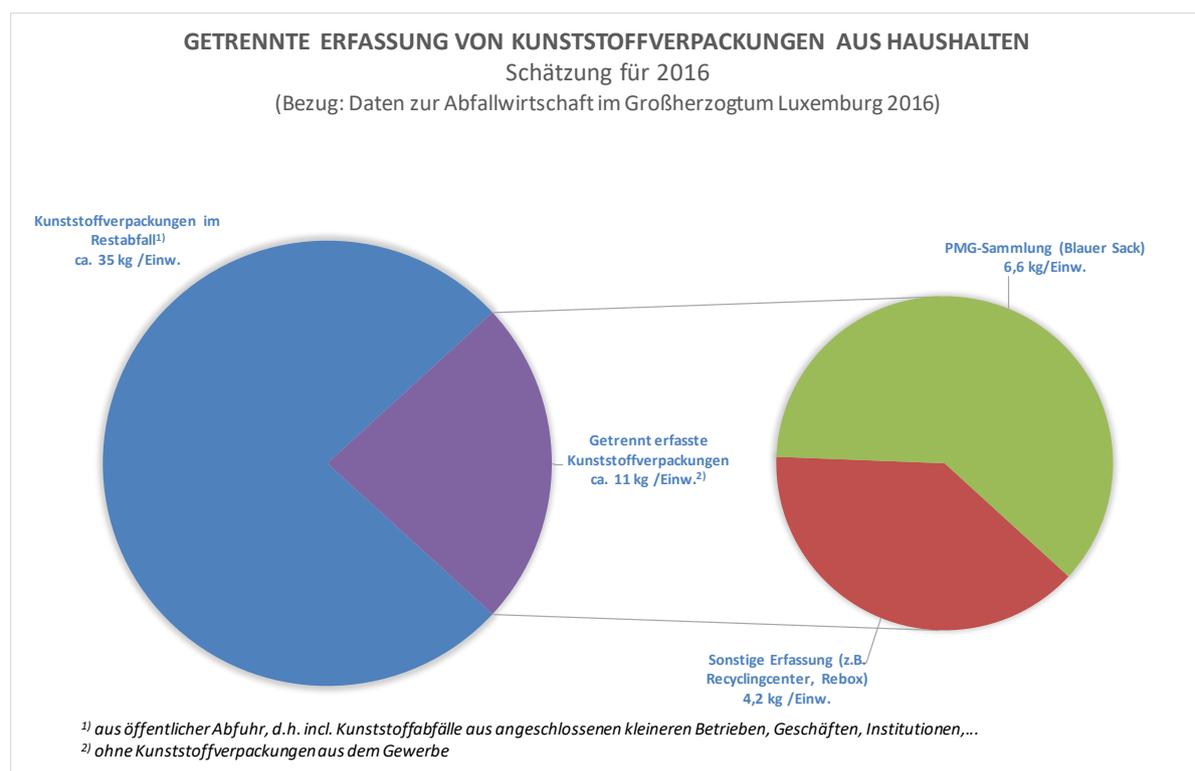
Die Verwendung vieler Massenkunststoffe, die wir heute wie selbstverständlich nutzen, kann deutlich reduziert werden.

Alle Bereiche der Gesellschaft können einen Beitrag hierzu leisten:

- Der Verbraucher durch den Kauf von verpackungsarmen oder –freien Produkten, durch Nutzung von Mehrwegverpackungen, durch Verzicht auf Trinkhalme, Einwegeinkaufstüten, Einweggeschirr und vieles anderes mehr.
- Der Handel durch Anbieten von verpackungsarmen Alternativen, wie z.B. Mehrwegsystemen, Nachfüllsystemen, unverpacktem Obst- und Gemüse, Reduzierung der Transport- und Umverpackungen bei Wareneinkauf und Umschlag
- Die Industrie durch Entwicklung abfallärmerer Verpackungen (Nachfüllsysteme, leichtere Verpackungsmaterialien) und Gebrauchsgegenstände aus Kunststoff (z.B. ...)
- Öffentliche Verantwortungsträger durch Förderung abfallarmer Alternativen zu Verpackungen und Gebrauchsgegenständen aus Kunststoff oder das Verbot von Kunststoffanwendungen, für die es nachhaltigere Alternativen gibt; Förderung z.B. durch gesetzliche Vorgaben oder die Gestaltung der Abfalltaxen, Verbote könnten nicht erforderliche, überflüssige Kunststoffanwendungen (Einwegeinkaufstüten, Einweggeschirr) betreffen.

• Näher beleuchtet: Verpackungsabfall in Luxemburg





## • Es geht auch ganz ohne Verpackungen

In Luxemburg eröffnete der erste Handelspunkt der nur unverpackte Waren anbietet Anfang 2017 im hauptstädtischen Bahnhofsviertel.

Als umweltfreundliche Alternative zum herkömmlichen Supermarkt können Kunden dort Lebensmittel und Haushaltswaren ohne Verpackungen einkaufen. Dazu befüllen sie ihre eigenen Behälter mit lose verkäuflichen Waren und wiegen diese ab, oder sie kaufen Produkte, wie z. B. Milch und Joghurt, in wiederverwendbaren Flaschen und Gläsern.

Zurzeit umfasst das Warensortiment ca. 700 Produkte. Neben dem Verzicht auf Plastik- und sonstige Verpackungen ist der Verkauf von lokalen organisch erzeugten Produkten ergänzt um Nahrungsmittel aus biologischer Landwirtschaft Teil des Geschäftskonzeptes<sup>43</sup>. Ohne vorgegebene, feste Verpackungsgrößen und der Möglichkeit die Einkaufsmenge exakt nach eigenen Wünschen festzulegen, trägt diese Verkaufsform auch zur Vermeidung von Lebensmittelabfall bei.

## • Der ECOSAC – ein gutes Beispiel

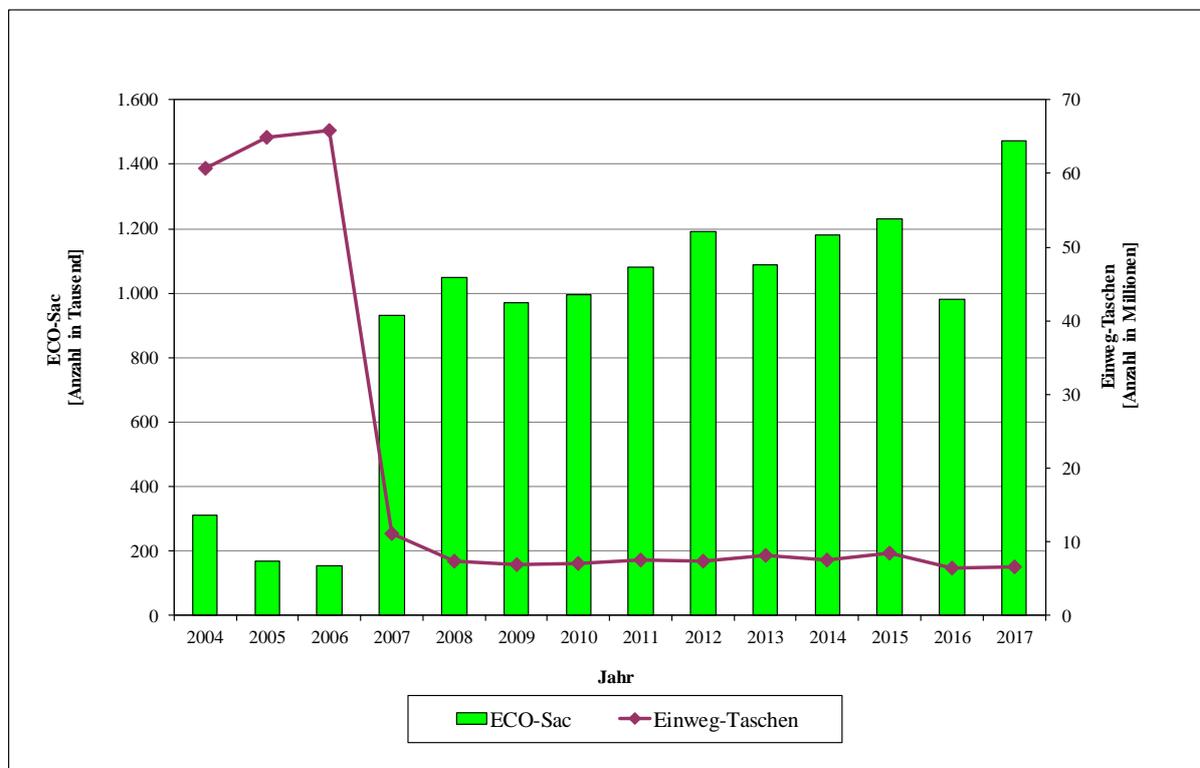
2004 wurde eine stabile Mehrwegeeinkaufstasche, der sogenannte ECOSAC von der Valorlux a.s.b.l. in Zusammenarbeit mit der Confédération luxembourgeoise du commerce und der Administration de l'Environnement eingeführt. Die sich an der Aktion beteiligenden Supermärkte und Geschäfte verkaufen die Tasche an ihren Kassen und tauschen beschädigte gegen neue kostenlos aus. Die zurückgenommenen Taschen werden getrennt gesammelt und recycelt.

<sup>43</sup> [www.ouni.lu](http://www.ouni.lu)

Teil des Konzeptes ist auch, dass ab 2007 keine kostenlosen Einwegtaschen zum Verstauen der gekauften Waren mehr an den Kassen des teilnehmenden Einzelhandels ausgegeben wurden. Mit Start dieser Maßnahme verringerte sich die Ausgabe von Kunststoffeinwegtüten von ca. 60 Millionen Stück auf unter 10 Millionen Stück allein bei den teilnehmenden Unternehmen. Das bedeutet das in den letzten zehn Jahren in Luxemburg geschätzt über eine halbe Milliarde Einwegkunststofftüten eingespart wurden. Selbst wenn man, den Produktionsaufwand für den stabileren ECOSAC und mögliche Randeffekte wie die Verringerung der Doppelnutzung der Einwegtüten als Einkaufshilfe und als Müllsammeltüten im Haushalt und den dadurch bedingten möglichen Mehreinsatz von Mülltüten mit einbezieht, führte der ECOSAC unterm Strich zu deutlich weniger Abfall und zur Einsparung von Ressourcen und Energie.

Dennoch besteht Optimierungspotenzial. Denn in den letzten Jahren ist zu beobachten, dass sich die Verkaufszahlen für den ECOSAC auf einem hohen Niveau einpendeln und eine nicht geringe Anzahl der Mehrwegtaschen im Restmüll bzw. in den Recyclingcentren landet. Der Rücklauf in den Geschäften ist demgegenüber gering. Es besteht der Eindruck, dass der ECOSAC in größeren Stückzahlen genutzt wird, als für den Ersatz der Einkaufstüten vermutlich notwendig wäre. Hier könnte durch eine nachhaltigere, sprich häufigere und längere Nutzung der Mehrwegoption der Anfall und Kunststoffabfall verringert und die damit verbundenen weiteren ökologischen Vorteile vergrößert werden. Hier kann und sollte eine sensibilisierende Öffentlichkeitsarbeit ansetzen.

Ab 2019 ist die kostenlose Abgabe von Einkaufstüten aus Kunststoff durch den Handel verboten. Es ist zu erwarten, dass durch diese Maßnahme der Kunststoffabfall in Luxemburg weiter reduziert wird.



Quelle: Valorlux



Ein Vierpersonenhaushalt in Luxemburg produziert 40 Abfalltonnen (120 Liter) voll VERPACKUNGSABFALL im Jahr, davon rund 30 gefüllt mit Kunststoff- oder Verbundverpackungen  
 Quelle: ECO-Conseil- CNFPC-Ausbildungskurs für Recyclingparkmitarbeiter (Bezug: Restabfallanalyse Luxemburg 2014)

Beispiele Vermeidung tagtäglichen Kunststoffabfalls



Verzicht überflüssige Verkaufsverpackung



Nachfüllpackungen



Mehrwegeinkaufstasche



Mehrweggläser/-becher/-geschirr

## BIOLOGISCH ABBAUBARE KUNSTSTOFFE – ENTSCHÄRFUNG DER KUNSTSTOFFPROBLEMATIK?

Im Zusammenhang mit Kunststoffen wird die Verwendung von **Biokunststoffen** diskutiert. Der Vorsilbe „Bio“ ist positiv konnotiert und suggeriert eine natürliche Herkunft eines solchen Stoffes und Umweltvorteile gegenüber anderen Nichtbio-Werkstoffen.

Biokunststoff ist jedoch **kein definierter oder geschützter Begriff**. Unter ihm werden Kunststoffe subsumiert, die sich sowohl bezüglich der **Art und Herkunft ihrer Grundstoffe** als auch bezüglich ihres **Abbauverhaltens in der Natur** grundsätzlich voneinander unterscheiden können. So werden sowohl in der Natur abbaubare (kompostierbare) als auch nicht abbaubare Kunststoffe, die ganz oder nur teilweise aus nachwachsenden Rohstoffen gewonnen werden als Biokunststoffe bezeichnet. Ebenso werden abbaubare Kunststoffe aus Erdölderivaten als solche bezeichnet.

Sinnvollerweise sollte deshalb nicht pauschal von Biokunststoffen gesprochen werden, sondern nach folgenden Begriffen differenziert werden:

### Definition und Abgrenzung

**Biobasierte Kunststoffe** werden ganz oder teilweise aus nachwachsenden Rohstoffen gewonnen. Das sind sowohl stärke- und zellulosebasierte Rohstoffe (Mais, Zuckerrohr, Zuckerrübe u.a.) als auch Rohstoffe auf Basis von Ölsaaten (Raps, Sonnenblumenöl, Palmöl u.a.)<sup>44</sup>. Sie können biologisch abbaubar sein – sind es aber in der überwiegenden Menge nicht. Zu den bio-basierten, aber nicht bioabbaubaren Kunststoffen zählen z.B. Bio-PE (Polyethylen) oder naturfaserverstärkte Kunststoffe wie Verbundwerkstoffe aus Holz und Kunststoff. Bei den meisten Produkten aus biobasierten Kunststoffen handelt es sich heute um sogenannte Blends, Mischungen aus verschiedenen Kunststoffen. Damit kann ein Produkt z.B. zu 70% aus biobasierten Materialien bestehen, während es sich bei den verbleibenden 30% um einen konventionellen Kunststoff auf Mineralölbasis handelt. So können Biokunststoffe z. B. auf Stärkebasis hergestellt werden, dem ein wasserabweisendes herkömmliches Polymer zugemischt wird<sup>45</sup>.

Es gibt **DIN-Zertifizierungen**<sup>46</sup> für biobasierte Kunststoffe. Die Zertifizierungen gelten für Kunststoffe mit verschiedenen Anteilen aus nachwachsenden Rohstoffen (mindestens 20 % Anteil, mind. 50 % Anteil oder mind. 85 % Anteil). Das heißt nach dieser Zertifizierung eingestufte biobasierte Kunststoffe müssen nicht vollständig aus nachwachsenden Rohstoffen bestehen.

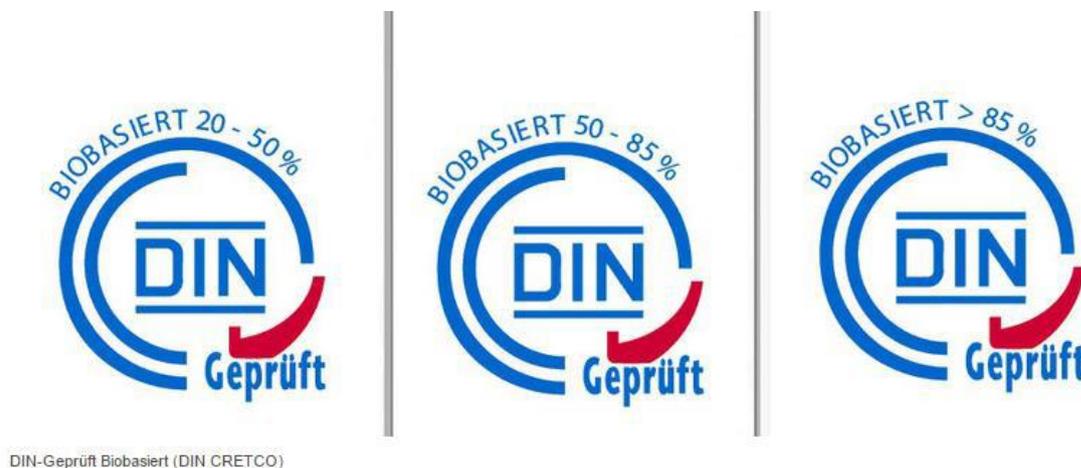
Die biobasierten Kunststoffe werden noch weiter unterteilt in Drop-in-Lösungen und neuartige Biopolymere. Unter **Drop-in-Lösungen** versteht man biobasierte Kunststoffe, die chemisch identisch mit den bereits bekannten Materialien auf Mineralölbasis sind. Beispiele dafür sind Bio-PET (Polyethylenterephthalat) und Bio-PVC (Polyvinylchlorid). **Diese Biokunststoffe sind genauso wenig abbaubar wie die entsprechenden petrochemischen „Originale“**. Zu den **biobasierten chemisch neuartigen Polymeren**, die nicht strukturgleich

<sup>44</sup> Umweltbundesamt Deutschland, *Kurzposition Biokunststoffe*, September 2017

<sup>45</sup> Wissenschaftliche Dienste des deutschen Bundestages, *Ausarbeitung Biologisch abbaubare Kunststoffe*, 2016

<sup>46</sup> DIN-Certco gemäß CEN/TS 16137, ISO 16620 oder EN 167851

mit herkömmlichen Kunststoffen sind, gehören z.B. PLA (Polylactide) und PHA (Polyhydroxyalkanoate)<sup>41</sup>.



*Prüfsiegel für biobasierte Kunststoffe – sie stehen für drei Gruppen von Produkte, die sich deutlich in ihrem Anteil aus biobasiertem Plastik unterscheiden; dies kann bei gleicher Optik des Logos nur aus dem Schriftzug oberhalb des Logos erkannt werden; insofern ist das Logo als „sperrig“ zu bezeichnen und eignet sich nicht zur einfachen und schnellen Einschätzung von Produkten z.B. beim Einkauf*

**Biologisch abbaubare Kunststoffe** können, müssen aber nicht aus nachwachsenden Rohstoffen hergestellt werden. Sie können auch erdölbasiert sein. Die biologische Abbaubarkeit hängt nicht vom Rohstoff ab, sondern allein von der chemischen Struktur des Endprodukts.

Hier wird unter dem biologischen Abbau der Abbau in der Umwelt (im Boden, im Wasser unter natürlichen Bedingungen) oder in technischen Anlagen, die auf natürlichen Abbauprozesse (Kompostierungs-, Vergärungsanlagen) aufbauen, verstanden.

Nach der Definition des schweizerischen Umweltbundesamtes werden biologisch abbaubare (= kompostierbare) Kunststoffe **vollständig** abgebaut und in Wasser, Kohlendioxid und Biomasse umgewandelt. Das deutsche Umweltbundesamt verweist auf eine technische Vorschrift, nach der ein Material als biologisch abbaubar gilt, wenn es nach einer festgeschriebenen Zeit unter definierten Temperatur-, Feuchte- und Sauerstoffbedingungen **zu mehr als 90 %** zu Wasser, Kohlendioxid und Biomasse abgebaut wird.

Nach DIN Certco umfasst die biologische Abbaubarkeit die Eigenschaft eines Stoffes, durch Mikroorganismen in Anwesenheit von Luftsauerstoff zu Kohlendioxid, Wasser, Biomasse und Mineralien sowie unter Luftabschluss zu Kohlendioxid, Methan, Biomasse und Mineralien zersetzt zu werden, wobei kein Zeitraum definiert ist<sup>47</sup>.

Anwendungsgebiete für biologisch abbaubare Kunststoffe sind hauptsächlich der Verpackungssektor, der Cateringsektor und die Landwirtschaft (z.B. Folien, Anzuchttöpfe, Saatgutbänder).

---

<sup>47</sup> DIN Deutsches Institut für Normung: Biobasierte Produkte - Übersicht über Normen, Deutsche Fassung CEN/TR 16208:2011

Der Zersetzung der biologisch abbaubaren Kunststoffe erfolgt durch spezielle Mikroorganismen, deren Enzyme die Polymerketten des Materials in kleine Teile zerlegen. Diese können dann von Bakterien – ggf. auch zusammen mit anderem organischen Material – weiter abgebaut werden. Nach dem Abbau bleiben vom Kunststoff selbst im Wesentlichen nur Wasser und Kohlendioxid übrig.

Für biologisch abbaubare Kunststoffe bestehen **verschiedene Zertifizierungsmöglichkeiten**. Die damit verbundenen Prüfsiegel unterscheiden sich aber hinsichtlich der attestierten Produkteigenschaften. Zum einen wird generell unterschieden, ob die Kunststoffe in einer **großen (industriellen) Kompostierungsanlage** oder **im Hausgarten kompostiert** werden können, zum anderen werden innerhalb dieser Kategorien unterschiedlich Anforderungen gestellt.

Zertifizierungssysteme für die industrielle Kompostierung sind, z.B.:

- DIN EN 13432 „Verpackung – Anforderungen an die Verwertung von Verpackungen durch Kompostierung und biologischen Abbau ...“
- DIN EN 14995 „Kunststoffe – Bewertung der Kompostierbarkeit“
- Internationale Norm ASTM D 6400 „Standard Specification for Compostable Plastics“<sup>48</sup>
- Vinçotte<sup>49</sup>

Beispiele: Prüfsiegel biologische Abbaubarkeit – in Kompostierungsanlagen	
LOGO	AUSSAGEKRAFT
	<p>Alle Siegel stehen für die Erfüllung der Kriterien der Europäischen Norm 13432:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einhaltung von Grenzwerten beim Gehalt an Schwermetallen und Fluor</li> <li>• Biologische Abbaubarkeit: 90 % Abbau innerhalb von 6 Monaten</li> <li>• Kompostierbarkeit: 90 % Abbau innerhalb von 12 Wochen in einer Kompostierungsanlage</li> </ul>
	
	
	<p>Das Siegel steht für die Erfüllung der US-amerikanischen Norm (ASTM D 6400):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einhaltung von Grenzwerten beim Gehalt an Schwermetallen (<i>wesentlich höhere Werte als bei der Norm EN 13432</i>)</li> <li>• Biologische Abbaubarkeit: 90 % Abbau innerhalb von 6 Monaten bei Mischpolymeren (Produkten aus verschiedenen</li> </ul>

<sup>48</sup> American society for testing and materials; <https://www.astm.org/Standards/D6400.htm>

<sup>49</sup> <http://okcompost.be/en/home/>

	<p>Kunststoffe) und 60 % Abbau bei Homopolymeren (Produkte aus nur einem Kunststoff)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kompostierbarkeit: 90 % Abbau innerhalb von 5 Wochen in einer Kompostierungsanlage (Zeit verlängerbar) unter standardisierten Bedingungen</li> </ul>
<p><b>Die Prüfsiegel bedeuten nicht,</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- dass die Produkte erfolgreich zusammen mit Gartenabfällen im eigenen Garten in überschaubaren Zeiträumen kompostiert werden können,</li> <li>- dass bei der Zersetzung humusbildende Abbauprodukte entstehen,</li> <li>- dass derartige Kunststoffartikel einfach weggeworfen werden können, weil sie in der Umwelt ohnehin in kurzer Zeit vollständig abgebaut werden.</li> </ul>	

2010 veröffentlichte Australian Standards<sup>50</sup> die weltweit erste Norm für Gartenkompostierbarkeit (Home Compostable). Nach dieser Norm vergibt DIN CERTCO das Zeichen „DIN-geprüft gartenkompostierbar“. Ein weiteres Prüfsiegel ist für Produkte, die im Hausgarten kompostiert werden können, ist das „ok-compost-home“- Zeichen von Vinçotte<sup>51</sup>.

Die Prüfsiegel bescheinigen, dass das gekennzeichnete Produkt bei der Kompostierung mit Gartenabfällen im Hausgarten bei geringeren Temperaturen (Umgebungstemperatur) innerhalb eines Jahres fast vollständig biologisch abgebaut wird.

Auch das Zeichen der geprüften Gartenkompostierbarkeit bedeutet nicht, dass ein weggeworfenes Produkt in der Landschaft in einem vergleichbaren Zeitraum durch Mikroorganismen zersetzt wird.<sup>52</sup>

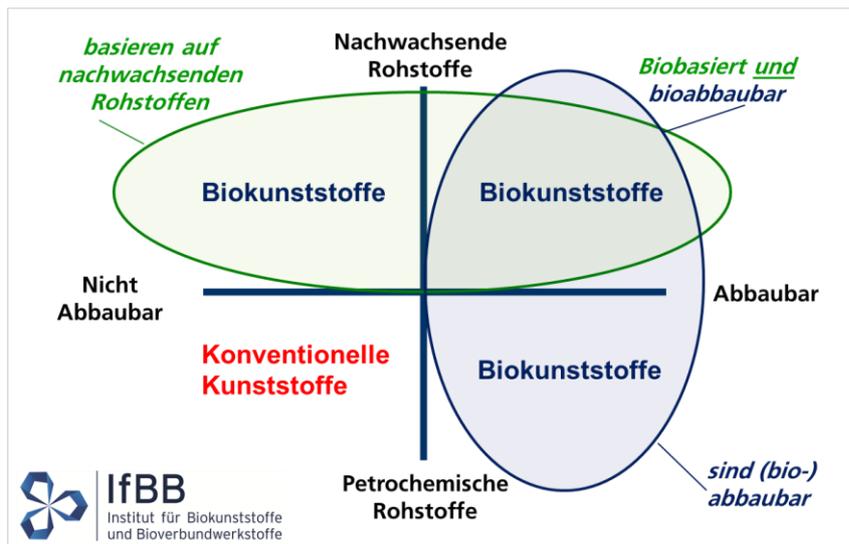


Der Anteil der biologisch abbaubaren an den biobasierten Kunststoffen betrug 2015 37,5 % (=0,6 von 1,6 Millionen Tonnen) und wird für 2018 mit 16,4 % (=1,1 Millionen Tonnen von 6,7 Millionen Tonnen) prognostiziert. Das heißt das Segment der aus nachwachsenden Rohstoffen hergestellten **nicht biologisch abbaubaren Kunststoffe** wächst weitaus stärker als das der biologisch abbaubaren.

<sup>50</sup> <https://www.standards.org.au/search?q=AS+5810&mode=allwords&sort=relevance>

<sup>51</sup> <http://www.okcompost.be/en/home/>

<sup>52</sup> Wissenschaftliche Dienste des deutschen Bundestages, Ausarbeitung Biologisch abbaubare Kunststoffe, 2016



## Ökologische Bewertung

Hinsichtlich der Feststellung der ökologischen Vorteilhaftigkeit von biobasierten und biologisch abbaubaren Kunststoffen ist der gesamte Lebenszyklus von der „Wiege bis zur Bahre“ mit den möglichen Auswirkungen auf Umwelt und Gesundheit zu berücksichtigen. Dies beinhaltet Fragen der Rohstoffgewinnung ebenso wie Abfallverwertungskonzepte, Recyclingfähigkeiten und den Stand der Technik des Recyclings für die jeweiligen Kunststoffarten. Die Vor- und Nachteile der betreffenden Kunststoffe sind unterschiedlich geartet und lassen auch angesichts einer begrenzten Datenbasis kein abschließendes und pauschalisierendes Urteil hinsichtlich des Umweltnutzens zu.

Ein Umstieg auf nachwachsende Quellen zur Versorgung mit stofflich oder sogar energetisch zu nutzenden Rohstoffen könnte eine weitere Intensivierung der Landwirtschaft bedeuten. Die Konsequenzen könnten ein verstärkter Bedarf an Düngemitteln, Pflanzenschutzmitteln, fossilen Treibstoffen für Landmaschinen sowie eine Flächenkonkurrenz zur Nahrungsmittelherstellung sein. Zudem könnte die verstärkte landwirtschaftliche Flächennutzung eine Veränderung und Verdichtung des Bodens und einen Rückgang der Artenvielfalt bedingen. Die ökologischen Auswirkungen des Rohstoffbedarfs werden somit eher verschoben als abgemildert.<sup>53</sup>

Die Nachhaltigkeit biobasierter Kunststoffe ist zudem stark von den Rohstoffpflanzen und den verwendeten Flächen abhängig. So könnten anspruchslose und auf für die Nahrungsmittelproduktion ungeeigneten Flächen angebaute Pflanzen eine nachhaltige Alternative zu fossilen Quellen bieten, während Werkstoffe auf Basis von beispielsweise Zuckerrohr einen direkten Nutzungskonflikt mit der Nahrungsmittelproduktion darstellen.

Vergleichende Ökobilanzen von ausgewählten biobasierten und fossilen Kunststoffen kommen zu dem Ergebnis, dass die Herstellung von Kunststoffen aus fossilen Rohstoffen zumeist mehr CO<sub>2</sub> freisetzt, nachwachsende Rohstoffe jedoch ein hohes Eutrophierungspotential nach sich ziehen. Auch diese direkt vergleichenden Studien legen nahe, dass sich die ökologischen Konsequenzen zwar verschieben, aber insgesamt kein eindeutiger Umweltnutzen nachgewiesen werden kann.

<sup>53</sup> Deutsches Umweltbundesamt; UBA Kurzposition Biokunststoffe, 2017

## **Biologisch abbaubare Kunststoffe aus abfallwirtschaftlicher Sicht**

Der Vorteil biologisch abbaubarer Kunststoffe besteht darin, dass sie in der Umwelt unter geeigneten Bedingungen vergleichsweise schnell abgebaut werden. Auf dem Weg zum vollständigen Abbau erfolgt zunächst ein Zerfall in kleine Partikel. Dies führt zu Einträgen von Kunststofffragmenten in die Umwelt und zur Bildung von Mikroplastik in Böden und Gewässern.

Der Abbau dieser Teilchen kann je nach Umweltbedingungen und stofflich-chemischen Eigenschaften viel Zeit in Anspruch nehmen.

Bei der stofflichen Verwertung von Kunststoffen können die abbaubaren Kunststoffe zu Problemen führen. Es muss festgestellt werden, dass bestehende Recyclinganlagen nicht auf die hochwertige Verwertung der derzeit geringen Mengen an biologisch abbaubaren Kunststoffe ausgerichtet sind. Dieser Mangel könnte theoretisch durch weitere Investitionen in die Sortiertechnik behoben werden, doch wurde auch festgestellt, dass biologisch abbaubare Kunststoffe sich teilweise nicht für die weitere Aufbereitung mittels gängiger Verfahren eignen. So können sie sich beispielsweise bei Trennverfahren und Waschprozessen mit Wasser zum Teil auflösen und eine dickflüssige Masse bilden, die auch die Verwertung herkömmlicher recyclingfähiger Kunststoffe negativ beeinflusst. Generell sind biologisch abbaubare Kunststoffe nur begrenzt stofflich verwertbar.

Die Entsorgung von biologisch abbaubaren Kunststoffen über die Bioabfallsammlung ist ökologisch nicht sinnvoll und stellt keine hochwertige Verwertung dar. Die stofflichen Eigenschaften des Kunststoffes werden bei der Bioabfallverwertung nicht genutzt und das abgebaute Material hat keinen positiven Effekt auf den erzeugten Kompost. Zudem besteht Verwechslungsgefahr mit optisch ähnlichen konventionellen Kunststoffen beim Verbraucher.

Das deutsche Umweltbundesamt betrachtet Konzepte, die eine Förderung von biologisch abbaubaren Kunststoffen vorsehen, abgesehen von einzelnen Nischenanwendungen wie z.B. Mulchfolien, die auf landwirtschaftlich genutzten Flächen verbleiben sollen oder Anwendungen im medizinischen Bereich, grundsätzlich kritisch. Insbesondere Konzepte, welche in Konkurrenz zur geordneten Sammlung, Erfassung und Verwertung von Abfällen eine Entsorgung in der Umwelt einplanen, werden vom UBA abgelehnt. Das Problem des Litterings kann durch abbaubare Kunststoffe nicht gelöst werden. Im Gegenteil können durch die Eigenschaft der Abbaubarkeit falsche Signale in Richtung eines Litterings gesetzt werden, so dass von einer Verschärfung der Vermüllungsproblematik ausgegangen werden muss.

## **Oxo - abbaubare Kunststoffe**

Oxo - biologisch abbaubare Kunststoffe sind auf Erdölbasis produzierte Kunststoffe mit chemischen Additiven, die den Abbau des Kunststoffs beschleunigen sollen. Diese oxo - Additive führen dazu, dass die Kunststoffe unter Einfluss von UV - Licht, Hitze oder Feuchtigkeit zerfallen. Sie verwandeln sich in kleine Plastikfragmente (Mikroplastik), die sich in der Natur verteilen und die Umwelt belasten. In diesem Zusammenhang sollte man besser von oxo - Fragmentierung sprechen. Eine den standardisierten Normen entsprechende biologische Abbaubarkeit der Fragmente wurde bisher nicht belegt. Im Hinblick auf die

Ökobilanz unterscheidet sich die oxo - Abbaubarkeit nicht von der Kompostierung. Auch hier geht die ursprünglich bei der Herstellung des Kunststoffs eingesetzte Energie verloren - im Gegensatz zu stofflichen oder thermischen Verwertungen. Gelangen oxo - biologisch abbaubare Kunststoffe aber bei den Entsorgern ins Recycling, wird die Produktqualität des Rezyklats vermindert oder das Recycling sogar behindert. Das Europäische Parlament hat 2014 im Rahmen der Entschließung zur Änderung der bestehenden Verpackungs-Richtlinie dazu aufgerufen, auf oxo-biologisch-abbaubare Kunststoffe für Verpackungen gänzlich zu verzichten. Seit kurzer Zeit sind auch Kunststoffe mit enzymbasierten Additiven am Markt. Wie bei den oxo-Materialien wird hier ein konventioneller Kunststoff, wie beispielsweise Polyethylen, mit Additiven angereichert, so dass sich das Material unter bestimmten Bedingungen zersetzen soll. Auch enzymbasierte Additive führen nur zu einer Fragmentierung. Bisher sind keine belastbaren Daten verfügbar, die einen vollständigen biologischen Abbau belegen<sup>54</sup>.

- **Näher betrachtet: Kompostierbare Kunststofftüten**

In Luxemburg werden im Handel kompostierbare Kunststofftüten zur Sammlung von organischen Abfällen (Bioabfall) angeboten. Viele Haushalte nutzen diese Tüten als Inlays für ihre Biotonnen oder Küchensammelgefäße, um Verschmutzungen dieser Behälter zu vermeiden.

Die angebotenen abbaubaren Tüten stammen von verschiedenen Herstellern und unterscheiden sich im verwendeten Material.

Die Tüten werden nur in großen Kompostierungsanlagen im Rahmen des regulären Behandlungsprozesses abgebaut. In Luxemburg wird nur noch ein zunehmend geringer werdender Anteil der eingesammelten Bioabfälle kompostiert, der größte Anteil wird vergärt. In den Vergärungsanlagen werden die kompostierbaren Kunststofftüten nicht abgebaut und als Störstoff zusammen mit anderen Fremdstoffen abgetrennt und entsorgt, d.h. einer Verbrennung zugeführt.

Wie weit Tüten aus biologisch abbaubaren Kunststoffen für andere Verwendungszwecke in Luxemburg angeboten und genutzt werden ist nicht bekannt. Eine Verwertung mit dem Bioabfall ist aus den genannten Gründen nicht sinnvoll. Eine stoffliche Verwertung ist im Rahmen der bestehenden Sammlungen nicht möglich. Bei einer Sammlung mit anderen konventionellen Kunststofftüten werden die Tüten aus biobasierten Kunststoff abgetrennt und entsorgt. Der Aufbau eigener Verwertungsschienen für die abbaubaren Tüten ist wegen der derzeit geringen Menge und der generell schlechten stofflichen Recycelbarkeit keine Option.

- **Näher betrachtet: Einweggeschirr aus biologisch abbaubarem Kunststoff**

Zunehmend wird Einweggeschirr aus biologisch abbaubaren oder biobasierten Kunststoffen angeboten.

Biologisch abbaubar bedeutet nicht, dass Teller, Becher oder Besteck im Rahmen des regulären Betriebs einer Kompostierungsanlage vollständig abgebaut werden. Bei den

---

<sup>54</sup> Zitat: *Wissenschaftliche Dienste des deutschen Bundestages, Ausarbeitung Biologisch abbaubare Kunststoffe, 2016*

bekanntem Zertifizierungssystemen wird beim Prüfsiegel "biologisch abbaubar" kein Zeitrahmen für die Zersetzung vorgegeben. Beim Prüfsiegel „kompostierbar“ wird ein Zeitrahmen von 60 -90 Tagen vorgegeben.

Einweggeschirr aus biologisch abbaubaren Kunststoffen hat relativ dicke Wandstärken. Dies führt dazu, dass sie langsam verrotten. Ob sie – im Gegensatz zu den dünnwandigen biologisch abbaubaren Kunststoffensammeltüten für Küchenabfälle - in den bestehenden luxemburgischen Kompostierungsanlagen im Normalbetrieb tatsächlich abgebaut werden, ist nicht bekannt und wäre zu prüfen.

Ob eine Kompostierung ökologisch sinnvoll wäre, ist auch generell fraglich, da die abbaubaren Kunststoffe nur zu Wasser und Kohlendioxid zersetzt würden und keinen positiven Effekt auf den Kompost hätten. Sie würden weder Pflanzennährstoffe freisetzen noch die Bodeneigenschaften positiv beeinflussen. Die Kompostierung ist unter diesem Gesichtspunkt eine reine Entsorgung und keine Verwertung.

Die Autoren einer vergleichenden Ökobilanz für verschiedene Bechersysteme kommen zu dem Schluss, dass ein sehr leichter Kunststoffbecher aus fossilen Rohstoffen, der dem stofflichen Recycling zugeführt wird, tendenziell eine geringere Umweltbelastung als ein biologisch abbaubarer Becher aus dem nachwachsenden Rohstoff PLA verursacht. Dabei wurde gezeigt, dass die Herstellung bei den Einwegbechern den mit Abstand größten Beitrag zu den Umweltauswirkungen hat. Da dies auch für biologisch abbaubare Becher gilt und die Entsorgung von untergeordneter Bedeutung ist, führt die Kompostierung auch bei optimalen Bedingungen (100 % kompostiert) zu keiner Reduktion der Umweltbelastung.

Die Kompostierung führt sogar zu einer etwas schlechteren Endbewertung, da die Entsorgung der gebrauchten theoretisch kompostierbaren Becher (aus PLA) in der Müllverbrennung zu einer Gutschrift für die gewonnene Energie führt, aber für ihre Kompostierung keine entlastenden Effekte gutzuschreiben sind. Der Grund dafür ist, dass PLA weder Nährstoffe enthält, welche als Dünger dienen können, noch zu einer Strukturbildung des Kompostes beiträgt.<sup>55</sup>

Im Rahmen einer vom Öko-Institut, dem österreichischen Ökologie-Institut und der Firma Carbotec erstellten Ökobilanz wurden die Umweltauswirkungen verschiedener Getränkesysteme für den Fußballbundesligabetrieb untersucht. Alle Mehrwegbecherszenarien wiesen gegenüber den in der Studie betrachteten Einwegbechersystemen - darunter auch (abbaubare) Kunststoff-Einwegbecher aus Polymilchsäure (PLA) und BELLAND®Material - geringere Umweltbelastungen auf. Für das beste Einwegbecherszenario wurden doppelt so viele Umweltbelastungspunkte ausgewiesen wie für das ungünstigste Mehrwegbecherszenario. Die Umweltauswirkungen von Einwegbechern aus PLA sind vergleichbar mit denen von Einwegbechern aus PET. Auch die gesamt aggregierte Umweltbelastung von Einwegbechern aus BELLAND®Material liegt im Bereich derjenigen von herkömmlichen Einwegbechern aus PET. "Allerdings gibt es - im Gegensatz zu PET - derzeit in Deutschland für PLA keine Recyclinganlagen im industriellen

---

<sup>55</sup> Österreichisches Ökologie-Institut, Firma Carbotec AG, Öko-Institut e.V. Deutschland; Vergleichende Ökobilanz verschiedener Bechersysteme beim Getränkeauschank an Veranstaltungen, 2008

Maßstab. Nach Informationen der DUH werden die in deutschen Fußballstadien eingesetzten Einwegbecher aus PLA deshalb in der Regel der Müllverbrennung zugeführt.<sup>56</sup>

## FAZIT

Biokunststoffe stellen heute **noch** keine weniger umweltbelastende Alternative zu konventionellen Kunststoffen dar. Allenfalls für einzelne Anwendungsbereiche (z.B. Folien und andere Hilfsmittel in der Landwirtschaft, bei denen ein Verbleib in der Umwelt und eine Verrottung aus betrieblichen Gründen gewollt ist) können sie als vorteilhaft angesehen werden.

Bei einer Weiterentwicklung der biobasierten und biologisch abbaubaren Kunststoffe, der Definition von zulässigen Anbaumethoden und der Anpassung abfallwirtschaftlicher Rahmenbedingungen ist in Zukunft eine positivere Bewertung von „Bioplastik“ nicht auszuschließen.

Der WWF nennt folgende Anforderungen die nachhaltige, ökologisch vorteilhafte Biokunststoffe erfüllen müssten:

- Erzeugung mit Rohstoffen aus einer Landwirtschaft, die grundlegende Nachhaltigkeitskriterien erfüllen
- Gentechnikfreie Produktion
- Positive Treibhausgasbilanz gegenüber dem bisher verwendeten Material entlang ihrer gesamten Produktlebensdauer von der Herstellung bis zur Entsorgung
- Ökobilanz, bei der mindestens die Hälfte der Parameter positiv ausfallen und die insgesamt bei der Betrachtung aller Kriterien mindestens genauso gut abschneidet wie das Vergleichssystem
- Recycling in einem geschlossenen Wertstoffkreislauf, so dass zukünftig z.B. aus einer alten Verpackung wieder eine gleichwertige neue Verpackung hergestellt werden kann.

Die Einschätzung von Biokunststoffen fällt insgesamt also ambivalent aus. Der größte Vorteil biobasierter Kunststoffe ist die Schonung fossiler Ressourcen wie Erdöl und Erdgas. Zudem können sie mit einheimischen Wertschöpfungsketten hergestellt werden, was Arbeitsplätze in der Landwirtschaft und den weiterverarbeitenden chemischen Betrieben schafft. Allerdings gibt es bisher nur wenige und nicht verallgemeinerbare Analysen ihres Beitrags zum Klima- und Ressourcenschutz und zur anderweitigen Entlastung der Umwelt. Untersuchungen haben gezeigt, dass Bio-Kunststoffe relativ langsam verrotten, was für die Verwertung in industriellen Kompostierungs- und Vergärungsanlagen ein Problem darstellt. Weiterhin liegt ein großes Problem der Bio-Kunststoffe darin, dass für ihre Herstellung auf Ressourcen zurückgegriffen wird, die ansonsten zur Produktion von Nahrungsmitteln dienen könnten. Der intensive Anbau von Rohstoffen wie Zuckerrüben, Mais oder Kartoffeln verursacht Umwelt- und Gesundheitsschäden, etwa durch Pestizide, Dünger und einen hohen Wasserverbrauch. Insgesamt wird damit die globale Konkurrenz um Nutzflächen

---

<sup>56</sup> DUH-Presseerklärung; Münchener Mehrweggebot wird nicht durchgesetzt: Weiter Einweg in der Allianz-Arena

weiter verstärkt. Eine 2012 veröffentlichte Übersichtsstudie zu biobasierten Kunststoffen weist auch auf den verstärkten Einsatz genetisch modifizierter Pflanzen als Eingangsstoff hin, insbesondere in den USA<sup>57</sup>.

---

<sup>57</sup> Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH; Einsparpotenziale beim Kunststoffeinsatz durch Industrie, Handel und Haushalte in Deutschland; Studie im Auftrag der NABU Bundesgeschäftsstelle; 2015

## Mehrwegsysteme und Mehrfachnutzung zur Verringerung des Kunststoffabfalls

Der Duden definiert **Mehrwegsystem** als Gesamtheit der Maßnahmen, die die Rücknahme und das Sammeln von Verpackungen durch den Handel sowie deren Wiederverwertung durch den Hersteller betreffen.

Das Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML definiert **Mehrwegsystem (engl. reusable system)** als ein Konzept

- zur Mehrfachnutzung von Einheiten, z.B. Verkaufsverpackungen (Pfandflaschen), Transportverpackungen (Container, Mehrweg-Behälter), Transporthilfsmitteln (Europalette) sowie Refill-Systemen (nachfüllbare Verbrauchseinheiten)
- zur Schonung von Ressourcen (z.B. Rohstoffe, Energie) und
- zur Reduzierung des Abfalls

Umgangssprachlich wird das **Mehrwegsystem** meist gleichgesetzt mit **Pfandrücklaufsystemen im Handel vor allem für Getränke**.

So erläutert die Metro AG auf ihrer Internetseite *handel-erklart.de* unter dem Stichwort **Mehrwegsystem**: Verpackungen werden im Rahmen des Mehrwegsystems eingesammelt und nach Reinigung und Befüllung wieder im Handel angeboten. Mehrwegsysteme sind von Politik und Wirtschaft entwickelte Konzepte zur Abfallvermeidung. Sie betreffen vor allem den Handel mit Getränken. Kern des Konzepts ist die intensive Verwendung von Mehrwegverpackungen (zum Beispiel Getränkeflaschen, Getränkekästen, Joghurtgläser), die eine entsprechende Infrastruktur voraussetzt, etwa passende Sammel-, Lager- und Reinigungssysteme. Um Konsumenten zu motivieren, Mehrwegverpackungen zurückzubringen, erhebt der Handel einen bestimmten Geldbetrag als Pfand. Das Pfand bekommt der Kunde zurück, sobald er die Verpackung in der Filiale zurückgibt.

Mehrwegverpackungen können wesentlich zur Reduzierung des Verpackungsabfallaufkommens beitragen und entsprechen der Priorität der Vermeidung und Wiederverwendung vor der stofflichen und energetischen Verwertung sowie der Beseitigung, was in derselben Reihenfolge auch in der europäischen Abfallhierarchie festgelegt ist.<sup>58</sup>

Detaillierte Informationen zur Umweltrelevanz von Mehrwegsystemen und Vergleiche mit Einwegverpackungssystemen finden sich in der Literatur vor allem für Getränkesysteme. Die nachfolgenden Informationen zum Mehrwegsystem beschränken sich im Wesentlichen auf dieses Segment.

Unter **Mehrfachnutzung** wird hier ein weiterer Bereich von Maßnahmen verstanden, die Einwegprodukte durch solche Produkte, die häufiger und längerfristiger genutzt werden, ersetzen.

---

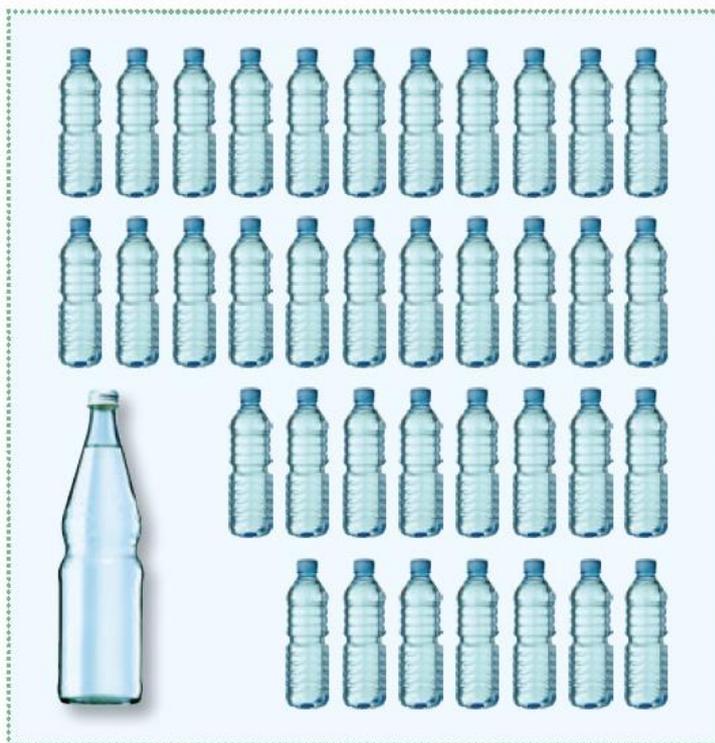
<sup>58</sup> Deutsche Umwelthilfe (DUH), Hintergrundpapier: Informationen zum umweltfreundlichen deutschen Mehrwegsystem, 2014

## Mehrwegsysteme – am Beispiel der Getränkeflaschen

Grundsätzlich zeigen viele Untersuchungen, dass Mehrwegsysteme für Getränke gegenüber Einwegsystemen eine ökologisch vorteilhafte Lösung sind<sup>59</sup>.

### Mehrweg schont natürliche Ressourcen

Nach der EU-Ökodesign-Richtlinie 2009/125/EG<sup>60</sup> hat eine intelligente Verpackungsgestaltung oberste Priorität. Dazu gehört vor allem der Vermeidungsansatz durch Wiederverwendung und die Schließung von Materialstoffkreisläufen, also die hochwertige werkstoffliche Verwertung. Ein Mehrwegsystem mit einem sogenannten doppelten Kreislauf entspricht diesen Anforderungen in ganz besonderer Weise. Durch das häufige Wiederbefüllen von Mehrwegflaschen wird im ersten Kreislauf die ständige Neuproduktion von Flaschen vermieden, die Entstehung von Müll verhindert und der Rohstoffverbrauch gesenkt. Nach dem langen Leben einer Mehrwegflasche kann das Material in einem zweiten Kreislauf vollständig zur Produktion von neuen Mehrwegflaschen eingesetzt werden.



Eine einzige 0,7-Liter Mineralwasserflasche ersetzt 37 1,0-Liter PET-Einwegflaschen

<sup>59</sup> Prognos AG Basel, IFEU-Institut Heidelberg; Gesellschaft für Verpackungsmarktforschung Wiesbaden, Pack Force Oberursel im Auftrag des deutschen Umweltbundsamtes; Ökobilanz für Getränkeverpackungen II; 2000

<sup>60</sup> Richtlinie 2009/125/EG des europäischen Parlamentes und des Rates vom 21. Oktober 2009 zur Schaffung eines Rahmens für die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung energieverbrauchsrelevanter Produkte

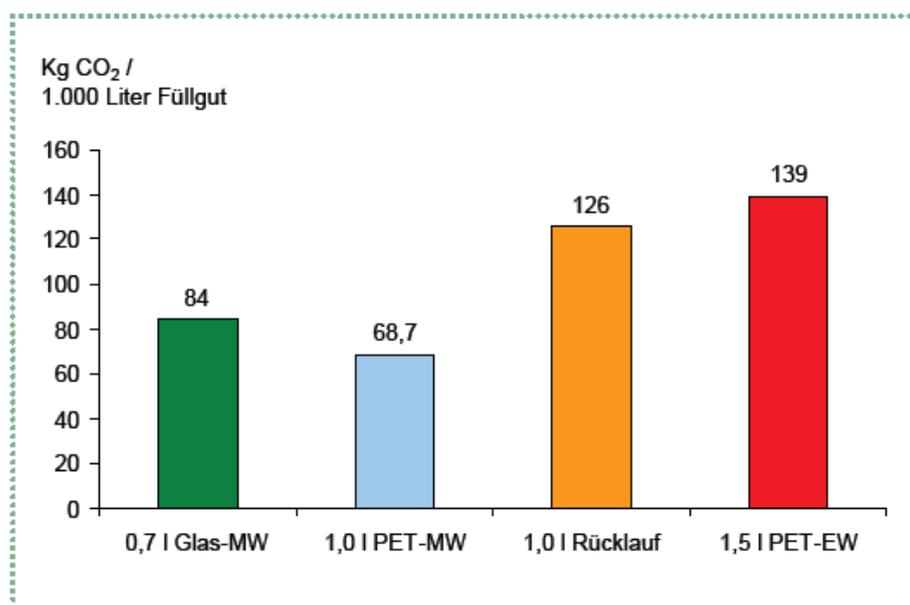
## Mehrweg reduziert Klimagasemissionen

Mehrwegflaschen verursachen im Vergleich zu Einwegflaschen deutlich weniger klimaschädliche CO<sub>2</sub>-Emissionen. Zu diesem Ergebnis kam das Institut für Energie- und Umweltforschung IFEU nach dem ökobilanziellen Vergleich von den vier verschiedenen Mineralwassergebinden:

- 0,7-Liter Glas-Mehrwegflasche,
- 1,0-Liter PET-Mehrwegflasche,
- 1,0-Liter PET-Rücklaufflasche (Petcycleflasche)
- 1,5-Liter PET-Einwegflasche.

Bei der Betrachtung des Indikators Klimawandel schneiden alle Mehrwegflaschen durchgängig besser ab als untersuchte PET-Einwegflaschen. So wird bei Wasser in Mehrwegflaschen durch die häufige Wiederbefüllung und die in der Regel kurzen Transportstrecken nur rund die Hälfte des klimawirksamen Gases CO<sub>2</sub> ausgestoßen als im Vergleich zu Wasser in Einwegflaschen aus Plastik.

Neben Einsparungen von natürlichen Ressourcen durch die mehrfache Wiederbefüllung von Mehrwegflaschen tragen auch die meist relativ kurzen Transportstrecken von Mehrwegprodukten zur Umweltentlastung bei: Mineralwasser in Mehrwegflaschen wird auf dem Weg zu den Verbraucherinnen und Verbrauchern durchschnittlich nur 258 km transportiert, Einwegflaschen mit 482 km fast doppelt so weit. Viele regionale mehrwegorientierte Abfüller haben mit durchschnittlich 30-100 km noch deutlich kürzere Distributionsradien. Pro Liter Mineralwasser in Mehrwegflaschen aus Glas werden 55 Gramm weniger CO<sub>2</sub> verursacht als für die gleiche Menge Mineralwasser in Plastik-Einwegflaschen. Diese 55 Gramm entsprechen so viel CO<sub>2</sub> wie der Stromverbrauch von sechs Tassen Kaffee verursacht. Wenn in Deutschland alle alkoholfreien Getränke ausschließlich in Mehrwegverpackungen abgefüllt würden, könnten im Vergleich zur Abfüllung in Einwegverpackungen jährlich 1,26 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub> eingespart werden. Das entspricht dem jährlichen CO<sub>2</sub>-Gesamtausstoß von rund 575.000 Mittelklassewagen, die im Durchschnitt 15.000 Kilometer pro Jahr fahren.



Beitrag zum Klimawandel: Verschiedene Mineralwassergebinde im Vergleich  
(Quelle: Deutsche Umwelthilfe)

„Der Transport schlägt in der Ökobilanz eines Mineralwassers mit 30 Prozent zu Buche und ist der entscheidende Faktor für die Umweltlast der Wasser“, sagt Studienleiter Benedikt Kauertz deutlich. Mit dem Kauf eines regionalen Wassers könnten die Verbraucher also tatsächlich das Klima schonen. Obendrein fördere man seine Region. Kauertz rät dazu, mit offenen Augen das Etikett der Flasche zu inspizieren und auf die Quelle zu achten. Auch für den Naturschutzbund oder die Deutsche Umwelthilfe sind regionale Wasser die beste Wahl<sup>61</sup>.

Obwohl der Kauf von regionalen Getränken in Mehrwegflaschen die ökologisch beste Wahl ist, geht ihr Marktanteil in vielen Ländern und auch in Luxemburg zurück.

### Glas- und Kunststoffmehrwegflasche im Vergleich

Ob Glas- oder Plastikmehrwegflaschen umweltfreundlicher sind, hängt von vielen Randfaktoren ab. Eine eindeutige pauschale Aussage kann deshalb nicht getroffen werden.

Unter anderem spielt der Energieverbrauch bei Herstellung und Recycling oder in der Logistik eine Rolle. Das Umweltbundesamt empfiehlt grundsätzlich, regional abgefüllte Mehrwegflaschen zu kaufen - egal ob aus Plastik oder Glas. Beide lassen sich bis zu 50 Mal befüllen.

Bei weiten Strecken aber ist die Plastikflasche im Vorteil: Weil sie leichter ist, verbraucht ein beladender LKW weniger Kraftstoff und stößt weniger Emissionen aus<sup>62</sup>.

Mehrwegsysteme die mit genormten einheitliche Flaschen, sogenannten Poolflaschen, funktionieren, können von verschiedenen Abfüllern genutzt werden.

Solche Systeme sind meistens umweltfreundlicher. Die Flaschen müssen nicht nach Form und Abfüller sortiert werden und können meistens regional direkt wieder eingesetzt werden.

### Übersicht zur Klimabilanz von Mehrweg- und Einwegflaschen - Segment Mineralwasser

Das IFEU-Institut verglich in einer Ökobilanz des IFEU-Institutes die Klimabilanz von Glas- und PET-Mehrwegflaschen sowie PET-Einwegflaschen miteinander<sup>63</sup>.

Als funktionelle Einheit wurde die Bereitstellung von 1.000 Liter Füllgut im Handel verwendet. Für die Bewertung der Klimabilanz wurde das Kriterium „**CO<sub>2</sub>-Äquivalente in kg je 1.000 Liter Füllgut**“ verwendet.

Die Ergebnisse lauteten:

- Glas-Mehrwegflasche (Pool-Flasche) der Genossenschaft Deutscher Mineralbrunnen (0,7 l): **84 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalente je 1.000 Liter Füllgut**

---

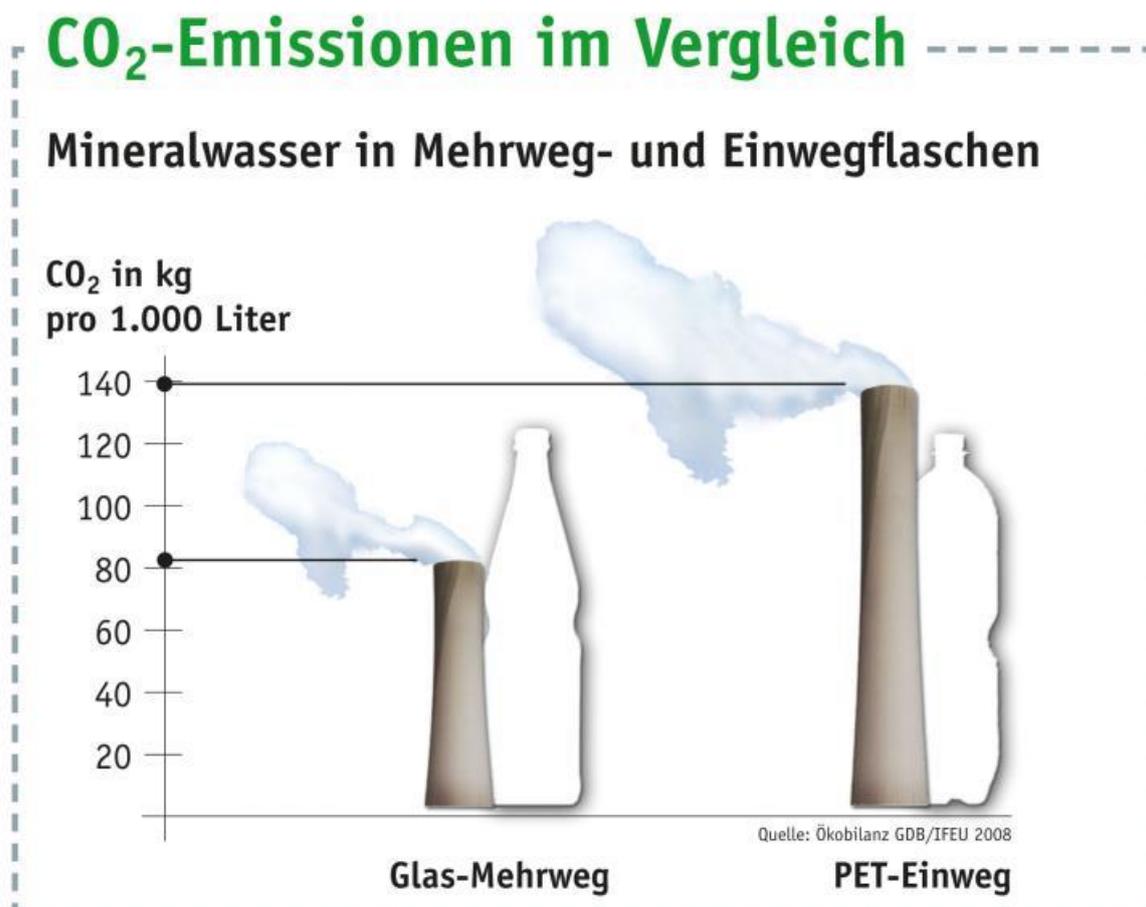
<sup>61</sup> <https://www.zeit.de/2010/31/Gruener-Leben-Mineralwasser/seite-2>

<sup>62</sup> <http://www.spiegel.de/wirtschaft/service/mehrwegflaschen-einwegflaschen-im-pfandflaschen-wirrwarr-a-1031491.html>

<sup>63</sup> IFEU-Institut im Auftrag der Genossenschaft Deutscher Mineralbrunnen (GDB); Ökobilanz der Glas- und PET-Mehrwegflaschen der GDB im Vergleich zu PET-Einwegflaschen; 2008

- PET- Mehrwegflasche (Pool-Flasche) der Genossenschaft Deutscher Mineralbrunnen (1,0 l): **69 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalente je 1.000 Liter Füllgut**
- PET-Einwegflaschen (1,5 l): **139 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalente je 1.000 Liter Füllgut**

Demnach verursacht die Bereitstellung von 1000 L Mineralwasser im Handel 40% weniger CO<sub>2</sub>-Äquivalente, wenn Getränke statt in der 1,5 L PET-Einwegflasche in 0,7 L Glas-Mehrwegflaschen verpackt werden. Bei Verwendung der PET-Mehrwegflasche statt der PET-Einwegflasche lassen sich sogar über 50 % der emittierten CO<sub>2</sub>-Äquivalente einsparen.



#### Freisetzung von Chemikalien aus Kunststoffgetränkeflaschen

Untersuchungen haben gezeigt, dass in Mineralwasser und anderen Getränken, die in PET-Kunststoffflaschen angeboten werden, Chemikalien die aus dem Verpackungsmaterial stammen (z.B. Antimon oder Acetaldehyd), nachgewiesen werden können. Das trifft sowohl für Einweg- als auch Mehrwegflaschen zu<sup>64</sup>. Ob dies gesundheitliche Auswirkungen durch den Genuss der Getränke hat, ist nicht geklärt. In der Literatur finden sich unterschiedliche Einschätzungen hierzu. Die in der EU geltenden max. Gehaltswerte, bei deren Einhaltung

<sup>64</sup> <http://www.spiegel.de/wirtschaft/service/mehrwegflaschen-einwegflaschen-im-pfandflaschen-wirrwarr-a-1031491.html>

gesundheitliche Beeinträchtigungen ausgeschlossen werden, wurden in den untersuchten PET-Flaschen unterschritten<sup>65</sup>.

### **Gegenüberstellung von (Einweg-)Verpackungen aus biologisch abbaubaren Kunststoffen und Verpackungsmehrwegsystemen**

Wie unter dem Punkt „Biologisch abbaubare Kunststoffe – Entschärfung der Kunststoffproblematik?“ dieser Literaturrecherche gezeigt, stellen biologisch abbaubare und biobasierte Kunststoffe derzeit keine Alternative zu herkömmlichen Kunststoffen, die aus Erdölderivaten gewonnen werden, dar. Bewertet man alle mit Ihnen verbundenen Umwelteinflüsse während des gesamten Produktzyklus - von der Rohstoffgewinnung bis zur Behandlung als Abfall – weisen sie keine Umweltvorteile auf.

Lediglich bei bestimmten Anwendungsfeldern macht die Verwendung von biologisch abbaubaren Plastikprodukten aus ökologischer Sicht einen Sinn. Hierzu zählen z.B. Mulchfolien in der Landwirtschaft, Bindematerial im Obst- und Weinbau oder Saatgutbänder im Gartenbau.

Die Verwendung biobasierter Kunststoffe - ob biologisch abbaubar oder nicht – für Einwegverpackungen und verschiedene andere Zwecke, stellt aus ökologischer Sicht heute also noch keine vorteilhafte Alternative zu herkömmlichen Kunststoffen dar.

Insofern macht es nur eingeschränkt Sinn bei einem Vergleich von Mehrwegsystemen mit Einwegsystemen bei letzteren zwischen solchen, die auf biobasierten und solchen aus herkömmlichen Kunststoffen gründen, zu unterscheiden.

Nachfolgend werden deshalb in einer ersten Übersicht die Vor- und Nachteile von biobasierten Kunststoffen denjenigen von konventionellen Kunststoffen gegenübergestellt. In weiteren Übersichten werden jeweils Mehrwegsysteme mit Einwegsystemen aus Kunststoff verglichen.

Mittlerweile in Luxemburg relativ gebräuchlich ist die Verwendung von Sammeltüten für Bioabfälle in der Küche aus biologisch abbaubarem Kunststoff. Auf dieses Produkt wird deshalb in einer gesonderten Übersicht eingegangen.

---

<sup>65</sup> BfR, Bundesinstitut für Risikobewertung; *Ausgewählte Fragen und Antworten zu PET-Flaschen*; 2015 (<http://www.bfr.bund.de/cm/343/ausgewaehlte-fragen-und-antworten-zu-pet-flaschen.pdf>)

### Vergleich Umweltaspekte: Einwegkunststoffverpackungen aus biobasierten und herkömmlichen Kunststoffen

		Vorteile	Nachteile
Abfallaspekt	Verpackungen aus herkömmlichen Kunststoffen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• stofflich verwertbar;</li> <li>• funktionierende Erfassungs-, Aufbereitungs- und Verwertungsstrukturen für bestimmte Kunststoffarten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• reichert sich in der Umwelt an, wenn keine systematische Erfassung von Verpackungsabfall;</li> <li>• zerfällt unter Umwelteinflüssen zu Mikroplastik</li> <li>• große Vielfalt an Kunststoffarten und Zusätzen (Additive) erschwert das hochwertige Recycling</li> </ul>
	Verpackungen aus biobasierten Kunststoffen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• bei vollständig biologisch abbaubaren biobasierten Kunststoffen Zersetzung des Grundkunststoffs zu Wasser und Kohlendioxid in der Natur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• stoffliche Verwertung nicht oder nur in geringem Umfang möglich</li> <li>• stört die Aufbereitung und Verwertung von herkömmlichen Kunststoffen; wird daher als Störstoff aussortiert und entsorgt (deponiert oder thermisch verwertet)</li> <li>• bei Kompostierung biologisch abbaubarer Kunststoffe (z.B. Sammeltüten für Bioabfälle) kein positiver Effekt (z.B. Düngewirkung oder Bodenverbesserung) auf den Kompost; daher nicht als Verwertung, sondern eher als Entsorgung einzustufen</li> <li>• nicht biologische abbaubare biobasierte Kunststoffe sind Störstoffe und können ggf. sich als Kleinstpartikel und Mikroplastik im Kompost und damit im Boden anreichern</li> <li>• in Vergärungsanlagen sind biologische abbaubare Kunststoffe Störstoffe</li> <li>• Additive im biologisch abbaubaren (Grund)kunststoff bleiben u.U. nach Zersetzung zurück (z.B. Farben, Weichmacher, Fasern etc.)</li> </ul>

Energie- und Klimabilanz	Verpackungen aus herkömmlichen Kunststoffen	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schlechtere Energie- und Klimabilanz bei der Herstellung</li> </ul>
	Verpackungen aus biobasierten Kunststoffen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• i.d.R. Günstigere Energie- und Klimabilanz bei der Herstellung gegenüber herkömmlichen Kunststoffen</li> </ul>	-
Sonstige Aspekte	Verpackungen aus herkömmlichen Kunststoffen	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hohe Umweltrisiken und Gefahren bei der Rohstoffgewinnung und -verarbeitung (Ölförderung; Raffinerien)</li> </ul>
	Verpackungen aus biobasierten Kunststoffen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nur in spezifischen Fällen relativ geringe Auswirkungen auf Umwelt und Gesundheit (extensive Anbaumethoden, Produktion auf Böden, die nicht Nahrungsmittelzeugung dienen, etc.)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bei Gewinnung der nachwachsenden Rohstoffe durch intensive Anbauverfahren hohe Umweltrisiken (Pestizideinsatz, Nährstoffproblematik, Bodendegradation, Artenschutz)</li> <li>• Flächenkonkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion</li> </ul>

## Vergleich Einwegsysteme auf Kunststoffbasis mit verschiedenen Mehrwegsystemen

(Anmerkung: bestimmend für den nachfolgenden Vergleich sind die grundlegenden Eigenschaften und Unterschiede zwischen dem Einweg- und dem Mehrwegsystem; auf verschiedene zum Einsatz kommende Materialien wird nur dann eingegangen, wenn sie spezifische Vor- oder Nachteile aufweisen; zum Vergleich und der ökologischen Bewertung von biobasierten und herkömmlichen Kunststoffen siehe vorstehende Übersicht))

Verpackungssystem für Getränke		
	Vorteile	Nachteile
Einweg-Flasche aus Kunststoff <sup>1)</sup>	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Höherer spezifischer Energie- und Rohstoffverbrauch pro Nutzungszyklus</li> <li>• Bei Verwendung von Kunststoffverbunden mit Anteilen biobasierter Kunststoffe:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Recycling u.U. technisch und qualitativ nur eingeschränkt möglich</li> <li>- Aufbereitung und Verwertung im Rahmen bestehender Erfassungs- und Recyclingsysteme nicht oder nur nach Neukonzeption der Systeme möglich</li> </ul> </li> <li>• pro Nutzungszyklus fällt die Verpackungseinheit als Abfall an</li> <li>• in Luxemburg werden die Verpackungen gemischt gesammelt; daraus folgt ein hoher Aufwand für die Trennung der Verpackungen nach Materialart im Vorfeld des Recyclings</li> </ul>
Mehrweg- Flasche	<ul style="list-style-type: none"> <li>• geringerer spezifischer Energie- und Rohstoffverbrauch pro Nutzungszyklus</li> <li>• nach bis zu 50 Nutzungszyklen fällt die Verpackungseinheit als Abfall an; Flaschen werden im Rahmen des Rücknahmesystems separiert und einem hochwertigen Recycling zugeführt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Energieverbrauch für den Rücktransport und das Waschen der Mehrwegflaschen; je weiter die Transportentfernungen für die Produkte in Mehrwegsystemen sind, desto stärker kommt Nachteil zum Tragen; bei regionalen Mehrwegsystemen führt der Aspekt nicht zu negativen Einstufungen gegenüber dem Einwegsystem</li> </ul>

<sup>1)</sup> Biologisch abbaubare Kunststoffe finden, soweit bekannt, keine Verwendung als Getränkeflasche; Flaschen können dagegen aus biobasierten Kunststoffen hergestellt werden

Ausschankgetränke		
	Vorteile	Nachteile
Einwegbecher	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Deutlich höherer spezifischer Energie- und Rohstoffverbrauch pro Nutzungszyklus</li> <li>• Insgesamt deutlich schlechtere Ökobilanz als Mehrwegbecher</li> <li>• Nach einmaliger Nutzung fällt der Becher als Abfall an</li> <li>• Littering/wilde Entsorgung, wenn nicht bepfandet</li> <li>• Werden in Luxemburg nicht separat erfasst und verwertet</li> <li>• Becher aus biologisch abbaubaren Kunststoffen nur eingeschränkt über die Kompostierung und nicht über die Vergärung verwertbar</li> </ul>
Mehrwegbecher	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Deutlich geringerer spezifischer Energie- und Rohstoffverbrauch pro Nutzungszyklus</li> <li>• Insgesamt deutlich bessere Ökobilanz als Mehrwegbecher</li> <li>• Wird mehr als 100 mal benutzt (Untersuchung deutsche Bundesliga)</li> <li>• Littering/Wilde Entsorgung eingeschränkt, wenn bepfandet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Energieverbrauch für das Spülen der Mehrwegflaschen; verringert sich aber mit jedem weiteren Nutzungszyklus</li> </ul>

<b>Einkaufstüten</b>		
	<b>Vorteile</b>	<b>Nachteile</b>
Einwegtüte	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Deutlich höherer spezifischer Energie- und Rohstoffverbrauch pro Nutzungszyklus</li> <li>• Nach einmaliger Nutzung fällt Tüte in der Regel als Abfall an</li> <li>• Erfassungssystem in Luxemburg nicht einheitlich ausgebaut; bei gemischter Erfassung von Verpackungen hoher Aufwand zur Sortierung nach Materialart</li> </ul>
Mehrwegtasche	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Deutlich geringerer spezifischer Energie- und Rohstoffverbrauch pro Nutzungszyklus (=Einkauf)</li> <li>• Littering/Wilde Entsorgung eingeschränkt, wenn bepfandet oder umtauschbar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausprägung der Umweltvorteile hängt von Nutzungsdauer und -art ab</li> </ul>

<b>Sammeltüte Bioabfall</b>		
	<b>Vorteile</b>	<b>Nachteile</b>
Einwegtüte aus biologisch abbaubaren Kunststoff	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zersetzt sich bei der Kompostierung in einer Kompostierungsanlage</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zersetzt sich nicht oder nur teilweise und sehr langsam bei Gartenkompostierung</li> <li>• Störstoff bei der Vergärung</li> <li>• Verwechslungsgefahr mit nicht abbaubaren Kunststofftüten</li> </ul>

## KUNSTSTOFFEINSPARUNGSPOTENZIALE ERSCHLIESSEN UND AUSBAUEN

Um den komplexen Umweltproblemen im Zusammenhang mit Plastik zu begegnen sind ebenso komplexe Lösungen und Konzepte erforderlich. Angesichts der Dringlichkeit und der Dimension des Problems müssen diese schnell und im globalen Rahmen entwickelt werden.

Auf politischer Ebene hat die EU reagiert und Anfang 2018 ihre Plastikstrategie vorgelegt. Diese wird nachfolgend erläutert.

In einer interessanten Studie zur Vermeidung von Plastikabfällen hat das Wuppertal-Institut verschiedene Optionen zur Verringerung von Kunststoffes beleuchtet und bewertet. Die weit gefassten und umfänglichen Ansätze werden nachfolgend erläutert.

### Die Plastikstrategie der EU-Kommission

Jedes Jahr erzeugen die Europäer 25 Millionen Tonnen Kunststoffabfälle, jedoch weniger als 30 Prozent werden für das Recycling gesammelt. Weltweit machen Kunststoffe einen Anteil von 85 Prozent der Abfälle an Stränden aus. Kunststoffe enden selbst in den Lungen und auf den Tellern der Bevölkerung. Die Auswirkungen des Mikroplastiks in Luft, Wasser und Lebensmitteln auf unsere Gesundheit sind bisher unbekannt.

Anfang 2018 legte die EU-Kommission ihre Plastikstrategie vor, mit der sie das Problem entschieden angehen will.

Hauptpunkte der Strategie sind:

- **Kunststoffrecycling zu einem lohnenden Geschäft machen**, durch neue Vorschriften für Verpackungen hinsichtlich ihrer Recyclingfähigkeit . Dadurch soll die Nachfrage nach recyceltem Kunststoff erhöht werden. Weiterhin soll ein verbessertes standardisiertes System für die getrennte Sammlung und Sortierung von Abfällen in der gesamten EU geschaffen werden.
- **Kunststoffabfälle eindämmen** durch neue Rechtsvorschriften nach dem Vorbild der Regelungen für Kunststofftragetaschen für sonstige Einwegkunststoffe sowie Fanggeräte (Fischerei). Auch sollen Maßnahmen ergriffen werden, um die Verwendung von Mikroplastik in Produkten zu beschränken, und Logos für biologisch abbaubare und kompostierbare Kunststoffe festgelegt werden.
- **Vermüllung der Meere aufhalten durch** neue Vorgaben über Hafenauffangvorrichtungen, die sicherstellen sollen, dass auf Schiffen anfallende oder auf See gesammelte Abfälle an Land gebracht werden und dort ordnungsgemäß behandelt werden.
- **Investitionen und Innovationen mobilisieren durch Richtlinien, wie Kunststoffabfälle an der Quelle soweit wie möglich vermieden werden können. Außerdem sollen innovative Ansätze zur Entwicklung intelligenterer und recyclingfähigerer Kunststoffe, effizienterer Recyclingverfahren und zur**

Beseitigung gefährlicher Stoffe und Kontaminanten aus recycelten Kunststoffen **finanziell gefördert werden.**

- **Globaler Wandel im Umgang mit Kunststoffen durch internationale Zusammenarbeit mit dem Ziel globale Lösungen und internationale Standards zu finden.**

In ihrem Anhang enthält die Strategie detaillierte Maßnahmen auf EU-Ebene sowie Empfehlungen für die Mitgliedsstaaten und die Industrie.

Die vier Hauptmaßnahmengruppen sind:

- 1) Verbesserung der Wirtschaftlichkeit und der Qualität des Kunststoffrecyclings
- 2) Reduzierung von Plastikabfällen und Littering
- 3) Lenkung von Investitionen und Innovationen in Richtung zirkulärer Lösungen
- 4) Entwicklung globaler Aktivitäten

Die Einzelmaßnahmen und Empfehlungen sind den nachfolgenden Tabellen zu entnehmen.

### Liste der zukünftigen Maßnahmen der EU zur Implementierung der Strategie<sup>66</sup>

Measures	Timeline
<b>Improving the economics and quality of plastics recycling</b>	
<b>Actions to improve product design:</b>	
- Preparatory work for future revision of the Packaging and Packaging Waste Directive: Commission to initiate work on new harmonised rules to ensure that by 2030 all plastics packaging placed on the EU market can be reused or recycled in a cost-effective manner.	Q1 2018 onwards
- follow-up to COM (2018) 32 "Communication on the implementation of the circular economy package: options to address the interface between chemical, product and waste legislation": improve the traceability of chemicals and address the issue of legacy substances in recycled streams	Q1 2018 onwards
- new eco-design measures: consider requirements to support the recyclability of plastics	ongoing
<b>Actions to boost recycled content:</b>	
- launching an EU-wide pledging campaign targeting industry and public authorities	Q1-Q3 2018
- assessment of regulatory or economic incentives for the uptake of recycled content, in particular in the context of the: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Revision of the Packaging and Packaging Waste Directive (see above)</li> <li>- Evaluation/review of the Construction Products Regulation</li> <li>- Evaluation/review of End-of-life Vehicles Directive</li> </ul>	Q1 2018 onwards
- as regards food-contact materials: swift finalisation of pending authorisation procedures for plastics recycling processes, better characterisation of contaminants and introduction of monitoring system	ongoing
- development of quality standards for sorted plastics waste and recycled plastics in cooperation with the European Standardisation Committee	2018
- Ecolabel and Green Public Procurement: Further incentivise the use of recycled plastics, including by developing adequate verification means	2018 onwards
<b>Actions to improve separate collection of plastic waste:</b>	
- issue new guidelines on separate collection and sorting of waste	2019
<b>Curbing plastic waste and littering</b>	
<b>Actions to reduce single-use plastics:</b>	
- analytical work, including the launch of a public consultation, to determine the scope of a legislative initiative on single-use plastics	ongoing
<b>Actions to tackle sea-based sources of marine litter:</b>	
- adoption of a legislative proposal on port reception facilities for the delivery of waste from ships	Q1 2018
- development of measures to reduce loss or abandonment at sea of fishing gear (e.g. including recycling targets, EPR schemes, recycling funds or deposit schemes)	2018 onwards
- development of measures to limit plastic loss from aquaculture (e.g. possible Best Available Techniques Reference Document)	
<b>Actions to monitor and curb marine litter more effectively:</b>	
- improved monitoring and mapping of marine litter, including microplastics, on the basis of EU harmonised methods	2018 onwards
- support to Member States on the implementation of their programmes of measures on marine litter under the Marine Strategy Framework Directive, including the link with their waste/litter management plans under the Waste Framework Directive	
<b>Actions on compostable and biodegradable plastics:</b>	
- start work to develop harmonised rules on defining and labelling compostable and biodegradable plastics	Q1 2018 onwards
- conduct a lifecycle assessment to identify conditions where their use is beneficial, and criteria for such application	Q1 2018 onwards
- start the process to restrict the use of oxo-plastics via REACH	ongoing

<sup>66</sup> European Commission, Annexes to the Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions - A European Strategy for Plastics in a Circular Economy, 16.01.2018

<p><b>Actions to curb microplastics pollution:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- start the process to restrict the intentional addition of microplastics to products via REACH</li> <li>- examination of policy options for reducing unintentional release of microplastics from tyres, textiles and paint (e.g. including minimum requirements for tyre design (tyre abrasion and durability if appropriate) and/or information requirement (including labelling if appropriate), methods to assess microplastic losses from textiles and tyres, combined with information (including possibly labelling)/minimum requirements, targeted research and development funding)</li> <li>- development of measures to reduce plastic pellet spillage (e.g. certification scheme along the plastic supply chain and/or Best Available Techniques reference document under the Industrial Emissions Directive)</li> <li>- evaluation of the Urban Waste Water Treatment Directive: assessing effectiveness as regards microplastics capture and removal</li> </ul>	<p>ongoing</p> <p>ongoing</p> <p>Q1 2018 onwards</p> <p>ongoing</p>
<b>Driving investment and innovation towards circular solutions</b>	
<p><b>Actions to promote investment and innovation in the value chain:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Commission guidance on the eco-modulation of EPR fees</li> <li>- Recommendations by the recently launched 'Circular Economy Finance Support Platform'</li> <li>- examine the feasibility of a private-led investment fund to finance investments in innovative solutions and new technologies aimed at reducing the environmental impacts of primary plastic production</li> <li>- direct financial support for infrastructure and innovation through the European Fund for Strategic Investment and other EU funding instruments (e.g. structural funds and smart specialisation strategies, Horizon 2020)</li> <li>- pursue work on life-cycle impacts of alternative feedstocks for plastics production</li> <li>- development of a Strategic Research Innovation Agenda on plastics to guide future funding decisions</li> </ul>	<p>2019</p> <p>in mid-2018</p> <p>By mid-2019</p> <p>ongoing</p> <p>2018 onwards</p> <p>Q2 2018</p>
<b>Harnessing global action</b>	
<p><b>Actions focusing on key regions:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- project to reduce plastic waste and marine litter in East and South-East Asia to support sustainable consumption and production, the promotion of the waste hierarchy and extended producer responsibility, and improve recovery of fishing gear</li> <li>- examining options for specific action to reduce plastic pollution in the Mediterranean, in support of the implementation of the Barcelona Convention</li> <li>- cooperation on plastic waste prevention in major world river basins</li> </ul>	<p>2018 onwards</p>
<p><b>Actions in support of multilateral initiatives on plastic:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- renewed engagement on plastics and marine litter in fora such as the UN, G7, G20, the MARPOL convention and regional sea conventions, including the development of practical tools and specific action on fishing and aquaculture.</li> <li>- support to action under the Basel Convention, particularly for the implementation of the toolkit on environmentally sound waste management</li> </ul>	<p>2018 onwards</p>
<p><b>Actions relating to bilateral cooperation with non-EU countries:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- promote a circular plastics economy in non-EU countries through policy dialogues on trade, industry and environment, as well as economic diplomacy</li> <li>- use bilateral, regional and thematic funding in EU development, neighbourhood and enlargement policies to support the plastics strategy by preventing and appropriately managing waste and supporting the circular economy; through programmes and instruments including 'Switch to Green' and the External Investment Plan</li> </ul>	<p>2018 onwards</p>
<p><b>Actions relating to international trade:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- support the development of international industry standards on sorted plastic waste and recycled plastics</li> <li>- ensure that exported plastic waste is dealt with appropriately in line with the EU Waste Shipment Regulation</li> <li>- support the development of a certification scheme for recycling plants in the EU and in third countries</li> </ul>	<p>2018 onwards</p>

Liste der empfohlenen Maßnahmen für Mitgliedsstaaten und Industrie

<b>Key measures to improve the economics and quality of plastics recycling</b>
<p><b>National and regional authorities are encouraged to:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ favour reusable and recycled plastics in public procurement;</li> <li>➤ make better use of taxation and other economic instruments to:             <ul style="list-style-type: none"> <li>- reward the uptake of recycled plastics and favour reuse and recycling over landfilling and incineration</li> <li>- step up separate collection of plastics waste and improve the way in which this is done</li> </ul> </li> <li>➤ put in place well-designed EPR schemes and/or deposit systems, in consultation with the relevant sectors</li> <li>➤ make voluntary commitments in support of the strategy's objectives, in particular as regards the uptake of recycled plastics</li> </ul>
<p><b>Industry is encouraged to:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ take concrete steps to improve dialogue and cooperation across the value chain, in particular on material and product design aspects</li> <li>➤ make voluntary commitments in support of the strategy's objectives, in particular as regards the uptake of recycled plastic</li> </ul>
<b>Key measures to curb plastic waste and littering</b>
<p><b>National and regional authorities are encouraged to:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ raise awareness of littering and consider fines, where they do not exist already; promote beach clean-up activities</li> <li>➤ step up waste collection, particularly near the coasts, and improve coordination between the authorities responsible for waste management, water and the marine environment</li> <li>➤ step up efforts to eradicate illegal and non-compliant landfills</li> <li>➤ develop national monitoring of marine litter on the basis of harmonised EU methods</li> <li>➤ engage in regional seas conventions, in particular to develop regional plans against marine litter</li> <li>➤ consider introducing EPR, in particular to provide incentives for collecting discarded fishing gear and recycling agricultural plastics</li> <li>➤ consider introducing deposit refund schemes, in particular for beverage containers</li> </ul>
<p><b>Industry is encouraged to:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ promote existing alternatives to single-use plastic items (e.g. in catering and take-aways), where these are more environmentally beneficial</li> <li>➤ pursue and implement cross-industry agreements to reduce the release of microplastics in the environment</li> <li>➤ put in place measures to avoid spillage of plastic pellets</li> </ul>
<b>Key measures to drive investments and innovation towards circular solutions</b>
<p><b>National, regional and local authorities are encouraged to:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ make better use of economic instruments, especially to raise the cost of landfilling and incineration and promote plastic waste recycling and prevention</li> <li>➤ make greater use of public procurement and funding to support plastic waste prevention and recycling of plastics</li> </ul>
<p><b>Industry is encouraged to:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ increase infrastructure and R&amp;D investment in areas of direct relevance to achieving the strategy's objectives</li> <li>➤ contribute to work on setting up a private investment fund to offset the environmental externalities of plastic production</li> </ul>
<b>Key measures to harness global action</b>
<p><b>National and regional authorities, including in non-EU countries, are encouraged to:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ engage in international fora to develop a global response to the increase in marine litter</li> <li>➤ take domestic action to reduce the leakage of plastics in the environment, prevent plastic waste and increase recycling</li> </ul>
<p><b>Industry is encouraged to:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Play an active part in supporting an integrated, cross-border circular plastics economy, including through the development of a global protocol for plastics</li> </ul>

## Einsparpotenziale beim Kunststoffeinsatz – Studie des Wuppertal-Institutes

In einer Studie im Auftrag des Naturschutzbundes Deutschland (NABU) untersucht das Wuppertal-Institut 9 verschiedene Optionen zur Reduzierung des erdölbasierten Plastikabfalls auf den Ebenen Produktion, Handel und Verbraucher und erläutert ihre Vor- und Nachteile. Da die Arbeit aufgrund des dargestellten weiten Spektrums der Ansätze und der differenzierten Abschätzung ihres Umsetzungsaufwandes sowie des möglichen Umfangs der Einsparmöglichkeiten einen guten Überblick zu denkbaren Lösungsstrategien zur Entschärfung der Kunststoffproblematik gibt werden ihre Ergebnisse nachfolgend eingehender erläutert. Soweit nicht anders vermerkt stammen alle Zitate, Übersichten und Abbildungen aus der Studie.

## REDUKTIONSPOTENTIALE BEI DER PRODUKTION VON KUNSTSTOFFEN

### Option 1: Substitution durch nachwachsende Rohstoffe

Das maximale Gesamtpotenzial des technischen Ersatzes petrochemischer Kunststoffe durch ihre biobasierten Alternativen kann nach Untersuchungen an der Universität Utrecht auf 270 Mt (Millionen Tonne) oder 90% der 2007 weltweit konsumierten Polymere (inklusive Faserstoffe) geschätzt werden. Obwohl es unter anderem aufgrund von Flächennutzungskonkurrenzen nicht möglich sein wird, dieses technische Substitutionspotenzial kurz- bis mittelfristig zu nutzen, zeigen z.B. von European Bioplastics veröffentlichte Studien, dass **aus technischer Perspektive** sehr hohe Chancen für den Ersatz petrochemischer durch biobasierte Kunststoffe bestehen.

Die Einschätzung von Biokunststoffen ist insgesamt ambivalent. Der größte Vorteil biobasierter Kunststoffe ist die Schonung fossiler Ressourcen wie Erdöl und Erdgas. Zudem können sie mit einheimischen Wertschöpfungsketten hergestellt werden, was Arbeitsplätze in der Landwirtschaft und den weiterverarbeitenden chemischen Betrieben schafft. Untersuchungen haben gezeigt, dass Bio-Kunststoffe relativ langsam verrotten, was für die Verwertung in industriellen Kompostierungs- und Vergärungsanlagen ein Problem darstellt. Weiterhin liegt ein großes Problem der Bio-Kunststoffe darin, dass für ihre Herstellung auf Ressourcen zurückgegriffen wird, die ansonsten zur Produktion von Nahrungsmitteln dienen könnten. Der intensive Anbau von Rohstoffen wie Zuckerrüben, Mais oder Kartoffeln verursacht Umwelt- und Gesundheitsschäden, etwa durch Pestizide, Dünger und einen hohen Wasserverbrauch. Insgesamt wird damit die globale Konkurrenz um Nutzflächen weiter verstärkt.

<i>Option 1: Substitution durch nachwachsende Rohstoffe</i>	
<b>Stärken</b>	<b>Schwächen</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schonung fossiler Ressourcen</li> <li>• Herstellung mit einheimischen Wertschöpfungsketten</li> <li>• Möglichkeit der klimaneutralen Entsorgung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einsatz in Reinform wegen nicht normgerechten Fließens häufig nicht möglich</li> <li>• Vergleichsweise hohe Herstellungskosten</li> <li>• Langsame Verrottungszeit problematisch für industriellen Kompostierbetrieb</li> <li>• Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion</li> <li>• Umwelt- und Gesundheitsschäden durch intensiven Rohstoffanbau, Transport und energieintensive Verarbeitungen</li> <li>• Bislang noch fehlende Infrastrukturen zur Kreislaufführung</li> </ul>

Option 2: Verringerung des Kunststoffeinsatzes durch Optimierung von Produktionsprozessen

Unter diesem Ansatz wird die Verbesserung der Materialproduktivität verstanden. Durch leichtere Werkstoffe oder optimierte Herstellungsprozesse mit geringem Anfall von Abfällen könnte der Materialeinsatz in der Produktion verringert werden.

<i>Option 2: Verringerung des Kunststoffeinsatzes durch Optimierung von Produktionsprozessen</i>	
<b>Stärken</b>	<b>Schwächen</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kostenersparnisse durch Materialeinsparung</li> <li>• Zeitersparnis im Produktionsprozess</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investitionskosten zur Modernisierung des Produktionsprozesses</li> <li>• Personelle und zeitliche Ressourcen zur Konzeption und Umsetzung selten vorhanden<sup>89</sup></li> </ul>

Option 3: Einsatz von Kunststoff-Rezyklaten

Die verstärkte Verwendung von Kunststoffrecyclaten könnte den Einsatz von Primärkunststoffen verringern. Verpackungsabfälle und andere Gebrauchsgüter aus Kunststoff werden aufgrund ihrer Materialdiversität noch in deutlich geringerem Umfang recycelt als sortenreine Abfälle aus der Erzeugung und Verarbeitung von Kunststoffen.

Sekundärkunststoffe	Einsatzbereich (Beispiele)	Produktbeispiele
PE-LD-Folienregranulat	Bau Verpackungen Haushaltswaren	Tragetaschen, Abfallsäcke, Folien für Verpackungen (keine Lebensmittel) und Bauanwendungen, Rohre, Profile, Rasengitter.
PP-Regranulat	Fahrzeugbau Bau Verpackungen	Automobilteile (z.B. Unterbodenapplikationen, Radkästenschutz), Rohre, Verpackungen (Non-Food, z.B. Flaschen), Lagerkästen, Regentonnen, Komposter
PE-HD-Regranulat	Bau Haushaltswaren	Kabelschutz-, Abwasser- und Drainagerohre, Profile, Abfallbehälter, Aufbewahrungskörbe, Eimer, Rasengitter
PS-Regranulat	Haushaltswaren Möbelindustrie	Schubladenbox, Kleiderbügel, Möbelemente, Pflanzentrays
EPS-Mahlgut	Bau	Zuschlagstoff für Leichtlochziegel und Leichtbeton, Styroporplatten und -blöcken (Zugabe zu Frischmaterial)
PO-Regranulat aus Mischkunststoffen	Bau Haushaltswaren	Profile, Rohre, Paletten, Verpackungsboxen, Bauzaunfüße, Palisaden, Brettprofile, Sitzbänke, Pfosten
PET-Regranulat	Verpackungen	Flaschen, Folien, Elektronikgeräte

Tabelle 4: Einsatzbereiche für Regranulate aus Sekundärkunststoffen (Herkunft: Verpackungen)

<i>Option 3: Einsatz von Kunststoff-Rezyklaten</i>	
Stärken	Schwächen
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schonung fossiler Ressourcen</li> <li>• Kostenersparnisse durch Einsatz von Sekundärkunststoffen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Überkapazitäten in der thermischen Verwertung führen aktuell zu Kostennachteilen für Kunststoffrezyklate</li> <li>• Unsicherheiten über Qualitäten der Sekundärkunststoffe</li> <li>• Erschwerung der stofflichen Verwertung durch zunehmende Komplexität von kunststoffhaltigen Produkten</li> <li>• Fehlende Wertschätzung der Verbraucher für Sekundärkunststoffe</li> </ul>

Der Einsatz von Kunststoff-Rezyklaten ist in vielen Bereichen bereits gängige Praxis. Viele Produkte mit hohen Rezyklat-Anteilen weisen vergleichbare Qualitäten wie Produkte aus Primärkunststoffen auf. Die Nachfrage nach hochwertigen Rezyklaten übersteigt häufig das Angebot, da es an hochwertigen Input (getrennte sortenreine Kunststoffe) fehlt. Gesetzliche Rahmenbedingungen zur Getrennterfassung, zu materialspezifischen Recyclingquoten oder zu Rezyklatanteilen könnten hier wesentlich zur Schließung von Stoffkreisläufen beitragen.

Im Zusammenhang mit dem Recycling von Kunststoffen ist darauf zu verweisen, dass die zunehmende Komplexität von Kunststoffen und kunststoffhaltigen Produkten (Verbundmaterialien) ihre hochwertige Verwertung erschwert.

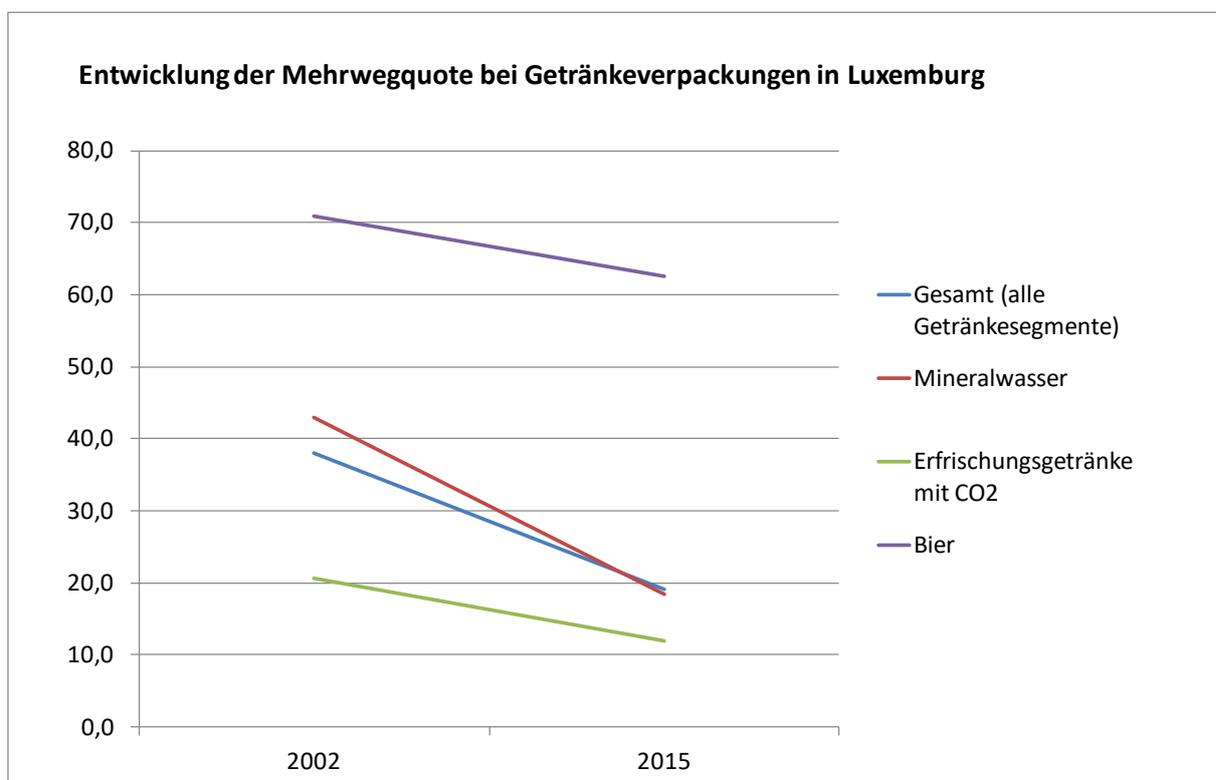
## REDUKTIONSPOTENTIALE IM HANDEL

### Option 4: Kunststoffleichte Verpackungsoptionen

Zahlreiche Beispiele zeigen die Einsparpotenziale auf, die über die Gestaltung von Produkten und ihren Verpackungen realisiert werden könnten. Ob diese Möglichkeiten genutzt werden entscheidet der Handel. Häufig sind noch gegenteilige Entwicklungen zu beobachten.

Einen ganz wesentlichen Beitrag zur Verringerung des Kunststoffeinsatzes im Handel leisten Mehrwegverpackungen im Getränkebereich, da diese direkt wiederbefüllt und bis zu 40 mal wiederverwendet verwendet werden können.

In Deutschland ist die Mehrwegquote bei Getränkeverpackungen jedoch deutlich zurückgegangen. Gleiches trifft für Luxemburg zu.



Quelle: ECO-Conseil s.à.r.l. im Auftrag der Administration de l'Environnement; Mehrwegquote im Getränkebereich im Großherzogtum Luxemburg (Bezugsjahr: 2015); 2016

Optimierte Verpackungen und Mehrwegsysteme können im größten Kunststoffverbrauchssektor zu erheblichen Einsparungen führen.

Vorrangiger Gesichtspunkt beim Design der Verpackungen ist heute ihr Erscheinungsbild. Form und Aussehen sind wichtig für das Marketing. Materialeinsatz und Energieaufwand zur Herstellung spielen eine eher untergeordnete Rolle.

<b>Option 4: Kunststoffleichtes Verpackungsdesign</b>	
<b>Stärken</b>	<b>Schwächen</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schonung fossiler und nachwachsender Ressourcen</li> <li>• Kostenersparnisse durch geringeren Energie- und Materialeinsatz für die Produktion leichterer Kunststoffverpackungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investitionskosten zur Umstellung des Produktionsprozesses</li> <li>• Materialkosten spielen beim Verpackungsdesign nur untergeordnete Rolle</li> </ul>

#### Option 5: Komplettverzicht auf Verpackungen

Einen deutlich radikaleren Ansatz zur Reduktion des Kunststoffeinsatzes und weiterer Ressourcen im Handel stellen Konzepte dar, bei denen Geschäfte komplett auf den Einsatz von Verpackungen oder kunststoffhaltige Produkte verzichten.

In Luxemburg gibt es, soweit bekannt, einen Bio-Supermarkt, der diesen Ansatz verfolgt und 2017 eröffnet wurde ([www.ouni.lu](http://www.ouni.lu)).

Das Ideal des unverpackten Einkaufens zielt sowohl auf die Reduktion von Kunststoffabfällen als auch auf das Verhindern von Lebensmittelabfällen ab, da vordefinierte Verpackungsgrößen wegfallen und der Kunde somit gemäß seinem konkreten Bedarf einkaufen kann.

Neben dem Totalverzicht auf Verpackungen sind auch Trends zu beobachten, auf Kunststoffverpackungen zu verzichten, insbesondere bei Bio-Lebensmitteln und naturbelassenen Drogerieartikeln. Die Lebensmittel werden dabei in Mehrwegbehältnissen oder Papieren angeliefert; aufbewahrt in sogenannten Bulk Bins (Spendersystemen) können sie per Handdruck in selbst mitgebrachte Behältnisse, Recyclingpapiertüten o.Ä. umgefüllt werden.

<b>Option 5: Komplettverzicht auf Verpackungen</b>	
<b>Stärken</b>	<b>Schwächen</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schonung fossiler und nachwachsender Ressourcen</li> <li>• Reduzierung von Lebensmittelabfällen durch Wegfallen vordefinierter Verpackungsgrößen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vermeidung von Lebensmittelabfällen durch erhöhte Haltbarkeit von Lebensmitteln bei zweckmäßiger Verpackung</li> </ul>

Nach Untersuchungen im Auftrag des bayerischen Umweltministeriums eignen sich insbesondere folgende Lebensmittelgruppen aufgrund ihrer Unempfindlichkeit gegen mechanische oder stoffliche Einflüsse von außen oder ihres Frischecharakters und der damit verbundenen kurzen Verweildauer im Geschäft für den offenen Verkauf: Frischobst und Frischgemüse; Speiseöl; Butter, Käse; Brot und frische Backwaren; Nudeln, Vollgetreide, frische Fleisch- und Wurstwaren.

Auf Herstellerseite besteht darüber hinaus bei neuen Verpackungen vielfach die Befürchtung, aufgrund ungebräuchlicher Größen und Formen vom Handel nicht gelistet zu werden. Ein Teil der anfallenden Kosten und Probleme könnte durch die Verwendung eines

bestehenden, einheitlichen Systems und daraus entstehende Synergie- und Größeneffekte verringert werden.

Insgesamt weist das Thema relevante Potentiale zur Reduktion des Kunststoffeinsatzes auf, betrifft bisher jedoch eher eine interessierte Minderheit der Verbraucher.

Option 6: Verringerung des Einsatzes von Einweg-Plastiktüten

<b>Option 6: Verringerung des Einsatzes von Einweg-Plastiktüten</b>	
<b>Stärken</b>	<b>Schwächen</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schonung fossiler Ressourcen</li> <li>• Minderung des Kunststoffeintrags in Gewässer</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gefahr einer Verlagerung auf aus Umweltsicht nicht bessere Alternativen</li> <li>• Möglicherweise irreführende Wertevermittlung und Animation der Verbraucher zur Tütenentsorgung in der Natur bei Papiertüten/biologisch abbaubaren Plastiktüten als Alternative</li> </ul>

**REDUKTIONSPOTENTIALE IM HAUSHALT**

Option 7: ReUse Elektronik

In den vergangenen Jahrzehnten haben Reparatur und Wiederverwendung von Gebrauchsgüterprodukten erheblich an Bedeutung verloren. Gründe dafür sind u.a. die gestiegene Komplexität vor allem elektronischer Produkte sowie die immer kürzeren Innovationszyklen, die zu einem schnellen Wertverlust von Produkten führen.

Die Verlängerung der Nutzungsdauer von Produkten durch Wiederverwendung und Reparatur ist ein insgesamt erfolgversprechender Ansatz, die Kunststoffnachfrage zu verringern. Der durchschnittliche Kunststoffanteil in Haushaltsgroßgeräten entspricht 19 Gew.-%, der in kleinen Haushaltsgeräten 37 Gew.-% und der in Geräten der Informations- und Kommunikationstechnologie 30 Gew.-%. Insbesondere elektronische Geräte enthalten Kunststoffe mit Flammschutzhemmern. Diese werden bislang nicht recycelt. Eine Verlängerung der Nutzungsdauer trägt besonders bei solchen Geräten erheblich zur Einsparung von Kunststoffen bei.



Repair Cafés könnten auch Teil eines Reuse-Konzeptes Elektro-/Elektronikgeräte sein

**Zusammensetzung in %: wertvolle und toxische Stoffe** 

Material	Haushalts-grossgeräte (HHGG)	Haushalts-kleingeräte (HHKG)	ICT und Unterhaltungs-elektronik (ICT/UE)	Leuchtmittel (LM)
Eisen	43	29	36	n.a.
Aluminium	14	9.3	5.0	14
Kupfer	12	17	4.0	0.22
Kunststoff	19	37	12	n.a.
Glas	0.017	0.16	0.30	77
Gold	6.7E-07	6.1E-07	2.4E-04	n.a.
Silber	7.7E-06	7.0E-06	1.2E-03	n.a.
Palladium	3.0E-07	2.4E-07	6.0E-05	n.a.
Indium	0	0	5.0E-04	5.0E-04
Blei	1.6	0.57	0.29	n.a.
Cadmium	0.014	8.3E-03	0.018	n.a.
Quecksilber	3.8E-05	1.9E-05	7.0E-05	0.020
Kunststoff „bromiert“	0.29	0.75	18	3.7
Bleiglas	0	0	19	0
Übriges	10	6.9	5.7	5.0

Quelle: EMPA im Auftrag des schweizerischen Bundesamtes für Umwelt (BAFU) Materialflüsse der elektrischen und elektronischen Geräte in der Schweiz

<b>Option 7: ReUse Elektronik</b>	
<b>Stärken</b>	<b>Schwächen</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schonung fossiler und nachwachsender Ressourcen</li> <li>• Einsparung von Primärkunststoffen, die nicht durch das Recycling erschlossen werden können</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Oftmals ungünstiges Verhältnis von Reparatur- und Neukaufkosten</li> <li>• Rechtliche Unsicherheiten bei Gewährleistung und Haftung</li> <li>• Unzureichendes Wissen über ökologische, ökonomische und soziale Aspekte der Wiederverwendung</li> </ul>

Zur Unterstützung der Wiederverwendung und damit der Reduktion des Kunststoffeinsatzes haben sich z.B. in Österreich Vorgaben zur Verfügbarkeit von Ersatzteilen, einheitliche Qualitätsstandards in der Reparatur und Verschärfungen des Gewährleistungs- und Garantierechts als förderlich erwiesen.

Option 8: Kunststoffeinsparungen durch Dienstleistungen anstelle von Produkten

Ein zweiter Ansatz zur Einsparung von Kunststoffen, der in erster Linie auf die Veränderung von Konsummustern abzielt, ist die Stärkung von Dienstleistungen als Ersatz für die Anschaffung kunststoffhaltiger Produkte – sogenannte „product service systems“ (PSS). Ausgangspunkt dieser Konzepte ist der grundsätzliche Zweifel, ob zur Befriedigung von Konsumbedürfnissen tatsächlich notwendigerweise der Kauf bzw. Besitz einzelner Produkte notwendig ist oder ob diese nicht auch durch innovative Dienstleistungen befriedigt werden können.

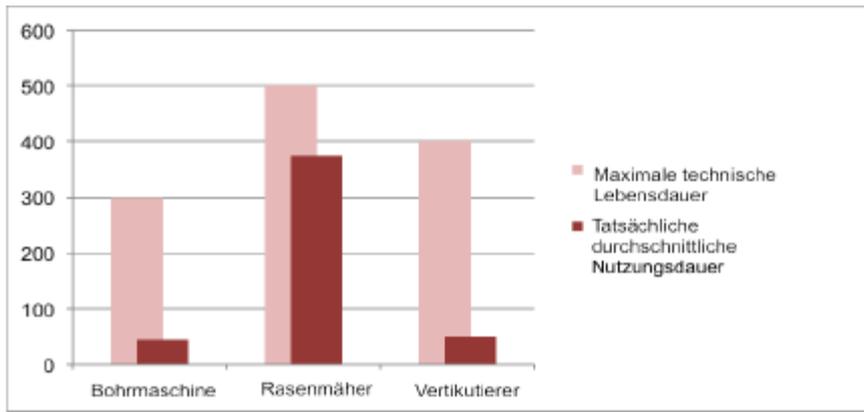


Abbildung 9: Durchschnittliche tatsächliche Nutzungsdauer und maximale technische Lebensdauer ausgewählter Heimwerkergeräte in Privatbesitz (in Stunden)

Quelle: Behrendt und Behr 2000

<i>Option 8: Kunststoffeinsparungen durch Dienstleistungen anstatt Produkte</i>	
Stärken	Schwächen
<ul style="list-style-type: none"> <li>Schonung fossiler und nachwachsender Ressourcen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gefahr von Rebound-Effekten durch Mehrkonsum wegen Kosteneinsparungen</li> </ul>

### Option 9: „Plastik fasten“

Den mit Sicherheit radikalsten Ansatz zur Reduktion des Kunststoffeinsatzes stellen Projekte dar, die unter dem Schlagwort „Plastik fasten“ einen temporären Totalverzicht auf alle kunststoffhaltigen Produkte propagieren.

<i>Option 9: „Plastik fasten“</i>	
Stärken	Schwächen
<ul style="list-style-type: none"> <li>Signifikante Reduktion des Kunststoffeinsatzes</li> <li>Sensibilisierung der Verbraucher für Umwelt- und Gesundheitsgefahren durch Kunststoffe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Begrenzte Verfügbarkeit kunststofffreier Alternativprodukte</li> <li>Hoher persönlicher Aufwand</li> <li>Gefahr der pauschalen Verurteilung von Kunststoffen</li> <li>Ökobilanz ungewiss</li> </ul>

Konzepte des Totalverzichts auf Kunststoffe wie „Plastik fasten“ bilden insgesamt wichtige Grundlagen für den bewussten Umgang mit Kunststoffen und geben sowohl den Verbrauchern als auch den Unternehmen wichtige Impulse für die Verbesserung von Konsum- und Produktionsmustern. Als dauerhaftes Lebensmodell wird es vermutlich nur für eine Minderheit in Frage kommen. Forschungsbedarf besteht bei der Frage, inwieweit die Konsumenten durch einen verringerten Konsum Ressourcen einsparen oder wo sie eventuell auch auf ressourcenintensivere Optionen (z.B. Verpackungen aus Aluminium anstatt Kunststoff) zurückgreifen und damit die Gesamtbilanz schmälern.

## QUANTITATIVE SCHÄTZUNG DER ERREICHBAREN MENGENREDUCTION DURCH DIE NEUN OPTIONEN

Nach Anwendungssektoren werden die möglichen Einsparpotentiale von Kunststoffen durch vorgeschlagene Maßnahmenbündel für 2 Szenarien in der Studie des Wuppertal Institutes geschätzt.

- Szenario 1: „Pflücken der low-hanging-fruits“, d.h. Effekte, die sich durch **Maßnahmen, die ohne großen Widerstand oder reine Umverteilung möglicher Kosteneinsparungen** ergeben könnten
- Szenario 2: **Theoretisch vorstellbare Effekte**, wenn auf den Ebenen Öffentliche Hand, Unternehmen und Haushalte auch harte Eingriffe in den rechtlichen Rahmen, bestehende Geschäftsmodelle und Konsummuster denkbar wären.

Einsparpotenzial Szenario 1

Einsparpotenzial Szenario 2

Sektor/ Option	1 - Substitution durch erneuerbare Rohstoffe	2 - Verringerung des Kunststoff-einsatzes durch Optimierung von Produktionsprozessen	3 - Einsatz von Kunststoff-Rezyklaten	4 - Kunststoffleichte Verpackungsoptionen	5 - Kompletter Verzicht auf Kunststoffverpackungen	6 - Alternativen zu Plastiktüten	7 - ReUse Elektronik	8 - Kunststoffeinsparungen durch Dienstleistungen anstatt Produkte	9 - „Plastik fasten“
Verpackung	5%	5%	5%	20%	5%	5%		5%	
	20%	20%	20%	50%	20%	5%		20%	
Bau	5%	5%	20%					5%	5%
	20%	20%	50%					20%	5%
Fahrzeuge	5%	5%	20%					5%	5%
	20%	20%	50%					20%	20%
Elektro	5%	5%	20%				5%	5%	5%
	20%	20%	50%				20%	20%	20%
Möbel	5%	5%	20%					5%	5%
	20%	20%	50%					20%	20%
Landwirtschaft	5%	5%	20%						5%
	20%	20%	50%						5%

Tabelle 16: Geschätzte Einsparpotenziale in den zwei Alternativszenarien

## Fazit

Aus der von ihm beauftragten Studie des Wuppertal Institutes zieht der Naturschutzbund Deutschland folgendes Fazit<sup>67</sup>:

Gerade die Vermeidungsoption kommt bei derzeitigen Konsumformen faktisch nicht oder nur bei sehr sensibilisierten Personen und Unternehmen vor. Wirtschaft und Politik sind

<sup>67</sup> <https://www.nabu.de/umwelt-und-ressourcen/ressourcenschonung/kunststoffe-und-bioplastik/18737.html>

daher aufgefordert, lang haltbare, reparierbare Produkte und Mehrwegsysteme nachzufragen und zu befördern. Darüber hinaus stellen richtig gewählte Dienstleistungsangebote in einer Sharing-Economy eine Möglichkeit dar, weniger natürliche Ressourcen und damit auch Kunststoffe zu verbrauchen. Weil sich bisher diese Lösungen nicht von allein entwickeln, ist insbesondere die Politik gefragt, ein dahin lenkendes Ordnungsrecht und ökonomische Anreize einzuführen. Ein „business as usual“ kommt für den NABU nicht in Frage.

Kunststoff kann, je nach Nutzung, oft die bessere Alternative zu ressourcenintensiveren Materialien sein. Allerdings muss die für die Anwendung passende Kunststoffsorte gewählt werden. Vor jeder Materialauswahl muss jedoch geklärt sein, ob die Anwendung überhaupt notwendig zur Erfüllung des gewünschten Nutzens ist. Es finden sich viele industrielle Prozesse oder Anschaffungssituationen, wo schlichtweg auf Kunststoffeinsatz und all seine negativen Umweltwirkungen komplett verzichtet oder dieser wesentlich reduziert werden kann. Vergleicht man lediglich die Umweltwirkung von Materialien wie Papier, Beton oder Kunststoff entlang der Liefer-, Verwertungs- und Entsorgungskette, verschließt man allzu oft den Blick vor der Vermeidungslösung. Die Studie zeigt, dass die Potenziale hier noch lange nicht ausgeschöpft sind.

Da eine Prognose zum zukünftigen Kunststoffverbrauch en Detail nicht möglich ist, beschränkt sich die Studie darauf, abzuschätzen, wie viel Kunststoff etwa vermieden werden kann. Dabei gelangen die Autoren zu dem Schluss, dass allein durch einfach umzusetzende Maßnahmen der Kunststoffabsatz gestoppt und sogar auf 7,8 Millionen Tonnen (in Deutschland) leicht gesenkt werden kann. Je mehr und massiver staatliche und gesellschaftliche Maßnahmen zur Plastikvermeidung ergriffen werden, desto stärker lässt sich der Kunststoffverbrauch absenken, im Extremfall wäre sogar eine Reduktion um 80 Prozent gegenüber dem Business-As-Usual-Szenario auf nur mehr 2,6 Millionen Tonnen erreichbar.

### Übersicht zu Möglichkeiten der Verringerung von Plastik

	Industrie	Handel	Verbraucher
<b>Verzicht auf Kunststoff</b>		Unverpackt einkaufen	Plastik fasten  Wieder- und Weiterverwenden von Produkten
<b>Dienstleistungen und Nutzen statt Besitzen</b>	Chemikalienleasing	Vermietung von Werkzeugen	Gemeinsames Nutzen von Gebrauchsgegenständen
<b>Effiziente Produktion</b>	Ressourceneffizienzsteigerung entlang der Wertschöpfungskette		
<b>Neuer oder besserer Kunststoff oder anderes Material</b>	Substitution durch erneuerbare Rohstoffe  Einsatz von Recyclingkunststoff		
<b>Mehrwegsysteme</b>		Tragetaschen, Getränkeverpackungen, Paletten, etc.	

## Beitrag Luxemburgs zur Umweltverschmutzung durch Kunststoffe (plastic pollution)

Mit nachfolgender Tabelle wird eine Übersicht vorgelegt, die eine Einschätzung des spezifischen luxemburgischen Beitrags zur Kunststoffproblematik versucht. Dies erfolgt mittels des Vergleichs einwohnerbezogener Kennwerte in Luxemburg, in Europa und soweit vorliegend weltweit.

Aus den Einschätzungen lassen sich ggf. Aufgabenfelder ableiten, auf denen Luxemburg besondere Verantwortung zur Entschärfung der Plastikproblematik leisten kann.

Faktor	Pfade	Beitrag pro Einwohner			Einstufung
		Kennwert			Luxemburg
		Luxemburg	EU	Welt	
Energie und Rohstoffverbrauch zur Herstellung von Verpackungen und anderen Massenwaren aus Kunststoff	Kunststoffverpackungsabfall	46 kg / a	31 kg / a	Kein Vergleichswert	Hoher Wert
	Anderer Kunststoffabfall in Haushalten (vor allem kurzlebige Verbrauchsprodukte)	5 kg / a	Kein Vergleichswert für EU; Deutschland 5 kg / a	Kein Vergleichswert	Durchschnittlicher Wert
Verschmutzung der Umwelt durch Makrokunststoffe	Littering, illegale Entsorgung, Fehlwürfe Biotonne	103 kg / km Landstraße 216 kg / km Autobahn	Keine Vergleichszahl	Keine Vergleichszahl	Vergleichswerte fehlen
Verschmutzung der Umwelt durch Mikrokunststoffe	Kosmetikprodukte, Wasch-/Reinigungsmittel, Strahlmittel, Kunststoffwachs (Primaires Mikroplastik)	Eintrag von 15,4 mg / Tag aus Flüssigseife <sup>2)</sup>	Eintrag von 20,8 mg / Tag aus Flüssigseife <sup>2)</sup>	Keine Angaben	Relativ geringer Wert
	Zerfall größerer Plastikteile in der Umwelt (durch UV-Licht, mechanische Einwirkung, biologischen Abbau); Fasern aus Kunststoffkleidung (Fleece), Abrieb von Reifen, ...	Keine Angaben	Keine Angaben	Keine Angaben	-

Faktor	Pfade	Beitrag pro Einwohner			Einschätzung Luxemburg
		Kennwert			
		Luxemburg	EU	Welt	
Emissionen durch die Verwertung und Entsorgung von Kunststoffabfällen	Verbrennung im Freien oder in Anlagen, die nicht dem Stand der Technik entsprechen; stoffliche Verwertungsverfahren, die nicht dem Stand der Technik entsprechen	Alle in Luxemburg erfassten Kunststoffabfälle werden stofflich oder thermisch in modernen Anlagen verwertet (geschätzt >90% des Anfalls) oder dem Stand der Technik entsprechend deponiert (<10 % des Anfalls)	In der EU erfasste Kunststoffabfälle werden stofflich oder thermisch verwertet (72,7%) oder geregelt deponiert (27,1%) <sup>1)</sup>	In vielen Ländern der Welt bestehen eine geregelten Abfallerfassungssysteme; existierende Systeme entsprechen häufig nicht dem Stand der Technik	Relativ geringer Wert
Direkte Verschmutzung der Weltmeere durch Makrokunststoffe	Eintrag von Land über die Flüsse; direkte Müllentsorgung ins Meer oder an den Stränden; Schiffsverkehr und Fischerei	Keine Angaben; Schätzung: marginale Werte	keine Angaben	0,65 - 1,7 kg/a <sup>3)</sup>	nicht relevant
Verschmutzung der Weltmeere durch primäre Mikrokunststoffe	Eintrag mit dem Abwasser (Kosmetika, Wasch-/Reinigungsmittel) oder mit Oberflächenwasser (z.B. Reifenabrieb) in die Vorfluter	keine Angaben	keine Angaben	keine Angaben	Durchschnittlicher Wert in Industriestaaten
Verschmutzung der Weltmeere durch sekundäre Mikrokunststoffe	Eintrag von Mikrofasern mit dem Abwasser in Vorfluter	keine Angaben	keine Angaben	keine Angaben	Durchschnittlicher Wert in Industriestaaten
	Eintrag von Makrokunststoffen in Vorfluter, die sich zersetzen	keine Angaben	keine Angaben	keine Angaben	nicht relevant - marginal

<sup>1)</sup> Angaben: *Plastics Europe; Plastics the facts, 2017*

<sup>2)</sup> *Estimates of Microplastic Consumption in Liquid Soaps in Gouin et al (2015) Use of Micro-Plastic Beads in Cosmetic Products in Europe and Their Estimated Emissions to the North Sea Environment, SOFW Journal, No.03-2015 in eunomia; Study to support the development of measures to combat a range of marine litter sources -Report for European Commission DG Environment, 2016*

<sup>3)</sup> *Berechnet auf Basis von Angaben des WWF in seiner Veröffentlichung Plastikmüll in den Weltmeeren; 2017*