

Bioabbaubare Kunststoffe

Ein Beitrag von Dennis Dietz



© White Bear Studio/iStock/Getty Images Plus

Die Sensibilität gegenüber der Umweltverschmutzung durch Plastikmüll ist in den vergangenen Jahren merklich gestiegen. Neben Verboten (bspw. Plastiktüten) wird in Deutschland malsgänglich auf das Recycling von Plastikmüll (bspw. PET-Flaschen) gesetzt. Trotz dieser Einschränkungen im Konsumverhalten werden Kunststoffe weiterhin in großen Mengen produziert und genutzt, da sie viele Vorteile bieten. Aufgrund dieser Vorteile ist das vermeintliche Alleskönner „Plastik“ zumindest aktuell nicht aus dem Alltag wegzudenken. Auf der anderen Seite haben die „Fridays-for-future“-Proteste gezeigt, mit welcher Emotionalität sich die Jugend weltweit für die Umwelt einsetzt. Als ein möglicher Lösungsansatz für die Umweltproblematik von Kunststoffen wird aktuell vermehrt für den Einsatz von Biokunststoffen geworben. Damit eignet sich das Thema „Bioabbaubare Kunststoffe“ für eine materialgestützte Lernaufgabe im Sinne des Unterrichtsfaches Chemie im Kontext.

Bioabbaubare Kunststoffe

Niveau: vertiefend

Klassenstufen: 11/12

Autor: Dennis Dietz

Methodisch-didaktische Hinweise	1
M 1: Biokunststoffe – eine Begriffsklärung	7
M 2: Der Bioabbauprozess von Kunststoffen	10
M 3: Untersuchung der Bioabbaubarkeit von Kunststoffen	13
Lösungen	15
Literaturverzeichnis	22

VORANSICHT

Bioabbaubare Kunststoffe

Methodisch-didaktische Hinweise

Die Sensibilität gegenüber der Umweltverschmutzung durch Plastikmüll ist in den vergangenen Jahren merklich gestiegen. Neben Verboten (beispielsweise Plastikfritten) wird in Deutschland maßgeblich auf das Recycling von Plastikmüll (beispielsweise PET-Flaschen) gesetzt. Trotz dieser Einschränkungen im Konsumverhalten werden Kunststoffe weiterhin in großen Mengen produziert und genutzt, da sie viele Vorteile bieten. So sind sie u. a. kostengünstig und anwendungsspezifisch herstellbar, leicht am Gewicht und im Vergleich zu Metallen und Glas recht stabil. Aufgrund dieser Vorteile ist der vermeintliche Alleskönner „Plastik“ zumindest aktuell nicht aus dem Alltag wegzudenken. Auf der anderen Seite haben die „Fridays-for-future“-Proteste gezeigt, mit welcher Emotionalität sich die Jugend weltweit für die Umwelt einsetzt. Als ein möglicher Lösungsansatz für die Umweltproblematik von Kunststoffen wird aktuell vermehrt für den Einsatz von Biokunststoffen geworben. Damit eignet sich das Thema „Bioabbaubare Kunststoffe“ für eine materialgestützte Lernaufgabe im Sinne des Unterrichtsansatzes Chemie im Kontext.

Das Label „*bio*“ kann unterschiedliche Bedeutungen haben. Ein biobasierter Kunststoff muss nicht biologisch abbaubar sein und kann ebenso die Umwelt verschmutzen, wie es von konventionellen Kunststoffen bekannt ist. Auf der anderen Seite kann ein bioabbaubarer Kunststoff auch aus Erdöl hergestellt werden und einen unvorteilhaften CO₂-Fußabdruck haben. Um an dieser Diskussion des Lösungspotenzials von Biokunststoffen für das „Plastikproblem“ der Menschheit teilnehmen zu können, ist eine Auseinandersetzung mit der Thematik von Biokunststoffen unabdingbar. Aufgrund der Komplexität dieser Thematik wird in diesem Beitrag nach einer Begriffsklärung auf das Thema der bioabbaubaren Kunststoffe fixiert.

In der Lernaufgabe werden Kompetenzen aus allen vier Kompetenzbereichen gefördert. In der Aufgabenstellung werden die verschiedenen Formen von Biokunststoffen definiert und Beispiele gegeben. Zur Förderung von Kompetenzen aus dem Kompetenzbereich der Kommunikation sollen die

M 1 Biokunststoffe – eine Begriffsklärung

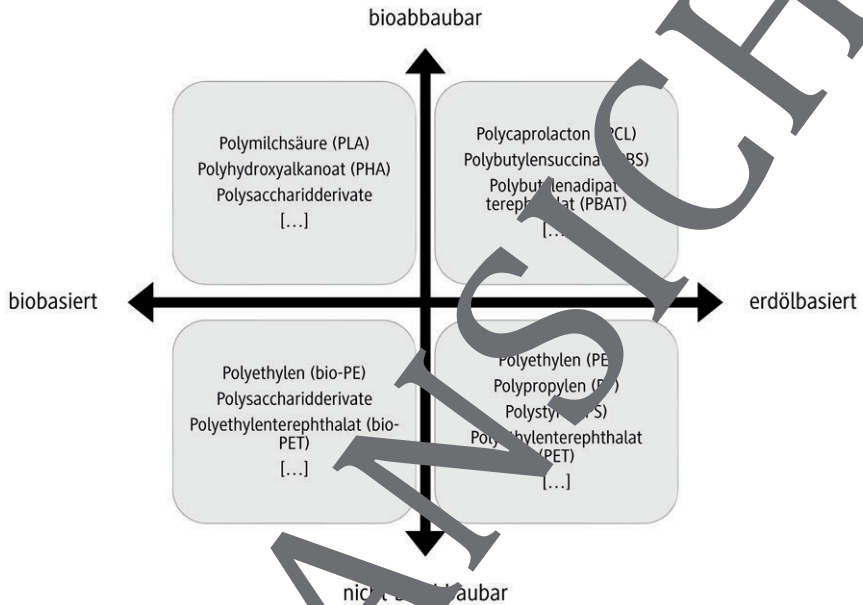
Bioplastik, Biokunststoff, biobasiert, bioabbaubar – und dazu noch eine Vielzahl angelsächsischer Bezeichnungen machen es den Konsumenten wahrlich nicht leicht, den Überblick zu behalten. Wer etwas Gutes für die Umwelt machen will, ist geneigt zu diesen Produkten mit dem Label „**bio**“ zu greifen. Gibt es nun Unterschiede zwischen den Bezeichnungen oder reicht das Label „**bio**“ aus, um guten Gewissens eine Kaufentscheidung treffen zu können?

In der Tat sind **Biokunststoffe nicht einheitlich definiert**. Das Label „**bio**“ kann sich darauf beziehen, dass der Kunststoff aus **nachwachsenden Rohstoffen** gewonnen wurde. Korrekterweise spricht man in einem solchen Fall von einem **biobasierten Kunststoff**. Das Label „**bio**“ kann aber auch meinen, dass der Kunststoff **biologisch abbaubar** ist. Eine DIN-Definition (DIN 16208) für die biologische Abbaubarkeit lautet:

„Die biologische Abbaubarkeit eines Stoffes umfasst die Eigenschaft eines Stoffes, durch Mikroorganismen in Anwesenheit von Luftsauerstoff zu Kohlendioxid, Wasser, Biomasse und Mineralien sowie unter Luftabschluss zu Methandioxid, Methan, Biomasse und Mineralien zersetzt zu werden, wobei die Zeitdauer definiert ist.“

Ein **bioabbaubarer Kunststoff** kann also durch **Mikroorganismen zersetzt** werden. Auch erdölbasierte Kunststoffe können biologisch abbaubar sein. Ein **nicht-bioabbaubarer Kunststoff** kann ebenfalls über einen sehr langen Zeitraum abgebaut werden. Durch **Verwitterungsprozesse** ist hierbei jedoch der Abbau zu **Mikroplastik** gemeint. Die Freisetzung von Mikroplastik in die Umwelt ist aber aus den verschiedensten Gründen zu vermeiden.

Ein Biokunststoff ist also entweder aus nachwachsenden Rohstoffen gebildet oder biologisch abbaubar oder im Idealfall sogar beides. Unter Berücksichtigung der Dimensionen Ausgangsstoffe und Bioabbaubarkeit lassen sich Kunststoffe in der folgenden 2*2-Matrix klassifizieren:



© RAABE 2022

Abbildung 1: Klassifizierung von Kunststoffen

In der Abbildung sind nur einige ausgewählte Beispiele genannt. Natürlich gibt es eine Vielzahl weiterer Kunststoffe, die diesen Kategorien zugeordnet werden können. Wir wollen in folgenden den Blick auf ebenso biobasierte wie auch bioabbaubare Kunststoffe fokussieren (Quadrant links oben in Abbildung 1).

Die Kunststoffe PLA (Polymilchsäure) und P3HB (Poly-3-hydroxybutyrat) sind sowohl biobasiert herstellbar als auch bioabbaubar. Sie werden in zahlreichen Lebensmittelpackungen verwendet. Die Strukturformeln dieser beiden Kunststoffe sind in der Abbildung 2 dargestellt.

M 2 Der Bioabbauprozess von Kunststoffen

Die Bioabbauprozess von Kunststoffen findet in **drei Stufen** statt:

- I. Abiotischer und biotischer Verfall
- II. Biofragmentierung
- III. Mikrobielle Assimilation und Mineralisation

In den folgenden Abschnitten werden diese Stufen genauer erklärt:

(1) Abiotischer und biotischer Verfall

In der ersten Phase des Abbauprozesses **verliert** der Kunststoff durch abiotische und biotische Einflussfaktoren seine **mechanischen Eigenschaften**, wie die Elastizität, die Bruchfestigkeit und die Zugfestigkeit. Diese ersten Zersetzungsprozesse finden zunächst einmal an der Oberfläche statt. Zu den abiotischen Faktoren gehören:

- Die mechanische Zersetzung durch **physikalische Kräfte** aus der Umwelt wie Wind, Wasser und Schnee
- Die Zersetzung durch die **UV-Strahlung** des Lichts, die photochemische Abbaureaktionen verursachen
- Die Zersetzung durch **Hitze**
- Die **chemische Zersetzung**, beispielsweise durch Sauerstoff
- (oxo-biodegradation = oxidative Zersetzung aus der Luft oder durch Wasser (hydro-biodegradation = hydrolytische Zersetzung))

Im Zuge der **oxidativen Zersetzung** eines Biokunststoffs werden u. a. **Carbonsäuren** durch Hitze und Licht **peroxidiert**.

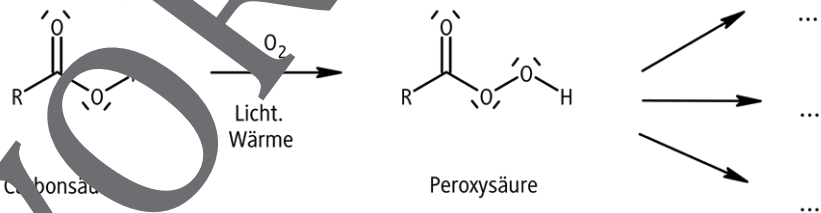
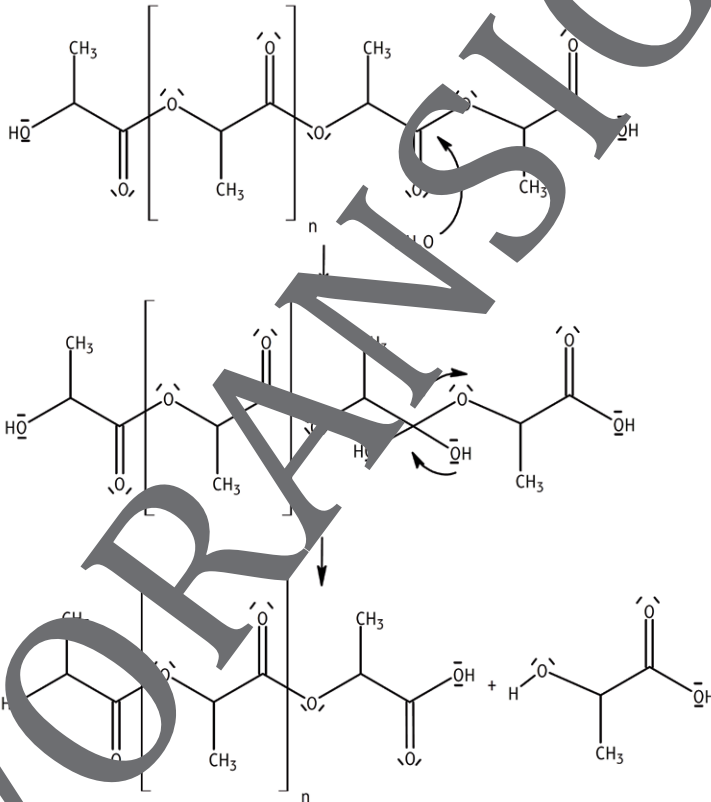


Abbildung 1: Erste Reaktionsschritte einer oxidativen Zersetzung eines Biokunststoffs
In diesem Zuge entstehen **Alkohole**, **Ketone** und **Aldehyde** geringerer Molekülmasse.

Um einen langlebigen Kunststoff zu erhalten, werden oft Additive, wie **Antioxidantien**, hinzugefügt. Dadurch sollen oxidative Zersetzungsprozesse verhindert werden. Das wirkt sich dann jedoch negativ auf die **Bioabbaubarkeit** des Kunststoffs aus. Andererseits kann man Kunststoffen auch gezielt Additive hinzufügen, um solche **Bioabbauprozesse** zu initiieren.

Im Zuge der **hydrolytischen Zersetzung** eines Biokunststoffs werden **aliphatische Polyester** durch **Hydrolyse** in Moleküle kleinerer Molekülmasse **zersetzt**. Dieser Reaktionsmechanismus ist von **Biopolymeren** wie **Stärke** und Cellulose gut bekannt (vgl. Abb.2).



© RAABE 2022

Abbildung 2: Spaltung einer Esterbindung in PLA im Zuge der hydrolytischen Zersetzung im Biokunststoff PLA

Sie wollen mehr für Ihr Fach?

Bekommen Sie: Ganz einfach zum Download im RAABE Webshop.



Über 5.000 Unterrichtseinheiten
sofort zum Download verfügbar



Webinare und Videos
für Ihre fachliche und
persönliche Weiterbildung



Attraktive Vergünstigungen
für Referendar:innen mit
bis zu 15% Rabatt



Käuferschutz
mit Trusted Shops



Jetzt entdecken:
www.raabe.de