

## Polymilchsäure

Stand: 15.03.2019

Jahrgangsstufen	13
Fach/Fächer	Chemie (Ausbildungsrichtung ABU, T)
Übergreifende Bildungs- und Erziehungsziele	
Zeitrahmen	45 Minuten, wenn Versuch durchgeführt wird
Benötigtes Material	Siehe Hinweise zum Unterricht

## Kompetenzerwartungen

Diese Aufgabe unterstützt den Erwerb folgender Kompetenzen:

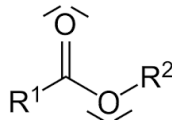
Die Schülerinnen und Schüler

- unterscheiden Kunststoffe hinsichtlich ihres thermischen Verhaltens und erklären dieses aufgrund des räumlichen Baus der Makromoleküle sowie deren zwischenmolekularer Wechselwirkungen. (C13 (ABU, T) 3)
- ordnen Kunststoffe den Gruppen Thermoplaste, Elastomere und Duroplaste zu, und bewerten deren Eignung für verschiedene Einsatzgebiete. (C13 (ABU, T) 3)
- übertragen das Konzept der Polykondensation auf die Synthese von Polymilchsäure, um diese herzustellen. (C13 (ABU) 3)
- teilen ausgewählte Rohstoffe der Kunststoffproduktion hinsichtlich ihrer Herkunft ein, um sie im Kontext der Rohstoffverknappung zu bewerten. (C13 (T, ABU) 3)

## Infotext

Bei einer Polykondensation handelt es sich um eine Reaktion, bei welcher unter Abspaltung von Wassermolekülen viele Monomere zu einem Makromolekül polymerisiert werden.

Im Falle des Thermoplasten Polymilchsäure (kurz PLA, von polylactic acid) handelt es sich um einen Polyester, da sich bei der Verknüpfung der Milchsäuremoleküle mithilfe eines Katalysators (z. B. Zinn(II)-chlorid) die Struktur der funktionellen Estergruppe ergibt:



Funktionelle Gruppe eines Esters (R<sup>1</sup> und R<sup>2</sup> stehen für organische Reste)

Das Milchsäuremolekül wird entsprechend der Nomenklatur nach IUPAC als 2-Hydroxypropansäure bezeichnet. Gewonnen wird Milchsäure durch Fermentation aus Zucker und Maisstärke durch Milchsäurebakterien (*Lactobacillus*).

Der Erweichungspunkt von herkömmlicher Polymilchsäure liegt bei ca. 60 °C, wodurch ein Einsatz in vielen Bereichen nur eingeschränkt möglich ist. Es sind jedoch bereits Produktbeispiele auf dem Markt zu finden, die wärmeformbeständige PLA-Werkstoffe anwenden. Die dabei höhere Temperaturbeständigkeit wird durch Copolymerisation (= Polymerisation von unterschiedlichen Monomeren) oder durch den Zusatz von Füllstoffen oder Naturfasern erreicht. Dadurch ergeben sich vielfältige Einsatzmöglichkeiten. So dient PLA durch die Wahl geeigneter Co-Monomere u. a. zur Herstellung von Folien, Formteilen, Dosen, Bechern, Flaschen und sonstigen Gebrauchsgegenständen. Vor allem für kurzlebige Verpackungsfolien (z. B. Einwegtrinkbecher oder Sichtfenster von Sandwichboxen) birgt der transparente Rohstoff großes Potenzial. Darüber hinaus ist PLA biokompatibel und findet z. B. in Form von Operationsfäden auch in der Medizin Anwendung.

Biopolymere sind biologisch abbaubar. Allerdings sind bei PLA die dafür optimalen Bedingungen lediglich in industriellen Kompostieranlagen zu finden. Die Ester-Bindung wird durch Wasser gespalten und kann dann von den Mikroorganismen abgebaut werden. In den Anlagen dauert der Abbau nur wenige Monate. In der Natur dauert dies zwar länger, aber im Vergleich zu erdölbasierten Kunststoffen geschieht dies immer noch in einem relativ kurzen Zeitraum.

### **Aufgaben:**

1. Formulieren Sie anhand der Informationen aus dem Text die Reaktionsgleichung für die Synthese von PLA, verwenden Sie dabei die Strukturformelschreibweise und identifizieren Sie die Repetiereinheit.
2. Erläutern Sie, weshalb es sich bei PLA um einen Thermoplast handelt, indem Sie auf die Struktur des Makromoleküls eingehen.
3. Entscheiden Sie begründet, ob PLA im Kontext der Rohstoffverknappung einen Lösungsansatz darstellt und somit den Kunststoffen aus nachwachsenden Rohstoffen zugeordnet werden kann.



### Schülerversuch

#### Herstellung einer PLA-Folie

**Durchführung:**

1. 3 mL Milchsäure und wenige Kristalle Zinn(II)-chlorid werden zusammen mit einem Siedesteinchen in ein Reagenzglas gegeben.
2. Unter Schütteln wird vorsichtig erhitzt, bis sich der Inhalt gelblich verfärbt.
3. Wenn kein Wasserdampf mehr aus dem Reagenzglas aufsteigt, muss mit dem Erhitzen aufgehört werden.
4. Nun wird der Inhalt in eine Einweg-Petrischale oder auf eine andere geeignete Unterlage dünn ausgegossen.
5. Man lässt abkühlen und untersucht dabei mit einem Holzstab die Konsistenz.
6. Notieren Sie Ihre Beobachtungen.

## Quellen- und Literaturangaben

Akademie für Lehrerfortbildung und Personalführung: „Chemie? - Aber sicher! Experimente kennen und können“, Akademiebericht 475; Dillingen 2014

## Hinweise zum Unterricht

- Der Infotext mit den Aufgaben kann auch getrennt vom Versuch bearbeitet werden.
- Die Aufgaben „Herstellung einer Folie aus Stärke und Stärkenachweis“, „Proteinnachweis in Lebensmitteln“ und „Polymilchsäure“ sind ähnlich aufgebaut und können daher arbeitsteilig behandelt werden.

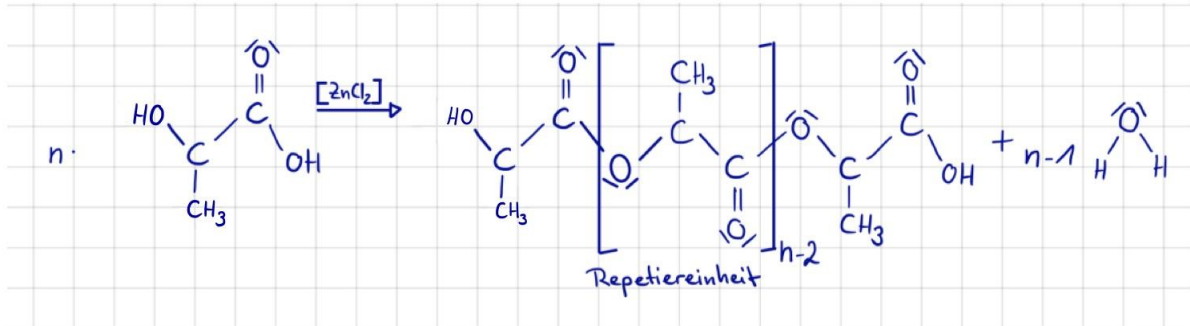
In der Ausbildungsrichtung Technik, ist das Schülerexperiment nicht im LehrplanPLUS verankert. Die Aufgaben können hier auch ohne das Experiment bearbeitet werden.

## Benötigte Materialien und Chemikalien

MATERIALIEN	CHEMIKALIEN / PROBEN
Reagenzglas	Milchsäure
Reagenzglasklammer	Zinn(II)-chlorid
Gasbrenner	
Holzstab	
Siedesteinchen	
Plastikpetrischale oder andere geeignete Unterlage	
Schutzbrille, Kittel	
Abzug oder Absorptionsstopfen	

## Beispiele für Lösungen der Schülerinnen und Schüler

Zu 1.:



Zu 2.:

Die Milchsäuremoleküle besitzen jeweils zwei Hydroxygruppen (funktionelle Gruppen), die bei einer Kondensationsreaktion für die Verknüpfung von Molekülen zur Verfügung stehen. Bei der Polymerisierung der Milchsäuremoleküle entstehen somit lineare Makromoleküle. Dadurch ist der Vernetzungsgrad sehr gering und um die Polymerketten gegeneinander verformen zu können, müssen lediglich die intermolekularen Wechselwirkungen (v. a. Van-der-Waals-Kräfte) zwischen ihnen überwunden werden. Dies ist durch höhere Temperatur leicht erreichbar. Wie dem Text zu entnehmen ist, liegt der Erweichungspunkt sogar schon bei ca. 60 °C. PLA ist also den Thermoplasten zuzuordnen.

Zu 3.:

Milchsäure selbst ist zwar kein nachwachsender Rohstoff, allerdings die Stoffe, aus welchen sie gewonnen wird. Sowohl Zucker, als auch Maisstärke sind nachwachsend und auch die notwendigen Bakterien vermehren sich zügig. Im Kontext der Rohstoffverknappung stellt PLA gegenüber erdölbasierten Kunststoffen also eine echte Lösung dar. Vor allem die leichte Anpassung an verschiedene Einsatzmöglichkeiten durch Copolymerisation und die Biokompatibilität, sowie die biologische Abbaubarkeit machen diesen Kunststoff so interessant.