



Ausarbeitung

Biologisch abbaubare Kunststoffe



Biologisch abbaubare Kunststoffe

██████████

Aktenzeichen:

Abschluss der Arbeit:

Fachbereich:

██████████

██████████

WD 8-028-15

27. März 2015

WD 8: Umwelt, Naturschutz, Reaktorsicherheit,
Bildung und Forschung

██████████

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	4
2.	Biokunststoffe	4
3.	Biobasierte Kunststoffe	5
4.	Biologisch abbaubare Kunststoffe	6
4.1.1.	Die Kompostierung von Kunststoffen	8
4.1.2.	Oxo-abbaubare Kunststoffe	9
4.1.3.	Bioabbaubarkeit von Kunststoffen im Meer	10
5.	Kunststoffersatz durch vollständig biogene kompostierbare Materialien	10
6.	Fazit	10
7.	Literatur und Quellen	12
8.	Anhang	13

1. Einleitung

Im Jahr 2013 wurden weltweit fast 300 Mio Tonnen Kunststoff produziert, davon allein in Europa 57 Mio Tonnen (s. Anhang, Abb. 1). Die weltweite Produktionskapazität für Biokunststoffe lag im gleichen Jahr bei 1,6 Mio Tonnen, davon waren nur 0,6 Mio Tonnen biologisch abbaubar. Die Prognose geht von einem Anstieg der Biokunststoffproduktion auf geschätzte 6,7 Mio Tonnen in 2018 aus, jedoch mit einem prozentual stark wachsenden Segment der nicht bioabbaubaren auf 5,6 Mio Tonnen gegenüber 1,1 Mio Tonnen abbaubarer Kunststoffe (s. Anhang, Abb. 2). Der kleine Anteil der weltweit produzierten bioabbaubaren Kunststoffe wird kaum dazu beitragen können, die Vermüllung der Ozeane zu reduzieren. Und solange keine Belege für die Abbaubarkeit im Meerwasser vorliegen, muss man davon ausgehen, dass auch bioabbaubare Kunststoffe dort eher fragmentieren als abgebaut werden.

2. Biokunststoffe

Der Begriff „Biokunststoff“ ist nicht geschützt. Häufig werden darunter zwei ganz verschiedene Gruppen von Produkten zusammengefasst:

- die biobasierten Kunststoffe und die
- biologisch abbaubaren Kunststoffe.

Biobasierte Kunststoffe stammen teilweise oder vollständig aus nachwachsenden Rohstoffen. Sie **können biologisch abbaubar sein – sind es aber in der überwiegenden Menge nicht**. Zu den biobasierten, aber nicht bioabbaubaren Kunststoffen zählen z.B. Bio-PE (Polyethylen) oder naturfaserverstärkte Kunststoffe wie Verbundwerkstoffe aus Holz und Kunststoff.

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** (siehe Abb. 3).

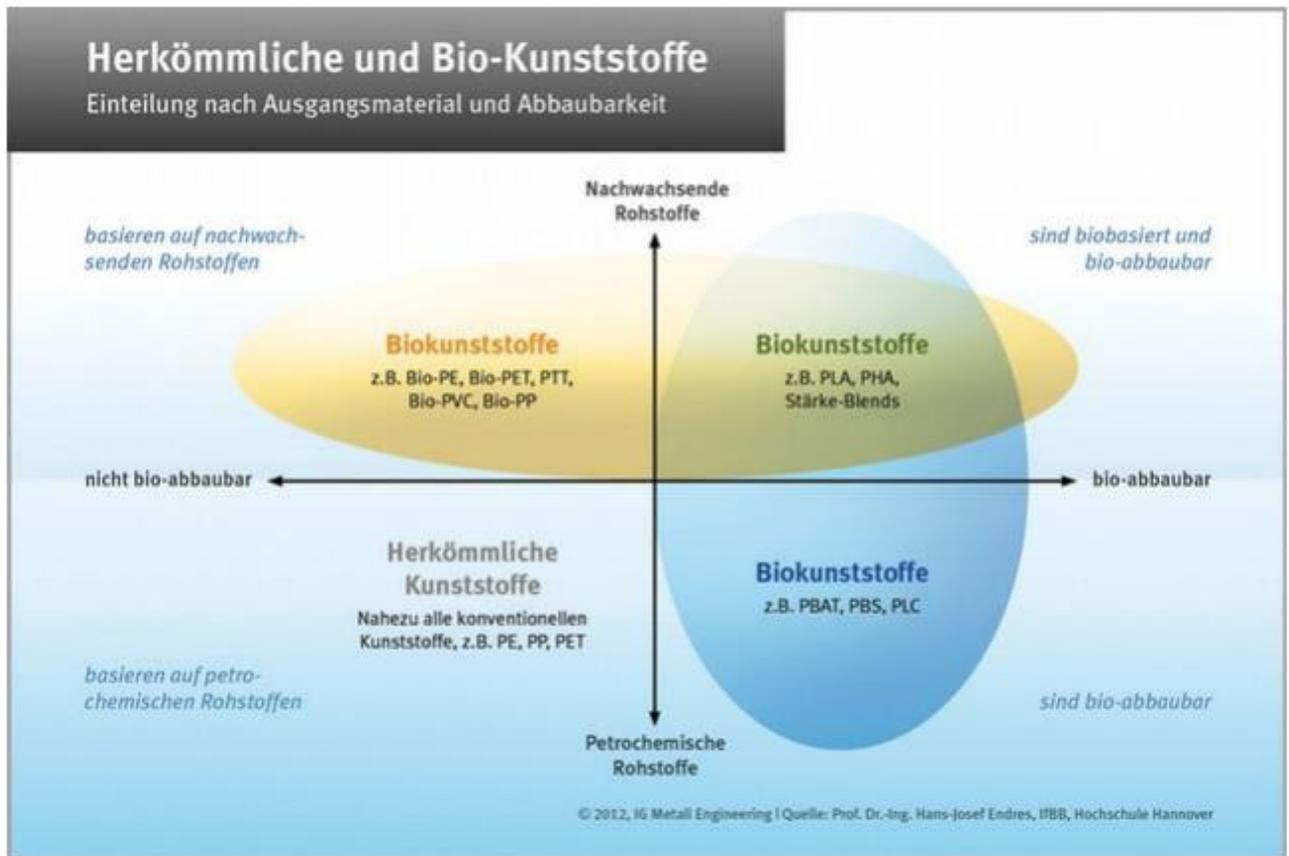


Abb. 3: Abbaubarkeit von herkömmlichen und Biokunststoffstoffen

In den folgenden Ausführungen wird nur auf die Abbaubarkeit der Kunststoffe in der Umwelt eingegangen, nicht auf den bestimmungsgemäßen (physiologischen) Abbau von kunststoffbasierten Materialien für medizinische Verwendungen wie z.B. bei bestimmten Implantaten oder resorbierbarem Nahtmaterial.

3. Biobasierte Kunststoffe

Die meisten Produkte aus „Biokunststoff“ bestehen nicht aus einem reinen biobasierten Kunststoff sondern aus Mischungen von verschiedenen Kunststofftypen, sogenannten **Blends**. 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. DIN CERTCO bietet für solche Blends Zertifikate an, auf dem der biobasierte Anteil in Prozentwert-Gruppen ausgewiesen wird (s. Abb. 4).

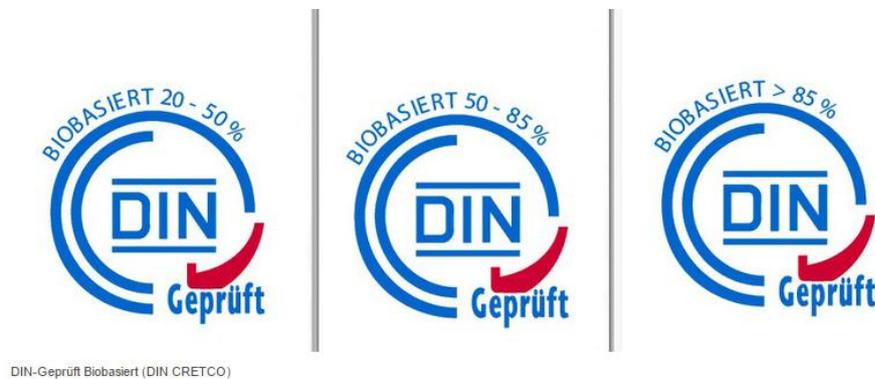


Abb. 4: Zertifizierungskennzeichen von DIN CERTCO für biobasierte Kunststoffe

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 bioabbaubar wie die entsprechenden petrochemischen „Originale“.** Zu den **biobasierten chemisch neuartigen Polymeren**, die nicht strukturgleich mit herkömmlichen Kunststoffen sind, gehören z.B. PLA (Polylactide) und PHA (Polyhydroxyalkanoate).

4. Biologisch abbaubare Kunststoffe

„Die biologische Abbaubarkeit umfasst die Eigenschaft eines Stoffes, durch Mikroorganismen in Anwesenheit von Luftsauerstoff zu Kohlendioxid, Wasser, Biomasse und Mineralien sowie unter Luftabschluss zu Kohlendioxid, Methan, Biomasse und Mineralien zersetzt zu werden, wobei kein Zeitraum definiert ist“¹ lautet die Definition für biobasierte Produkte im allgemeinen.

Für die Bioabbaubarkeit eines Polymers ist grundsätzlich die chemische Struktur des Endproduktes entscheidend. Hauptanwendungsgebiete für biologisch abbaubare Kunststoffe liegen im Verpackungs- und im Cateringbereich. Daneben gibt es auch Anwendungen im Gartenbau und in der Landwirtschaft (z.B. Mulchfolien, Saatgutbänder, Anzuchttöpfe u.ä.). Der Abbau 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.

Soll ein Kunststoff als biologisch abbaubar ausgewiesen werden, kann der Hersteller sein Produkt entsprechend den harmonisierten Normen

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

- DIN EN 13432 „Verpackung – Anforderungen an die Verwertung von Verpackungen durch Kompostierung und biologischen Abbau – Prüfschema und Bewertungskriterien für die Einstufung von Verpackungen“ und
- DIN EN 14995 „Kunststoffe – Bewertung der Kompostierbarkeit“
- oder der internationalen Norm ASTM D 6400 „Standard Specification for Compostable Plastics“²

zertifizieren lassen.



Abb. 5: Zertifizierungskennzeichen von DIN CERTCO für kompostierbare Kunststoffe

Das Prüfsiegel besagt, dass dieses Produkt innerhalb von 12 Wochen in einer **Industriekompostierungsanlage** (bei 60 Grad Celsius) mehrheitlich zu Wasser, Kohlendioxid und Mineralien abgebaut wird und dass bei anschließender Absiebung durch ein 2 mm Sieb nicht mehr als 10% der eingesetzten Menge übrig bleiben.

Dieses Zertifizierungszeichen der geprüften Kompostierbarkeit eines Kunststoffartikels bedeutet **nicht**,

- dass dieses Produkt erfolgreich zusammen mit Gartenabfällen im eigenen Garten in überschaubaren Zeiträumen kompostiert werden kann,
- dass bei der Zersetzung humusbildende Abbauprodukte entstehen,
- dass derartige Kunststoffartikel einfach weggeworfen werden können, weil sie in der Umwelt ohnehin in kurzer Zeit vollständig abgebaut werden.

2 ASTM International (ursprünglich American Society for Testing and Materials) ist eine internationale Standardisierungsorganisation mit Sitz in Pennsylvania, USA.

2010 veröffentlichte Australian Standards die weltweit erste Norm für Gartenkompostierbarkeit.³ DIN CERTCO vergibt speziell für nach dieser Norm zertifizierte Produkte das Zeichen „DIN-geprüft gartenkompostierbar“



Abb. 6: Zertifizierungskennzeichen von DIN CERTCO für gartenkompostierbare Kunststoffe

Dieses Prüfsiegel bescheinigt, dass dieses Produkt **im Gartenkompost** (bei weniger als 30 Grad Celsius) 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.

4.1.1. Die Kompostierung von Kunststoffen

Die Kompostierung biologisch abbaubarer Kunststoffe führt zu keinem nennenswerten ökologischen Nutzen, da beim Abbau überwiegend Wasser und Kohlendioxid entsteht. Es werden praktisch keine pflanzenverfügbaren Nährstoffe freigesetzt oder Bodensubstrate gebildet. **Die Kompostierung von Kunststoffen trägt somit weder zur Struktur- noch zur Nährstoffverbesserung des Kompostes bei und entspricht eher einer Entsorgungsmaßnahme.** Auch werden nach der Düngeverordnung Biokunststoffe nicht als Ausgangsstoff für die Produktion von Düngemitteln (hier: Kompost) zugelassen, sondern sind lediglich als unvermeidbare Bestandteile in begrenztem Maße erlaubt.

Die Bundesgütegemeinschaft Kompost e.V. sieht, wie der Bundesverband der Deutschen Entsorgungswirtschaft (BDE) und die Bundesvereinigung der Humus- und Erdenwirtschaft e.V. (BHE), biologisch abbaubare Kunststoffe als Störstoffe im Kompostgut an und lehnt ihre Entsorgung über die Biotonne ab: „Die Probleme mit biologisch abbaubaren Kunststoffen in Kompost- und Vergä-

3 AS 5810 „Biodegradable plastics – Biodegradable plastics suitable for home composting“

rungsanlagen sind hinlänglich bekannt. Nicht in jedem Prozess ist eine vollständige Abbaubarkeit gewährleistet, zudem werden diese bei der Aufbereitung als Störstoff erkannt und aussortiert und leisten keinen Beitrag zur Verbesserung der Kompostqualität. Für ein werkstoffliches Recycling sind biologisch abbaubare Kunststoffe ebenfalls wenig geeignet.“ Dem entsprechend verbieten viele Kommunen in Deutschland in ihren Abfallsatzungen das Einbringen biologisch abbaubarer Kunststoffe (z.B. in Form von Bio-Müll Sammelbeuteln) in die Biotonne. Laut Umweltbundesamt ist die Kompostierung biologisch abbaubarer Plastiktüten der am wenigsten nachhaltige Entsorgungsweg. Die Kompostierung einer Plastiktüte aus Bio-Kunststoff trägt weder zur stofflichen Nutzung (Aufbau von Humus, Abgabe anderer pflanzenverfügbarer Nährstoffe) noch zur energetischen Nutzung bei.

Darüber hinaus sind biologisch abbaubare Plastikmaterialien nur eingeschränkt recyclingfähig bzw. fallen in viel zu kleinen Mengen an, um wirtschaftlich sortenrein recycelt zu werden. Werden sie über den gelben Sack entsorgt, werden sie in der Regel aussortiert und der Verbrennung zugeführt.

4.1.2. 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 Rezyklat vermindert oder das Recycling wird 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, sodass 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.

4.1.3. Bioabbaubarkeit von Kunststoffen im Meer

Viele Artikel wie z.B. Fischereinetze, Kanister, Flaschen und andere Plastikbehälter, die das Meer verschmutzen, werden naturgemäß aus besonders haltbaren Kunststoffmaterialien hergestellt. Bis sich eine herkömmliche Plastikflasche zersetzt hat, kann es 450 Jahre dauern, Nylonnetze für den Fischfang benötigen sogar 600 Jahre. Die Abbaubarkeit im Meer ist im Hinblick auf den bestimmungsgemäßen Gebrauch vieler dieser Produkte kein Kriterium, das die Hersteller berücksichtigen werden.

Die biologische Abbaubarkeit von Kunststoffen wird gegenwärtig auf der Grundlage der europäischen Normen EN 13432 und EN 14995 geprüft (s. o.). Den Prüfmethode n liegen die Bedingungen in industriellen Kompostieranlagen zu Grunde. Wie sich ein als biologisch abbaubar zertifizierter Kunststoff im Meer verhält, kann aus diesen Prüfdaten nicht abgeleitet werden. Die internationale Standardisierungsorganisation ASTM hat mit ASTM D6691-09 eine Testmethode zur Bestimmung des biologischen Abbaus von Kunststoffmaterialien in der marinen Umwelt erarbeitet. Die zugehörige Norm ASTM D7081-05 zur Prüfung der Abbaubarkeit von Kunststoffen im Meer wurde 2014 zwecks Revision zurückgezogen.

Die Entwicklung umweltverträglicher meeresbiologisch abbaubarer Kunststoffe ist im Stadium der Forschung und Entwicklung, z. B. auf Basis von Polyhydroxyalkanoaten (PHA).

5. Kunststoffersatz durch vollständig biogene kompostierbare Materialien

In speziellen Produktsegmenten wie Verpackungsmaterialien und Cateringzubehör (Einmalgeschirr und -besteck) werden teilweise auch Produkte aus rein biobasierten Materialien angeboten, die vollständig kompostierbar sind und zu humusbildenden Stoffen abgebaut werden:

- Verpackungsschalen für Obst, Gemüse, Eier aus Holzschliff (Abfallprodukt)
- Einmalgeschirr aus Zuckerrohrfasern (Abfallprodukt bei der Zuckerherstellung)
- (essbares) Einmalgeschirr aus Kartoffelstärke
- Besteck aus Pappelholz oder Palmblättern

Speziell bei Großveranstaltungen werden solche Materialien bisweilen eingesetzt, um Geschirr, Besteck und Essensreste gemeinsam entsorgen zu können.

6. Fazit

Derzeit verfügbare biologisch abbaubare Kunststoffe gehören nicht in die Umwelt! Biologische Abbaubarkeit bedeutet nicht, dass man ein Produkt unbedenklich wegwerfen könnte, da der Abbau immer von der Umgebung und den entsprechenden Bedingungen abhängt. Unter Umständen kann das Kunststoffprodukt in der Umwelt noch über lange Zeiträume hinweg bestehen bleiben. Vielfach fragmentieren die Kunststoffe nur in nicht mehr sichtbare Partikel (Mikroplastik), was weder der Umwelt noch Mensch und Tier zuträglich ist. Auch können biologisch abbaubare Kunststoffe mit Druckfarben, Klebstoffen, Stabilisatoren, Weichmachern und anderen Additiven

versetzt sein, die bei einem Abbau des Kunststoffträgermaterials in die Umwelt gelangen würden. Selbst der Hinweis auf Kompostierbarkeit bedeutet nicht, dass der Kunststoff in der Umwelt durch Mikroorganismen vollständig zu CO₂ und Wasser zersetzt wird. **Bioabbaubare Kunststoffe**, wie sie derzeit nach Art und Menge verfügbar sind, **können nicht das Problem der Vermüllung lösen**. Die entscheidende Maßnahme gegen die Vermüllung ist immer noch die Vermeidung des Eintrags in die Umwelt durch Sammlung und stoffliche oder energetische Verwertung von Kunststoffabfällen.

Die Organisation European Bioplastics betrachtet eine allgemeine Verwendung von Begriffen wie „biologisch abbaubar“ oder „oxo-biologisch abbaubar“ als irreführend, sofern nicht konkret auf maßgebliche Standards Bezug genommen wird. Auch sieht sie in unspezifischen Marketingaussagen zu Biokunststoffen und zu ihrer biologischen Abbaubarkeit fahrlässiges „Greenwashing“, das vom Verbraucher indirekt als „Vollmacht zur Vermüllung“ (licence to litter) aufgefasst werden könnte.

Biobasierte Kunststoffe sind nicht per se nachhaltig. Ein Vergleich der Umwelteffizienz zwischen biobasierten und erdölbasierten Kunststoffen ergibt keinen klaren Vorteil für Biokunststoffe (UBA 2012). Unter ökologischen Aspekten betrachtet führt die Herstellung von biobasierten Kunststoffen im Vergleich zu herkömmlichen Kunststoffen zwar zu einer Einsparung von fossilen Ressourcen, aber häufig nicht zu einer Verbesserung der Ökobilanz über den gesamten Lebenszyklus der Produkte. Ein gewisser Vorteil kann sich allenfalls für die Herstellung ergeben, wenn für die notwendigen Rohstoffe keine Pflanzen zusätzlich angebaut werden müssen, sondern Reststoffe aus bestehender Pflanzenproduktion eingesetzt werden (z.B. Weizenstroh, Kartoffelabfälle aus der Lebensmittelherstellung oder faserige Abfälle aus der Verarbeitung von Zuckerrohr).

Produkte aus Biokunststoff sollten – wie die petrochemischen Kunststoffe auch – im Sinne einer nachhaltigen **Kaskadennutzung**⁴ möglichst mehrfach stofflich genutzt (Recycling) und am Ende des Lebenszyklus thermisch verwertet werden, um einen möglichst großen Teil der Herstellungenergie zurückzugewinnen und fossile Ressourcen bei der Energieerzeugung zu ersetzen. Dies ist beim biologischen Abbau nicht gegeben, da weder ein stofflicher noch ein energetischer Nutzen entsteht.

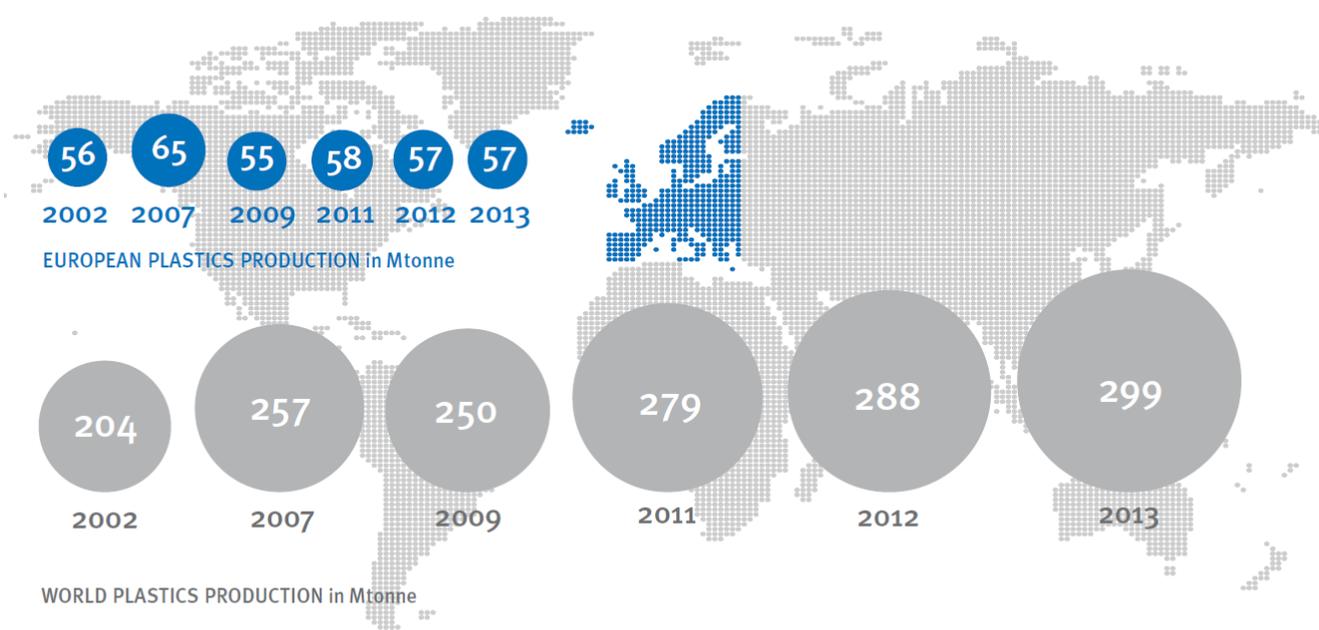
4 Kaskadennutzung bedeutet eine Mehrfachnutzung von Rohstoffen und den daraus hergestellten Produkten, indem sie so lange wie möglich in der Wertschöpfungskette genutzt werden und dabei verschiedene Stufen wie bei einer Kaskade durchlaufen. Dadurch können sowohl ökologische wie ökonomische Vorteile wie eine geringere Belastung der Umwelt, Einsparung von Treibhausgasen, geringere Kosten und eine insgesamt höhere Wertschöpfung erreicht werden.

7. Literatur und Quellen

- DUH – Deutsche Umwelthilfe (2011). Biologisch abbaubare Kunststoffe http://www.duh.de/uploads/tx_duhdownloads/110726_Bioplastik_Hintergrundpapier_260711.pdf [Stand 23.03.2015]
- European Bioplastics (2014). Marine Litter http://en.european-bioplastics.org/wp-content/uploads/2014/publications/EuBP_PP_Marine%20Litter.pdf [Stand 23.03.2015]
- FNR – Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (2013). Biokunststoffe <http://mediathek.fnr.de/media/downloadable/files/samples/b/r/brosch.biokunststoffe-web-v01.pdf> [Stand 23.03.2015]
- Iwata, T. (2015). Biologisch abbaubare und biobasierte Polymere: die Perspektiven umweltfreundlicher Kunststoffe. *Angewandte Chemie* 127, 3254 – 3260
- Plastics Europe (2015). Plastics – the Facts 2014/2015. An analysis of European plastics production, demand and waste data http://issuu.com/plasticseuropeebook/docs/final_plastics_the_facts_2014_19122 [Stand 23.03.2015]
- Seeger, C. (2014). Verschmutzung der Meere durch Mikroplastikpartikel http://www.bundestag.btg/ButagVerw/W/Ausarbeitungen/Einzelpublikationen/Ablage/2015/Verschmutzung_de_1422540002.pdf [Stand 23.03.2015]
- UBA – Umweltbundesamt (2009). Biologisch abbaubare Kunststoffe <http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3834.pdf> [Stand 23.03.2015]
- UBA – Umweltbundesamt (2012). Untersuchung der Umweltwirkungen von Verpackungen aus biologisch abbaubaren Kunststoffen <http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/461/publikationen/3986.pdf> [Stand 23.03.2015]
- UBB – Umweltbüro für Berlin-Brandenburg (2015). Ökologische Verpackungen – eine Verbraucherinformation
- VHE – Verband der Humus- und Erdenwirtschaft (2014). Position zur Verwertung von biologisch abbaubaren Werkstoffen (BAW) einschließlich BAW-Sammeltüten über die Biotonne http://www.vhe.de/fileadmin/vhe/pdfs/Publikationen/Standpunkte/VHE_Stn_BAW_2014_b.pdf [Stand 23.03.2015]

8. Anhang

Plastics production grows globally and is stable in Europe



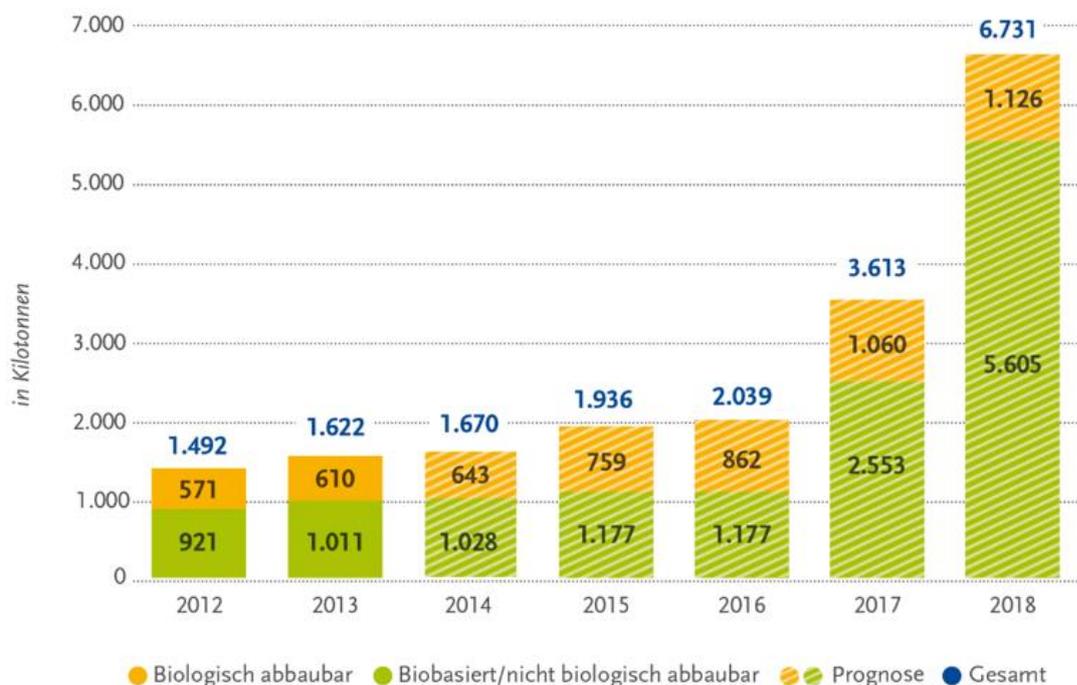
World and European plastics production 2002-2013
Includes Plastics materials (thermoplastics and polyurethanes), other plastics (thermosets, adhesives, coatings and sealants) and PP-fibers.

Source: PlasticsEurope (PEMRG) / Consultic

With continuous growth for more than 50 years, global production in 2013 rose to 299 million tonnes, meaning a 3.9% increase compared to 2012.

In Europe, the plastic production stabilised in 2013 after the 2009 turn-down. Actual levels are similar to those in 2002.

Abb. 1: Weltweite und europäische Kunststoffproduktion (in Mio t)



Quelle: European Bioplastics, Institut für Biokunststoffe und Bioverbundwerkstoffe, nova-Institut (2014)

Abb. 2: Weltweite Produktionskapazitäten für Biokunststoffe (in Kilotonnen) – die Zahlenangaben ab 2014 beruhen auf Prognosen

