Schlussbericht
zum Vorhaben

Thema:

Steckbriefe sinnvoll biologisch abbaubarer Produkte auf Basis von nawaRo

Zuwendungsempfänger:

nova-Institut für politische und ökologische Innovation GmbH

Förderkennzeichen:

2219NR197

Laufzeit:

01.11.2019 bis 30.04.2021

Monat der Erstellung:

09/2021

Gefördert durch:

Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages mit Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) über die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) als Projektträger des BMEL für das Förderprogramm Nachwachsende Rohstoffe unterstützt. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.

Gefördert durch:

Bundesministerium
für Ernährung
und Landwirtschaft

nova Institute
for Ecology and Innovation

IKT KUNSTSTOFF TECHNIK STUTTGART

BioSinn

Steckbriefe sinnvoll biologisch abbaubarer Produkte auf Basis von nachwachsenden Rohstoffen

Autoren: Verena Bauchmüller, Michael Carus, Raj Chinthapalli, Lara Dammer, Nicolas Hark, Asta Partanen, Pauline Ruiz (all nova-Institut), Silvia Lajewski (IKT Stuttgart)

FNR
Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.

Bildnachweis:

alle nova-Institut für politische und ökologische Innovation bis auf: S. 1 Mitte links Fraunhofer UMSICHT, S. 1 Mitte unten Pixabay, S. 17, S. 25 IKT Stuttgart, S. 39 Pixabay, S. 42 Veolia, S. 46, S. 51, S. 53, S. 58, S. 63, S.65, S. 72, S. 74, S. 91, S. 92, S. 94, S. 104 Pixabay, S. 111, S. 113 Senbis Polymer Innovations, S. 118, S. 119, S. 120 Pixabay, S. 122 Fraunhofer UMSICHT,
S. 129, S. 130, S. 131 biofibre

Gefördert durch:

Gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages
Förderkennzeichen 2219NR197
25. Mai 2021

Impressum

Herausgeber

nova-Institut für politische und ökologische Innovation GmbH
Industriestraße 300
50354 Hürth
+49 2233 48 14 40
contact@nova-institut.de
www.nova-institute.eu

Autoren

Verena Bauchmüller, Michael Carus, Raj Chinthapalli, Lara Dammer, Nicolas Hark, Asta Partanen, Pauline Ruiz (alle nova-Institut), Silvia Lajewski (IKT Stuttgart)

Redaktion

nova-Institut für politische und ökologische Innovation GmbH

Gestaltung/Realisierung:

Katharina Raters, nova-Institut

Autoren

Verena Bauchmüller

Verena Bauchmüller ist Sozialwissenschaftlerin (B.Sc., Universität zu Köln), absolvierte eine duale Ausbildung in einem mittelständischen Marktforschungsunternehmen in Köln und erwarb ein Zertifikat in Umweltökonomie an der Universität Koblenz-Landau. Sie ist seit 2019 bei nova tätig und hauptsächlich für die Dissemination und Kommunikation in verschiedenen EU-geförderten und nationalen Projekten zuständig. Außerdem unterstützt sie das Konferenzteam bei der Organisation des Innovations-Awards und betreut die sehr erfolgreichen Online-Versionen der nova-Konferenzen.

Michael Carus

Michael Carus ist Physiker und arbeitete von 1983 bis 1994 für die IT-Industrie, Umweltinstitute und die Solarindustrie. 1994 war er Mitbegründer des nova-Instituts und fungiert seither als Inhaber und Geschäftsführer. Mehr als 25 Jahre Erfahrung auf dem Gebiet der erneuerbaren Kohlenstoffwirtschaft: bio-basierte Wirtschaft, Kohlenstoffabscheidung und -nutzung (CCU) und chemisches Recycling. Seine Arbeitsschwerpunkte sind Strategie, Nachhaltigkeit, Marktanalyse und die Planung geeigneter politischer und wirtschaftlicher Rahmenbedingungen für erneuerbaren Kohlenstoff. Michael Carus gründete im September 2020 die Renewable Carbon Initiative (RCI).

Raj Chinthapalli

Raj Chinthapalli hat einen Master in Chemie- und Verfahrenstechnik von der Otto-von-Guericke-Universität, Magdeburg, Deutschland. Er arbeitet seit 2017 in der Abteilung Technology & Markets des nova-Instituts. Er verfügt über langjährige Berufserfahrung in der Marktforschung und Technologieanalyse. Seine Interessen liegen vor allem in biobasierten Chemie- und Polymermärkten, die gesamte Wertschöpfungskette von den Rohstoffen bis zur Endverbraucherindustrie.

Lara Dammer

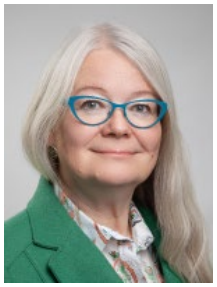
Lara Dammer studierte Politikwissenschaft, Englisch und Geschichte mit dem Schwerpunkt Internationale Beziehungen an der Universität Bonn. Nach ihrem Abschluss (M.A.) arbeitete sie in den Bereichen Projektmanagement, Kommunikation und Beratung für verschiedene Projekte in Deutschland und auf den Philippinen. Lara Dammer kam 2012 zum nova-Institut und arbeitet seither im Bereich Economy & Policy. Ihre Arbeitsschwerpunkte sind die politischen Rahmenbedingungen für die stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe, nationale und internationale Ressourcen- und Umweltpolitik, Datengrundlagen, Standardisierung und Zertifizierung von biobasierten Produkten, Marktanalysen sowie Dissemination und Kommunikation. Sie leitet mehrere nationale und internationale Projekte.

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

Nicolas Hark

Nicolas Hark ist wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung Economy & Policy. Nach einem Bachelor-Abschluss in Agrarwissenschaften (Universität Bonn) fokussierte er sich in seinem Master-Studium der Agrarökonomie (Humboldt-Universität zu Berlin) auf politik-, nachhaltigkeits- und marktbezogene Themen. Er unterstützt die Abteilung in den Bereichen Politikanalyse, Marktanalyse, Forschung und Projektmanagement. Im Rahmen seines Hintergrunds ist er in verschiedene Industrie- und EU-Projekte (Horizon 2020) bezüglich der bio-basierten Wirtschaft und Entwicklungen in diesem Bereich involviert.

Asta Partanen



Dr. rer. nat. Asta Partanen ist eine der führenden Senior-Market-Experten für Biokomposite sowie holz- und zellulosebasierte Materialien in Europa. Asta Partanen ist Teil der Abteilung Economy & Policy. Sie leitet derzeit mehrere Kundenberatungsprojekte sowie EU- oder national geförderte Projekte. Besonders im Bereich der Entwicklung neuer Produkte unterstützt sie Kunden mit ihrer umfangreichen Erfahrung im Markt mit Kenntnissen der Verbraucherforschung und der Zertifizierung und Kennzeichnung.

Pauline Ruiz

Pauline Ruiz ist ausgebildete Chemikerin und hat einen Master-Abschluss in Polymer Engineering von der European School of Chemistry, Polymers and Materials Science (ECPM) in Straßburg. Sie sammelte mehrere Jahre Erfahrung im Projektmanagement und in der Forschung und Entwicklung in verschiedenen Bereichen, unter anderem in der Beschichtungs- und Elastomer-Industrie. Seit April 2020 ist sie beim nova-Institut in der Abteilung Sustainability tätig. Ihre Arbeitsschwerpunkte sind Polymere auf Basis von erneuerbarem Kohlenstoff sowie Lebenszyklus- und Nachhaltigkeitsbewertungen.

Silvia Lajewski

Silvia Lajewski studierte Chemie-Ingenieurwesen an der Technischen Universität München (TUM). Seit 2017 arbeitet sie unter der Leitung von Prof. Dr.-Ing. Christian Bonten am Institut für Kunststofftechnik der Universität Stuttgart. Bereits früh konzentrierte sie sich dort auf die Arbeit mit verschiedenen bio-basierten und biologisch abbaubaren Polymeren. Zudem arbeitet sie an Projekten im Bereich der Additiven Fertigung.

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

Inhalt

Zusammenfassung 8
1 Einleitung 10
2 Ziel des Projektes 12
3 Methodik 12
4 Hintergrund zu biologischem Abbau 13
4.1 Industrielle Kompostierung 15
4.2 Heimkompost / Gartenkompost 15
4.3 Boden 15
4.4 Abwasser 16
4.5 Süßwasser 16
4.6 Salzwasser 17
5 Übersicht über Standards, Normen und Zertifizierungskonzepte 18
5.1 Normen 19
5.1.1 DIN EN 13432 20
5.1.2 DIN EN 14995 20
5.1.3 DIN EN 17033 20
5.1.4 ASTM D6691 – 17 21
5.1.5 AS 5810 – 2010 21
5.1.6 NF T51-800 21
5.2 Zertifizierungen von TÜV Austria 21
5.2.1 OK compost INDUSTRIAL 22
5.2.2 OK compost HOME 22
5.2.3 OK biodegradable SOIL 22
5.2.4 OK biodegradable WATER 22
5.2.5 OK biodegradable MARINE 23
5.3 DIN CERTCO 23
5.3.1 DIN-geprüft Biodegradable in Soil 23
5.3.2 DIN-geprüft Industrial compostable & Keimling 23
5.3.3 DIN-geprüft Home compostable 24
6 Auswahl der möglichen Substitute 24

7 Politische Rahmenbedingungen 27
7.1 Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) 27
7.2 Bioabfallverordnung (BioAbfV) 28
7.3 REACH 30
7.4 Düngemittelverordnung 31
7.5 Packaging and Packaging Waste Directive 31
8 Marktvolumen 32
9 Erkenntnisse und Besonderheiten aus den Steckbriefen 35
10 Weiterführende Literatur 37
10.1 EUNOMIA (2020): Relevance of Biodegradable and Compostable Consumer Plastic Products and Plastic Packaging in a Circular Economy 37
10.2 SAPEA Science Advice for Policy by European Academics (2020): Biodegradability of plastics in the open environment 37
10.3 Thünen-Institut (2019): Schlussbericht zum Vorhaben „Bioabbaubare biobasierte Kunststoffe – Handlungsempfehlungen für den zweckmäßigen Einsatz“ 37
10.4 Umweltbundesamt (2018): Gutachten zur Behandlung biologisch abbaubarer Kunststoffe 38
10.5 Wageningen University & Research (2020): The fate of (compostable) plastic products in a full scale industrial organic waste treatment facility 38

11 Steckbriefe 39
Land & Forstwirtschaft 39
Bindegarn 40
Flockungshilfsmittel 43
Pflanzen-Befestigungsclips 48
Kontrollierte Freisetzung von Dünger und Pestiziden 51
Mulchfolien 55
Saatgutbeschichtung 59
Vogelberingung 63
Wuchshüllen 67
Haushalt & Garten 72
Aufkleber für Obst- und Gemüse 73
Bioabfall-Beutel 76

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

Blumensteckschaum 81
Feuchttücher 84
Folie für Spülmaschinentabs 88
Kaffeekapseln 91
Mähfäden 94
Mikroplastik in Kosmetik und Körperpflegeprodukten 97
Schmutzradierer 101
Silvesterraketenteile 104
Teebeutel, Tee-, Kakao- und Kaffeepads 107
Fischerei 110
Dolly-Ropes 111
Kurzlebige Fischereiprodukte 114
Sonstiges 118
Borsten für Kehrmaschinen 119
Geotextilien und Erdnägel 122
Kaugummi 126
Kunststoffgranulat für Betonplattentransport 129
12 Glossar 132
13 Danksagung 134

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Schematischer Überblick über die verschiedenen Umgebungsbedingungen für den biologischen Abbau von Polymeren in der Umwelt 17
Abbildung 2: Biologisch abbaubare Polymere nach Umgebungsbedingungen in absehbarer Zeit 25
Abbildung 3: Biologisch abbaubare Polymere in verschiedenen Umgebungen 26
Abbildung 4: Abfallhierarchie 29
Abbildung 5: Übersicht Marktvolumina in Deutschland 33
Abbildung 6: Übersicht Marktvolumina EU28 33

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Geschätzte Verlustanteile 34

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

Zusammenfassung

Bei welchen Kunststoffprodukten ist der biologische Abbau eine sinnvolle End-of-Life-Option?

Das Projekt BioSinn fand Produkte und Anwendungen, für der biologische Abbau am Lebensende eine echte Option darstellt. 25 Steckbriefe beantworten für jede Anwendung technische und regulatorische Fragen. Auch das Marktvolumen dieser Anwendungen wurde geschätzt: Es sind in Deutschland etwa 170.000 Tonnen, in der Europäischen Union etwa 1 Million Tonnen pro Jahr!

In der EU gelangen mehrere Millionen Tonnen Kunststoffe in die Umwelt. In die Natur, in Gewässer, in den Kompoststrom – jedes Jahr, ungehindert. Einmal dort gelandet, ist eine Rückführung in den Recyclingstrom oft nahezu unmöglich: zu kleinteilig, unauffindbar, zu aufwendig. Aber es gibt auch Kunststoffprodukte, die selbst bei korrekter Anwendung in der Natur, in Gewässern oder im Kompost landen, die es erst gar nicht ins Recycling schaffen. Und mit vielen davon haben wir tagtäglich zutun. Man denke an Kosmetikprodukte, Teebeutel, Kaugummi oder Aufkleber auf Obst und Gemüse.

Wäre hier der Einsatz von biologisch abbaubaren Materialien aus nachwachsenden Rohstoffen eine sinnvolle Option? Kritiker bezweifeln, dass der biologische Abbau überhaupt Nutzen bringt und setzen auf umfassende Reduzierung, Sammlung und Recycling von Kunststoffprodukten. Sie befürchten zudem, dass biologisch abbaubare Produkte VerbraucherInnen dazu verleiten könnten, die Produkte in der Umwelt zu entsorgen.

Im Projekt „BioSinn – Steckbriefe sinnvoller biologisch abbaubarer Produkte“, welches durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft gefördert wurde (Förderkennzeichen 2219NR197), wurde von Expertinnen und Experten des nova-Instituts aus Hürth bei Köln untersucht, ob es Anwendungen und Produkte gibt, für die der biologische Abbau eine sinnvolle oder sogar die beste End-of-Life-Option darstellt. Dabei waren die Auswahlkriterien, dass das Einsammeln der Produkte (oder ihrer Überbleibsel), die Abtrennung der Produkte von sonstigem organischem Abfall oder ein stoffliches Recycling nicht möglich, ökonomisch nicht realisierbar ist bzw. in der Praxis nicht stattfindet. Andere Kriterien waren, dass durch die Verwendung biologisch abbaubarer Materialien der Eintrag von Mikroplastik in die Umwelt vermieden werden kann oder dass durch die Verwendung biologisch abbaubarer Materialien indirekte positive Effekte, ein relevanter Sekundärnutzen erzielt werden kann.

Expertinnen und Experten des nova-Instituts konnten zusammen mit dem Projektpartner Institut für Kunststofftechnik der Universität Stuttgart und einem Projekt-Beirat aus Vertretern der Industrie, Wissenschaft und Politik in mehreren Workshops auf dieser Basis 25 Anwendungen identifizieren, für die die biologische Abbaubarkeit eine gute oder sogar die beste End-of-Life-Option darstellt. Diese wurden von allen Seiten beleuchtet: in welchen Umgebungen verbleiben die Produkte genau? Gibt es bereits geeignete biologisch abbaubare Materialien aus nachwachsenden Rohstoffen für diese speziellen Anforderungen? Wie sehen die marktwirtschaftlichen, politischen Rahmenbedingungen aus?

Neben den Produkten, die von Endkonsumenten benutzt werden, wurden auch unbekanntere bzw. unscheinbare Anwendungen aufgedeckt, die einen großen Kunststoffeintrag in die Umwelt verursachen. Die Borsten der meisten städtischen Kehrmaschinen bestehen z. B. aus Kunststoff, der sich abnutzt und unwiederbringlich in der Umgebung verbleibt. Landwirtschaftliche Anwendungen wie Saatgutbeschichtung oder Flockungshilfsmittel, die im Klärschlamm enthalten sind, bestehen oft aus nicht biologisch abbaubaren Polymeren und werden systematisch in die

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

Böden eingetragen. Oder Produkte in der Fischerei, die im Meer verloren gehen. Auch die Kompostströme können durch Kunststoffe verunreinigt werden.

Das Ergebnis des Projektes ist eine Broschüre für Entscheidungsträger aus Industrie und Politik aber auch für die breite Öffentlichkeit, mit 25 Produktsteckbriefen und umfangreicher Hintergrundinformation zum Thema biologischer Abbau. Für jedes Produkt wird erklärt, inwiefern der biologische Abbau eine sinnvolle und machbare Option ist und welche technischen Substitutionsmöglichkeiten es für einen nachhaltigeren Materialeinsatz gibt. Zudem wurden politische Rahmenbedingungen und Regularien beleuchtet und produktspezifisch ausgewertet. Erstmalig wurden auch die Marktvolumina für Deutschland und die EU erhoben und abgeschätzt. Das Gesamtvolumen der 25 Anwendungen liegt in Deutschland bei rund 170.000 Tonnen und in der Europäischen Union sogar bei etwa 1 Million Tonnen, von denen der größte Anteil in die Umwelt gelangt. Hier würde der Einsatz biologisch abbaubarer Materialien erhebliche Umweltvorteile bringen.

Ein Projektziel war, Potenziale für biologisch abbaubare Kunststoffe aufzuzeigen, die bisher oft übersehen wurden. Die öffentliche Debatte dreht sich zu großen Teilen um Verpackungen, diese können und sollten jedoch in aller Regel eingesammelt und recycelt werden. BioSinn konzentrierte sich daher gerade auf solche Anwendungen, in denen die Sammlung in der Praxis nicht oder kaum möglich ist. So liegt das Volumen bei Anwendungen in der Landwirtschaft durch Flockungshilfsmittel im Klärschlamm, Saatgutbeschichtung, Trägerpolymere für Pestizide und Mulchfolien besonders hoch.

Für 24 der 25 Anwendungen konnten biologisch abbaubare Substitute für die derzeit verwendeten Materialien gefunden werden. Nur bei einer Anwendung ist das nicht gelungen, beim Schmutzradierer. Hier gibt es bislang keine nachhaltige Alternative mit denselben Eigenschaften. Wer Mikroplastik vermeiden will, muss auf dieses Produkt verzichten.

Oft sind die alternativen Produkte teurer, aber vor allem meist am Markt wenig bekannt oder schlecht verfügbar. Oft fehlt den Anwendern und Verbrauchern auch das Bewusstsein um die Problematik und Alternativen. So ist VerbraucherInnen meist nicht bewusst, dass konventionelles Kaugummi aus Plastik besteht oder dass Feuchttücher einen hohen Kunststoffanteil haben, um ihre Festigkeit zu bekommen. In beiden Fällen bleiben Kunststoffe in der Umwelt, die nicht biologisch abgebaut werden. Die aktuelle Gesetzgebung und bestehende Standards stellen oft noch Hindernisse für die stärkere Markteinführung biologisch abbaubarer Produkte in entsprechenden Anwendungen dar, es fehlen die politischen Leitplanken. Dabei könnten in vielen Fällen spezifische politische Maßnahmen eine erhebliche Wirkung erzielen und Märkte für Alternativen öffnen.

Michael Carus, Geschäftsführer des nova-Instituts, fasst die Ergebnisse des Projektes BioSinn zusammen: *„Am Anfang des Projektes stand eine Frage: Könnte es Anwendungen geben, bei denen der biologische Abbau die beste End-of-Life-Option darstellt, weil z. B. ein Einsammeln und Recyceln nicht praktizierbar ist? Im Projekt konnten 25 solche Anwendungen gefunden und analysiert werden. Es hat überrascht, dass diese Anwendungen in der Europäischen Union ein Gesamtvolumen von 1 Million Tonnen aufweisen – und das meiste davon gelangt heute noch in Form nicht biologisch abbaubare Makro- und Mikroplastik in die Umwelt. Hier könnte durch biologisch abbaubare Produkte aus nachwachsenden Rohstoffen erheblich Umweltentlastungen erzielt werden. Wir hoffen, dass unser umfassender Bericht mit 25 Steckbriefen sowohl das Bewusstsein für die Problematik und die Substitutionsmöglichkeiten deutlich erhöht, als auch entsprechende politische Maßnahmen anregen wird.“*

Aufgrund des großen internationalen Interesses ist der Abschlussbericht auf Deutsch und auf Englisch verfügbar.

www.renewable-carbon.eu/publications

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

1 Einleitung

Seit vielen Jahrzehnten fördert die Bundesregierung ebenso wie die Europäische Kommission die Forschung und Entwicklung biologisch abbaubarer Kunststoffe und anderer Werkstoffe sowie entsprechender Standards, Normen und Kennzeichnungen.

Inzwischen sind biologisch abbaubare, oft bio-basierte Polymere für verschiedene Umweltbedingungen kommerziell verfügbar, wie Zellulose-Acetat (CA), Polylactid (PLA), Polybutylenadipat-terephthalat (PBAT), Polybutylensuccinat (PBS), Polyhydroxybutyrat (PHB) und PHB-Copolymere oder Stärke-Blends. Die Gesamtproduktionsmenge lag weltweit im Jahr 2020 bei knapp 2 Millionen Tonnen mit einem Wachstum von etwa 10 % pro Jahr (gegenüber 3 % bis 4 % pro Jahr bei petrochemischen, nicht biologisch abbaubaren Kunststoffen). Neben Kunststoffen gibt es weitere Materialen, die biologisch abbaubar sind und aus nachwachsenden Rohstoffen hergestellt werden. Zellulose- und Bastfasern oder Pappe und Papier beispielsweise sind am Markt etabliert und gut verfügbar.

Von den zunehmenden Diskussionen um Makro- und Mikroplastik im Meer, in Süßgewässern, in der Natur, im Abwasser und sogar im Kompoststrom sollten biologisch abbaubare (sowohl bio-basierte als auch petrochemische) Kunststoffe eigentlich profitieren können. Dies ist in nur geringem Maße der Fall und hat mehrere Gründe:

Zum einen werden biologisch abbaubare Kunststoffe momentan vor allem in Verpackungen eingesetzt, für die das Sammeln und Recyceln (und selbst die thermische Nutzung) die ökologisch eindeutig bessere End-of-Life-Optionen darstellen. Dies ist in mehreren Studien belegt und wird in der Abfallhierarchie der Europäischen Union reflektiert. Hier möchten Politik und NGOs keine falschen Signale setzen, welche die Umwelt und das Meer als Entsorgungspfad für biologisch abbaubare Verpackungen öffnen könnten (Stichworte: Vermüllung, Littering).

Zum anderen herrscht oft Unsicherheit über die tatsächlichen Abbaueigenschaften der alternativen Materialien. Dies liegt vor allem daran, dass die Standards und Normen für biologischen Abbau noch nicht für alle Umgebungen und Bedingungen existieren, oft unbekannt sind, ignoriert oder als zu schwach und unsicher empfunden werden. Es gibt hier Forschungs- und Entwicklungsbedarf, um die Standards und Normen für biologischen Abbau in allen Umgebungen und Anwendungsbereichen robust und verbindlich zu gestalten.

Entsprechend dieser beiden Umstände werden in den aktuell vorliegenden Papieren der Europäischen Kommission, GD Umwelt, bestimmte Einwegprodukte verboten bzw. müssen in ihrem Umfang reduziert werden; Ausnahmen für biologisch abbaubare Kunststoffe werden nicht gemacht („Single-Use Plastics Directive“). Da bereits das Europäische Parlament und der Ministerrat zugestimmt haben, wird eine nationale Umsetzung im Laufe des Jahres 2021 erwartet.

Dabei ist unter anderem schwer nachzuvollziehen, dass beispielsweise Papierprodukte nicht unter die Verbote fallen sollen, wohl aber Kunststoff aus dem biologisch abbaubaren Polymer PHB, das in einigen Umgebungen sogar schneller biologisch abgebaut wird als Papier. Dem liegt zugrunde, dass die GD Umwelt die heutigen Zertifizierungen für eine Gesetzgebung für nicht ausreichend belastbar einstuft und deshalb das Konzept „natural polymers“ entwickelt hat, welches aber den tatsächlichen biologischen Abbaueigenschaften der Materialien noch weniger gerecht wird.

Seit Jahrzehnten wird darüber diskutiert und gestritten, ob biologisch abbaubare Kunststoffe sinnvoll und anstrebenswert sind? Ob der biologische Abbau eine gute Option für das Produktlebensende (End-of-Life-Option) ist? Im Projekt BioSinn haben wir pragmatisch eine andere Frage gestellte: Gibt es

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

Anwendungen, bei denen der biologische Abbau der Materialien eine gute oder sogar die beste End-of-Life-Option darstellt? Und wenn ja, welche Produkte oder Anwendungen sind dies? Im Projekt konnten 25 solcher Anwendungen identifiziert und im Detail beschrieben werden!

Das Projekt BioSinn zeigt, dass biologisch abbaubare Kunststoffe sowie weitere biologisch abbaubare Materialien aus nachwachsenden Rohstoffen zukünftig eine wichtige Rolle spielen können. Es wurden 25 Produkte bzw. Anwendungen identifiziert, bei denen der Einsatz von biologisch abbaubaren Werkstoffen die beste Option für Nutzung und umweltgerechte Entsorgung darstellen. Hierbei handelt es sich um Produkte und Anwendungen, bei denen Sammlung und Recycling auch bei sachgerechtem Gebrauch nicht möglich sind, ökonomisch nicht machbar sind oder in der Praxis nicht erfolgen, weil keine wirtschaftlichen Strukturen hierfür existieren; oder Produkte und Anwendungen, bei denen die Trennung von organischem Abfall und Kunststoff zu aufwendig ist und damit unter ökologischen Gesichtspunkten nicht empfohlen werden kann. Des Weiteren betrachten wir Fälle, in denen der biologische Abbau einen indirekten positiven Effekt erbringt (weniger nicht-abbaubare Kunststoffe in der Umwelt, höhere Sammelmengen für organischen Abfall).

Das nova-Institut schätzte zu Beginn des Projektes, dass sich die Produkte und Anwendungen, auf welche die oben skizzierten Aspekte zutreffen, in der EU auf insgesamt einige 100.000 Tonnen pro Jahr addieren. Diese Einschätzung wurde im Laufe des Projektes bestätigt und sogar noch übertroffen.

In der politischen Diskussion werden aber gerade diese Produkte und Anwendungen, bei denen der biologische Abbau einen klaren Nutzen bringt, weitgehend ignoriert. Oftmals aus Unkenntnis des Produktes oder der Anwendung, ihrer Volumina und ihrer Substitutionsmöglichkeiten. Produzenten fokussieren sich bei Verwendung biologisch abbaubarer Kunststoffe in ihrer Produktentwicklung und -kommunikation meist auf den Verpackungsbereich, allein wegen seiner Größe und Omnipräsenz, und verpassen damit die Chance, auf die wirklich sinnvollen Anwendungen hinzuweisen und diese Nischen zu erschließen. Andere biologisch abbaubare Materialien sind oft unbekannt, zumindest als potenzielle Substitute für petro-basierte Kunststoffe. Vielfach wird überhaupt nicht in Erwägung gezogen, dass z. B. eine Zellulosefaser eine Polypropylenfaser im Bindegarn in bestimmten Anwendungen ohne Probleme ersetzen kann.

Das Projekt möchte hier Licht ins Dunkel bringen und hat 25 Steckbriefe zu bekannten und weniger bekannten Produkten bzw. Anwendungen entwickelt, um sie ins Bewusstsein der Öffentlichkeit zu bringen und das Problembewusstsein zu schärfen. Für diese Produkte sind neue Lösungen notwendig und biologisch abbaubare Kunststoffe bieten zusammen mit anderen nachwachsenden Rohstoffen interessante und sinnvolle Optionen. Wo es bereits Lösungen am Markt gibt werden diese aufgezeigt, ebenso die Barrieren für ihren Einsatz. Wo es noch keine gibt, wird der Forschung- und Entwicklungsbedarf skizziert.

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

2 Ziel des Projektes

Das Ziel des Projektes besteht darin, den gesellschaftlichen Dialog über biologisch abbaubare Materialien zu fördern und für bestimmte Produkte und Anwendungen biologisch abbaubare Materialien als umweltfreundliche Alternative ins Blickfeld zu rücken sowie Wege zur Förderung und Markteinführung aufzuzeigen. In Form von Steckbriefen soll zielgruppenorientiert, wissenschaftlich fundiert und objektiv über die möglichen Vor- und Nachteile informiert werden. Es werden konkrete Vorschläge zur Substitution von konventionellem Kunststoff gegeben; für jedes Produkt werden spezifisch sämtliche Einflussfaktoren und Bedingungen untersucht und bewertet. Die politischen Rahmenbedingungen und das Marktvolumen sind ebenso Kernpunkte der Steckbriefe wie die Betrachtung von Zertifikaten, die als wichtige Maßstäbe für die biologische Abbaubarkeit herangezogen werden.

Die primären Zielgruppen sind Entscheidungsträger aus Politik und Industrie ebenso wie Umweltgruppen und Nicht-Regierungs-Organisationen (NGO). Aber auch die breite Öffentlichkeit soll Erkenntnisse gewinnen können, die ihr Bewusstsein und Wissen bzgl. biologischer Abbaubarkeit von Kunststoffen schärfen und ihr persönliches Handeln beeinflussen.

Die 25 kompakten Steckbriefe sind identisch aufgebaut und decken jeweils folgende Aspekte ab:

1. Beschreibung des Produktes / der Anwendung
2. Derzeit hauptsächlich verwendetes Material
3. Problematik
4. Marktvolumen in Deutschland / der EU
5. Biologisch abbaubare Produkte am Markt
6. Politische und regulatorische Aspekte
7. Sonstige Barrieren
8. Technische Anforderungen
9. Relevante Standards und Zertifikate zur biologischen Abbaubarkeit
10. Mögliche Substitute
11. Ausblick

Diese elf Aspekte decken übersichtlich, aber in notwendiger Ausführlichkeit, die speziellen Anforderungen, Hürden und Möglichkeiten ab. Verweise zu allgemeinen Kapiteln sind dort immer wieder zu finden, um Wiederholungen von tiefergehenden Ausführungen in den Steckbriefen zu vermeiden.

3 Methodik

Für die Auswahl der 25 Produkte und Anwendungen wurden zunächst Auswahlkriterien entwickelt. Auf Basis dieser wurden die Vorschläge des Projektteams, des Projektbeirates (siehe Kapitel 13) und der Öffentlichkeit evaluiert. Die Auswahlkriterien können wie folgt zusammengefasst werden:

Für Produkte, die in die Umwelt oder in den Kompoststrom geraten ergibt die biologische Abbaubarkeit Sinn, wenn …

1) das Sammeln der Produkte oder der Überreste nicht möglich ist / ökonomisch nicht realisierbar / in der Praxis nicht stattfindet,
2) das Separieren der Produkte oder der Überreste von organischen Abfall nicht möglich ist / ökonomisch nicht realisierbar / in der Praxis nicht stattfindet,
3) Recycling nicht möglich ist / ökonomisch nicht realisierbar / in der Praxis nicht stattfindet,

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

4) die thermische Verwertung wegen hohem Feuchtigkeitsgehalt wenig Sinn ergibt,
5) durch die Verwendung biologisch abbaubarer Materialien Eintrag von Mikroplastik in die Umwelt vermieden werden kann,
6) es indirekte positive Effekte gibt, ein relevanter Sekundärnutzen erzielt werden kann,
7) relevante Mengen des Produktes produziert werden,
8) die technische Machbarkeit einer Material-Substitution gegeben ist.

Auf Basis dieser Kriterien wurden die Produkte ausgewählt, für die unter realen Bedingungen keine Sammlung, Trennung, Recycling oder Verbrennung als Option infrage kommt. Sobald dies reale Optionen sind, sind sie immer als höherwertig anzunehmen und stellen die bessere End-of-Life-Option dar, wie Ökobilanzen zeigen.

Durch einen öffentlichen Aufruf und interne Projektarbeiten wurden zu Projektbeginn etwa 60 Vorschläge eingereicht und gesammelt, die anschließend durch einen Expertinnen- und Expertenbeirat, bestehend aus insgesamt über 40 Vertreterinnen und Vertretern aus Industrie, Umweltorganisationen und anderen Interessensgemeinschaften anhand der Kriterien diskutiert und bewertet wurden.

Ausgeschlossen wurden vor allem Produkte, deren biologische Abbaubarkeit dazu führen könnte, dass sie nicht dem Recyclingstrom zugeführt, sondern in die Natur entsorgt werden. Aber auch Anwendungen, für die es derzeit kein passendes Substitut gibt, das die technische Machbarkeit garantieren kann, wurden nicht die Studie aufgenommen.

Insgesamt wurden drei Workshops durchgeführt, wovon zwei als englischsprachige Online-Workshops stattfanden. Die Anmeldung zu den Workshops war frei zugänglich und es nahmen insgesamt rund 100 Personen an den drei Workshops teil.

Die 25 final ausgewählten Produkte und Anwendungen wurden in den folgenden Monaten durch die Fachabteilungen des nova-Instituts, mit Unterstützung des Instituts für Kunststofftechnik Stuttgart als externer Partner und mit freundlicher Unterstützung von Expertinnen und Experten aus dem Beirat und den Workshops, bearbeitet und erstellt.

4 Hintergrund zu biologischem Abbau

Kunststoffe, die in der Umwelt landen und anschließend dort als Makro- und schließlich Mikroplastik verbleiben, sind in vielerlei Hinsicht problematisch. Sie können das natürliche Gleichgewicht von Ökosystemen stören und eine Gefahr für Tiere und deren Lebensräume darstellen. Letztlich laden sie in der menschlichen Nahrungskette, wo sie potenziell der menschlichen Gesundheit schaden können – auch wenn hier noch erheblicher Forschungsbedarf besteht, um das Risiko genauer einschätzen zu können. Gänzlich vermeiden lassen sich Kunststoffe in verschiedensten Formen derzeit in der Umwelt allerdings nicht. Daher ist es notwendig, an allen möglichen Stellen einzugreifen, um die Umweltbelastung durch Kunststoffe und Mikroplastik zu verringern. Für Kunststoffprodukte, deren Eintrag und Verbleib in der Umwelt nicht komplett zu verhindern sind, ist die biologische Abbaubarkeit daher eine saubere und interessante Option. Grundsätzlich alle Kunststoffe, egal ob auf fossilen oder nachwachsenden Rohstoffen basierend, zersetzen sich in den meisten Umgebungen. Dies geschieht zunächst vor allem durch physikalische Prozesse, die Kunststoffe früher oder später in Mikroplastik zerlegen. Während biologisch

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

abbaubare Kunststoffe dann vollständig biologisch abgebaut werden, bleiben die nicht biologisch abbaubaren Kunststoffe noch über Jahrhunderte in der Umwelt, auch wenn sie aufgrund ihrer mikroskopisch kleinen Größe nicht mehr für das menschliche Auge sichtbar sind.

Biologische Abbaubarkeit ist eine Eigenschaft, die nur wenige Kunststoffe besitzen, die aber in einer vollständigen und rückstandslosen Zersetzung des Kunststoffes resultiert. Als biologisch abbaubar wird ein Kunststoff bezeichnet, wenn alle seine organischen Bestandteile durch mikrobielle Umwandlung unter aeroben Bedingungen (in denen also Sauerstoff vorhanden ist) in Kohlenstoffdioxid, Wasser, mineralische Salze und Biomasse oder entsprechend unter anaeroben Bedingungen (in denen kein Sauerstoff vorhanden ist) in Kohlenstoffdioxid, Methan, mineralische Salze und Biomasse umgewandelt werden. Während des Abbauprozesses wird ein Teil des Kohlenstoffes im Kunststoff als CO_2 (und ggf. auch CH_4) in die Atmosphäre abgegeben, der andere Teil fließt ins Wachstum von Biomasse, also Mikroorganismen und Pilze. Der Prozess des biologischen Abbaus wird von der chemischen Struktur der Polymere und auch maßgeblich von den Umweltbedingungen in der Umgebung beeinflusst. Temperatur, Wassergehalt, Nährstoffverfügbarkeit, pH-Wert, Sauerstoffzufuhr, Konzentration und Typ sowie Aktivität der Mikroorganismen beeinflussen, ob ein biologischer Abbau stattfindet und wenn, in welcher Geschwindigkeit. Unter ähnlichen Umweltbedingungen kann die Geschwindigkeit des biologischen Abbaus für verschiedene Produkte oder Materialien variieren.[1]

Oxo-fragmentierbare (auch als „oxo-abbaubar“ bezeichnete) Kunststoffe zählen nicht in die Kategorie der biologisch abbaubaren Kunststoffe, daher wurden sie im Projekt nicht weiter berücksichtigt. Im Rahmen der „Single-Use Plastics Directive“ werden in der Europäischen Union oxo-fragmentierbare Kunststoffe verboten, die nationale Umsetzung soll im Jahr 2021 vollzogen werden. Oxo-fragmentierbaren Kunststoffe werden bestimmte Additive zugesetzt, um den Zerfallprozess in der Umwelt durch Licht, Wärme oder mechanische Belastung zu katalysieren und zu beschleunigen. Der oxo-fragmentierbare Kunststoff wird jedoch nicht biologisch abgebaut, sondern zerfällt in kleine Fragmente, die sich in der Umwelt als Mikroplastik anreichern.[2]

Der biologische Abbau unterliegt in allen Verbleiborten den Umgebungsbedingungen und hängt sogar maßgeblich von diesen ab. Wichtig ist die dortige Anzahl der Mikroorganismen und Zusammensetzung der mikrobiellen Population sowie die Temperatur, der Sauerstoffgehalt, der pH-Wert und der Nährstoffgehalt.

Im Rahmen des Projektes wurden verschiedene Eintrittspfade und Verbleiborte definiert und auf Grundlage dessen passende Substitute benannt. Es wurden insgesamt sechs Haupt-Eintrittspfade und Verbleiborte definiert:

1) Industrielle Kompostierung,
2) Heimkompostierung,
3) Boden,
4) Abwasser,
5) Süßwasser und
6) Salzwasser.

Hierbei können zwei Aspekte unterschieden werden: Die Produkte verbleiben nach Lebensende an ihrem

1 European Bioplastics 2021: Claims on biodegradability and compostability on products and packaging. 2021-01. Letzter Zugriff: 2021-03-17. Download unter https://docs.european-bioplastics.org/publications/Claims_on_biodegradability_and_compostability_on_products_and_packaging_210108.pdf

2 Burgstaller M., Potrykus A., Weißenbacher J., Kabasci, S., Merrettig-Bruns, U. und Sayder, B. 2018: Gutachten zur Behandlung biologisch abbaubarer Kunststoffe. Umweltbundesamt. 2018-07. Download unter https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/gutachten-zur-behandlung-biologisch-abbaubarer

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

Einsatzort ohne ordnungsgemäß entsorgt werden zu können, oder die Produkte werden falsch entsorgt. Dadurch ergeben sich zum Teil mehrere mögliche Verbleiborte für ein Produkt, die in den Steckbriefen und durch deren Gliederung aufgegriffen werden.

Biologischer Abbau geschieht am schnellsten und effektivsten in der industriellen Kompostierung und geht im Heimkompost vergleichsweise langsamer vonstatten. Im oder auf dem Boden, im Süßwasser und Salzwasser sind die Bedingungen am wenigsten konstant und im Fall des Süß- und Salzwassers liegt aufgrund der großen Verdünnung eine geringe Mikroorganismendichte vor (vor allem praktisch keine Pilze), so dass der biologische Abbau dort am langsamsten abläuft.[3]

4.1 Industrielle Kompostierung

Die industriellen Kompostierungsbedingungen sind steuerbar und konstant. Die industrielle Kompostierung erfolgt in speziellen Kompostieranlagen unter kontrollierten Bedingungen, die z. B. eine hohe Temperatur (ca. 60 °C), hohe Feuchtigkeit, eine exakte Verweilzeit, die Zusammensetzung des Kompostgutes und die Luftsauerstoffzufuhr vorgeben. Pilze und Bakterien sind hier in großen Mengen zu finden: der biologische Abbau unter diesen Bedingungen ist sehr effizient und dauert je nach Kunststoff nur wenige Wochen.[1]

4.2 Heimkompost / Gartenkompost

Den Heimkompost (oder Gartenkompost) verwenden Privatpersonen oder auch Bauern oft für Garten- oder Küchenabfälle. Dort können die Bedingungen schwanken, da sie nicht gut gesteuert werden können. Generell sind die Temperatur und Feuchtigkeit viel niedriger als in der industriellen Kompostanlage und es ist keine Qualitätskontrolle möglich. Der Anteil von Pilzen und Bakterien wird von mehreren Faktoren wie den Wetterbedingungen und der Kompostierungspraxis beeinflusst. Es ist ein langsamerer Prozess als in der industriellen Kompostierung, bei dem ein vergleichsweise kleines Abfallvolumen anfällt und er ist nicht geeignet, um große Mengen Kompostgut das ganze Jahr über zu behandeln.[1]

4.3 Boden

In der freien Natur, auf dem Boden, schwanken die Bedingungen stark: einige Böden sind feuchter und haben einen größeren Anteil an Mikroorganismen als Böden anderorts. Es kann auch zu Temperaturunterschieden kommen; Schnee und Frost sind Faktoren, welche die Geschwindigkeit des biologischen Abbaus hemmen können. Je nach Niederschlag und Klima variieren die Temperaturen und pH-Werte: letztere können zwischen zwei und elf liegen.[4] Eine für den Pflanzenanbau geeignete Bodenbeschaffenheit bietet jedoch gleichzeitig auch die notwendigen Voraussetzungen – z. B. die Verfügbarkeit von Mikro-

3 OWS 2021: Degradation in other environments. Letzter Zugriff 2021-03-03. https://www.ows.be/tests/degradation-in-other-environments

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

organismen – für biologisch abbaubare Materialien.[1] Im Boden und im Kompost wurden über 90 verschiedene Arten von Mikroorganismen identifiziert, die in der Lage sind, biologisch abbaubare Kunststoffe zu verwerten.[2]

Zwei Sonderfälle, die im Rahmen des Projektes identifiziert wurden, sind innerstädtischer Asphalt und Waldboden. Die Bedingungen für den biologischen Abbau sind in beiden Umgebungen sehr anspruchsvoll. Auf Asphalt sind nahezu keine Mikroorganismen zu finden, die einen biologischen Abbau unterstützen könnten. Waldbedingungen sind ebenfalls als schwierig für den biologischen Abbau von Kunststoffprodukten einzustufen und nicht gleichzusetzen mit landwirtschaftlichen Böden. Waldboden ist ein sehr heterogener Standort und je nach Art der Vegetation (Waldgesellschaft aus Nadel- oder Laubbäumen), Relief (Nord- oder Südhang, Mulde) und Korngröße des Bodens (Sand oder Ton) herrschen völlig unterschiedliche Wasserverhältnisse und damit Bedingungen für die Mikroben des biologischen Abbaus.

4.4 Abwasser

Abwasser wird durch das Abwassersystem Kläranlagen zugeführt und dort mit mechanischen, physikalischen und chemischen Verfahren behandelt. Hinzu kommt eine biologische Klärstufe, in der Substanzen im Abwasser biologisch abgebaut werden. Der entstehende, sogenannte Klärschlamm wird zuletzt vom behandelten Wasser getrennt. Klärschlämme werden in der Regel als Dünger auf Feldern eingesetzt und gelangen so auf landwirtschaftlich genutzte Böden. Durch die organischen Stoffe und andere Nährstoffe ermöglicht Klärschlamm optimale Wachstumsbedingungen für Mikroorganismen. Die mikrobielle Populationsdichte ist daher deutlich höher als die von Süß- oder Salzwasser. Je nach Zusammensetzung des Klärschlamms und Prozessbedingungen kann der Abbau aerob oder anaerob erfolgen. Temperaturen zwischen 37 °C und 50 °C gelten hier als vorteilhaft.[4] Das gereinigte Wasser wird in die Natur entlassen, in der Regel in Süßgewässer, von dort kann das Wasser aber auch wieder ins Meer gelangen.

4.5 Süßwasser

Süßgewässer können in stehende und dynamische Gewässer unterteilt werden (Flüsse, Seen). Die Temperaturen sind abhängig von der Jahreszeit (0 bis 35 °C), Niederschlägen, Lage und Tiefe des Wassers. Der pH-Wert des Süßwassers liegt zwischen sechs und neun. Für den biologischen Abbau in Süßwasser sind hauptsächlich Pilze und Bakterien verantwortlich, wobei Pilze in geringen Mengen zu finden sind. Dieser Umstand und eine meist niedrige Umgebungstemperatur erschweren die biologische Abbaubarkeit von Kunststoffen erheblich.[2 4]

4 Kliem, S., Kreutzbruck, M. und Bonten, C. 2020: Review on the Biological Degradation of Polymers in Carious Environments. Materials, Vol. 13, 4586. doi: 10.3390/ma13204586

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

4.6 Salzwasser

Bei Salzwasser, wie es in den Weltmeeren zu finden ist, schwanken die Umweltbedingungen ganz erheblich – man denke nur an Küstenregionen, offenes Meer und Tiefsee. Je nach Tiefe, Lage und Jahreszeit gibt es erhebliche Temperaturunterschiede (zwischen -1 °C und 30 °C).[4] Die Konzentration an Mikroorganismen ist noch geringer als im Süßwasser und aktive Pilze fehlen fast vollständig. Der Abbauprozess ist noch anspruchsvoller als in Süßwasser.[2]

Generell werden im Folgenden zwar verschiedene Umgebungen betrachtet, in denen die Kunststoffe in der Umwelt landen können. In der Realität sieht es aber häufig so aus, dass durch Einflüsse wie Wind, Regen, Erosion und ähnliche Faktoren die Kunststoffe aus einer ursprünglichen Umgebung in weitere Umgebungen transportiert werden, wie zum Beispiel vom Boden in einen Fluss und schließlich ins Meer. Gerade dann, wenn Kunststoffe in Form von Mikroplastik in den Boden gelangt sind oder sich zu diesem zersetzen, ist ein Eintritt in andere Umgebungen zu bedenken.

Da der biologische Abbau im Boden über Süßwasser bis hin zum Salzwasser immer schwieriger wird, sollte der biologische Abbau möglichst bereits im Boden oder Süßwasser stattfinden, so dass der Kunststoff gar nicht erst in Salzwasser gelangt.

Im Rahmen des Projektes haben wie hier eine Grenze gezogen und nur den initialen Verbleibort und den biologischen Abbau in diesem betrachtet. Für die betrachteten Zertifikate gilt zwar z. B., dass ein Material, welches für den biologischen Abbau in Meerwas-

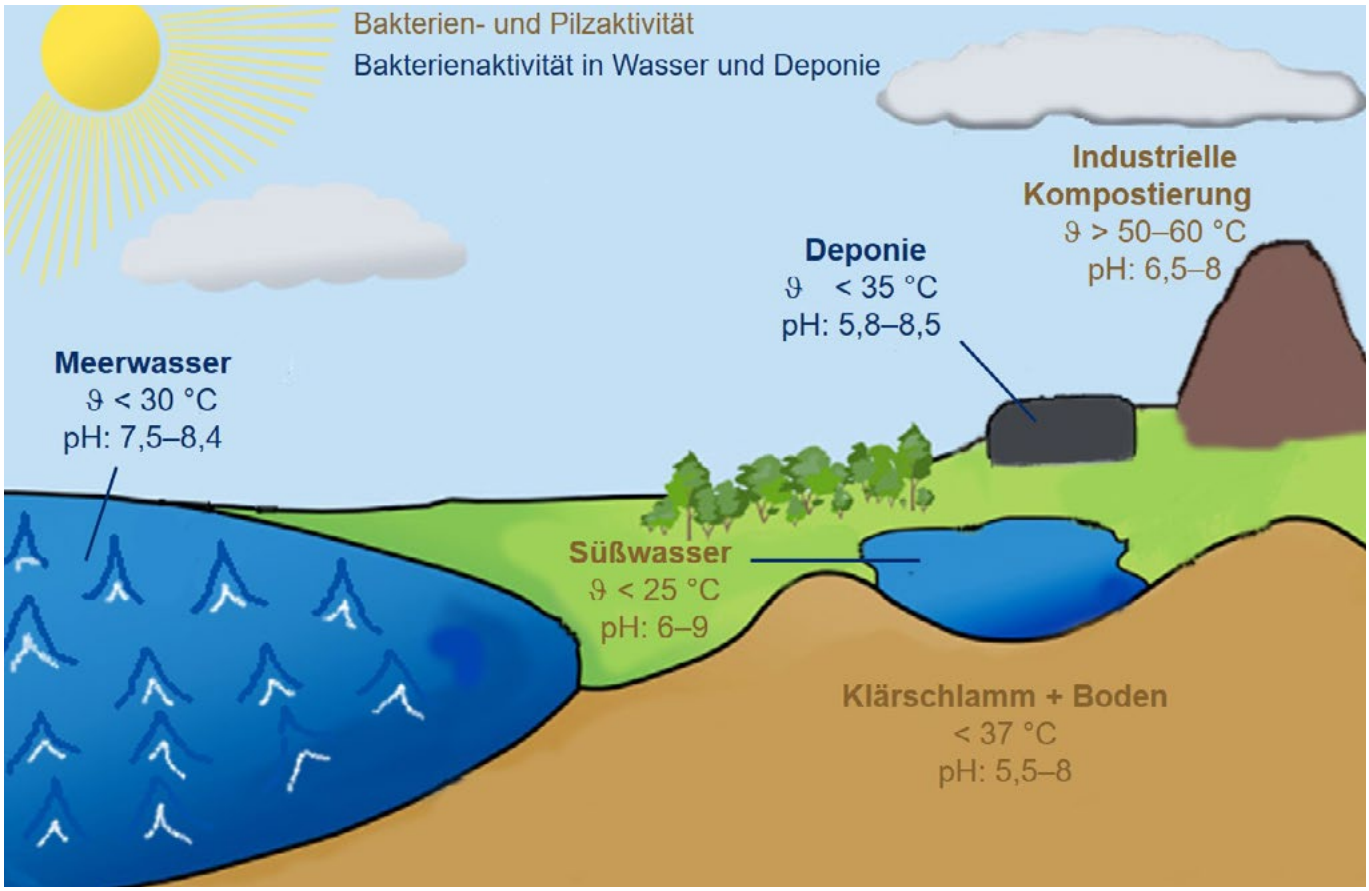


Abbildung 1: Schematischer Überblick über die verschiedenen Umgebungsbedingungen für den biologischen Abbau von Polymeren in der Umwelt

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

ser zertifiziert ist, automatisch auch im Heimkompost abbaut, nicht jedoch andersherum. Wir haben entsprechend nicht ausschließlich Materialien empfohlen, die in beiden möglichen Umgebungen abbauen, wenn der Haupteintritts- und Verbleibort eindeutig ist.

Die realen Umgebungsbedingungen für den biologischen Abbau sind selten konstant. Unter Laborbedingungen können die optimalen Bedingungen dennoch nachgebildet werden und lassen zuverlässige Rückschlüsse auf das biologische Abbauverhalten unter Realbedingungen zu. Um als biologisch abbaubar in einer bestimmten Umgebung zu gelten, muss der Kunststoff oder das Kunststoffprodukt entsprechend geprüft werden. Um genau diesen biologischen Abbau standardisiert nachweisen zu können und einen wissenschaftlich fundierten Rahmen zu schaffen, gibt es Normen, Standards und Zertifizierungen, die den biologischen Abbau von Kunststoffen in verschiedenen relevanten Umweltbedingungen und spezifischen Zeitrahmen definieren. Im folgenden Kapitel werden Standards und Zertifikate für die jeweiligen Umgebungen vorgestellt und erläutert.

5 Übersicht über Standards, Normen und Zertifizierungskonzepte

Die 25 ausgewählten Produkte und Anwendungen verbleiben am Ende ihres Lebenszyklus in verschiedenen Umgebungen, in denen ein biologischer Abbau vorteilhaft wäre. Allerdings findet ein Abbau, wie bereits erwähnt, nicht in jeder Umgebung gleich effizient statt und die jeweiligen Umweltbedingungen nehmen großen Einfluss auf Ablauf und Geschwindigkeit. Die identifizierten Umgebungen, die Kunststoffprodukte und deren Partikel passieren und in denen sie anschließend auch enden, sind, wie in Kapitel 4 bereits erläutert, der industrielle und heimische Kompost, Böden, oft landwirtschaftlich genutzte, sowie Abwasser, Frischwasser und Salzwasser. Jede dieser Umgebungen bringt eigene Herausforderungen und Möglichkeiten für einen erfolgreichen biologischen Abbau mit sich, welche unterschiedlich starken Einfluss auf die Prozesse des biologischen Abbaus nehmen.

Daher müssen diese umweltbedingten Szenarien einzeln betrachtet und jeweils alleinstehend getestet und zertifiziert werden. Zu diesem Zweck gibt es diverse Standards und Zertifikate, die nach jeweils an die Umwelteinflüsse angepassten Kriterien einen Rahmen bieten, in dem der biologische Abbau stattfinden muss. Andernfalls darf sich ein Produkt nicht diesen Zertifikaten entsprechend „biologisch abbaubar“ nennen.

Standards, Normen und Zertifikate werden zum Teil in Verordnungen, Vorschriften und Gesetzen verankert, um mit ihrer Hilfe eine gesetzlich bindende Grundlage für Produkte und Anwendungen sowie deren Lebenszyklus zu schaffen. Im Falle von biologisch abbaubaren Kunststoffen ist dies bisher nur in kleinen Teilen passiert. Es gibt darüber hinaus aber noch weitere Standards und Zertifikate, die bisher noch nicht durch regulatorische Maßnahmen durchgesetzt werden. Im Folgenden werden die im Projekt relevanten grundlegenden Standards und Zertifikate vorgestellt und deren Inhalte erläutert. Spezifische Standards und Besonderheiten für einzelne Anwendungen werden in den jeweiligen Steckbriefen aufgegriffen.

Im Projekt BioSinn gehen wir hauptsächlich auf die Normen ein, die in den aufgeführten Zertifizierungs-

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

verfahren berücksichtigt und als Grundlage herangezogen werden. Die hier genannten Normen sind keine vollständige Übersicht. Es gibt weitere erwähnenswerte Normen zur biologischen Abbaubarkeit, wie beispielsweise die DIN EN ISO 18830, DIN EN ISO 19679, DIN EN 17417 sowie die DIN EN 17427.

Wie aus den einzelnen Zertifizierungsanforderungen teilweise ersichtlich wird, spielt die Temperatur beim Abbau eine entscheidende Rolle. In vielen der Tests wird der Abbau im Bereich von 20 °C bis 30 °C überprüft. Die in diesem Bereich erzielten Ergebnisse lassen sich der Annahme nach weitgehend linear auf andere Temperaturbereiche übertragen und dementsprechend hoch- bzw. herunterrechnen. Der Abbau in industriellen Kompostanlagen findet bei durchschnittlichen 60 °C deutlich schneller statt als im Heimkompost. Noch langwieriger stellt sich der Abbau in Böden und im Wasser dar.

Außerdem spielt die Oberfläche des Materials, welches biologisch abgebaut werden soll, ebenfalls eine entscheidende Rolle für die Gesamtdauer des biologischen Abbaus. Je größer die Oberfläche, desto mehr Angriffsfläche haben Mikroorganismen, um das Material abzubauen. Folglich variieren die Abbauzeiten zwischen Labor und Realität häufig, da das abzubauende Material im Labor gemahlen wird, was die Abbaudauer verkürzt. Dieser Prozess der Fragmentierung erfolgt in der Natur durch mechanische Belastung und UV-Strahlung vor und parallel zum eigentlichen biologischen Abbau.

Normen und Zertifizierungen decken in der Regel einen relativ kurzen Zeitrahmen für die biologische Abbaubarkeit ab. Sie wurden für Anwendungen mit einer kurzen Funktionsdauer entwickelt, bei denen die biologische Abbaubarkeit relativ schnell erfolgen muss.

Einige biologisch abbaubare Kunststoffen bauen in bestimmten Umgebungen langsamer ab, als die heutigen Zertifikate dies vorsehen. Wichtig ist aber, dass einige schließlich vollständig biologisch abgebaut werden und kein Mikroplastik in der Natur zurücklassen. Zudem wird eine langsamere biologische Abbaubarkeit auch für Anwendungen mit einer längeren Funktionsdauer benötigt. Für diese langsamere biologische Abbaubarkeit gibt es bislang keine Standards oder Zertifizierungssysteme. Im Projekt BioSinn werden beide Arten des biologischen Abbaus berücksichtigt, den innerhalb des durch Normen definierten Zeitrahmens und den in einem längeren, noch nicht durch Normen definierten Zeitrahmen (siehe Abbildung 3).

5.1 Normen

Eine Norm legt Anforderungen an ein Produkt, eine Dienstleistung oder ein Verfahren fest.[5] Im Fall des Projektes BioSinn handelt es sich um Anforderungen an den biologischen Abbau. In diesem Kapitel werden die wichtigsten Normen hierzu erläutert. Ggf. sind weitere, spezifische Normen in den jeweiligen Steckbriefen erwähnt.

5 https://www.din.de/de/ueber-normen-und-standards/basiswissen

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

5.1.1 DIN EN 13432

Die Norm DIN EN 13432 befasst sich mit der Verwertung von Verpackungen durch Kompostierung und biologischen Abbau. Sie legt Kriterien und Prüfschemata fest, nach denen der biologische Abbau eines Verpackungsproduktes standardisiert bewertet werden kann. Das Schema der Norm sieht vor, eine Verpackung hinsichtlich biologischer Abbaubarkeit, Desintegration während der biologischen Behandlung, Auswirkung auf den biologischen Behandlungsprozess sowie Auswirkung auf die Qualität des entstandenen Komposts zu prüfen.

Außerdem werden sowohl Abbaugrad sowie maximale Abbaudauer je nach Art des Abbaus festgelegt. Unter aeroben Bedingungen im industriellen Kompost darf die Abbaudauer sechs Monate nicht überschreiten. Nach dieser Zeit muss ein Abbaugrad von mindestens 90 % erreicht sein. Unter anaeroben Bedingungen in z. B. einer Biogasanlage darf die maximale Dauer zwei Monate nicht überschreiten, in denen mindestens 50 % abgebaut werden sein müssen.

5.1.2 DIN EN 14995

Die Norm DIN EN 14995 legt die Anforderungen und Verfahren fest, die herangezogen werden, um die Kompostierbarkeit oder anaerobe Behandlung von Kunststoffen zu bestimmen. Neben der generellen biologischen Abbaubarkeit werden auch die Rahmen für Desintegration, Qualität des entstehenden Kompostes und die Erkennbarkeit des Materials als biologisch abbaubar festgelegt.

Die essenziellsten Bestandteile der Norm sind hier für den aeroben Abbau (also im bspw. im Kompost) eine maximale Prüfdauer von sechs Monaten, in der ein Abbau von 90 % stattgefunden haben muss. Für den anaeroben Abbau (also vor allem in der Biogasanlage), bei der die Vorgehensweise der Prüfung freigestellt ist, ist eine maximale Prüfdauer von zwei Monaten vorgesehen, in denen mindestens 50 % in Biogas umgesetzt werden müssen.

5.1.3 DIN EN 17033

Die Norm DIN EN 17033 befasst sich explizit mit biologisch abbaubaren Mulchfolien, welche für den Einsatz in Landwirtschaft und Gartenbau bestimmt sind. Ähnlich wie in DIN EN 13432 werden auch hier Anforderungskriterien sowie ein Prüfverfahren definiert, die den Rahmen für biologisch abbaubare Mulchfolien vorgeben. Die Rahmenbedingungen zur Prüfung des zufriedenstellenden biologischen Abbaus sehen vor, dass die maximale Dauer 24 Monate beträgt, in der mindestens 90 % des Materials der Mulchfolie in CO_2 umgewandelt wird (die restlichen 10 % finden sie in der Biomasse der Mikroorganismen). Hierbei bewegt sich die Temperatur konstant zwischen 20 °C bis 28 °C.

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

5.1.4 ASTM D6691 – 17

Im ASTM Standard D6691 – 17 wird ein Standardtestverfahren zur Bestimmung des aeroben biologischen Abbaus von Kunststoffen in der Meeresumwelt durch ein definiertes mikrobielles Konsortium oder ein natürliches Meerwasser-Inokulum festgelegt. Das Testverfahren sieht vor, über einen Zeitraum von zehn bis 90 Tagen und einer Temperatur von 30 °C ± 1 °C die CO_2-Entstehung im Prüfverfahren zu messen, an Hand derer sich der Grad des biologischen Abbaus berechnen lässt.

5.1.5 AS 5810 – 2010

Der australische Standard AS 5810 – 2010 befasst sich mit im Heimkompost biologisch abbaubaren Kunststoffen. Als maximale Prüfdauer werden zwölf Monate festgelegt, in der ein Abbau von mindestens 90 % erreicht werden muss. Hierbei soll die Umgebungstemperatur im Testverfahren bei 25 ± 5 °C liegen und 30 °C nie überschreiten.

5.1.6 NF T51-800

Der französische Standard NF T 51 – 800 legt nötige Spezifikationen für heimkompostierbare Kunststoffe fest. Gemäß diesen Standards muss im Abbautest eine Umgebungstemperatur von 25 ± 5 °C herrschen, die während der gesamten Testdauer 30 °C nicht überschreiten darf. Bei allen Polymeren müssen bis zum Ende der Testdauer mindestens 90 % des organischen Kohlenstoffs in Kohlendioxid umgewandelt worden sein. Die maximale Testdauer ist mit 365 Tagen beziffert. Eine zufriedenstellende Zersetzung ist dann erreicht, wenn nach 180 Tagen nicht mehr als 10 % der ursprünglichen Trockenmasse nach dem Sieben mit einem 2-mm-Sieb übrigbleiben. Die Kunststoffreste dürfen mit bloßem Auge und einem Abstand von 500 Millimetern nicht vom restlichen Kompostmaterial zu unterscheiden sein.

5.2 Zertifizierungen von TÜV Austria

TÜV Austria vergibt Zertifikate, die sich nach den jeweils geltenden Normen richten. TÜV Austria beschränkt die Nutzung der Zertifikatsauszeichnung jeweils nur auf Produkte, die für die Anwendung in der Umgebung vorgesehen sind, für die sie zertifiziert werden sollen. Demnach dürfen beispielsweise nur Produkte, die für den Gebrauch im Meer vorgesehen sind, das Logo des „OK biodegradable MARINE“ Zertifikats tragen – also z. B. keine Einkaufstüten, auch wenn diese im Meer biologisch abbaubar wären. Das Gleiche gilt für die Zertifizierungen „OK biodegradable SOIL“ (Gartenbau und landwirtschaftliche Produkte) sowie „OK biodegradable WATER“ (Süßwasser).

Sowohl durch TÜV Austria sowie durch DIN CERTCO können je nach Zertifizierungssystem und Wunsch des Kunden einzelne Polymertypen, mit Additiven konditionierte Kunststoffe oder fertige Produkte zertifiziert werden. Die Kriterien des Abbaus gelten entsprechend für den jeweiligen Prüfgegenstand.

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

5.2.1 OK compost INDUSTRIAL

Die Anforderungen für die Zertifizierung „OK compost INDUSTRIAL“ des TÜV Austria entsprechen denen der DIN EN 13432. Diese Zertifizierung stellt somit die Umsetzung und Gewährleistung der DIN EN 13432 dar. Ein Produkt, welches nach DIN EN 13432 mit dem „OK compost INDUSTRIAL“-Zertifikat ausgezeichnet ist, kann über den Bioabfallstrom der braunen Tonne grundsätzlich bedenkenlos der industriellen Kompostierung zugeführt werden. Außerdem folgt jedes hiermit ausgezeichnete Produkt gleichzeitig den Anforderungen der EU-Verpackungsrichtlinie.

5.2.2 OK compost HOME

Eine weitere Umgebung, die TÜV Austria berücksichtigt, ist die Heimkompostierung. Das Zertifikat „OK compost HOME“ bescheinigt einem Produkt, dass es in einem Temperaturbereich von 20 °C bis 30 °C und einer Dauer von maximal zwölf Monaten zu mindestens 90 % (gemäß der DIN EN 13432) biologisch abgebaut wird. Zusätzlich gelten Produkte, die mit den entsprechenden TÜV Austria Zertifikaten zum biologischen Abbau im Boden und im Meer ausgestattet sind, automatisch auch als kompostierbar im Heimkompost gemäß „OK compost HOME“.

5.2.3 OK biodegradable SOIL

Für eine erfolgreiche Zertifizierung des biologischen Abbaus im Boden mit „OK biodegradable SOIL“ wird ebenfalls die Norm DIN EN 13432 herangezogen und als Basis verwendet. Allerdings gibt es im Vergleich zu den anderen Zertifikaten Anpassungen, was einzelne Komponenten des Prüfverfahrens angeht. Die maximale Abbaudauer entspricht nicht, wie in der DIN EN 13432 verankert, sechs Monate, sondern wurde den veränderten Umweltbedingungen im Boden entsprechend auf zwei Jahre verlängert. In dieser Zeit müssen aber gleichermaßen ein Minimum von 90 % des Kohlenstoffs biologisch abgebaut und in CO_2 umgesetzt werden. Waldboden ist gesondert zu betrachten; in Kapitel 4.3 wurden die herausfordernden Bedingungen des Waldbodens beschrieben, für die es derzeit kein eigenes Zertifizierungssystem gibt.

5.2.4 OK biodegradable WATER

Für die Abbauumgebung Süßwasser ist grundlegend auch die DIN EN 13432 ausschlaggebend, allerdings angepasst an die umgebungstypischen Faktoren. Der Temperaturbereich, in dem für Süßwasser getestet wird, liegt bei 20 °C bis 25 °C. In dieser Spanne muss ein Produkt den üblichen Abbau von 90 % erreichen, allerdings schon nach einer Prüfdauer von 56 Tagen. Dies verdeutlicht die hohen Anforderungen an Materialien und Produkte, die in Süßwasser für den Abbau zertifiziert werden wollen.

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

5.2.5 OK biodegradable MARINE

Die Umgebungsvoraussetzungen im Meer stellen die größte Herausforderung für den biologischen Abbau jeglicher Substanzen dar. Geringes Vorkommen von Mikroorganismen, niedrige Temperaturen und eine geringe Sauerstoffzufuhr haben, wie in Kapitel 4.6 erläutert, großen negativen Einfluss. Daher greift bei dieser Zertifizierung eine andere zugrundeliegende Norm, die Norm ASTM D 6691, welche eine Standardmethode für den aeroben Abbau von Kunststoffen in mariner Umgebung definiert. Innerhalb von sechs Monaten müssen nach dieser Methode 90 % des Materials biologisch abgebaut werden.

Dieses Zertifikat wird allerdings teilweise als noch nicht ausgereift und tiefgehend genug angesehen. Eine Überarbeitung wird in den nächsten Jahren erwartet.

5.3 DIN CERTCO

DIN CERTCO (TÜV Rheinland) vergibt wie der TÜV Austria Zertifikate bzgl. der biologischen Abbaubarkeit basierend auf den entsprechenden Normen.

5.3.1 DIN-geprüft Biodegradable in Soil

„DIN-geprüft Biodegradable in Soil“ ist ein Zertifizierungsverfahren für den biologischen Abbau im Boden. Es basiert auf den Anforderungen der Norm DIN EN 17033, die in Kapitel 5.1.3 näher beschrieben wurde. Mit dieser Zertifizierung können allerdings nur die in DIN EN 17033 definierten Materialien und fertigen Mulchfolien versehen werden. Für Verpackung, Beutel und andere Anwendungen greift diese Zertifizierung explizit nicht. Die Testkriterien werden hier in unveränderter Form aus der DIN EN 17033 angewandt. Ein Abbau muss nach 24 Monaten in einem Temperaturbereich zwischen 20 °C und 28 °C zu 90 % stattgefunden haben.

5.3.2 DIN-geprüft Industrial compostable & Keimling

Basierend auf den Normen DIN EN 13432 und DIN EN 14995 existieren zwei Zertifizierungsverfahren, die die industrielle Kompostierbarkeit von Materialien und Produkten bescheinigen. Zum einen das durch den TÜV Rheinland vergebene Zertifikat „DIN-geprüft Industrial compostable“, sowie das „Seedling“-Zertifikat, welches sowohl von TÜV Rheinland als auch von TÜV Austria vergeben werden kann. Die generellen Anforderungen an den Abbau sind aufgrund der identischen zugrundeliegenden Normen gleich: In einem Zeitraum von sechs Monaten müssen mindestens 90 % des Materials vollständig biologisch abgebaut sein. Außerdem dürfen nach zwölf Wochen maximal 10 % des ursprünglichen Materials in einem Sieb für Partikel > 2 Millimeter gefunden werden.

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

5.3.3 DIN-geprüft Home compostable

Das Zertifikat „DIN-geprüft Home compostable“ zertifiziert die Kompostierbarkeit eines Produktes im heimischen Kompost. Es basiert auf der australischen Norm AS 5810 und dem französischen Standard NF T 51-800 und wird von TÜV Rheinland vergeben. In einem Zeitraum von zwölf Monaten muss mindestens 90 % der Substanz vollständig abgebaut werden. Die Temperatur soll dabei 30 °C nicht überschreiten. Nach einer Verweildauer im Heim-kompost von 180 Tagen dürfen nicht mehr als 10 % des ursprünglichen Materials in einem Sieb für Partikel > 2 Millimeter gefunden werden.

6 Auswahl der möglichen Substitute

Nachdem mögliche Verbleiborte sowie die dort herrschenden Bedingungen der ausgewählten Produkte und Anwendungen identifiziert sind, gilt es nun, technisch geeignete Substitute zu finden, deren biologische Abbaubarkeit durch die unabhängigen Zertifikate bestätigt werden kann. Das Ziel des Projektes liegt nicht nur darin, mögliche Anwendungen für biologisch abbaubare Kunststoffe zu identifizieren, sondern auch konkrete Vorschläge zu machen, auf Basis welcher Polymere oder Polymergruppen ein biologisch abbaubares Alternativprodukt hergestellt werden könnte. Hierfür müssen verschiedene Aspekte und Anforderungen betrachtet werden.

Diese lassen sich entsprechend der drei großen Themenbereiche der Kunststofftechnik zusammenfassen: Werkstofftechnik, Verarbeitungstechnik und Produktentwicklung.

Aus Sicht der Werkstofftechnik ist zunächst interessant, welchen Einflüssen das Produkt während seiner Lebensdauer ausgesetzt ist. Dies können Chemikalien wie Säure, Laugen, aber auch Fette und Öle sein. Auch Speichel erfordert eine spezifische Beständigkeit des Werkstoffs. Umgekehrt werden Anforderungen an die Verträglichkeit des verwendeten Kunststoffs gestellt, beispielsweise die Zulassung für Lebensmittelkontakt oder ein Nachweis der Biokompatibilität mit menschlichem Gewebe. Bestimmte Produkte erfordern bestimmte Permeabilitäten, die entweder hoch (Feuchtigkeitszufuhr für frisches Obst und Gemüse) oder niedrig (Sauerstoffabschluss für haltbare Verpackungen) sein können.

Besonders wichtig in Hinblick auf den zu verwendenden Werkstoff sind die Anforderungen, die an dessen biologischen Abbau gestellt werden. Im vorherigen Kapitel wurde erläutert, dass unterschiedliche Umgebungsbedingungen unterschiedlich gute Bedingungen für einen biologischen Abbau bieten. Zusammenfassen lassen sich mögliche Umgebungsbedingungen wie in Abbildung 1.

Nicht immer ist jedoch ein schneller biologischer Abbau gefragt. Zahlreiche Anwendungen sollen für eine gewisse Zeit den ihnen zugedachten Zweck im Freien erfüllen, sodass bei den betrachteten Produkten eine Witterungsbeständigkeit auch von Bedeutung sein kann.

Zu einer ersten Einschätzung möglicher Alternativen für die derzeit eingesetzten Polymere ist in erster Linie wichtig, in welcher Umgebung das Lebensende des Produkts zu erwarten ist. Dies wurde im vorhergehenden Kapitel erläutert.

Abbildung 2 gibt einen Überblick, welche Polymere in welcher Umgebung in absehbarer Zeit biologisch

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

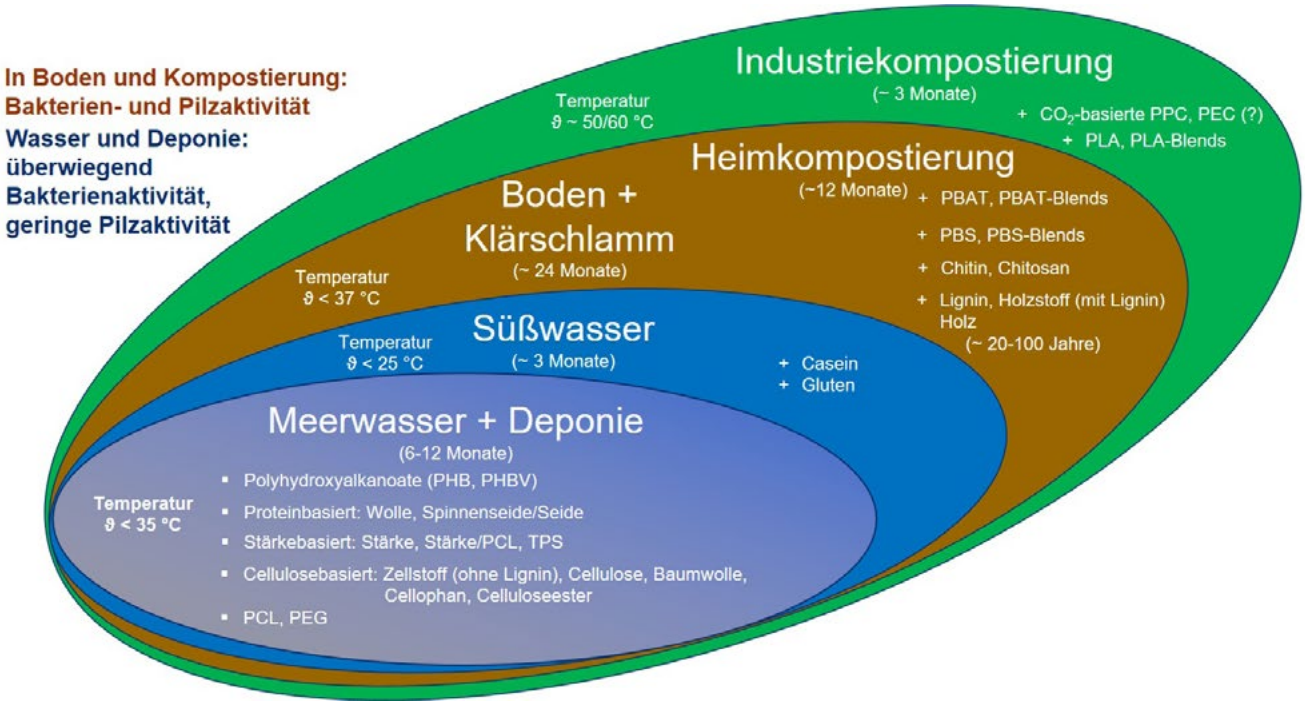


Abbildung 2: Biologisch abbaubare Polymere nach Umgebungsbedingungen in absehbarer Zeit

abbauen. Dieser absehbare, relativ kurze Zeitrahmen wird in der Regel durch die Normen und Zertifizierungen abgedeckt. Er deckt Anwendungen mit einer kurzen Funktionsdauer ab, bei denen die biologische Abbaubarkeit relativ schnell erfolgen muss.

Andererseits wird die biologische Abbaubarkeit auch für Anwendungen mit einer längeren Funktionsdauer benötigt, bei denen die biologische Abbaubarkeit viel langsamer erfolgen muss. Da es sich bei einer biologischen Abbaubarkeit um eine grundlegende Materialeigenschaft handelt, ist davon auszugehen, dass auch in weniger vorteilhaften Umgebungen ein biologischer Abbau stattfindet, jedoch über einen längeren Zeitraum. Ein gutes Beispiel hierfür ist Holz, das allgemein als biologisch abbaubar anerkannt wird, allerdings geschieht dies erst über einen Zeitraum von mehreren Jahrzehnten.

Ein weiteres Beispiel ist PLA, von dem bekannt ist, dass es unter den zertifizierten industriellen Kompostierungsbedingungen biologisch abbaubar ist. PLA kann tatsächlich auch unter anderen Bedingungen wie Boden und Heimkompost in einem längeren Zeitrahmen biologisch abgebaut werden. Eine langsamere biologische Abbaubarkeit wird jedoch derzeit nicht durch das oben dargestellte heutige Normen- und Zertifizierungsschema abgedeckt.

Zusätzlich zu den Anforderungen an den Werkstoff muss dessen Verarbeitung beachtet werden. Jeder Verarbeitungsprozess stellt spezifische Herausforderungen an den verwendeten Werkstoff. So ist beispielsweise beim Spritzgießen eine niedrigviskose Schmelze vorteilhaft, um auch die kleinste Ecke der Kavität auszufüllen. Die Extrusion dagegen benötigt hochviskose Werkstoffe, besonders die Blasfolienextrusion oder das Schäumen von Kunststoffen erfordert nicht nur eine hohe Viskosität, sondern auch eine hohe Schmelzfestigkeit.

Die Produktentwicklung nimmt zuletzt die Belastungen in den Fokus, denen das Produkt während seiner Lebensdauer unterworfen wird. Dies umfasst Kräfte und Lasten, die auf das Produkt wirken. Des Weiteren können Dehnung oder weitere Verformungen auftreten, bei denen das Produkt nicht versagen soll. Handelt es sich um ein langlebiges Produkt, treten während seiner Lebensdauer Alterungsprozesse auf.

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

Biodegradable Polymers in Various Environments

According to Established Standards & Certification Schemes

Update 2021

NOTES

- proven biodegradability
- proven biodegradability for certain grades
- biodegradability not proven

The biodegradability of plastics derived from these biodegradable polymers can only be guaranteed if all additives and (organic) fillers are biodegradable, too. Dying and finishing of cellulosic fibres, for example, may prevent their biodegradation in the environment.

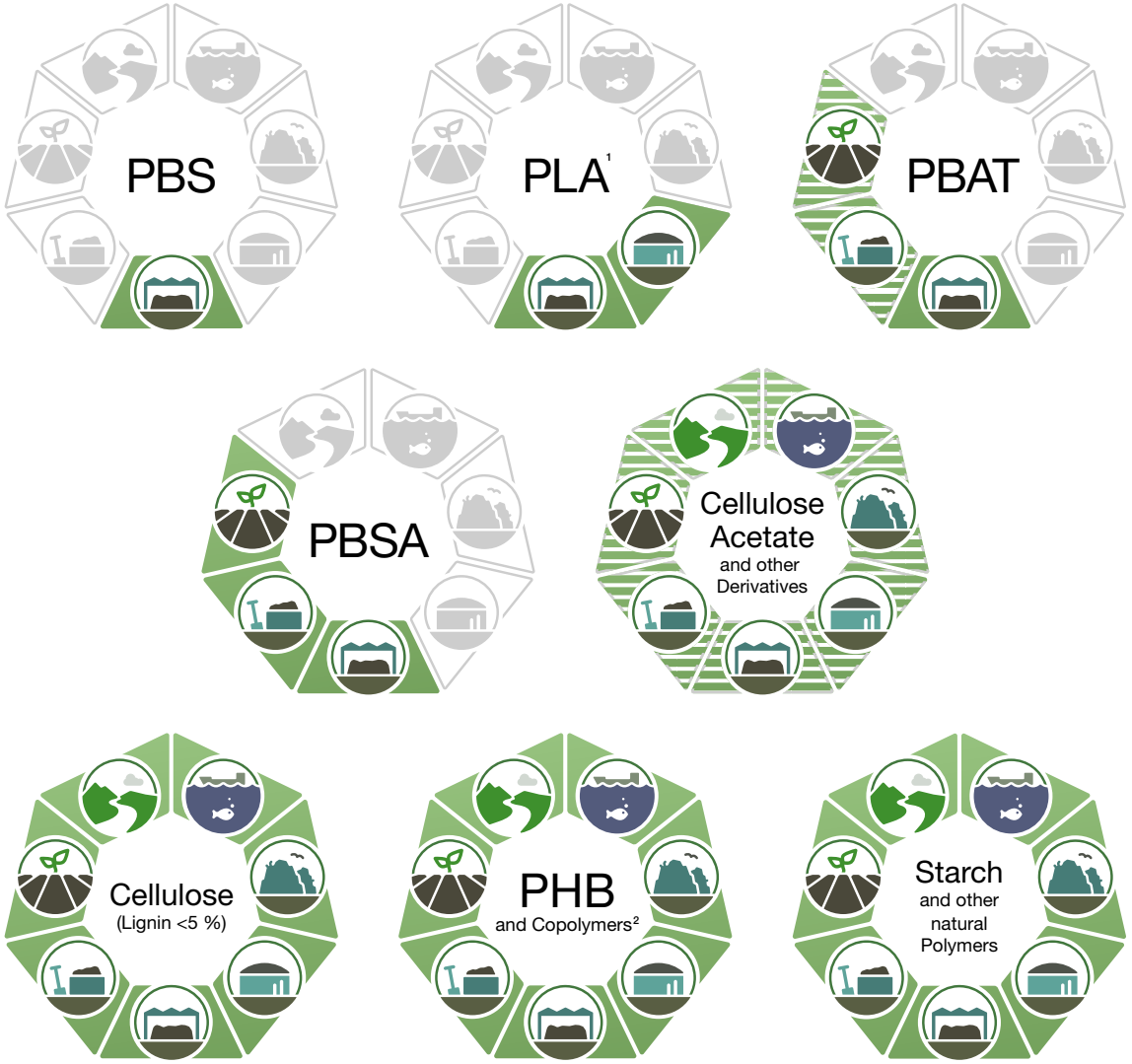
Biodegradability depends on the complex biogeochemical conditions at each testing site (e.g. temperature, available nutrients and oxygen, microbial activity, etc.). Therefore, these generalised claims about biodegradation can only serve as approximations and need to be confirmed by standardised testing under lab conditions. In-situ behaviour can vary, depending on the mentioned conditions, size of the plastic, grade of the polymer and other factors. For instance, biodegradation testing is often performed after milling, showing the inherent nature of the material to biodegrade. In reality, the same level of biodegradation will be obtained, be it possibly within a different timeframe.

SLOWER BIODEGRADING POLYMERS

The polymers shown in the poster are rapidly biodegraded in the labelled environments, within the time frame of the corresponding standards or certificates. Some biopolymers, such as PBS or PLA in soil and also lignin/wood for virtually all environments, also biodegrade, but (much) more slowly. Full biodegradation can take several years to decades to be achieved. In addition, for some applications with a use phase in a certain environment (e.g. geotextiles), too rapid biodegradation is not desired, as their function should first be given for a few years. However, for these cases no standards exist so far.

[1] PLA is likely to be biodegradable in thermophilic anaerobic digestion at temperatures of 52°C within the time frame mentioned in standards.

[2] incl. P3HB, P4HB, P3HB4HB, P3HB3HV, P3HB3HV4HV, P3HB3Hx, P3HB3HO, P3HB3HD



ENVIRONMENTS

IMPORTANT TEST CONDITIONS, CERTIFICATION SCHEMES AND STANDARDS

For more details, refer to the original documents.

MARINE ENVIRONMENT

Temperature 30°C, 90 % biodegradation within a maximum of 6 months.
Certification: TÜV Austria OK biodegradable MARINE. Research on standards (both on test methods and requirements) is on-going.

FRESH WATER

Temperature 21°C, 90 % biodegradation within a maximum of 56 days.
Certification: TÜV Austria OK biodegradable WATER. Research on standards (especially on requirements) is on-going.

SOIL

Temperature 25°C, 90 % biodegradation within a maximum of 2 years.
Certification: TÜV Austria OK biodegradable SOIL and DIN CERTCO DIN-Geprüft Biodegradable in Soil. DIN-Geprüft Biodegradable in Soil refers to the European standard EN 17033 for biodegradation in soil and applies to mulch films only.

HOME COMPOSTING

Temperature 28°C, 90 % biodegradation within a maximum of 12 months.
Certification: TÜV Austria OK compost HOME and DIN CERTCO DIN-Geprüft Home Compostable.

LANDFILL

No European standard specifications or certification scheme available since this is not a preferred end-of-life option for biodegradable waste.

ANAEROBIC DIGESTION

Thermophilic 52°C / Mesophilic 37°C
A specific European standard or certification scheme for anaerobic digestion is not yet available. Anaerobic digestion in a biogas plant is mentioned in EN 13432 and EN 14995: 50 % biodegradation within two months, usually followed by aerobic digestion.

INDUSTRIAL COMPOSTING

Temperature 58°C, 90 % biodegradation within a maximum of 6 months.
Certification: TÜV Austria OK compost INDUSTRIAL, DIN CERTCO DIN-Geprüft Industrial Compostable and both „Seedling". EN 13432 and EN 14995 are the European reference standards and the basis of these certification schemes.

RENEWABLE CARBON

More figures available at **www.renewable-carbon.eu/graphics**

Partners: IKT Kunststoff Technik Stuttgart; OWS; Marine Sciences

Sponsors: TÜVRheinland DIN CERTCO; OK compost TÜV AUSTRIA

Your feedback is welcome:
michael.carus@nova-institut.de

nova Institute

© nova-Institut GmbH
nova-Institute.eu
2021-04-26

Abbildung 3: Biologisch abbaubare Polymere in verschiedenen Umgebungen

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

All diese Punkte ergeben zusammengenommen ein klares Eigenschaftsprofil, das der verwendete Kunststoff als Substitut erfüllen muss.

Abbildung 3 zeigt eine weitere Übersicht über biologisch abbaubare Polymere in verschiedenen Umgebungen nach etablierten Standards und Zertifizierungsschemata.

In den meisten Fällen können Biopolymere nicht in Reinform verarbeitet werden und müssen zunächst mit geeigneten Zusatzstoffen modifiziert oder durch das Blenden (also Mischen) mit einem oder mehreren weiteren Biopolymeren modifiziert werden. Die im Rahmen dieses Projekt vorgeschlagenen Polymere zur Substitution konventioneller Kunststoffe sind daher Annahmen, deren technische Machbarkeit in den meisten Fällen noch bestätigt werden muss. Oft sind es Mehrkomponentenlösungen, die zum Erfolg führen. In diesem Fall muss die biologische Abbaubarkeit der neuen Biokunststoffe für jeden Fall neu nachgewiesen werden, da Additive und weitere Komponenten den biologischen Abbau beeinflussen können.

Im Laufe des Projektes wurde jedoch auch deutlich, dass einige Anwendungsfälle derart maßgeschneidert mit einem herkömmlichen Polymer erfüllt werden, dass ein biologisch abbaubarer Ersatz bisher (noch) nicht vorstellbar ist. Es besteht weiterhin großer Forschungsbedarf, um den jahrzehntelangen Entwicklungsvorsprung konventioneller Polymere und Kunststoffe aufzuholen.

Das Institut für Kunststofftechnik Stuttgart stand für diesen Teil des Projektes den nova-Expertinnen und Experten als freundlicher Partner zu Verfügung.

7 Politische Rahmenbedingungen

Bei der Betrachtung der verschiedenen Wege, über die Kunststoffteile und Mikroplastik in die Umwelt gelangen, findet man viele Interventionsmöglichkeiten durch Maßnahmen der Politik und andere regulatorische Instrumente. Für die Mehrheit der Eintrittsschneisen von Kunststoff in die Umwelt gibt es klar zuzuordnende gesetzliche Rahmenbedingungen, die allerdings teilweise schlecht umgesetzt oder schwer umzusetzen sind. Ein Überblick über diesen politischen Rahmen ist essenziell, um aufzeigen zu können, an welchen Stellen Handlungsbedarf besteht und an welchen wiederum mehr Spielraum geschaffen werden könnte.

Die wichtigsten Gesetze und Regularien werden hier skizziert.

7.1 Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG)

Grundsätzlich strebt die Europäische Union den Wandel zu einer funktionierenden Kreislaufwirtschaft an, was auf deutscher Ebene im Kreislaufwirtschaftsgesetz festgehalten ist. Das Kreislaufwirtschaftsgesetz sieht prinzipiell vor, dass ein Erzeuger oder Besitzer von Abfällen zu deren Verwertung verpflichtet ist. Allerdings ist diese Verwertung nur verpflichtend, soweit dies technisch möglich und wirtschaftlich zumutbar ist. Erst als letztmögliche Alternative ist biologischer Abbau zu wählen. Dies bedeutet im Sinne der Abfallhierarchie, dass zuerst Reduzierung von potenziellen Abfällen vorgesehen ist, danach Wie-

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

derverwertung angestrebt wird und die vor sonstiger Verwertung oder Beseitigung bevorzugte End-of-life-Option für Produkte am Ende ihres Lebenszyklus das Recycling ist.[6]

Dies führt unausweichlich zu der Schlussfolgerung, dass Materialien, die sich wiederverwenden und recyceln lassen, denen mit den Eigenschaften „kompostierbar“ und/oder „biologisch abbaubar“ vorgezogen werden sollen. Beim biologischen Abbau von Kunststoffen in beispielsweise Industriekompostanlagen wird stofflich nur ein sehr geringer Mehrwert erzielt. Der Großteil des Kohlenstoffs wird in Form von CO_2 emittiert. Nur ein kleiner Teil bleibt in Form von zusätzlicher Biomasse im Kompost zurück. Allerdings werden einige wenige Ausnahmen dieser Vorgabe gemacht. In Fällen, in denen biologisch abbaubare Kunststoffe zusätzlichen Nutzen erzeugen und damit die funktionierende Kreislaufwirtschaft begünstigen, ist es eine zu bevorzugende Eigenschaft. Beispielsweise werden hier Bioabfall-Beutel angeführt (siehe Kapitel „Bioabfall-Beutel“. Diese begünstigen das Sammeln von wertvollen Bioabfällen und verringern außerdem Kunststoffverunreinigungen in den Kompostierungsanlangen durch konventionelle Plastikbeutel, die zum Zweck des Sammelns von Bioabfall häufig fälschlicherweise verwendet werden.[7]

Grundsätzlich wird die Kompostierung von Bioabfall in Deutschland nicht als Recycling gewertet, sondern gemäß der Abfallhierarche als „sonstige Verwertung“. Näheres zum rechtlichen Rahmen bzgl. Recycling auf EU-Ebene wird in Kapitel 7.2 sowie 7.5 erläutert.

7.2 Bioabfallverordnung (BioAbfV)

Diese Ausnahmen, die im vorhergehenden Kapitel erwähnt wurden, sind in Deutschland in der Bioabfallverordnung[8] verankert, um einen bindenden Rahmen zu schaffen, der explizit diese Fälle benennt und erlaubt, ohne dabei die Prinzipien der Kreislaufwirtschaft außer Kraft zu setzen. Die Bioabfallverordnung legt grundlegend fest, welche Abfallprodukte dem Bioabfallstrom zugeführt werden dürfen, wenn dieser im Anschluss für die bodenbezogene Verwendung vorgesehen ist. In der zum Projektzeitpunkt geltenden Verordnung sind ausdrücklich nur biologisch abbaubare, nach DIN EN 13432 oder DIN EN 14995 zertifizierte, Mulchfolien aus der Garten- und Landwirtschaft zur Zufuhr in den Bioabfallstrom zugelassen. Allerdings ist eine Novelle dieser Verordnung initiiert worden, die zusätzlich zu den Mulchfolien auch Bioabfallbeutel als zulässig für den Bioabfallstrom anerkennen soll. Damit folgt die entworfene Novelle der oben angeführten Logik. Bisher ist die Novelle aber noch nicht rechtskräftig implementiert worden.[9]

Eine große Problematik hat sich allerdings daraus ergeben, dass die Verarbeitung der Bioabfälle in industriellen Kompostanlagen in Deutschland nicht ho-

6 Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz 2012: Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen (Kreislaufwirtschaftsgesetz – KrWG). 2020-10-23. Download unter https://www.gesetze-im-internet.de/krwg/KrWG.pdf

7 Hilton, M., Geest Jakobsen, L., Hann, S., Favoino, E., Molteno und Scholes, R. 2020: Relevance of Biodegradable and Compostable Consumer Plastic Products and Packaging in a Circular Economy. Directorate-General for Environment (European Commission), Eunomia (Ed.), 2020-04-03. doi: 10.2779/497376

8 Bundesministerium für Justiz und für Verbraucherschutz sowie Bundesamt für Justiz 2017: Verordnung über die Verwertung von Bioabfällen auf landwirtschaftlich, forstwirtschaftlich und gärtnerisch genutzten Böden (Bioabfallverordnung – BioAbfV) §2 Anhang 1. 2017-09-27. Download unter https://www.gesetze-im-internet.de/bioabfv/BioAbfV.pdf

9 Bio-based News 2021: Weniger Kunststoff im Biomüll, weniger Mikroplastik in der Umwelt. 2021-02-03. Letzter Zugriff 2021-03-12. https://news.bio-based.eu/weniger-kunststoff-im-biomuell-weniger-mikroplastik-in-der-umwelt/

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

Abbildung 4: Abfallhierarchie

mogen verläuft. Die einzelnen Anlagen arbeiten mit unterschiedlichen Verweildauern des Abfalls und anderen Einflussfaktoren auf den biologischen Abbau und erfüllen daher nicht allgemeingültig die Anforderungen für einen vollständigen biologischen Abbau der Kunststoffe, obwohl diese rechtmäßig zertifiziert sind. Das kann dementsprechend zu Rückständen von biologisch abbaubaren Kunststoffen im eigentlich fertig kompostierten Substrat führen, die als problematisch angesehen werden. Diese Rückstände werden dann entweder mit hohem Aufwand herausgefiltert, oder müssten im Boden, also am Anwendungsort, weiter biologisch abgebaut werden, was aber längere Zeit dauern kann. Dieses Risiko von Kunststoffrückständen im Kompost kann zurzeit noch nicht ausreichend erfasst und bewertet werden. Außerdem sehen die Düngeverordnungen auf EU- sowie Bundesebene das nicht Vorhandensein von Mikroplastik aller Art (< 1 Millimeter) derzeit nicht als verpflichtend an.[10]

Diese inhomogene industrielle Kompostierung ist speziell in Deutschland ein großes Problem, da die Abfallströme und -verarbeitung hier auf kommunaler Ebene geregelt sind. Dem-entsprechend ist auch die Zufuhr von auf BioAbfV-Ebene explizit zugelassenen Produkten in diese Prozesse in einigen Kommunen und Gebieten nicht gestattet. Die Bioabfallverordnung kann dementsprechend nur grundlegend festlegen, was prinzipiell dem Bioabfallstrom zugeführt werden darf, aber nicht bundesweit garantieren, dass alle zugelassenen Materialien auch auf kommunaler Ebene akzeptiert werden. Als Gegenbeispiel ist hier Italien zu nennen, wo die Verwendung von biologisch abbaubaren (DIN EN 13432) Bioabfallbeuteln auf nationaler Ebene zugelassen ist und dementsprechend

10 Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz 2017: Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis bei Düngen (Düngeverordnung - DüV). 2017-05-26. Download unter https://www.gesetze-im-internet.de/d_v_2017/DüV.pdf

auch landesweit erfolgreich umgesetzt werden kann.[2] Begleitet wird dies von Informationskampagnen und Kontrolle der Biotonne, und belohnt wird die Umsetzung mit dem geringsten Anteil an nicht biologisch abbaubaren Kunststoffe im Kompost in ganz Europa. Grundsätzlich ist auf EU-Ebene in der sogenannten Waste Framework Directive[11] festgelegt, dass Bioabfall separat von allem anderen Abfall gesammelt werden muss. Dies gilt für alle Mitgliedsstaaten. Bioabfallbeutel, die in den Bioabfallstrom zugeführt werden dürfen, sind hier deutlich als Treiber dieser gesetzlichen Vorgabe zu sehen und eine bundesweite Zulassung, wie beispielsweise in Italien gegeben, ergibt demnach auch vor diesem Hintergrund Sinn.

Sowohl die sogenannte Eunomia-Studie[7] als auch die persönliche Korrespondenz mit dem Bundesministerium für Umwelt[12] haben ergeben, dass die verfügbaren Normen und Zertifizierungssysteme für erfolgreiche Anwendung im industriellen Kompostierungssystem in Deutschland einer Anpassung bedürfen. Da in Deutschland häufig aus Effizienzgründen eine deutlich kürzere Verweildauer in den Anlagen angestrebt wird, als die Zertifikate und Normen vorsehen, müsste an dieser Stelle eine Überarbeitung stattfinden.

Bezüglich der Kreislaufwirtschaftsidee sowie den Regelungen in der Bioabfallverordnung folgt das Projekt BioSinn einer sehr ähnlichen Logik. Aufgrund der explizit gewählten Kriterien für die Produkte und Anwendungen berücksichtigt BioSinn aber immer auch den biologischen Abbau direkt am primären Verbleibort.

7.3 REACH

Für Kunststoffe und Chemikalien jeder Art greift auf EU-Ebene die als „REACH“ abgekürzte Verordnung zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe.[13] Dies gilt grundsätzlich auch für biologisch abbaubare Kunststoffe. Ein neuartiger, noch nicht bei der ECHA (Europäische Chemikalienagentur) registrierter Kunststoff müsste somit zuallererst die in der REACH-Verordnung niedergelegten Abläufe durchlaufen, bevor er als mögliches Substitut in Erwägung gezogen werden kann. Allerdings ist es für Polymere laut REACH-Verordnung explizit nicht notwendig, die Registrierungs- sowie Bewertungsprozesse zu durchlaufen. Lediglich Zulassungs- und Beschränkungsmaßnahmen seitens REACH und ECHA sind somit für Kunststoffe relevant. Die gängigen und von uns als mögliche Substitute genannten biologisch abbaubaren Kunststoffe sind aber bereits erfolgreich zugelassen. Eine mögliche Beschränkung in dieser Kategorie wurde Ende 2020 durch einen offiziellen Änderungsvorschlag der

11 Das Europäische Parlament und der Rat der Europäischen Union 2008: Richtlinie 2008/98/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. November 2008 über Abfälle und zur Aufhebung bestimmter Richtlinien. 2008-11-19. Download unter https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008L0098&from=EN

12 Ewens, H. (Bundesministerium für Umwelt) 2021: Persönliche Kommunikation. 2021-02-19

13 Europäische Kommission 2006: VERORDNUNG (EG) Nr. 1907/2006 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe (REACH), zur Schaffung einer Europäischen Agentur für chemische Stoffe, zur Änderung der Richtlinie 1999/45/EG und zur Aufhebung der Verordnung (EWG) Nr. 793/93 des Rates, der Verordnung (EG) Nr. 1488/94 der Kommission, der Richtlinie 76/769/EWG des Rates sowie der Richtlinien 91/155/EWG, 93/67/EWG, 93/105/EG und 2000/21/EG der Kommission (EC 1907/2006). 2006-12-18. Download unter https://ec.europa.eu/environment/chemicals/reach/reach_en.htm

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

REACH-Verordnung durch die ECHA auf den Weg gebracht.[14] Dieser Vorschlag sieht vor, absichtlich zu einem Produkt hinzugefügte Mikroplastikpartikel („intentionally added microplastics“) gänzlich zu verbieten, um den Eintrag in die Umwelt zu vermeiden. Dabei werden biologisch abbaubare Kunststoffe aus dem Verbot explizit ausgeschlossen und sollen somit als Alternative eingesetzt werden können, wenn sie die vorgeschlagenen Kriterien für den biologischen Abbau erfüllen. Diese sehen für den Abbau in Gewässern sechs Monate sowie in Böden und Sediment 24 Monate vor.

Namentlich genannt werden in diesem Änderungsvorschlag der ECHA diverse Produkte und Anwendungen, die auch im Rahmen von BioSinn betrachtet wurden: Jegliche Beschichtungen von Saatgut, Polymere zur gesteuerten Freisetzung von Stoffen und Düngemitteln in der Landwirtschaft, aber auch Mikroplastikpartikel in Kosmetika sowie in Wasch- und Putzmitteln. Für all diese Anwendungen schlägt BioSinn alternativ einsetzbare, biologisch abbaubare Materialien vor, die dementsprechend auch nach einem Verbot von nicht abbaubaren Kunststoffen verwendet werden können. Dieser Änderungsvorschlag, vorbehaltlich der endgültigen Umsetzung, ist ein bedeutsamer Schritt in Richtung Eindämmung von vermeidbarem Kunststoffeintrag in die Umwelt.

7.4 Düngemittelverordnung

Ein häufiger Eintrittsweg für Mikroplastik in die Umwelt ist die Landwirtschaft. Wie in Kapitel 7.2 beschrieben, stellt in der aktuellen Gesetzgebung bezüglich Düngung Mikroplastik (< 2 Millimeter) regulatorisch kein Problem dar, das nicht-Vorhandensein wird nicht vorgeschrieben. Zwar wird das im industriell hergestellten Kompost bis zu einer möglichen Anpassung so bleiben, dafür wird hier an anderer Stelle schon aktiv angesetzt: sowohl die geplante Anpassung der REACH-Verordnung, welche nicht abbaubares Mikroplastik in düngebezogenen Anwendungen verbieten will, als auch eine Anpassung der EU-Düngemittelverordnung greifen dieses Problem auf. Ab 2026 müssen Polymere für sogenannte „long-term release“ Produkte laut EU-Düngemittelverordnung biologisch abbaubar sein, die genauen Kriterien sollen ab 2024 festgelegt werden.

7.5 Packaging and Packaging Waste Directive

Die auf EU-Ebene gültige Verpackungs- und Verpackungsabfallverordnung ebnet grundlegend auch den Weg, biologisch abbaubare Kunststoffe in Verpackungsanwendungen zu verwenden. Unter bestimmten Voraussetzungen lässt sich gemäß dieser Verordnung das (aerobe) Kompostieren oder das (anaerobe) Verwerten in einer Biogasanlage von biologisch abbaubaren Kunststoffen als Recycling anrechnen. Somit können die Recyclingquoten der EU auch durch diese Verfahren erfüllt werden. Allerdings sieht sich diese Möglichkeit häufig der fehlenden nationalen Umsetzung ausgesetzt, da das Kompostieren oder Verwerten in Biogasanlagen, wie beispielsweise in Deutschland, häufig nicht gestattet ist.

14 European Chemicals Agency 2019: ANNEX XV RESTRICTION REPORT PROPOSAL for a restriction of intentionally added microplastics, version 1.2. European Chemicals Agency (ECHA) (Ed.), 2019-08-22. Download unter https://echa.europa.eu/documents/10162/05bd96e3-b969-0a7c-c6d0-441182893720

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

8 Marktvolumen

Einen weiteren Kernpunkt der Steckbriefe stellt die Einschätzung des Marktvolumens eines jeden Produktes und seiner Anwendung dar, um das Ausmaß des potenziellen Plastikeintrages und damit auch das Substitutionspotenzials beziffern zu können. Es wurden sowohl Berechnungen wie Schätzungen für Deutschland als auch für die EU28-Staaten vorgenommen. Diese basieren auf der Auswertung von Datenbanken (die Eurostat PRODCOM Datenbank lieferte für viele Produkte Werte), Publikationen und Interviews mit externen Experten.

Zur Umrechnung zwischen Deutschland und Europa wurden folgenden Daten verwendet:

Einwohnerzahlen

- Europa: ca. 741 Millionen Einwohner
- EU28: ca. 512 Millionen Einwohner
- Deutschland: ca. 83 Millionen Einwohner

Bevölkerungsanteil Deutschland in Prozent / Umrechnungsfaktor

- Anteil Deutschland an EU28: 16,2 % / Faktor 6,16
- Anteil Deutschland an Europa: 11,2 % / Faktor 8,93
- Anteil EU28 an Europa: 67 %

Wann immer nur eine Zahl für Deutschland oder für die EU28 vorlag bzw. zu ermitteln war, wurde der jeweils andere Wert auf Basis der Bevölkerungsanteile umgerechnet, da die pro Kopf-Werte innerhalb der EU28 als ähnlich angenommen wurden. Eine Ausnahme stellen jene Produkte und Anwendung dar, die in der Fischerei genutzt werden. Da Deutschland einen vergleichsweise kleinen Küstenbereich mit kommerzieller Fischerei vorweisen kann, wurde der Anteil entsprechend kleiner bewertet (Anteil Deutschland an EU28: 10 %).

Die folgenden Abbildungen zeigen erstmalig überhaupt für 25 Anwendungen, die ein besonders großes Potenzial aufweisen, den Makro- und Mikroplastikeintrag in die Umwelt zu verringern, die Marktvolumina in Deutschland (Abb. 4) und Europa (Abb. 5). Darüber hinaus zeigt Tabelle 1 die Einschätzung der Verlustanteile, was verdeutlichen soll, welche Anteile der Gesamtvolumina in der Umwelt verbleiben. Ein wichtiger Teil des Projektes war die Erhebung, Berechnung bzw. Schätzung dieser Marktvolumina für 25 Anwendungen, zu denen oft keine belastbaren Statistiken vorliegen, sowie eine Schätzung der jeweiligen Verlustanteile. Details finden sich beim jeweiligen Stichwort.

Zusammenfassend kann Folgendes abgeleitet werden:

- In Europa (EU28) liegt die Summe der Marktvolumina der 25 Anwendungen bei etwa 1 Million Tonnen, von denen der größte Teil in der Umwelt bzw. Biomüllströmen verbleibt (siehe Tabelle 1).
- Die Marktvolumina unterscheiden sich ganz erheblich für die verschiedenen Anwendungen, von unter 1.000 Tonnen pro Jahr bis zu 210.000 Tonnen pro Jahr.
- Zwölf Anwendungen liegen dabei zwischen 20.000 und 210.000 Tonnen pro Jahr.
- Land- und Forstwirtschaftliche Anwendungen liegen dabei in der Spitzengruppe (Flockungshilfsmittel, Mulchfolien, Bindegarne und Wuchshüllen). Im Landschaftsbau kommen Geotextilien hinzu.
- Der andere große Bereich ist Haushalt und Garten mit Produkten wie Feuchttüchern, Teebeutel, Kaffeekapseln, Bioabfallbeutel und Folien für Spülmaschinentabs.
- Neben den genannten fallen noch die Borsten von Kehrmaschinen in die Top-Gruppe.

Einige dieser genannten Anwendungen wurden bisher nicht in der Öffentlichkeit thematisiert, obwohl sie große Mengen an Kunststoffe in die Natur eintragen, wie z. B. die Flockungshilfsmittel für Klärschlamm und die Borsten von Kehrmaschinen. Auf der anderen Seite finden sich bei den kleineren Marktvolumina Anwendungen, die stark im Fokus stehen, wie z. B.

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

Mikroplastik in Kosmetik oder auch Mähfäden. Die Politik und Umweltschützer werden sich sicher vorrangig den großvolumigen Anwendungen zuwenden, aber bei den kleinvolumigen sind oft mit etwas mehr Bewusstsein und politischen Regelungen umweltfreundliche Lösungen leicht realisierbar.

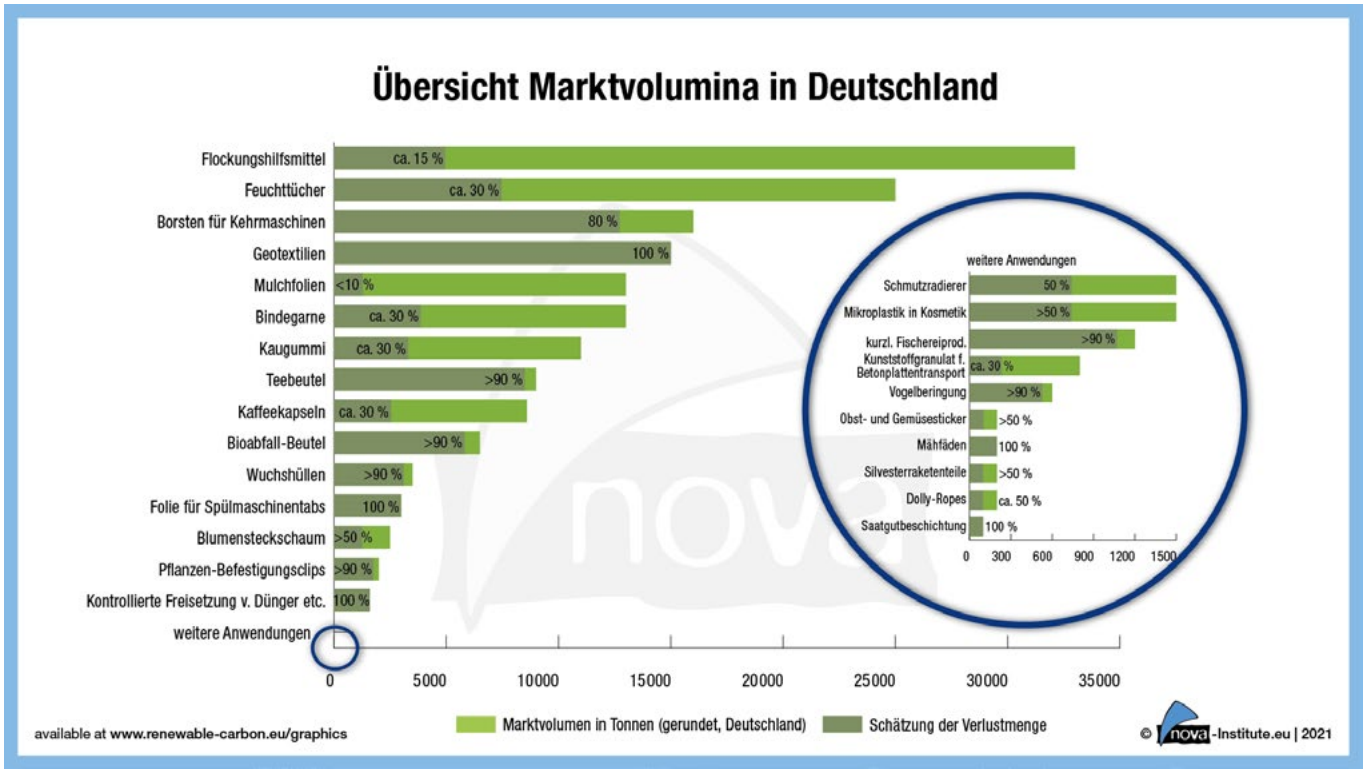


Abbildung 5: Übersicht Marktvolumina in Deutschland

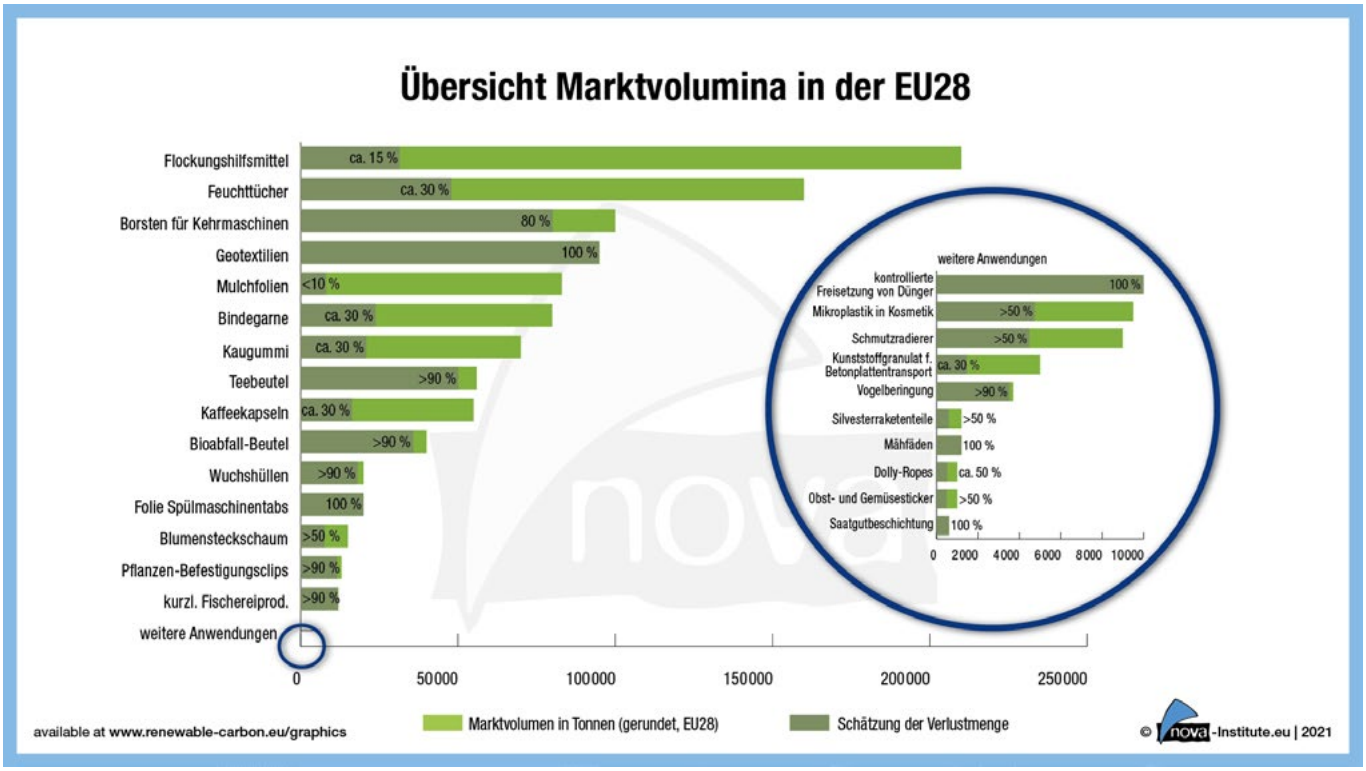


Abbildung 6: Übersicht Marktvolumina EU28

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

Tabelle 1: Geschätzte Verlustanteile

Anwendung / Produkt	Schätzung der Verlustmenge
Folie für Spülmaschinentabs	100 % Abwasser
Mähfäden	100 % Boden
Saatgutbeschichtung	100 % Boden / Natur
Kontrollierte Freisetzung von Dünger und Pestiziden	100 % Boden / Natur
Geotextilien	100 % Boden / Natur
Pflanzen-Befestigungsclips	> 90 % Boden / Kompost
Vogelberingung	> 90 % Boden
Wuchshüllen	> 90 % Boden
Teebeutel	> 90 % im Kompost / industrielle Kompostierung
Bioabfall-Beutel	> 90 % in industrielle Kompostierung
kurzl. Fischereiprod.	> 90 % Meer
Borsten für Kehrmaschinen	80 % Boden / Asphalt
Schmutzradierer	> 50 %
Silvesterraketenteile	> 50 % Boden / Gewässer
Obst- und Gemüsesticker	> 50 % im Kompost / industrielle Kompostierung
Blumensteckschaum	> 50 % im Kompost / industrielle Kompostierung
Mikroplastik in Kosmetik	> 50 % mit geklärtem Wasser in die Natur
Dolly-Ropes	ca. 50 % im Meer
Feuchttücher	ca. 30 % Abwasser
Kunststoffgranulat für Betonplattentransport	ca. 30 % Boden / Natur
Bindegarne	ca. 30 % Boden / Natur
Kaugummi	ca. 30 % Boden /Asphalt
Kaffeekapseln	ca. 30 % im Kompost / industrielle Kompostierung
Flockungshilfsmittel	< 10 % im Boden
Mulchfolien	< 10 % im Boden

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

9 Erkenntnisse und Besonderheiten aus den Steckbriefen

Von Beginn im Jahr 2019 an, stieß das Projekt BioSinn auf eine große Resonanz in Fachkreisen der Industrie und Wissenschaft. Die Pressemitteilung zum Projektstart wurde in zahlreichen Print- und Onlinemedien veröffentlicht und der Aufruf für Vorschläge für Anwendungen, für die der biologische Abbau eine sinnvolle End-of-Life-Option darstellt, fiel auf fruchtbaren Boden: Es wurden über 60 Produkte vorgeschlagen, aus denen dann die 25 ausgewählt wurden, die ein besonders großes Potenzial aufweisen, den Makro- und Mikroplastikeintrag in die Umwelt zu verringern. Für nahezu alle dieser Produkte wurden mehr als ein mögliches Substitut gefunden und in den Steckbriefen detailliert beschrieben. Die einzige Ausnahme bildet hier der „Schmutzradierer“. Es konnte kein passendes Substitut gefunden werden, das die speziellen Eigenschaften vollständig erfüllt. Hier ist weiterer Forschungsbedarf angezeigt.

Im Folgenden werden einige Ergebnisse und Besonderheiten aus den Steckbriefen dargestellt.

Die verschiedenen Eintrittspfade in die Umwelt sind bei einigen Produkten und Anwendungen überlappend, es war also eine besondere Herausforderung hier Substitute zu finden, die in beiden Umgebungen gleichermaßen biologisch abbauen, wenn nicht absehbar ist, wo ein Produkt verbleibt. Dies ist zum Beispiel bei Silvesterraketenteilen der Fall, die entweder auf Gehwegen und Straßen oder Naturflächen landen oder auch direkt in Gewässer gelangen können.

Zudem macht es einen Unterschied, ob ein Produkt nur eine kurze Funktionsdauer hat und nach den Standards abbauen soll, oder aber ob es eine lange Funktionsdauer hat und es erst nach einiger Zeit biologisch abbauen soll. Die betrachteten Zertifikate sind alle für den biologischen Abbau nach einer bestimmten, festgelegten Zeit ausgerichtet und beachten einen späteren Abbau nicht mehr. Hier hat sich der Bedarf an differenzierteren Zertifikaten und Standards bestätigt.

Bei nahezu allen Produkten sind wir zu dem Schluss gekommen, dass politische Leitplanken und Rahmenbedingungen wie Gesetzesanpassungen wertvolle Instrumente sein können. Größere Themenbereiche, wie der Bioabfallstrom in Deutschland werden zwar bereits gesetzlich geregelt, oftmals fielen aber Lücken oder Unklarheiten auf, die Hemmnisse bedeuten. Ein Positivbeispiel für ein nahezu einwandfrei funktionierendes Bioabfallsystem stellt Italien dar. In Italien ist der Anteil an gesammelten Bioabfällen am höchsten und gleichzeitig ist die Verunreinigung des Kompostes durch Plastikpartikel sehr niedrig. Dies kommt daher, dass die Sammlung im ganzen Land einheitlich geregelt ist: Das Sammeln von Bioabfall ist in biologisch abbaubaren Bioabfall-Beuteln erlaubt, die von den Kommunen bereitgestellt werden. Die Bevölkerung bekommt zudem von zentraler Stelle alle notwendigen Informationen – gleichzeitig wird auch kontrolliert, dass keine falschen Beutel verwendet wurden. Diese bereitgestellten Beutel werden von allen Kompostanlagen akzeptiert und stellen kein Hindernis in der Kompostanlage dar, denn sie sind so zertifiziert, dass sie im geforderten Zeitraum biologisch abbauen und keine Rückstände zu erwarten sind. Dies gelang durch eine enge Zusammenarbeit zwischen Politik, Industrie und Kompostierern (siehe auch den Steckbrief zu „Bioabfall-Beutel“). Für andere Länder ist eine solche konsequente Umsetzung notwendig und wünschenswert, um die bestehenden Probleme im industriellen Kompoststrom lösen zu können.

Viele Produkte und Anwendungen sind in der Öffentlichkeit wenig bekannt, wie beispielsweise viele landwirtschaftliche Anwendungen. Das führt dazu,

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

dass ein geringes bzw. gar kein Problembewusstsein besteht. Ziel des Projektes ist auch, das Bewusstsein der breiten Öffentlichkeit zu schärfen und Aufmerksamkeit zu schaffen. Am Beispiel Mikroplastik in Kosmetikprodukten ist sehr gut zu veranschaulichen, wie öffentlicher Druck und Bewusstsein zu Änderungen der Problemursache führen kann. Mikroplastik in Kosmetik ist bereits in einigen Ländern verboten und wird von vielen Verbrauchern abgelehnt.

Viele Potenziale zur Vermeidung von Kunststoffeintrag in die Natur liegen in landwirtschaftlichen Anwendungen. In der Landwirtschaft werden Mikroplastikpartikel systematisch über die Felder in Böden eingetragen, ohne eine Chance diese wieder entfernen zu können, wie es zum Beispiel bei Saatgutbeschichtung der Fall ist. Die Landwirtschaft fungiert hier sowohl als Quelle als auch als Senke von Mikroplastik. Ein Großteil davon ließe sich jedoch durch schärfere Gesetzgebung und Subventionen der umweltfreundlichen Alternativen vermeiden. Auch Aufklärung der Landwirte und Anwender über die Problematik ihrer verwendeten Produkte wäre hier ein wichtiger Schlüssel, um ein Umdenken zu initiieren.

Kaugummi stellt in zweierlei Hinsicht einen Sonderfall dar. Zum einen verbleibt Kaugummi oft auf Asphalt, auf dem biologischer Abbau sehr anspruchsvoll ist; es gibt weder geeignete Zertifikate noch ist klar, ob selbst die umweltfreundlichen Alternativen tatsächlich rückstandslos biologisch abbauen. Zum anderen ist Kaugummi ein deklariertes Lebensmittel, welches erstaunlicherweise meist aus unverdaulichem Material besteht.

Die hier betrachteten Anwendungen Teebeutel und Kaffeekapseln sind sowohl für den industriellen Kompost als auch für den Heimkompost sehr wertvoll. Kaffeesatz fungiert als Dünger und auch Teesatz ist gehaltvolles organisches Material. Der Einsatz von biologisch abbaubarem Material für die Beutel und Kapseln ergibt hier sogar eine Wertsteigerung des Kompostes.

Oftmals waren Produkte ursprünglich aus Naturmaterial. Beispiele hierzu sind landwirtschaftliche Anwendungen wie Bindegarne, Borsten für Kehrmaschinen oder Kaugummi.

Tiefergehende Informationen sind in den jeweiligen Steckbriefen zu finden.

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

10 Weiterführende Literatur

Im Zuge unserer Projektarbeit und der damit einhergehenden Literaturrecherche haben wir einige Studien und Reports identifiziert, die sich ausführlich mit Aspekten biologisch abbau-barer Kunststoffe befassen. Im Detail ergänzen sie umfassend die Ausführungen und den roten Faden, der im Projekt BioSinn gesponnen wird. Die folgende, aktuelle Literatur sollte bei der vertiefenden Betrachtung von biologisch abbaubaren Kunststoffen umgehend berücksichtigt werden.

10.1 EUNOMIA (2020): Relevance of Biodegradable and Compostable Consumer Plastic Products and Plastic Packaging in a Circular Economy

Die EU strebt insgesamt einen Wandel in Richtung einer funktionierenden Kreislaufwirt-schaft an, die vorsieht, dass Produkte wiederverwendet oder aber rezykliert werden, bevor sie als Abfall enden. Biologisch abbaubare Kunststoffe können diesem Vorhaben gegebenenfalls widersprechen, da hier direkt die End-of-life-Variante „Abbau“ vorgesehen ist. Daher untersucht die Studie von EUNOMIA, inwiefern biologischer Abbau und die Kompos-tierbarkeit von Kunststoffen trotzdem vorteilhaft für eine Kreislaufwirtschaft sein kann.[7]

10.2 SAPEA Science Advice for Policy by European Academics (2020): Biodegradability of plastics in the open environment

Die Studie untersucht, in welchen Aspekten die vorhandenen regulatorischen Rahmenbedingungen, Normen, Standards und auch Zertifizierungssysteme unzulänglich oder ausreichend gestaltet sind. Ziel ist es, einen funktionierenden politischen Rahmen in der EU zu schaffen und auf diesen Prozess unterstützend einzuwirken. Daher zeigt dieser Report zahlreiche Aspekte von biologisch abbaubaren Kunststoffen auf, die für dieses Ziel relevant sind.[15]

10.3 Thünen-Institut (2019): Schlussbericht zum Vorhaben „Bioabbaubare biobasierte Kunststoffe – Handlungsempfehlungen für den zweckmäßigen Einsatz“

Der Abschlussbericht legt ausführlich dar, wie der aktuelle Kenntnisstand über den biologischen Abbau, der ökologischen Vorteilhaftigkeit sowie potenzielle Verwendungsgebiete von biologisch abbaubaren

15 SAPEA Science Advice for Policy by European Academies 2020: Biodegradability of Plastics in the open Environment. Sapea (Ed.), 2020-12-14. Download unter https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/strategy/support-policy-making/scientific-support-eu-policies/group-chief-scientific-advisors/biodegradability-plastics-open-environment_en

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

bio-basierten Kunststoffen zu beziffern ist. In zwei Fallstudien wurden sowohl biologisch abbaubare bio-basierte Mulchfolien für den landwirtschaftlichen Gebrauch, sowie Einweggeschirr hinsichtlich ihrer Vor- und Nachteile untersucht.[16]

10.4 Umweltbundesamt (2018): Gutachten zur Behandlung biologisch abbaubarer Kunststoffe

Die Studie des Umweltbundesamtes untersucht die Verwendungsmöglichkeiten von biologisch abbaubaren Kunststoffen in drei Fällen: Mulchfolien, Bioabfallbeutel sowie in Verpackungen. Neben der momentanen Marktsituation rund um biologisch abbaubare Kunststoffe, den Grundlagen ihrer Abbaubarkeit sowie Handlungsempfehlungen zur optimalen Verwertung in Deutschland ist vor allem der Vergleich verschiedener Entsorgungskonzepte in Europa im Fokus.

Beispielhaft werden hier die Länder Deutschland, Italien, Frankreich, die Niederlande und Schweden hinsichtlich ihrer unterschiedlichen Handhabung biologisch abbaubarer Kunststoffe im Entsorgungsstrom betrachtet.[2]

10.5 Wageningen University & Research (2020): The fate of (compostable) plastic products in a full scale industrial organic waste treatment facility

Obwohl für die industrielle Kompostierung zertifiziert, gibt es häufig Probleme mit Kunst-stoffen in industriellen Kompostierungsanlagen. Hier wird oft auf Effizienz fokussiert gehandelt, weshalb die Verweildauern in den Anlagen zu kurz ausfallen, um den Kunststoffen einen vollständigen Abbau zu ermöglichen. In einem groß angelegten Versuch wurde untersucht, wie sich der Abbau in einer industriellen Kompostierungsanlage verhält und wo möglicherweise Vorteile in Sammlung und Verarbeitung von Abfällen anfallen, wenn auf biologisch abbaubare Kunststoffe zurückgegriffen wird. Es wurden neun verschiedene Kunststoffprodukte betrachtet.[17] Ausgewählte Materialien erwiesen sich unter industriellen Kompostbedingungen in einem Zeitraum von elf Tagen als sehr gut biologisch abbaubar. Für den Großteil der getesteten Produkte sowie deren Referenzmaterialien reicht eine Verweildauer von elf Tagen im industriellen Kompost allerdings nicht aus, um sich vollständig zu zersetzen.

16 Johann Heinrich von Thünen-Institut Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei 2019: Bioabbaubare biobasierte Kunststoffe – Handlungsempfehlungen für den Zweckmäßigen Einsatz. 2020-01. Download unter https://biowerkstoffe.fnr.de/projekte/projektuebersicht/projekte-details?fkz=22020716&cHash=e83870c4f20e844f2db4f0707565d344

17 Van der Zee, M. und Molenveld, K. 2020: The fate of (compostable) plastic products in a full scale industrial organic waste treatment facility. Wageningen Food & Biobased Research (Ed.), 2020-02. doi: 10.18174/514397

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

11 Steckbriefe

Land & Forstwirtschaft

Die Steckbriefe sind sortiert nach Anwendungsbereichen.

Das folgende Kapitel beinhaltet die Steckbriefe der Produkte und Anwendungen, die in der Land- und Forstwirtschaft genutzt und angewendet werden.

Die Marktvolumina in diesem Bereich sind hoch und das Potential zur Vermeidung von Kunststoffeintrag in die Umwelt ist enorm. Deutschland kommt auf etwa 70.000 Tonnen Kunststoffeintrag pro Jahr. Bei verschiedenen landwirtschaftlichen Anwendungen werden die Kunststoffe mit auf Ackerflächen ausgebracht und verbleiben dort unwiederbringlich im Boden. Besonderheiten werden in den jeweiligen Steckbriefen aufgegriffen.

Bindegarn 38
Flockungshilfsmittel 41
Pflanzen-Befestigungsclips 46
Kontrollierte Freisetzung von Dünger und Pestiziden 49
Mulchfolien 53
Saatgutbeschichtung 57
Vogelberingung 61
Wuchshüllen 65

Bindegarn

Mikroplastik durch Bindegarne kann vermieden werden

Beschreibung

Bindegarne (auch Pressengarne, Erntegarn oder Kordel) werden in der Landwirtschaft dazu verwendet, um Stroh-, Heu- oder Silage-Ballen in einer gepressten Form zu halten. Mit einer Ballenpresse, die von einem Traktor gezogen wird, wird das Pressgut in der Maschine mit dem Garn mechanisch gebunden. Das Garn wird im Handel auf bis zu neun Kilogramm schweren Spulen in verschiedenen Stärken angeboten.

Derzeit hauptsächlich verwendetes Material

Das derzeit hauptsächlich verwendete Material ist Polypropylen. Die gewünschte Beschaffenheit des Materials ist sehr passgenau auf die Ballenpressen zugeschnitten. Auch die Naturfaser Sisal, die früher häufig zu diesem Zweck verwendet wurde, wird gelegentlich noch eingesetzt, soweit dies die modernen Ballenpressen zulassen.[1]

Problematik

Innerhalb der Ballenpressen kommt es beim Wickeln und Knoten unvermeidlich zu Garn- und Faserverlusten, die dann auf den Acker und in die Umwelt gelangen.[2] Auch bei unsachgemäßer Entsorgung benutzter Bindegarne können Garnteile in der Umwelt landen.

Die Kunststoffgarne und -fasern zersetzen sich mit der Zeit zu Mikroplastik, welches nicht mehr einge-

1 dm-Folie 2021: Pressengarne. Letzter Zugriff 2021-01-08. https://www.dm-folien.com/shop/seilerwaren/pressengarne

2 Wobser, T. 2019: Großballenpresse: Knoten ohne Garnreste. 2019-09-11. Letzter Zugriff 2021-01-08. https://www.wochenblatt.com/landwirtschaft/nachrichten/grossballenpresse-knoten-ohne-garnreste-11809609.html

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

sammelt werden kann. Sie gelangen so in den Boden, in Tierfutter, in das Abwasser und möglicherweise auch über Flüsse ins Meer.

Marktvolumen in Deutschland / der EU

Das Marktvolumen der Bindegarne in der EU liegt bei 80.000 Tonnen,[3] in Deutschland aufgerundet bei etwa 13.000 Tonnen.

Biologisch abbaubare Produkte am Markt

Sisalkordel ist das altbewährte und früher häufig als Bindegarn verwendete Material und nach wie vor verfügbar (auch wenn es nicht auf allen Maschinen eingesetzt werden kann). Es ist jedoch etwa doppelt so teuer wie die Polypropylen-Alternative. Vorsicht: Teilweise werden die Sisalfasern, um sie besser verarbeiten zu können und die Haltbarkeit zu erhöhen, mit Erdöl geschmeidig gemacht, das nicht in den Boden gelangen sollte.

Politische und regulatorische Aspekte

Da die kleinteiligen Plastikpartikel auf dem Feld während des Pressens der Ballen entstehen, hat der Landwirt gemäß der Bundesbodenschutzverordnung dafür Sorge zu tragen, dass der Boden vor schädlichen Bodenveränderungen geschützt ist. Was genau schädliche Substanzen und Veränderungen des Bodens sind, ist nicht genauer definiert. Grenzwerte für Mikroplastik im Boden, die im Sinne der Bundesbodenschutzverordnung herangezogen werden können, existieren ebenfalls bisher nicht. Nach dem KrWG müssen die benutzten Polypropylen-Garne dem Recyclingkreislauf zugeführt werden.

Sonstige Barrieren

Eine große Barriere ist der Preis. Polypropylen-Pressengarne sind deutlich günstiger als Sisal-Bindegarne. Zudem eignen sich Sisal-Bindegarne nicht für alle Ballenpressungen gleich gut: für Quaderballen, Hochdruckballen oder Rundballen sind Polypropylen-Garne vorteil-hafter.[1] Sisal ist oft für moderne Maschinen zu schwach und lässt sich nicht gut durch diese verarbeiten, da das Material im Vergleich zu Polypropylen rau ist. Das Ergebnis der Pressung entspricht oft nicht der gewünschten Qualität. Das Sisalgarn kann während der Pressung reißen und das Getriebe blockieren.

Technische Anforderungen

Das Garn muss für verschiedene Ballenausformungen und Maschinenarten geeignet sein. Es muss langlebig, lagerungs- und witterungsbeständig sein. Auch nach einer längeren Lagerungszeit darf kein Sicherheitsrisiko (frühzeitiges Reißen, mögliche Beschädigung der Ballenpresse) entstehen. Die Zugsteifigkeit und -festigkeit muss hoch und eine Reißfestigkeit in Faserrichtung gegeben sein. Die Dehnfähigkeit muss jedoch hoch sein. Das Material muss zu Garn zu verarbeiten sein (Schmelzspinnen). In der Ballenpresse laufen die Garne mit einer hohen Geschwindigkeit und über viele Umlenkpunkte, denen sie standhalten

3 Bosmans, W. (Europäische Kommission – DG Environment) 2020: European Policy on bio-based and biodegradable plastics. Präsentation in der nova-Session Circular Economy and Plastic Policy, 2020-10-29, online.

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

müssen. Auch wenn die Ballen eine Weile fertig gebunden auf dem Feld liegen, müssen die Garne ihren Anforderungen weiter vollständig entsprechen. Die auf den Boden fallenden Garnschnipsel sollen wiederum zügig biologisch abgebaut werden.

Relevante Standards und Zertifikate

Zur biologischen Abbaubarkeit im Boden, welcher als Hauptverbleibort für Bindegarne ausgemacht wurde, ist das entsprechende Zertifikat des TÜV Austria anwendbar.

Mögliche Substitute

Sisal ist bereits eine verfügbare natürliche Alternative. Auch andere Naturfasern wie Flachs oder Hanf wurden früher verwendet und können grundsätzlich in Betracht gezogen werden, sofern sie den Anforderungen der Pressengarne standhalten.

Technische Garne aus Viskose oder Lyocell können an viele Anforderungsprofil angepasst werden und könnten daher eine interessante, biologisch abbaubare Alternative sein.

Im Rahmen der Abbauzeiten in den Zertifikaten von TÜV Austria oder DIN CERTCO, wären PHB und PHB-Copolymere geeignet und könnten nach geeigneten Modifikationen oder Blends die technischen Anforderungen erfüllen.

PLA ist nachweisbar im Rahmen der betrachteten Abbaufristen der Zertifikate von TÜV Austria oder DIN CERTCO nur industriell kompostierbar. In der Natur geht der biologische Abbau von PLA langsamer vonstatten, als für die Zertifikate vorgesehen – aber der Abbau findet statt. PLA oder PLA-Blends mit PBAT oder PBS könnten die technischen Anforderungen für Bindegarne ebenso erfüllen. Ein Komposit mit einem Kern aus Sisal und einer Hülle aus PLA ist auch möglich, hier gibt es bereits ein Patent.[4]

Der biologische Abbau kann auch durch die Kombination der genannten Polymere mit organischen Füllstoffen wie Holzmehl, Naturfasern oder auch Agrarreststoffen gefördert werden.

Ausblick

Auch wenn die Mengen an Garn- und Faserresten, die in die Umwelt gelangen, im Vergleich zu anderen Anwendungen gering sind, so ist es doch paradox, dass ausgerechnet in der Landwirtschaft Binde- und Pressengarne verwendet werden, deren Garn- und Faserreste in die landwirtschaftliche Prozesskette Boden, Erntegut und Futter gelangen. Am Markt sind aktuell außer Sisal keine Alternativen verfügbar, Sisal ist jedoch nur begrenzt auf modernen Maschinen verwendbar. Verschiedene biologisch abbaubare Alternativen könnten jedoch weiterentwickelt und am Markt eingeführt werden. Da die Alternativen teurer sind, wären flankierende politische Maßnahmen, wie ein Verbot von nicht biologisch abbaubaren Fasern in dieser Anwendung hilfreich um die notwendige Nachfrage zu generieren.

4 Eispert, K., Schönung, T. 2006: Biodegradable binding twine. EP1842944A2.

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

Flockungshilfsmittel

Wenig bekannter, besonders großer Eintragsweg für Mikroplastik mit großem Substitutionspotenzial

Beschreibung

Die hier betrachteten Flockungshilfsmittel werden in der Trinkwasser- und Klärschlammaufbereitung verwendet, um den Schlamm vor der Eindickung oder Entwässerung zu konditionieren.

Klärschlamm ist ein Abfallprodukt aus der abgeschlossenen Behandlung von Abwasser in Abwasserbehandlungsanlagen. Er besteht aus Wasser sowie einer Reihe von organischen und mineralischen Stoffen, ausgenommen Rechen-, Sieb- und Sandfangrückständen.[1]

Durch die landwirtschaftliche Verwertung von Klärschlamm als Dünger werden Nährstoffe im Kreislauf gehalten und den Böden erhebliche Mengen an organischer Substanz zugeführt.

Adsorption, Flockung, Fällung und Sedimentation sind physikalische und chemische Prozesse, die die Trennung des gereinigten Abwassers vom Schlamm bewirken. Flockungsmittel sind für die Bildung der primären Flockung verantwortlich. Flockungshilfsmittel bewirken anschließend ein Zusammenballen der

1 Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz 2017: Verordnung über die Verwertung von Klärschlamm, Klärschlammgemisch und Klärschlammkompost (Klärschlammverordnung – AbfKlärV). 2020-06-19. Download unter https://www.gesetze-im-internet.de/abfkl_rv_2017/AbfKlärV.pdf

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

dadurch entstandenen Flocken zu größeren, absetzfähigen Flocken. Polymerflockungshilfsmittel können größere Flockung induzieren, indem sie die Oberflächenladung der Partikel kompensieren und Brücken zwischen einzelnen Flocken bilden.[2]

Derzeit hauptsächlich verwendetes Material

Als Flockungshilfsmittel werden hauptsächlich synthetische, wasserlösliche und geladene Polymere verwendet. Die derzeit vorwiegend eingesetzten Polymere sind die erdölbasierten Polyacrylamide (95 %) und Acrylamid-Acrylsäure-Copolymere.[2] Sie können kationisch oder anionisch geladen werden, je nach Anwendung und Wasserqualität.

Flockungsmittel hingegen können sowohl anorganisch oder organisch sein. Die am häufigsten als Flockungsmittel verwendeten Materialen sind anorganische Salze wie Aluminium- oder Eisensalze.[2] Kationische Polyamide können ebenfalls als Flockungsmittel verwendet werden.

Problematik

Die Verwendung von Polyacrylamid ist in die Kritik geraten. Sein Monomer Acrylamid, das in kommerziellen Polyacrylamid-Produkten enthalten sein kann, ist Berichten zufolge für Mensch und Tier giftig.[3] [4]

Als Flockungshilfsmittel werden die synthetischen Polymere zusammen mit dem Klärschlamm als Düngemittel auf dem Acker verteilt, reichern sich im Boden an und gehen auf Pflanzen und Saatgut über. Ein Teil kann dadurch auch in das Grundwasser gelangen.[5] Reste der Polymere können mutmaßlich mit dem geklärten Wasser aus der Kläranlage in Seen und Flüsse und so indirekt in das Wasserversorgungsnetz eingetragen werden. Der Mikroplastikeintrag in landwirtschaftliche Böden beträgt bis zu 13.000 Partikel in einem Kilogramm Bodensubstanz, was einem Gewichtsanteil von 4,5 Milligramm entspricht. Nach jüngsten Auswertungen einer deutschen Universität ist der Mikroplastikeintrag durch Klärschlamm bis zu zehnmal so hoch wie durch Mulchfolien.[6]

Marktvolumen in Deutschland / der EU

Der EU-Markt für Polyacrylamid beläuft sich auf etwa 530.000 Tonnen. Auf die Trinkwasseraufbereitung fallen hiervon etwa 40 % (ca. 210.000 Tonnen).[7] [8] [9] Für Deutschland liegt das daraus berechnete Volumen von Polyacrylamid als Flockungshilfsmittel in der Trinkwasseraufbereitung bei etwa 33.000 Tonnen;

2 Kreuzinger, N. 2008: Flockungshilfsmittel – Wirkungsweise. Präsentation auf „KAN Sprechertagung“, 2008, Wien, Österreich.

3 Wang, D. 2018: Activated starch as an alternative to polyacrylamide-based polymers for in-line filtration of low turbidity source water. Journal of Water Supply, Vol. 67 (5). doi: 10.2166/aqua.2018.023

4 World Health Organization 2011: Acrylamide in Drinking-water. Letzter Zugriff 2021-02-23. https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/acrylamide.pdf

5 Umweltbundesamt 2015: Kompost und Klärschlamm. 2020-12-15. Letzter Zugriff 2021-02-23. https://www.umweltbundesamt.de/themen/boden-landwirtschaft/umweltbelastungen-der-landwirtschaft/kompost-klaerschlamm#einfuhrung

6 Ronzheimer, M. 2021: Mikroplastik im Boden: Großer Forschungsbedarf. 21-01-09. Letzter Zugriff 2021-04-23. https://taz.de/Mikroplastik-im-Boden/!5742494/

7 Kawaguchi, S. und Hasegawa, S. 2014: Polymer Flocculants. Encyclopedia of Polymeric Nanomaterials. Kobayashi, S und Müllen, K. Springer, (Ed.). Berlin, Heidelberg.

8 Global Market Insights 2020: Polyacrylamide Market Size By Product (Non-ionic [NPAM], Cationic [CPAM], Anionic [APAM]), By Application (Water Treatment, Petroleum, Paper Making), Industry Analysis Report, Growth Potential, Price Trends, Competitive Market Share & Forecast, 2019 – 2026. 2020-01. Letzter Zugriff 2021-02-23. https://www.gminsights.com/industry-analysis/polyacrylamide-market

9 Chemical Economics Handbook 2021: Acrylamide. 2021-01. Letzter Zugriff 2021-02-23. https://ihsmarkit.com/products/acrylamide-chemical-economics-handbook.html

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

etwa 95 % davon verbleiben im Klärschlamm und etwa 16,5 %[10] davon werden potenziell als Dünger auf Felder ausgebracht. [11]

Biologisch abbaubare Produkte am Markt

Flockungshilfsmittel auf Basis von Chitosan und Stärke sind am Markt verfügbar.[12] Ein Flockungshilfsmittel aus Stärke wird derzeit von einem französischen Hersteller verkauft; allerdings ohne zugehöriges Zertifikat für den biologischen Abbau im Boden. Laut Herstellerangaben soll das Produkt sowohl effizient als auch preisgünstig sein und derzeit in mehreren Wasseraufbereitungsanlagen in der EU verwendet werden.

Tannin-basierte Flockungsmittel sind bei demselben Hersteller ebenfalls verfügbar. Im Falle von Chitosan-basierten Alternativen sind vergleichsweise hohe Kosten ein Hemmnis für deren Ausbreitung am Markt. Dieses ist bisher ebenso nicht für den biologischen Abbau im Boden zertifiziert.

Politische und regulatorische Aspekte

Die Klärschlammverordnung findet hier Anwendung (AbfKlarV).[1] Es gelten außerdem die Grenzwerte der Düngemittelverordnung (DüMV)[13] sowie ergänzend die Düngeverordnung (DüV)[14].

Gemäß der DüMV darf in Deutschland seit dem 01.01.2019 die aufgebrachte Menge an synthetischen Polymeren 45 Kilogramm Wirksubstanz je Hektar innerhalb von drei Jahren nicht überschreiten. Dies gilt nicht für synthetische Polymere, die sich um mindestens 20 % in zwei Jahren abbauen. Dies zeigt, dass biologische Abbaubarkeit gemäß der DüMV als erwünscht erachtet wird, der Maßstab allerdings mit 20 % Abbaubarkeit in zwei Jahren niedrig ist. Unklar ist auch, welche Polyacrylamid-basierten Flockungshilfsmittel diesen Wert erreichen und demnach trotzdem gestattet sind.

Die Weltgesundheitsorganisation führte eine Studie über Toxizität von Acrylamid durch, in welcher Grenzwerte von 0,5 g/L Acrylamid im Trinkwasser empfohlen wurden.[4] Einige Länder in Europa und Asien haben bereits den Einsatz von Polyacrylamid in der Wasseraufbereitung beschränkt.[15] In Frankreich wurde zum Beispiel ein gesetzlicher Grenzwert von Acrylamid in Trinkwasser von 0,5 g/L eingeführt, welcher sich mit den Empfehlungen der WHO deckt. Dieser Grenzwert kann durch die Kontrolle der Menge Acrylamid im Polyacrylamid sowie durch die Beschränkung des Einsatzes von Polyacrylamid erreicht werden.

10 Destatis 2021: Drei Viertel des kommunalen Klärschlamms wurden 2019 verbrannt, ein Viertel stofflich verwertet. Pressemitteilung Nr. 036. 2021-01-27. Download unter https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2021/01/PD21_036_32214.html

11 Guzzo, J. und Guezennec, A. G. 2014: Degradation and transfer of polyacrylamide based flocculent in sludge and industrial and natural waters. Environ Sci Pollut Res (2015) 22:6387-6389. doi: 10.1007/s11356-014-3508-1

12 Gütegemeinschaft Kompost e. V. 2018: Verzeichnis zulässiger Einsatzstoffe für die Herstellung gütegesicherter Klärschlämme. Klärschlammgemische und Klärschlammkomposte. 2018-03-01. Letzter Zugriff 2021-03-01. https://www.kompost.de/fileadmin/user_upload/Dateien/Guetesicherung/Dokumente_AS-Humus/Dok._KS-007-1_Verzeichnis_Einsatzstoffe_Klaerschlamm.pdf

13 Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz 2012: Verordnung über das Inverkehrbringen von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln (Düngemittelverordnung – DüMV). 2019-10-02. Download unter https://www.gesetze-im-internet.de/d_mv_2012/DüMV.pdf

14 Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz 2017: Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis bei Düngen (Düngeverordnung - DüV). 2017-05-26. Download unter https://www.gesetze-im-internet.de/d_v_2017/DüV.pdf

15 Veolia Water Technologies 2014: Brochure: Floculants biosourcés pour la clarification des eaux potables. 2014-09. Download unter http://technomaps.veoliawatertechnologies.com/processes/lib/pdfs/2874,Brochure_A4_Hydrexfloculants_FR_LR.pdf

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

In der EU ist bis jetzt nur die Menge von Acrylamid im Polyacrylamid für Trinkwasseranwendungen beschränkt auf 200 ppm (200.000 g/L).[16] Für die industrielle Wasseraufbereitung gibt es keinen Grenzwert für Polyacrylamid.

Sonstige Barrieren

Gründe für eine momentan noch geringe Verbreitung biologisch abbaubarer Alternativen sind vielfältig. Zum einen ist die Problematik der Verwendung von Polyacrylamid nicht weitreichend bekannt. Es ist davon auszugehen, dass Landwirten die Ausbringung von Mikroplastik mit dem Klärschlamm nicht bewusst ist. Außerdem stellt auch die bisher geringe Verfügbarkeit von biologisch abbauenden Alternativen am Markt eine Barriere dar.

Da die alternativen Produkte zum Teil nicht einmal teurer sind, stellen die Kosten keine Barriere dar. Hauptbarriere sind vielmehr fehlendes Bewusstsein, Unkenntnis bzgl. existierender Alternativen sowie deren schlechte Verfügbarkeit.

Technische Anforderungen

Für die Funktionalität des Flockungshilfsmittels ist die Ladung wichtig: Sie können kationisch oder anionisch geladen sein, je nach Anwendung und Anforderung der Wasserqualität. Ein Substitut muss wasserlöslich sein und eine Oberflächenladung aufweisen, um die Oberflächenladung der Flocke zu kompensieren. Die Flockungsmittel haben den Zweck, das Ausflocken zu initiieren. Die Flockungshilfsmittel sorgen danach dafür, die Flocken schwerer zu machen indem sie diese größer und dichter werden lassen: Sie kompensieren die Oberflächenladung der Partikel und bilden Brücken zwischen einzelnen Partikeln.[17]

Relevante Standards und Zertifikate

Die landwirtschaftliche Verwertung von Klärschlamm kann einer freiwilligen Gütesicherung unterzogen

16 Luecking, I. und Tripard, E. (Veolia) 2020: Persönliche Kommunikation. 2020-10-21

17 PRO-ENTEC Umweltschutz: Flockungshilfsmittel der POLYFLOC®- und EN-TEC®-Serie. Letzter Zugriff 2021-02-23. Download unter https://pro-entec.de/wp-content/uploads/sites/4/Flockungshilfsmittel.pdf

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

werden (RAL-Gütesicherung). Diese bezieht sich auf die bodenbezogene Verwertung gemäß der Klärschlammverordnung, welche sich wiederum bezüglich etwaiger Grenzwerte auf die Düngemittelverordnung stützt.[18]

Außerdem sind hierfür und für den weiteren Lebenszyklus der Kunststoffe weitere relevante Zertifizierungen verfügbar. Von TÜV Austria werden Zertifikate vergeben, welche die biologische Abbaubarkeit im Boden und ggf. auch im Wasser nach Ausbringung durch die Landwirtschaft abdecken.

Mögliche Substitute

Polysaccharide wie Chitosan, Zellulose oder Stärke können als Flockungshilfsmittel in der Klärschlammaufbereitung verwendet werden. Stärke oder Zellulose als mögliches Substitut muss zuerst durch Funktionalisierung mit kationischen oder anionischen Gruppen modifiziert werden.[19] [20] Wesentliche Voraussetzung ist es dabei, dass durch die Modifizierung der Struktur keine Änderung in der biologischen Abbaubarkeit erfolgt. Chitosan (aus Chitin hergestellt) ist ein kationisches Polysaccharid und erfüllt die technischen Anforderungen für diese Anwendung. Es ist ein geeignetes Flockungshilfsmittel, das bereits testweise in der Trinkwasseraufbereitung in China verwendet wird und Schwermetallionen absorbieren kann.[21] [22] Chitin fällt in großen Mengen in der Krabbenindustrie in Form der nicht essbaren Schalen an und hat bislang kaum Verwendung finden können.

Kanadische und chinesische Forscher konnten in Versuchen zeigen, dass modifizierte kationische Ligninpolymere erfolgreich als Flockungshilfsmittel für anorganische Kolloidpartikel eingesetzt wurden.[23] PHB und Copolymere können auch im Bereich Abwasseraufbereitung verwendet werden, um die Denitrifikation des Wassers zu schaffen.[24]

Ausblick

Das große Gesamtvolumen dieses Produktes birgt großes Potenzial, Kunststoffeinträge in die Natur zu vermeiden. Der Eintrag an Mikroplastik über diesen Pfad ist erheblich größer als durch Mikroplastik aus Kosmetika und Pflegemitteln oder Mulchfolien – nur ist dieser Pfad viel weniger bekannt. Darüber hinaus stellt die Freisetzung von Acrylamid in die Umwelt und in das Trinkwasser ein großes Problem dar, da diese Chemikalie giftig ist. Da es gute biologisch abbaubare Alternativen gibt, sollten diese populärer und schnell am Markt verfügbar gemacht werden – begleitet von entsprechenden Aufklärungskampagnen bei Landwirtschaft und Kläranlagen, Markteinführungsprogrammen oder Verbote für nicht im Boden biologisch abbaubarer Polymere.

18 Bundesgütegemeinschaft Kompost e. V.: Gütesicherung Verwertung von Abwasserschlamm. Letzter Zugriff 2021-01-18. https://www.kompost.de/guetesicherung/guetesicherung-verwertung-von-abwasserschlamm

19 ScienceDirect 2021: Flocculants. Letzter Zugriff 2021-01-18. https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/flocculants

20 Koshani, R., Tavakolian, M. und van de Ven, T. G. M. 2020: Cellulose-based dispersants and flocculants. Journal of Materials Chemistry B, Vol. 8 (46), 10502-10526. doi: 10.1039/D0TB02021D

21 Kangama, A., Zeng, D., Tian, X. und Fang, J. 2018: Application of Chitosan Composite Flocculant in Tap Water Treatment. Journal of Chemistry, Vol. 2018 (2), 1-9. doi: 10.1155/2018/2768474

22 http://www.wasser-wissen.de: Chitin, Chitosan. Letzter Zugriff 2021-01-18. http://wasser-wissen.de/abwasserlexikon/c/chitosan.htm

23 Hasan, A. und Fatehi, P. 2019: Flocculation of kaolin particles with cationic lignin polymers. Scientific reports, Vol. 9 (2672). doi: 10.1038/s41598-019-39135-z

24 Ravenstijn, J. (GO!PHA) 2020: Persönliche Kommunikation. 2020-07-30

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

Pflanzen-Befestigungsclips

Hohes Risiko des Eintrags in Bioabfall und Umwelt – gute Substituierbarkeit durch biologisch abbaubare Kunststoffe und Biokomposite

Beschreibung

Im Wein-, Gemüse- und Obstbau sowie in Baumschulen aber auch in privaten Gärten werden Pflanzen-Befestigungsclips genutzt, um die Wuchsrichtung einer Pflanze, eines Baumes bzw. einzelner Äste und Zweige zu bestimmen.

Derzeit hauptsächlich verwendetes Material

Das vorwiegend eingesetzte Material ist Polypropylen.

Problematik

So praktisch und nützlich Pflanzen-Befestigungsclips beim Anbau von Obst, Gemüse und Wein sind – weshalb sie in großen Mengen zum Einsatz kommen – so störend sind sie nach der Ernte bei der Entsorgung von Blättern und Stängeln. Beim Obst- und Gemüseanbau im Treibhaus gelangen die Clips in den organischen Abfallstrom, können nur mit großem Aufwand entfernt werden und gelangen in der Praxis in die Kompostier- und Biogasanlagen. So wird der Kompost mit Kunststoff-Clips und ihren Bruchstükken verunreinigt.

Bei der Anwendung im Freien, vor allem im Weinanbau, gelangen die Clips direkt auf den Boden und damit in die Umwelt. Je nach Sorgfalt und Maschinenausstattung können mehr oder weniger Clips aufgesammelt werden, der Rest verbleibt dauerhaft in der Natur.

Marktvolumen in Deutschland / der EU

Das Marktvolumen in Europa beträgt ca. 13.000 Tonnen pro Jahr, für Deutschland etwa 2.000 Tonnen. Die Berechnung basiert auf einem globalen Gesamt-

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

volumen von Befestigungsclips und Rankhilfen von 190.000 Tonnen[1], heruntergerechnet anteilig 7 % für die EU, davon 16 % für Deutschland.

Biologisch abbaubare Produkte am Markt

Am Markt sind verschiedene Pflanzen-Befestigungsclips aus biologisch abbaubaren Kunststoffen, teilweise auch als Biokomposite in Kombination mit Holzmehl, Holz- oder Pflanzenfasern oder Sonnenblumenkernschalen verfügbar. Häufig fehlen den Produkten allerdings Zertifikate zu ihrem biologischen Abbau und es bleibt offen, ob sie nur in der industriellen Kompostierung, in der Heimkompostierung oder aber auch im Boden abbauen. Da diese Produkte in verschiedenen Abfallströmen landen, ist das Fehlen einer eindeutigen Zertifizierung bzw. Kennzeichnung eine erhebliche Schwäche. Ein Hersteller bietet ein Compound auf Basis von PHB oder PHB-Copolymere mit Füllstoffen an, der für die Herstellung von Pflanzenclips geeignet und OK Biodegradable SOIL zertifiziert ist.

Politische und regulatorische Aspekte

Es gibt keine Vorgaben, die die Benutzung von Befestigungsclips im kommerziellen Anbau von zum Beispiel Wein[2] oder Obst und Gemüse reglementieren. Das Bundes-Bodenschutzgesetz enthält Vorgaben für die Praxis in der Landwirtschaft, aus welchen abzuleiten ist, dass keine Kunststoffrückstände auf dem Boden zu hinterlassen sind, da die gute fachliche Praxis sicherzustellen hat, dass die Bodenqualität erhalten bleibt.[3] Laut BioAbfV, Anhang 1, ist die Entsorgung von biologisch abbaubaren Kunststoffen aus Landwirtschaft, Gartenbau, Teichwirtschaft, Forstwirtschaft, Jagd und Fischerei im Biomüll zulässig, solange die Materialien nach DIN EN 13432 zer-

tifiziert sind. Als Beispiel sind Abdeckfolien genannt. Da DIN EN 13432 eigentlich nur für Verpackungsmaterialien anwendbar ist, ist es nicht eindeutig, ob die Entsorgung der Befestigungsclips im Biomüll möglich ist. Sie würde zwar auch eine Sammlung erfordern und somit eins der Hauptprobleme nicht lösen, aber die starke Verschmutzung durch Erde- und Pflanzenreste, die den Brennwert des Restmülls reduzieren, wären für die Kompostierung kein Problem.

Sonstige Barrieren

Hauptbarrieren für eine stärkere Marktdurchdringung sind Bekanntheit und Preis. Da es bisher nur wenige Anbieter am Markt gibt, ist die Bekanntheit der Produkte begrenzt, wobei die Anwender/innen im Gartenbau grundsätzlich offen für umweltfreundliche Produkte sind und auch bereit sind, einen höheren Preis zu zahlen.[4] Da der Preis aufgrund der teureren Materialien und des kleinen Produktionsvolumens erheblich über dem der Standardware liegt, bleibt dies aber eine Hürde für Massenmärkte.

1 Eurostat Datenbank Prodcom 2021. Letzter Zugriff 2021-01-21. https://ec.europa.eu/eurostat/de/web/main/data/database

2 Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz 1994: Weingesetz. 1994-07-08. Download unter https://www.gesetze-im-internet.de/weing_1994/

3 Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz 1998: Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (Bundes-Bodenschutzgesetz – BbodSchG). 1998-03-17. Download unter http://www.gesetze-im-internet.de/bbodschg/__17.html

4 Trumme, R. (Golden Compound) 2020: Persönliche Kommunikation. 2020-06-24

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

Technische Anforderungen

Die Pflanzen-Befestigungsclips müssen witterungsbeständig sein (UV, H_2O, Hitze, Frost). Sie müssen, je nach Ausführung, eine mittlere Steifigkeit bzw. ausgeprägte Dehnfähigkeit aufweisen, damit sie biegsam sind, aber nicht brechen. Zudem müssen sie schlagzäh sein, wenn der Bauer oder Winzer z. B. mit Mähwerk durch die Reihen fährt. Spannungsabfall bzw. Relaxation muss möglichst langsam stattfinden. Die Anforderungen an das Herstellungsverfahren (Spritzgießen) für das Massenprodukt ist gering, da keine komplizierten Geometrien o. Ä. hergestellt werden müssen.

Relevante Standards und Zertifikate

Für die Clips sind die Standards DIN EN 14995 und DIN EN 13432 relevant. Zertifizierungen von TÜV Austria sowie DIN CERTCO können basierend auf diesen Normen hier Anwendung finden.

Mögliche Substitute

PLA oder PLA-Blends mit PBAS, PBAT oder PBS könnten die technischen Anforderungen für Pflanzen-Befestigungsclips erfüllen.

Zertifizierte, biologisch abbaubare Pflanzen-Befestigungsclips aus PLA und PLA-Blends sind geeignet, wenn die Clips in der industriellen Kompostierung landen, z. B. bei einer Anwendung in Obst- und Gemüsebau im Treibhaus.

Bei der Anwendung im Freien verbleiben die Clips auf dem Boden und müssen unter den dort herrschenden Bedingungen biologisch abbauen. Hier können eine Reihe von biologisch abbaubaren Copolyestern wie PBAT, PBSA und PHB und PHB-Copolymere zum Einsatz kommen, jeweils in Mischungen oder als Blends mit Stärke. Der biologische Abbau kann auch durch die Kombination der genannten Polymere mit organischen Füllstoffen wie Holzmehl, Naturfasern oder auch Agrarreststoffen gefördert werden.

PLA ist nachweisbar im Rahmen der betrachteten Abbaufristen der Zertifikate von TÜV Austria oder DIN CERTCO nur industriell kompostierbar. Allerdings wird PLA auch im Boden auf Dauer biologisch abgebaut – nur nicht in der in den Zertifikaten angesetzten Zeitspanne.

Ausblick

Pflanzen-Befestigungsclips sind eine vielversprechende Anwendung für biologisch abbaubare Kunststoffe: Relevantes Marktvolumen, hohe technische Machbarkeit und hohes Risiko, dass Clips zumindest teilweise im organischen Abfall oder im Boden verbleiben. Es ist eine hohe soziale und politische Akzeptanz zu erwarten. Aufgrund der höheren Preise wären begleitende Maßnahmen von Information bis zu Verboten nicht biologisch abbaubarer Clips in bestimmten Anwendungen zu empfehlen, um rasch größere Marktanteile zu erzielen.

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

Kontrollierte Freisetzung von Dünger und Pestiziden

Nicht biologisch abbaubare Trägerpolymere sind ein relevantes Problem, das technisch leicht gelöst werden könnte – und vermutlich bald aufgrund neuer Gesetze auch gelöst werden muss.

Beschreibung

Synthetische Pestizide, die 1930 erstmals eingesetzt wurden, fanden nach dem Zweiten Weltkrieg weite Verbreitung, um höhere Erträge in der Landwirtschaft zu erzielen. Die Technologie der kontrollierten Freisetzung von Pestiziden und Düngemitteln hat sich als ein Instrument zur Verringerung der Probleme durch die direkte Freisetzung (zu hohe Konzentration der Wirkstoffe, schädlich für Pflanzen, Tiere und Menschen) erwiesen.[1]

Die kontrollierte Freisetzung von Dünger oder Pestiziden verlangsamt z. B. die Freisetzung von Stickstoff in den Boden durch spezielle chemische und physikalische Eigenschaften von Beschichtungen oder Kapselungen. Sie werden hergestellt, indem eine Schutzschicht um die herkömmlichen löslichen Dünger oder Pestizide gebildet wird oder indem die Dünger- oder Pestizidsubstanzen eingekapselt werden. So können Wassereintritt und die Lösungsgeschwindigkeit gesteuert und die Nährstofffreisetzung z. B. Stickstoff-Verfügbarkeit mit dem Bedarf der Pflanze besser synchronisiert werden, oder Pestizide können zur richtigen Zeit zur Anwendung gebracht werden.[2] [3]

Es gibt Mikrokapseln und beschichtete Granulate zur kontrollierten Freisetzung. Vor allem Mikrokapseln werden vorwiegend erforscht und entwickelt. In einer Mikrokapsel ist ein Wirkstoff im Kern von einer Hülle

1 Silva, V., Mol, H. G. J., Zomer, P., Tienstra, M., Ritsema, C. J. und Geissen, V. 2019: Pesticide residues in European agricultural soils – A hidden reality unfolded. Sci Total Environ, Vol. 653 1532-1545. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.10.441

2 Trenkel, M. E. 2010: Slow- and Controlled-Release and Stabilized Fertilizers: An Option for Enhancing Nutrient Use Efficiency in Agriculture. International Fertilizer Industry Association (IFA) (Ed.), 2010. Download unter https://www.fertilizer.org/images/Library_Downloads/2010_Trenkel_slow%20release%20book.pdf

3 Hasinoff, M. 2018: Pursell Agri-Tech. Präsentation auf "1st PHA platform World Congress", 2018-09-05, Köln, Deutschland.

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

oder Membran umgeben. Die Polymerschicht oder Polymerhülle verbessert auch die Sicherheit bzgl. der Handhabung von Dünger und Pestiziden.[4]

Derzeit hauptsächlich verwendetes Material

Die Formulierungen für die Mikrokapseln zur kontrollierten Freisetzung enthalten normalerweise mehrere Arten von Bindemitteln, die zusammen gemischt werden. Es werden sowohl natürliche Polymere, die biologisch abgebaut werden, sowie fossile, nicht biologisch abbaubare Polymere verwendet. Das Verhältnis ist leider nicht bekannt. Als natürliche Polymere kommen für die kontrollierte Freisetzung von Düngemittel und Pestiziden Polysaccharide wie Zellulose, Alginate, Stärke oder Chitosan und Proteine wie Gelatine und Albumin in Frage. Die am häufigsten verwendeten fossilen Polymere sind Polystyrol, Polyacrylamid, Polymethacrylat, Polyamide, Polyester, Polyurethane, Polyvinylpyrrolidon, Polyvinylidenchlorid, Polyethylen und Polycyanoacrylat sowie Formaldehydharze. Außerdem werden Wachse und Antiklumpmittel verwendet. Darüber hinaus können anorganische Materialien wie Schwefel, Siliciumoxid oder Bentonit in die Beschichtung gemischt werden.[4] Die Art der Beschichtung hängt von der Art des Pestizids oder des Düngemittels ab und davon, wo es freigesetzt werden soll.

Problematik

Die kontrollierte Freisetzung von Dünger oder Pestiziden hatte ursprünglich den Zweck, die Anreicherung umweltbelastender aktiver Stoffe in Boden, Wasser und Nahrungsmitteln zu begrenzen und durch die kontrollierte Freisetzung und Nährstoffausbringung die Umweltrisiken deutlich zu reduzieren.[5]

Leider werden in vielen Fällen nicht biologisch abbaubare Polymere als Beschichtung oder Mikrokapseln verwendet. Diese stellen ein Umweltproblem dar, weil so Mikrokunststoffe in die Umwelt freigesetzt werden, anschließend im Boden und Wasser verbleiben und akkumulieren. Eine Formulierung mit umweltverträglichen und biologisch abbaubaren Beschichtungsmaterialen ist daher umweltpolitisch geboten.[6]

Marktvolumen in Deutschland / der EU

Das Marktvolumen beträgt 9.000 bis 10.000 Tonnen pro Jahr in der Europäischen Union,[7] auf Deutschland fallen umgerechnet etwa 1.600 Tonnen.

Biologisch abbaubare Produkte am Markt

Die Formulierungen für die Mikrokapseln zur kontrollierten Freisetzung enthalten normalerweise mehrere Arten von Bindemitteln, die oben erwähnt wurden, aber bisher konnten wir auf dem Markt kein Produkt finden, das nur biologisch abbaubare Alternativen enthält.

Eine niederländische Firma hat vor kurzem einen neuen Hilfsstoff für die Düngermittel- und Pestizidformulierung herausgebracht, dieses Produkt ist nach eigenen Angaben biologisch abbaubar, es konnte jedoch kein Zertifikat gefunden werden. Der Hilfsstoff wird verwendet, um die Kompatibilität zwischen den verschiedenen Komponenten der Formulierung zu erhöhen.[8]

4 Roy, A., Singh, S., Bajpai, J. und Bajpai, A. 2014: Controlled pesticide release from biodegradable polymers. Open Chemistry, Vol. 12 (4), 453-469. doi: 10.2478/s11532-013-0405-2

5 Shaviv, A. 2001: Advances in controlled-release fertilizers. Advances in Agronomy, Vol. 71 1-49. doi: 10.1016/s0065-2113(01)71011-5

6 ScienceDirect 2021: Controlled-Release Fertiliser. 2020-12-18. Letzter Zugriff 2020-12-18. https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/controlled-release-fertiliser

7 European Chemicals Agency 2019: ANNEX XV RESTRICTION REPORT PROPOSAL FOR A RESTRICTION. European Chemicals Agency (ECHA) (Ed.), 2019-08-22. Download unter https://echa.europa.eu/documents/10162/05bd96e3-b969-0a7c-c6d0-441182893720

8 Il Bioeconomista 2020: Nouryon introduced a sustainable adjuvant for the global agricultural market. 2020-12-18. Letzter Zugriff 2020-12-18. https://ilbioeconomista.com/2020/11/19/nouryon-introduced-a-sustainable-adjuvant-for-the-global-agricultural-market/

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

Politische und regulatorische Aspekte

Nach dem Bundes-Bodenschutzgesetz unterliegt es grundsätzlich den Landwirten, die Erde frei von schädlichen Substanzen zu halten.

Anfang 2019 hat die Europäische Chemikalienagentur (ECHA) ihre ersten Vorschläge zur Beschränkung der Verwendung von absichtlich hinzugefügten Mikro-Kunststoffpartikeln in Produkten veröffentlicht. Davon betroffen sind unter anderem die nicht biologisch abbaubaren Trägerpolymere in Verwendung als Düngemitteladditive oder für die Kontrolle der Freisetzung von Düngemittel wegen der „direkten und ungefilterten Emission von Mikrokunststoffen". Eine finale Stellungnahme oder gar Umsetzung dieser Empfehlungen der ECHA im Sinne der REACH-Verordnung steht allerdings noch aus. Sollten diese Empfehlungen vollumfänglich umgesetzt werden, wären biologisch abbaubare Produkte folglich geboten.

Des Weiteren und gemäß der DüMV darf in Deutschland seit dem 01.01.2019 die aufgebrachte Menge an synthetischen Polymeren 45 Kilogramm Wirksubstanz je Hektar innerhalb von drei Jahren nicht überschreiten. Dies gilt nicht für synthetische Polymere, die sich um mindestens 20 % in zwei Jahren abbauen. Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass keine biologische Abbaubarkeit gefordert ist, sofern die Grenze von 45 kg pro Hektor in drei Jahren nicht überschritten wird.[9] Dies zeigt, dass biologische Abbaubarkeit gemäß der DüMV als erwünscht erachtet wird, der Maßstab allerdings mit 20 % Abbaubarkeit in zwei Jahren niedrig ist. Unklar ist auch, welche und wie viele der mit Trägerpolymeren versehenen Pflanzenschutzanwendungen diesen Wert erreichen.

Sonstige Barrieren

Bewusstsein und Kenntnis über die Zusammensetzung der Dünger- und der Pestizid-Substanzen ist bei den Landwirten gering. Bisweilen fehlt es zudem schlicht an Alternativangeboten am Markt.

Das Thema spielt zudem bislang in öffentlichen Diskussionen zum Thema Mikroplastik eine untergeordnete Rolle, demzufolge der öffentliche „Druck" entsprechend gering ausfällt.

Technische Anforderungen

Je nach Wirkstoffen und Umweltbedingungen können verschiedene Trägerpolymere für die kontrollierte Freisetzung für Dünger oder Pestizide aufgetragen werden, deshalb können die technischen Anforderungen je nach Anwendungsfall unterschiedlich ausfallen.

Generell müssen die Polymere mit aktiven Wirkstoffen verträglich sein. Sie müssen eine mittlere Permeabilität für Wasser haben.

Die Beschichtung muss eine gewisse Abriebfestigkeit, Dehnfähigkeit und Witterungsbeständigkeit (Hitze, Kälte, Wasser, UV-Strahlung etc.) aufweisen, damit ein frühzeitiger Aufbruch verhindert wird. Außerdem müssen die Trägerpolymere einen konstanten Wirkstoffffluss für die erforderliche Zeitspanne gewährleisten. Nach seiner Zweckerfüllung sollten die alternativen Trägersubstanzen für die kontrollierte Freisetzung von Dünger und Pestiziden innerhalb weniger Monate biologisch abbauen. Die Fruchtbarkeit des Bodens, die Reinheit des Grundwassers und die Qualität der Ernte dürfen nicht beeinträchtigt werden.

9 Bundesgütegemeinschaft Kompost e. V. 2018: Verzeichnis zulässiger Zusatzstoffe für die Herstellung gütegesicherter Klärschlämme, Klärschlammgemische und Klärschlammkomposte. 2018-03-01. Download unter https://www.kompost.de/fileadmin/user_upload/Dateien/Guetesicherung/Dokumente_AS-Humus/Dok._KS-007-1_Verzeichnis_Einsatzstoffe_Klaerschlamm.pdf

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

Relevante Standards und Zertifikate

Da Trägerpolymere für die kontrollierte Freisetzung hauptsächlich in Pflanzenschutzmitteln und Düngemitteln in der Landwirtschaft Verwendung finden, ist für diese Anwendung die biologische Abbaubarkeit im Boden unter natürlichen Bedingungen ausschlaggebend. Die entsprechenden Zertifikate sind ausschlaggebend.

Mögliche Substitute

Material auf Basis von Stärke oder Zellulose sind interessante Alternativen für Trägersubstanzen für kontrollierte Freisetzung von Dünger und Pestiziden, allerdings müssen bei diesen Polymeren aufgrund ihrer hydrophilen Eigenschaften möglicherweise einige Modifikationen im Beschichtungsdesign vorgenommen werden.[6] Stärke kann auch in Mischung mit synthetischen biologisch abbaubaren Polymeren wie PBAT oder PCL eine Alternative sein. Natürliche Polysaccharide wie Agar, Alginate oder Pektin sind mögliche Substitute für die Einkapselung, sowie die Proteine Gelatine und Albumin.[4]

Chitin und Chitosan sind auch ungiftige, biologisch abbaubare Polysaccharide. Chitosan wird aus Chitin, dem Hauptbestandteil der Struktur von einigen Pilzzellwänden und Garnelen- und Krabbenschalen extrahiert. Chitosan ist eine Kohlenstoffquelle für Bodenmikroben und unterstützt Wurzeln bei der Nährstoffaufnahme. Es kann bedenkenlos als Trägerpolymer für Düngemittel und Pestizide verwendet werden.[6]

PHB oder PHB-Copolymere können die technischen Anforderungen erfüllen und gleichzeitig auch als Nährstoffquelle für Pflanzen wirken. Es wurde in einer Studie bewiesen, dass eine Formulierung mit P3HB als Trägerpolymer für Düngemittel zusätzlich einen begünstigenden Einfluss auf die mikrobielle Gemeinschaft im Boden hat.[10]

Kürzlich haben deutsche Forscher ihre Forschungsergebnisse über die Verwendung eines PLA-Schaums als Material für die Einkapselung von Harnstoffdüngern veröffentlicht.[11] PLA ist nachweisbar im Rahmen der in den Zertifikaten von TÜV Austria oder DIN CERTCO festgelegten Abbaufristen nur industriell kompostierbar. Allerdings wird PLA über einen längeren Zeitraum im Boden biologisch abgebaut.

Verschiedene Trägerpolymer-Formulierungen für den Markt könnten aus diesen zahlreichen biologisch abbaubaren Substitutionsmöglichkeiten entwickelt werden.

Ausblick

Der Mikroplastikeintrag in die landwirtschaftlichen Böden könnte durch biologisch abbaubare Trägersubstanzen deutlich reduziert werden.
Es stehen bereits heute eine Vielzahl von Lösungen zur Verfügung, um Trägerpolymere für die kontrollierte Freisetzung von Düngemitteln und Pestiziden umweltfreundlich zu gestalten. Durch die zu erwartenden Einschränkungen aufgrund der Empfehlungen der Europäischen Chemikalienagentur ECHA sind voraussichtlich biologisch abbaubare Substitute schon bald geboten.

10 Volova, T. G., Prudnikova, S. V. und Boyandin, A. 2016: Biodegradable poly-3-hydroxybutyrate as a fertilizer carrier. Journal of the Science of Food and Agriculture, Vol. 96 (12), 4183-4193. doi: 10.1002/jsfa.7621

11 Ruhr Universität Bochum 2020: Controlled release of fertiliser using biopolymer chips. Press Release, 2020-10-14. Download unter https://news.rub.de/english/press-releases/2020-10-14-environmental-technology-controlled-release-fertiliser-using-biopolymer-chips

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

Mulchfolien

Ökologisch sinnvolle Lösung, Markthemmnis ist der Preis

Beschreibung

Mulchfolien werden in der Landwirtschaft für die Abdeckung von Beeten oder Ackerflächen benutzt, um die Nutzpflanzen gegen die Konkurrenz durch Beikräuter zu schützen, die Verdunstung der Feuchtigkeit aus dem Boden zu reduzieren und die Pflanzen ggf. vor Verschmutzung durch Erde zu schützen, z. B. Salat bei heftigen Regenfällen.

Sie werden meist für Gemüse, Erdbeeren, im Mais- oder Reisanbau oder auch in der Steckholzvermehrung eingesetzt. Es gibt verschiedene Arten von Mulchfolien (schwarze, weiße, durchsichtige), die zur Erzielung verschiedener Effekte eingesetzt werden. Betrachtung finden hier Folien bis 25 Mikrometer (µm), da dickere Folien wiederverwendet werden können.

Derzeit hauptsächlich verwendetes Material

Konventionelle Mulchfolien, die mit über 95 % Marktanteil die Anwendung dominieren, basieren auf Polyethylen, typischerweise 20 bis 50 Mikrometer dick und für eine Lebensdauer von einigen Monaten bis Jahre konzipiert.

Seit Beginn der 2000er Jahre sind auch biologisch abbaubare Varianten auf dem Markt, diese bestehen aus Stärke- oder PLA-Blends, wie z. B. Mischungen aus PLA und PBAT oder Stärke und PBAT-ähnlichen Copolyestern.[1]

Problematik

Nach ihrer Nutzung werden die herkömmlichen PE-Mulchfolien vom Ackerboden entfernt und dabei ver-

1 Leibniz Institut DSMZ – Deutsche Sammlung von Mikroorganismen und Zellkulturen 2020: Bakterielle Arbeitsteilung beim Abbau von Plastik. 2020-11-18. Letzter Zugriff 2021-01-21. https://www.chemie.de/news/1168715/bakterielle-arbeitsteilung-beim-abbau-von-plastik.html?WT.mc_id=ca0065

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

bleiben, gerade bei dünnen Mulchfolien, Folienreste auf dem Acker, die mit der Zeit zu immer kleineren Stücken zerfallen und schließlich nach Jahren zu Mikroplastik werden. Je dünner die Folie, desto stärker ist die Beschädigung durch Umwelteinflüsse, bevor sie entfernt werden kann. Durch die jährliche Verwendung von Mulchfolien kommt es zu einer Kumulation der Kunststoffe im Ackerboden, worunter die Bodenqualität erheblich leiden kann. Kunststoffpartikel können dabei auch in die Erntemasse gelangen.

Ein weiteres Problem bei der Entfernung von Mulchfolien vom Acker ist der Mitnahmeeffekt von Erde, der zu Bodenverlusten (ca. 1,2 % des organischen Anteils pro Jahr) führt, das Transportgewicht erhöht und das Recycling der Folien erschwert, da die Folien vorher gewaschen werden müssen.

In den letzten Jahren ist die Entsorgung von PE-Mulchfolien schwieriger und teurer geworden. In einzelnen Fällen haben Entsorger die Annahme der stark verschmutzen Folien sogar verweigert. Ein Recycling dünner, verschmutzter Folien wird derzeit sehr selten praktiziert.

Marktvolumen in Deutschland / der EU

Der Einsatz von Agrarfolien für z. B. Treibhäuser, Silage und eben auch Mulchfolien steigt weltweit stark an. Eine Studie im Auftrag der Europäischen Kommission gibt eine Zahl von 83.000 Tonnen für die EU an.[2] [3] Dies ergibt abgerundet etwa 13.000 Tonnen für Deutschland.

Biologisch abbaubare Produkte am Markt

Es sind diverse Produkte verschiedener Produzenten am Markt, die meisten tragen ein Zertifikat von DIN CERTCO oder TÜV Austria, das den biologischen Abbau im Boden belegt. Während der Marktanteil biologisch abbaubarer Mulchfolien in Deutschland nur 1 bis 2 % beträgt, werden z. B. in China biologisch abbaubare Mulchfolien bereits in großem Stil eingesetzt.[4]

Politische und regulatorische Aspekte

Einerseits gibt es selbst bei eingesammelten Mulchfolien Probleme mit dem Recycling, wie oben beschrieben. In diesen Fällen ist eine Entsorgung über den Biomüll denkbar. Laut der Bioabfall-Verordnung sind Kunststoffabfälle aus der Landwirtschaft im Bioabfall zulässig, wenn sie nach DIN EN 13432 oder DIN EN 14995 zertifiziert sind.[5] Abdeckfolien sind explizit als zulässig genannt.

Interessanterweise geht die BioAbfV aber sogar noch einen Schritt weiter. Die Materialien sind nach §10 Absatz 1 Nummer 1 und 2 von den Behandlungs- und Untersuchungspflichten freigestellt, wenn sie an der Anfallstelle in den Boden eingearbeitet werden. Dies würde nach einer strikten Auslegung bedeuten, dass die genannten Abdeckfolien, die nur eine Abbaubarkeit im industriellen Kompost nachweisen müssen, legal im Boden vergraben werden dürfen – wo ihre Abbaubarkeit nicht bewiesen ist.

Sonstige Barrieren

Die wichtigste Barriere ist der höhere Preis der biologisch abbaubaren Mulchfolien. Dieser ist etwa

2 Hilton, M., Geest Jakobsen, L., Hann, S., Favoino, E., Molteno und Scholes, R. 2020: Relevance of Biodegradable and Compostable Consumer Plastic Products and Packaging in a Circular Economy. Directorate-General for Environment (European Commission), Eunomia (Ed.), 2020-04-03. doi: 10.2779/497376

3 Bosmans, W. (Europäische Kommission – DG Environment) 2020: European Policy on bio-based and biodegradable plastics. Präsentation in der nova-Session Circular Economy and Plastic Policy, 2020-10-29, online.

4 Schlegel, K. (BASF) 2020: Persönliche Kommunikation. 2020-07-08, 2020-11-06

5 Bundesministerium für Justiz und für Verbraucherschutz sowie Bundesamt für Justiz 2017: Verordnung über die Verwertung von Bioabfällen auf landwirtschaftlich, forstwirtschaftlich und gärtnerisch genutzten Böden (Bioabfallverordnung – BioAbfV) 2017-09-27. Download unter https://www.gesetze-im-internet.de/bioabfv/BioAbfV.pdf

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

1,5 bis dreimal so hoch wie der Preis konventioneller Mulchfolien.[4] Dieser relativiert sich allerdings de facto durch die erheblich geringeren Arbeits- und anfallenden Entsorgungskosten. In einem FNR-geförderten Projekt wurde ein Mulchfolienrechner entwickelt, der online heruntergeladen werden kann und mit dem jeder Betrieb die Kosten für die Anwendung biologisch abbaubarer Mulchfolien mit denen von PE-Folien vergleichen kann. Die Folgekosten der Verschmutzung der Ackerböden durch die Entstehung von Mikrokunststoffen aus PE-Folienresten werden jedoch nicht eingepreist.[6]

Technische Anforderungen

Die Folien brauchen für eine gewisse Zeit eine garantierte Witterungsbeständigkeit gegenüber UV, H_2O, Hitze, Frost und Dünger sowie eine gute Wasserdampfbarriere. Sie müssen toxikologisch unbedenklich sein. Es handelt sich um eine Blasfolienextrusion: Dehnfähigkeit, Zähigkeit, thermische Stabilität, hohe Viskosität und Schmelzfestigkeit müssen gegeben sein. Die Steifigkeit muss gering sein, da die Folie auch abgespult werden muss. Die Folie wird unter Spannung verlegt. Sie muss elastisch, reißfest und dehnbar sein. Die Produktlebensdauer muss je nach Bedarf modifizierbar sein: wenige Wochen bis hin zu einigen Monaten. Auch bei biologisch abbaubaren Folien muss eine Kumulation der evtl. über einen längeren Zeitraum im Boden verbleibenden Partikel vermieden werden. Die Entfernung der Folien muss auch bei niedrigen Temperaturen stattfinden können.

Relevante Standards und Zertifikate

Die Norm DIN EN 17033 (Biologischer Abbau von Mulchfolien im Boden) definiert die Anforderungen und Prüfverfahren explizit für biologisch abbaubare Mulchfolien, die in der Landwirtschaft eingesetzt werden. DIN CERTCO zertifiziert Mulchfolien ent-

6 Hochschule Weihenstephan-Triesdorf 2009: Mulchfolienrechner. Letzter Zugriff 2021-01-21. Download unter https://www.gartenbau-software.de/mulchfolienrechner.html

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

sprechend dieser Norm. Darüber hinaus existieren von TÜV Austria Zertifikate zur industriellen Kompostierbarkeit von Kunststoffen basierend auf der Norm DIN EN 13432, welche für Mulchfolien ebenso relevant sein können, wenn sie über den Bioabfallstrom entsorgt werden. Außerdem ist von TÜV Austria ein Zertifikat zum Abbau im Boden verfügbar, welches für Mulchfolien ebenso herangezogen werden kann. Die Details der Normen und Zertifikate sind im allgemeinen Teil beschrieben (Kapitel 5).

Mögliche Substitute

PLA-Blends, Stärke-Blends oder auch PHB und PHB-Copolymere können mit im Boden biologisch abbaubaren Polyestern wie PCL, PBAT, PBSA, PBS oder PBST gemischt werden, um die geforderten Eigenschaften zu erreichen. Die biologische Abbaubarkeit solcher Materialien im Ackerboden in verschiedenen Klimaregionen ist nachweislich gegeben und auch die technischen Anforderungen werden bestmöglich erfüllt. Insbesondere Mulchfolien aus PLA-PBAT-Blends sind bereits am Markt verfügbar, ebenso aus Stärke-Blends. Auch ein Produkt aus Papier wurde entwickelt.[7] Eine Mischung aus Naturfasern und biologisch abbaubaren Kunststoffen ist ebenfalls denkbar.

Deutsche Forscher haben vor kurzen eine Studie veröffentlicht, in der eine Mischung mit fast 70 % PHBV (Polyhydroxybutyrat-co-hydroxyvalerat) und einem geringeren Anteil an PLA mit einem biologisch abbaubaren Weichmacher entwickelt wurde. Der Weichmacher ist einen Acetyltributylcitrat und es wurde gezeigt, dass das Blend sich gut in Blasfolienextrusion verarbeiten lässt und dass der Weichmacher die Abbaubarkeit nicht beeinflusst.[8]

Durch Änderungen in der Rezeptur kann bei den Materialien die Geschwindigkeit des biologischen Abbaus grob „eingestellt“ werden, z. B. vier Wochen oder drei Monate.[9]

Ausblick

Biologisch abbaubare Mulchfolien sind ein sehr sinnvolles Produkt, mit erheblichen ökologischen Vorteilen. Sie sind technisch realisierbar und bereits am Markt erhältlich; aber leider erst mit einem Marktanteil von weniger als 5 % in einem recht großen und rasch wachsenden Markt. Es wären daher Förder-Maßnahmen zu begrüßen, ihren Marktanteil zu erhöhen. Da die biologisch abbaubaren Mulchfolien teurer sind als PE-Folien, wird der Marktanteil ohne Aufklärungskampagnen, Marktanreize bis hin zu Verboten für nicht abbaubare Folien nicht wachsen. Für diese Maßnahmen ist eine große gesellschaftliche Akzeptanz zu erwarten. Das Projekt iMulch trägt einen Teil zur Forschung zu diesem Thema bei.[10]

7 avr – Nonwovens & Technical Textiles 2017: Neues, biologisch abbaubares Mulchpapier. 2017-05

8 Kunststoffe 2020: Bioabbaubar trotz Additiven. 2020-09

9 K-Zeitung 2012: Lebensdauer nach Wunsch. 43. Jahrgang, 12, 2012-06-22

10 http://imulch.eu/projektdetails/

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

Saatgutbeschichtung

Unnötiger Eintrag von Mikroplastik in die Ackerböden kann vermieden werden

Beschreibung

Als Saatgutbeschichtung bezeichnet man Materialien, die auf die Oberfläche natürlicher Samenschalen aufgetragen werden. Dieses Verfahren wird zur Standardisierung von Gewicht und Größe des Saatgutes angewandt, für dessen Schutz und um die Keimfähigkeit zu verbessern. Wirkstoffe wie Fungizide, Pestizide, Schutzmittel oder auch Nährstoffe oder passende Mykorrhiza-Pilze[1] können Bestandteile der Saatgutbeschichtung sein, die nach der Aussaat freigesetzt werden.

Die bei der Saatgutbeschichtung verwendeten Strukturmaterialien werden in Bindemittel, Füllstoffe und Wirkstoffe eingeteilt. Bindemittel sind Polymere, die für die Adhäsion und Kohäsion des Materials am Saatgut und die Rückhaltung von Wirkstoffen sorgen. Die Saatgutbeschichtungen werden in der Regel in flüssiger Form aufgetragen; nach dem Trocknen bildet sich ein kontinuierlicher Film, der das Saatgut, die zu bindenden Partikel und die Chemikalien umgibt.

Die Eigenschaften der verschiedenen Füllstoffe in Kombination mit den Bindemitteln bieten eine Vielzahl möglicher mechanischer und biologischer Eigenschaften für Beschichtungen. In einigen Fällen ist die Veränderung der Morphologie des Saatguts minimal, aber für morphologisch ungleichmäßige Samen wird oft eine dickere Schicht aufgetragen, um die Reibung zu verringern und die Fließfähigkeit zu verbessern.[2]

1 Humintech: Schutzimpfung für Ackerpflanzen – mit Mykorrhiza-Pilzen die Ernste sichern. Letzetr Zugriff 2021-03-12. https://www.humintech.com/de/agrarwirtschaft/blog/schutzimpfung-fuer-ackerpflanzen-mit-mykorrhiza-pilzen-die-ernte-sichern

2 Pedrini, S., Merritt, D. J., Stevens, J. und Dixon, K. 2017: Seed Coating: Science or Marketing Spin? Trends Plant Sci, Vol. 22 (2), 106-116. doi: 10.1016/j.tplants.2016.11.002

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

Derzeit hauptsächlich verwendetes Material

In den meisten Fällen besteht die Saatgutbeschichtung aus mehreren Komponenten. Die spezifische Zusammensetzung, also die Art der Bindemittel, wird in der Regel nicht bekannt gegeben. Die am häufigsten eingesetzten Bindemittel sind jedoch Polymere, vor allem synthetischen Ursprungs und nicht biologisch abbaubar wie Polyvinylalkohol (die Eigenschaft von PVOH vollständig biologisch abbaubar zu sein, ist in der Debatte. Weitere Details finden Sie im Steckbrief „Folie für Spülmaschinentabs“), Polyvinylacetat, Polystyrol und Polyacrylat. Seltener kommen auch Polymere natürlichen Ursprungs wie Methylcellulose, Ethylcellulose, Chitosan, Gummiarabikum und Stärke zum Einsatz. Auch Mischungen von natürlichen und synthetischen Bestandteilen sind erhältlich.

Als Füllstoffe werden in der Regel inerte Pulver wie Bentonit, Kalziumkarbonat, Talkum, Diatomeenerde, Sand und Holzstaub eingesetzt. Die enthaltenen Wirkstoffe können Nährstoffe oder auch Fungizide, Pestizide etc. sein.[2]

Problematik

Die Saatgutbeschichtungsformulierung enthält in den meisten Fällen synthetische Kunststoffe, die nicht im Boden biologisch abbauen. Sie verbleiben als Mikroplastik dauerhaft in der Erde. Sie können sowohl über den Boden als auch über Gewässer in unsere Nahrungskette gelangen.

Marktvolumen in Deutschland / der EU

Laut ECHA (Europäische Chemikalienagentur) beträgt das Markvolumen in der EU etwa 250 bis 1000 Tonnen pro Jahr.[3] Für Deutschland wurde ein Anteil von etwa 100 Tonnen auf dem EU-Durchschnitt von etwa 600 Tonnen angesetzt.

Biologisch abbaubare Produkte am Markt

Natürliche und biologisch abbaubare Alternativen aus Chitosan, Zellulose und Stärke sind bereits verfügbar und werden verwendet. Ein Hersteller aus den Niederlanden bietet eine bio-basierte und biologisch abbaubare, stärkebasierte Saatgutbeschichtung an. Allerdings ist das Produkt nicht für den biologischen Abbau im Boden zertifiziert. Ein anderer Hersteller bewirbt eine mikroplastikfreie Saatgutbeschichtung, jedoch ebenfalls ohne Zertifikat. Ein Schweizer Unternehmen hat ein Patent für eine zellulose- und stärkehaltige Saatgutbeschichtung angemeldet. Die tatsächliche Zusammensetzung ist jedoch nicht offengelegt und es werden auch andere Arten von nicht biologisch abbaubaren Polymeren erwähnt, die oben genannt wurden und die ebenfalls Teil der Formulierungen sein könnten.[4]

Politische und regulatorische Aspekte

Nach dem Bundesbodenschutzgesetz unterliegt es grundsätzlich den Landwirten, die Erde frei von schädlichen Substanzen zu halten.

Außerdem hat Anfang 2019 die ECHA ihre ersten Vorschläge zur Beschränkung der Verwendung von absichtlich hinzugefügten Mikro-Kunststoffpartikeln in Produkten veröffentlichen. Davon betroffen sind unter anderem nicht biologisch abbaubare Saatgutbeschichtungen wegen der „direkten und ungefilterten Emission von Mikrokunststoffen“.

Sonstige Barrieren

Mangelndes Bewusstsein und Kenntnis der Landwirte über den Kunststoff in den Saatgutbeschichtungen, der später als Mikroplastik im Boden verbleibt, stellt eine Barriere dar. Zudem ist das Problem wenig sichtbar und die Folgen nicht direkt erkennbar, so

3 European Chemicals Agency 2019: ANNEX XV RESTRICTION REPORT PROPOSAL FOR A RESTRICTION. European Chemicals Agency (ECHA) (Ed.), 2019-08-22. Download unter https://echa.europa.eu/documents/10162/05bd96e3-b969-0a7c-c6d0-441182893720

4 Turnblad, K. M. und Ang Chen, Y. 1996: Insecticidal seed coating. US5849320A.

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

dass diese Anwendung wenig Aufmerksamkeit in der öffentlichen Diskussion um Mikroplastik findet. Es findet dennoch vermehrt Forschung und Entwicklung in diesem Bereich statt, beflügelt von den absehbaren Beschränkungen der ECHA.

Technische Anforderungen

Je nach Saatgut können verschiedene Polymerschichten aufgetragen werden, von denen einige als Träger von Wirkstoffen dienen und andere als Puffer, um einen direkten Kontakt zwischen den „aktiven Schichten“ und dem Saatgut, der äußeren Umgebung oder anderen aktiven Schichten zu vermeiden. Deshalb können die technischen Anforderungen je nach Schicht variieren.

Generell müssen Bindemittel und Füllstoffe mit aktiven Wirkstoffen und mit der Samenhaut verträglich sein und sollten die Keim- und Wachstumsfähigkeit eines Saatguts positiv beeinflussen. Sie müssen eine mittlere Permeabilität für Wasser haben.[2]

Die Beschichtung muss einfach zu verarbeiten sein, eine gute Haftung mit dem Saatgut und eine schnelle Trockenzeit aufweisen. Die Beschichtung muss zudem eine gewisse Abriebfestigkeit, Dehnfähigkeit und Witterungsbeständigkeit aufweisen, damit ein frühzeitiger Aufbruch und das Abplatzen verhindert werden.[5] Der biologische Abbau darf nicht vor der Zweckerfüllung einsetzen (siehe Seite 59 zur Beschreibung der Anwendung).

Standards und Zertifikate

Da beschichtetes Saatgut hauptsächlich in der Landwirtschaft Verwendung findet, ist für diese Anwendung die biologische Abbaubarkeit im Boden unter natürlichen Bedingungen ausschlaggebend. Das entsprechende Zertifikat von TÜV Austria kann herangezogen werden.

Mögliche Substitute

Biologisch abbaubare Alternativen basierend auf Stärke, Chitosan und Zellulose sind bereits verfügbar

5 Hasinoff, M. 2018: Pursell Agri-Tech. Präsentation auf “1st PHA platform World Congress”, 2018-09-05, Köln, Deutschland.

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

und gute biologisch abbaubare Alternativen. Andere biologische abbaubare Polyester wie PBAT oder PBSA oder PCL könnten die technischen Anforderungen ebenfalls erfüllen.

In einer Studie wurde nachgewiesen, dass in einer bio-basierten und biologisch abbaubaren Saatgutbeschichtung zugefügte Mikrobenstämme die Abbaurate im Boden erhöhen können.[6]

PHB oder PHB-Copolymere könnten die technischen Anforderungen als Bindemittel in Saatgutbeschichtungen ebenfalls erfüllen und gleichzeitig auch als Nährmittel für die Pflanzen dienen. Es wurde in einer Studie bewiesen, dass eine Formulierung mit P3HB als Trägerpolymer für Düngemittel zusätzlich einen günstigen Einfluss auf die mikrobielle Gemeinschaft im Boden hat, was für Saatgutbeschichtung auch geeignet sein könnte.[7]

Kürzlich haben deutsche Forscher ihre Forschungsergebnisse über die Verwendung eines PLA-Schaums als Material für die Einkapselung von Harnstoffdüngern veröffentlicht, welches theoretisch auch für Saatgutbeschichtung geeignet sein könnte.[8] PLA ist nachweisbar im Rahmen der in den Zertifikaten von TÜV Austria oder DIN CERTCO verlangten Abbaufristen nur industriell kompostierbar. Allerdings wird PLA über einen längeren Zeitraum im Boden biologisch abgebaut.

Verschiedene Saatgutbeschichtungs-Formulierungen für den Markt könnten aus diesen zahlreichen biologisch abbaubaren Substitutionsmöglichkeiten entwickelt werden.

Ausblick

Die Problematik dieser Anwendung in Bezug auf das Eintragen von Mikroplastik in landwirtschaftliche Böden sollte mehr Beachtung finden, zumal erste Alternativen am Markt verfügbar sind. Es ist zu hoffen, dass bald in REACH (siehe Kapitel 7.3), basierend auf den Vorschlägen der ECHA, Regeln für absichtlich hinzugefügte Kunststoffe in Saatgutbeschichtungen erlassen werden. Dann wäre der Einsatz biologisch abbaubarer Polymere ggf. in Zukunft sogar vorgeschrieben.

6 Accinelli, C., Abbas, H. K., Shier, W. T., Vicari, A., Little, N. S., Aloise, M. R. und Giacomini, S. 2019: Degradation of microplastic seed film-coating fragments in soil. Chemosphere, Vol. 226 645-650. doi: 10.1016/j.chemosphere.2019.03.161

7 Volova, T. G., Prudnikova, S. V. und Boyandin, A. 2016: Biodegradable poly-3-hydroxybutyrate as a fertilizer carrier. Journal of the Science of Food and Agriculture, Vol. 96 (12), 4183-4193. doi: 10.1002/jsfa.7621

8 Ruhr Universität Bochum 2020: Controlled release of fertiliser using biopolymer chips. RUB-Press release, 2020-10-14. Download unter https://news.rub.de/english/press-releases/2020-10-14-environmental-technology-controlled-release-fertiliser-using-biopolymer-chips

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

Vogelberingung

Gute Lösungen für die Geflügelzucht

Beschreibung

Die Beringung von Vögeln ist eine der wichtigsten Methoden der Vogelforschung. Mit dieser ist es möglich, Vogelindividuen zu identifizieren, ihre Aufenthaltsorte und ihr Verhalten über einen großen Raum und über lange Zeit zu untersuchen – ein unverzichtbares Instrument im Arten- und Naturschutz, welches Aufschlüsse über Populationsentwicklungen und Zugverhalten der Tiere geben kann.

Andere Anwendungsbereiche sind die Beringung von Stadttauben, Schautieren und Haustieren sowie die Geflügelzucht.

Derzeit hauptsächlich verwendetes Material

Der Großteil (über 90 %) des klassischen Beringungsmaterials für Wildvögel besteht aus Aluminium[1] über verschiedene Aluminiumlegierungen bis hin zum Edelstahl[2]. Der übrige Teil der Ringe, die bei Wildvögeln zur individuellen Kennzeichnung angebracht werden, wird aus Kunststoffen wie PVC, PMMA, PP, POM, ABS, Zelluloid und Elastomeren wie Naturkautschuk hergestellt. Ringe aus Kunststoff-Aluminium-Kompositen sind auch verfügbar.

1 Neuling, E. (NABU) 2020: Persönliche Kommunikation. 2020-06-22

2 Herrmann, C. (Landeszentrale für Umwelt, Naturschutz und Geologie MV – Beringungszentrale Hiddensee) 2020: Persönliche Kommunikation. 2020-06-29

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

Problematik

Die Beringung von Zuchttieren, Brieftauben, wilden Vögeln und Haustieren ist ein Eintrittspfad von Metallen und Kunststoffen in die Umwelt. Haustiere wie Papageien oder Kanarienvögel werden möglicherweise mit den Kunststoffringen beerdigt, wodurch diese in den Boden gelangen. Bei wilden Tieren verbleiben die Ringe am Lebensende möglicherweise in der Natur. Da wilde Vögel keine Landesgrenzen beachten, muss die Beringung länderübergreifend koordiniert werden.[3] Bei der Geflügelzucht können die Ringe in den Kompost oder die Biogasanlage gelangen.

Vogelringe an wilden Vögeln sollen jedoch in der Regel wiedergefunden (wenn die Vögel erneut eingefangen oder tot aufgefunden werden) und ausgewertet werden. Damit die Wiederauffindbarkeit über einen gewissen Zeitraum gewährleistet ist, sollte ein mögliches Substitut nur langsam abbauen, aber dauerhaft kein Mikroplastik hinterlassen. Tatsächlich werden nur knapp 2 % der Vogelringe zu Forschungszwekken wiedergefunden, 98 % verbleiben in der Natur.

Marktvolumen in Deutschland / der EU

In Europa werden pro Jahr rund vier Millionen Wildvögel beringt.[3] Für die EU28 sich entsprechend etwa 2,7 Millionen (67 %) beringte Wildvögel, was etwa 13 Tonnen Material (bei fünf Gramm pro Ring) entspricht. In der Geflügelzucht wird eine Beringung von 10 % der Tiere angenommen (7,5 Milliarden Tiere insgesamt in der EU jährlich)[4]. Dies ergibt ein Beringungsvolumen von insgesamt etwa 3.700 Tonnen Material in der EU und etwa 600 Tonnen in Deutschland.

Biologisch abbaubare Produkte am Markt

Bei der Recherche konnte ein zellulose-basiertes Produkt gefunden werden. Zu einer möglichen biologischen Abbaubarkeit wird allerdings vom Hersteller keine Angabe gemacht.

Politische und regulatorische Aspekte

Im Falle der Beringung wildlebender Vögel zu Forschungs- und Kennzeichnungszwecken greift das Kreislaufwirtschaftsgesetz, welches vorsieht, dass der Erzeuger von Abfällen für die Rückführung der Abfälle in den Wertstoffkreislauf verantwortlich ist. Dies gilt, sofern die Verwertung der Abfälle technisch möglich und wirtschaftlich zumutbar ist. Für die Beringung von Wildvögeln ist dies nicht gegeben.

In Nutztierbetrieben, die unter den Schirm der Landwirtschaft fallen, sollte die Bioabfall-Verordnung[5] in ähnlichem Rahmen greifen, wie bei bspw. Mulchfolien (Seite 55). Diese dürfen als Bioabfall der Landwirtschaft entsorgt werden, sofern sie nach DIN EN 13432 oder DIN EN 14995 zertifiziert sind. Diese Zertifizierungen setzen aber einen biologischen Abbau

3 EURING, The European Union for Bird Ringing 2011: Vogelberingung für Wissenschaft und Naturschutz. 2011. Download unter https://euring.org/files/documents/brochure2007/EURING_brochure_german_2011.pdf

4 Europäische Kommission 2021: DR AGRI Dashboard Poultry Meat. 2021-02-03. Letzter Zugriff 2021-02-05. https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/food-farming-fisheries/farming/documents/poultry-meat-dashboard_en.pdf

5 Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz 1998: Verordnung über die Verwertung von Bioabfällen auf landwirtschaftlich, forstwirtschaftlich und gärtnerisch genutzten Böden. 1998-09-21. Download unter https://www.gesetze-im-internet.de/bioabfv/__3b.html

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

im Boden unter bestimmten Bedingungen voraus, die die Vogelberingung erst gleichermaßen erfüllen müsste.

Sonstige Barrieren

Die Gründe für die bisher fehlenden Angebote für eine biologisch abbaubare Beringung von Vögeln ist die schlechte Verfügbarkeit passender Alternativen, das geringe Marktvolumen, die technischen Anforderungen und die zu erwartenden höheren Preise.

Bei vielen wilden Vogelarten (zum Beispiel Möwen und Störchen) ist es zudem wichtig, dass die Ringe zum einen sehr lange halten (bis über 20 Jahre) und zum anderen nach dem Tod des Tieres wiedergefunden und ausgewertet werden können.[2] Derzeit gibt es keinen Standard und keine Zertifizierung, die Anwendungen, bei denen der biologische Abbau in bestimmten Umgebungen mehrere Jahre dauern kann, abdeckt.

Technische Anforderungen

Die Beringung muss je nach Anwendungsbereich verschiedene Anforderungen erfüllen. Es gibt offene und geschlossene Ringe. Die offenen werden erwachsenen Vögeln angelegt und müssen elastisch sein. Wenn es nachgiebiges, elastisches Material ist, muss es dennoch am Tierbein halten. Die geschlossenen Ringe werden Jungtieren angelegt und müssen nicht formbar sein.[1] Die Beringung muss stabil sein, da manche Vogelarten versuchen, die Ringe abzureißen. Zudem muss sie abrieb- und alterungsbeständig sein; wenn Teile abbrechen, besteht die Gefahr, dass sich der Vogel verletzt. Darüber hinaus brauchen Sie eine lange Lebensdauer, da manche Tiere über Jahrzehnte leben.[2] In der Geflügelzucht ist die Eigenschaft der Langlebigkeit von geringerer Relevanz.

Die Beringung muss vor allem in der Vogelforschung witterungsbeständig sein (UV, H_2O, Hitze, Kälte) und Freilandbedingungen wie Salzwasser und Sand standhalten, sowie hautverträglich, kotbeständig und leicht sein. Das Material muss beschriftbar sein (z. B. durch einen Laser). Es handelt sich um ein Massenprodukt, in Extrusion gefertigt.

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

Das alternative Material soll nach der Zweckerfüllung und je nach beringter Vogelart im industriellen Kompost, Biogasanlage oder in der Natur biologisch abbauen können.

Relevante Standards und Zertifikate

Die Zertifikate zum biologischen Abbau im Boden von TÜV Austria sowie DIN CERTCO können hier herangezogen werden, wenn angenommen wird, dass die Wildvögel die Ringe unauffindbar in der Natur verlieren. Die Zertifikate für die industrielle Kompostierung (TÜV Austria, DIN CERTCO) könnten in der Geflügelzucht Anwendung finden, so wie die zum biologischen Abbau im Meer bzw. Süßwasser (TÜV Austria, DIN CERTCO) für Meeresregionen und Seen sowie generell für Wasservögel. Die Standards DIN EN 14995 und DIN EN 13432 sind hier die Grundlage.

Für den teilweise geforderten biologischen Abbau über einen langen Zeitraum, um das Einsammeln und Auswerten generell noch zu ermöglichen, existieren zum heutigen Zeitpunkt keine geeigneten Zertifizierungen.

Mögliche Substitute

Zertifizierte biologisch abbaubare Beringungen können aus PLA und PLA-Blends hergestellt werden, wenn die Beringungen im industriellen Kompost oder der Biogasanlagen enden, was insbesondere bei der Geflügelzucht meist der Fall ist.

Bei wilden Tieren bleiben die Ringe am Lebensende immer in der Natur, sofern sie nicht von Vogelforschern aufgefunden werden. Hier können die Polymere PBSA und PHB und Copolymere zum Einsatz kommen, jeweils in Mischungen oder als Blend mit Stärke. PLA ist nachweisbar im Rahmen der betrachteten Abbaufristen der Zertifikate von TÜV Austria oder DIN CERTCO nur industriell kompostierbar. Allerdings könnte dies für PLA in dieser Anwendung ein besonderer Vorteil sein. In der Natur geht der biologische Abbau von PLA langsamer vonstatten, als für die Zertifikate vorgesehen – aber der Abbau findet statt. Wenn die Ringe toter Vögel noch gefunden werden sollen, darf der Abbau nicht zu schnell erfolgen – genau wie es bei PLA der Fall ist.

Wenn die Ringe im Meer verbleiben, kommen praktisch nur PHB und Copolymere in Frage.

Der biologische Abbau kann auch durch die Kombination der genannten Polymere mit organischen Füllstoffen wie Holzmehl, Naturfasern oder auch Agrarreststoffen gefördert werden.

Diese Substitutionskunststoffe sollten bestmöglich die technischen Anforderungen erfüllen, allerdings wäre ein Nachweis der technischen Machbarkeit in der konkreten Anwendung erforderlich, vor allem in Bezug auf Hautverträglichkeit und Langzeitstabilität (Wildtiere).

Ausblick

Die Beringung von Tieren in der Geflügelzucht ist eine sinnvolle und technisch mögliche Anwendung für biologisch abbaubare Kunststoffe, die nach der Anwendung über eine industrielle Kompostierung bzw. eine Biogasanlage entsorgt werden könnten. Hier wird eine hohe gesellschaftliche und politische Akzeptanz erwartet. Problem sind aber die relativ geringen Mengen in dieser Anwendung, so dass es sich für die Anbieter nicht lohnen würde, die Materialien und Produkte auf den Markt zu bringen. Hier könnten gesetzliche Regelungen helfen, den Markt zu entwickeln.
Die Beringung von Wildvögeln darf in der Natur nicht zu schnell biologisch abbauen, da sie hier wiedergefunden und zu Vogelforschungszwecken ausgewertet werden soll. Bestimmte Polymere wie PLA erfüllen diese Voraussetzung und bauen langsam biologisch ab, bislang fehlen hierfür allerdings entsprechende Standards und Zertifikate.

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

Wuchshüllen

Großes Potenzial zur Plastikreduktion im Wald – Zertifizierung und klare politische Regeln fehlen noch

Beschreibung

Bei der Pflanzung junger Bäume werden Wuchshüllen um die Pflanzen herum angebracht, um sie fünf bis sieben Jahren vor Wildverbiss zu schützen und das Wachstum gegenüber Konkurrenzvegetation zu fördern. Wuchshüllen werden in der Forstwirtschaft, dem Wein-, Landschafts- und Obstbau verwendet.[1] Neben dem wichtigsten Zweck, den Schutz vor Wildverbiss zu gewährleisten, bieten Wuchshüllen weitere Vorteile: Im Inneren entsteht ein Mikroklima, welches den Anwuchserfolg der jungen Bäume verbessert. Dies geschieht durch eine erhöhte Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit, die z. B. das Risiko von Frostschaden verringert.[1] Bei der Kontrolle der Kulturen und bei der Kulturpflege sind Pflanzen mit Wuchshüllen zudem leicht auffindbar.[1] Im Zuge der Beseitigung von Waldschäden durch Trockenheit, Schädlingsbefall oder Stürme werden Wuchshüllen vermehrt eingesetzt.

Derzeit hauptsächlich verwendetes Material

Das derzeit hauptsächlich verwendete Material sind plattenförmige Polypropylen- und Polyethylennetze.[2] Auch Polyethylen hoher Dichte oder Baumspiralen aus Hart-PVC werden verwendet. Als Hauptadditive sind UV-Stabilisatoren zu finden, um die Produktlebensdauer zu verlängern. Da es schon seit längerer Zeit einen starken Wunsch der Verwender nach biologisch abbaubaren Materialien gibt, sind sogenannte

1 Hein, S. und Graf, Y. (Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg / Waldbau Silviculture) 2020: Persönliche Kommunikation. 2020-06-30

2 Hein, S.; Graf, Y. 2019: Marktanalyse: Wuchshüllen in Deutschland. Holz-Zentralblatt (32)

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

„oxo-abbaubare“ Polypropylen-Wuchshüllen auf den Markt gekommen. Diese Produkte bauen allerdings nicht biologisch ab, sondern zerfallen nur schneller in Mikroplastik.

Problematik

Durch den hohen Wilddruck und den zunehmenden Einsatz von Laubbäumen ist der Bedarf an Wuchshüllen steigend. Verschiedene Gründe führen jedoch dazu, dass ein Großteil der Wuchshüllen nach Erfüllung des Verwendungszwecks im Wald verbleiben. Dazu gehören Veränderungen der Forstvegetation (starker Bewuchs, erschwerte Zugänglichkeit), mangelnde Dokumentation der ausgebrachten Wuchshüllen, lange Anwendungszeiten von oft deutlich mehr als fünf Jahren und extensive Waldbewirtschaftung, durch die sich lange Kontrollintervalle und Informationsverluste ergeben.[1] Es liegen noch keine offiziellen Konzepte zum Wiedereinsammeln alter Wuchshüllen vor[3], in der Praxis bleiben sie daher auch aufgrund des hohen Aufwands und der entsprechenden Kosten, oft verbunden mit Personalmangel, im Wald liegen. Die Mehrheit der Wuchshüllen bleibt so im Wald und ist auch noch nach 30 oder 50 Jahren dort zu finden. In dieser Zeit zerfallen sie oft bereits in Plastikstücke, die langfristig zu Mikropartikeln werden. Viele Waldbesitzer würden gerne biologisch abbaubare Wuchshüllen einsetzen, um den Aufwand des Sammelns zu vermeiden.

Marktvolumen in Deutschland / der EU

Die Neuausbringung von Wuchshüllen im Forstbereich liegt in Deutschland bei etwa 11 Millionen Stück[1], entsprechend etwa 3.500 Tonnen pro Jahr. Für die EU ergibt dies hochgerechnet ein Volumen von etwa 20.000 Tonnen. Für die Einsatzbereiche Wein-, Obst- und Landschaftsbau stehen keine Erhebungen zur Verfügung.[1]

Biologisch abbaubare Produkte am Markt

Produkte, die am Waldboden tatsächlich abbauen, sind bisher am Markt kaum verfügbar. Am Markt befinden sich erste Alternativen zu herkömmlichen Kunststoff-Wuchshüllen, welche das Ziel der biologischen Abbaubarkeit verfolgen.[1] Materialien wie Papier oder Jute haben eine zu geringe Lebenszeit und auch andere Nachteile, sind jedoch biologisch abbaubar. Die angebotenen Holzlattenkonstruktionen eignen sich wiederum aus wirtschaftlichen und ergonomischen Gründen nicht für eine praxisrelevante Anwendung.

Darunter sind auch Produkte, die laut DIN EN 13432 für die Kompostierung von Verpackungen zertifiziert sind, welche aufgrund der Anforderungen der Prüfnorm jedoch nicht für einen Abbau unter Waldbedingungen geeignet sind. Aus Österreich sind mit „OK compost INDUSTRIAL“ Zertifikat ausgezeichnete kompostierbare Wuchshüllen aus unterschiedlichen Papierkonstruktionen kombiniert mit einer kompostierbaren Folie oder Hüllen aus Gitternetzen von bio-basierten Kunststoffen erhältlich. In Schwe-

3 https://www.fnr.de/index.php?id=11150&fkz=2219NR425

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

den werden biologisch abbaubare Lösungen für den Baumschutz zur Verfügung gestellt, jedoch ohne entsprechende Zertifikate für den Abbau im Waldboden. Ein Hersteller aus Großbritannien hat eine Wuchshülle auf Basis von Naturfasern und biologisch abbaubarer Kunststoffe entwickelt, für den Nachweis des biologischen Abbaus wird ein Labor- und Feldtest von der OWS (Organic Waste Systems) angeführt.

Politische und regulatorische Aspekte

Eine Betrachtung des Kreislaufwirtschaftsgesetzes, der Bioabfallverordnung, dem Bundeswaldgesetz, dem Bundesnaturschutzgesetz und den Landeswaldgesetzen der Länder Baden-Württemberg und Nordrhein-Westfalen ergab, dass sogenannte abbaubare Wuchshüllen nur im Wald verbleiben dürfen, sofern diese dort – d. h. unter Waldbedingungen – nachweislich (nach Anhang der Bioabfallverordnung, die auf die DIN EN 13432 verweist) rückstandslos abbaubar und größtenteils bio-basierter Herkunft sind.[4] [5] Industriell kompostierbare Materialien erfüllen dies auf dem Waldboden allerdings nicht, daher ist die Ausführung nicht zielführend.[1] Dies stellt für die praktische Durchführbarkeit eine große Hürde dar. In der Praxis findet man allerdings überall Wuchshüllen, die nicht biologisch abbaubar sind und im Wald über Jahrzehnte verbleiben.

Wuchshüllen werden auch im öffentlichen Wald (z. B. Wald im Eigentum der Länder und Kommunen) eingesetzt. Bislang jedoch werden Nachhaltigkeitskriterien im öffentlichen Beschaffungswesen noch nicht auf Wuchshüllen ausgerichtet. Zudem fehlen Kriterien in den Förderrichtlinien zur Waldbewirtschaftung der Länder (z. B. für Wälder im kommunalen oder privaten Eigentum), mit denen „unter Waldbedingungen biologisch abbaubare“ Wuchshüllen in besonderer Weise gefördert werden könnten.

Als ein Element der Plastikreduktionsstrategie für die Waldwirtschaft in Deutschland sollen im Jahr 2022 neue Förderrichtlinien ausgearbeitet werden, die dem Vorschlag der Förderung von Wuchshüllen mit Zertifizierung der vollständigen und damit rückstandslosen biologischen Abbaubarkeit unter Waldbedingungen gerecht werden.[6]

PEFC und FSC zertifizieren nachhaltige Waldbewirtschaftung und legen Standards fest, nach welchen

4 Hein, S., Hafner, M., Schurr, C. und Graf, Y. 2021: Zur rechtlichen Situation von Wuchshüllen in der Waldbewirtschaftung in Deutschland: Teil 1. Definitionen, Rechtsrahmen, kreislaufwirtschaftsrechtliche Sicht und Bundesbodenschutzgesetz. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 2021a (191-04).

5 Hein, S., Hafner, M., Schurr, C. und Graf, Y. 2021: Zur rechtlichen Situation von Wuchshüllen in der Waldbewirtschaftung in Deutschland: Teil 2. Forst- und naturschutzrechtliche Sicht, Lösungsansätze und Folgerungen. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 2021b (191-04).

6 Graf, Y., Hein, S., Schnabl, A. und Gebauer, T. 2021: Förderung von Verbissschutz im Ländervergleich. Holz-Zentralblatt, 147. Jahrgang (10)

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

sich die zertifizierten Waldbesitzer richten müssen. PEFC fordert in den neuen Standards für nachhaltige Waldbewirtschaftung nicht mehr funktionsfähige Wuchshüllen und solche, die ihren Verwendungszweck erfüllt haben, aus dem Wald zu entnehmen und fachgerecht zu entsorgen. Darüber hinaus sollen bei entsprechender Verfügbarkeit am Markt und wirtschaftlicher Zumutbarkeit Produkte verwendet werden, deren Materialien aus nachwachsenden Rohstoffen stammen.[7] Der FSC-Standard adressiert in Indikator 10.12.1 das Thema Wuchshüllen, in dem diese als Abfall gelten und gemäß der örtlichen Abfallentsorgungsbestimmungen zu entsorgen sind.[8]

Sonstige Barrieren

In der Vergangenheit gab es bereits Wuchshüllen, die als umweltverträglich und biologisch abbaubar bezeichnet und verkauft wurden. Tatsächlich handelte es sich dabei um „oxo-abbaubare" Polypropylen-Wuchshüllen.[1] Diese Wuchshüllen haben allerdings keinen Umweltvorteil; sie bauen nicht vollständig biologisch ab, sondern werden zu Mikropartikeln. Noch dazu haben sie ein schlechtes Image des Begriffs „biologisch abbaubar" hinterlassen.

Des Weiteren fehlt eine Prüfnorm und Zertifizierung, welche die biologische Abbaubarkeit speziell unter Waldbedingungen belegt.[1] Für eine Anwendung im Wald muss aktuell mit Annäherungen durch die Zertifizierung „biologisch abbaubar im Boden" und der dazugehörigem Norm DIN EN 17033 sowie anhand weiterer inhaltlich passender Tests gearbeitet werden. Dessen Bedingungen werden den tatsächlichen Umweltbedingungen im Waldboden jedoch nicht gerecht, da der Abbau wegen der fehlenden Mikroorganismen und heterogenen Waldbodenarten viel länger braucht.[9]

Waldbesitzer sind verpflichtet, Wuchshüllen nach Erfüllung des Verwendungszwecks einzusammeln und die dabei entstandenen Kosten zu tragen, in der Realität wird dies häufig nicht durchgesetzt. Sofern sich dies in der Zukunft ändert, können nachweislich im Wald biologisch abbaubare Wuchshüllen auch ökonomische Vorteile bieten. Eine Umfrage unter Waldbesitzern in Baden-Württemberg ergab, dass sie bereit wären 0,50 EUR mehr für eine biologisch abbaubare Wuchshülle zu zahlen. Der aktuelle Durchschnittspreis liegt bei ca. 2,00 EUR pro Wuchshülle. Eine biologisch abbaubare Wuchshülle dürfte also nicht teurer als 2,50 EUR pro Stück sein, was nur schwer realisierbar ist.[1] Einige Unternehmen im deutschsprachigen Raum arbeiten an der Entwicklung entsprechender Produkte, diese Entwicklungen werden aber durch das Fehlen der passenden Zertifizierungssysteme gebremst.

Technische Anforderungen

Die Wuchshüllen müssen eine festgelegte Dauer der Vollfunktionalität mitbringen und eine ebenso quantifizierbare Zeitspanne bis zur rückstandslosen Verrottung am Einsatzort. Sie müssen Verbissschutz und wuchsfördernde Eigenschaften für mindestens fünf Jahre erfüllen.[1]

Die Baumwuchshüllen müssen beständig gegenüber Umwelteinflüssen wie Hitze, Kälte, Regen, UV-Strahlung und Mikroorganismen sein und eine „mitwachsende", dehnfähige Struktur aufweisen. Die Herstellung geschieht in Form von Folien-, Gitter- oder Netz-Extrusion: hohe Schmelzfestigkeit, Dehnfähigkeit und Viskosität ist gefordert.

Relevante Standards und Zertifikate

Zur biologischen Abbaubarkeit unter Waldbedingungen gibt es weder eine entsprechende Norm, noch

7 PEFC Deutschland e. V. 2020: PEFC-Standards für nachhaltige Waldbewirtschaftung. 2020-12-01. Download unter https://pefc.de/media/filer_public/16/48/164824f5-c9ef-4b00-90e4-f4f5b213071c/pefc_d_1002-1_pefc-waldstandards_2020.pdf

8 Deutscher FSC-Standard 3-0 2020: Umsetzungshilfe. 2020-03. Download unter https://www.fsc-deutschland.de/preview.umsetzung-hilfe-fsc-waldstandard.a-1498.pdf

9 Hein, S.; Graf, Y. 2020: Auf dem Weg zu einer Plastikreduktionsstrategie. Holz-Zentralblatt (49)

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

(private) Standards oder Zertifikate. Daher werden gezwungenermaßen Annäherungen mit Hilfe von bestehenden Normen und Zertifikaten angeführt. Durch die für Landwirtschaft und Gartenbau entwickelte Norm DIN EN 17033 wird für Mulchfolien die biologische Abbaubarkeit im Boden standardisiert definiert und nachgewiesen. Erkenntnisse aus dieser Norm lassen sich auf den biologischen Abbau von Kunststoffen im Waldboden nur teilweise übertragen.

Außerdem können die Zertifizierungen zum biologischen Abbau von Kunststoffen im Boden des TÜV Austria sowie der DIN CERTCO annäherungsweise herangezogen werden.

Mögliche Substitute

Es gibt mehrere Materialien, die grundsätzlich für die Anwendung für Baumwuchshüllen in Frage kommen. Einige dieser Materialien sind sogar mit der „OK biodegradable SOIL"-Zertifizierung versehen – auch wenn die Anbieter nicht garantieren können, dass diese Materialien die technischen Anforderungen über einen Zeitraum von fünf bis sieben Jahren erfüllen können. Hier fehlen bisweilen Praxistests. Die Materialien reichen von Zellulosefasern (Tencel) bis hin zu mit Sonnenblumenschalen verstärktem PBS. Stärke-Blends wären auch eine mögliche Alternative sowie PHB, PHB-Copolymer-Blends und PBS-Blends, die im Boden biologisch abbauen können. Ein Multischicht-Produkt mit Zellulose und PBS als Dichtungsschicht wäre auch denkbar. Als Naturmaterial eignet sich außerdem Schafswolle als Verbissschutz für junge Bäume.

PLA ist nachweisbar im Rahmen der betrachteten Abbaufristen der Zertifikate von TÜV Austria oder DIN CERTCO nur industriell kompostierbar. Allerdings könnte dies für PLA in dieser Anwendung ein besonderer Vorteil sein. In der Natur geht der biologische Abbau von PLA langsamer vonstatten, als für die Zertifikate vorgesehen – aber der Abbau findet statt.

Als Alternative für Nadelbäume bietet sich die sogenannte „chemische Wildverkrämung" an, bei der die Wipfel der Jungbäume jährlich mit Quarzsand bzw. Geruchsstoffen von Fischen oder Schafen bestrichen. Dadurch werden Tiere ferngehalten. Nachteilig ist, dass diese Behandlung jährlich wiederholt werden muss, bis der Baum eine stabile Größe erreicht hat.[10]

Ausblick

Jedem Spaziergänger mit wachem Auge fallen im Wald jede Menge an Wuchshüllen auf, die ihren Dienst offensichtlich getan haben, Jahrzehnte im Wald verbleiben und in immer kleinere Kunststoffstücke zerfallen. Ob sich biologisch abbaubare Wuchshüllen in Zukunft gegenüber den langjährigen üblichen Wuchshüllen durchsetzen können, hängt jedoch entscheidend vom wachsenden Bewusstsein der direkten Anwender und den politischen Rahmenbedingungen ab. Mitentscheidend für diese Entwicklung wird die Positionierung der großen Zertifizierungssysteme im Wald, FSC und PEFC, der öffentlichen Förderung sowie die Beschaffungsrichtlinien der großen staatlichen Forstbetriebe Deutschlands sein. Der Einsatz biologisch abbaubarer und gleichzeitig bio-basierter Wuchshüllen könnte ein wichtiger Baustein für eine forstbetriebliche Strategie zur Reduktion von erdölbasierten und nicht biologisch abbaubaren Kunststoffen sein. Dringend notwendig für die Weiterentwicklung der unter Waldbedingungen biologisch abbaubaren Wuchshüllen und deren Markteinführung wäre daher eine zusätzliche Zertifizierung für genau diese Bedingungen.

10 Maier, L. (Witasek Pflanzenschutz) 2021: Persönliche Kommunikation. 2020-08-26

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

Haushalt & Garten

Dieses Kapitel fasst die größte Produktgruppe zusammen. Die Produkte und Anwendungen, die hier vorgestellt werden, werden im Haushalt und Garten genutzt. Die Anwender sind dabei fast ausschließlich Endkonsumenten. Es kommt ein Produktionsvolumen von etwa 60.000 Tonnen Kunststoff pro Jahr für Deutschland zusammen, das zu großen Anteilen (siehe Tabelle 1) auf verschiedenen Wegen in unterschiedliche Umgebungen wie Böden, den Kompoststrom oder Gewässer gelangen. Das Verbraucherbewusstsein ist hier ein ebenso wichtiger Regulierungsfaktor wie politische Vorgaben.

Aufkleber für Obst- und Gemüse 71
Bioabfall-Beutel 74
Blumensteckschaum 79
Feuchttücher 82
Folie für Spülmaschinentabs 86
Kaffeekapseln 89
Mähfäden 92
Mikroplastik in Kosmetik und Körperpflegeprodukten 95
Schmutzradierer 99
Silvesterraketenteile 102
Teebeutel, Tee-, Kakao- und Kaffeepads 105

Aufkleber für Obst- und Gemüse

Gute technische Machbarkeit und hohe soziale Akzeptanz

Beschreibung

Aufkleber auf Obst und Gemüse werden im Einzelhandel zur Produkt- und zur Preiskennzeichnung verwendet. Vor allem schwer unterscheidbare Waren wie Apfelsorten können so an der Kasse mit Hilfe des PLU-Codes identifiziert werden. Oft wird auch die Sorte, der Produzent oder die Eigenschaft „Bio“ auf dem Aufkleber vermerkt.

Derzeit hauptsächlich verwendetes Material

Die derzeit vorwiegend eingesetzten Werkstoffe sind bedrucktes Papier sowie Polyethylen- und Polypropylen-Folien. Hinzu kommen nicht biologisch abbaubare Kleber und Druckfarben.

Problematik

Die Aufkleber verbleiben nach dem Schälen von Obst oder Gemüse in der Regel auf den Schalen und gelangen mit diesen in den Bioabfallstrom (Heimkompost oder Biotonne und somit in die industrielle Kompostierung) oder in die Natur. Aufgrund ihrer geringen Größe und der festen Verbindung mit den Obst- und Gemüseschalen können die Aufkleber nur mit extremem Aufwand in der Kompostieranlage vom organischen Abfall getrennt werden, was in der Praxis nicht geschieht.

Bestehen die Aufkleber, der Klebstoff und die Farben auf dem Aufkleber aus nicht biologisch abbaubaren Kunststoffen, wird der Bioabfallstrom mit diesen Kunststoffen verunreinigt bzw. verbleiben sie dauerhaft in der Umwelt.

Marktvolumen in Deutschland / der EU

Für Deutschland schätzen wir den Gesamtmarkt von Gemüse- und Obstaufkleber auf etwa 170 Millionen Aufkleber pro Jahr.[1] Jeder Sticker hat ein Gewicht von etwa einem Gramm. Dadurch kommt man auf ein ungefähres Marktvolumen von 200 Tonnen für Deutschland und 1.000 Tonnen für die EU.

1 Searle, F. 2019: Retailers reducing plastic packaging use. 2019-12-18. Letzter Zugriff 2021-02-09. http://www.fruitnet.com/fpj/article/180497/retailers-reducing-plastic-packaging-use

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

Biologisch abbaubare Produkte am Markt

Es gibt Anbieter in Deutschland und anderen europäischen Ländern, die bereits seit Jahren zertifiziert kompostierbare Aufkleber für Obst und Gemüse anbieten, meist allerdings nur industriell kompostierbar und nur in wenigen Fällen auch heimkompostierbar. Hierbei muss der gesamte Aufkleber, bestehend aus Kunststofffilm, Druckfarben und Kleber, die entsprechenden Anforderungen erfüllen.

Etiketten aus Zellulose sind weitere kompostierbare Alternativen, die ebenfalls oft nur für die industrielle Kompostierung zertifiziert sind. Auch Etiketten aus Grasfasern und Holzzellstoff wurden bei der Recherche gefunden.

Am Markt werden auch fragliche Alternativen wie Steinpapier (Kalziumcarbonat und PE) oder Bio-PE angeboten, die aber beide nicht biologisch abbaubar sind.

Politische und regulatorische Aspekte

Einer Verwertung von biologisch abbaubaren Kunststoffen für Obst- und Gemüseaufklebern im industriellen Kompost steht die BioAbfV entgegen, die, wie im übergreifenden Kapitel zu regulatorischen Rahmenbedingungen beschrieben, verbietet, dass solche Stoffe in der Biotonne landen.

Im Jahr 2013 wurde eine Petition, die eine verpflichtende Regelung für die biologische Abbaubarkeit von Aufklebern für Obst und Gemüse forderte, abgelehnt. Die Begründung war, dass die Etiketten gewichts- und volumenmäßig keine große Rolle in der Bioabfallverwertung spielen.[2] Solange die verbleibenden Kunststoffpartikel einen Durchmesser kleiner als 2 Millimeter haben, bzw. in geringerem Umfang

als 0,5 % vorhanden sind, sind sie laut BioAbfV zulässig (§4, Abs. 4).

Nach geltendem Recht müssen die Etiketten in den Recyclingkreislauf gebracht werden (KrWG). Dies geschieht jedoch nur in sehr geringem Umfang.

Auf europäischer Ebene ist die Problematik um Obst- und Gemüseaufkleber präsent, eine kürzlich veröffentliche unabhängige Studie im Auftrag der Europäischen Kommission thematisiert diese und befürwortet die Anwendung als sinnvoll für eine biologische Abbaubarkeit.[3]

Sonstige Barrieren

Hauptbarrieren für eine stärkere Marktdurchdringung der biologisch abbaubaren Produkte sind Bekanntheit und Preis. Da es bisher nur wenige, kleinere Anbieter am Markt gibt, ist die Bekanntheit der Produkte begrenzt. Hinzu kommt, dass der Preis aufgrund der teureren Materialien und des kleinen Produktionsvolumens erheblich über dem der Standardware liegt.

2 Petitionsausschuss des Deutschen Bundestags 2013: Neuigkeiten zu Verbraucherschutz – Biologisch abbaubare Aufkleber für Obst und Gemüse. 2013-03-21. Download unter https://www.openpetition.de/petition/blog/verbraucherschutz-biologisch-abbaubare-aufkleber-fuer-obst-und-gemuese

3 Hilton, M., Geest Jakobsen, L., Hann, S., Favoino, E., Molteno und Scholes, R. 2020: Relevance of Biodegradable and Compostable Consumer Plastic Products and Packaging in a Circular Economy. 2020-04-03. Directorate-General for Environment (European Commission), Eunomia. doi: 10.2779/497376

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

Technische Anforderungen

Die Aufkleber müssen Beständigkeit gegenüber UV-Strahlung, Wasser und Kleber aufweisen, müssen toxikologisch unbedenklich und lebensmittelecht sein. Das Material muss bedruckbar sein und mehrere Komponenten müssen vereinbar sein: Kleber, Folie und Farbstoff. Zudem muss die Klebeschicht auch auf einer gewachsten Fruchtoberfläche haften.

Relevante Standards und Zertifikate zur biologischen Abbaubarkeit

Die DIN EN Normen 13432 (Verpackung – Anforderung an die Verwertung von Verpackungen durch Kompostierung und biologischen Abbau) und 14995 (Kunststoffe – Bewertung der Kompostierbarkeit) enthalten Standards zur biologischen Abbaubarkeit. Diese sind im Falle der Aufkleber für Obst und Gemüse anwendbar auf die Entsorgung durch die Biotonne, die von den Abfallbetrieben abgeholt wird, nicht aber auf den Heimkompost. Gestützt auf diese Normen gibt es Zertifizierungen von TÜV Austria und DIN CERTCO zur biologischen Abbaubarkeit in verschiedenen Umgebungen, die hier Anwendung finden können.

Mögliche Substitute

Die Aufkleber verbleiben oft auf den Obst- und Gemüseschalen und gelangen mit diesen in den Bioabfall oder Heimkompost. Für die industrielle Kompostierung eignen sich vor allem PLA-Blends mit Copolyestern wie PBAT oder Stärke-Blends mit Copolyestern wie PBAT.

Weitere Materialien, die zusätzlich auch bei Heimkompostierung biologisch abbauen sind PBSA, PHB-Copolymere und bestimmte heimkompostierbare Stärke-Blends sowie Papier, beschichtet mit den genannten Polymeren.

Biologisch abbaubare Klebemittel, z. B. auf Basis von Stärke oder PHB und PHB-Copolymeren, und (Pflanzen-)Farbstoffe sind notwendig, um eine komplette biologische Abbaubarkeit des Produktes zu gewährleisten.

Auch ein gänzlicher Ersatz der Aufkleber mittels Laserbrandings ist möglich und wird bereits praktiziert.

Ausblick

Obst- und Gemüseaufkleber sind eine vielversprechende Anwendung für biologisch abbaubare Kunststoffe, Kleber und Farben: Hohe technische Machbarkeit und hohe Chancen, auf diesem Weg nicht biologisch abbaubare Aufkleber gänzlich im Bioabfallstrom zu vermeiden. Es ist zudem eine hohe soziale und politische Akzeptanz zu erwarten. Ein rasches Verbot nicht biologisch abbaubarer Aufkleber wäre aus dieser Sicht zu empfehlen.

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

Bioabfall-Beutel

Mehr gesammelter Bioabfall und weniger kontaminiert mit nicht biologisch abbaubaren Kunststoffen

Beschreibung

Bioabfall-Beutel werden in Privathaushalten genutzt, um organischen Abfall zu entsorgen. Kompostfähige Abfälle, wie Küchenabfälle und Speisereste[1], werden in die Beutel gefüllt und diese dann samt Beutel in die Biotonne entsorgt.

Derzeit hauptsächlich verwendetes Material

Seit Ende der 1990er Jahre werden im Einzelhandel und sogar von manchen Kommunen[2] Bioabfall-Beutel aus Papier, gelegentlich mit biologisch abbaubaren Kunststoffen verstärkt, oder biologisch abbaubare Kunststoffbeutel angeboten. Bei den biologisch abbaubaren Kunststoffen handelt es sich um spezielle Blends, in der Regel aus Stärke und PBAT[3] oder aus PLA und PBAT.

Problematisch ist, dass in der Praxis oft auch PE-Beutel zum Sammeln und Entsorgen von Biomüll verwendet werden (s.u.).

Problematik

In vielen deutschen Haushalten wird der Bioabfall, meist organische Küchenabfälle, getrennt gesam-

1 Abhängig von der Kommune; gekochte Speisereste sind nicht überall für die Entsorgung in die Biotonne erlaubt.

2 Reske, J. (INTERSEROH) 2020: Persönliche Kommunikation. 2020-09-02, 2021-01-27

3 Leibniz Institut DSMZ – Deutsche Sammlung von Mikroorganismen und Zellkulturen, 2020: Bakterielle Arbeitsteilung beim Abbau von Plastik. 2020-11-18. Letzter Zugriff 2021-01-26. https://www.chemie.de/news/1168715/bakterielle-arbeitsteilung-beim-abbau-von-plastik.html?WT.mc_id=ca0065

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

melt. Um ihn von der Küche zur oft gemeinschaftlich genutzten Bioabfalltonne zu bringen, gibt es drei Möglichkeiten: Im Sammelgefäß, das hierdurch stark beschmutzt wird, in Papiertüten, die wenig nassfest sind, oder im Kunststoffbeutel, der am praktischsten und hygienischsten ist.

Um die Papierbeutel nassfester zu machen, werden sie zum Teil mit wachsartigen Substanzen beschichtet. Daten aus verschiedenen Studien zeigen aber, dass die Bürger jedoch wasserdichte, nassfeste Kunststoff-Beutel bevorzugen und deshalb häufig zu herkömmlichen PE-Beuteln greifen, die dann den Kompost mit nicht biologisch abbaubaren Kunststoffen verunreinigen. Dort, wo kompostierbare Bioabfall-Beutel erlaubt und verfügbar sind, werden deutlich weniger PE-Tüten zum Sammeln von Bioabfällen verwendet. Etwa die Hälfte der in deutschen Haushalten anfallenden Nahrungsmittel- und Küchenabfällen werden über die Restmülltonne entsorgt – da hier PE-Tüten verwendet werden können. Um die Menge an eingesammeltem Bioabfall zu steigern, wäre es vorteilhaft, kompostierbare Abfallbeutel zu etablieren, da diese für die Verbraucher gut zu handhaben sind und so zur Bioabfalltrennung motivieren.

Bei der heutigen Praxis ist es nicht verwunderlich, dass sich in den Bioabfalltonnen viele Kunststoffbeutel und -partikel finden. Sind die verwendeten Kunststoffe, wie in der Regel, nicht biologisch abbaubar, führen sie zu einer erheblichen Kontamination des Bioabfalls und auch des daraus entstandenen Komposts, da die Folien und Folienreste vor der Kompostierung nicht vollständig herausgefiltert werden können. Während des Kompostierungsprozesses werden die Folien zunehmend zerkleinert, womit deren Abtrennung vom Kompost umso schwieriger wird. Um möglichst wenig Kunststoff in den Kompost zu verschleppen, wird ein erheblicher Teil der größeren Kompostbestandteile abgesiebt und anschließend verbrannt – hierbei geht Kompostmaterial verloren. Der restliche Teil verbleibt kleinteilig im Kompostgut. Bei einer zu hohen Plastikrate im fertigen Kompost kann es sogar zu Absatzproblemen kommen. Weder Privatpersonen noch Landwirte möchten Kompost mit sichtbaren Plastikpartikeln oder Mikroplastik einsetzen.

Insbesondere die kostenlos im Supermarkt verfügbaren leichten Plastiktüten für Obst- und Gemüse („Hemdchenbeutel“) werden von den Verbrauchern, trotz Untersagung durch die Kommunen, häufig zur Sammlung von Bioabfall weiterverwendet. Diese PE-Beutel könnten durch kompostierbare Beutel ersetzt werden. Sie sind offiziell jedoch „Verpackungen“ und müssten, um über die Biotonne entsorgt werden zu dürfen – neben der vorausgesetzten biologischen Abbaubarkeit – offiziell umdeklariert werden.

Marktvolumen in Deutschland / der EU

Das Marktvolumen für biologisch abbaubare Bioabfallbeutel in der EU liegt bei etwa 40.000 Tonnen pro Jahr[4], in Deutschland entsprechend bei etwa 6.500 Tonnen. Rechnet man die „Hemdchenbeutel“ dazu,

4 Bio-based News 2016: Compostable plastic bags carry goods and hopes for the future. 2016-04-05. Letzter Zugriff 2021-02-18. https://

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

die potenziell Bioabfallbeutel werden könnten, läge das Marktvolumen sogar bei ca. 150.000 Tonnen pro Jahr in Europa.[5]

Biologisch abbaubare Produkte am Markt

Biologisch abbaubare Bioabfall-Beutel aus Maisstärke oder Kartoffelstärke werden von einer Vielzahl von Produzenten und fast allen Einzelhandelsketten am Markt angeboten. Die Beutel sind nach DIN EN 13432 als industriell kompostierbar, in manchen Ländern auch von DIN CERTCO oder TÜV Austria für die Heimkompostierung zertifiziert, und werden aus biologisch abbaubaren Kunststoffen oder Papier hergestellt.

Aus reinem Papier sind jedoch keine heimkompostierbaren Tüten verfügbar. Nur einzelne beschichtete Papiertüten sind als industriell kompostierbar zertifiziert, da die Auflagen nur mit sehr hochwertigen Papiertypen eingehalten werden können.[2]

Die Norm DIN EN 13432 wurde 1:1 in nationale Normenwerke der Mitgliedsstaaten übernommen. So dürfen z. B. in Deutschland nur nach dieser Norm zertifizierte Produkte mit dem geschützten Kompostierbarkeitskennzeichen „Keimling“ gekennzeichnet werden.

Es werden am Markt nur wenige Bioabfall-Beutel angeboten, die zusätzlich auch ein Zertifikat für die Heimkompostierung aufweisen. Eine Firma aus Hamburg bietet zum Beispiel einen Bioabfall-Beutel aus einem Stärke-Blend mit dem Zertifikat „OK Compost HOME“ an.

Politische und Regulatorische Aspekte

Laut Anhang 1 der Bioabfall-Verordnung sind nach DIN EN 13432 zertifizierte Abfallbeutel für die Entsorgung in der Biotonne zulässig.[6] In der Praxis ist es jedoch so, dass viele Kommunen die Abfallbeutel nicht in ihren Bioabfallströmen akzeptieren[7], meistens aufgrund von zu langer Verweildauer in der Anlage – die Abbauzeiten in der Kompostanlage sind oft nicht konform mit der vorgegebenen Abbauzeit der Bioabfall-Beutel laut Standard. Es existiert ein langwährender Streit zwischen Komposteuren und anderen Experten, ob dies ein reales Problem darstellt. Fakt ist jedoch, dass die Bioabfall-Beutel in vielen Kommunen aus dem Abfallstrom aussortiert werden und nicht verwendet werden sollen.

Sonstige Barrieren

Die wichtigsten Barrieren in Deutschland sind der höhere Preis sowie die lokal sehr unterschiedliche Akzeptanz der Entsorgungsbetriebe. Was in der einen Stadt oder Kommune gerne akzeptiert wird, ist in der anderen Stadt oder Kommune ein Grund, die Biomülltonne nicht zu entleeren. Jede der rund 400 öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern in Deutschland, regelt die Bioabfallentsorgung in seinem Gebiet. Vielerorts in Deutschland wird kein Unterschied zwischen biologisch abbaubarem und normalem Kunststoff gemacht und jeglicher Kunststoff im Bioabfall untersagt. Dies wird zum Teil damit begründet, dass die DIN EN 13432 zu lange Verweilzeiten des Bioabfalls in der Kompostierung annimmt. Es scheint hier allerdings an einer Zusammenarbeit zu mangeln, da in anderen Ländern die biologisch abbaubaren Bioabfall-Beutel gut funktionieren und von den Entsorgungsunternehmen akzeptiert werden. So führt eine konsequente Politik in Italien, wo ausschließlich bio-

news.bio-based.eu/compostable-plastic-bags-carry-goods-and-hopes-for-the-future/

5 Von Hesler, F. (Novamont) 2020: Persönliche Kommunikation. 2020-07-03

6 Bundesministerium für Justiz und für Verbraucherschutz sowie Bundesamt für Justiz 2017: Verordnung über die Verwertung von Bioabfällen auf landwirtschaftlich, forstwirtschaftlich und gärtnerisch genutzten Böden (Bioabfallverordnung – BioAbfV) §2 Anhang 1. 2017-09-27. Download unter https://www.gesetze-im-internet.de/bioabfv/BioAbfV.pdf

7 Siehe z. B. die Empfehlungen der Abfallwirtschaftsbetriebe Köln der Stadt Köln. Letzter Zugriff 2021-02-18. https://www.awbkoeln.de/?id=13

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

logisch abbaubare Bioabfall-Beutel erlaubt sind, zu den geringsten Verunreinigungen an nicht abbaubaren Kunststoffen im Bioabfall in Europa.[8] Eine neue Studie belegt zudem, dass die kompostierbaren Bioabfall-Beutel die Qualität des Komposts nicht beeinträchtigen.[9]

Der Verbraucher ist oft nicht ausreichend informiert, durch die Regeln der Entsorgungsbetriebe verunsichert und scheut den höheren Preis.

Eine kürzlich veröffentlichte Studie aus Deutschland zeigt, dass selbst bei den sehr kurzen Behandlungszeiten in deutschen Vergärungs- und Kompostieranlagen die zertifizierten Bioabfall-Beutel vollständig abgebaut werden.[10] Andere Versuche zeigen, dass selbst Bananenschalen unter Umständen länger für den biologischen Abbau brauchen als Material aus PLA.[11] Die längeren biologischen Abbauzeiten resultieren daraus, dass nach DIN EN 13432 eine maximale Foliendicke von 100 bis 150 Mikrometern geprüft wird, während Bioabfall-Beutel heute meist dünner als 25 Mikrometer sind.[2]

Technische Anforderungen

Für Bioabfall-Beutel ist eine hohe Funktionalität erforderlich, da sie sich zersetzenden Lebensmittelabfällen und Flüssigkeiten standhalten müssen. Die Bioabfall-Beutel müssen deswegen, bevor sie im Kompoststrom landen, gegenüber Wasser, Fetten und Säuren ausreichend beständig sein und Barriereeigenschaften gegenüber Wasser und Sauerstoff aufweisen. Sie müssen zudem eine hohe Reißfestigkeit, Elastizität und Dehnbarkeit aufweisen. Es handelt sich um eine Blasfolie. Dehnfähigkeit, thermische Stabilität, hohe Viskosität und Schmelzfestigkeit müssen gegeben sein.

Relevante Standards und Zertifikate zur biologischen Abbaubarkeit

Die Norm DIN EN 13432 (Verpackung – Anforderung an die Verwertung von Verpackungen durch Kompostierung und biologischen Abbau) und DIN EN 14995 (Kunststoffe – Bewertung der Kompostierbarkeit) enthalten Vorgaben zur vollständigen biologischen

8 Italian Composting and biogas Association 2017: Annual Report on Biowaste Recycling. 2017-11. Download unter https://www.compost.it/wp-content/uploads/2019/08/Rapporto-CIC-2017-Eng-v-2.6-web-version.pdf

9 Il Bioeconomista 2020: New German study: compostable biowaste bags are not a threat for the quality of compost. 2020-07-27. Letzter Zugriff 2021-01-26. https://ilbioeconomista.com/2020/07/27/new-german-study-compostable-biowaste-bags-are-not-a-threat-for-the-quality-of-compost/

10 Kern, M., Neumann, F., Siepenkothen, H.J., Turk, T. und Löder, M. 2020. Kunststoffe im Kompost – Praxisversuche zur Bestimmung der Polymerzugehörigkeit. Müll und Abfall 05-20, S. 245-251

11 Van der Zee, M. und Molenveld, K. 2020: The fate of (compostable) plastic products in a full scale industrial organic waste treatment facility. Wageningen Food & Biobased Research (Ed.), 2020-02. doi: 10.18174/514397

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

Abbaubarkeit unter definierten Bedingungen innerhalb eines begrenzten Zeitraumes (maximal zwölf Wochen). Diese sind im Falle der Bioabfall-Beutel anwendbar auf die Entsorgung durch die Biotonne, die von den Abfallbetrieben abgeholt wird. Ein weiterer relevanter und entscheidender Standard befindet sich im Entwurf, der demnächst veröffentlicht werden soll: DIN EN 17427: Anforderungen an und Prüfmethoden für heimkompostierbare Tragetaschen.[12]

„OK compost INDUSTRIAL“ und „HOME“ vom TÜV-Austria sowie der „Keimling“ sind wichtige Zertifizierungen. DIN CERTCO entwickelt derzeit ein neues spezifisches Zertifizierungssystem: DINplus Bioabfall-Beutel. Das Siegel begrenzt die Abbaubarkeit des Beutels auf maximal sechs statt bisher zwölf Wochen, was für die Kompostanlagen in Deutschland eine deutliche Verbesserung darstellt.[13]

Mögliche Substitute

Industriell kompostierbare Bioabfall-Beutel werden aus unterschiedlichen biologisch abbaubaren Polymeren hergestellt, oft in Blends gemischt. Bekannt sind Stärke-Blends mit biologisch abbaubaren Copolyestern wie PBAT, PBSA, PLA oder auch PHB und PHB-Copolymeren. Blends aus PLA und PBAT, PBSA oder PBST sind ebenfalls möglich. Diese Materialien erfüllen alle technischen Anforderungen, insbesondere die Feuchtigkeits- und Wasserbeständigkeit und Reißfestigkeit, liegen preislich im Rahmen und sind am Markt bereits etabliert. Sie erfüllen auch die bestehenden Normen zum biologischen Abbau, wenn diese auch nicht immer anerkannt werden oder praxisnah sind (siehe oben). Bioabfall-Beutel aus speziellen Stärke-Blends oder PBAT-Blends mit z. B. PHB oder PHB-Copolymeren sind ebenso gut biologisch abbaubar und sogar für die Heimkompostierung zertifiziert.

Papierbeutel, die ohne Kunststoffverstärkung produziert werden, erreichen die Anforderungen an Feuchte-/Wasserbeständigkeit und Reißfestigkeit nicht. Hier könnten die oben genannten biologisch abbaubaren Polymere in Kombination mit Papier eine Lösung sein.

Ausblick

Der Einsatz biologisch abbaubarer Bioabfall-Beutel ist unter unterschiedlichen Gesichtspunkten sinnvoll, kann aber nur zu einem Erfolg werden, wenn es zu einer Zusammenarbeit von Politik (Standards, Vorgaben), Kommunen, Kompostbetrieben und Produzenten kommt, um auf der einen Seite die Produkte auf die technischen Anforderungen der Kompostierer auszurichten und auf der anderen Seite eine Akzeptanz bei den Kompostierern und Kommunen zu erreichen. Zudem müssen die Verbraucher ausreichend informiert werden. Gelingt dies, wie unter anderem in Österreich, Frankreich und vor allem Italien, können hier dem Verbraucher gut handhabbare Lösungen geboten, große Märkte erschlossen und die Umwelt entlastet werden: Die Anteile nicht abbaubarer Kunststofffolien-Reste im Kompost können drastisch reduziert und gleichzeitig deutlich mehr gesammelter Bioabfall einer sinnvollen Nutzung als Kompost zugeführt und so eine Kreislaufführung der Biomasse erzielt werden. Dies würde auch der Ankündigung der deutschen Umweltministerkonferenz entgegenkommen, 30 % der Bioabfälle, die momentan durch Entsorgung in den Restmüll verloren gehen, bis 2025 für den Bioabfall nutzen zu wollen.

12 https://www.beuth.de/de/norm-entwurf/din-en-17427/308813180

13 Verbund kompostierbarer Produkte e. V. 2020: Bioabfall-Beutel: Neues DIN-Zertifikat garantiert vollständigen Abbau im Kompost in maximal sechs Wochen. Pressemitteilung Verbund kompostierbarer Produkte e. V, 2020-11-11. Download unter https://www.derverbund.com/download/pm_verbund_dinplus_12112020_end.pdf

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

Blumensteckschaum

Biologisch abbaubare Alternativen entlasten Heimkompost und Bioabfallströme

Beschreibung

Blumensteckschaum ist ein Artikel aus dem Bereich Floristikbedarf und wird in der Blumenbinderei zum Arrangieren von Blumengestecken benutzt. Es wird zwischen Nass- bzw. Frischblumen- und Trockensteckschaum unterschieden. Nassschaum wird für Gestecke mit frischen Blumen verwendet, wie zum Beispiel für Hochzeitdekoration oder Grabschmuck. Der Schaum kann ein Großteil seines Volumens an Wasser aufnehmen und sichert so die Wasserversorgung der Blumen. Trockenschaum eignet sich im Bastelbedarf und für Blumengestecke sowie Adventskränze, die kein Wasser benötigen.[1]

Derzeit hauptsächlich verwendetes Material

Kunstharzschäume wie Polyurethan- oder Polystyrolschaum werden für Trockenschaum verwendet. Phenolformaldehyd-Schaum kommt hauptsächlich für Nassschaum zur Anwendung.[2] Die Farbe des Schaums kann durch die Zugabe von Pigmenten (z. B. Ruß) variieren.

Problematik

Die Schwämme werden oft zusammen mit verwelkten Blumen im Bioabfallstrom entsorgt, aus Unachtsamkeit oder weil der Nutzer glaubt, sie seien biolo-

1 grosshaendler.org: Blumensteckschaum in der Floristik. Letzter Zugriff 2021-02-18. http://www.grosshaendler.org/informationen-warengruppen-floristik

2 European Phenolic Resins Association 2021: Foams. Letzter Zugriff 2021-01-07. https://epra.eu/en/phenolic-resin/application-areas/foams/

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

gisch abbaubar. Dies wird durch die oft grüne Farbe oder Textur unterstützt. Zudem ist das Trennen der Blumen vom Schaum mit Aufwand verbunden und oft nicht leicht möglich. Ein weiteres Problem ist, dass bei der Verarbeitung und Nutzung des Produkts durch die poröse Struktur kleine Partikel in die Umwelt gelangen können.[3]

Marktvolumen in Deutschland / der EU

Auf Basis eines geschätzten Blumensteckschaumverbrauchs von circa 60 Gramm (dies entspricht einem Block von 25x11x7 Zentimetern) pro Haushalt und Jahr (inkl. Veranstaltungen), liegt das Marktvolumen in Deutschland bei 2.500 Tonnen jährlich. Hochgerechnet auf Europa ergibt dies ein jährliches Marktvolumen von etwa 15.000 Tonnen.

Biologisch abbaubare Produkte am Markt

Es gibt mehrere Anbieter, die Produkte mit einer, nach eigenen Angaben, biologischen Abbaubarkeit vertreiben. Keines der Produkte entspricht jedoch einem gängigen Standard oder verfügt über ein Zertifikat. Das verwendete Material dieser Produkte ist nicht ausgewiesen.[3]

Politische und regulatorische Aspekte

Derzeit muss Blumensteckschaum ordnungsgemäß über den Restmüll entsorgt werden.

Sonstige Barrieren

Die größten Barrieren für die Einführung biologisch abbaubarer Steckschäume sind das fehlende Bewusstsein beim Verbraucher und fehlende Entsorgungshinweise auf dem Produkt, da der Blumensteckschaum mitsamt Blumen in der Regel von einem Floristen ohne weitere Hinweise ausgehändigt wird. Zusätzlich können Begriffe wie „Steckmoos“ den Verbraucher irreführen, da es sich hierbei in aller Regel nicht um natürliches Moos, sondern Kunstschaum handelt.

Technische Anforderungen

Das Material muss schäumbar sein und dafür eine hohe Dehnfähigkeit und Viskosität aufweisen. Hydrolysebeständigkeit ist erforderlich. Die Schäume sind relativ schwach und brüchig, was eine Voraussetzung für die Anwendung ist, da ein Blumenstiel leicht in die Schaumstruktur eindringen sollte. Gleichzeitig muss der Schaumstoff eine ausreichende Festigkeit und Formstabilität aufweisen, um die Gestecke zu halten.[2] Nassteckschaum muss zudem porös sein und Wasser aufsaugen können, um die Lebensdauer der frischen Blumen zu verlängern. Kleine Partikel, die in die Umwelt gelangen können, sowie die Schwämme, die häufig im Bioabfallstrom entsorgt werden, sollen zügig biologisch abbauen können.

Relevante Standards und Zertifikate

Da Steckschaum häufig über den Biomüll entsorgt wird, ist ein biologischer Abbau unter Kompostbe-

3 Madadi, A. 2013: Schaumstoffe verunsichern Gärtner. 2013-01-03. Letzter Zugriff 2021-01-08. https://www.abendblatt.de/hamburg/bergedorf/vier-und-marschlande/article112631710/Schaumstoffe-verunsichern-Gaertner.html

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

dingungen hier gefordert. Sowohl für die Heim- als auch für die industrielle Kompostierung gibt es von TÜV Austria sowie DIN CERTO relevante Zertifikate.

Mögliche Substitute

PLA-Schäume sind als Substitut geeignet und bauen in industrieller Kompostierung biologisch ab. PHB Copolymere-Schäume können auch die technischen Anforderungen erfüllen und könnten sogar für eine zertifizierte Heimkompostierbarkeit geeignet sein.

Schäume basierend auf Zelluloseacetat sind ebenso technisch geeignet und es gibt Sorten, die auch in der industriellen Kompostierung biologisch abbauen.[4]

Eine weitere Alternative zu Polymeren für Blumenarrangements ist echtes Moos. Dieses ist sogar kommerziell verfügbar, aber die Verfügbarkeit sehr begrenzt und teuer. Zudem ist die Nutzung von Moos aus Gründen des Biotopschutzes kritisch einzuschätzen. Als natürliches Material kann in bestimmten Anwendungen auch Naturton oder Sand als Ersatz von Trockensteckschaum verwendet werden, allerdings ist zumindest für Sand nicht die Entsorgung über die Bioabfalltonne erlaubt.

Ausblick

Blumensteckschäume stellen eine interessante Anwendung für biologische abbaubare Kunststoffe dar. Zum einen, weil sie zu großen Anteilen mit den Blumen im Heimkompost oder Bioabfall landen, und zum anderen, weil es biologisch abbaubare Alternativen gibt. Da das Bewusstsein beim Kunden und Floristen gering ist und die Alternativen teurer sind, wären Informationskampagnen und politische Vorgaben wichtig, um Änderungen bei der Nutzung herbei zu führen.

4 Izallalen, M. 2020: Eastman Cellulose Esters Polymers in the Circular Bioeconomy. Präsentation auf der Konferenz “13th Conference on Bio-based Materials”, 2020-05-13, online.

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

Feuchttücher

Unsachgemäße Entsorgung durch den Verbraucher erfordert Produkte aus Zellulose- und Naturfasern

Beschreibung

Feuchttücher sind mit Flüssigkeiten und Lotion getränkte Einwegvliesstofflappen. Sie sind in Folienverpackungen oder Spenderdosen verpackt und sind für viele verschiedene Anwendungsmöglichkeiten als einfach zu benutzender Artikel für unterwegs oder im Haushalt gedacht. Zu dieser Produktgruppe zählen Babyfeuchttücher, Abschminktücher zur Hautreinigung aber auch Putztücher, Desinfektionstücher und Erfrischungstücher sowie feuchtes Toilettenpapier.

Derzeit hauptsächlich verwendetes Material

Die meisten reißfesten Feuchttücher, wie z. B. Babyfeuchttücher und Abschminktücher, bestehen aus bis zu 80 % Kunststofffasern wie Polypropylen- oder Polyesterfasern, in Mischung mit geringem Anteil an Zellulosefasern (Viskose oder Lyocell).[1] Die Feuchttücher bestehen aus Fasern, die zu einem Vliesstoff verarbeitet werden, zum Teil erfolgt eine Wasserstrahlverfestigung („Spunlace Technology“) um eine besondere Weichheit und ein hohes Volumen zu erhalten. Die genaue Komposition eines Feuchttuches kann je nach Anwendungsbereich und Hersteller variieren. Weichere Feuchttücher sind für Hautpflege geeignet und enthalten einen höheren Anteil an Zellulosefasern wie Viskose und/oder Lyocell. Feuchttücher für Bodenreinigung müssen hingegen fester sein und enthalten ein höherer Anteil an synthetischen Kunststofffasern wie etwa aus Polypropylen und Polyester.[2] Feuchttücher sind mit Flüssigkeit (z. B. Lotion, Was-

1 Carus, M. 2019: Experten sagen JA! Zu holzbasierten Cellulosefasern. Letzter Zugriff 2021-01-07. https://itsinourhands.com/content-pages/its-in-our-hands/experten-sagen-ja-zu-holzbasierten-cellulosefasern

2 Quinn, P. 2019: Wet wipes: keeping them out of our seas (and sewers). 2018-01-16. Letzter Zugriff 2021-01-07. https://friendsoftheearth.uk/plastics/wet-wipes-keeping-them-out-our-seas-and-sewers

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

ser, Parfum, Alkohol oder Pflegemitteln) getränkt. Die Mischung der Inhaltsstoffe variiert – von natürlichen sanften Hautpflegeprodukte bis hin zu härteren Reinigungs- und Desinfektionsmitteln.

Problematik

Reißfeste Feuchttücher führen durch unsachgemäße Entsorgung über die Toilette mit ihrem Anteil an nicht biologisch abbaubare Kunststofffasern zu großen Problemen in Kläranlagen und zur Verschmutzung von Flüssen und der Meere. Sie zerfallen nicht wie Toilettenpapier im Wasser, sondern bilden „Verzopfungen“ und verstopfen somit Kanalisation und Kläranlagen.[3] Wenn sie durch das Abwasser in Flüsse, Seen und Meer gelangen, verbleiben sie dort und setzen zunächst Makro- und dann Mikroplastik frei. Bis zu 8 % der an den Meeresküsten gefundenen Plastikabfälle bestehen aus Feuchttuchgewebe[4], oder auch 19,2 Feuchttücher bzw. deren Überreste pro 100 Meter Strand in Großbritannien als Beispiel.[5] Außerdem werden Feuchttücher manchmal unsachgemäß in der Natur entsorgt.

Marktvolumen in Deutschland / der EU

Der Markt in der EU beläuft sich auf ca. 160.000 Tonnen pro Jahr.[6] Das ergibt umgerechnet für Deutschland etwa 25.000 Tonnen.

Biologisch abbaubare Produkte am Markt

Es sind viele Produkte auf Zellulosebasis am Markt, die als biologisch abbaubar beschrieben sind. Allerdings sind diese meist ohne Zertifikat oder nur industriell kompostierbar. Ein österreichischer Hersteller bietet zertifizierte Zellulosefasern für die Herstellung von Vliesstoffen an. Sie bauen innerhalb weniger Monate in Erde, Kompost und auch Wasser komplett ab.

Politische und regulatorische Aspekte

Es fehlen klare gesetzliche Vorgaben und Kennzeichnungen, die die Entsorgung von Feuchttüchern mit Kunststoffanteil regeln, oder nicht biologisch abbaubare Feuchttücher verbieten. Als Inhaltsstoffe der Feuchttücher werden oft nur die Zusatzstoffe wie Öle und Lotionen, die dem Vlies zugeführt werden, aufgeführt. Dies führt in vielen Fällen zu dem Phänomen „versteckter Kunststoffe“ (engl. hidden plastics) und lässt den Verbraucher im Unklaren darüber, wie das Produkt fachgerecht entsorgt werden soll. Eine Umfrage unter Verbrauchern ergab, dass etwa 85 % der Befragten nicht bekannt ist, dass Feuchttücher erdölbasierte Kunststofffasern beinhalten.[7]

Der Druck seitens Kommunen und Abwasserbetrieben ist hoch. Viele Kommunen haben durch den zusätzlichen Reinigungsaufwand deutlich höhere Kosten, die letztlich auf die Bevölkerung umgelegt werden.

Im Rahmen der Europäischen Single-Use Plastics Directive [Directive (EU) 2019/904] von 2019 werden ab Inkrafttreten in Juli 2021 unter anderem die Hersteller von Feuchttüchern aus Kunststofffasern verpflichtet, die Mehrkosen für Entsorgung und Reinigung mitzutragen sowie Maßnahmen zu ergreifen, die zu einem

3 Umwelt Journal 2019: Zopfstoffe Teil 1: Millionenschäden durch Feuchttücher. 2019-01-17. Letzter Zugriff 2021-01-07. https://www.umwelt-journal.at/zopfstoffe-teil-1-millionenschaeden-durch-feuchttuecher/

4 Lenzing AG 2020: Plastik in Feuchttüchern? Lenzing zeigt: Es geht auch anders. Presseaussendung. 2020-03-05. Download unter https://www.lenzing.com/index.php?type=88245&tx_filedownloads_file%5bfileName%5d=fileadmin/content/PDF/01_Medien/Presseaussendungen/DE/PA_2020_03_05_DE_Plastik_in_Feuchttuechern._Lenzing_zeigt_Es_geht_auch_anders.pdf

5 Marine Conservation Society 2019: Great British Beach Clean 2019 Report. 2019-11-28. Download unter https://www.mcsuk.org/media/mcs-gbbc-2019-report-digital.pdf

6 Businesswire 2020: Global Wet Tissue and Wipe Market 2020-2024. Letzter Zugriff 2021-01-07. https://mms.businesswire.com/media/20200819005467/en/813722/5/IRTNTR40002.jpg?download=1

7 Science ORF 2019: Feuchttücher: Unterschätze Plastikquelle. 2019-11-15. Letzter Zugriff 2020-01-07. https://science.orf.at/v2/stories/2994475/

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

besseren Bewusstsein für die richtige Entsorgung bei den Verbrauchern beitragen (z. B. bessere Kennzeichnung und Hinweise auf den Verpackungen).[8]

Sonstige Barrieren

Die biologisch abbaubaren Alternativen aus 100 % Zellulosefasern sind generell teurer als die konventionellen Produkte mit Kunststoffanteil. Durch die fehlende Kennzeichnungspflicht können Verbraucher nur schwer geeignete Produkte identifizieren.

Den meisten Verbrauchern fehlt zudem das nötige Bewusstsein und Information, dass die meisten Feuchttücher, wie reißfeste Babyfeuchttücher, Kunststofffasern enthalten, nicht biologisch abbaubar sind und daher nicht über die Toilette entsorgt werden dürfen.

Technische Anforderungen

Feuchttücher für Hautpflege müssen haut- und ggf. schleimhautverträglich sein. Dies gilt für das Material des Tuches aber auch für die Flüssigkeit oder Lotion, mit der das Tuch getränkt ist. Das Material soll spinnbar sein und die Fasern sollen für die Herstellung von Vliesstoffen verarbeitbar sein. Das Vlies muss weich, reißfest und saugfähig sein. Es ist im Prinzip keine Langlebigkeit erforderlich; das biologisch abbaubare alternative Material sollte nach der Nutzung nach einem bestimmten Zeitraum biologisch abgebaut werden.

Relevante Standards und Zertifikate

Der führende Verband der Vliesstoff und verwandten -industrien EDANA hat 2018 eine neue Version der Richtlinie zur Beurteilung der Entsorgung von Einweg-Vliesstoffprodukten über die Toilette („Flushability“) herausgebracht. In dieser Richtlinie werden verschiedene Kriterien von Zersetzbarkeit, über Spülbarkeit bis zum Energiemehraufwand der Klärwerkspumpen sowie die biologische Abbaubarkeit der Vliesstoffe mit den jeweils zugehörigen Testmethoden definiert, die die Entsorgung über haushaltsübliche Sanitäranlagen untersuchen.[9]

Es gibt außerdem das Produktzertifikat von TÜV Austria „OK Biodegradable WATER“ und „MARINE“, womit biologische Abbaubarkeit von Feuchttüchern und deren Ausgangmaterialien in Süßwasser bzw. Meerwasser zertifiziert werden können.

Mögliche Substitute

Mögliche Substitute sollten optimalerweise bei unsachgerechter Entsorgung über die Toilette auch im Abwasser rasch abbauen und sich ähnlich verhalten wie normales Toilettenpapier. Die natürlichen Substitute dürfen in diesem Fall keine zu hohe Festigkeit aufweisen, da sie ansonsten trotz biologischer Abbaubarkeit die Kläranlagen und Kanalisation verstopfen können.

8 The European Parliament and The Council of the European Union 2019: Directive on the reduction of the impact of certain plastic products on the environment. Article 8(3). Official Journal of the European Union (Ed.), 2019-06-05. Download unter https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019L0904&from=EN

9 INDA und EDANA 2018: Guidelines for Assessing the Flushability of Disposable Nonwoven Products. Edition 4. 2018-05. Download unter https://www.edana.org/docs/default-source/product-stewardship/guidelines-for-assessing-the-flushability-of-disposable-nonwoven-products-ed-4-finalb76f3ccdd5286df88968ff0000bfc5c0.pdf?sfvrsn=34b4409b_2

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

Feuchtes Toilettenpapier, das über die Toilette entsorgt werden kann, besteht aus einem geringen Anteil an Zellulosekurzfasern in der Mischung mit Zellstoff, die durch „Wet-Laid Spunlacing“ (nassgelegter und wasserstrahlverfestigter Vliese) hergestellt werden. Diese sind zu 100 % Zellulosefasern mit geringer Reißfestigkeit. Sie zerfallen beim Spülen schnell in der Toilette und sind biologisch abbaubar.[10] Die Fasern können aus Holz aus kontrolliert nachhaltiger Forstwirtschaft, Faserpflanzen oder Agrarreststoffen wie Stroh hergestellt werden. Mischungen aus Zellstoff und einem geringen Anteil an Lyocell- oder Viskose-Kurzfasern sind auch machbar, biologisch abbaubar und können über die Toilette entsorgt werden.[11]

Andere Arten von Feuchttüchern sollten jedoch, auch wenn sie theoretisch biologisch abbaubar sind, zur Entlastung der Kläranlagen über den Restmüll entsorgt werden – und nicht über die Toilette. Für Feuchttücher werden lange Fasern verwendet oder auch Zellulosefasern in Multischichtsystemen mit unterschiedlicher Faserorientierung, wodurch eine höhere Vliesfestigkeit entsteht und sie deswegen, bei Entsorgung durch die Toilette, Verstopfungen in der Pumpe und in der Kanalisation verursachen. Lange natürliche Fasern wie Hanf-, Flachs-, Jute- oder Kenaffasern können als Verstärkung für Zellstoff geeignet sein.[12] Zellulose-basierte Feuchttücher können auch mit bio-basierten und biologisch abbaubaren lange Kunststofffasern verstärkt werden. Dies ist mit PLA-basierten Fasern möglich und bereits patentiert.[13] Eine schnelle biologische Abbaubarkeit von PLA ist im Wasser allerdings noch nicht ausreichend nachgewiesen.

Vliese mit PHB und PHB-Copolymer-basiertem Klebstoff sind auch ein mögliches Substitut. Sie bauen relativ schnell im Wasser ab. Ein Patent für diese Anwendung wurde schon angemeldet.[14]

Eine für viele Anwendungen seit Jahrhunderten bewährte Alternative zu Feuchttüchern stellen waschbare und nahezu beliebig oft wiederverwendbare Waschlappen aus Baumwolle oder Zellulosefasern dar.

Ausblick

Aufgrund der sehr großen Mengen an nicht biologisch abbaubaren Feuchttüchern, einer häufig unsachgemäßen Entsorgung über die Toilette und fehlender Kennzeichnung bzw. gesetzlicher Vorgaben, besteht hier dringender Handlungsbedarf von Seiten der Politik und Industrie. Da es funktionstüchtige Alternativen aus Zellulose- und Naturfasern am Markt gibt (ggf. verstärkt mit biologisch abbaubaren Polymeren), könnte der Kunststoffeintrag in die Gewässer und Meere drastisch reduziert und gleichzeitig der Bedarf der Konsumenten gedeckt werden.

10 Eizinger, J. (Lenzing) 2020: Persönliche Kommunikation. 2020-09-08

11 Lenzing AG 2019: #ItsInOurHands: New eco-initiative for biodegradable wipes. Presseaussendung. 2019-10-25. Download unter https://www.lenzing.com/newsroom/press-releases/press-release/itsinourhands-new-eco-initiative-for-biodegradable

12 Bast Fibre Technologies Inc. 2020: Georgia-Pacific and Bast Fibre Technologies Inc. Enter into Global Licensing Deal for Nonwoven Sustainable Fibre Applications. 2020-02-25. Letzter Zugriff 2021-01-07. http://news.bio-based.eu/georgia-pacific-and-bast-fibre-technologies-inc-enter-into-global-licensing-deal-for-nonwoven-sustainable-fibre-applications/

13 Fingal, L., Tondkar, K. und Stralin, A. 2012: Flushable moist wipe of hygiene tissue and a method for making it. EP2737119A1.

14 Noda, I. 1996: Nonwoven materials comprising biodegradable copolymers. US5685756A.

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

Folie für Spülmaschinentabs

Ein relevantes Umweltproblem könnte durch gesetzliche Vorgaben schnell gelöst werden

Beschreibung

Viele Geschirrspültabs werden in wasserlösliche Folien verpackt, die vor dem Gebrauch nicht entfernt werden müssen. Für den Verbraucher ist die Handhabung sehr einfach und bequem, Hautkontakt wird vermieden und es können unterschiedliche Inhaltsstoffe wie Spülmittel, Salz und Klarspüler im Tab kombiniert werden.

Ebenso am Markt sind Folien, die vor dem Gebrauch entfernt werden müssen, da sie sich im Wasser nicht auflösen. Diese sind aus meist aus Polypropylen hergestellt und können rezykliert werden. Diese werden hier nicht weiter betrachtet.

Derzeit hauptsächlich verwendetes Material

Derzeit bestehen die wasserlöslichen Folien meistens aus PVOH. Diese können eine Schichtdicke zwischen 30 und 50 µm haben.[1]

Problematik

PVOH ist wasserlöslich, aber die Meinungen gehen auseinander, ob es vollständig biologisch abbaubar ist oder nicht. Einige behaupten, dass es im Abwasser oder im Wasser vollständig biologisch abgebaut werden kann. Andere widersprechen, indem sie sagen, dass es unter normalen Bedingungen – im Abwasser einer haushaltsüblichen Spülmaschine – nicht biologisch abbaubar ist, sondern nur unter künstlich geschaffenen Bedingungen in Anwesenheit speziel-

1 Van Vliet, P. 2004: Cleaning agent for automatic dishwasher comprises powder in cold water soluble packaging. NL1025384C2.

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

ler Mikroorganismen und zugesetzter Enzyme, die im normalen Abwasser nicht vorkommen.[2] Andere stimmen zu, dass PVOH von vielen Laboren als vollständig biologisch abbaubar validiert wird, aber dass PVOH in der Praxis oft mit anderen Polymeren gemischt oder copolymerisiert wird, um es besser verarbeitbar zu machen, was seine Fähigkeit zum biologischen Abbau hemmt. Wenn es in der gegebenen Umgebung nicht vollständig biologisch abbaubar ist, wird es Mikroplastik in den Abwasserstrom abgeben.[3] Ein weiteres Problem kann die Verwendung von Methanol als Lösungsmittel für die Herstellung von PVOH sein. Methanol ist gesundheitsschädlich und PVOH-Folien können immer eine kleine Restmenge enthalten, die dann in die Umwelt gelangt. Die Lieferanten begrenzen in der Regel diese Restmenge pro Tab, aber die Akkumulation von Methanol in der Umwelt könnte langfristig schädliche Folgen haben.[4]

Marktvolumen in Deutschland / der EU

Der EU-Markt von Spülmaschinentabs mit wasserlöslicher Folie liegt pro Jahr bei etwa 400.000 Tonnen, was 20 Milliarden Tabs à 20 Gramm entspricht. Die Folie selbst wiegt weniger als 1 Gramm, womit ihr Gesamtvolumen in der EU bei etwa 20.000 Tonnen, in Deutschland bei etwa 3.000 Tonnen pro Jahr liegt.

Rechnet man das gesamte Produktionsvolumen der größten Hersteller von PVOH-Folien für alle relevanten Produkte (Pods, gefüllt mit Waschmittel für die Waschmaschine und sämtliche Chemikalien für den Haushalt und Garten, wie zum Beispiel Chlortabletten für den Gartenteich) zusammen, so kommt man jedoch bereits auf weit über 100.000 Tonnen pro Jahr in Europa, Tendenz steigend.[4]

Biologisch abbaubare Produkte am Markt

Einige Hersteller, die wasserlösliche PVOH anbieten, geben an, dass ihr PVOH biologisch abbaubar ist, jedoch ohne Nachweis oder Zertifikat. Ein großer PVOH Hersteller bietet inzwischen ein Produkt mit dem Prüfsiegel „OK biodegradable WATER“, dieses wird allerdings derzeit hauptsächlich für 3D-Druck verwendet. Dieses PVOH ist wasserlöslich und zertifiziert biologisch abbaubar.[5]

Es gibt auch gänzlich neue Entwicklungen: Ein französischer Anbieter produziert eine caseinbasierte Folie für Spülmaschinentabs, das Produkt ist „OK bio-degradable WATER“ von TÜV Austria zertifiziert. Auch österreichische und deutsche Anbieter haben biologisch abbaubare Folien mit EU Ecolabel für ihre Produkte. Biologische Abbaubarkeit wird nach den Kriterien EU-Ecolabel belegt, dort werden wasserlösliche Folien als Bestandteil des Inhalts angesehen.[6]

2 Van der Zee, M. 2014: Methods for Evaluating the Biodegradability of Environmentally Degradable Polymers. in C Bastioli (ed.), Handbook of Biodegradable Polymers. 2nd edn, Smither Rapra, Shawburry, pp. 1-28.

3 Boyano, A., Kaps, R., Medyna, G. und Wolf, O. 2016: Revision of six EU Ecolabel Criteria for detergents and cleaning products. Joint Research Centre, European Commission (Ed.), 2016-06. Download unter https://ec.europa.eu/environment/ecolabel/documents/JRC104463_detergents_without%20watermark.pdf

4 Huber, A. (Huber4zero-Lab) 2020: Persönliche Kommunikation. 2020-11-12

5 Kuraray 2018: Kuraray auf der Fakuma 2018: Hochleistungskunststoffe für jede Herausforderung. Fakuma 2018. Download unter http://www.evalevoh.com/media/172170/kuraray_presseinformation_vorschau-fakuma2018_de.pdf

6 Europäische Kommission 2017: BESCHLUSS (EU) 2017/1216 – Festlegung der Umweltkriterien für die Vergabe des EU-Umweltzeichens

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

Politische und regulatorische Aspekte

Da die Folie wasserlöslich ist und in das Abwasser gelangt, muss die Abwasserverordnung (AbwV) hier greifen. Hier sind keine entsprechenden Grenzwerte festgehalten.

Es gibt generell keine gesetzlichen Vorgaben, die den Einsatz biologisch abbaubarer Folien unterstützen oder gar vorschreiben würden.

Sonstige Barrieren

Hauptbarrieren für eine stärkere Marktdurchdringung sind Bekanntheit, Preis und Unwissenheit der Verbraucher über den Unterschied von Wasserlöslichkeit und biologischer Abbaubarkeit entsprechender Produkte. Da es bisher nur wenige Anbieter von biologisch abbaubarer Folie am Markt gibt, ist die Bekanntheit der Produkte begrenzt. Hinzu kommt, dass der Preis der Folie und somit auch der Tabs aufgrund der teureren Materialien und des kleinen Produktionsvolumens erheblich über dem von Standardware mit nur wasserlöslicher Folie liegt.

Technische Anforderungen

Das Material muss lagerstabil und beständig gegen die Inhaltsstoffe den eigentlichen Tab sein (Enzyme, Tenside, Bleichmittel, Salz, Klarspüler). Es sollte wasserlöslich sein, flexibel und mit einer geeigneten Zugfestigkeit ausgestattet sein. Generell sollten die Folien transparent sein und einen relativ hohen Glanz aufweisen. Da die Herstellung mittels Folienextrusion erfolgt müssen eine hohe Schmelzefestigkeit, Dehnfähigkeit und Viskosität gegeben sein.

Relevante Standards und Zertifikate

Nachdem sich die Folien durch ihre Anwendung im Wasser gelöst haben, werden die gelösten Polymerketten mit dem Abwasser entsorgt. Da sie im Abwasser in kurzer Zeit nicht vollständig biologisch abbauen können, sollte der Abbau in anderen Umgebungen auch möglich sein. Daher sind die Zertifikate „OK biodegradable WATER“ und „SOIL“ sowie ggf. auch „MARINE“ von TÜV Austria geeignet, den biologischen Abbau in den jeweiligen Umgebungen zu garantieren.

Mögliche Substitute

Casein und Stärke sind mögliche Substitute, da beide wasserlöslich und im Wasser biologisch abbaubar sind. Ebenfalls geeignet sind wasserlösliche Zellulosefolien.[2] Auch Alginat-basierte Folien sind denkbar, da Alginat ein natürliches wasserlösliches Polysaccharid ist.[3]

Der biologische Abbau von PVOH selbst ist noch in der Diskussion (s.o.) und könnte auch geringe Mengen Methanol in die Umwelt freisetzen. Allerdings hat ein Hersteller geschafft, ein TÜV-Austria-zertifiziertes PVOH für biologisch Abbaubarkeit im Wasser zu entwickeln.[7] Eine Variante ohne Folie kann Kraftpapier als Umverpackung für die Tabs sein.

Eine andere Möglichkeit ist, gänzlich auf die Verwendung von Tabs zu verzichten und stattdessen Spülmaschinenpulver zu verwenden.

Ausblick

Aufgrund der großen Mengen Folien, die durch Spülmaschinentabs ins Abwasser gelangen, und den bereits am Markt verfügbaren zertifizierten biologisch abbaubaren Alternativen könnte hier ein relevantes Umweltproblem durch gesetzliche Vorgaben leicht gelöst werden. Bis es soweit ist, kann Aufklärung der Verbraucher die Substitution der kritischen Produkte beschleunigen.

für Maschinengeschirrspülmittel. 2017-06-17. Download unter https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/ALL/?uri=CELEX%3A32017D1216

7 TÜV Austria 2021: Database of certified products. Letzter Zugriff 2021-01-07. https://www.tuv-at.be/green-marks/certified-products/

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

Kaffeekapseln

Düngewirkung des Kaffees nutzen und Mikroplastik vermeiden

Beschreibung

Kaffeekapseln sind Einwegprodukte zum Einsatz in Portionskaffeemaschinen. Meist handelt es sich um eine Portionsverpackung mit der Menge Kaffeepulver für eine einzelne Tasse.

Derzeit hauptsächlich verwendetes Material

Die meisten Kaffeekapseln bestehen aus Aluminium oder Polypropylen; weitere Polymere, die am Markt zu finden sind: PBT, PE und auch bio-basiertes PLA. Kaffeekapseln bestehen aus Einschicht- oder Mehrschichtsystemen. Bei Mehrschichtsystemen wird z. B. PP mit EVOH kombiniert, um bessere Barriereeigenschaften zu erzielen.

Problematik

Gebrauchte Kaffeekapseln stellen aufgrund ihres großen Volumens ein erhebliches Entsorgungsproblem dar. Aufgrund der verwendeten Verbundmaterialien (z. B. PP-EVOH-PP plus Aluminiumdeckel) ist ein stoffliches Recycling praktisch nicht möglich. Der nach der Anwendung nasse Kaffeesatz in der Kapsel ist auch für die thermische Verwertung in der Müllverbrennungsanlage wenig geeignet; hier gehen zudem die im Kaffeesatz enthaltenen Wertstoffe verloren. Eine Entsorgung über die Bioabfalltonne oder den Heimkompost wären Lösungsansätze für diese Probleme, würde bei den momentan nicht abbaubaren Kaffeekapseln aber zu erheblichen Verunreinigungen durch Kunststoffe führen, die mit der Zeit zu Mikroplastik werden.

Marktvolumen in Deutschland / der EU

In Deutschland wurden 2019 etwa 4,3 Milliarden Tassen Kaffee aus Kapseln getrunken. Dies entspricht etwa 8.600 Tonnen reinem Kapselmaterial, bei einem Gewicht der Kapsel von 2 Gramm. Für die EU bedeutet dies ein Marktvolumen von etwa 55.000 Tonnen. Rechnet man den eingefüllten Kaffee hin-

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

zu (5,3 Gramm), kommt man auf mehr als 31.000 Tonnen potenziell kompostfähige Masse allein für Deutschland.[1]

Biologisch abbaubare Produkte am Markt

Es gibt mindestens zehn Kaffeekapseln verschiedener Hersteller bzw. Anbieter am Markt, die mit dem Prädikat des biologischen Abbaus werben. Oft geschieht dies allerdings, ohne ein entsprechendes Zertifikat vorlegen zu können. Wenn Zertifikate vorgelegt werden, beziehen sie sich bis auf eine Ausnahme aus Deutschland auf die industrielle Kompostierbarkeit nach DIN EN 13432, nur ein Produkt ist bisher zertifiziert heimkompostierbar.

Die Materialien der industriell kompostierbaren Kapseln am Markt sind vielfältig: verschiedene Biokunststoffe, teilweise in Kombination miteinander, wie PLA, PBS, PBSA, PHB (Copolymere) oder Stärke, zum Teil gefüllt mit Holzmehl, Lignin oder Zellulose. Die heimkompostierbare Kapsel besteht aus gemahlenen Sonnenblumenschalen, PBS und PBSA.

Politische und regulatorische Aspekte

Kaffeekapseln sind laut Verpackungsgesetz (VerpackG) keine Verpackungen (§3 Absatz 1, Anlage 1)[2] und unterliegen somit auch keinen Recycling-Obligationen. Nichtsdestoweniger gilt natürlich auch für diese Materialien die Abfall-Hierarchie, nach der ein stoffliches Recycling einer thermischen Verwertung oder der Kompostierung vorzuziehen wäre. Die Probleme mit dem stofflichen Recycling sowie mit der thermischen Verwertung wurden oben bereits beschrieben.

Laut BioAbfV sind Kaffeekapseln aus abbaubarem Kunststoff dennoch nicht dem Biomüll zuzuführen, da die Ausnahmen für abbaubare Kunststoffe nur für Bioabfall-Beutel sowie bestimmte Materialien aus Gartenbau, Landwirtschaft usw. gelten.

Sonstige Barrieren

Eine große Problematik stellen die Differenzen zwischen regulatorischen Vorgaben und Verbrauchervorlieben bezüglich der gewünschten Entsorgung der Kapseln dar. Von Seiten der Regulative wird eine Entsorgung ausschließlich über Restmüll vorgegeben, während viele Verbraucher die Möglichkeit einer industriellen oder Heimkompostierung bevorzugen würden. Dies führt, auch aufgrund irreführender und mangelhafter Kennzeichnung der bestmöglichen Entsorgung auf dem Produkt, zu Missverständnis-

1 Trumme, R. (Golden Compound) 2020: Persönliche Kommunikation. 2020-04-21; 2020-06-24; 2021-01-15

2 Bundesministerium der Justiz und Verbraucherschutz 2020: Gesetz über das Inverkehrbringen, die Rücknahme und die hochwertige Verwertung von Verpackungen (Verpackungsgesetz – VerpackG) §3 Begriffsbestimmung. Download unter https://www.gesetze-im-internet.de/verpackg/__3.html

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

sen. Die als ‚kompostierbar' gekennzeichneten Kapseln enden häufig im Heimkompost, wo sie in der Regel nicht biologisch abgebaut werden oder auch in der industriellen Kompostierung, wo sie ggf. nicht in ausreichender Geschwindigkeit biologisch abgebaut werden und auch nach BioAbfV nicht zulässig sind. Außerdem ist der höhere Preis der biologisch abbaubaren Produkte als Barriere einzustufen.

Technische Anforderungen

Kaffeekapseln bestehen aus mehrschichtigen Materialien (Verbundmaterialien), weil sie vielerlei Ansprüchen gerecht werden müssen: Sie müssen hervorragende Barriereeigenschaften aufweisen, um das Aroma des Kaffees ideal zu schützen, müssen geeignet sein für den Kontakt mit Lebensmitteln und müssen hohem Druck und hohen Temperaturen standhalten können. Die Kapseln müssen kurzzeitig temperaturbeständig sein, kochendem Wasser und Wasserdampf standhalten und toxikologisch unbedenklich sein. Es handelt sich um ein oder auch mehrere Spritzgießbauteile, das Äußere sollte ästhetisch aussehen und eingefärbt werden können. Das Material benötigt eine hohe Festigkeit und mittlere Steifigkeit. Der Deckel muss wie ein Siegel auf der Kapsel haften.

Relevante Standards und Zertifikate

Die DIN EN Normen 13432 (Verpackung – Anforderung an die Verwertung von Verpackungen durch Kompostierung und biologischen Abbau) und 14995 (Kunststoffe – Bewertung der Kompostierbarkeit) enthalten Standards zur biologischen Abbaubarkeit. Diese sind im Falle der Kaffeekapseln anwendbar auf die Entsorgung durch die Biotonne, die von den Abfallbetrieben abgeholt wird, nicht aber auf den Heimkompost.

Die Zertifikate „OK compost HOME" und „OK compost INDUSTRIAL" von TÜV AUSTRIA sind hier wichtige Maßstäbe sowie „DIN-geprüft biodegradable compost" und „DIN-geprüft biodegradable home" von DIN CERTCO sowie der „Seedling".

Mögliche Substitute

Die technischen Materialeigenschaften in Kombination mit der biologischen Abbaubarkeit sind durchaus eine Herausforderung. Im Falle der zertifizierten industriellen Kompostierung können PLA, PLA-Blends und Stärke-Blends mit beispielsweise PBAT die gewünschten Eigenschaften liefern. Wenn es um die Heimkompostierung geht, gibt es bislang nur eine zertifizierte Materialmischung, die aus PBS/ PBSA und gemahlenen Sonnenblumenschalen besteht. Weitere Polymere wie PHB oder PHB-Copolymere und grundsätzlich auch Mehrschichtsysteme z. B. aus Papier beschichtet mit PLA-Blends oder Stärke-Blends sind für die Heimkompostierung geeignet.

Eine andere Lösung stellen Mehrwegsysteme zum Wiederbefüllen dar, meist bestehen diese aus Aluminium oder Edelstahl.

Ausblick

Verbraucher interessieren sich für industriell kompostierbare als auch heimkompostierbare Kaffeekapseln. Erste Produkte sind am Markt, müssen jedoch noch mit gesetzlichen und politischen Hürden kämpfen. Sobald die Politik den biologischen Abbau als Lösung akzeptiert, verbindliche Regeln schafft und entsprechende Standards vorgibt, werden sich hier große Märkte auftun. So können Einträge von nicht-abbaubaren Kunststoffen in die Komposströme vermieden, die Nährstoffe aus dem Kaffee vor Ort genutzt und Abfalltransporte reduziert werden.

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

Mähfäden

Unnötigen Eintrag von Mikroplastik im Garten vermeiden

Beschreibung

Zum Trimmen und Mähen von Gras, Unkräutern und anderem Buschwerk werden häufig Motorsensen („Trimmer“) eingesetzt. Hierbei wird über einen Motor ein schnellrotierendes Schneidewerkzeug angetrieben, welches das Mähgut schneidet. Zumeist werden hierfür ein oder mehrere robuste Fäden aus Nylon (Mähfäden) an dem Fadenkopf des Trimmers befestigt.

Derzeit hauptsächlich verwendetes Material

Die derzeit vorwiegend eingesetzten Kunststoffe sind Polyamide, insbesondere Nylon. Nylon ist der am häufigsten verwendete Kunststoff für Mähfäden, da er leicht zu verarbeiten, langlebig, schlagzäh und abriebbeständig ist. Teilweise wird er mit Draht, Aluminium oder einem anderen Polymer verstärkt.[1]

Problematik

Beim Trimmen des Rasens verschleißt der Mähfaden kontinuierlich, umso mehr, wenn er auf Steine oder Holz trifft, die er nicht schneiden kann. Auf diese Weise werden im Garten pro Jahr einige Meter Mähfäden verbraucht, die dann als kleine Fadenstücke oder Mikropartikel im Gartenboden verbleiben und nicht mehr entfernt werden können.

Marktvolumen in Deutschland / der EU

Die europäische Prodcom Datenbank beinhaltet Daten über die Herstellung von Mähfäden in der EU.[2] Das Marktvolumen von Mähfäden beträgt demnach etwa 1.200 Tonnen pro Jahr, entsprechend etwa 200 Tonnen für Deutschland.

Biologisch abbaubare Produkte am Markt

Es gibt mehrere kleine Produzenten, die mit dem biologischen Abbau ihrer Produkte werben, aber in der Regel keine Zertifikate vorweisen können. Dazu

1 Blankenburg, E. What Is a String Trimmer Line Made Of? Letzter Zugriff 2021-01-11. https://www.ehow.com/info_8410259_string-trimmer-line-made.html

2 Eurostat Datenbank Prodcom 2021. Letzter Zugriff 2021-01-21. https://ec.europa.eu/eurostat/de/web/main/data/database

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

gehören auch Unternehmen, die sogenannte „oxo-abbaubare“ Kunststoffe anbieten, die zwar durch UV-Strahlung rasch zu Mikropartikeln fragmentieren, jedoch nicht biologisch abgebaut werden. Solche Materialien werden in der Europäischen Union ab 2021 verboten sein.[3]

Politische und regulatorische Aspekte

Mähfäden unterliegen dem KrWG, das keinen biologischen Abbau vorsieht, sondern die Rezyklierung über den Abfallstrom. Dies lässt die Art der Anwendung allerdings nicht zu. Das Bundes-Bodenschutzgesetz kann hinzugezogen werden, insofern als zum Beispiel alle Grundstückseigentümer dazu verpflichtet sind, zu verhindern, dass dem Boden Schäden entstehen. Ob Kunststoffpartikel im Sinne des Gesetzes als schädliche Substanzen gelten, war nicht abschließend zu klären. De facto kommt das Bundes-Bodenschutzgesetz aber nicht zur Anwendung.

Sonstige Barrieren

Fehlendes Bewusstsein und Wissen beim Verbraucher und höhere Preise stellen Barrieren dar. Zudem sind die bisherigen Angebote infolge der fehlenden Zertifikate nicht überzeugend. Allerdings sind die hohen technischen Anforderungen in Verbindung mit dem geforderten biologischen Abbau im Boden auch eine erhebliche Barriere, sowie undurchsichtige und irreführende Angaben der Hersteller.

Technische Anforderungen

Mähfäden müssen während der Benutzung eine Beständigkeit gegenüber Wasser, Hitze und Dünger aufweisen. Das Obermaterial soll hart sein, der Kern allerdings etwas weicher und duktil. Durch die hohen Drehzahlen der Gartengeräte entstehen hohe Zugkräfte bzw. Zentripetalkräfte, daher muss das Material in Faserrichtung eine hohe Steifigkeit und ausreichende Festigkeit aufweisen. Es muss einer starken Zugspannung standhalten können. Wenn ein Stein

getroffen wird, darf die Faser nicht sofort abbrechen oder abreißen, das heißt, dass eine hohe Schlagzähigkeit erforderlich ist. Auch die Abriebbeständigkeit muss gegenüber Gras und Unkraut gegeben sein, bei starren Materialen wie Zäunen oder Bäumen darf ein Abrieb jedoch stattfinden. Sobald die Fadenstücke oder Mikropartikel im Gartenboden verbleiben, sollte das Material zügig biologisch abgebaut werden können.

Relevante Standards und Zertifikate

Es gibt bisher – außer für Mulchfolien – keine Standards zur biologischen Abbaubarkeit von Kunststoffen im Boden und daher gibt es auch für diese Anwendung und dem beschriebenen Verbleib in der Umwelt keinen zutreffenden Standard. Für biologisch abbaubare Alternativen sind aber Zertifikate von TÜV Austria zum Abbau im Boden und Süßwasser verfügbar, die hier herangezogen werden können.

3 European Parliament and of the Council 2019: Directive (EU) 2019/904 of the European Parliament and of the Council of 5 June 2019 on the reduction of the impact of certain plastic products on the environment (Text with EEA relevance). Official Journal of the European Union (Ed.), 2019-06-05. Download unter https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2019/904/oj

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

Mögliche Substitute

Nur wenige Polymere können als Substitute eingesetzt werden. Insbesondere für den Abbau im Boden zertifiziert sind PHB-Copolymere[4] und Zelluloseacetat. Die technische Machbarkeit von PHBH wurde bereits demonstriert und erfüllt alle technischen Anforderungen. Allerdings ist es am Markt noch nicht verfügbar.[5]

PLA ist nachweisbar im Rahmen der betrachteten Abbaufristen der Zertifikate von TÜV Austria oder DIN CERTCO nur industriell kompostierbar. Allerdings wird PLA auf Dauer im Boden ebenfalls biologisch abgebaut, jedoch nicht im Zeitrahmen der genannten Zertifikate. PLA oder PLA-Blends mit PBS würden die technischen Anforderungen für Mähfäden erfüllen. Weiterhin sind natürliche Füllstoffe und Natur- und Zellulosefasern möglich.

Ausblick

Sobald zertifizierte, biologisch abbaubare Mähfäden ausreichend am Markt verfügbar sind, könnten diese ein großer Erfolg werden. Informierte Gartenbesitzer würden sicherlich solche abbaubare Mähfäden bevorzugen. Hier könnten Informationskampagnen und Markteinführungsprogramme große Effekte erzielen. Verbote nicht-abbaubarer Mähfäden würden zu einer vollständigen Substitution führen und vermutlich bei der Bevölkerung auf hohe Akzeptanz stoßen.

4 Kaneka 2017: Kaneka Biodegradable Polymer PHBH Broschüre. 2017-11

5 Ravenstijn, J. (GO!PHA) 2020: Persönliche Kommunikation. 2020-07-30

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

Mikroplastik in Kosmetik und Körperpflegeprodukten

Verbraucheraufklärung, verantwortliche Unternehmen und bald auch gesetzliche Vorgaben werden die Problematik beenden

Beschreibung

Mikroplastik[1] kann als „primär“ oder „sekundär“ bezeichnet werden. Primärpartikel werden dem Produkt absichtlich zur Erfüllung einer gewünschten Eigenschaft zugefügt – wie etwa bei Kosmetika. Sekundäre Partikel hingegen sind Fragmente von größeren Kunststoffstücken.

Mikroplastik wird in Kosmetik und Körperpflegeprodukten als Viskositätsregler, Emulgatoren, Filmbilder, Trübungsmittel, Füllstoff, Peelingpartikel, Schleifmittel oder zur kontrollierten zeitlichen Freisetzung verschiedener Wirkstoffe eingesetzt. Weitere Anwendungen sind die Verlängerung der Haltbarkeit, wasserfestes Make-Up, Nagellack und Haarkosmetika.[2] Der Eintrag von Mikroplastik aus Kosmetik und Körperpflegemitteln in die Umwelt wird zunehmend als Problem wahrgenommen und zukünftig politisch stärker geregelt und eingeschränkt werden.

Im Fokus dieses Steckbriefes stehen feste Mikropartikel. In Kosmetikanwendungen werden auch lös-

1 Definition nach ECHA: Die ECHA definiert Mikroplastik als Feststoff-polymerhaltige Partikel, denen Additive oder andere Substanzen zugesetzt worden sein können und bei denen ≥ 1 % w/w der Partikel (i) alle Abmessungen 1 nm ≤ x ≤ 5 mm oder (ii) bei Fasern eine Länge von 3 nm ≤ x ≤ 15 mm und ein Verhältnis von Länge zu Durchmesser von >3 aufweisen.

2 Scudo, A., Liebmann, B., Corden, C., Tyrer, D., Kreissig, J. und Warwick, O. 2017: Intentionally added microplastics in products. Amec Foster Wheeler (Ed.), 2017-10. Download unter https://ec.europa.eu/environment/chemicals/reach/pdf/39168%20Intentionally%20added%20microplastics%20-%20Final%20report%2020171020.pdf

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

liche, gelartige oder flüssige Polymere verwendet. Diese Polymere werden hier nicht betrachtet.[3] [4]

Derzeit hauptsächlich verwendetes Material

Durch das zunehmende Bewusstsein in der Öffentlichkeit hat sich innerhalb weniger Jahre die Verwendungen von Polyethylen als Mikroperlen (engl. Microbeads) stark reduziert. Mikroperlen bezeichnet Mikrokunststoffe, die als Schleifmittel verwendet werden, d. h. zum Abschmirgeln, Polieren oder Reinigen. Allerdings findet es manchmal noch Verwendung in kosmetischen Produkten wie Eyeliner, Lippenstift, Wimperntusche, Hautreinigungs- und Hautpflegeprodukten.[2] [5] Daneben kommt eine breite Palette anderer synthetischer Polymere ebenfalls zum Einsatz: Polypropylen, Polystyrol, Polytetrafluorethylen, Polymethylmethacrylat, Polyurethan, Nylon, oder PET. Feste Silikonpartikel, die nicht wasserlöslich sind, werden oft wegen ihrer guten Filmbildungseigenschaften verwendet. Diese werden für verschiedene Zwecke eingesetzt.

Problematik

Die Mikropartikel gelangen nach der Benutzung in das Abwasser und können dort in der Kläranlage nicht gänzlich herausgefiltert werden. Von dort können sie direkt in die Umwelt gelangen, wenn sie mit dem geklärten Abwasser in umliegende Gewässer entlassen werden.[5] Zudem können sich die in der Kläranlage verbleibenden Mikroplastikteile im Klärschlamm anreichern und als Dünger auf Felder ausgebracht werden.[6] Im Meer werden die Mikroplastikpartikel von Lebewesen aufgenommen und gelangen so sogar schlussendlich in die menschliche Nahrungskette. Langzeitfolgen von Mikroplastik in der Umwelt sind im Detail derzeit schwer einschätzbar.

Marktvolumen in Deutschland / der EU

Je nachdem welche Polymerform (nur Mikroperlen oder auch z. B. als Dispersionen) von Mikrokunststoffen betrachten werden und je nachdem, ob es sich um ein „Rinse-off"- oder ein „Leave-on"-Produkt handelt, wurde in verschiedenen Studien ein unterschiedliches Marktvolumen festgestellt. Rinse-off Produkte werden nach der Verwendung direkt ins Wasser gespült, wie Duschgel, Haarshampoo oder Peeling. Leave-on-Produkte verbleiben zunächst auf der Haut, wie Bodylotion oder Haarspray.[7]

Anfang 2019 hat die Europäische Chemikalienagentur (ECHA) ihre ersten Vorschläge zur Beschränkung der Verwendung von absichtlich hinzugefügten Mikro-Kunststoffpartikeln in Produkten veröffentlichen. Davon betroffen sind sowohl Rinse-off als auch Leave-on Kosmetikartikel. In der EU werden jährlich

3 Leslie, H. A. 2014: Review of Microplastics in Cosmetics. Scientific background on a potential source of plastic particulate marine litter to support decision-making. IVM (Institute for Environmental Studies) and Dutch Ministry of Infrastructure and the Environment (Ed.), 2014-07. Download unter http://www.ivm.vu.nl/en/Images/Plastic_ingredients_in_Cosmetics_072014_FINAL_tcm234-409859.pdf

4 Bertling, J., Hamann, L. und Hiebel, M. 2018: Mikroplastik und synthetische Polymere in Kosmetikprodukten sowie Wasch-, Putz., und Reinigungsmitteln Fraunhofer Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT und NABU (Naturschutzbund Deutschland) e. V. (Ed.), 2018-09. Download unter https://www.umsicht.fraunhofer.de/content/dam/umsicht/de/dokumente/publikationen/2018/umsicht-studie-mikroplastik-in-kosmetik.pdf

5 Schöttner, S. 2017: Von Waschbecken ins Meer, Zu den Umweltfolgen von Mikrokunststoffen in Kosmetik- und Körperpflegeprodukten. Greenpeace (Ed.), 2017-05-20. Download unter https://www.greenpeace.de/sites/www.greenpeace.de/files/publications/s02031-greenpeace-report-plastik-kosmetik-oekotox-21070522.pdf

6 European Chemicals Agency 2019: ANNEX XV RESTRICTION REPORT PROPOSAL for a restriction of intentionally added microplastics, version 1.2. European Chemicals Agency (ECHA) (Ed.), 2019-08-22. Download unter https://echa.europa.eu/documents/10162/05bd96e3-b969-0a7c-c6d0-441182893720

7 Kosmetik transparent, 2015: Leave-on-Produkte. 2015-04-01. Letzter Zugriff 2021-02-16. www.kosmetik-transparent.at/explandict/leave-on-produkte/

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

etwa 9.500 Tonnen Mikroplastik für Rinse-off und Leave-on Kosmetik produziert, wovon etwa 3.800 Tonnen über verschiedene Wege in die Umwelt gelangen können. Umgerechnet auf Deutschland ergibt sich eine Produktionsmenge von etwa 1.500 Tonnen von denen etwa 600 Tonnen in die Umwelt gelangen.[7]

Biologisch abbaubare Produkte am Markt

Es gibt auf dem Markt sowohl Natur- als auch konventionelle Kosmetika, die keine synthetischen Kunststoffe enthalten. Sie werden durch verschiedene Arten von organischen oder anorganischen Materialien ersetzt, die im Kapitel „mögliche Substitute“ näher erläutert werden.

Politische und regulatorische Aspekte

In Deutschland hat die Bundesregierung im Jahr 2013 einen „Kosmetikdialog“ vereinbart, der auf einen freiwilligen Verzicht von Mikroplastik in der Kosmetikindustrie setzt. Bereits 2017 war Mikroplastik in vielen einschlägigen Produkten um 97 % zurückgegangen.[8] Der europäische Kosmetikverband empfiehlt seit 2015 seinen Mitgliedern freiwillig auf Mikroperlen zu verzichten.[3]

In vielen Ländern sind sie bereits gesetzlich verboten: in Frankreich und Kanada zum Beispiel seit 2018, in Thailand und Italien seit 2020.[9]

Anfang 2019 wurde von der ECHA der erste Entwurf für ein umfassendes Verbot von Mikroplastik auf EU-Ebene veröffentlicht. Von den betroffenen Industrien wurden bisher zahlreiche Änderungen beantragt.[10] Im Jahr 2022 könnte das Verbot in Kraft treten.[11]

Wichtige Regularien sind die EU Kosmetik-Verordnung EG 1223/2009, das Wasch- und Reinigungsmittelgesetz, die Detergentien-Verordnung EG 648/2004 und 906/2006 sowie die EU-Verordnungen REACH 1907/2006 und CLP 1272/2008[12]. Diese regulieren bislang jedoch nicht ausreichend den Einsatz von Mikroplastik.

Sonstige Barrieren

Vielen Verbrauchern ist bewusst, dass Kunststoff die Umwelt verschmutzt. Mikropartikel in Peelings zum Beispiel werden immer weniger verwendet, da die Verbraucher diese erkennen und nicht mehr verwenden wollen. Das Verbraucherbewusstsein ist jedoch hinsichtlich nicht sofort sichtbarer Mikroplastikpartikel noch nicht stark genug ausgeprägt. Die Kennzeichnungspflicht INCI (Internationale Nomenklatur für kosmetische Inhaltsstoffe) berücksichtigt aktuell

8 Bundesminiterium für Umwelt Naturschutz und nukleare Sicherheit: Maßnahmen für weniger Plastik und mehr Recycling. Letzter Zugriff 2021-01-07. https://www.bmu.de/wenigeristmehr/vorschlag-verpackungsgesetz/

9 Middleton, H. und Sommer, J. 2020: Microplastics and microbeads: The impact of the proposed EU ban. 2020-09-01. Letzter Zugriff 2021-02-16. https://www.medicalplasticsnews.com/news/microplastics-and-microbeads-the-impact-of-the-proposed-eu-b/

10 European Environmental Bureau 2020: EU microplastics ban: How industry pressure led European Chemicals Agency to dilute its proposals. EEB (European Environmental Bureau) (Ed.), 2020-09-01. Download unter https://eeb.org/library/eu-microplastics-ban-how-industry-pressure-led-european-chemicals-agency-to-dilute-its-proposals/

11 Holdinghausen, H. 2020: Mikroplastik in Gewässern: Großer Wirbel um kleine Teilchen. 2020-09-01. Letzter Zugriff 2020-12-15. https://taz.de/Mikroplastik-in-Gewaessern/!5710400/

12 European Chemical Agency, CLP Rechtsvorschriften. Letzter Zugriff 2020-11-11. https://echa.europa.eu/de/regulations/clp/legislation

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

nicht ausreichend die Umweltaspekte von Polymeren in Kosmetika.[3]

Technische Anforderungen

Die Substitute müssen zahlreiche Anforderungen wie Hautverträglichkeit, Resistenz gegenüber Fetten und Lösungsmittel sowie Unlöslichkeit in Wasser erfüllen und zudem geeignet für Mikrogranulierung sein. Grundsätzliche müssen sie auch farb-, geruchs- sowie geschmacklos sein. Es gibt deutliche Unterschiede zwischen den Anforderungen für die unterschiedlichen Produkte. Ein Zusatz in Peeling muss z. B. ein möglichst sphärischer, wasserfester Partikel mit einer ausgewogenen Härte und Steifigkeit sein; Polymere für Lippenstift oder Nagellack hingegen müssen gute Filmbildungseigenschaften haben.

Relevante Standards und Zertifikate

Grundsätzlich sollen die Ersatzstoffe nicht in Wasser löslich, aber biologisch abbaubar sein. Für die biologische Abbaubarkeit in Süßwasser sowie ggf. auch in mariner Umgebung kann das etablierte Zertifikat des TÜV Austria herangezogen werden. Des Weiteren gibt es einige Standards und Zertifizierungen speziell für Naturkosmetik. Bei diesen Labels spielt die biologische Abbaubarkeit allerdings keine ausgewiesene Rolle, sie fokussieren sich hauptsächlich auf die Gewinnung und Produktion der Rohstoffe, die Verarbeitung und der Verkauf. Da zertifizierte Naturkosmetik allerdings ein ganzheitliches Konzept darstellt und nur natürliche Inhaltsstoffe erlaubt sind, ist die Verarbeitung von persistenten Kunststoffen praktisch ausgeschlossen.

Mögliche Substitute

Um Mikroplastik speziell für Peeling zu ersetzen sind zahlreiche natürliche Substitute bereits verfügbar und bereits in verschiedener Kosmetik verwendet: Tonerden, Biowachse wie Rizinusölwachs, gemahlene Nussschalen oder Obstkerne, Kaffee, Jojobaperlen, Zellulosepulver, Holzkohle oder Zucker. PHB und PHB-Copolymere sind auch gute Alternativen.[13] Andere anorganische und mineralische Produkte sind ebenfalls geeignet und z. B. in Naturkosmetik für diesem Einsatz erlaubt: Kreide, Kieselsäure, Bimsstein, Kochsalz oder Calciumcarbonat. Die mineralischen Substitute sind zwar nicht biologisch abbaubar, aber natürlichen Ursprungs und somit umwelt- und gewässerfreundliche Ersatzstoffe.

Stärke und Zellulose, auch in Form von Zelluloseacetat können z. B. als Verdickungsmittel oder Filmbildner Verwendung finden. Auch Chitosan hat nützliche Eigenschaften für Kosmetik als Feuchtigkeitsmittel, Verdicker, Filmbildungsmittel oder antimikrobielles Mittel. Als Füllstoffe sind anorganische Materialen wie Kieselsäure oder Bornitrid möglich. Gelatine, Keratin, Kollagen und hydrolysierte Seide werden bereits in Haarspülung und als Feuchtigkeitsspender verwendet.[3] Seit Kurzem wird PHB auch in Sonnenschutzmitteln wegen seiner UV-Filterkapazität eingesetzt.[14]

Ausblick

Viele Unternehmen haben sich bereits freiwillig selbst verpflichtet, auf Mikroplastik in ihren Produkten zu verzichten. Da diese Selbstverpflichtung aber bisher nicht ausreicht, um das Mikroplastikproblem in Kosmetik und Körperpflegemitteln gänzlich zu lösen, ist das geplante Verbot von Mikroplastik auf europäischer Ebene zu begrüßen. Zahlreiche unproblematische Ersatzstoffe stehen bereits zu Verfügung, sodass die Verbraucher auf keine Funktionen verzichten müssen.

13 Ökotest Magazin. 2020: Plastikfrei peelen. 2020-09. Letzter Zugriff 2020-09-03.

14 bioplastics MAGAZIN 2018: New sun protection technology from Bio-on based on biodegradable polymers. 2018-04-18. Letzter Zugriff 2021-04-15. https://www.bioplasticsmagazine.com/en/news/meldungen/20180418New-sun-protection-technology-from-Bio-on-based-on-biodegradable-polymers.php

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

Schmutzradierer

Forschungsbedarf für Substitute

Beschreibung

Schmutzradierer sind Haushaltsschwämme, mit denen im feuchten oder trockenen Zustand verschiedene Arten von Flecken wegradiert werden können. Im Gegensatz zu klassischen Reinigungsmitteln, die als chemische Hilfsmittel zur Schmutzlösung wirken, folgen die Schmutzradierer einem mechanischen Reinigungsprinzip. Sie funktionieren hierbei wie ein Schleifmittel, die Reinigungswirkung beruht auf einem harten und abrasiven Harz. Sie können theoretisch jede Art von Verschmutzung ablösen: verkrustete Verschmutzungen auf Herdplatten, Buntstiftspuren auf der Tapete, auf Fliesen, Leder, usw.[1]

Derzeit hauptsächlich verwendetes Material

Das verwendete Material ist ein Formaldehyd-Melaminharzschaum. Es wird eigentlich als schall- und hitzeabsorbierender Dämmstoff in Gebäuden, Zügen und Flugzeugen verwendet.[2] Es handelt sich um einen offenzelligen, duroplastischen Schaumstoff mit einer 3D-Struktur und einem sehr dünnen Kunstharzfilament. Das Material wird beim Aushärten fast so hart wie Glas. Die Härte des Materials wirkt wie Schleifpapier und kann Schmutzpartikel abreiben. Dank der offenzelligen Struktur bleibt der Schaumstoff trotzdem weich und flexibel.[3]

1 Pedriza, B. 2003: Scotch-Brite™ Melamine Foam. Technical Data. 2003-03. Download unter https://multimedia.3m.com/mws/media/4405550/scotchbrite-melamine-foam.pdf

2 Weiss, J. 2020: What to Know About Magic Erasers. 2020-02-07. Letzter Zugriff 2021-01-07. https://www.familyhandyman.com/article/what-to-know-about-magic-erasers/

3 BASF 2020: The Magic Eraser Made from Basotect®. Letzter Zugriff 2021-01-07. https://plastics-rubber.basf.com/global/en/performance_polymers/downloads.html

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

Problematik

Melaminharz ist eine nicht-wiederverwertbare, biologisch nicht abbaubare Substanz und muss daher zwingend im Restmüll entsorgt werden. Sollte dieser Restmüll nicht thermisch verwertet, sondern deponiert werden, können Reststoffe in das Grundwasser gelangen.

Der Schmutzradierer löst sich während der Benutzung langsam vollständig auf, und wird so in Form von Kunststoffpartikeln freigesetzt und in die Umgebung abgegeben. So gelangen Mikropartikel in den Hausstaub und in die Atemluft. Im Badezimmer oder Küche verwendet, können sie durch den Abfluss in das Abwasser gelangen.[4] Auch wenn die genauen Auswirkungen von Kunststoffen, die in Mikro- oder Nanokunststoffe fragmentiert werden und in die Umwelt gelangen, zum Teil noch unklar sind, ist nach Auffassung des Bundesinstituts für Risikobewertung (BfR) bei Melaminharzen besondere Vorsicht geboten. Es existieren Grenzwerte für Lebensmittel und Tiernahrung, da bei höheren Temperaturen relevante Mengen an Melamin und Formaldehyd freigesetzt werden können, die gesundheitlich bedenklich sind.

Sofern der Schmutzradierer nicht komplett aufgebraucht wird, gehört er in den Restmüll. Eine Wiederverwertung des Materials ist nicht möglich.

Marktvolumen in Deutschland / der EU

Das jährliche Marktvolumen in der EU beträgt ungefähr 9.000 Tonnen,[5] in Deutschland anteilig etwa 1.500 Tonnen.

Biologisch abbaubare Produkte am Markt

Es gibt einige Produkte am Markt, die als umweltfreundlich und sogar biologisch abbaubar deklariert werden, weil sie einen abbaubaren Zelluloseteil haben. Sie verfügen jedoch über keine entsprechenden Zertifikate. Der Melaminanteil bleibt zudem in jedem Fall nicht biologisch abbaubar. Verbraucher werden irregeleitet.

4 Recyclebank 2017: What Are Magic Erasers? 2017-03-07. Letzter Zugriff 2021-01-07. https://livegreen.recyclebank.com/column/because-you-asked/what-are-magic-erasers

5 Eurostat Datenbank Prodcom 2021. Letzter Zugriff 2021-01-21. https://ec.europa.eu/eurostat/de/web/main/data/database

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

Darüber hinaus sind mittlerweile verschiedene Varianten verfügbar, sogar ein Schwamm, der durch einen anderen (ebenso nicht biologisch abbaubaren) Kunststoff in der Mitte stabilisiert wird. Dieser hat jedoch keine Wirkung und letztlich wird mehr Geld für weniger Leistung gezahlt. Die Verbraucher werden also hier ebenfalls getäuscht.[6]

Politische und regulatorische Aspekte

Der Einsatz von gesundheitlich bedenklichen Melaminharzen in Schmutzradierern ist gesetzlich nicht geregelt, so dass es keine Anreize für Alternativprodukte gibt.

Sonstige Barrieren

Die wichtigste Barriere besteht darin, dass bislang keine umweltfreundlichen Alternativen zu Melaminharzen am Markt verfügbar sind und auch keine entsprechenden Kennzeichnungen existieren.

Schmutzradierer werden häufig als umweltfreundliche Reiniger vermarket, weil sie ohne Chemikalien auskommen. Den Käufern ist jedoch nicht bekannt, um welches Material es sich handelt, wie es funktioniert und dass der Radierer nach Gebrauch nicht „verschwindet“, sondern als nicht biologisch abbaubare Harzpartikel in die Umwelt freigesetzt wird.

Technische Anforderungen

Das Material muss schäumbar sein und eine hohe Schmelzfestigkeit und Viskosität aufweisen. Es muss hautverträglich sein sowie hart genug, um eine optimale Abriebfestigkeit zu gewährleisten. Die mikroskopische Struktur sollte für die Aufnahme von Schmutzpartikeln geeignet sein. Der Abbau soll erst nach der Benutzung, also nach dem Abrieb einsetzen.

Relevante Standards und Zertifikate

Der Schmutzradierer eines großen Herstellers wird nach OEKO-TEX Standard 100 zertifiziert (für die Unterkategorie Schäume). Dieses Zertifikat belegt die Unbedenklichkeit des Materials in Hinblick auf gesundheitsbedenkliche Schadstoffe. Es ist jedoch fraglich und nicht ersichtlich, ob auch das Verhalten des Materials nach Erhitzung getestet wurde. Zudem sagt die Kennzeichnung nichts über den biologischen Abbau aus. Da die Partikel unkontrolliert in die Umgebung abgegeben werden und folglich in der Umwelt enden, ist eine Zertifizierung nach TÜV Austria oder DIN CERTCO zur biologischen Abbaubarkeit eine notwendige Kennzeichnung.

Mögliche Substitute

Bleistift-Radiergummis können schon heute aus PHB oder PHB-Copolymeren hergestellt werden, sie erfüllen aber nicht die technischen Anforderungen für Schmutzradierer. Dieses Produkt ist derart spezifisch für die Eigenschaften des Melaminharzes entwickelt, dass eine biologisch abbaubare Variante derzeit nicht existiert und erheblicher, weiterer Forschung- und Entwicklungsbedarf besteht.

Mögliche Substitute sind Zellulose-basierte Schwämme zusammen mit umweltfreundlichem Reinigungsmittel.[7]

Ausblick

Aktuell können nur der Verzicht auf Schmutzradierer und weitere Forschungsarbeiten empfohlen werden, da es bislang keine umweltfreundliche Alternative mit einer entsprechenden Funktion gibt. Die notwendige Härte des Materials lässt sich bislang durch kein Materialsubstitut biologisch abbaubar realisieren.

6 Wohlfahrt, M. 2019: Schmutzradierer – Anwendungshinweise und praktische Tipps zum Wunderschwamm. 2019-01-10. Letzter Zugriff 2021-01-07. https://rsw24.de/faq/schmutzradierer-anwendungshinweise-und-praktische-tipps-zum-wunderschwamm

7 Umbra 2016: Are those magic sponges terrible for the environment? 2016-12-16. Letzter Zugriff 2021-01-07. https://grist.org/living/are-those-magic-sponges-terrible-for-the-environment/

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

Silvesterraketenteile

Mit innovativen Materialien dauerhaften Kunststoffeintrag in die Umwelt vermeiden

Beschreibung

Aus heidnischen Zeiten stammt der Brauch mit lautem Krach und Knallen jährlich böse Geister zum Jahreswechsel zu vertreiben.[1] Dabei erfreuen sich Feuerwerksraketen trotz wachsender Kritik an den Umwelteffekten großer Beliebtheit. Ein Feuerwerkskörper transportiert die sogenannte Effektladung in den Himmel, wo sie abbrennt. Danach fallen die verbliebenen Teile der nun kaputten Rakete wieder zum Boden.

Derzeit hauptsächlich verwendetes Material

Bei dieser Anwendung gibt es verschiedene Ausführungen. Die Röhre besteht meist aus geleimtem Papier und seltener aus Kunststoff oder -fasern. Andere Teile der Rakete, vor allem die Sicherheitskappe, die Hülse der Treibladung und der Raketenkopf, sind aus Kunststoff;[2] der vorwiegend eingesetzte Kunststoff ist hochdichtes Polyethylen und Polypropylen. Bei professionellem Feuerwerk kommen auch ABS und PVC zum Einsatz.[3]

1 Norddeutscher Rundfunk 2020: Silvester-Bräuche: Warum feiern wie den Jahreswechsel? 2020-12-30. Letzter Zugriff 2021-01-21. https://www.ndr.de/ratgeber/verbraucher/Silvester-Warum-feiern-wir-mit-Feuerwerk,silvester742.html

2 Pyroland 2021: Technischer Aufbau von Feuerwerkskörpern. Letzter Zugriff 2021-01-21. https://www.pyroland.de/Feuerwerkskoerper-Wissen

3 SAPEA Science Advice for Policy by European Academies 2020: Biodegradability of Plastics in the open Environment. Sapea (Ed.),

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

Problematik

Die Plastikteile von abgeschossenen Silvesterraketen verteilen sich weitflächig in der Umwelt. Die Teile, die auf Straßen und Gehwegen landen, werden zum Teil von Kehrmaschinen aufgenommen und in den Recyclingstrom gebracht; hier sollten sie mit den restlichen Materialien zusammen rezyklierbar sein. Der größere Teil aber landet und verbleibt über Jahrzehnte in Natur, Gärten oder Kanalisation, bis die Kunststoffstücke durch die Kräfte der Natur in kleinere Stücke bis hin zu Mikroplastik zerfallen.[3]

Markvolumen in Deutschland / der EU

Die in der EU produzierte Menge an Silvesterraketen liegt bei etwa 6.000 Tonnen[4] pro Jahr, hiervon wird etwa 20 % Kunststoff sein, das sind etwa 1.200 Tonnen. Auf Deutschland fallen somit etwa 200 Tonnen Plastikteile. Etwa 128.000 Tonnen Feuerwerk werden jährlich aus China in die EU importiert.

Biologisch abbaubare Produkte am Markt

Wesentliche Teile der Feuerwerkskörper bestehen aus Papphülsen, die grundsätzlich biologisch abbaubar sind (sofern auch die verwendeten Leime und Farben biologisch abbaubar sind). Klassische Silvesterraketen, die als Ganzes biologisch abbaubar sind, werden bisher nur von einem türkischen Produzenten angeboten, der sie als biologisch abbaubar (und halal) vermarktet. Allerdings werden keine Zertifikate gezeigt. Der Handel zeigt dennoch Interesse an diesem Produkt. Ein Produzent aus Spanien vertreibt ein Produkt, das aber ebenfalls kein Zertifikat für den biologischen Abbau auf dem Boden aufweist.

Als sogenannte „Öko-Böller“ werden von kleinen Herstellern alternative Feuerwerkskörper aus Papier und Tonerde angeboten.

Politische und regulatorische Aspekte

Feuerwerksverbote gibt es in manchen Städten und Bereichen bereits, allerdings nicht unbedingt aus dem Grund des anfallenden Abfalls, sondern wegen der erheblichen Feinstaubbelastung.[5] Grundsätzlich unterliegt der anfallende Abfall dem KrWG, das keinen biologischen Abbau vorsieht. Nach derzeitigen Erkenntnissen landet jedoch ein Großteil der Feuerwerksteile in der Natur, wo der biologische Abbau von Vorteil wäre.[3]

Sonstige Barrieren

Fehlendes Umweltbewusstsein beim Silvesterfeuerwerk sowie höhere Preise stellen die wichtigsten Barrieren dar. Tatsächlich geht der momentan zu beobachtende Trend in den umweltbewussten Bevölkerungsteilen dazu, komplett auf Feuerwerk zu verzichten. Es ist daher fraglich, ob teurere Raketen in den verbleibenden Bevölkerungsteilen auf Zustimmung treffen würden.

2020-12-14. Download unter https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/strategy/support-policy-making/scientific-support-eu-policies/group-chief-scientific-advisors/biodegradability-plastics-open-environment_en

4 Eurostat PRODCOM Datenbank. Letzter Zugriff 2021-01-21 https://ec.europa.eu/eurostat/de/web/products-eurostat-news/-/EDN-20191231-1

5 Dauert, U., Straff, W., Gerwig, H., Myck, T. und Kuntze, D. 2020: Zum Jahreswechsel: Wenn die Luft „zum Schneiden“ ist. Umweltbundesamt. 2020-11. Download unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/hgp_wenn_die_luft_zum_schneiden_ist_2019.pdf

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

Technische Anforderungen

Das Material muss flammgeschützt sein und feuchtigkeitsundurchlässig. Der Ausgangsstoff muss zunächst fließfähig sein, da die Teile dünnwandig im Spritzgießprozess verarbeitet werden. Da es ein massenhaft hergestelltes Saisonprodukt von kurzer Lebensdauer ist, soll es günstig sein. Die Formstabilität muss gegeben sein und eine schöne Oberfläche und Farbe muss gestaltbar sein. Die Teile sollten zügig biologisch abbaubar sein, wenn sie in die Umwelt gelangen.

Relevante Standards und Zertifikate

Da die Raketenteile unkontrolliert in der Umwelt landen, ist eine genaue Bestimmung des Abbauortes nicht so einfach möglich. Neben dem Boden ist auch der Abbau in Wasser und im Meer relevant. Es gibt bisher – außer speziell für Mulchfolien – keinen wissenschaftlichen Standard zur biologischen Abbaubarkeit im Boden. Daher gibt es auch für Silvesterraketenteile und den beschriebenen Verbleib in der Umwelt keinen zutreffenden Standard. Die Zertifikate für biologischen Abbau im Boden, Wasser und mariner Umgebung von TÜV Austria sowie von DIN CERTCO sind für diese Anwendung relevant.

Mögliche Substitute

Mögliche Substitute sind PHB oder PHB-Copolymere in Blends. Bestimmte PHBs sind biologisch abbaubar im Boden, haben eine gute Hitze- und Feuchtebeständigkeit sowie Einfärbbarkeit. Der Flammschutz könnte mit Lignin-Derivaten realisiert werden. Andere mögliche Substitute wären Stärke-Blends mit Copolyestern wie PBAT. Da bereits Nebelgranaten aus PHB (ein Polymer aus der PHA-Gruppe) hergestellt werden,[6] ist die technische Machbarkeit gezeigt.

PLA ist nachweisbar im Rahmen der betrachteten Abbaufristen der Zertifikate von TÜV Austria oder DIN CERTCO nur industriell kompostierbar. Allerdings wird PLA auch im Boden auf Dauer biologisch abgebaut – nur nicht in der in den Zertifikaten angesetzten Zeitspanne – und ist somit für die Anwendung auch geeignet.

Ausblick

Das Silvesterfeuerwerk bringt nicht nur Lärm und Staubemissionen mit sich, sondern führt auch zum Eintrag von Kunststoffteilen in die Umwelt. Dieser Eintrag könnte mit Silvesterraketen aus Papier und PHBs praktisch vollkommen vermieden werden. Da dies aber mit erheblichen Mehrkosten verbunden wäre, wird sich dieser Markt ohne politische Leitplanken kaum erschließen lassen.

6 Hänggi, U. (Biomer) 2021: Persönliche Kommunikation. 2021-02-08

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

Teebeutel, Tee-, Kakao- und Kaffeepads

Traditionelle Lösungen auf Basis von Natur- und Zellulosefasern bleiben die besten

Beschreibung

Teebeutel sind kleine Säckchen aus filterfähigem Material, die in der Regel eine Tassenportion Tee enthalten. Meist sind sie mit einem Faden versehen, damit die Beutel unkompliziert aus der Tasse entfernt werden können, sowie einem kleinen Papierschild am Ende des Fadens zur Kennzeichnung der Sorte, des Herstellers, der Ziehzeit oder Ähnlichem. Teepads, Kaffeepads und Kakaopads fallen unter die gleiche Kategorie, da sie auch aus dem filterfähigen Material bestehen. Solche Pads, ebenfalls mit einer Tassenportion Kaffee, Tee oder Kakao gefüllt, sind für die Verwendung in einem entsprechenden Automaten konzipiert.

Derzeit hauptsächlich verwendetes Material

Die vorwiegend eingesetzten Werkstoffe sind heute Zellulosefasern und Abacáfasern, oft mit einer Verstärkung durch Polypropylenfasern für die heißsiegelfähigen Beutel. Andere Teebeutel werden durch Falten und Nähen mit Baumwollfasern geschlossen. Eine andere, gängige Ausführung sind Pyramidenteebeutel, die aus Polyamid (Nylon), PET oder aus PLA bestehen.[1]

Problematik

Teebeutel und Tee-, Kakao- und Kaffeepads erwecken für die meisten Verbraucher den Eindruck, nur aus Naturfasern bzw. Zellulosefasern zu bestehen – wie es ja historisch auch war und zum Teil noch ist – und damit gut biologisch abbaubar zu sein. Entsprechend werden diese Produkte meist über den Bioabfall entsorgt und können diesen mit Kunststofffasern verunreinigen. Zum einen trifft dies für Teebeutel aus Naturfasern bzw. Zellulosefasern zu, die mit Kunststofffasern versetzt sind, zum anderen für solche, die komplett aus Kunststofffasern hergestellt werden (siehe auch „Sonstige Barrieren“). Eine Stu-

1 Wagner, P. 2018: Einmal Tee ohne Plastik, bitte! 2018-03-07. Letzter Zugriff 2021-01-21. https://enorm-magazin.de/wirtschaft/plastik/einmal-tee-ohne-plastik-bitte

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

die von 2019 hat gezeigt, dass Milliarden Mikro- und Nano-Kunststoffpartikeln pro Tasse freigesetzt werden.[2]

Marktvolumen in Deutschland / der EU

In Deutschland wurden 2019 ca. 47 Milliarden Tassen Tee getrunken. Unter der Annahme, dass ca. 65 % des Tees in Beuteln konsumiert wird[3] , ergibt dies rund 30 Milliarden Tassen, die mit einem Teebeutel zubereitet wurden und entsprechend 30 Milliarden Teebeutel. Mit einem typischen Gewicht von 0,3 Gramm pro Teebeutel[4] (Beutel ohne Tee) läge damit die Gesamtmenge bei etwa 9.000 Tonnen Teebeutel (Beutel ohne Tee) pro Jahr in Deutschland und bei etwa 56.000 Tonnen für die EU28. Bei Kaffeepads lag das Marktvolumen im Jahr 2019 in Deutschland bei 29.300 Tonnen (inkl. Inhalt).

Biologisch abbaubare Produkte am Markt

Klassische Teebeutel aus Papier, Natur- (vor allem Abacá-) und Zellulosefasern sind biologisch abbaubar und können über den Kompost entsorgt werden. Teebeutel aus PLA sind nur für die industrielle Kompostierbarkeit zertifiziert.

Es gibt eine Reihe von Anbietern von Teebeuteln (weniger für Kaffeepads), die damit werben, dass eine Entsorgung über den Kompost problemlos möglich ist. Allerdings wurden während der Recherche wenig Produkte gefunden, die die Kompostierbarkeit per Zertifikat belegen.[5]

Politische und regulatorische Aspekte

Die Interpretationshilfe des Bundesministeriums für Umwelt zur Bioabfall-Verordnung beschreibt, dass Teebeutel in der Biotonne entsorgt werden können.[6] Faktisch entstehen jedoch durch den Kunststoffanteil Probleme in der Kompostanlage, daher ist diese Empfehlung in Anbetracht der momentanen Materialsituation bei Teebeuteln zu hinterfragen. Sie stellt allerdings kein Hemmnis für die Einführung von biologisch abbaubaren Materialien dar, da sie klar belegt, dass industrielle Kompostierbarkeit als Entsorgungsweg für Teebeutel gewünscht ist. Daher wäre eine solche Empfehlung eigentlich eine ideale Begründung für strengere Materialvorgaben von politischer Seite.

Sonstige Barrieren

Die meisten Teebeutel, auch mutmaßlich hochwertige Produkte, die sich von den klassischen Teebeuteln absetzen wollen, setzen heute auf Kunststoffe, die nicht immer industriell oder gar heimkompostierbar sind. Hierunter fallen auch die Pyramidenbeutel, die dem Tee mehr Raum zur Entfaltung geben sollen. Das fehlende Verbraucherbewusstsein in Bezug auf die Materialien von Tee- und Kaffeeverpackungen stellt eine Barriere dar.[7]

Viele moderne Produktionsanlagen verarbeiten Teebeutel mit einem Heißsiegelverfahren. Dieses setzt aber eine Beschichtung mit einem heißsiegelfähigen Material voraus. Beutel, die nur aus natürlichen Fa-

2 Hernandez, L. M., Xu, E. G., Larsson, H. C. E., Tahara, R., Maisuria V. B., und Tufenkjji, N. 2019: Plastic Teabags Release Billions of Microparticles and Nanoparticles into Tea. Environ. Sci. Technol, Vol. 53 (21), 12300–12310. doi: 10.1021/acs.est.9b02540

3 Deutscher Tee und Kräuterteeverband 2020: Tee Report 2020. Deutscher Tee und Kräuterteeverband (Ed.), 2020. Download unter https://www.teeverband.de/files/bilder/Presse/Marktzahlen/TeeReport_2020_ES.pdf

4 Van der Zee, M. und Molenveld, K. 2020: The fate of (compostable) plastic products in a full scale industrial organic waste treatment facility. Wageningen Food & Biobased Research (Ed.), 2020-02. doi: 10.18174/514397

5 Pandya, O. Plastic Free Tea Bags: 5 Solutions Tea Providers Are Using. Letzter Zugriff 2021-01-11. https://www.greyb.com/plastic-free-tea-bags/#

6 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit 2020: Das gehört in die Biotonne. Letzter Zugriff 2021-01-11. https://www.bmu.de/themen/wasser-abfall-boden/abfallwirtschaft/abfallarten-abfallstroeme/bioabfaelle/das-gehoert-in-die-biotonne/

7 Widmann, E. 2019: Teebeutel geben große Mengen Mikroplastik ab. 2019-09-25. Letzter Zugriff 2021-01-11. https://www.nzz.ch/panorama/teebeutel-geben-grosse-mengen-mikroplastik-ab-ld.1511030

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

sern bestehen, funktionieren nicht in solchen Produktionsanlagen, weil ein kleiner Polymer-Anteil nötig ist, um eine Heißsiegelfähigkeit zu erreichen. Dies ist ein Grund, warum die Nutzung von Kunststoffen auch in Teebeuteln aus Zellulosefasern weit verbreitet ist.

Technische Anforderungen

Die Beutel müssen beständig gegenüber Wasser sein und, zumindest kurzzeitig, einer Temperatur bis höher als 100 °C standhalten und reißfest sein. Sie müssen wasserdurchlässig (Filtergüte nach vorhandenen Standards), toxikologisch unbedenklich und lebensmittelecht sein. Wenn das Gewebe aus Kunststofffasern besteht, muss das Material für die Herstellung eine niedrige Viskosität aufweisen. In vielen modernen Produktionsstätten werden die Beutel heißgesiegelt, hier muss das Material beständig sein und ggf. mit einem (biologisch abbaubaren) Polymer verstärkt werden.[8]

Relevante Standards und Zertifikate

Die DIN EN Normen 13432 (Verpackung – Anforderung an die Verwertung von Verpackungen durch Kompostierung und biologischen Abbau) und 14995 (Kunststoffe – Bewertung der Kompostierbarkeit) sind Standards zur biologischen Abbaubarkeit von Kunststoffen. Diese beschränken sich allerdings rein auf die industrielle Kompostierbarkeit, was einer Entsorgung über die Biotonne entspricht. Teebeutel gelten im Allgemeinen nicht als Verpackung, daher fallen sie auch nicht direkt unter die DIN EN 13432. Allerdings gibt es mehrere Zertifikate von TÜV Austria und DIN CERTCO, die auf Basis der DIN EN 13432 industrielle Kompostierbarkeit zertifizieren. Für die Entsorgung über den Heimkompost gibt es ebenso anwendbare Zertifizierungen (TÜV Austria und DIN CERTCO).

Mögliche Substitute

Naheliegende, da bereits verwendete, Substitute für nicht-abbaubare Kunststofffasern sind biologisch abbaubare Zellulose- und Abacáfasern, die durch Falten und Nähen mit Baumwollfasern geschlossen werden. Diese Alternativen erfüllen die technischen Anforderungen, ein Einsatz von Kunststoffen ist hier an sich nicht erforderlich. Für Produktionsanlagen, in denen die Teebeutel heißgesiegelt werden, ist jedoch eine Beschichtung mit einem Polymer notwendig, da Naturfasern nicht heißgesiegelt werden können.[8] PLA ist für heißgesiegelte Beutel eine geeignete Alternative zu konventionellen Kunststoffen und wird bereits von einigen Marken verwendet. Möchte man aber Pyramidenbeutel oder andere Sonderformen aus einem für die Heimkompostierung zertifizierten Material anbieten, würden sich andere Polyester-Fasern anbieten, wie zum Beispiel PBSA, PBAT oder PHB-Copolymere. Der Nachweis der technischen Machbarkeit steht hier allerdings noch aus.

Ausblick

Zurück zu den Ursprüngen heißt hier die Devise. Über Jahrhunderte wurden Teebeutel aus Abacáfasern hergestellt. Diese Naturfasern behalten auch im heißen Wasser ihre Reißfestigkeit und sind auch im Heimkompost biologisch abbaubar. Später kamen Lösungen mit Zellulose- und Baumwollfasern hinzu. Auch für heißgesiegelte Teebeutel oder besondere Formen sind bereits biologisch abbaubare Lösungen verfügbar.

8 Mohan, S. (Unilever) 2020: Persönliche Kommunikation. 2020-09-28

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

Fischerei

Die Produkte und Anwendungen im folgenden Kapitel werden in der Fischerei angewendet. Die Produktgruppe ist im Projektrahmen betrachtet klein (der mit Abstand größte Anteil stammt von sog. Geisternetzen, die im Projekt nicht berücksichtigt wurden, da es keine biologisch abbaubaren Alternativen gibt), doch aufgrund des weltweiten und unberechenbaren Ausmaßes sehr wichtig und relevant um Kunststoffeintrag in Gewässer zu verhindern.

Dolly-Ropes 109
Kurzlebige Fischereiprodukte 112

Dolly-Ropes

So wichtig hier Alternativen wären, so schwer ist die technische Umsetzung

Beschreibung

In der Fischereiindustrie werden hochwertige Fischernetze von Trawlern über den Meeresboden geschleppt. Während des Schleppens über den Sandboden sind die Netze einem starken abrasiven Verschleiß durch Steine oder andere größere Objekte wie Anker oder Schiffwracks ausgesetzt. Um den Verschleiß und die Beschädigung der Netze zu vermeiden, werden die Netze mit Seilen geschützt. Diese Seile werden „Dolly-Ropes“ (Scheuerfäden) genannt und bestehen aus dünnen Plastikfäden. Die Fischer verknoten die Dolly-Ropes oder befestigen sie mit Kabelbindern vor dem Fischen an den Netzen. Während des Schleppens breiten sich die Seile in winzige Fäden aus und bilden eine Art schützendes Kissen zwischen den Netzen und dem Meeresboden.[1]

Derzeit hauptsächlich verwendetes Material

Das vorwiegend eingesetzte Material ist Polyethylen. 99 % der Funde von Dolly-Rope-Teilen belegen dies.[2] Dolly-Ropes aus Polyamiden wie Nylon und Polypropylen sind auch am Markt verfügbar.

1 Verlorene Fischernetze, die mit jährlich 640.000 Tonnen weltweit einen großen Teil am Kunststoffeintrags in den Meeren ausmachen, werden im Rahmen dieses Projektes nicht näher betrachtet. Das Problem ist gut bekannt, bedarf aber einer anderen Lösung: Langlebigkeit des Materials und Recycling sind hier die besseren Optionen als der biologische Abbau, zumal bisher keine geeignete biologisch abbaubare Materiallösung bekannt ist.

2 Möllmann, N. (NABU) 2020: Persönliche Kommunikation. 2020-07-06

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

Problematik

Beim Ausüben ihrer Schutzfunktion für das eigentliche Fischernetz vor Steinen oder anderen Objekten, die nicht per GPS geortet werden können, nutzen sich die Dolly-Ropes unweigerlich ab. Ihre Haltbarkeit ist auf wenige Wochen begrenzt. Die abgerissenen Teile der Dolly-Ropes und ihr Mikroplastik-Abrieb verbleiben dauerhaft im Meer. Einzelfäden werden massenhaft von Seevögeln in Nester eingebaut. Die Folge kann ein Tod durch Entkräftung bei Befreiungsversuchen oder Strangulation sein.[2] Eine biologische Abbaubarkeit der abgerissenen Teile und des Abriebs könnte die genannten Probleme erheblich reduzieren.

Es ist grundsätzlich möglich, ohne den Einsatz Dolly-Ropes zu fischen, dann sind die Netze aber weniger gegen den Kontakt mit Steinen oder größeren Objekten geschützt, unterliegen einem viel stärkeren Abrieb und zerreißen leichter. Hier kommt es zum zusätzlichen Kunststoffeintrag ins Meer.

Marktvolumen in Deutschland / der EU

Daten zum jährlichen Marktvolumen von Dolly-Ropes in der EU sind unbekannt. Zahlen liegen lediglich für Belgien und die Niederlande vor. Allein für diese beiden Länder wird eine jährliche Menge von 100 bis 200 Tonnen geschätzt.[3] In der Ostsee sind Dolly-Ropes verboten; in deutscher Küstenfischerei nutzen ca. 30 % der Kutter Dolly-Ropes.[2] Frankreich, England und Irland fischen mit Hilfe von Dolly-Ropes, aber das Marktvolumen ist schwer zu erfassen. In Südeuropa werden in der Regel keine Dolly-Ropes verwendet.[3]

Insgesamt dürfte das Marktvolumen für Dolly-Ropes in der EU bei etwa 1.000 Tonnen pro Jahr liegen, in Deutschland zwischen 100 und 200 Tonnen.

Biologisch abbaubare Produkte am Markt

Bislang gibt es keine biologisch abbaubaren Dolly-Ropes am Markt. Ein Unternehmen aus den Niederlanden entwickelt derzeit in einem Projekt biologisch abbaubare Dolly-Ropes aus bio-basierten Polymeren. Das Produkt soll im Jahr 2021 auf den Markt kommen.

Politische und regulatorische Aspekte

Es gibt bisher keine politischen oder regulatorischen Vorgaben zur Nutzung von bestimmten Materialien in Fischernetzen oder anderen maritimen Ausrüstungen. Verordnung (EG) Nr. 356/2005 der Kommission zur Markierung und Identifizierung von stationären Fanggeräten und Baumkurren[4] schreibt lediglich vor, dass die Ausrüstung von Fischerbooten klar gekennzeichnet sein muss, damit sie einem bestimmten Schiff bei Verlust zugeordnet werden kann. Hier wird sogar großer Wert auf Langlebigkeit gelegt, da die Markierungen dauerhaft erkennbar sein sollen.

Die Richtlinie 2019/904 des europäischen Parlaments und des Rates über die Verringerung der Auswirkungen bestimmter Kunststoffprodukte auf die Umwelt (Einwegplastik-Richtlinie / „Single-Use Plastics Directive“) beschäftigt sich ebenfalls mit den Auswirkungen von Fischereiausrüstung auf die maritime Umwelt. Allerdings fokussiert sie sich auf das Einsammeln von Fischereiausrüstungen, bzw. auf den Einsatz von alternativen Materialien statt Kunststoff. Unbeabsichtigter Abrieb, der nicht eingesammelt werden kann, wird von diesen Maßnahmen nicht abgedeckt.

Die Einwegplastik-Richtlinie sieht den biologischen Abbau im Meer nicht als Lösungsoption, da es bisher keinen akzeptierten europäischen Standard für den biologischen Abbau im Meer gibt. Solange dies so bleibt, besteht eine regulatorische Barriere für den Einsatz solcher Produkte.

Sonstige Barrieren

Die technischen Anforderungen in Verbindung mit der biologischen Abbaubarkeit im Meer stellen eine erhebliche Barriere dar. Aus diesem Grund gibt es

3 Nijhoving, G. (Senbis Polymer Innovations) 2020: Persönliche Kommunikation. 2020-05-15, 2020-07-12

4 Beutelartige Grundschleppnetze für den Fang von Nordseegarnelen und Plattfischen im Wattenmeer

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

bisher kein Produkt am Markt. Erst wenn das laufende niederländische Projekt zum Erfolg führt, kann man prüfen, ob der Spagat zwischen mechanischen Eigenschaften und biologischer Abbaubarkeit im Meer gelungen ist.

Technische Anforderungen

Die Dolly-Ropes müssen als Faser herstellbar sein. Sie haben eine kurze Lebensdauer von etwa zwei bis drei Wochen. Das Material muss also für eine kurze Zeit UV-beständig, abriebbeständig sowie reißfest sein. Auch sehr kaltem Meerwasser und der Abwesenheit von Sauerstoff müssen sie standhalten. Wenn die Dolly-Ropes sich vom Netz lösen, sollen sie optimalerweise rasch biologisch abbauen.

Relevante Standards und Zertifikate

Es gibt bis jetzt keine Norm, die die biologische Abbaubarkeit eines Produktes im Wasser oder im Meerwasser beschreibt. Das Zertifizierungssystem des TÜV Austria für marine Umgebungen kann für diesen Anwendungsbereich herangezogen werden.

Mögliche Substitute

Unter Meeresbedingungen sind nur sehr wenige Polymere biologisch abbaubar: Zellulose(fasern), PHB und PHB-Copolymere und spezielle Zelluloseacetate (wenn auch relativ langsam). Alle drei sollten grundsätzlich für Dolly-Ropes geeignet sein, aber gerade PHB und PHB-Copolymere sind sehr teuer für diese Anwendung. Daneben werden auch Produkte aus Naturmaterialien (Yakleder, Naturkautschuk, Holz) und Naturfasern (Hanf, Flachs, Sisal) ausprobiert – und auch Komposite aus Naturfasern und den genannten Polymeren sowie Polycaprolactone.

Auch Kupferfäden werden als Alternative versucht, wobei dies eine fragwürdige Alternative ist.[2] Andere Netz-Designs sowie der vollständige Verzicht auf Dolly-Ropes werden ebenfalls erprobt. Grundsätzlich könnten auch technische Modifikationen an der Fischereimethode die Nutzung von Dolly-Ropes zum Teil überflüssig machen.[5]

Ausblick

So wichtig es ist, den Kunststoffeintrag ins Meer zu reduzieren bzw. nur Kunststoffe für Dolly-Ropes und andere Fischereiprodukte einzusetzen, die im Meer biologisch abbaubar sind, so sind hierzu jedoch noch etliche technische Hürden zu überwinden und geeignete Produkte zu entwickeln. Zudem müsste eine Norm zum biologischen Abbau von Kunststoffen im Meer entwickelt werden, am besten auf internationaler Ebene. Ohne Forschungsaktivitäten und politische Vorgaben wird sich dieser Markt nur schwer entwickeln können.

5 Thünen-Institut, 2018-2020: Verringerung von Kunststoffmüll aus der Krabbenfischerei durch Netzmodifikationen (DRopS). Letzter Zugriff 2021-01-26. https://www.thuenen.de/de/of/projekte/fischerei-surveytechnik/verringerung-von-kunststoffmuell-aus-der-krabbenfischerei-durch-netzmodifikationen-drops/

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

Kurzlebige Fischereiprodukte

Nur internationale Abkommen können hier eine Veränderung bringen und Mikroplastik vermeiden

Beschreibung

Kurzlebige Fischereiprodukte werden in der Freizeit, sowie kommerziellen Fischerei verwendet. Dazu gehören Fischereigeräte wie Fischköder, Posen und Angelschnüre, die leicht im Wasser verloren gehen können.

Derzeit hauptsächlich verwendetes Material

Angelköder und Posen können aus verschiedenen Materialien wie Stahl, Polyurethan, Silikon, Polyester, ABS oder auch Holz hergestellt werden. Außerdem sind Köder aus Biokompositen erhältlich. Neben Kunstködern, die ausschließlich zum Fang von Raubfischen eingesetzt werden, gibt es auch zahlreiche Naturköder, die sich sowohl für Friedfische als auch für Raubfische als funktionierender Köder erwiesen haben. Es handelt sich hier häufig um Getreidesamen, Gemüse, Früchte oder Produkte wie Brot oder Käse.[1] Angelschnüre werden meist aus Nylon, aus Polyethylenfaser oder aus Aramidfaser hergestellt.

Problematik

10 %[2] bis ein Drittel[3] der Plastikbelastung im Meer geht auf die Fischerei zurück. Einen großen Anteil daran haben Netze aus der kommerziellen Fischerei,

1 Rhein-angeln 2021: Angelköder. Letzter Zugriff 2021-02-05. http://www.rhein-angeln.de/angelkoeder.htm

2 Thomas, K, Dorey, C., Obaidullah, F. 2019: Ghost Gear: The abandoned fishing nets haunting our oceans. Greenpeace Deutschland (Ed). 2019-11. Download unter https://www.greenpeace.de/sites/www.greenpeace.de/files/publications/20190611-greenpeace-report-ghost-fishing-ghost-gear-deutsch.pdf

3 WWF 2018: Geisternetze – tödliche Gefahr. 2018-08-17. Letzter Zugriff 2021-02-05. https://www.wwf.de/themen-projekte/meere-kuesten/plastik/geisternetze

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

welche zu den zehn am häufigsten gefundenen Plastikprodukten an Stränden gehören.[4] Solche Netze werden hier allerdings nicht weiter betrachtet, da sie im Vergleich zu den kurzlebigen Fischereiprodukten in diesem Steckbrief grundsätzlich auf langfristige Nutzung ausgelegt sind. Im Fokus stehen vielmehr Fischköder und andere kurzlebige Produkte wie Posen und Angelschnüre.

Die Plastikfasern und -partikel gelangen ins Meer und werden als Makroplastik von Fischen und Meeressäugern gefressen sowie nach dem Zerfall in Mikroplastik auch von Kleinstlebewesen und gefährden so das Leben der Tiere sowie das Gleichgewicht im maritimen Ökosystem.

Marktvolumen in Deutschland / der EU

11.000 Tonnen im Jahr beträgt der unkontrollierte Eintrag von Fischereiprodukten in die Meere in der EU;[5] der deutsche Anteil wird auf etwa 10 %, also 1.100 Tonnen geschätzt. Wir schätzen, dass etwa 90 % der Fischereiprodukte verloren gehen. Dadurch kommen wir auf ein Gesamtproduktionsvolumen von gerundet 12.000 Tonnen für die EU und 1.200 Tonnen für Deutschland.

Weltweit landen insgesamt jährlich rund 640.000 Tonnen[6] altes Fischereigerät in den Ozeanen, welche allerdings Geisternetze, Bojen, Leinen, Fallen und Körbe einrechnen.[2]

Biologisch abbaubare Produkte am Markt

Es gibt mehrere Hersteller, die angeben, biologisch abbaubare Fischköder zu verkaufen, jedoch ohne Nachweis der biologischen Abbaubarkeit. Ein Hersteller verkauft beispielsweise Fischköder aus Silikonen mit der Angabe, die Köder seien biologisch abbaubar. Fischköder aus Biokompositen sind auf Zellulose- und PHA-Basis in Skandinavien erhältlich.[7] Im Rahmen unserer Nachforschungen haben wir einen Hersteller gefunden, der Fischköder auf PHA-Basis anbietet, die als „OK biodegradable WATER“ und „MARINE“ (TÜV Austria) zertifiziert sind.[8] [9]

4 Addamo, A., Laroche, P., Hanke, G. 2017: Top Marine Beach Litter Items in Europe. Download unter https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC108181/technical_report_top_marine_litter_items_eur_29249_en_pdf.pdf

5 European Commission 2018: New proposal will tackle marine litter an “ghost fishing”. 2018-05-28. Letzter Zugriff 2021-02-05. https://ec.europa.eu/fisheries/new-proposal-will-tackle-marine-litter-and-“ghost-fishing”_en

6 Deutscher Bundestag 2019: Einzelfragen zu Fischernetzen aus Kunststoff. Wissenschaftliche Dienste 2019. Download unter. https://www.bundestag.de/resource/blob/651440/8691240faf14560c609f871dc461c33d/WD-8-038-19-pdf-data.pdf

7 Finish Environment Institute 2019: Only some biodegradable plastics actually decompose rapidly in the Baltic sea. 2019-11-14. Letzter Zugriff 2021-01-28. https://www.syke.fi/en-US/Current/Only_some_biodegradable_plastics_actuall(52751)

8 Sherman, L. M 2015: First Totally Biodegradable Fishing Lure Soon to Debut. Letzter Zugriff 2021-01-22. https://www.ptonline.com/blog/post/first-totally-biodegradable-fishing-lure-soon-to-debut

9 Danimer Scientific 2021: Our PHA Resin Has Been Certified as Biodegradable and Safe for Use in Food-Contact Applications. Letzter Zugriff 2021-02-05. https://danimerscientific.com/pha-certifications

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

Es gab mehrere Unternehmen, die vor einigen Jahren versucht haben, biologisch abbaubare Angelschnüre zu verkaufen. Sie behaupteten, dass ihr Produkt biologisch abbaubar sei, was aber nicht belegt wurde. Diese Produkte sind heute nicht mehr am Markt.[10]

Politische und regulatorische Aspekte

Bezogen auf die kommerzielle Fischerei gibt es auf nationaler, regionaler und internationaler Ebene eine Vielzahl von Vorschriften und Empfehlungen, die sich mit verlorenen und weggeworfenen Fischereiprodukten befassen.

Diese sind oft länderübergreifend und entweder unzureichend oder es gibt große Lücken bei ihrer Umsetzung und Durchsetzung. Außerdem befassen sie sich hauptsächlich mit langlebigen Fanggeräten wie Netzen und Fallen, die im Meer verloren gehen. Allerdings sind grundsätzlich auch kurzlebige Fanggeräte miteingeschlossen. Insgesamt sind sie nicht in der Lage, das Ausmaß und die Auswirkungen der Geisternetze und der Verluste aus der Fischerei zu bewältigen bzw. relevant zu reduzieren.[2]

In der Freizeitfischerei sind hauptsächlich kurzlebige Fischereiprodukte im Einsatz, welche häufig zuerst in Süßgewässern und dann ggf. im Meer landen und für welche dementsprechend andere regulatorische Werkzeuge greifen. Verlorengegangenes Fanggerät der Freizeitfischerei fällt generell unter das Kreislaufwirtschaftsgesetz. Allerdings sagt dieses aus, dass der Erzeuger von Abfall nur dann dazu verpflichtet ist, die Abfälle zurück in den Wertstoffkreislauf zu führen, sofern es technisch möglich und wirtschaftlich zumutbar ist. Bei verlorengegangenem Fanggerät in Gewässern ist ein Einsammeln aber häufig nicht umsetzbar.

Sonstige Barrieren

Internationale Gewässer benötigen zum Schutz vor Kunststoffeintrag globale politische Regelungen, die bislang aber fehlen. Die UNO hat diese klaffende Lücke in der Meerespolitik erkannt und verhandelt derzeit über einen Vertrag im Rahmen des UN-Seerechtsübereinkommens (UNCLOS). Es gibt auch keine Standards zum biologischen Abbau im Meer, die international anerkannt werden. Es existiert nur die privatwirtschaftliche Zertifizierung „OK biodegradable MARINE“ und „WATER“ des TÜV Austria. Zudem sollten biologisch abbaubare Fischereiprodukte die Fischer nicht zu einer Entsorgung im Meer oder Süßwasser ermutigen. Da sich der biologische Abbau im Meer und in anderen Gewässern nur mit wenigen und besonderen Materialien bewerkstelligen lässt, stellen Verfügbarkeit und Preis weitere Hürden dar.

Technische Anforderungen

Die Fischereiprodukte müssen bei der Nutzung beständig gegen Umwelteinflüsse sein (Hitze, Kälte, Meerwasser, Süßwasser, UV-Strahlung, Mikroorganismen) und dürfen nicht vorzeitig biologisch abbauen. Köder sollen eine hohe Dichte haben, gute Festigkeit, Abriebfestigkeit und Schlagzähigkeit. Materialien für Angelschnüre sollen eine gute Reißfestigkeit und Dehnfähigkeit aufweisen und sollen als Fa-

10 RealReel Fishin 2020: biodegradable fishing line – everything you need to know. Letzter Zugriff: 2021-02-22. https://www.realreelco.com/post/biodegradable-fishing-line

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

sern herstellbar sein. Angelschnüre sollen auch eine relativ hohe Dichte haben und in verschiedenen Farben verfügbar sein. Die Anforderungen an den biologischen Abbau in Salz- und Süßwasser sind sehr anspruchsvoll.

Relevante Standards und Zertifikate

Bislang bietet nur der TÜV Austria die Zertifizierungen „OK biodegradable MARINE“ und „OK biodegradable WATER“ an. Um keine Entsorgung der hiermit zertifizierten Produkte im Meer oder Süßwasser zu propagieren, gestattet der TÜV Austria grundsätzlich nicht die Kommunikation der erfolgreichen Zertifizierung auf den Endprodukten. Für den Abbau im Frischwasser darf die Zertifizierung nur auf Produkten kommuniziert werden, die für den Gebrauch in derselben Umgebung, also Frischwasser, vorgesehen sind. Im Falle des Abbaus im Meer darf die Zertifizierung nur auf Produkten kommuniziert werden, wo der biologische Abbau einen Zusatznutzen für die Umwelt bietet. Dies ist für Fischereiprodukte aber ausdrücklich der Fall.

Mögliche Substitute

Aufgrund der geringen Bakterien- und Pilzdichte im Meerwasser sind die Anforderungen an den biologischen Abbau im Meer weitaus höher als unter nahezu allen anderen Umweltbedingungen – abgesehen vom Wüstensand. Nur wenige und besondere Materialien werden unter diesen Bedingungen schnell biologisch abgebaut.

Für Fischköder können Stärke-Blends eingesetzt werden. PHB und PHB-Copolymere sind genauso als Substitut geeignet und bereits am Markt verfügbar.

Hobbyangler können Angelköder sogar zu Hause auf Gelatinebasis zubereiten.[11]

Ein Patent beschreibt ein biologisch abbaubares Material für Angelköder auf der Basis eines Polysaccharids wie Stärke, eines natürlichen Proteins wie Gelatine, Kaseinmolke oder Gluten und eines wasserlöslichen natürlichen Gummis.[12] Einige mineralische oder metallische Füllstoffe sind für eine hohe Dichte auch geeignet.

Im Fall der Angelschnüre können nur wenige biologisch abbaubare Polymere als Substitute eingesetzt werden, die die hohen technischen Anforderungen und den Abbau unter Meeresbedingungen erfüllen können. PHB-Copolymere und spezielle Zelluloseacetate könnten die Anforderungen erfüllen. Komposite mit Naturfasern wie Hanf, Flachs, Jute oder Sisal wären auch geeignet.

Ausblick

10 % bis ein Drittel der Plastikbelastung im Meer geht auf die Fischerei zurück, dies sind vor allem die großen Fangnetze. Aber auch kurzlebige Fischereiprodukte gehen im Meer verloren, können Tiere gefährden und zu Mikroplastik werden. Um das große Reduktionspotenzial nutzen zu können, braucht es internationale Abkommen, die von der UNO bereits diskutiert werden. Im Süß- und Salzwasser könnten biologisch abbaubare Fischköder, Posen und Angelschnüre den Kunststoffeintrag ins Wasser reduzieren.

11 Instructables: Biodegradable Fishing Lures. Letzter Zugriff 2021-03-12. https://www.instructables.com/Biodegradable-Fishing-Lures

12 Ollis, H. D., Diaz-Version, S., Bell, L. N., Weese, J. O., Wei, C. I. und Wright, R. A. 2002: Biodegradable fishing lure and material. US6753004B2.

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

Sonstiges

Die folgenden Produkte und Anwendungen fallen in sonstige Anwendungsbereiche. Sie werden kommerziell sowie vom Endverbraucher genutzt und verbleiben in verschiedenen Umgebungen.

Borsten für Kehrmaschinen 117
Geotextilien und Erdnägel 120
Kaugummi 124
Kunststoffgranulat für Betonplattentransport 127

Borsten für Kehrmaschinen

Bisher übersehen: Erheblicher Kunststoffeintrag durch Kehrborsten – Alternativen verfügbar

Beschreibung

Kehrmaschinen sind Arbeitsgeräte zum Aufnehmen von Verunreinigungen auf der Straße oder auf Wegen. Sie haben seitlich bzw. unter dem Fahrzeug Walzen- oder Tellerbesen mit Kunststoffborsten, die das Kehrgut in den innenliegenden Schmutzbehälter befördern.

Derzeit hauptsächlich verwendetes Material

Das am häufigsten verwendete Material ist von Reinigungsbetrieb zu Reinigungsbetrieb und je nach Einsatzort unterschiedlich.[1] Es kann Flachdraht (Stahl oder Eisen) sein, aber auch Polypropylen. Zudem gibt es Borsten aus Polyester, Polyamide (wie Nylon) sowie Mischbesatz aus diesen Materialien.[2]

Problematik

Beim Reinigen der Straßen verschleißen die Borsten kontinuierlich und geben dabei Borstenstücke sowie Mikropartikel in Form des Abriebs an die Umwelt ab. Die Borstenstücke zerfallen mit der Zeit zu Mikroplastik, gelangen in den Boden, durch Regen ins Abwassersystem oder über Flüsse ins Meer. Die Ver-

1 Berggötz, T. (Kärcher) 2020: Persönliche Kommunikation. 2020-11-26

2 Schill, S. (Abfallwirtschaftsbetriebe Köln) 2020: Persönliche Kommunikation. 2020-12-14

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

lustrate der Borsten bei Straßenkehrmaschinen liegt bei 80 %.[2] Dieser Abrieb landet ungehindert in der Umwelt.

Marktvolumen in Deutschland / der EU

Geht man von einem Markt in der EU von 250 Millionen Bürsten für sämtliche Arten von Kehrmaschinen aus, bei dem jede Bürste im Durchschnitt 500 Gramm wiegt, so beträgt das Gesamtvolumen 100.000 Tonnen. Für Deutschland sind das umgerechnet etwa 16.000 Tonnen.[3] Berechnet man auf Grundlage des Abriebs von bis zu 80 % das reine Verlustvolumen, kommt man auf 80.000 Tonnen für die EU und auf etwa 13.000 Tonnen für Deutschland.

Biologisch abbaubare Produkte am Markt

Es gibt mindestens zwei Hersteller aus Deutschland, die biologisch abbaubare Borsten aus Stärke und PLA anbieten. Diese sind sogar nach eigenen Herstellerangaben kompostierbar nach dem Standard DIN EN 13432, können dies aber nicht mit einem Zertifikat belegen.

Politische und regulatorische Aspekte

Die Borsten unterliegen theoretisch dem Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG), der bei der Verwendung entstehende Abfall durch Abrieb und ausgefallene Borsten somit auch. Laut KrWG ist die Pflicht der Verwertung von Abfällen zu erfüllen, sofern technisch möglich und wirtschaftlich zumutbar. Dies ist aber beim Borstenabrieb nicht gegeben, so dass die Borstenstücke in der Regel in der Umwelt verbleiben.

Sonstige Barrieren

Der günstige Preis von Polypropylen-Borsten in Gegenüberstellung zu einer biologisch abbaubaren Alternative (Mehrkosten von etwa 10-15 EUR pro Tellerbesen, je nach Modell)[1] stellt die entscheidende Barriere dar. Sicherlich stellen auch das geringe Problembewusstsein und die geringe Bekanntheit von Alternativen Barrieren bei den zuständigen Reinigungsbetrieben und anderen Anwendern dar.

Technische Anforderungen

Kehrborsten müssen beständig gegen Umwelteinflüsse sein (Hitze, Kälte, Regen, UV, Mikroorganis-

3 Eurostat Datenbank Prodcom 2021. Letzter Zugriff 2021-01-21. https://ec.europa.eu/eurostat/de/web/main/data/database

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

men), aber auch gegen, Öl, Diesel oder Benzin. Die Steifigkeit sollte je nach Anwendungsbereich anpassbar sein. Die wichtigsten Eigenschaften sind die notwendige hohe Abriebfestigkeit, Reißdehnungen und Zähigkeit. Zudem ist Langlebigkeit erforderlich. Die Borsten sollten ausreichend fest sein, dürfen aber auch beim Fegen nicht abbrechen. Die kleinen Partikel, die in die Umwelt gelangen können, sollen zügig biologisch abbauen können.

Relevante Standards und Zertifikate

Borstenteile und -abrieb gelangen über die Bodenoberfläche in verschiedene Umgebungen, in denen sie biologisch abbauen sollen (Boden, Abwasser). Daher sind die Zertifikate des TÜV Austria entsprechend der jeweiligen Abbauorte relevant.

Mögliche Substitute

PHB-Copolymere und einige Arten von Zelluloseacetat könnten technisch geeignet sein.

PLA ist nachweisbar im Rahmen der betrachteten Abbaufristen der Zertifikate von TÜV Austria oder DIN CERTCO nur industriell kompostierbar. Der biologische Abbau von PLA geht in der Natur langsamer vonstatten, als es die Zertifikate vorsehen – dennoch findet der Abbau statt. PLA oder PLA-Blends mit PBAT oder PBS oder Stärke würden die technischen Anforderungen für Borsten erfüllen.

Der biologische Abbau kann durch die Kombination der genannten Polymere mit organischen Füllstoffen wie Naturfasern, Holzmehl oder auch Agrarreststoffen wie Sonnenblumenschalen gefördert werden.

Auch Stahl ist ein langlebiges Substitut, welches ursprünglich für diesen Zweck deutlich öfter verwendet wurde, dann aber von Kunststoff verdrängt wurde.

Als natürliches Material wurde ursprünglich Reisig verwendet.[4] Es ist allerdings anzunehmen, dass dieses Material nicht kommerziell in modernen Kehrmaschinen eingesetzt werden kann.

Ausblick

Jede städtische Straßenreinigung hat Bedarf an Borsten für ihre Kehrmaschinen. Auch in der Industrie und im Privatgebrauch werden solche Maschinen genutzt. Durch den entstehenden Abrieb der Borsten gelangen ganz erhebliche Mengen an Kunststoff und Mikroplastik in die Umwelt. Durch biologisch abbaubare Borsten könnte die Belastung erheblich reduziert werden. Da diese Alternativen jedoch teurer sind, wären flankierende politische Maßnahmen sehr hilfreich.

4 Donner, C. 2020: Die historische Entwicklung der Kehrmaschine. 2020-10. Letzter Zugriff 2021-01-08. https://kehrmaschine-kaufen.de/ratgeber/die-historische-entwicklung-der-kehrmaschine/

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

Geotextilien und Erdnägel

Chancen für Naturfasern, biologisch abbaubare Kunststoffe und Biokomposite

Beschreibung

Geotextilien und Erosionsschutzfolien sind eine Unterkategorie der technischen Textilien und beschreiben Textilien bzw. textile Strukturen, die als Baustoff im Bereich des Tief-, Wasser- und Verkehrswegebaus dienen und für geotechnische Sicherungsarbeiten ein wichtiges Hilfsmittel darstellen. Sie helfen, den Prozess der Landabtragung durch Wind, fließendes und fallendes Wasser zu vermeiden. Dies ist notwendig und nützlich, wenn der Boden nicht durch Pflanzen und Wurzeln natürlich stabilisiert wird. Auch „extreme“ Standorte können mithilfe von Geotextilien erschlossen werden.

In diesem Steckbrief werden ebenfalls Geotextilien für den Wasserbau, die zur Ufersicherung verwendet werden, sowie Erosions- und Folienbefestigungsstifte, sogenannte Erdnägel, betrachtet. Erdnägel fixieren die Textilien und Folien im Boden.

Derzeit hauptsächlich verwendetes Material

Das derzeit am häufigsten eingesetzte Material ist Polypropylen. Auch PET wird vielfach verwendet. Je nach Anforderung (zum Beispiel spezifische Dichte) werden auch Mischungen eingesetzt.[1]

Darüber hinaus gibt es Geotextilien aus Naturfasern wie Schilf, Jute, Kokos, Hanf oder Flachs. Auch Kombinationen aus synthetischen Materialien und Naturfasern finden ihren Einsatz.

1 Mählmann, J. (STFI Chemniz) 2020: Persönliche Kommunikation. 2020-09-29

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

Erdnägel werden aus Rundstahl, Aluminium oder auch aus Polypropylen hergestellt. Vollholz-Erdnägel finden vor allem im privaten Gartenbereich ihre Anwendung.

Problematik

Geotextilien und Erosionsschutz aus PP- und PET-Fasern oder Folien bleiben einen längeren Zeitraum weitgehend unverändert im Boden, um dann in größere Partikel und schließlich in Mikroplastik zu zerfallen.

Naturfasern werden nur verwendet, wenn ein biologischer Abbau erwünscht ist. Allerdings ist hier die Zersetzungszeit nicht gut bestimmbar. Da das 100 % bio-basierte Naturfasergewebe nur eine geringe Lebensdauer aufweist (oft weniger als 12 Monate), muss sich die Bepflanzung innerhalb einer Vegetationsperiode etablieren, was oftmals für den Zweck der Stabilisation zu kurz ist. Um dies zu erreichen werden die Naturfasermatten mit PP-Fasern verstärkt und so handhab- und haltbarer gemacht;[1] Die PP-Fasern verbleiben dann jedoch dauerhaft im Boden, während die Naturfaser biologisch abbaut.

Marktvolumen in Deutschland / der EU

Das Marktvolumen von Geotextilien in der EU liegt bei etwa 95.000 Tonnen, für Deutschland anteilig geschätzt bei 15.000 Tonnen. Dies wurde berechnet durch den Preis von 2,90 USD pro Kilogramm Geotextil (sowohl Naturfaser als auch Kunststoff) und einem Gesamtmarkt von 460 Millionen USD.[2] Der weltweite Markt liegt bei 8,7 Milliarden USD.

In Deutschland werden 15.000 km Ufer- und Wasserstraßen (etwa 7.300 km, beidseitig) durch Geo- und Aquatextilien geschützt.[3]

Biologisch abbaubare Produkte am Markt

Naturfasern wie Schilf, Jute- und Kokosfasern und sogar Schafwolle sind am Markt für weniger anspruchsvolle Anwendungen etabliert. Neben der biologischen Abbaubarkeit haben die Naturfasern weitere Vorteile gegenüber synthetischen Fasern: sie können Wasser aufnehmen und speichern. Naturfasern sind geschmeidig, passen sich ideal jeder Bodenunebenheit an und lassen sich daher sehr gut verarbeiten. Auch zertifiziertes Material aus einem Blend aus einem biologisch abbaubaren Polymer und einem kompostierbaren Polymer ist am Markt erhältlich.

Auch Erdnägel werden bereits aus biologisch abbaubaren bio-basierten Kunststoffen hergestellt. Diese besitzen jedoch in der Regel keine Zertifizierung für den biologischen Abbau im Boden.

Politische und regulatorische Rahmenbedingungen

Bei Wasserstraßen gibt es in Deutschland Richtlinien der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW).[4] Aktuell besagen die Richtlinien hier, dass biologisch abbaubare Geotextilien nicht eingebaut werden dürfen, da eine Mindesthaltbarkeit vorgeschrieben ist. Die Richtlinien werden derzeit überarbeitet.[5]

Biologisch abbaubare Geotextilien (Strohauflagen, Jute-, Kokosfasern, o. ä.) gelten als „Geosynthetics“

2 Global Market Insights, INC. 2018: Geogrids Market in Europe to exceed $460 mn by 2024. 2018-07-24. Letzter Zugriff 2021-01-07. https://www.globenewswire.com/news-release/2018/07/24/1540966/0/en/Geogrids-Market-in-Europe-to-exceed-460-mn-by-2024-Global-Market-Insights-Inc.html

3 Fleischer, P. 2020: Von wegen guter Rutsch! – Biokunststoffvlies stabilisiert Gewässerböschungen - Entwicklung definiert abbaubarer Geotextilien zur Anwendung als temporäre Filter in technisch-biologischen Ufersicherungen an Binnenwasserstraßen. Präsentation bei „BIO.NRW.webinar: Kunststoffe der Zukunft – Innovation trifft Kreislauf“, 2020-08-28, Online.

4 BAW-Merkblätter, - Empfehlungen und -Richtlinien 2019: BAW Merkblatt. Anwendung von geotextilen Filtern an Wasserstraßen. Bundesanstalt für Wasserbau (BAW). Deutschland. 2019-04. Download unter https://izw.baw.de/publikationen/merkblaetter/0/mag.pdf

5 Borelbach, P. (Fraunhofer UMSICHT) 2020: Persönliche Kommunikation. 2020-09-17

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

mit der deutschen Übersetzung Geokunststoffe, obwohl sie keine Kunststoffe sind. Ein weiterer Widerspruch im deutschen Recht ist, dass bei einem „biologisch abbaubaren Geotextil“ mit einem Kunststoffmassenanteil von weniger als 4 %, dieser nicht mehr deklarationspflichtig ist.[1]

Je nach Einsatzgebiet sind sowohl die Vorschriften, als auch die Anforderung an das Geotextil unterschiedlich. Im Steilhang beispielsweise ist ein stabileres Material vorgeschrieben als im Verkehrswegebau. Nur in wenigen Anwendungen dürfen Geotextilen aktuell tatsächlich biologisch abbaubar sein.

Diverse Geotextilien bedürfen sogar einer spezifischen Bauartzulassung.[1]

Sonstige Barrieren

Die Hauptbarriere liegt darin, dass die verfügbaren Zertifikate für biologischen Abbau keine passenden Abbauzeiten für diese Anwendung aufweisen. Ein gänzlich neues Zertifikat wäre notwendig, das auch den Abbau über mehrere Jahre abdeckt. Daher ist es wichtig, eine Differenzierung vorzunehmen und Bereiche zu definieren, in denen biologisch abbaubare Geotextilien besondere Vorteile bringen. Die Abbauzeit muss gut bestimmbar sein, um Sicherheitsrisiken zu vermeiden.

Technische Anforderungen

Biologisch abbaubare Geotextilien müssen beständig gegenüber Umwelteinflüssen (Hitze, Kälte, Regen, UV-Strahlung) aber dennoch wasserdurchlässig sein. Sie sollen je nach Einsatzort langlebig sein, bzw. langsam biologisch abbauen (z. B. drei Jahre nach Einbau, bis Pflanzen und deren Wurzelwerk den Bereich ausreichend natürlich stabilisieren). Sie müssen gut durchwurzelbar sein und geeignete Zugfestigkeit sowie Durchdrückwiderstand haben, um sich Untergrundverformungen anpassen zu können. Erdnägel aus Kunststoff oder Komposit müssen eine hohe Steifigkeit und Festigkeit aufweisen und das Material im Spritzgussprozess verarbeitbar sein.

Relevante Standards und Zertifikate

Die beiden Normen DIN EN 12226 und DIN EN 12225 befassen sich mit der Beständigkeit von Geotextilien. Dabei sind allerdings nicht biologisch abbaubare Geotextilien gemeint. Normen für die Prüfung biologisch abbaubarer Geotextilien gibt es noch nicht.

Grundsätzlich wären Zertifizierungen für den biologischen Abbau im Boden geeignet, wie sie TÜV Austria und DIN CERTCO anbieten. Die Zeitspanne für den biologischen Abbau beträgt in den Standards jedoch maximal zwei Jahre. Geotextilien müssen aber in vielen Anwendungen länger halten und damit langsamer biologisch abbauen, um der Natur Zeit zu lassen, den Boden natürlich zu stabilisieren. Für Ufersicherung ist die genannte Zertifizierung ebenso nicht geeignet, weil das Geotextil wegen der hohen mechanischen Belastung durch Wellenschlag mindestens drei Jahre halten soll.

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

In einem deutschen Projekt, bei dem es um die Entwicklung von biologisch abbaubaren Geotextilien zur Ufersicherung geht, haben die Forscher eigene Prüfungen entwickelt, um die Geotextilien testen zu können.[6]

Mögliche Substitute

Biologisch abbaubare Geotextilien aus Naturfasern oder Schafwolle sind für weniger anspruchsvolle Anwendungen bereits am Markt etabliert.

Neben den Naturfasern wie Jute, Kokos oder auch Schafwolle, Stroh oder Schilf, können Zelluloseacetat, PLA, PCL, PHB oder PHB-Copolymere, PBAT, PBS und Stärke jeweils in Mischungen mit Naturfasern oder auch als Polymerfasern zum Einsatz kommen. Die verschiedenen Komponenten des Textils sollten idealerweise in unterschiedlicher Geschwindigkeit biologisch abbauen. Am Anfang, wenn die Wurzeln langsam wachsen, sollen die Naturfasern zuerst biologisch abbauen. Die Polymerfasern bauen langsamer ab, damit die Stabilität des Bodens gesichert ist, bis die Vegetation die Aufgabe der Befestigung über-nimmt.[7] Ein Prototyp aus PLA- und Naturfasern wird derzeit für Gewässerböschungen getestet. Der Prototyp muss drei Jahre ab Einbau die Anforderungen gewährleisten und danach vollständig biologisch abbauen. Ein Nachweis der technischen Machbarkeit steht noch aus.

Erdnägel können aus Vollholz und aus verschiedenen biologisch abbaubaren Polymeren, auch in Verbindung mit Naturfasern oder Holzmehl als sogenannte Biokomposite, hergestellt werden.

Ausblick

Über Geotextilien aus nicht biologisch abbaubaren Kunststoffen können Kunststoffe und Mikroplastik in die Böden eingetragen werden. Mit entsprechend angepassten Richtlinien und Regularien, die sich heute zum Teil noch widersprechen, könnten Naturfasern in Kombination mit biologisch abbaubaren Kunststoffen vermehrt in Geotextilien eingesetzt und der Plastikeintrag in die Umwelt verringert werden. Für anspruchsvolle Anwendungen, die mehrere Jahre Stabilität geben sollen, sind noch technische Entwicklungsprojekte notwendig.

6 Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e. V. – Fraunhofer UMSICHT 2020: Sequentiell biologisch abbaubare Geotextilien für technisch-biologische Uferbefestigungen an Binnenwasserstraßen (Bioshoreline). 2020-10-08. Download unter https://www.fnr-server.de/ftp/pdf/berichte/22000815.pdf

7 Deter, A. 2016: Neue bioabbaubare Mulchfolien und Geotextilien entwickelt. 2016-10-25. Letzter Zugriff 2021-01-07. https://www.topagrar.com/acker/news/neue-bioabbaubare-mulchfolien-und-geotextilien-entwickelt-9857483.html

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

Kaugummi

Alternativen verbleiben nicht in der Umwelt, sondern werden biologisch abgebaut

Beschreibung

Kaugummi ist eine leicht verform- und kaubare Masse. Aromastoffe wie beispielsweise Maissirup oder Menthol verleihen dem Kaugummi einen süßen oder scharfen Geschmack. Beim Kauen kommt es zu einem erhöhten Speichelfluss, welcher Speisereste und zahnschädliche Säuren neutralisiert. Dadurch kommt es im Mundraum zur Erhöhung des pH-Wertes, der die Vermehrung von Bakterien beeinträchtigt. Was oft nicht bekannt ist: die sogenannte „Kaumasse“ besteht aus persistentem, nicht biologisch abbaubarem oder gar verdaubarem Material – ziemlich einmalig für ein Lebensmittel.

Derzeit hauptsächlich verwendetes Material

Kaugummi besteht im Wesentlichen aus Polymeren auf Erdölbasis wie PVA, Styrol-Butadien-Kautschuk, Isobuten-Isopren-Kautschuk (auch Butylkautschuk genannt), Polyisobutylen oder Polyethylen.[1] Wachse werden ebenfalls verwendet, wie zum Beispiel Paraffin.[2] Für die Verbraucher werden die Bestandteile meist nicht aufgeschlüsselt, da von den Herstellern als Zutat nur „Kaumasse“ angegeben werden muss.[3] Mittlerweile ist vielen Verbrauchern bekannt, dass konventionelles Kaugummi aus Kunststoff besteht.[4] [5] [6]

1 Lindsay, J. 2018: Did you know most chewing gum contains plastic? 2018-08-02. Letzter Zugriff 2021-01-21. https://metro.co.uk/2018/08/02/know-chewing-gum-contains-plastic-7790722/#metro-comments-container

2 Codgell, C. 2019: Lifecycle of Chewing Gum. 2019-12-03. Letzter Zugriff 2021-01-21. http://www.designlife-cycle.com/new-page-48

3 Thielking, H. 2019: Warenverkaufskunde-Kaugummi. 2019-01-18. Letzter Zugriff 2021-01-21. https://lebensmittelpraxis.de/waren-kunden/23805-warenverkaufskunde-kaugummi-2.html

4 Jötten, F. 2015: Kaugummis-“Die Kaumasse besteht vor allem aus Kunststoff”. 2015-03-11. Letzter Zugriff 2021-01-21. https://www.spiegel.de/gesundheit/diagnose/aus-was-besteht-kaugummi-a-1022838.html

5 Verbraucherzentrale Bayern e. V. 2019: Woraus besteht Kaugummi? – Essen, Trinken und Genuss – hätten Sie‘s gewusst? 2019-04-18. Letzter Zugriff 2021-01-21. https://www.verbraucherzentrale-bayern.de/wissen/haetten-sies-gewusst/woraus-besteht-kaugummi-35635

6 Tschesnokowa, O. 2020: Was alles in Kaugummis steckt. 2020-10-22. Letzter Zugriff 2021-01-21. https://www.gesundheit.de/ernaehrung/rund-ums-lebensmittel/kaugummi-kauen

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

Problematik

Gebrauchtes und klebriges Kaugummi ist insbesondere in städtischen Umfeldern praktisch überall zu sehen. Es landet auf dem Fußboden in öffentlichen Bereichen oder auch auf einem Sitz im ÖPNV, im Kino, auf einem Stuhl im Bistro oder einem Barhocker in der Kneipe. Kaugummi ist eines der Produkte, die am häufigsten achtlos in der Umwelt entsorgt werden.[7] Festgetretenes Kaugummi klebt noch Jahre sichtbar am Boden, bis es schließlich in Mikroplastik zerfällt und in der Umwelt verbleibt.

Die Entfernung von Kaugummi ist aufwendig und geschieht meistens über Einfrieren oder Heißdampf oder mit speziellen Reinigungsmitteln, die das Kaugummi auflösen. Dabei verbleibt die Lösung oft in der Natur. Die Reinigungskosten zum Entfernen von Kaugummi im öffentlichen Raum sind enorm: ein bis drei Euro pro Stück. Das entspricht hochgerechnet insgesamt ca. 900 Millionen Euro für Deutschland, wenn man mit zehn Kaugummis pro Quadratmeter auf öffentlichen Plätzen rechnet, mancherorts sogar bis zu 80 Stück pro Quadratmeter.[8]

Marktvolumen in Deutschland / der EU

Das Marktvolumen in der EU beträgt 70.000 Tonnen pro Jahr,[9] für Deutschland ergibt dies umgerechnet etwa 11.000 Tonnen.

Biologisch abbaubare Produkte am Markt

Wenige kleine Unternehmen bzw. Start-ups haben Kaugummi auf Basis von natürlichen Rohstoffen wie Chiclegummi und zum Teil traditionellen Rezepturen entwickelt und am Markt eingeführt. Sie werben mit

„biologischem Abbau“, in der Regel allerdings ohne Nachweis bzw. Zertifikat.

Politische und regulatorische Aspekte

Kaugummi ist trotz seiner nicht biologisch abbaubaren Inhaltsstoffe laut Lebensmittelbasisverordnung ein Lebensmittel.[10] Weder im KrWG noch in der BioAbfV gibt es jedoch eine Regelung, wie speziell Kaugummi zu entsorgen ist. Entsorgt werden muss es also theoretisch über den Restmüll.

Sonstige Barrieren

Barrieren sind vor allem die Marktdominanz weniger großer Kaugummimarken, die keine biologisch abbaubaren Sorten anbieten. Darüber hinaus wissen

7 Umweltbundesamt 2020: Weiterhin sehr hohes Aufkommen von Abfällen in der Umwelt. 2020-05.28. Letzter Zugriff 2021-01-21. https://www.umweltbundesamt.de/themen/weiterhin-sehr-hohes-aufkommen-von-abfaellen-in-der

8 Salz 2016: Mit Heißdampf gegen Kaugummis. 2016-07-20. Letzter Zugriff 2021-01-21. https://bi-medien.de/fachzeitschriften/galabau/kommunaltechnik/mit-heissdampf-gegen-kaugummis

9 Eurostat Datenbank Prodcom 2021. Letzter Zugriff 2021-01-21. https://ec.europa.eu/eurostat/de/web/main/data/database

10 Europäisches Parlament und Rat 2002: VERORDNUNG (EG) Nr. 178/2002 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 28. Januar 2002 zur Festlegung der allgemeinen Grundsätze und Anforderungen des Lebensmittelrechts, zur Errichtung der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit und zur Festlegung von Verfahren zur Lebensmittelsicherheit. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften, 2002-02-01. Download unter https://www.bfr.bund.de/cm/343/2002_178_de_efsa.pdf

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

Verbraucher, häufig nicht, dass Kaugummi in der Regel aus Erdöl besteht und natürliche Alternativen ohne Genusseinbußen möglich sind. Alternative Kaugummihersteller haben bislang einen so kleinen Marktanteil, dass sie kaum bekannt sind – was sich aber im Rahmen der Mikroplastik-Diskussion langsam ändern könnte.

Technische Anforderungen

Das Produkt benötigt eine Lebensmittelzulassung und muss beständig gegenüber Speichel und Hydrolyse sein. Die Elastizität und die Bruchdehnung müssen hoch sein, zudem muss eine Zähigkeit gegeben sein. Auch nach einiger Kauzeit muss das Kaugummi noch fest sein. Grundsätzlich ist eine Geschmacksneutralität nützlich, da Geschmäcker individuell hinzugefügt werden sollten. Nach seiner Zweckerfüllung sollte das biologisch abbaubare Kaugummi innerhalb weniger Monaten durch UV und Witterung abgebaut werden können.

Relevante Standards und Zertifikate

Da Kaugummis nach ihrer Nutzung häufig auf dem Boden, Steinen oder vor allem Asphalt verbleiben, wäre ein Standard zur biologischen Abbaubarkeit für diese Bedingungen gefragt. Insbesondere für Asphalt gibt es jedoch derzeit keinen anwendbaren Standard zur Abbaubarkeit.

Am ehesten könnte man sich aber an den Zertifizierungen für biologischen Abbau im Boden und Süßwasser von TÜV Austria orientieren, auch wenn dann die realen Abbauzeiten auf z. B. Asphalt aufgrund der geringeren biologischen Aktivität länger ausfallen dürften.

Mögliche Substitute

Mögliche umweltfreundliche Substitute sind verschiedene natürliche Gummis wie Chiclegummi oder Jelutong (Milchsaft der Baumsorte Dyera costulata), die ursprünglich für Kaugummi verwendet wurden. Weiterhin sind natürliche Wachse verfügbar (z. B. Candellila-Wachse). Mindestens drei Produkte aus Chicle-Kaumasse sind bereits am Markt verfügbar, verfügen jedoch nicht über ein Zertifikat bzgl. der biologischen Abbaubarkeit, weil kein passender Standard existiert.[11] Ein Patent über umweltfreundliches Kaugummi basierend auf PHA (Homopolymere und Copolymere) ist bereits angemeldet, allerdings bis jetzt ohne konkrete kommerzielle Anwendung.[12]

Ein anderer Ansatz ist es, ein Material zu finden, das sich auf Asphalt zumindest soweit auflöst (z. B. durch UV-Strahlung), dass es mit dem Regen weggespült wird und anschließend im Wasser biologisch abbauen kann. Dieser wurde allerdings bisher nicht weiter erforscht.

Ausblick

Die Gesellschaft hat sich daran gewöhnt, dass überall Kaugummi zu finden ist, welches nicht biologisch abbaut und dauerhaft in der Umwelt verbleibt. Erste Produkte aus umweltfreundlichem Material zeigen, dass es neue Ansätze gibt: Kaugummi kann theoretisch in bestimmten Umgebungen biologisch abbauen und schnell wieder aus der Umwelt verschwinden, jedoch fehlen hier noch Standards, die auch den Verbleib auf Asphalt einschließen. Sobald Öffentlichkeit, Umweltgruppen und Politik diese Option erkennen, könnten sich hier große Märkte für Alternativen öffnen sowie erhebliche Reinigungskosten eingespart werden.

11 Rau, L. 2020: Plastikfreie Kaugummis aus Baumsaft. 2020-10-26. Letzter Zugriff 2021-01-21. https://enorm-magazin.de/lebensstil/nachhaltige-produkte/plastikfreie-kaugummis-aus-baumsaft

12 Weisheng, L., Charles, P.O. 2001: Environmentally friendly chewing gum bases including Polyhydroxyalkanoates. US6194008B1.

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

Kunststoffgranulat für Betonplattentransport

Ohne regulatorische Vorgaben wenig Chancen – trotz Potenzial im Baubereich

Beschreibung

Für den Transport von Betonplatten wird häufig Kunststoffgranulat verwendet. Dieses wird zwischen die Platten gestreut, um Reibung und somit Beschädigung zu vermeiden.

Derzeit hauptsächlich verwendetes Material

Das heute eingesetzte Material ist in der Regel Polyethylen niedriger Dichte.[1]

Problematik

Bei und nach dem Verlegen der Betonsteine hat das Kunststoffgranulat seinen Dienst getan und wird anschließend im besten Fall eingesaugt oder zusammengekehrt. Stets verbleibt ein – je nach Sorgfalt und Wind unterschiedlich großer – Rest an Kunststoffgranulaten in Bodenritzen, Abwasser oder Gartenerde, der nicht abgefangen werden kann und in die Umwelt gelangt. Aus den Kunststoffgranulaten werden dann über die Jahre, durch mechanischen Abrieb und andere Umwelteinflüsse, Mikroplastikpartikel.

Marktvolumen in Deutschland / der EU

Das Marktvolumen betrug im Jahr 2020 in Deutschland etwa 800 Tonnen.[2] Für die EU wird auf Basis dieser Zahl ein ungefährer Bedarf von etwa 5.000 Tonnen errechnet.

1 Plastiker 2019: LWB-Steinl: Biofibre-Streugutgranulat schützt Betonstein-Oberflächen. 2019-10-09. Letzter Zugriff 2021-01-06. https://plasticker.de/news/shownews.php?nr=35979&nlid=58565.w.h.2019-10-09

2 Glammert, C. (biofibre) 2020: Persönliche Kommunikation. 2020-10-17

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

Biologisch abbaubare Produkte am Markt

Mindestens ein Unternehmen bietet relevante Mengen industriell kompostierbaren Granulats für Betonplattentransport aus PLA an. Granulate für Betonplattentransport, die im Rahmen verfügbarer Zertifikateim Boden biologisch abgebaut werden, konnten bei den Recherchen nicht gefunden werden.

Politische und regulatorische Aspekte

Die Entsorgung des Granulats unterliegt dem Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG), welches keinen biologischen Abbau vorsieht.

Das Bundes-Bodenschutzgesetz kann insofern hinzugezogen werden, als zum Beispiel alle Grundstückseigentümer dazu verpflichtet sind, zu verhindern, dass dem Boden Schäden entstehen. Ob Kunststoffpartikel im Sinne des Gesetzes als schädliche Substanzen gelten, war nicht abschließend zu klären. Es sind zurzeit keine Grenzwerte für Mikroplastik im Boden festgelegt, die im Sinne des Bundes-Bodenschutzgesetzes dementsprechend auch nicht herangezogen werden können.

Sonstige Barrieren

Fehlendes Bewusstsein beim Anwender, höhere Preise und eine geringe Verfügbarkeit am Markt stellen die wichtigsten Barrieren dar.

Technische Anforderungen

Die Kügelchen müssen die Betonprodukte vor Kratzern und Defekten schützen. Deshalb müssen sie eine hohe Energieaufnahmefähigkeit und Druckfestigkeit aufweisen. Außerdem sollten sie eine hohe Festigkeit und Schlagzähigkeit besitzen, um zu vermeiden, dass die Betonplatten miteinander in Kontakt kommen. Ansonsten müssen die Kügelchen keine weiteren besonderen mechanischen Eigenschaften aufweisen. Sie haben eine kurze Lebensdauer, wenn

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

sie nicht wiederverwendet werden können und sollten schnell biologisch abbaubar sein, wenn sie in die Umwelt gelangen und im Boden verbleiben.

Relevante Standards und Zertifikate

Die Zertifizierungen von TÜV Austria für biologischen Abbau im Boden sowie für weitere Umgebungen, in denen die Anwendung enden kann, sind für diese Anwendung relevant.

Mögliche Substitute

Ein mögliches Substitut sind bio-basierte Polyester (z. B. PBSA oder PBAT), ggf. verstärkt mit Naturfasern oder Zellulose. Entsprechende Materialien sind bereits am Markt verfügbar und erfüllen die technischen Anforderungen, sind jedoch nicht zertifiziert.

Eine weitere Alternative könnte Stärke sein, die bspw. mit Naturfasern verstärkt wird. Ein Nachweis der technischen Machbarkeit steht noch aus. Ein Granulat aus Sonnenblumenschalen und Bio-PBS ist ebenfalls möglich[3] sowie PHA-basiertes Granulat[4].

Wenn auch ein biologischer Abbau akzeptiert wird, der länger dauert als in den genannten Zertifikaten vorgesehen, so könnten auch PLA-Granulate eingesetzt werden.

Eine andere, wiederverwendbare und bereits praktizierte Möglichkeit sind Gummimatten. Diese werden zwischen die Platten gelegt und nach dem Transport wieder eingerollt und vielfach wiedergenutzt.[5]

Ausblick

Technisch wäre es möglich, für diese Anwendung im Boden biologisch abbaubare Polymere einzusetzen. Da diese Alternativen aber deutlich teurer sind, werden sie erst relevante Marktanteile erreichen, sobald entsprechende regulatorische Vorgaben erlassen sind. Diese sollten dann auch für andere, entsprechende Anwendungen im Baubereich gelten.

3 Trumme, R. (Golden Compound) 2020: Persönliche Kommunikation. 2020-06-24

4 Ravenstijn, J. (GO!PHA) 2020: Persönliche Kommunikation. 2020-07-30

5 Dreser, S. (betonpunk) 2020: Persönliche Kommunikation. 2020-03-12

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

12 Glossar

Abkürzung	Deutsche Bezeichnung	Englische Bezeichnung
AbfKlärV	Klärschlammverordnung	Sewage Sludge Regulation (Germany)
ABS	Acrylnitril-Butadien-Styrol-Copolymer	Acrylonitrile butadiene styrene
AbwV	Abwasserverordnung	Waste Water Regulation (Germany)
ALDFG	aufgegebenes, verlorengegangenes und weggeworfenes Fanggerät	Abandoned, lost or otherwise discarded fishing gear
BAW	Richtlinien der Bundesanstalt für Wasserbau	Guidelines of the Federal Waterways Engineering and Research Institute (Germany)
BfR	Bundesinstitut für Risikobewertung	German federal institute for risk assessment
BioAbfV	Bioabfallverordnung	Organic Waste Regulation (Germany)
Bundes-Boden-schutzgesetz	Bundes-Bodenschutzgesetz	Federal Soil protection Act (Germany)
CA	Zellulose-Acetat	Cellulose acetate
DüMV	Düngemittelverordnung	Fertiliser Regulation (Germany)
ECHA	Europäische Chemikalienagentur	European Chemical Agency
EU	Europäische Union	European Union
EK	Europäische Kommission	European Commission
EVOH/ EVAL	Ethylen-Vinylalkohol-Copolymer	Ethylene vinyl alcohol
FAO	Ernährungs- und Landwirtschafts-organisation der Vereinten Nationen	Food and Agriculture Organisation
H_2O	Wasser	Water
HDPE	Polyethylen hoher Dichte	High-Density Polyethylene
IIR	Isobuten-Isopren-Kautschuk (Butylkautschuk)	Isobutylene-isoprene rubber (Butyl rubber)
INCI	Internationale Nomenklatur für kosmetische Inhaltsstoffe	International Nomenclature of Cosmetic Ingredients
KrWG	Kreislaufwirtschaftsgesetz	Recycling Management Act (Germany)
LDPE	Polyethylen niedriger Dichte	Low-Density Polyethylene
LLDPE	Lineares Polyethylen mit niedriger Dichte	Linear low-Density Polyethylene
MEPC	Ausschuss für den Schutz der Meeresumwelt	Marine Environment Protection Committee
PA	Polyamid	Polyamide
PBAT	Polybutylenadipat-terephthalat	Polybutylene adipate terephthalate
PBS	Polybutylensuccinat	Polybutylene succinate
PBSA	Polybutylensuccinat-adipat	Polybutylene succinate adipate
PBSAT	Polybutylensuccinat-co-adipat-co-	Polybutylene succinate adipate terephthal-
PBST	Polybutylensuccinat-terephthalat	Polybutylene succinate terephthalate
PBT	Polybutylenterephthalat	Polybutylene terephtalate

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

PET	Polyethylenterephthalat	Polyethylene terephtalate
PHA	Polyhydroxyalkanoate	Poly(hydroxyalkanoate)
PHB	Polyhydroxybutyrat	Poly(hydroxybutyrate)
PHBH	Poly(3-hydroxybutyrat-co-3-hydroxyhexanoat)	Poly(3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyhexanoate)
PHBV	Poly(3-hydroxybutyrat-co-3-hydroxyvalerat)	Poly(3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyvalerate)
PIB	Polyisobutylen	Polyisobutylene
PLA	Polylactid	Polylactic acid
PLU-Code	Preis-Nachschlage-Code	Price look-up code
PMMA	Polymethylmethacrylat	Poly(methyl methacrylate)
POM	Polyoxymethylen	Polyoxymethylene
PP	Polypropylen	Polypropylene
PS	Polystyrol	Polystyrene
PTFE	Polytetrafluoroethylen	Polytetrafluoroethylene
PVAC/ PVA	Polyvinylacetat	Polyvinyl acetate
PVC	Polyvinylchlorid	Polyvinyl chloride
PVOH/ PVAL	Polyvinylalkohol	Polyvinyl alcohol
SBR	Styrol-Butadien-Kautschuk	Styrene-butadiene rubber
SUPD	Einwegplastik-Richtlinie	Single-Use Plastics Directive
UN / UNO	Vereinte Nationen	United Nation Organisation
UNCLOS	UN-Seerechtsübereinkommen	UN-Convention on the Law of the Sea
UV-Licht	ultraviolettes Licht	Ultraviolet-Light
WHO	Weltgesundheitsorganisation	World Health Organisation

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications

13 Danksagung

Wir bedanken uns herzlich bei allen Expertinnen und Experten aus dem BioSinn-Beirat und allen weiteren Fachleuten, die uns in diesem Projekt unterstützt haben.

Namentliche Erwähnungen sind in den Fußnoten des Berichts zu finden.

Ein weiterer besonderer Dank gilt der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR)

© 2021 www.renewable-carbon.eu/publications