



FACHINFORMATION BIOKUNSTSTOFFE

Werkstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen –
Einteilung, Anwendung und ökologische Aspekte



Impressum

Das Programm „nawaro markt“ ist Teil der Klimaschutzinitiative klimaaktiv des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW).

Strategische Gesamtkoordination: Abt. Umweltökonomie und Energie - Dr. Martina Schuster, Dr. Katharina Kowalski, Elisabeth Bargmann BA, DI Hannes Bader

Medieninhaber und Herausgeber:

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft
Stubenring 1, 1010 Wien

Verfasser:

Lorenz Strimitzer
Österreichische Energieagentur (Austrian Energy Agency)
Mariahilfer Straße 136
(0)15861524-0
Lorenz.Strimitzer@energyagency.at
www.klimaaktiv.at/nawaro

Foto vom Titelblatt: www.fotolia.com/56001546/Arpad

Stand: Mai 2014

Inhaltsverzeichnis

Vorwort 4

Einleitung Biokunststoffe..... 5

Biologische Abbaubarkeit 6

Biologisch abbaubare Kunststoffe 6

 Stärkekunststoffe 7

 Polylactide 7

 Polyhydroxyalkanoate 8

Biologisch nicht abbaubare Biokunststoffe..... 8

 Celluloseacetat 8

 Polyethylenfuranoat 9

Ökologische Aspekte bei Biokunststoffen 9

Ausblick 11

VORWORT

Konventionelle Kunststoffe sind sehr vielseitige Produkte und aus unserer modernen Welt nicht mehr wegzudenken. Der Wunsch nach ökologisch verträglichen Produkten hat die Entwicklung von sogenannten „Biokunststoffen“ vorangetrieben. Ihre Verwendung kann einen Beitrag zur Minderung von negativen Umweltauswirkungen konventioneller Kunststoffe leisten. Darüber hinaus kann der Verbrauch an fossilem Öl verringert und der Einsatz heimischer Wertstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen forciert werden.

Die vorliegende klimaaktiv Fachinformation ist im Rahmen des von der Österreichischen Energieagentur (Austrian Energy Agency) geleiteten klimaaktiv Programms nawaro markt entstanden. Ziele dieses Programms sind u.a. die Stärkung der stofflichen Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen und eine damit einhergehende Reduktion von CO₂-Emissionen.

Die vorliegende klimaaktiv Fachinformation soll Ihnen als LeserIn einen prägnanten Überblick über am Markt befindliche Biokunststoffe, deren Herstellung, Anwendungsmöglichkeiten und Materialeigenschaften geben. Zum Abschluss wird auf ökologische Aspekte und Kennzeichnungen von Biokunststoffen eingegangen.

Haftungsausschluss: Die Österreichische Energieagentur (Austrian Energy Agency) hat die Inhalte der vorliegenden Publikation mit größter Sorgfalt recherchiert und dokumentiert. Für die Richtigkeit, Vollständigkeit und Aktualität der Inhalte können wir jedoch keine Gewähr übernehmen.

EINLEITUNG BIODERIVATE

Bioderivate, auch Biopolymere genannt, stellen eine innovative Materialklasse dar und können bisher verwendete fossile Kunststoffe in vielen Einsatzgebieten ersetzen.

Der Begriff „bios“ stammt aus dem Griechischen und bedeutet „Leben“. Bioderivate sind eine sehr vielseitige Materialklasse, und die Bezeichnung Bioderivat wird häufig auch für Kunststoffe verwendet, welche zwar biologisch abbaubar sind,

jedoch aus konventionellen petrochemischen Grundstoffen bestehen. Das Präfix „bio“ deutet folglich nicht darauf hin, dass die Rohstoffe aus biologischer Landwirtschaft stammen.

In folgender Abbildung sind weltweit wichtigste Bioderivate nach ihren Eigenschaften „Herkunft“ (biobasiert, fossil) und „biologische Abbaubarkeit“ (abbaubar, nicht abbaubar) übersichtlich dargestellt.

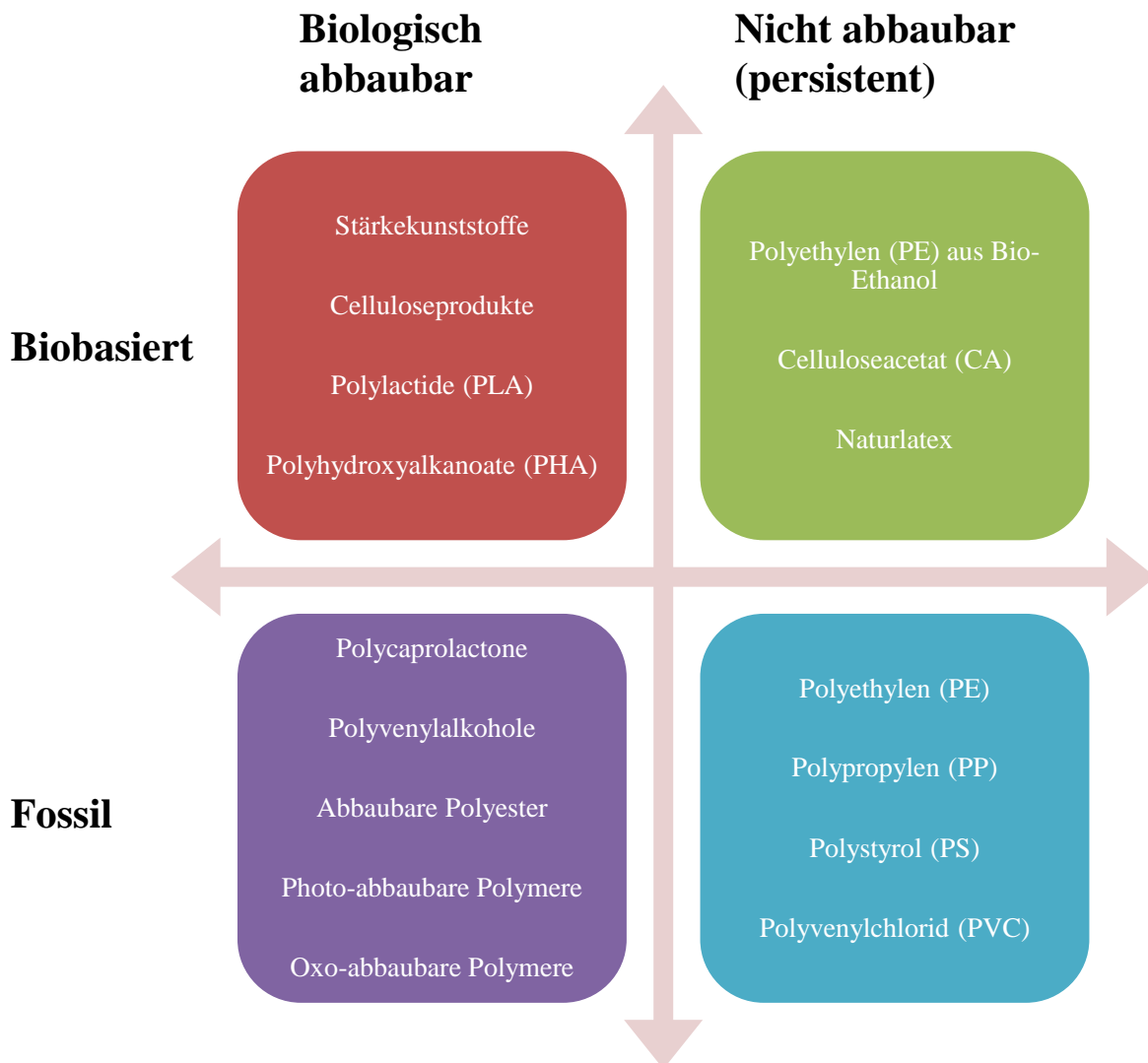


Abbildung 1: Einteilung der Kunststoffe nach Eigenschaften



Der Begriff „Biokunststoff“ wird im alltäglichen Sprachgebrauch oft als Synonym für viele der oben genannten Kunststoffe gebraucht. Seitens des CEN (European Committee for Standardisation) ist ein technischer Bericht¹ verfügbar, welcher die Normungsbestrebungen zu diesem Thema zusammenfasst. Die Unterscheidung zwischen den einzelnen Kunststoffarten ist in der Praxis dadurch erschwert, dass Biokunststoffe oft als sogenannte „Blends“ – d.h. Mischungen mit anderen Kunststoffen – vermarktet werden.

Biokunststoffe sind chemisch gesehen Polymere, d.h. Verbindungen aus Ketten oder verzweigten Molekülen. Man kann zwischen synthetischen („von Menschenhand“ erzeugten) Polymeren und Biopolymeren aus der Natur unterscheiden. Synthetische Polymere können auch aus biogenen Monomeren bestehen, werden aber chemisch verändert, um Produkte mit gewünschten Eigenschaften zu erhalten. So wird biogene Milchsäure etwa zu Polymilchsäure „polymerisiert“. Biopolymere aus der Natur sind etwa Polyhydroxyalkanoate (PHAs) und Stärkekunststoffe. Hier liegt das Polymer bereits in „fertiger“ Form vor.

Ähnlich ihrer fossilen Pendanten gibt es für Biokunststoffe zahlreiche Anwendungsmöglichkeiten und Materialeigenschaften.

BIOLOGISCHE ABBAUBARKEIT

Die biologische Abbaubarkeit ist in Anbetracht der Kunststoffverschmutzung der Ozeane und sonstiger Ökosysteme zweifelsohne eine anzustrebende Eigenschaft. Konventionelle Kunststoffe sind in der Regel wasserabweisend und daher kaum

angreifbar für Mikroorganismen. Diese Eigenschaft verlängert ihre „Lebensdauer“ in der Umwelt. Nicht abbaubare Kunststoffe zerfallen mit der Zeit in immer kleinere Teile und können so leicht in die Nahrungskette gelangen.

Eine Reihe von Normen befasst sich mit der biologischen Abbaubarkeit von Biokunststoffen. In Österreich sind hier vor allem die ÖNORM EN ISO 17556 sowie der Normentwurf (Stand 07.05.2014) ÖNORM EN ISO 20200 zu nennen. Genannte Dokumente und weitere wichtige Publikationen zum Thema können unter den folgenden Adressen kostenpflichtig bezogen werden:

<https://shop.austrian-standards.at>

(Austrian Standards)

<https://www.cen.eu>

(European Committee for Standardization)

Ist die biologische Abbaubarkeit gegeben, kann diese in der Praxis jedoch aufgrund ungünstiger Rottebedingungen länger dauern als unter Versuchsbedingungen.

BIOLOGISCH ABBAUBARE KUNSTSTOFFE

Kunststoffe, die die beiden Eigenschaften „biobasiert“ und „biologisch abbaubar“ vereinen, werden meist aus nachwachsenden Rohstoffen aus der Landwirtschaft (Stärke, Zucker) erzeugt und sind am Markt gut verfügbar. Im Anschluss wird auf die Herstellung und Verwendungsmöglichkeiten der drei gängigsten biobasierten, biologisch abbaubaren Biokunststoffe näher eingegangen:

- Stärkekunststoffe
- Poly lactide
- Polyhydroxyalkanoate

¹ CEN/TR 15932:2010 Plastics – Recommendation for terminology and characterisation of biopolymers and bioplastics



Stärkekunststoffe

Stärke ist die bedeutendste Nahrungsreserve von Pflanzen. Chemisch gesehen ist sie ein Mehrfachzucker (Polysaccharid) aus wasserunlöslichem Amylopektin und wasserlöslicher Amylose. Neben der Hauptanwendung als Lebensmittel wird Stärke bereits für vielfältige stoffliche Anwendungen in der Industrie verwendet, beispielsweise zur biotechnologischen Herstellung von Ethanol und Milchsäure. Des Weiteren kommt Stärke als Additiv in der Papierindustrie, als Bindemittel in der Pharmazie und als Zusatz für Klebstoffe und Kleister zur Anwendung.

Stärkekunststoffe können wiederum unterschieden werden in Thermoplastische Stärke (TPS), partiell fermentierte Stärke, chemisch modifizierte Stärke und Stärkeblends und Stärkecomposites. Beispielhaft ist an dieser Stelle die Herstellung von Thermoplastischer Stärke beschrieben.

In Mitteleuropa werden vor allem Kartoffeln, Getreide und Mais zur Stärkegewinnung angebaut. Thermoplastische Stärke wird in sogenannten Extrudern hergestellt. Unter Zugabe von Additiven (z.B. Glycerin, Polyether etc.) wird die Stärke durch den Einfluss von Temperatur, Druck und Scherkräften zu TPS verarbeitet. Im Extruder wird die natürliche chemische Struktur der Stärke zerstört und die zugegebenen Additive aufgenommen. Dadurch werden die mechanischen Eigenschaften des Endproduktes verbessert. Hier sind insbesondere die Sprödigkeit und weitere Verarbeitbarkeit des Materials zu nennen.

Aus Stärkekunststoffen können die verschiedensten Produkte hergestellt werden. Typische Anwendungen sind etwa Tragetaschen, Einwegbestecke, Mulchfolien und Biomüllsäcke. Stärkeblends eignen sich für viele Verarbeitungsprozesse, beispielsweise Extrusion, Spritzgießen, Blasfolien etc.

Poly lactide

Poly lactide, oder Polymilchsäure (engl. „Poly Lactid Acid“, PLA), besteht aus Milchsäure. Milchsäure kommt in unterschiedlichsten Organismen vor und findet sich auch in vielen Lebensmitteln (z.B. Sauerteig, Sauerkraut etc.). Üblicherweise wird Milchsäure im Zuge einer Fermentation, d.h. enzymatischen Umwandlung, aus landwirtschaftlichen Rohstoffen gewonnen. Die hierfür benötigten Enzyme stammen von speziellen Bakterienarten wie beispielsweise Lactobacillen. Als Rohstoff können die unterschiedlichsten kohlenhydrathaltigen Rohstoffe aus der Landwirtschaft verwendet werden. Nach der Fermentation wird die Milchsäure von der Biomasse getrennt und für eine weitere Verarbeitung aufbereitet. Für die Herstellung des Biokunststoffes Polymilchsäure (PLA) ist die Anwendung verschiedener Verfahren möglich. Unter Verwendung von Katalysatoren wird die gewonnene Milchsäure letztendlich zu Polymilchsäure polymerisiert.

Polymilchsäure ist aufgrund seiner Eigenschaften für die Anwendung einer Vielzahl an Kunststoffverarbeitungsverfahren geeignet. Dementsprechend vielseitig sind die aus PLA hergestellten Produkte. PLA wird derzeit jedoch hauptsächlich in der Verpackungsindustrie für Lebensmittelverpackungen eingesetzt. Der Werkstoff kann aber auch konventionelles Polyethylen (PE) in vielen Anwendungen ersetzen. Eine Reihe von Eigenschaften von PLA ist für den Einsatz als Lebensmittelverpackung vorteilhaft, beispielsweise sind PLA-Kunststoffe bedruckbar und fettbeständig. Die Beschaffenheit von PLA ist gut mit jener von Polystyrol (PS) zu vergleichen. Insofern ergeben sich hier Potentiale zum Ersatz von konventionellem PS durch PLA. Vorteilhaft ist des Weiteren, dass PLA deutlich durchlässiger für Sauerstoff und Wasser ist. Dies begünstigt das



Frischhaltevermögen von Obst und Gemüse.

Als für gewisse Anwendungen nachteilig kann die Eigenschaft gesehen werden, dass PLA-Produkte wenig hitzebeständig sind.

Polyhydroxyalkanoate

Polyhydroxyalkanoate (PHAs) sind Polymere aus biogenen Monomeren. Allerdings werden diese „Biopolymere der Natur“ zur Gänze von Bakterien synthetisiert. Zur Gruppe der PHAs zählen verschiedene Polymere, das derzeit bedeutendste ist das Polyhydroxybutyrat (PHB).

Die Herstellung von PHAs ist mit verschiedenen Verfahren möglich. Derzeit ist die bakterielle Fermentation das am weitesten verbreitete Verfahren. Hierbei werden die Polymere von bestimmten Bakterien im Zuge des Stoffwechsels als eine Art Reservestoff im Zellinneren eingelagert. Diese Einlagerung kann gesteuert werden, indem die Lebensbedingungen der Bakterien künstlich verändert werden. Die Einlagerung der Polymere erfolgt bei einer Mangelsituation an Nährstoffen und gleichzeitigem Überschuss an Kohlenstoff. Das Wachstum der Bakterienkultur erfolgt üblicher Weise in Fermentationsbehältern. Danach werden die gebildeten PHAs von der Zellsuspension abgetrennt und aufkonzentriert. Meist erfolgt eine Zugabe von Additiven, um die Materialeigenschaften im Hinblick auf künftige Anwendungen zu verbessern.

Ähnlich den zuvor vorgestellten Biokunststoffen, gibt es für PHAs vielfältige mögliche Anwendungen, beispielsweise als Verpackung (Flaschen), Tragetaschen etc. Reines PHB ist in seinen Eigenschaften dem konventionellen Massenkunststoff Polypropylen (PP) relativ ähnlich.

Hervorzuheben ist an dieser Stelle, dass PHB für Mensch und Tier nicht toxisch ist. Möglich sind somit Anwendungen in der Human- und Tiermedizin, beispielsweise als Implantat.

BIOLOGISCH NICHT ABBAUBARE BOKUNSTSTOFFE

Biologisch nicht abbaubare Kunststoffe können sowohl aus biobasierten, als auch aus fossilen Rohstoffen hergestellt werden. Erste wären beispielsweise Polyethylen (PE), welches aus Ethanol aus landwirtschaftlichen Rohstoffen gewonnen wird und somit einen Biokunststoff darstellt. Die nicht abbaubaren Kunststoffe fossilen Ursprungs umfassen sämtliche konventionelle, petrochemische Massenkunststoffe wie Polyethylen (PE), Polypropylen (PP), Polyvinylchlorid (PVC) und Polystyrol (PS).

Beispielhaft werden im Folgenden

- Celluloseacetat (CA) und
- Polyethylenfuranoat (PEF)

vorgestellt.

Celluloseacetat

Celluloseacetat wurde bereits im 19. Jhdt. erstmals hergestellt. Wie der Name verrät, wird dieses Biopolymer aus Cellulose gewonnen. Cellulose ist ein sehr häufiges Polymer der Natur und stellt die Hauptverbindung der pflanzlichen Zellwand dar. Je nach Baumart besteht Holz in etwa aus 40 - 50 % Cellulose. In Baumwolle liegt sie hingegen fast in Reinform dar.

Cellulose ist aus langen Ketten von Glucosmolekülen aufgebaut. Diese Ketten lagern sich wiederum zu sog. Mikrofibrillen zusammen, welche sich wiederum zu Cellulosefasern zusammenschließen. Neben



Celluloseacetat kann aus Cellulose eine Vielzahl an Polymerverbindungen gewonnen werden. Unter Einsatz von Säuren wird die Cellulose verestert und so Biokunststoffe erzeugt.

Für organische Celluloseester bestehen mannigfaltige Anwendungsmöglichkeiten. In der Vergangenheit wurden vollständig veresterte Cellulosekunststoffe primär als Trägermaterial für die Herstellung von Filmen und Folien verwendet. Teilweise veresterte Cellulosekunststoffe können beispielsweise zu Fasern für Zigarettenfilter und Bekleidung verarbeitet werden. Unter Wärmeeinwirkung verformbare (thermoplastische) Cellulosekunststoffe können zu einer Vielzahl an Gebrauchsgegenständen verarbeitet werden.

Polyethylenfuranoat

Als neue und innovative Entwicklung auf dem Markt der nichtabbaubaren Biokunststoffe ist Polyethylenfuranoat (PEF) zu sehen. Es wird erwartet, dass PEF die bestehenden PET-Flaschen (Polyethylen-terephthalat) zukünftig ersetzen kann.

Es gibt bereits Bestrebungen großer Getränke- und Lebensmittelkonzerne PEF-Flaschen zu entwickeln. Der Vorteil wird neben den biogenen Rohmaterialien in der Möglichkeit gesehen, PEF mit PET zu mischen. Demnach wären PEF-Flaschen für ein gewöhnliches derzeit bestehendes Sammelsystem für PET-Flaschen geeignet.

ÖKOLOGISCHE ASPEKTE BEI BOKUNSTSTOFFEN

Biokunststoffe werden meist aus biogenen Materialien hergestellt. „Biogen“ bedeutet in diesem Zusammenhang, dass die Rohstoffe aus biogenem Kohlenstoff bestehen. Wird dieser Kohlenstoff bei Verbrennung oder Kompostierung wieder freigesetzt,

kann er unmittelbar als CO₂ von den Pflanzen im Zuge der Photosynthese aufgenommen werden („kurzer Kohlenstoffkreislauf“). Somit werden keine fossilen Kohlenstoffspeicher aufgebraucht und die Atmosphäre nicht zusätzlich mit CO₂ angereichert. In diesem Zusammenhang kann man von stofflichem Nutzen von Biokunststoffen sprechen.

Die Bewertung von Umweltauswirkungen ist meist komplex. Dies soll an folgendem einfachen Beispiel verdeutlicht werden: Für die Betrachtung der ökologischen Vorteilhaftigkeit von Biokunststoffen ist der gesamte Lebenszyklus heranzuziehen. Wird in der Herstellung von Biokunststoff viel CO₂ emittiert, kann der stoffliche Nutzen (s.o.) dadurch überkompensiert werden. Es kann daher nicht pauschal davon ausgegangen werden, dass Biokunststoffe per se die ökologisch vorteilhaftere Variante darstellen. In Ökobilanzen zu diesem Thema können die Ergebnisse u.a. stark von der Rohstoffbasis, dem Produktionsverfahren, der gewählten Systemgrenze und dem Anwendungsbereich des Kunststoffes abhängen.

Biokunststoffe auf Basis biogener Rohstoffe weisen jedoch meist geringere CO₂ Emissionen als vergleichbare fossile Kunststoffe auf. Darüber hinaus leisten sie einen Beitrag zur Ressourcenschonung und Ressourceneffizienz. Problematisch sind nicht abbaubare Kunststoffe vor allem dann, wenn sie nicht im Rahmen der Abfallwirtschaft erfasst werden und in der Umwelt landen („Littering“). Herkömmliche petrochemische Kunststoffe tragen in vielen Ländern und insbesondere in den Ozeanen aufgrund ihrer sehr langen Lebensdauer zu einer erheblichen Umweltverschmutzung bei². Der Einsatz biolo-

² Shah A.A., Hasan F., Hameed A. und Ahmed S. (2008): Biological degradation of plastics: A comprehensive review. In: Biotechnology Advances, Volume 26, 3; Seiten 246-265.



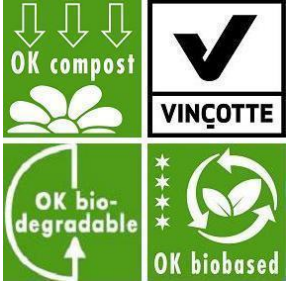


gisch abbaubarer Kunststoffe könnte diesen Effekt mildern.

Diese Labels sollen Ihnen als KonsumentIn Einblick in die Eigenschaften und Rohstoffherkunft von Biokunststoffen geben.

Im Anschluss wird auf einige wichtige Labels für Biokunststoffe eingegangen.

Tabelle 1: Überblick über wichtige Labels für Biokunststoffe

Label	Erläuterung
	<p>Der "Keimling" ist eine Marke von European Bioplastics und kennzeichnet ausschließlich kompostierbare Biokunststoffe. Als Grundlage für diese Zertifizierung dient die Europäische Norm EN 13432 und der Amerikanischen Norm für Kompostierbarkeit ASTM 6400. Dieses Label kann sowohl von DIN CERTCO oder Vinçotte vergeben werden.</p>
	<p>Der TÜVReinland gibt mit einer DIN CERTCO Zertifizierung an welchen Anteil des biobasierten Kunststoffes an der Gesamtmenge hat (ASTM 6866). Der Anteil an nachwachsenden Rohstoffen wird in Prozent oberhalb DIN Logos angegeben:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Biobasiert 20 - 50 % ▪ Biobasiert 50 - 80 % ▪ Biobasiert > 85 %
	<p>Der belgische Zertifizierer Vinçotte prüft ebenfalls nach EN 13432 und ASTM 6866. Hier können grundsätzlich drei verschiedene Labels für Biokunststoffe vergeben werden.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Das Siegel „Ok compost“ kennzeichnet industriell kompostierbares Material. Der mögliche Zusatz HOME gibt an, ob das Produkt auch unter normalen Bedingungen zuhause kompostierbar ist. • Das Siegel „OK degradable“ kennzeichnet ein biologisch abbaubares Produkt. Mit dem Zusatz SOIL oder WATER wird ergänzt in welcher Umgebung der Kunststoff abbaubar ist. <p>Das Siegel „OK biobased“ gibt Auskunft über den Anteil biobasierten, d. h. nicht aus Rohöl stammenden Kohlenstoffs. Die Anzahl der Sterne zeigt dabei die Menge des biobasierten Materials an, bezogen auf den Gesamtkohlenstoffgehalt:</p> <ul style="list-style-type: none"> * zwischen 20 und 40 % ** zwischen 40 und 60 % *** zwischen 60 und 80 % **** über 80 % biobasiert

AUSBLICK

Verglichen mit herkömmlichen petrochemischen Kunststoffen ist der Einsatz von Biokunststoffen bislang noch wenig verbreitet.

Biokunststoffe haben dann ein großes Potenzial, wenn sie aufgrund ihrer Materialeigenschaften neue Segmente erschließen und ihren ökologischen Vorteil im Rahmen einer umweltverträglichen Rohstoffproduktion und –verarbeitung weiter ausbauen.

Der Einsatz von Biokunststoffen ist jedoch nicht uneingeschränkt als ökologisch vorteilhaft zu bewerten. Wenn es aber gelingt, petrochemische, nicht abbaubare Kunststoffe in unverzichtbaren Anwendungen zu ersetzen, wäre dies ein wichtiger Schritt in Richtung einer „biobased Economy“.