



# Biokunststoffe

## Kunststoffe aus nachwachsenden Rohstoffen

**Kunststoffe sind ein wichtiger alltäglicher Werkstoff, den man bisher meist aus fossilen Rohstoffen erzeugt. Als Biokunststoffe (englisch „bioplastics“) bezeichnet man jene Kunststoffe, die aus nachwachsenden Rohstoffen wie Zucker, Stärke, Zellulose und Pflanzenölen hergestellt werden. Diese innovativen Werkstoffe sollen helfen, die fossilen Ressourcen zu schonen.**

### Sachinformation:

#### Alternative zu fossilen Rohstoffen

Biokunststoffe ersetzen bereits heute in einigen Bereichen erdölbasierte Kunststoffe. Dies betrifft vorwiegend Produkte, bei denen eine schnelle biologische Abbaubarkeit im Anschluss an ihre Nutzung erwünscht ist. Solche Produkte, wie z.B. Verpackungen, Einweggeschirr und Abfalltüten werden dann mithilfe von Mikroorganismen in Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>), Wasser, Wärme und Humus abgebaut.

Die wichtigsten Ausgangsstoffe für Biokunststoffe sind landwirtschaftliche Rohstoffe wie Stärke, Zellulose, Zucker und Pflanzenöle. Als Lieferanten kommen eine Vielzahl von Pflanzen in Frage: v.a. Mais, Weizen, Kartoffeln, Zuckerrüben,

holzbildende Pflanzen und Ölpflanzen. Der Vorteil von Biokunststoffen: Fossile Ressourcen werden geschont und bei der energetischen Verwertung, d.h. bei der Verbrennung, setzen sie nur das CO<sub>2</sub> wieder frei, das die Rohstoffpflanzen während ihrer Wachstumsphase der Atmosphäre entnommen haben. Sie tragen somit nicht zu einem Anstieg der Treibhausgase bei.

#### Die häufigsten Biokunststoffe

Milchsäurebakterien vergären Zucker und Stärke zu Milchsäure. Der häufigste Rohstoff ist Maisstärke, weitere sind Glucose, Malz und Molke. Die gewonnene Milchsäure wird später zu dem Kunststoff **Polymilchsäure** (kurz PLA für Polyactid) polymerisiert. Dabei verbindet sich die Methylgruppe eines Milchsäuremoleküls mit der Carboxylgruppe eines anderen Moleküls (Polykondensation durch Veresterung). Der

### Lernziele und Kompetenzen:

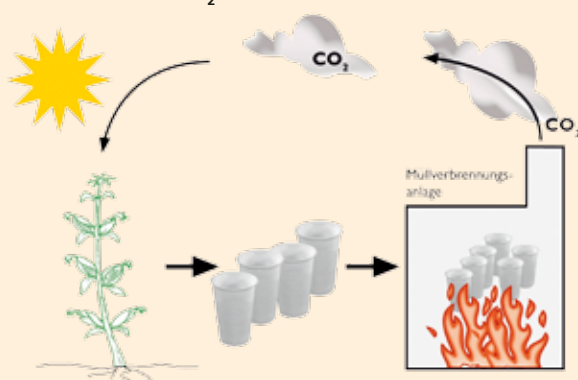
- Die Schülerinnen und Schüler
- lesen und bearbeiten einen Sachtext zur Vielfalt der Biokunststoffe und Problematik von Kunststoffen;
  - stellen experimentell einen Biokunststoff her;
  - entwickeln Ideen, um Kunststoffabfälle zu vermeiden;
  - hinterfragen den eigenen Plastikkonsum.

**Fach:** Chemie zu den Themen Ester, (Bio-) Polymere und Kunststoffe bzw. Erdkunde zu Abfallentsorgung, Schonung fossiler Rohstoffe und Gefährdung der Weltmeere

Kunststoff PLA ist wasserfest und wird z.B. für Joghurtbecher und Obstverpackungen genutzt.

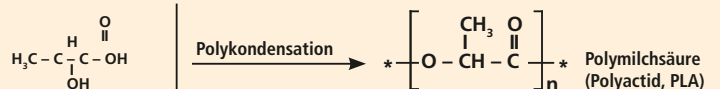
**Stärkeblends** werden je nach Anwendungsgebiet maßgeschneidert produziert. Sie setzen sich aus Stärke und biologisch abbaubaren Polymeren wie Polyester, Polyesteramide, Polyurethane oder Polyvinylalkohol zusammen. Die Polymere sind wasserabweisend und gleichen die für die Nutzung als Kunststoff negative Eigenschaft der Stärke, Wasser aufzunehmen, aus. Im Extruder verbinden sich die Komponenten zu einem wasserfesten, thermoplastischen Stärkekunststoff. Kompostierbare Abfalltüten, Pflanztüten, Besteck und Verpackungschips bestehen aus diesem Material. Ein anderer beliebter Werkstoff ist der thermoplastische Kunststoff **Celluloseacetat** (CA). Cellulose ist wie Stärke ein natürliches Biopolymer aus der Gruppe der Kohlenhydrate und kommt in den meisten Pflanzen vor, z.B. in Holz, Baumwolle oder Gras. Dort ist es als reißfeste Faser der Baustoff für die Pflanzenstruktur. Cellulose besteht aus Hunderten

### Geschlossener CO<sub>2</sub>-Kreislauf



Quelle: Kompetenzzentrum HessenRohstoffe (HeRo) e.V., 2012

### Entstehung von Polymilchsäure



Milchsäure  
2-Hydroxypropansäure

und Tausenden Cellobiose-Monomeren. Die Cellobiose ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ) wiederum ist ein Zweifachzucker aus zwei Molekülen Glucose.

Zur Herstellung von Biokunststoffen auf Cellulosebasis wird die Cellulose der Pflanzen mit einer Säure verestert, z.B. für Celluloseacetat Cellulose und Essigsäure. CA dient als Material für die Herstellung von Brillen, Haarschmuck und Zigarettenfiltern. Ein anderer bekannter Celluloseester heißt Cellulosenitrat (Celluloid, Schießbaumwolle).

**Naturfaserverstärkte Kunststoffe** (NFK) sind langlebige, nicht biologisch abbaubare Werkstoffe aus Kunststoff und stabilisierenden Naturfasern wie Hanf, Flachs oder Holz. Im Spritzgussverfahren lassen sich aus NFK gut Formteile herstellen. Vor allem findet man diese biobasierten Kunststoffe im Auto, z.B. als Verkleidungen und Armaturenbretter, da sie gute mechanische Eigenschaften und eine geringe Dichte aufweisen. Bei Unfällen brechen NFK ohne scharfe Kanten und splintern nicht. Naturfasern sind zudem leichter und preisgünstiger als Glasfasern.

Eine bekannte Gruppe der NFK sind Wood-Plastics-Composites (WPC), sprich Holzfaserkunststoffe. Sie setzen sich aus Polyethylen (PE), Polypropylen (PP) oder Polyvinylchlorid (PVC) und bis zu 80 Prozent Holzanteil zusammen und werden in der Bau- und Möbelindustrie eingesetzt, gerne auch für Terrassendielen.

**Lignin-basierte Kunststoffe** enthalten Lignin (bzw. Ligninderivate) aus verholzten Pflanzenteilen, ein Abfallprodukt der Papierherstellung. In einem bekannten NFK dient Lignin als Bindemittel: Es bildet mit Flachs, Hanf & Co. einen thermoplastischen Faserbundwerkstoff mit teils ähnlichen Eigenschaften wie natürlich gewachsenes Holz. Dieses „Flüssigholz“ verwendet man z.B. für Gehäuse (Handy, Boxen), Schreibgeräte

### Definition Biokunststoffe

Der Begriff „Biokunststoffe“ oder „Biopolymere“ umfasst Kunststoffe aus nachwachsenden Rohstoffen sowie biologisch abbaubare Kunststoffe auf der Basis von nachwachsenden oder fossilen Rohstoffen. Die Vorsilbe „bio“ steht also für zwei Eigenschaften.



Biologisch abbaubare Kunststoffe tragen zur Kennzeichnung das Logo „kompostierbar“.

### So lange braucht (Plastik-)Müll zum Verrotten:

Maiskolben (zum Vergleich): 6 Monate

Maiskunststofftüte: 3 Jahre

Verpackungsfolie: 100 Jahre

Kunststoff-Einkaufstüte: 400 Jahre

PET-Flasche: 650 Jahre

Daten: SWR, Naturwunder 2011

oder Schmuckstücke. Außerdem wird Lignin z.B. mit PE, PVC oder PA zu anderen Kunststoffen vermischt.

### Problem Kunststoffmüll

Kunststoffe haben den Vorteil, dass die daraus gefertigten Produkte außerordentlich haltbar und langlebig sind. Allerdings sind die meisten Produkte nicht so lange in Gebrauch, wie sie eigentlich halten würden. So wirft man z. B. eine Verpackung nach dem Öffnen des Produktes weg. Insofern führt die Langlebigkeit der Kunststoffe zu Entsorgungsproblemen, zumal die Menge an Verpackungsmüll und der Anteil von Kunststoffprodukten im Abfall weiter zunehmen.

In den meisten Ländern dieser Welt gibt es aber keine professionelle Müllentsorgung. Dort wird der anfallende Müll auf großen Deponien abgelagert oder gar in Flüsse und Meere gekippt. Man findet schon jetzt ungefähr sechsmal mehr Plastikteilchen als Plankton in den Ozeanen. Obwohl Kunststoffe sich kaum zersetzen, abweichen mit der Zeit umwelt- und gesundheitsschädliche Hart- und Weichmacher und gelangen so unbemerkt in Boden, Grundwasser und Nahrung. Plastikmüll ist der größte Zerstörer des ökologischen Gleichgewichts.

### Müll vermeiden & recyceln

Abfälle sind in vielen Fällen nicht wertlos. Jeder sollte seinen Müll nach Kategorien

trennen, z.B. Altpapier, Bioabfall, Verpackungen, Metalle. Die im Verpackungsmüll enthaltenen Kunststoffabfälle, die den „Grünen Punkt“ tragen, lassen sich durch moderne Sortieranlagen nach Kunststoffsorten trennen und zu einem Drittel zurückgewinnen und stofflich wiederverwerten, sprich zu neuen Flaschen, Textilfasern & Co. recyceln. Der Rest wird zur Wärmegegewinnung verbrannt. In Deutschland landen nur unter fünf Prozent der Kunststoffabfälle auf der Deponie. Jedoch sind die Zusätze im Kunststoff, z.B. Dioxine und Furane als Flammschutz, auch beim Recycling problematisch. Um diese giftigen Stoffe isoliert entsorgen zu können, entwickeln Forscher neue Verfahren.

Für Biokunststoffe gibt es aufgrund der geringen Menge und der diversen Materialien derzeit kein Recyclingsystem. Sie gehören deshalb nicht in den Gelben Sack, sondern vorerst noch in den Restmüll. Nur zertifiziert biologisch abbaubare Kunststoffe können in Kompostierungsanlagen kompostiert werden. Die energetische Nutzung ist bisher die interessanteste Alternative.

### Methodisch-didaktische Anregungen:

Als **Einstieg** ist es sinnvoll, dass die SchülerInnen ihren gereinigten Müll einige Tage sammeln und den Kunststoffanteil bestimmen oder eine Liste von ihren Alltagsprodukten aus Kunststoff erstellen. So entwickeln sie eine Vorstellung, wie häufig wir Plastik – vorrangig aus fossilen Rohstoffen – nutzen. Was sind Alternativen zu diesen Müllbergen und zu diesem Ressourcenverbrauch? Die SchülerInnen lesen dann die Sachinformation und bearbeiten **Arbeitsblatt 1**. Begleitend können sie unklare Fachbegriffe nochmal im Chemiebuch nachlesen. Was können und möchten die Jugendlichen tun, um Abfälle und Müllinseln zu vermeiden?

**Arbeitsblatt 2** gibt dann eine Anleitung zur Herstellung einer CA-Folie im Chemieunterricht. Mit der Bastelidee „Upcycling“ (s. S. 27) schließen sie das Thema kreativ ab.

### Links und Literaturtipps:

- ➔ Unterrichtsmaterialien des Kompetenzzentrums HessenRohstoffe (HeRo BioKunststoff-Koffer, Poster und Schülerbroschüre) unter [www.hero-hessen.de](http://www.hero-hessen.de) → Bildung (s. S. 26)
- ➔ Anknüpfendes Unterrichtsmaterial in diesem Heft (S. 27 Upcycling) und in Heft 4 (Vom Acker für die Fabrik, S. 27 Plastikverrottung), in Heft 2 (S. 27 Kartoffelkleister) und in Heft 5 (S. 27 Stärkeschaum)
- ➔ i.m.a.-Unterrichtsmappe und Broschüre „Nachwachsende Rohstoffe“
- ➔ Broschüre und Poster Biokunststoffe der FNR unter <http://mediathek.fnr.de>
- ➔ [www.biokunststoffe.de](http://www.biokunststoffe.de)
- ➔ Filme „Plastic-Planet – Kinder des Plastikzeitalters“ und „Biokunststoff – Plastik sucht seinen Platz“ auf [www.youtube.com](http://www.youtube.com)

# Was sind Biokunststoffe?

1. Definition Biokunststoffe:

Für welche zwei Eigenschaften steht die Vorsilbe Bio?

\_\_\_\_\_ und \_\_\_\_\_

2. Was sind die vier häufigsten Biokunststoffe und aus welchem Rohstoff werden sie gewonnen?

Biokunststoff	Rohstoff

3. Was sind die Vorteile von Biokunststoffen? Fülle den Lückentext.

<b>Biomasse</b>	<b>Wasser</b>	<b>CO<sub>2</sub></b>	<b>Pilze</b>	<b>Pflanzen</b>
<b>Treibhausgase</b>	<b>Bakterien</b>	<b>Kohlendioxid</b>	<b>Enzyme</b>	

Sie setzen nur das \_\_\_\_\_ wieder frei, das die \_\_\_\_\_ während ihrer Wachstumsphase unserer Atmosphäre entnommen haben und tragen somit nicht zu einem Anstieg der \_\_\_\_\_ bei.

Biologisch abbaubare Biokunststoffe werden unter optimalen Kompostierungsbedingungen vollständig in ihre natürlich vorkommenden Ausgangsprodukte umgewandelt. Mikroorganismen wie \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ und \_\_\_\_\_ sorgen dafür, dass nur noch \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ und \_\_\_\_\_ übrig bleiben, die von der Natur weiter verwertet werden.

4. Welche Rohstoffe werden für die Gewinnung von Milchsäure eingesetzt?

\_\_\_\_\_ oder \_\_\_\_\_

5. Aus welchen Ausgangsstoffen wird Celluloseacetat gewonnen?

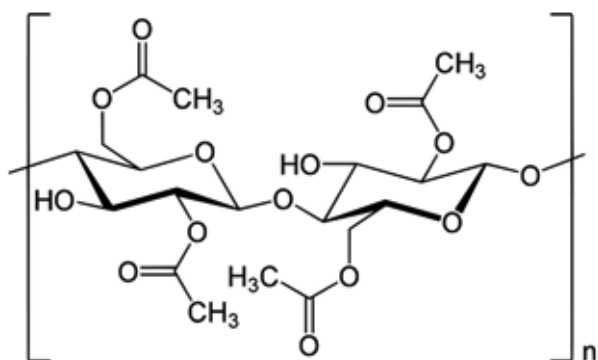
\_\_\_\_\_

6. Wo werden naturfaserverstärkte Kunststoffe häufig eingesetzt?

\_\_\_\_\_

# Experiment: Kunststoff-Folie aus Celluloseacetat

Chemikalien:	8 g Celluloseacetat 50 ml Aceton
Material:	Glasscheibe oder Metallblech Erlenmeyerkolben mit Gummistopfen Messzylinder Glasrührstab Löffel Waage
Durchführung:	Im Erlenmeyerkolben wird zum Celluloseacetat unter Umrühren das Aceton tropfenweise hinzugegeben.  An einem sicheren Ort bleibt der verschlossene Kolben 24 Stunden stehen.  Von der entstandenen klaren Lösung gießt man oder gibt mit einer Pipette vorsichtig etwas von der Celluloseacetatlösung auf eine Glas-scheibe bzw. ein Blech. Kleine Pfützen sind für kleine Folien ausrei-chend. Möchte man eine größere Folie herstellen, muss das Lösungs-gmittel unter dem Abzug verdunsten.
Entsorgung:	Celluloseacetatlösung für weitere Versuche verwenden oder Lösungs-mittel verdampfen lassen, um Celluloseacetat zurückzugewinnen. Größere Mengen flüssiger Lösung im Abzug verdunsten lassen. Feste Rückstände aus der Schale entfernen und in den Abfall geben.
Methodischer Hinweis:	Die Weiterverarbeitung des Celluloseacetats unterscheidet sich von der Herstellung aus Cellulose. Das Produkt Celluloseacetat-Folie wird durch einen reinen Lösungsvorgang hergestellt.



Die chemische Formel zeigt einen Ausschnitt des Celluloseacetatmoleküls mit zwei acetylierten Hydroxygruppen pro Glucosemolekül.