



Biokunststoffe

Kunststoffgeneration mit Zukunft

Sekundarstufe 1+2





Was sind Kunststoffe?

Der für Kunststoffe umgangssprachlich auch verwendete Begriff „Plastik“ beschreibt treffend die Tatsache, dass man diese Werkstoffe in fast jede gewünschte Form bringen kann.

„Plastik“-Kunststoffe bestehen im Gegensatz zu anderen formbaren bzw. geformten Werkstoffen (wie z.B. Metall oder Glas) nicht aus anorganischen Rohstoffen, sondern werden in den meisten Fällen aus fossilen organischen Rohstoffen (insbesondere Erdöl, mitunter auch Erdgas) hergestellt. Durch gezielte chemische oder thermische Trennungsmethoden („cracken“) lassen sich einfache reaktionsfreudige Grundverbindungen, sogenannte

Monomere (griech.: „aus einem Teil bestehend“) gewinnen. Über verschiedene Verfahren lassen sich diese dann mittels chemischer Reaktionen, ähnlich wie die Glieder einer Kette, zu langen Ketten oder verzweigten netzartigen Formen verbinden. Aus den einzelnen Teilchen, den Monomeren, ist somit ein Polymer (griech.: „aus vielen Teilen bestehend“) geworden.

Je nach Anordnung dieser langkettigen oder netzartigen Polymere und der Zugabe von speziellen Zusatzstoffen (sog. Additive) kann man unter-

schiedliche **Kunststoff-Werkstoffe**

mit verschiedenen Eigenschaften herstellen. Diese unterscheiden sich dann z. B. in ihrem Aussehen, ihrer Festigkeit, ihrer Formbarkeit oder ihrer Verarbeitbarkeit – und somit letztlich in ihrer Verwendbarkeit.

Wie werden Kunststoffprodukte hergestellt?

Wie bereits beschrieben, werden Kunststoffe meist aus Erdöl- oder Erdgas-Teilchen hergestellt, die durch chemische Reaktionen aneinandergefügt werden und dann eine Masse bilden. Abhängig von den Eigenschaften, die das spätere Produkt haben soll, gibt es – ähnlich wie beim Kochen – verschiedene Rezepte, bei denen unter Hitze die verschiedenen „Teigmassen“ mit unterschiedlichen **Zusatzstoffen** versehen und durchmischt werden. Diese Zusatzstoffe sind z.B. Weichmacher, Fasern zur Erhöhung der Stabilität, Stoffe zur Erhöhung der Haltbarkeit und Langlebigkeit, Farbstoffe, brandhemmende Mittel etc. Nach dem Abkühlen wird der fertige „Kunststoffteig“ zu einem Granulat zerkleinert und geht an weiter verarbeitende Fabriken. Dort wird das Granulat dann wieder zu einem „Teig“ aufgeschmolzen und in speziellen Maschinen zu Formen gepresst, zu Folien oder zu Flaschen geblasen, durch Formgebungsmaschinen gedrückt oder zu Fäden gezogen.

So entstehen unterschiedliche Produkte und Formen wie Folien, Flaschen, Becher, Rohre, Bauprofile, Spielzeug, Obstschalen, Geschirr, Textilfäden und vieles mehr.

Kunststoffe im Alltag

So vielfältig, wie sich die einzelnen Teilchen zu Polymerstrukturen zusammenfügen und diese sich durch Zusatzstoffe in ihren Eigenschaften steuern lassen, so mannigfaltig sind die Verwendungsmöglichkeiten für Kunststoffe. Die vielen Einsatzmöglichkeiten und die vergleichsweise einfache und billige Produktion von Kunststoffen haben dazu geführt, dass Kunststoffe heute aus unserem Alltag kaum noch wegzudenken sind.

Dabei spielen jedoch Massenkunststoffe wie Polyethylen (PE), Polypropylen (PP), Polyvinylchlorid (PVC), Polystyrol (PS), Polyurethan (PU), Polyethylenterephthalat (PET) und Polycarbonat (PC) mit einem Anteil von rund 90 % die größte Rolle. Etwa 65 % der Kunststoff-Werkstoffe werden zur Herstellung von Produkten mit einer mittleren bis längeren Lebensdauer von 1 bis >10 Jahren verwendet. Die restlichen etwa 35% der produzierten Kunststoffe werden mit steigender Mengentendenz zur Herstellung kurzlebiger Produkte verwendet. Dabei handelt es sich zumeist um Verpackungen, die quasi nach nur einmaliger Nutzung ihren Zweck erfüllt haben und anschließend als Abfall entsorgt werden.





Kunststoffe und ihre Schattenseiten

Die stetig steigende Menge an Kunststoff-Müll, bedenkliche Inhaltsstoffe, der unüberschaubar lange Zersetzungsprozess sowie eine in den meisten Fällen unzureichend geregelte Müllentsorgung stellen ein wachsendes Problem für unsere Umwelt, unsere begrenzt zur Verfügung stehenden Ressourcen und sogar unsere Gesundheit dar.

Müll in den Meeren – Müllstrudel

Nicht überall gibt es geregelte Müllentsorgungssysteme. In vielen Ländern landet der Müll irgendwo in der Landschaft oder wird auf notdürftigen Deponien oder gar im Meer entsorgt. Im Meer wird Kunststoff durch Steine und die Kräfte von Strömung und Wellen in immer kleiner werdende Teilchen zerrieben, die sich weltweit in riesigen Müllstrudeln ansammeln. Sie werden von Meeresbewohnern und Seevögeln fälschlicherweise für Nahrung gehalten und gefressen – mit fatalen Folgen: die Tiere sterben, erstickt oder mit einem Magen voller Plastik. Außerdem geben kleinste Plastikteilchen die in ihnen enthaltenen Zusatzstoffe (z.B. Flammenschutzmittel oder Weichmacher) an die Organismen ab, die sie aufnehmen.

Mikroplastik – klein aber gewaltig

Mikroplastik, so nennt man Kleinstplastikteilchen, entsteht zum Einen aus den in die Umwelt gelangten Kunststoffabfällen (denn konventionelle Kunststoffe zersetzen sich nicht, sondern werden einfach immer kleiner) sammeln sich in den Müllstrudeln, den Sedimenten und Stränden. Zum Anderen gelangen sie über die Abwässer der Kläranlagen in die Gewässer: Durch Auswaschung aus Fleecekleidung und als Bestandteile von vielen Kosmetikprodukten (z.B. Peelings und Duschgels). Mikroplastikpartikel binden im Meer Schadstoffe an ihre Oberfläche, was zu einer Anreicherung dieser Schadstoffe in der Nahrungskette führt, d.h. schlussendlich im Fisch auf unserem Teller landet.

Zusatzstoffe – kritisch für die Gesundheit

Fast alle Kunststoffe enthalten Zusatzstoffe, von denen einige bedenklich oder gar schädlich sein können, mit denen wir aber trotzdem direkt oder indirekt konfrontiert werden: Aus Verpackungen oder Flaschen können sie beispielsweise in die Lebensmittel oder Getränke entweichen, aus Möbeln, Matratzen, Wandfarben, Heimtextilien indirekt über die Raumluft oder von der auf der Haut liegenden Kleidung werden sie vom Körper aufgenommen (Regenjacken, Gummistiefel, Badelatschen, ...) oder über Spielzeug gelangen sie direkt in den Körper. Über Jahre hinweg können sie sich im Menschen anreichern und dort nachweislich z.B. Hormonstörungen, Unfruchtbarkeit oder Krebs verursachen. Hier stehen besonders manche Weichmacher (z.B. Phthalate) oder andere chemische Syntheseverbindungen (z.B. Bisphenole) in der Kritik.

Was kommt danach?

Intelligente Entsorgung und Verwertung

Die meisten konventionellen Kunststoffe sind außerordentlich beständig. Dieser Materialvorteil hat allerdings auch seine Schattenseiten, denn meist sind Kunststoffprodukte nicht so lange in Gebrauch, wie das Material eigentlich halten würde. Verpackungen werden nach dem Öffnen weggeworfen, Kleidungsstücke oder Elektrogeräte entsorgt, weil sie nach kurzer Zeit nicht mehr modern oder up-to-date sind. Angesichts der daraus resultierenden Kunststoff-Abfallmengen stellt die Entsorgung derart beständiger Materialien, die sich in der Umwelt kaum abbauen, ein grundsätzliches Problem dar. Wohin mit der zunehmenden Menge an Verpackungsmüll und anderen nicht mehr benötigten Kunststoffprodukten?

Viele Kunststoffe haben den Vorteil, dass sie sich grundsätzlich gut wiederverwerten, also recyceln lassen. Insofern sind Kunststoffabfälle, ebenso wie einige andere Wertstoffe, unter dem Gesichtspunkt des Ressourcenschutzes nicht wertlos! Daher führen wir hierzulande durch intelligente Mülltrennung eine Vorsortierung nach Müllkategorien durch und entsorgen Verpackungsmüll mit dem „Grünen Punkt“ im „Gelben Sack“ oder der „Gelben Tonne“. Ein Teil der im Verpackungsmüll enthaltenen Wert- und Kunststoffe lässt sich anschließend mittels moderner Sortieranlagen heraustrennen und einer Wiederverwertung zuführen, so dass wertvolle Rohstoffe eingespart werden können. Alle nicht trennbaren oder nicht zuordenbaren Kunststoffabfälle werden hierzulande zusammen mit anderem brennbaren Restmüll in Müllverbrennungsanlagen verbrannt. Dabei wird in den meisten Fällen aus dem brennbaren Kunststoffmüll gleichzeitig Energie in Form von Wärme und Strom gewonnen, wodurch zumindest ebenfalls Rohstoffe eingespart werden.



Was sind Biokunststoffe?

Biokunststoffe zählen zur Gesamtgruppe der **Biowerkstoffe**. Zu den Biowerkstoffen gehören auch die sogenannten „Bioverbundwerkstoffe“ (z.B. Naturfaserverstärkte Kunststoffe, Holz-Kunststoff-Verbundwerkstoffe und Holzwerkstoffe). Unter **Biowerkstoffen** versteht man im Allgemeinen Werkstoffe, die vollständig oder zu relevanten Anteilen aus nachwachsenden Rohstoffen bestehen.

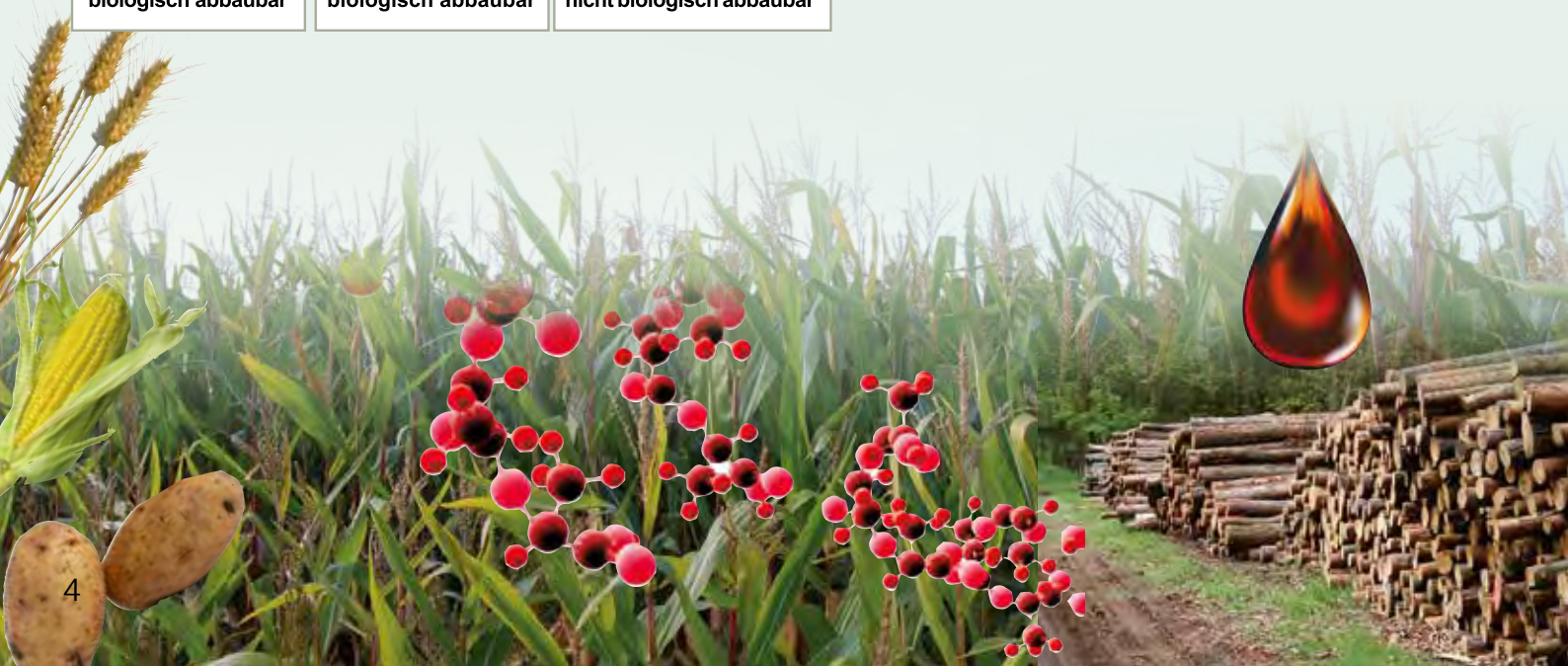
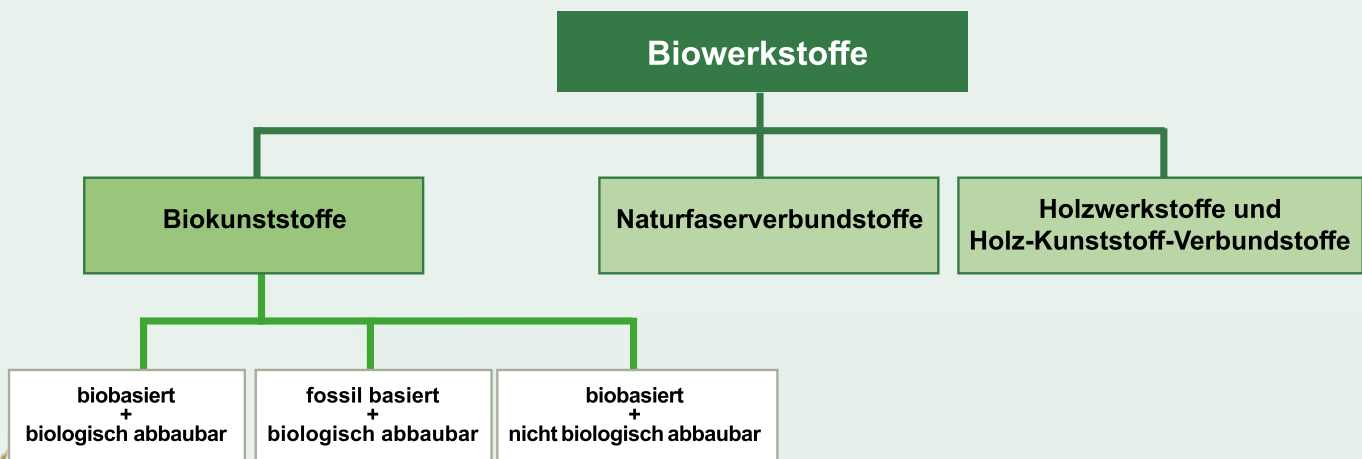
Während herkömmliche Kunststoffe aus fossilen Rohstoffen wie Erdöl oder Erdgas hergestellt werden, werden Biokunststoffe in den meisten Fällen überwiegend oder vollständig aus pflanzlichen und teilweise auch tierischen Polymerprodukten hergestellt und sind somit „biobasiert“. Auch werden solche Kunststoffe als *Biokunststoffe* bezeichnet, die sich biologisch abbauen. In vielen Fällen sind biobasierte Kunststoffe auch biologisch abbaubar, was aber nicht zwangsweise der Fall sein muss. Andererseits gibt es auch aus fossilen Rohstoffen hergestellte Kunststoffe, die biologisch abbaubar sind und somit ebenfalls als *Biokunststoffe* bezeichnet werden können.

→ Insofern ist der Begriff *Biokunststoff* derzeit noch nicht genau definiert.

Biobasierte Biokunststoffe und ihre Rohstoffe

Ausgangsstoffe zur Herstellung biobasierter Biokunststoffe sind insbesondere Zucker, Stärke, Cellulose und Fettsäuren, die chemisch oder biotechnisch verändert und zu Kunststoffen verarbeitet werden können.

Als mögliche Rohstofflieferanten kommen eine Vielzahl von Pflanzen wie Mais, Weizen, Kartoffeln, Zuckerrüben, Holz und Ölpflanzen in Frage. Aber auch Algen und Schalen von Krabben (Chitin als Reststoff aus der Lebensmittelindustrie) gelten als potenzielle Rohstofflieferanten, mit denen derzeit experimentiert wird.



Sind Biokunststoffe besser als herkömmliche Kunststoffe?

Diese Frage lässt sich derzeit aus qualitativer Sicht nicht pauschal, sondern ausschließlich einzelfallbezogen beantworten.

Kunststoffe werden in der Regel genau für ihren Anwendungszweck konzipiert. Demnach unterscheidet sich der Kunststoff für einen Fahrradhelm von dem für ein Spielzeugauto oder eine Zahnbürste. Auch bei Verpackungen: Molkereiprodukte bedürfen anderer Verpackungseigenschaften als Obst- und Gemüseprodukte, Getränke, Fleisch- und Wurstwaren oder Backwaren.

Bestimmte Biokunststoffe verfügen mitunter über neuartige Eigenschaften und bieten somit die Chance für neue Anwendungsfelder, während andere Biokunststoffe Alternativen darstellen können.

Ein wesentlicher Punkt, bei dem Biokunststoffe theoretisch in der Lage sind zu punkten, ist der Aspekt des Ressourcenschutzes, nämlich der Einsparung fossiler Rohstoffe. Dieser steht und fällt jedoch mit dem Aufwand (Energie und CO₂-Bilanz), mit dem die Rohstoffpflanzen erzeugt und verarbeitet werden, wie weit die Rohstoffe transportiert werden und ob die daraus hergestellten Kunststoffprodukte wieder recycelt werden können.

Landwirtschaft, Biokunststoffindustrie, Umweltorganisationen, Entsorgungsbetriebe und Verbraucher vertreten mitunter unterschiedliche Positionen zu den Vor- und Nachteilen von Biokunststoffen.

So sehen die einen in Ihnen die Chance auf zusätzliche Produktions- und Einkommensalternativen für Landwirte, während die anderen die Gefahr einer sich dadurch verschärfenden Flächenkonkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion sehen.

Entsorgungs- und Recyclingunternehmen stehen ihnen insofern reserviert gegenüber, als dass die meisten Biokunststoffe derzeit nicht recyclingfähig sind und als Störstoffe den Recyclingprozess erschweren oder die Produktqualität der Rezyklate verschlechtern und die Aufbereitungskosten erhöhen können. Weiterhin sind sie skeptisch, weil sich abbaubare Biokunststoffe im Bioabfall mitunter wider Erwarten nicht ausreichend abbauen und am Ende als sichtbare Partikel im Kompost verbleiben.

Die Biokunststoffforschung ist derzeit noch eine relativ junge Disziplin, die sich in stetiger Entwicklung befindet. Die Verbesserung der Ökobilanzen und Recyclingmöglichkeiten, die Produktoptimierung sowie die Entwicklung neuer Anwendungsmöglichkeiten sind derzeit wichtige Kernthemen. Auch an der biologischen Abbaubarkeit von Biokunststoffen im Meer wird derzeit intensiv geforscht, ebenso, wie im Falle medizinischer Anwendungen, an der Resorbierbarkeit von Biokunststoffen im Körper.

Beispiele von Biokunststoffen	Rohstoffbasis	Anwendungsgebiete (z.B.)
Biobasierte, biologisch abbaubare Kunststoffe		
Stärkeblends (thermoplastisch modifizierte Stärke)	Stärkepflanzen: Mais, Kartoffeln, Getreide	Folien, Tüten, Verpackungen, Joghurtbecher, Papierbeschichtungen, Pflanztöpfe, Besteck
PLA (Polylactide)	Milchsäure	Mulchfolien (Landwirtschaft/Gartenbau), Verpackungen, Medizintechnik (Implantate)
PHA (Polyhydroxyalkanoate)	durch Bakterien aus Gärung von Zucker und Fetten hergestellt	Lebensmittelverpackungen, medizintechnik (Nahtmaterial, Implantate)
Biobasierte, biologisch <u>nicht</u> abbaubare Kunststoffe		
Bio-PE Bio-PET (Biopolyethylen) Bio-PP (Biopolypropylen)	Zucker- und Stärkehaltige Pflanzen	Getränkeflaschen, Folien, Kosmetikbehälter, Rohre
Biobasierte Werkstoffe: WPC (Holz-Polymer-Werkstoff) NFK (Naturfaserverstärkte Kunststoffe)	Holz Flachs, Hanf, Jute, Sisal	Terrassendielen, Möbel, Fensterbänke Vliese, Filze, Automobilindustrie, Skateboards
CA (Celluloseacetat) Acetatfasern	Cellulose aus Baumwolle, Holz,	Brillengestelle, Kugelschreiber, Lampenschirme, Viskose, Lyocell
Gummi / Naturkautschuk	Milchsaft der Kautschukpflanze	Matratzen, Autoreifen, Dichtungsprofile, Latexprodukte

Verwertung und Entsorgung von Biokunststoffen

Biologischer Abbau / Kompostierbarkeit

Der Begriff der „biologischen Abbaubarkeit“ ist zunächst einmal wenig aussagekräftig, da sich viele Materialien im Laufe der Zeit irgendwann unter chemischen, physikalischen und biologischen Einflüssen abbauen. Daher bedarf der Begriff der „Biologischen Abbaubarkeit“, im Zusammenhang mit der Bewertung von Abfällen, zwingend einer zeitlichen Begrenzung und einer Definition realistisch herstellbarer Umgebungsbedingungen. Für die Entsorgung von biologisch abbaubaren Kunststoffen im

Rahmen einer technischen Kompostierung wurde daher eine Norm entwickelt, nach der diese innerhalb der üblichen Kompostierungsverfahren vollständig zersetzt werden müssen. Nur solche Produkte dürfen den „Keimling“ als Siegel tragen. Das Siegel

ist letztlich bei Freigabe durch den jeweiligen kommunalen Abfallentsorgungsbetrieb das Erkennungszeichen, dass Verbraucher derartig gekennzeichnete Beutel zur bequemen Entsorgung ihrer Bioabfälle in der „Grünen Tonne“ verwenden dürfen.

Wenn Kompostierungsanlagen die notwendigen Umgebungsbedingungen nicht gewährleisten können, kann es vorkommen, dass die kompostierbaren Kunststoffe nach Abschluss des Kompostierungsvorgangs nicht vollständig abgebaut sind. Verbleibende Kunststoffpartikel im Kompost sind Störstoffe, die die Vermarktung von Kompostdünger erschweren. Daher steht es den Entsorgungsbetrieben frei, die Entsorgung kompostierbarer Kunststoffe in ihrem Einzugsgebiet auch auszuschließen.

Der Kompost im eigenen Hausgarten hat nicht die erforderlichen Umgebungsbedingungen, weshalb sich hier die üblichen Bioabfallbeutel schlecht abbauen.

Eine besondere Bedeutung hat der Aspekt der „biologischen Abbaubarkeit“ im Gartenbau und der Landwirtschaft. Hier verbleiben immer wieder Kunststoffteile, beispielsweise von Folien oder Befestigungselementen im Boden oder in den Ernteabfällen. Wenn diese nach relativ kurzer Zeit rückstandslos von Mikroorganismen abgebaut werden können, ist dies eine erhebliche Entlastung von wertvollen Böden, die der Nahrungsmittelproduktion dienen. Ein weiterer Bereich für die Anwendung biologisch abbaubarer Produkte ist die Medizin. Hierzu gehören beispielsweise im Körper resorbierbare – also im Körper abbaubare – Fäden, Pflaster, Wundkleber, Medikamentenkapseln oder gar Implantate. Hier finden sich Produkte in der medizinischen Forschung und teils auch schon in der Anwendung.

Recycling

Theoretisch sind Biopolymere grundsätzlich recyclingfähig, also wiederverwertbar. In der Praxis können die meisten neuartigen Biokunststoffprodukte jedoch derzeit nicht recycelt werden, weil sortenspezifische Abfallmengen aufgrund des noch geringen Aufkommens nicht in ausreichendem Umfang anfallen. Daher lohnt sich momentan die Installation entsprechender Sortieranlagen für derartige Nischenkunststoffe nicht.

Herkömmliche, weit verbreitete Kunststoffsorten wie PET oder PE können mittlerweile auch biobasiert erzeugt werden, sind chemisch identisch mit den fossil basierten und kommen langsam auf den Markt. Sie sind gleichermaßen recyclingfähig wie ihre fossil erzeugten Ebenbilder und können insofern in bereits bestehenden Sortieranlagen gleichermaßen behandelt werden.

Energetische Verwertung

Unter dem Begriff der „Energetischen Verwertung“ versteht man entweder die Abfallverbrennung oder Abfallvergärung, beides mit anschließender Gewinnung von Wärme und/oder Strom. Je nach durch die Verbrennung bzw. Vergärung erzielbaren Energiegehalt abzüglich der im Produkt enthaltenen Produktionsenergie, kann die Verbrennung eines biobasierten Kunststoffes, im Vergleich zu einem konventionellen Kunststoff, klimafreundlicher ausfallen, wenn möglichst nur soviel CO₂ freigesetzt wird, wie das pflanzliche Ausgangsmaterial während der Wachstumsphase gespeichert hatte.

Der Biokunststoffmarkt

Der heutige Anteil der Biokunststoffe am Gesamtkunststoffmarkt ist mit einem Anteil von ca. 1 % noch sehr gering. Das technische Potenzial wird dagegen mit einem Anteil zwischen 10 und 40 % beziffert. Daher sieht man die Biokunststoffe als starken Wachstumsmarkt mit vielen neuen Potenzialen, Chancen und Entwicklungsmöglichkeiten. Dementsprechend engagieren sich insbesondere Chemiker, Biotechnologen, Biologen und Kunststofftechnologien in diesem Zukunftsfeld.



Biologische Abbaubarkeit nach DIN EN 13432:

... dass sich ein Material nach einer festgeschriebenen Zeit unter definierten Temperatur-, Sauerstoff- und Feuchtebedingungen in der Anwesenheit von Mikroorganismen und Pilzen zu mehr als 90% zu Wasser, Kohlendioxid (CO₂) und Biomasse abgebaut haben muss.

Müll trennen
Plastik-Abfall vermeiden
Auf Langlebigkeit achten
Mehrwegverpackungen nutzen
Mikroplastik meiden
Naturfasern bevorzugen
Naturwerkstoffe bevorzugen

Was kannst Du tun?

- **Verzichte beim Einkauf auf Plastik-Tüten.**
→ Nimm eigene Tüten, Einkaufstaschen oder deinen Rucksack!
- **Vermeide den Kauf von Einweg- und Wegwerfartikeln.**
→ Mehrfach verwendbare Produkte schonen den Geldbeutel und die Umwelt!
- **Es muss nicht immer das neueste Modell sein .**
→ Nutze deine Produkte lieber solange wie möglich!
- **Verzichte auf Produkte mit übertrieben aufwändiger, doppelter und kleinteiliger Verpackung.**
→ Hierbei handelt es sich meist um Mogelpackungen, mit denen Hersteller dir größere Füllmengen suggerieren wollen!
- **Kaufe loses Gemüse sowie Käse und Wurst von der Frischetheke.**
→ Zuhause lagerst du es in geeigneten Behältnissen (am besten aus Glas) im Frischefach des Kühlschranks!
- **Kaufe Getränke und Milch am besten in Glas- und Mehrwegflaschen.**
- **Trenne deinen Müll!**
→ Nur so ermöglichst du, dass Wertstoffe überhaupt recycelt und wiederverwertet werden können.
- **Vermeide Kosmetikprodukte mit Mikroplastik!**
→ Mikroplastik taucht oft versteckt in pulverisierter Form als Schleif-, Binde- oder Füllmittel auf.
Hier hilft App „CodeCheck“: sie gibt per Scan des Strichcodes Auskunft über die einzelnen Bestandteile des gescannten Produktes.
- **Achte bei Textilien auf Herstellung und Inhaltsstoffe.**
→ Im Textil- und Outdoor-Bereich gibt es einige Hersteller, die bei der Produktion auf Nachhaltigkeitsaspekte achten wie Langlebigkeit, Reparaturfreundlichkeit, Verwendung recycelter oder ressourcenschonender Materialien, umweltfreundliche Farbstoffe oder faire Produktion. Zur Produktverbesserung kommen hier mitunter Biokunststofffasern oder Naturfasern zum Einsatz, z.B. bei modernen Funktionstextilien aus Wolle bzw. mit Wollanteilen.
- **Vermeide wenn möglich Kunststoffe in der Wohnung.**
→ Auch in unserer Wohnung sind wir Tag und Nacht von Kunststoffen umgeben, die mitunter bedenkliche Stoffe in die Raumluft abgeben können und im Hausstaub nachweisbar sind. Kunststoffe sind z.B. in Kunststoffmöbeln, Möbeln aus kunstharzgebundenen Holzwerkstoffen, Wandfarben, Matratzen und Heimtextilien. Hier gibt es Alternativen wie beispielsweise Vollholztüren, Holzfenster, Massivholzmöbel, ökologische Wandfarben, Naturfasermatratzen oder Naturfaser-Heimtextilien. Solche wohngesunden Produkte findet man in speziellen Öko-Baumärkten, in denen man sich beraten lassen kann.
- **Wirf Müll nicht achtlos in die Umwelt.**
→ Nimm Deine Abfälle nach Picknick, Ausflug oder Strandbesuch zur Entsorgung mit.



HESSEN



Impressum

Herausgeber

Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen
Kölnische Straße 48 - 50
34117 Kassel



Tel.: 0561 7299 0, Fax: 0561 7299 220

E-Mail: zentrale@llh.hessen.de

Internet: www.llh.hessen.de

Verantwortlich: Fachinformation Biorohstoffnutzung – HessenRohstoffe (HeRo)

Fotos:

LLH, Jürgen Oberguggenberger / pixelio.de, Vladimir Melnik / Fotolia.com,
Tomboy2290 / Fotolia.com, Henryk Olszewski, Fotolia.com,

Auflage: März 2019