

Merck-TU Darmstadt- Juniorlabor



Biokunststoffe

Nachhaltige Alternative oder Greenwashing?









Experimentieranleitung

Sicheres Arbeiten im Labor

- 1. Im Labor müssen Schutzbrille und Kittel getragen werden!**
- 2. Im Labor darf weder gegessen noch getrunken werden!**
- 3. Jeder Hautkontakt mit Chemikalien ist zu vermeiden!**
- 4. Das Labor darf nur mit festem Schuhwerk und langer Beinkleidung betreten werden.**
- 5. Lange Haare sollten zusammengebunden werden.**
- 6. Jacken und Taschen dürfen nicht ins Labor mitgenommen werden!**
7. Im Labor müssen alle Gefäße, in denen Chemikalien sind, beschriftet werden.
8. Lies vor jedem Experiment genau die Versuchsanleitung.
9. Frage bei Problemen die Betreuer*innen.
10. Lasse den Versuchsaufbau stets von einem/r Betreuer*in kontrollieren!
11. Lies die Beschriftung von Chemikalien genau, bevor du sie verwendest.
12. Gehe sorgfältig und sachgerecht mit allen Laborgeräten um!
13. Abfälle dürfen nicht ohne Erlaubnis in den Ausguss entsorgt werden. Achte auf die Anweisungen zur Entsorgung von Chemikalienabfällen. Es stehen Kanister zur Entsorgung bereit. Frage auch hier im Zweifel immer einen Betreuer.
14. Halte die Laborräume und den Arbeitsplatz sauber!
15. Wenn du beim Experimentieren mit Chemikalien in Kontakt gekommen bist, wasche die betreffende Hautstelle sofort ab!
16. Chemikalien darf man nicht essen oder probieren.
17. Prüfe den Geruch einer Chemikalie stets durch Zufächeln!
18. Wasche dir nach dem Verlassen des Labors unbedingt die Hände!

Kapitel 1: Chitosan

Versuch 1: Herstellung einer Chitosanfolie, Untersuchung von Additiven

(Gefahr)-Stoff	Piktogramme	H-/EUH-Sätze	P-Sätze			
Chitosan	kein Gefahrstoff nach GHS	-	-			
Essigsäure (12%)	Achtung 	H315, H319	P302+P352, P305+P351+P338, P321, P332+P313, P362+P364			
Glycerin	kein Gefahrstoff nach GHS	-	-			
Citronensäure	Achtung 	H319, H335	P:261, P264, P271, P280, P304+P340+312, P305+P351+P338			
Schutzmaßnahmen:						
 Schutzbrille	 Schutzhandschuhe	 Abzug	 geschlossenes System	 Lüftungsmaßnahmen	 Brandchutzmaßnahmen	weitere Maßnahmen
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-
Entsorgung: Hausmüll						

Chemikalien und Geräte:

Chitosan, Essigsäure, Magnetrührer, Waage, Spatel, Becherglas, Kunststoffplatte, Glasstab

Versuchsdurchführung:



- In einem 100 mL-Becherglas wird 1,0 g Chitosan unter ständigem Rühren (Magnetrührer oder Glasstab) und leichtem Erwärmen (40 – 60 °C) in 50 mL verdünnter Essigsäure (12 %, 12 g konz. Essigsäure + 88 g Wasser) gelöst.

- Es sollte sich eine gelartige Masse bilden, was einige Minuten in Anspruch nehmen kann.
- Die Gruppen werden über die folgenden Versuche verteilt, sodass alle Varianten 2-3 x gemacht werden und am Ende verglichen werden kann.
- Folgende Additive werden hinzugegeben:
 - **Versuch 1:** kein Additiv
 - **Versuch 2:** 1 ml Glycerin
 - **Versuch 3:** 2 g Citronensäure
- Die Inhalte der Bechergläser werden gut vermischt und kurz weiter erhitzt.
- Anschließend werden die Lösungen auf eine Kunststoffplatte/ Kunststofffolie/ Silikonform dünn ausgegossen.



- Man lässt die Produkte ca. 2 h im Trockenschrank trocknen und vergleicht anschließend ihre Konsistenz

Beobachtungen

Folie	Eigenschaften
Chitosan	
Chitosan + Glycerin	
Chitosan + Citronensäure	

Rolle des Glycerins:

Rolle der Citronensäure:



Kapitel 2: Polymilchsäure

Versuch 2: Synthese von Polymilchsäure







Geräte und Materialien:

Reagenzglas, Reagenzglasklammer, Reagenzglasständer, Bunsenbrenner, Feuerzeug, Siedestein, Pinzette, Spatel, Pipette, Silikonform

Chemikalien

(Gefahr)-Stoff	Piktogramme	H-/EUH-Sätze	P-Sätze
Milchsäure (DL-2-Hydroxypropansäure)	Gefahr 	H315, H318	P264, P280, P302 + P352, P305 + P351 + P338, P332 + P313 - P362 + P364
Zinn(II)-chlorid	Gefahr 	H290, H302, H332, H314, H317, H335, H373, H412	P280, P301 + P330 + P331, P303 + P361 + P353, P304 + P340, P305 + 351 + 338, P310
Polymilchsäure als Reaktionsprodukt	keine Gefahrstoffe nach GHS	–	–

Schutzmaßnahmen:

 Schutzbrille	 Schutzhandschuhe	 Abzug	 geschlossenes System	 Lüftungsmaßnahmen	 Brandschutzmaßnahmen	weitere Maßnahmen
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	–

Entsorgung:

Feststofftonne

Durchführung:

- Gebt mit der Pipette etwa 3 mL Milchsäure in das Reagenzglas.
- Fügt mit dem Spatel ein paar Kristalle des Zinn(II)-chlorid hinzu.
- Gebt zusätzlich einen Siedestein in das Reagenzglas.
- Schaltet den Bunsenbrenner an.
- Erhitzt das Gemisch im Reagenzglas unter ständigem Schütteln über dem Bunsenbrenner, bis sich der Inhalt leicht gelblich verfärbt.
- Gießt den Inhalt nun über einer Silikonform aus.

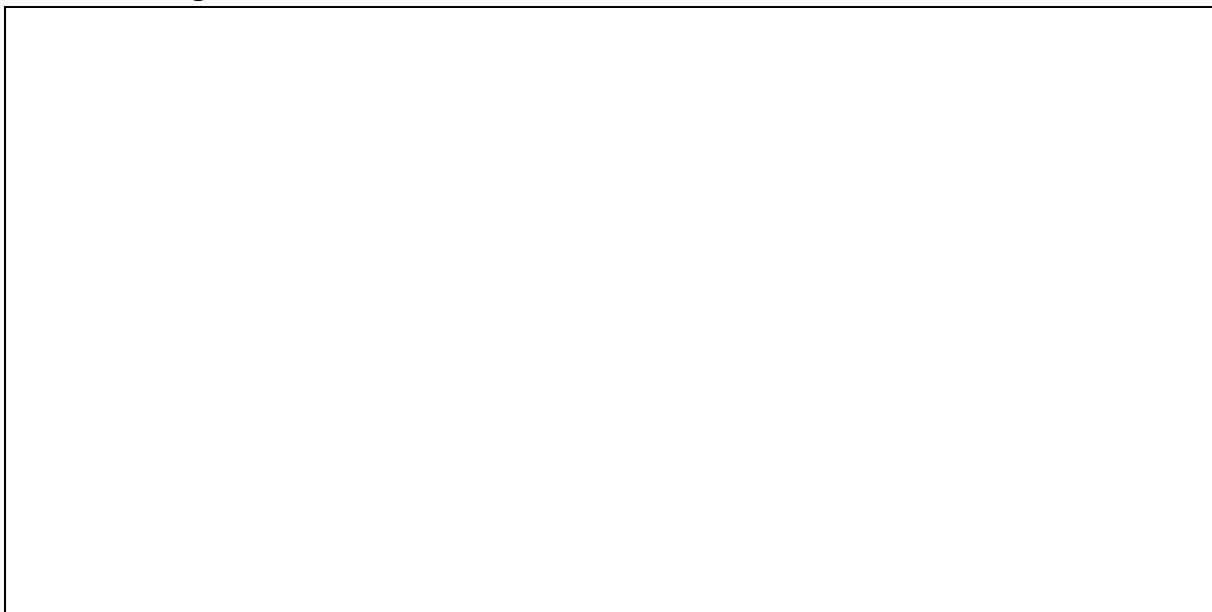


Untersuchung des Polymers:

- Vergleicht das Reaktionsprodukt mit Kunststoffproben (z.B. Granulat und Filament, Becher) verglichen werden.
- Untersucht die Wasserlöslichkeit des Produktes
- Erhitzt das Polymer erneut und versucht, Fäden zu ziehen.

Entsorgung:

- Das Reaktionsprodukt bestehend aus Polymilchsäure und dem verbliebenen Katalysator wird in der Feststofftonne entsorgt.
- Die verunreinigten Glaswaren können in einem warmen Natronlauge-Bad von PLA-Resten befreit werden.

Beobachtung:

Beschreibung des Produktes nach dem Abkühlen:

Gebt die Reaktionsgleichung inklusive Wiederholungseinheit an. Um welchen Reaktionstyp handelt es sich?

Reaktionsgleichung:

Reaktionstyp:

Polymilchsäure (PLA) ist ein









- Thermoplast
- Duroplast
- Elastomer

Begründet die Zuordnung anhand der molekularen Struktur von PLA:

Versuch 3: Abbaubarkeit von Polymilchsäure im Vergleich mit anderen Kunststoffen

Material: Heizplatte, Lineal, Schere, Glasstab, Pinzette, Thermometer, Messzylinder und vier Bechergläser (50 mL)

Chemikalien: 2 M Natriumhydroxidlösung, Ethanol, Kunststoffproben (PP (Polypropen), PS (Polystyrol), PLA (Polymilchsäure), etc.)

(Gefahr)-Stoff	Piktogramme	H-/EUH-Sätze	P-Sätze			
Natriumhydroxid-Lösung (2 M)	Gefahr 	H290, H310	P234, P280, P303+P361+P353, P304+P340+P310, P305+P351+P338, P363			
Ethanol	Gefahr 	H225, H319	P210, P233, P240, P241, P242, P305+351+338			
verschiedene Kunststoffproben aus Alltagsgegenständen	keine Gefahrstoffe nach GHS	–	–			
Schutzmaßnahmen:						
 Schutzbrille	 Schutzhandschuhe	 Abzug	 geschlossenes System	 Lüftungsmaßnahmen	 Brand Schutzmaßnahmen	weitere Maßnahmen
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	–
Entsorgung: Lösungsmittelabfall (Flüssigkeit), Feststoffabfall (Kunststoffreste)						

Durchführung:

- In die Bechergläser werden zu Beginn des Versuchs 15 mL der Natriumhydroxidlösung (2 M) und 15 mL Ethanol gegeben.
- Anschließend werden die Lösungen auf der Heizplatte auf 50 °C erwärmt.
- Danach werden die Kunststoffproben in die Bechergläser gegeben (Beschriften!).
- Anschließend wird beobachtet, wie sich die Kunststoffproben mit der Zeit verändern.



Beobachtungen:











Kunststoff/Struktur:	Beobachtung

Formuliert den Mechanismus der alkalischen Esterhydrolyse

**PLA und PET sind beides Polyester, aber nur PLA ist biologisch abbaubar.
Wie lässt sich das anhand der Strukturen erklären?**

Kapitel 3: Nylon

Versuch 4 a: Grenzflächenkondensation – Synthese von Nylon

(Gefahr)-Stoff	Piktogramme	H-/EUH-Sätze	P-Sätze			
1,6-Diaminohexan	Gefahr 	H302, H312, H314, H335	P261, P280, P301 + P330 + P331, P302 + P352, P305 + P351 + P338, P309 + P310			
Hexansäuredichlorid (Adipinsäure dichlorid)	Gefahr 	H314	P280, P303 + P361 + P353, P305 + P351 + P338, P308 + P310			
n-Heptan	Gefahr 	H225, H304, H315, H336, H410	P210, P273, P301 + P330 + P331, P302 + P352, P403 + P233			
Natriumcarbonat	Achtung 	H319	P260, P280, P305 + P351 + P338			
Entsprechendes Polymer (Nylon) als Reaktionsprodukt	keine Gefahrstoffe nach GHS	–	–			
Schutzmaßnahmen:						
 Schutzbrille	 Schutzhandschuhe	 Abzug	 geschlossenes System	 Lüftungsmaßnahmen	 Brandschutzmaßnahmen	weitere Maßnahmen
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	–
Entsorgung: Lösungsmittelabfall (Flüssigkeiten, Feststoffabfall (Polymer))						

Versuchsdurchführung:











- In einem 100 ml Becherglas löst man 0,4 g Hexamethyldiamin (1,6-Diaminohexan, Abwiegen auf einem Stück Papier) in 20 ml Wasser.
- Nun gibt man 0,5 g Natriumcarbonat hinzu und rührt die Lösung auf einem kleinen Magnetrührer.
- In einem zweiten kleinen Becherglas löst man 1 ml (4.7 mmol, Eppendorfpipette) Hexandisäuredichlorid in 20 ml Heptan.
- Anschließend überschichtet man die wässrige Lösung mit der Heptanlösung.
- An der Grenzfläche der beiden Lösungen entsteht sofort eine dünne Haut, die man z. B. mit einer Pinzette vorsichtig abheben und zu einem Faden ausziehen

kann. Mithilfe eines Reagenzglases oder Glasstabs sich der Faden kontinuierlich aufspulen.

- Der Faden wird gründlich mit Wasser abgewaschen.

Beobachtungen:

Versuch 4 b) Eine Nylon-Variante

(Gefahr)-Stoff	Piktogramme	H-/EUH-Sätze	P-Sätze			
1,6-Diaminohexan (Hexamethyldiamin)	Gefahr 	H302, H312, H314, H335	P261, P280, P301 + P330 + P331, P302 + P352, P305 + P351 + P338, P309 + P310			
Decandisäuredichlorid (Sebacinsäuredichlorid)	Gefahr 	H314	P280, P303 + P361 + P353, P305 + P351 + P338, P308 + P310			
n-Heptan	Gefahr 	H225, H304, H315, H336, H410	P210, P273, P301 + P330 + P331, P302 + P352, P403 + P233			
Natriumhydroxid	Achtung 	H290,	P260, P280, P305 + P351 + P338			
Entsprechendes Polymer (Nylon) als Reaktionsprodukt	keine Gefahrstoffe nach GHS	–	–			
Schutzmaßnahmen:						
 Schutzbrille	 Schutzhandschuhe	 Abzug	 geschlossenes System	 Lüftungsmaßnahmen	 Brandschutzmaßnahmen	weitere Maßnahmen
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	–
Entsorgung: Lösungsmittelabfall (Flüssigkeiten, Feststoffabfall (Polymer))						

Im Versuch geht es um die Variante Polyamid 6,10 bei der das HMD mit dem Dichlorid der Sebacinsäure $\text{HOOC}(\text{CH}_2)_8\text{COOH}$ umgesetzt wird.

Versuchsdurchführung:

- In einem 100 ml Becherglas löst man 0.55 g (4.7 mmol) Hexamethyldiamin (1,6-Diaminohexan, Abwiegen auf einem Stück Papier) in 45 ml Wasser.
- Nun gibt man 2 Plättchen festes Natriumhydroxid (0.4 g, 10 mmol NaOH) hinzu und rührt die Lösung auf einem kleinen Magnetrührer,
- Ist alles gelöst, kann man optional noch ein paar Tropfen Phenolphthalein als Indikator hinzu. Der Indikator zeigt, dass die Lösung am Anfang alkalisch reagiert.

- In einem zweiten kleinen Becherglas löst man 1 ml (4,7 mmol, Eppendorfpipette) Sebacinsäuredichlorid (Decandisäuredichlorid) in 20 ml Heptan.
- Anschließend überschichtet man die wässrige Lösung mit der Heptanlösung.
- An der Grenzfläche der beiden Lösungen entsteht sofort eine dünne Haut, die man z. B. mit einer Pinzette vorsichtig abheben und zu einem Faden ausziehen kann. Mithilfe eines Reagenz- oder eines Becherglases (siehe Abbildung) lässt sich der Faden kontinuierlich aufspulen.



Weitere Anmerkungen:

- Während der Reaktion entsteht Salzsäure (HCl), die durch die Natronlauge neutralisiert wird. Nach etwa einer halben Stunde ist die Natronlauge verbraucht. Man erkennt das daran, dass sich der Indikator vollkommen entfärbt, was das Ende der Reaktion anzeigt. Das Diamin ist praktisch vollständig in das Polyamid umgewandelt worden.
- Vermischt man die beiden Phasen mit einem Glas- oder Holzstab durch intensives Rühren, so vergrößert sich die Grenzfläche derart, dass die Reaktion deutlich schneller vor sich geht. Man erhält ein quallenartiges Gebilde – eine stark lösungsmittelhaltige Polymerstruktur.

Beobachtungen:

Fragen:

Formuliert eine Reaktionsgleichung für die Bildung des Polyamids

Erklärt das Prinzip der Grenzflächenkondensation