

## II.H.45

Chemie bestimmt unser Leben

# Biokunststoffe als Lösung für die Umweltproblematik? – Chemie im Kontext

Nach einer Idee von Dennis Dietz



© RAABE 2025

© timsa/E+

Bereits seit dem 01. Januar 2022 gilt in Deutschland das Plastiktüten-Verbot. Trotz dieser Einschränkungen wird der Alleskönner Plastik in großen Mengen produziert und auch weiterhin vielfältig genutzt. Auf der anderen Seite haben zum Beispiel 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 gearbeitet. Damit eignet sich das Thema „Bioabbaubare Kunststoffe“ für eine materialgestützte Lernaktivität im Sinne des Unterrichtsansatzes Chemie im Kontext. Gleichzeitig führt diese Einheit in die Forschung zur Nachhaltigkeit und damit in das Thema MINT-Fächer und Demokratiebildung.

### KOMPETENZPROFIL

Klassenstufe: 11, 12

Dauer: 3–6 Unterrichtsstunden

Kompetenzen: 1. Fachwissen; 2. Kommunikationskompetenz; 3. Erkenntnisgewinnungskompetenz; 4. Bewertungskompetenz

Thematische Bereiche: Biokunststoff, biobasierter Kunststoff, bioabbaubarer Kunststoff, Polymilchsäure, Bioabbauprozess, oxidativer Zerfall, hydrolytischer Zerfall, Bioabbaubarkeit, Forschung zur Nachhaltigkeit, Demokratiebildung

## Auf einen Blick

### 1.–3. Stunde

Thema:	Bioabbaubare Kunststoffe
M 1	Bioplastik, Biokunststoff, biobasiert, bioabbaubar
M 2	Der Abbauprozess von Biokunststoffen
M 3	Die Bioabbaubarkeit von Kunststoffen

### Erklärung zu den Symbolen

	Dieses Symbol markiert differenziertes Material. Wenn nicht anders ausgewiesen, befinden sich die Materialien auf mittlerem Niveau.				
	leichtes Niveau		mittleres Niveau		schwieriges Niveau

## Der Abbauprozess von Biokunststoffen

M 2

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

1. Abiotischer und biotischer Verfall
2. Biofragmentierung
3. Mikrobielle Assimilation und Mineralisation

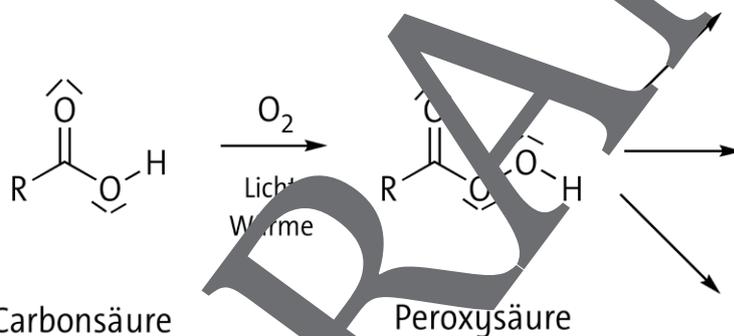
In den folgenden Abschnitten werden diese Stufen genauer erklärt:

### (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 dem Luft oder durch
- Wasser (hydro-biodegradation = hydrolytische Zersetzung)

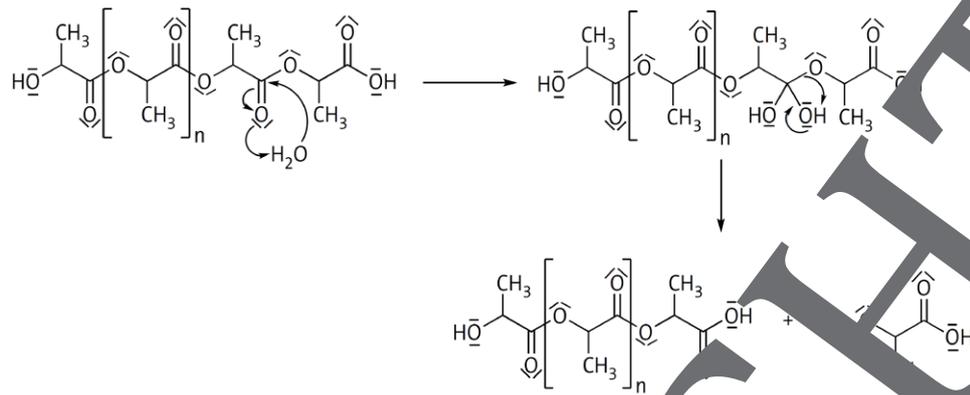
Im Zuge der **oxidativen Zersetzung** eines Biokunststoffs werden u. a. **Carbonsäuren** durch Hitze und Licht **peroxidiert**.



**Abbildung 1:** Erste Reaktionschritte einer oxidativen Zersetzung eines Biokunststoffs.

In dieser Phase entstehen **Alkohole, Ketone** und **Aldehyde** geringerer Molekülmasse. Um einen langweiligen 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).



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

Unter dem **biotischen Verfall** von Kunststoffen versteht man Prozesse, die durch **Enzyme** von **Mikroorganismen** ausgelöst werden. In der Regel findet der Verfall von Kunststoff durch eine **Kombination** von **abiotischen** und **biotischen** Prozessen statt. Viele Kunststoffe werden aber durch biotische Faktoren nicht beeinflusst, sondern müssen zunächst abiotisch beeinflusst werden, um im zweiten Schritt - der Biofragmentierung - weiter abgebaut werden zu können.

### (2) Biofragmentierung

Infolge des Verfalls in kleinere Molekülketten wird der Kunststoff angreifbarer für die **Enzyme** von **Mikroorganismen**. Die Enzyme können entweder am Ende der **Oligomerketten** oder an allen Punkten wirksam sein. Der Kunststoff muss so stark fragmentiert, dass er nun in die Zellen von Mikroorganismen aufgenommen werden kann. Hier kommt es dann zum letzten Abbauschritt.

### (3) Mikrobielle Assimilation und Mineralisation

In dieser Phase nehmen die **Mikroorganismen** die fragmentierten **Kunststoffe** auf und verwerten diese, um **Energie** zu gewinnen und zu verwerten. Es wird also **Biomasse** generiert. Zusätzlich werden je nach Verfügbarkeit von Sauerstoff, Kohlenstoffdioxid oder Methan gebildet.

### Aufgaben

1. **Skizzieren** Sie den Prozess des Bioabbaus von Kunststoffen übersichtlich in einem Fließdiagramm dar.
2. **Vervollständigen** Sie das Reaktionsschema in Abbildung 1.  
Hinweis: R steht für einen allgemeinen organischen Rest. Es ist hier sinnvoll diese Abkürzung zu verwenden, da die Vielzahl unterschiedlich langer Polymerketten nicht übersichtlich darstellbar ist.
3. **Formulieren** Sie die Reaktionsgleichungen für die exemplarische Hydrolyse einer Esterbindung im bioabbaubaren Kunststoff Poly-3-hydroxybutyrat (P3HB).



# Mehr Materialien für Ihren Unterricht mit RAAbits Online

Unterricht abwechslungsreicher, aktueller sowie nach Lehrplan gestalten – und dabei Zeit sparen.  
Fertig ausgearbeitet für über 20 verschiedene Fächer, von der Grundschule bis zum Abitur: Mit RAAbits Online stehen redaktionell geprüfte, hochwertige Materialien zur Verfügung, die sofort einsetz- und editierbar sind.

- ✓ Zugriff auf bis zu **400 Unterrichtseinheiten** pro Fach
- ✓ Didaktisch-methodisch und **fachlich geprüfte Unterrichtseinheiten**
- ✓ Materialien als **PDF oder Word** herunterladen und individuell anpassen
- ✓ Interaktive und multimediale Lerneinheiten
- ✓ Fortlaufend **neues Material** zu aktuellen Themen



Testen Sie RAAbits Online  
14 Tage lang kostenlos!

[www.raabits.de](http://www.raabits.de)

