

Polykondensate und Polyaddukte mit ihren Eigenschaften und Synthesen

Dr. Verena Jannack und Dr. Dietmar J. Abt



© Marina Vol / iStock / Getty Images Plus

Der Themenschwerpunkt „Kunststoffe“ ist bundesweit Bestandteil aller Lehrpläne für das Abitur. Der Schwerpunkt des Materials liegt auf der Erarbeitung der Polykondensation und Polyaddition, typische Herstellungsverfahren sowie Polyester, Polyamide und Polyurethane als typische Kunststoffklassen. Als Einstieg in die Thematik dient ein aktueller Zeitungsartikel zu den sogenannten „Plastikfressern“, die in den Küstensenzweigen von Dafeng gefunden und beschrieben wurden. Ausgehend von verschiedenen Materialien bekommen die Schülerinnen und Schüler die Möglichkeit, die Inhalte dieses Themenblocks neu zu erarbeiten oder vor der abschließenden Prüfung eigenständig zu wiederholen. Das Material kann als eigenständige Einheit oder zur Erweiterung der bereits erschienenen Einheit „Polystyrol – Herstellung, Verarbeitung, Recycling“ verwendet werden. Die Materialien wurden für den Einsatz im Leistungsfach gestaltet, können aber mit Unterstützung oder in Auszügen auch im Basisfach eingesetzt werden. Als Ergänzung ist eine passende Klausuraufgabe in Vorbereitung.

Polykondensate und Polyaddukte mit ihren Eigenschaften und Synthesen

Niveau: einführend, vertiefend

Klassenstufe: 11/12/13

Dr. Verena Jannack und Dr. Dietmar J. Abt

Methodisch-didaktische Hinweise	1
M1: Übersicht über die Materialien zu Polymeren	5
M2: Aktuelle Forschung zum Umgang mit Plastikmüll	7
M3: Polyester durch Polykondensation	9
M4: Die drei Typen von Biokunststoffen	12
M5: Versuch: Hydrolytischer Abbau von Polymilchsäure	15
M6: Polyamide – dünn wie Seide und stark wie ein Drahtseil	20
M7: Polyurethane und deren Herstellung durch Polyaddition	22
M8: Thermoplaste, Duroplaste und Elastomere	25
Lösungen	28
Literatur	44
Gefährdungsbeurteilungen	45

Didaktisch-methodische Hinweise

Ziele und organisatorische Anmerkungen

Die Autoren sind mit dem Ziel gestartet, Materialien zu entwerfen, welche die Möglichkeit bieten, alle Inhalte des Bildungsplans zum Themenbereich „Kunststoffe“ sehr konzentriert zu erarbeiten oder diese zur Prüfungsvorbereitung eigenständig zu wiederholen. Als inhaltliche Grundlage dient der Bildungsplan 2016 (V2, 25.01.2022) für das Leistungsfach Chemie im Land Baden-Württemberg, wobei ein Vergleich mit den Bildungsplänen der anderen Bundesländer und auch mit den Bildungsplänen für das Basisfach sehr große Übereinstimmungen ergab.

Ergänzend zum bereits erschienenen Beitrag *Polystyrol – Herstellung, Verarbeitung, Recycling* ermöglicht der vorliegende Beitrag, die **Verfahren zur Herstellung von Polykondensaten und Polyaddukten** zu erarbeiten sowie **typische Polymere** und ihre **Eigenschaften** kennenzulernen.

Im Folgenden wird ein **Überblick** gegeben, welche Inhalte in welchem Material aufgegriffen werden, sodass auch für Lehrkräfte aus **anderen Bundesländern** eine schnelle Auswahl erfolgen kann.

Überblick über die Aufgaben und Zuordnung der angestrebten Kompetenzen

Aufgaben	Material	Angestrebte Kompetenzen im BP 2016 (V2) BW
1: Vom Ester zum Polyester 2: (PET) Polyethylenterephthalat	M3	(2) (2), (3)
1: Bewertung von Biokunststoffen 2: Polymilchsäure (PLA) – ein Polyester 3: Polycaprolacton: PLC	M4	(8), (9) (2), (3) (3)
1: Abbau von Polymilchsäure	M5	(5), (8)
1: Polyamide	M6	(2), (3)
1: Polyurethane	M7	(2), (3)
1: Eigenschaften von Kunststoffen 2: Vernetzung von Polymerketten 3: Kunstharze	M8	(1) (1), (6) (2), (3), (4)

Übersicht über die Materialien zu Polymeren

M1

Liebe Schülerinnen und Schüler,
 das Kapitel „Kunststoffe“ ist eines der großen Themen im Abitur. Ausgehend von verschiedenen Materialien sollen Sie die Möglichkeit bekommen, die Inhalte dieses Themenblöcks neu zu erarbeiten oder vor der abschließenden Prüfung eigenständig zu wiederholen. Mit den hier zusammengestellten Materialien sollen Sie ausgehend von einem wissenschaftlichen Artikel nun Polykondensation und Polyaddition als typische Herstellungsverfahren sowie Polyester, Polyamide und Polyurethane als typische Kunststoffklassen erarbeiten. Damit Sie Ihren Lernprozess besser planen können, erhalten Sie nun zunächst einen **Überblick über die Inhalte** und anschließend über die Materialien, Aufgaben und Ziele. Bereits erschienen sind die Materialien zur Erarbeitung der Teilgebiete Recycling, Verarbeitung und Herstellung durch radikalische Polymerisation (siehe Abbildung). Bei Interesse fragen Sie dazu Ihre Fachlehrkraft.

© RAABE 2024

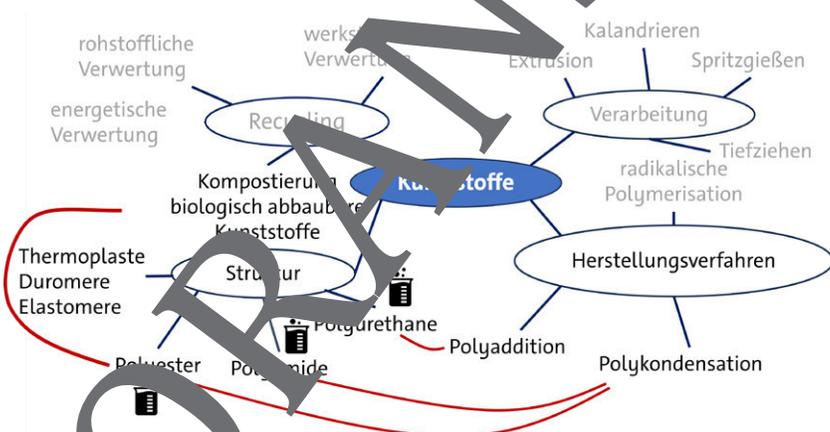


Abbildung: Grober Überblick über das Kapitel Kunststoffe im Bildungsplan BW und die Inhalte, die in diesen Material am Beispiel von typischen Herstellungsverfahren und Kunststoffklassen erarbeitet/geübt werden können (in Grau sind wichtige Themen aufgeführt, die mit den Materialien nicht erarbeitet werden können).

Aktuelle Forschung zum Umgang mit Plastikmüll

M2

Hunderte plastikfressende Pilze und Bakterien gefunden

Plastikproben aus chinesischen Salzwiesen beherbergen 239 plastikabbauende Mikroorganismensorten.

24. Mai 2023 – Anna Manz



© SamiSert/ iStock.com

Abbildung: Könnten wir umweltschädliche Berge aus PET-Flaschen und anderem Plastikmüll einfach loswerden, indem wir sie von Mikroben „aufessen“ lassen?

Leckeres Plastik: Wissenschaftler haben in den Küstensalzwiesen von Dafeng in China insgesamt 184 plastikabbauende Pilz- und 55 Bakterienstämme nachgewiesen. Diese „Plastikfresser“ können den Kunststoff Polycaprolacton (PCL) abbauen, der häufig bei der Herstellung verschiedener Polyurethane zum Einsatz kommt. Einige Bakterien haben zudem das Potenzial, auch andere Polymere auf Erdölbasis abzubauen, so die Forschenden. Die neuen Plastikfresser könnten dabei helfen, die globale Plastikkrise zu bewältigen.

Unser Planet ist voller Müll. Laut dem Umweltprogramm der

Vereinten Nationen werden jährlich 400 Millionen Tonnen Plastikmüll produziert, Tendenz steigend. Da die aus Erdöl erzeugten Polymere kaum biologisch abbaubar sind, lassen sie sich nur schwer wieder aus der Umwelt entfernen. Doch glücklicherweise sind wir beim Kampf gegen die Plastikflut nicht allein. 2016 haben Forscher*innen erstmals ein plastikfressendes Bakterium entdeckt, das den Kunststoff PET mithilfe zweier Enzyme in seine Grundbestandteile zersetzen kann. Mittlerweile sind über 400 plastikabbauende Pilz- und Bakterienarten bekannt.



© Irina Druzhinina und Feng Cai

© SamiSert/ iStock.com

Abbildung: Die Küstensalzwiesen von Dafeng und kultivierte Mikroben, die auf Plastikproben aus dem Gebiet gefunden wurden.

Plastikgourmets in den Salzwiesen

Auf der Suche nach weiteren vielversprechenden Plastikfressern

Aufgaben

Im Artikel (M2) wird eine große Problematik bei der Verwendung von Kunststoffen als Werkstoffe oder Verpackungsmaterialien angesprochen. Die Widerstandsfähigkeit und lange Haltbarkeit, die von Beginn an als großer Vorteil der Materialien angepriesen wurden, werden nach dem zielgerichteten Einsatz bei falscher Entsorgung zu einer großen Bedrohung für Natur und Umwelt. Seit einigen Jahren wird die Forschung im Bereich biologisch abbaubarer Kunststoffe und weiterer Alternativen zum Kunststoffrecycling stetig vorangetrieben.

Vom Ester zum Polyester

1. Im vorliegenden Artikel ist von biologisch abbaubaren Polyester die Rede. Im Allgemeinen versteht man in der Schulchemie unter dem Begriff „Ester“ die Carbonsäureester.

- Nennen** Sie die organischen Stoffklassen, aus denen ein Ester gebildet werden kann.
- Propansäure und Ethanol reagieren unter Abspaltung von Wasser zu Propansäureethylester. **Stellen** Sie die Reaktionsgleichung mit allen bindenden und nicht bindenden Elektronenpaaren auf.
- Die Verknüpfung von Molekülen (bzw. Monomeren) zu größeren Molekülen (Dimeren, Trimeren, Oligomeren, Polymeren) kann man sich wie ein Puzzle vorstellen.
-



(1) Schematische Darstellung der Entstehung eines Esters

(2) Schema zur Entwicklung einer Idee zur Bildung eines Polyesters.

Die Abspaltung von Wasser bei Kondensationsreaktionen kann in dieser schematischen Darstellung **nicht** gezeigt werden!

- **Nennen** Sie die funktionellen Gruppen, die für die Bildung eines Esters nötig sind.
- **Begründen** Sie die Tatsache, dass Propansäure und Ethanol nicht zu einem Polyester (als einem Molekül mit vielen Estergruppen) reagieren können, und **nennen** Sie die strukturellen Voraussetzungen von Monomer-Molekülen, die zu einem Polyester reagieren können.
- e) **Definieren** Sie den Begriff Kondensationsreaktion. **Leiten** Sie daraus eine Definition für den Begriff der Polykondensationsreaktion **ab** und **beschreiben** Sie exemplarisch die Bildung eines Polyesters.

Versuch: Hydrolytischer Abbau von Polymilchsäure

M5

Chemikalien

- Destilliertes Wasser
- Polyethylen-Folie (etwa 2 cm x 2 cm)
- Polymilchsäure-Folie (etwa 2 cm x 2 cm)
- Methylrot-Lösung ($\omega = 0,1\%$ in Ethanol oder ein anderer geeigneter Indikator)

kein GHS-Symbol

kein GHS-Symbol

kein GHS-Symbol



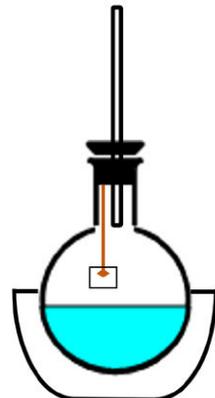
Geräte

- Stativmaterial
- Rundkolben (100 ml)
- Heizpilz
- Lochstopfen mit Glasrohr
- Verbrennungslöffel oder ein Stück Kupferdraht, das an einem Haken gebogen wird

Entsorgung: Nicht in die Kanalisation gelangen lassen. Es handelt sich um einen gefährlichen Abfall; es dürfen nur zugelassene Verpackungen (z. B. gemäß ADR) verwendet werden.

Versuchsdurchführung

In einem Rundkolben werden etwa 50 ml destilliertes Wasser und einige Tropfen Methylrot-Lösung vermischt. Anschließend wird ein Stück Polymilchsäure-Folie im Gasraum über der Flüssigkeit platziert. Dies kann mit einem Verbrennungslöffel oder mithilfe eines gebogenen Stücks Kupferdraht erfolgreich geschehen. Das Gummi des Lochstopfens gebohrt wird. Der Kolben wird mit dem Lochstopfen und dem Glasrohr verschlossen. Anschließend wird die Temperatur mit einem elektrischen Heizgerät auf etwa 100 °C eingestellt und über mehrere Stunden gekocht. Für das Vergleichsexperiment wird ein Stück Polyethylen-Folie verwendet.



Versuchsaufbau

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