

Biokunststoffe: Eine Alternative?



Leistungsnachweis WAH
Sachanalyse und
Unterrichtsmaterial
Janine Huser

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	3
2. Biologische Abbaubarkeit von Biokunststoffen	3
3. Einsatzbereiche von Bioplastik	4
4. Biokunststoff-Markt	5
5. Biopolymer-Beispiele	5
6. Bewertung von Biokunststoffen	6
6.1 Nachteile.....	6
6.2 Vorteile	6
8. Unterrichtsmaterial	7
8.1 Arbeitsblätter: Kunststoff aus Bananenschalen.....	7
8.2 Arbeitsblatt: Was sind Biokunststoffe?	7
Literaturverzeichnis	10
Abbildungsverzeichnis.....	10

1. Einleitung

Der Kunststoffverbrauch steigt weltweit stetig an und zugleich wird der Rohstoff Erdöl immer knapper. Zudem schaden fossile Rohstoffe der Umwelt. Es wird in Zukunft nötig sein, dass man Alternativen für erdölbasierte Kunststoffe sucht und entwickelt. In dieser Arbeit befasst man sich mit Biokunststoffen, welche eine Möglichkeit sind dem Plastikmüll entgegen zu wirken.

Doch was sind Biokunststoffe? Biokunststoffe werden in biologisch abbaubare Kunststoffe und biobasierte Kunststoffe unterteilt. Sie werden aus unterschiedlichen Rohstoffen und mit verschiedenen Verarbeitungsmethoden hergestellt. Der überwiegende Anteil (60%) besteht aus stärkebasierten Produkten und Mischungen. Natürliche Rohstoffe dafür sind oft Mais, Weizen, Kartoffeln und Tapioka. 15% des Bioplastiks wird aus Cellulose-Acetat aus Holz oder Baumwolle hergestellt, 15%-20% werden aus Polymilchsäure produziert. Die restlichen Prozentanteile bestehen aus anderen natürlichen Rohstoffen (Schneider, 2008, S. 3-11).

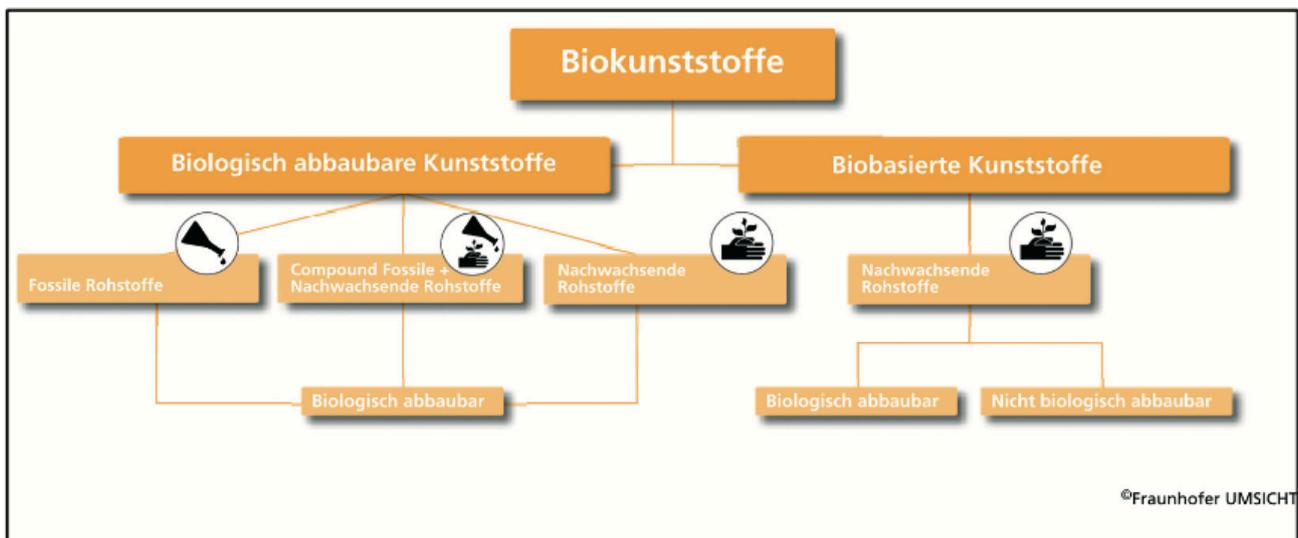


Abbildung 1: Unterteilung der Biokunststoffe in biologisch abbaubare und biobasierte Kunststoffe

2. Biologische Abbaubarkeit von Biokunststoffen

Generell kann, wie bei der Einleitung bereits erwähnt, zwischen biobasierten und biologisch abbaubaren Kunststoffen unterschieden werden (Zeilhofer-Ficker, 2009, S. 3-6).

Biobasierte Kunststoffe basieren auf natürlichen Rohstoffen, z. B. Stärke, Cellulose, Milchsäure oder selten aus Polyhydroxyfettsäuren (PHA). Biologisch abbaubare Kunststoffe können aus Erdöl, nachwachsenden Rohstoffen oder aus einem Gemisch der beiden bestehen. Sie müssen lediglich biologisch abbaubar sein und eine solche Zertifizierung auf dem Produkt aufweisen (Kabasci & Kumpmann, 2007, S.4). Ein Stoff der nur biologisch abbaubar, aber nicht auf biologischen Rohstoffen basiert, nennt man auch BAW für biologisch abbaubare Werkstoffe. Wenn ein Stoff biobasiert und biologisch abbaubar ist, ist das der beste Fall und es werden vor allem durch diese Biokunststoffe Ressourcen gespart und die Umwelt geschont. Das bedeutet, wenn man beispielsweise eine Biokunststofftüte auf den Kompost legt, sie dem Einfluss von Wasser, Licht, Temperatur und Bioorganismen aussetzt, zerfällt sie nach einer bestimmten Zeit in ihre Bestandteile. Übrig bleiben meistens Wasser, Cellulose, Stärke oder ähnliche Substanzen. Man sollte unbedingt immer das Kleingedruckte des Produktes beachten, insbesondere wenn das Produkt nur eine der beiden Eigenschaften von Biokunststoffen aufweist. Womöglich kann es sein, dass z. B. das Produkt in einer industriellen Anlage kompostiert werden muss und nicht einfach zuhause in den Kompost gegeben werden darf (Zeilhofer-Ficker, 2009, S. 3-6).

3. Einsatzbereiche von Bioplastik

Biopolymere könnten theoretisch fast überall die erdölbasierten Kunststoffe ersetzen. Das Problem sind die Herstellungspreise, die noch nicht in allen Bereichen mit den Kunststoffen konkurrenzfähig sind (Schneider, 2008, S. 3-11). Bereits heute werden Biopolymere in verschiedenen Bereichen eingesetzt. Verwendet werden sie in der Verpackungsindustrie und im Cateringbereich. In der Cateringbranche werden die kurzlebigen Produkte wie Geschirr, Besteck, Trinkbecher und Einwickelfolien aus Biokunststoffen hergestellt (Schneider, 2008, S. 3-11). In der Landwirtschaft und im Gartenbau verwendet man teilweise bioabbaubare Mulchfolien. Der Bauer bedeckt seine Felder mit Mulchfolien und später können sie untergepflügt werden. Man muss sie nicht wieder mühsam vom Feld entfernen, säubern und entsorgen. Anzuchttopfe aus Biokunststoffen werden nach dem Gebrauch ebenfalls untergepflügt, sie zersetzen sich dann in der Erde (Schneider, 2006, S. 3-9).

In der Medizin verwendet man schon länger Biokunststoffe. Vom Körper resorbierbare Implantate und Nahtmaterialien aus Biokunststoff sind erfolgreich in der Anwendung, da der menschliche Körper eine gute Verträglichkeit mit den biogenen Polymeren aufweist (Kreindl, 2012, S. 270). Sie absorbieren Feuchtigkeit und lösen sich daher nach einiger Zeit auf, z. B. bei Medikamentenhülsen. Schrauben, Nägel, Implantate und Platten aus Biokunststoffen sind vom Körper resorbierbar und dienen zur Stabilisierung von Knochenbrüchen (Schneider, 2008, S. 3-11). Zudem werden viele Bio-Produkte mit Biokunststoffen verpackt, da diese Käufer in der Regel auf eine umweltfreundliche Verpackung Wert legen. Die ersten Kunststoffe bestanden aus Cellulose, einem natürlichen Rohstoff. In den 30er Jahren wurden diese schnell wieder vergessen, da Kunststoffe aus Mineralöl entwickelt wurden. Erst in den 80er Jahren war die Bevölkerung dank der Ökowelle wieder an umweltbewussteren Alternativen interessiert (Zeilhofer-Ficker, 2009, S.2).

Immer mehr grosse Einkaufsketten geben die Plastiktüten nicht mehr kostenlos ab, sondern fördern Biotragetaschen, die sich mehrmals verwenden lassen. Allerdings können die üblichen Biokunststoffe bei Hitzeeinwirkung von über 60° Celsius schmelzen. Die Entwicklung der Biopolymere ist also noch nicht abgeschlossen und muss weiterentwickelt werden. Zur Verbesserung werden Mischungen und Zusätze hinzugefügt. Diese Produktionstechniken sind sehr teuer und noch am Anfang des Entwicklungsprozesses. Dennoch sind bereits Handyhüllen und Kugelschreiber aus Biokunststoffen auf dem Markt, zudem möchte die Automobilindustrie erste biologische Teile entwickeln (Zeilhofer-Ficker, 2009, S. 3-6). Bereits Henry Ford testete Kunststoffe, die mit Naturfasern aus Soja oder Hanf gefüllt waren und entwickelte unter anderem ein Sojabohnenauto. Dieses Auto sparte 50 Prozent des Gewichts von einem herkömmlichen Auto ein. Im Automobilbau verwendet man 400 000 Tonnen Kunststoffe. Die Automobilindustrie könnte auch ein rentabler Zielmarkt für die Biokunststoffe sein. Aber auch in der Elektronikindustrie sind Biokunststoffe auf dem Vormarsch. Die Forschung ist an der Entwicklung von umweltschonendem Bioplastikmaterial



Abbildung 2: Biologisch abbaubare Folien werden nach Gebrauch untergepflügt

für Consumer-Geräte, bei denen jeweils viel Abfall entsteht (Schneider, 2008, S. 3-11). Gewisse Biokunststoffe werden auch zur Herstellung von Hygieneartikel verwendet, da sie atmungsaktiv, wasserdampfdurchlässig aber trotzdem wasserdicht sind. Beispiele für Hygieneartikel aus Biopolymeren sind Windelfolien, Bettunterlagen, Damenhygieneerzeugnisse und Einmalhandschuhe (Schneider, 2006, S. 3-9).

4. Biokunststoff-Markt

Aufgrund der teureren Preise wird der Bioplastik im Verpackungsbereich verhalten eingesetzt. Dabei wäre es sinnvoll auf die umweltverträglichere Variante zu setzen, denn die Biokunststoffe sind biologisch abbaubar, werden CO₂-neutral verbrannt und sind ressourcensparender, da sie nachwachsen (Kreindl, 2012, S. 271). Aktuell ist der Markt für Biopolymere ein Nischenmarkt. Vom weltweiten Kunststoffverbrauch von 225 Millionen Tonnen beträgt der Anteil weniger als 1 Prozent. Der Branchenverband European Bioplastics, der 78 Unternehmen aus Agrarrohstoff-, Chemie- und Kunststoffindustrie sowie Lebensmittelproduzenten und Entsorger vertritt, prophezeit den Biokunststoffen ein jährliches Wachstum von 20 Prozent. Bis 2020 prophezeit der Branchenverband einen Anteil von 2 Millionen Tonnen (Schneider, 2008, S. 3-11). Viele Unternehmen wollen ihre Produkte zukünftig nachhaltiger produzieren, da unter anderem die Konsumenten immer mehr Wert darauf legen. Zudem will man die Abhängigkeit von fossilen Importen vermindern. Die Biokunststoffe gelangen somit vermehrt in den Fokus der Wirtschaft, Politik und Konsumenten (Schneider, 2008, S. 3-11).

2010 war der wichtigste Absatzmarkt für Biokunststoffe Europa mit einem Anteil von 48 Prozent, gefolgt von Nordamerika und Asien-Pazifik. Die Marktforschung geht davon aus, dass die Region Asien-Pazifik bei der Produktion und dem Verbrauch von Biopolymeren Europa in Zukunft vom ersten Platz ablösen wird (Schneider, 2012, S. 3-9).

5. Biopolymer-Beispiele

Name	Zusammensetzung	Anwendung
MaterBi YI 01 U	Stärke, Cellulosederivate und spezielle Plastifizierer	Spritzgiessverarbeitung: z. B. Catering-Artikel, Verpackungsmaterial und Produkte für den Land-und Gartenbau
Lacea H 100	Polymilchsäure (PLA); entsteht durch die Polymerisation von Milchsäure	Lacea ist durchsichtig und eignet sich deshalb z. B. für Folien, Formteile, Dosen, Becher und Flaschen; ist momentan der beliebteste Biokunststoff
Celluloid (wurde 1869 von den Gebrütern Hyatt in ihrer Fabrik entwickelt)	Cellulose (aus Baumwolle oder Holz)	Z. B. Papier, Pappe und Viskose
Mirel	Maiszucker	Ist bis zu 120°C hitzebeständig; Plastikgeschirr z. B. Heissgetränkebecher
Polyhydroxyfettsäure (PHB)	Wird von vielen Bakterien als Speicherstoffe gebildet; oder von gentechnisch modifizierten Zuckerrüben, Raps, Kartoffeln	Weist ähnliche Eigenschaften wie das petrochemische Polypropylen auf; Lebensmittelverpackungen, Autoteile und Hygieneartikel

Tabelle 1: Beispiele von Biopolymeren

6. Bewertung von Biokunststoffen

6.1 Nachteile

- **Kosten:** Die Produktionsverfahren von Bioplastik können weder in technischer noch in wirtschaftlicher Hinsicht mit den Produktionsverfahren von Kunststoffen mithalten, sie haben einen Entwicklungsrückstand von 30 Jahren (Kreindl, 2012, S. 271). Aufgrund der steigenden Rohölpreise und einer stetigen Zunahme der Nachfrage nach Biokunststoffen, konnten die Produktionskapazitäten weiter ausgelastet werden. Dadurch konnten die Kosten gesenkt werden. Das Verhältnis von 35:1 wurde in den letzten 25 Jahren auf 5:1 reduziert. Das heisst, dass die Produktionskosten von Biokunststoffen durchschnittlich rund fünfmal teurer sind als petrochemische Kunststoffe.
- **Kapazitätsengpässe:** Die Produktionskapazitäten der Biokunststoffe sind gering und daher kam es in der Vergangenheit z. B. beim Biopolymer PLA zu Kapazitätsengpässen. Jedoch haben nun viele Hersteller eine Erhöhung ihrer Produktionskapazitäten angekündigt.
- **Konkurrenz beim Rohstoffwettbewerb:** Neben den Biokunststoffproduzenten benötigt auch der Biokraftstoffmarkt nachwachsende Rohstoffe und es kommt zu gegenseitiger Konkurrenz. Folglich steigen die Preise für die Agrarrohstoffe und damit auch die Lebensmittelpreise. Aufgrund des Rohstoffwettbewerbs schwanken auch die Preise für die nachwachsenden Rohstoffe.
- **Unsichere Nachfrageentwicklung:** Man weiss nicht genau, wie sich die Biokunststoffbranche in der Zukunft entwickeln wird und ob sie sich in einigen Bereichen durchsetzen kann (Schneider, 2008, S. 3-11).
- **Genauigkeit:** Um wirklich Ressourcen zu sparen und die Umweltbelastung zu reduzieren, muss der Biokunststoff biobasiert und biologisch abbaubar sein. Wenn er nur eines von beiden ist, kann es je nach dem sein, dass der Biokunststoff nicht umweltfreundlicher ist als ein herkömmlicher Kunststoff. Deswegen muss man beim umweltbewussten Kauf auch immer das Kleingedruckte der Produkte beachten.

6.2 Vorteile

- **Entsorgung:** Kompostierbare Biokunststoffe können in den Kompost gegeben werden und kehren so in den natürlichen Rohstoffkreislauf zurück. Der Konsument muss die Abfälle nicht deponieren und die Entsorgung wird dadurch erleichtert.
- **CO₂-Einsparpotenzial:** Biokunststoffe verbrauchen weniger CO₂, laut der European Bioplastic können im Durchschnitt 20 bis 30 Prozent eingespart werden (Schneider, 2008, S. 3-11).
- **Schnellere Regenerierbarkeit:** Biokunststoffe sind regenerierbar in einer Zeitspanne von ein bis zehn Jahre. Erdöl benötigt für die Umwandlung im Vergleich mehrere Millionen Jahre (Kreindl, 2012, 265f.).
- **weniger Energieverbrauch:** In einem Bioraffinerieprozess werden die pflanzlichen Ausgangsstoffe in ein chemisches Zwischenprodukt umgewandelt. Dieser Prozess benötigt im Vergleich zum petrochemischen Verfahren tiefere Drücke und Temperaturen und dadurch wird weniger Energie verbraucht als bei der Herstellung von üblichen Kunststoffen (Schneider, 2008, S. 3-11).

7. Zusammenfassung/ Fazit

Biokunststoffe sind vor allem in der Verpackungsindustrie, in der Medizin, im Cateringbereich, in der Landwirtschaft und im Gartenbau im Einsatz. Dennoch ist der Marktanteil von Biopolymeren von nicht ganz einem Prozent noch sehr gering. Aufgrund der Umweltbelastung, der steigenden Ölpreise und der zunehmende Nachfrage der Konsumenten nach umweltfreundlicheren Alternativen setzen immer mehr Unternehmen auf die Biokunststoffe. Für die Unternehmen ist eine Alternative zu den erdölbasierten Kunststoffen wichtig, da die Erdölressourcen in nahbarer Zeit nicht mehr vorhanden sein

werden. Die meisten Biopolymere basieren auf Stärke, Cellulose oder Milchsäure. Ein biobasierter und biologisch abbaubarer Biokunststoff schont die Ressourcen und ist umweltfreundlicher als herkömmliche Kunststoffe. Der Bioplastik ist ein Schritt in die richtige Richtung, er muss aber noch weiter erforscht und entwickelt werden, um noch umweltfreundlicher zu sein.

8. Unterrichtsmaterial

8.1 Arbeitsblätter: Kunststoff aus Bananenschalen

Die Arbeitsblätter befinden sich auf der Seite 9. Der Comic mit der 16-jährigen Elif, die ein Rezept zur Kunststoffgewinnung aus Bananenschalen geschrieben hat, eignet sich als Lektionseinstieg. Der Comic hat einen Alltagsbezug und ist keine erfundene Geschichte. Die Schüler und Schülerinnen sollen jeweils in Partnerarbeit den Versuch selber ausprobieren. Allgemein ist es wichtig, dass die Schüler und Schülerinnen immer wieder die Gelegenheit haben selber praktisch zu arbeiten, um sie besser zu aktivieren und die echte Lernzeit zu erhöhen. Vor dem Versuch sollen die Schüler und Schülerinnen die Sätze für den Versuchsablauf in die richtige Reihenfolge bringen und den zugehörigen Bildern zuordnen (auf dem kleinsten AB hat es noch einen Fehler: es fehlt nach dem Wort „sich“ das Wort „in“). Erst nach der Korrektur und der gemeinsamen Besprechung dürfen sie mit dem Versuch starten. Für diesen Versuch wäre es gut, wenn man ins Schullabor geht, da man einige spezifische Materialien und Chemikalien benötigt. Zudem muss man abklären, ob es im Schullabor einen Trockenschrank gibt. Die benötigten Materialien würde ich in kleinen Plastikkisten bereit legen, damit die Schüler und Schülerinnen eine Kiste nehmen und gleich starten können. Das Bananenschalenpüree würde ich ebenfalls schon vorbereiten und in ein Gefäss füllen, damit die Schüler und Schülerinnen dieses dann in ein kleineres Becherglas abfüllen können. Die Tipps zur Aufgabe auf dem letzten Blatt könnte man beim Lehrertisch deponieren. Falls ein Tandem überhaupt keine Idee zur Lösung der Aufgabe hat, darf sie den Tipp 1 anschauen und muss danach wieder an den Platz gehen und weiter überlegen. Eine Zweiergruppe die bereits einen Ansatz ausgearbeitet hat, darf den Tipp 2 oder 3 anschauen.

Angepasster Schwierigkeitsgrad für die Real bzw. Grundniveau: Man könnte den ganzen Versuch zusätzlich als Lehrerexperiment einmal vorzeigen. Damit ist es für die Schüler und Schülerinnen einfacher den Versuch nach der Zuordnungsübung, Besprechung und dem Lehrerexperiment selber durchzuführen, da sie es nun zusätzlich visuell gesehen haben.

Lernziele: Die Schüler und Schülerinnen können experimentell einen Biokunststoff aus Bananenschalen herstellen.

Die Schüler und Schülerinnen können Vor- und Nachteile zwischen einem Biokunststoff aus Abfall oder aus Lebensmittel notieren.

Lehrplanbezug: WAH 1.2 Kompetenzstufe d

8.2 Arbeitsblatt: Was sind Biokunststoffe?

Das Arbeitsblatt ist auf der nächsten Seite abgedruckt. Bevor man mit diesem Arbeitsblatt arbeitet, sollte man einen Theorieinput über die Biokunststoffe machen. Anschliessend könnte man eine Gruppenarbeit einbauen. In jeder Gruppe sind drei Schüler bzw. Schülerinnen. Jedes Gruppenmitglied bekommt einen spezifischen Text und beantwortet zwei Fragen. Es liest den Text und versucht seine Fragen zu beantworten. Danach werden alle Fragen gemeinsam in der Gruppe ausgetauscht und der jeweilige Experte erklärt den anderen Gruppenmitgliedern seine Fragen. Am Schluss der Gruppenarbeit muss jede Gruppe eine Frage vor der Klasse präsentieren. Je nach Klassengrösse müssen noch mehr Fragen formuliert werden. Bei der 1. Frage sollte die Unterteilung der Biokunststoffe in biobasierende und biologisch abbaubare Kunststoffe weiter vertieft und besprochen werden.

Angepasster Schwierigkeitsgrad für die Real bzw. Grundniveau: Bei der 2. Aufgabe bei der Tabelle könnten die Biokunststoffe und Rohstoffe wie beim Lückentext in einem Kasten angegeben werden. Sie müssen dann die Biokunststoffe den dazugehörigen Rohstoffen zuordnen. Bei der 3. Aufgabe wäre eine Vereinfachung indem möglich, dass man immer nur ein Wort pro Satz in eine Lücke einsetzen muss und nicht z. B. drei Wörter hintereinander drei Lücken bilden. Die Fragen 4-6 könnte man gegen einfachere Fragen austauschen oder bei den Sachtexten der Gruppenarbeit, die Texte so vereinfachen, dass sie gut verständlich sind. Weiter möglich wäre, wichtige Informationen zur Beantwortung der Fragen in den Texten kursiv zu machen.

Lernziele: Die Schüler und Schülerinnen können einen Sachtext über Biokunststoffe lesen und anschliessend Fragen dazu beantworten.

Die Schüler und Schülerinnen können sich über einen gelesenen Sachtext austauschen.

Die Schüler und Schülerinnen können die zwei Eigenschaften von Biokunststoffen erklären.

Lehrplanbezug: WAH 1.2 Kompetenzstufe d

Arbeitsblatt: Was sind Biokunststoffe?¹

Arbeitsblatt 1

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.

Biomasse	Wasser	CO ₂	Pilze	Pflanzen
Treibhausgase	Bakterien	Kohlendioxid	Enzyme	

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?

¹ Kompetenzzentrum Hessen Rohstoffe. (2012). Online unter: http://www.ima-agrar.de/fileadmin/redaktion/lehremagazin/lmp_2013_3/ima_lmp_2013-03_UB_Biokunststoff.pdf (15.11.2016).

Arbeitsblätter: Kunststoff aus Bananenschalen (zu 8.1)²

An dieser Station lernst du, wie du aus Bananenschalen Kunststoff gewinnen kannst.

Du brauchst:

- Pipette
- Bananenschalenpüree
- HCl
- NaOH
- Glycerin
- Trockenschrank
- Petrischale
- Glasstab
- Waage
- Becherglas
- Glasstab

Sei vorsichtig: HCl und NaOH sind ätzend!

So gehst du vor:

Diskutiere, welche Vorteile und Nachteile Kunststoff aus einem Abfallprodukt wie Bananenschalen gegenüber einem aus Kartoffelstärke hat.

© Projekt „Chemie, Umwelt, Nachhaltigkeit“

Kunststoff aus Bananenschalen

Forschungsauftrag:

Die 16-Jährige Elif erhielt 2013 den Google Science Fair-Preis für die Erfindung des Bananen-Kunststoffs. Ihre Anleitung dazu hat sie veröffentlicht. So können alle diesen Kunststoff selber herstellen. Probiere es doch selber einfach mal aus!

© Projekt „Chemie, Umwelt, Nachhaltigkeit“

<p>Versuch: Kunststoff aus Bananenschalen</p> <p>Durchführung</p>	<p>Die Sätze befinden sich der falschen Reihenfolge:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Fülle das Gemisch in eine Petrischale. ■ Fülle 10g des Bananenschalenpürees in ein Becherglas. ■ Stelle die Petrischale für 10-15 Minuten bei 130°C in den Trockenschrank. ■ Fülle mit der Pipette 3 mL HCl, 2 mL Glycerin und 3 mL NaOH in das Becherglas. ■ Rühre das Gemisch mit einem Glasstab um.
---------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<p>Versuch: Kunststoff aus Bananenschalen</p> <p>Auswertung</p>	<p>Tipp 1: Kartoffeln sind Lebensmittel, Bananenschalen dagegen Abfall.</p>
<p>Versuch: Kunststoff aus Bananenschalen</p> <p>Auswertung</p>	<p>Tipp 2: Bananenschalen sind Abfall, also sehr günstig.</p>
<p>Versuch: Kunststoff aus Bananenschalen</p> <p>Auswertung</p>	<p>Tipp 3: Wenn man Kunststoff aus Lebensmitteln herstellt, werden die Lebensmittel teurer, weil mehr gebraucht werden.</p>

² Schmalstieg, A-L., Affeldt, F., Siol, A., Markic, S. & Eilks, I. (o. J.). Biokunststoffe. Für eine nachhaltige Zukunft. Online unter: <http://www.chemiedidaktik.uni-bremen.de/cunlab/Auszug%20Modul%20Biokunststoffe.pdf> (14.11.2016).

Literaturverzeichnis

Kabasci, S. & Kumpmann, I. (2007). Biokunststoffe: Und ab auf den Kompost. In Ingenieur-Forum Westfalen-Ruhr, 2, S. 4-7.

Kreindl, G. (2012). Einsatz von Biokunststoffverpackungen aus Sicht der Abfallwirtschaft. In Thomé-Kozmiensky, K. J. & Goldmann, D. (Hrsg.). Recycling und Rohstoffe (S. 262-290). Nietwerder: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky.

Schneider, A. (2006). Kunststoffindustrie. Kompostierbare Biokunststoffe und Kunststoff-Recycling liegen im Trend. München: GBI-Genios Verlag.

Schneider, A. (2008). Biokunststoffe im Aufbruch. Raus aus der Marktnische. München: GBI-Genios Verlag.

Schneider, A. (2012). Kunststoffe. Globale Nachfrage steigt weiter, Biokunststoffe mit starken Wachstumsaussichten. München: GBI-Genios Verlag.

Zeilhofer-Ficker, I. (2009). Biokunststoffe. Produktionskapazitäten erwünscht. München: GBI-Genios Verlag.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Kabasci, S. & Kumpmann, I. (2007). Biokunststoffe: Und ab auf den Kompost. In Ingenieur-Forum Westfalen-Ruhr, 2, S. 4.

Abbildung 2: Kabasci, S. & Kumpmann, I. (2007). Biokunststoffe: Und ab auf den Kompost. In Ingenieur-Forum Westfalen-Ruhr, 2, S. 6.

Tabelle 1:

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe. (o. J.). Verbundvorhaben: Produktion von Polyhydroxyfettsäuren in Nutzpflanzen, Phase II: Teilvorhaben 5: Kerngenomtransformation von Raps und Zuckerrübe, Phase II. Online unter:

<http://www.fnr.de/projektfoerderung/projekte-und-ergebnisse/aktuell/besondere-inhaltsstoffe/?status=Inhalt&fkz=22007699&untertitel=Besondere&produktlinie=80>
(13.11.2016).

Schneider, A. (2006). Kunststoffindustrie. Kompostierbare Biokunststoffe und Kunststoff-Recycling liegen im Trend. München: GBI-Genios Verlag.

Schneider, A. (2008). Biokunststoffe im Aufbruch. Raus aus der Marktnische. München: GBI-Genios Verlag.

Zeilhofer-Ficker, I. (2009). Biokunststoffe. Produktionskapazitäten erwünscht. München: GBI-Genios Verlag.

Titelbild: Glättli, S. (2013). Online unter: <http://www.kommunalmagazin.ch/kompostbeutel-haben-die-pruefung-bestanden> (14.11.2016).