

Name:	Datum:
-------	--------

# Stoffkreislauf: -Versuche zum Recycling/Kompostierung-

## Inhalt

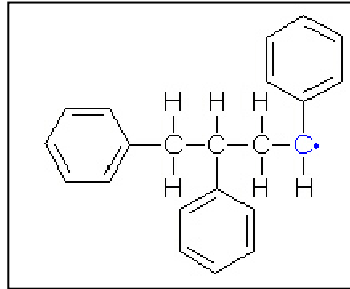
<b>V1-V3</b>	<b>Recycling</b>	2
Versuch 1.1	Umformung von Polystyrol und Herstellung einer Polystyrol-Folie	2
Versuch 1.2	Wiederaufschäumen von Polystyrol	3
Versuch 2.1	Abbau von PLA (Polymilchsäure) durch Hydrolyse	4
Versuch 2.2	Synthese von Polymilchsäure (PLA) und Herstellung einer PLA-Folie	6
Versuch 3	Herstellung einer Stärkefolie	7
<b>V4</b>	<b>Kompostierung</b>	8
Versuch 4.1	Kompostierbarkeit einer Polystyrol-, PLA- und Stärkefolie	11
Versuch 4.2	Kompostierung und anschließender CO <sub>2</sub> -Nachweis (beschleunigte Methode)	13
Chemikalien	Lösungen	15
Materialliste	Materialliste für 30 SchülerInnen bzw. 15 Zweiergruppen	16

Name:

Datum:

## V1 – V3 Recycling

### V1. Versuche mit Polystyrol



#### Geräte

250 mL Becherglas (weit), 250 mL Becherglas (eng), 250 mL Becherglas (für heißes Wasser), 10 mL-Messzylinder, 1 Glasstab, 1 Glaspetrischale, Uhrglas, Papiertuch, Lupe, 2 g Verpackungschips aus Polystyrol oder Polystyrolplatte, schwarze Pappe mit Polystyrolfolie, Teelöffel, Messer

#### Materialien

Ethylacetat, Aceton im Schnappdeckelglas (4 mL), Wasser

#### Sicherheits- und Entsorgungshinweise

Diese Versuche müssen unter dem Abzug durchgeführt werden!

Ethylacetat ist leichtentzündlich und reizend. Trage Handschuhe und eine Schutzbrille. Vermeide offene Feuerquellen.

### V1.1: Umformen von Polystyrol und Herstellung einer Polystyrol-Folie

#### Durchführung

1. Fülle in das 250 mL Becherglas (weit) mit Hilfe des Messzylinders 10 mL Ethylacetat.
2. Wiege in ein weiteres 250 mL Becherglas (eng) 1 g Polystyrolchips oder Polystyrolplatte ein.
3. Gib nun das Polystyrol in das Becherglas mit dem Ethylacetat.
4. Rühre mit dem Glasstab um.
5. Gieße die Lösung in eine Glaspetrischale und lasse das Lösungsmittel unter dem Abzug verdunsten.
6. Betrachte das bereitgestellte Produkt auf der schwarzen Pappe.

#### Was beobachtest du?

## V1.2: Wiederaufschäumen von Polystyrol

### Durchführung

1. Wiege noch einmal 1 g Polystyrol in ein 250 mL Becherglas ein.
2. Gieße das Aceton aus dem Schnappdeckelglas (4 mL) über das Polystyrol.
3. Rühre mit dem Glasstab um, fische die „Polystyrol-Masse“ mit dem Löffel heraus und lege sie für etwa 20 sec zum Trocknen auf ein Uhrglas.
4. Gib sie anschließend für etwa 5 min in ein Becherglas mit heißem Wasser.

### Was beobachtest du?

---

---

---

---

5. Nimm die „Polystyrol-Masse“ mit dem Löffel aus dem heißen Wasser und lege sie zum Trocknen für etwa 5 min auf ein Papiertuch.
6. Schneide in der Zwischenzeit einen Polystyrolchip mit einem Messer in zwei Teile und betrachte die Schnittfläche unter der Lupe. Zeichne die Schnittflächenstruktur.



7. Schneide nun auch die „Polystyrol-Masse“ in 2 Teile, betrachte die Schnittfläche unter einer Lupe und vergleiche diese mit der des Polystyrolchips.

### Was beobachtest du?

---

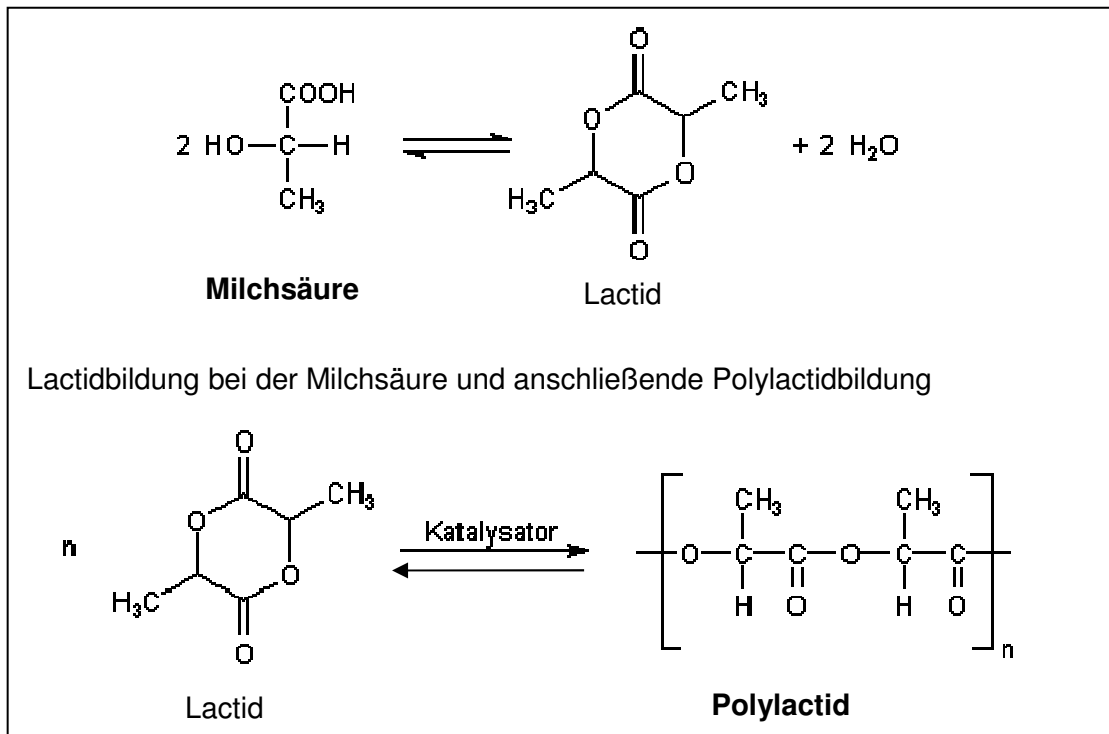
---

---

Name:

Datum:

## V2. Versuche mit Polymilchsäure (PLA)



### V2.1: Abbau der Polymilchsäure (PLA) durch Hydrolyse

#### Geräte

Schnappdeckelglas mit Deckel, 10 mL-Messzylinder, Kunststoffpipette, Waage, 3 Glaskapillaren, DC-Kartenstück (Dünnschichtchromatographie-Karte, Polygram SIL G/UV254, Fa. Macherey und Nagel), UV-Lampe (Fa. Merck, 254 nm), Stoppuhr, PLA-Folie

#### Materialien

Milchsäure-Lösung (1 % in dest. Wasser), PLA-Lösung (1 % in Dichlormethan), 1 M Natronlauge

#### Sicherheits- und Entsorgungshinweise

Dieser Versuch muss unter dem Abzug durchgeführt werden!

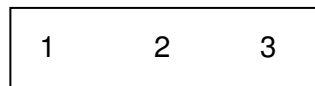
Milchsäure und Natronlauge sind reizend. Trage Handschuhe und eine Schutzbrille.

#### Hintergrundinformation

PLA kann mit verdünnter Natronlauge hydrolytisch in Milchsäure gespalten werden. Das Hydrolyseergebnis kann qualitativ mit Hilfe der UV-Lampe überprüft werden. Während die PLA UV-aktiv (sichtbarer Fleck unter der UV-Lampe) ist, weist die Milchsäure nur eine sehr schwache UV-Aktivität (schwach sichtbarer Fleck unter der UV-Lampe) auf.

## Durchführung

1. Wiege in ein Schnappdeckelglas 0,12 g zerkleinerte PLA-Folie ein.
2. Gib mit Hilfe einer Pipette 2,5 mL 1 M Natronlauge dazu und verschließe das Schnappdeckelglas mit dem Deckel.
3. Stelle das Schnappdeckelglas für 30 min zur Seite (Stoppuhr) und schwenke es ab und zu vorsichtig.
4. Bearbeite in der Zwischenzeit Versuch 2.2.
5. Tüpfle nun jeweils zweimal mit einer Glaskapillare die Milchsäure-Lösung (Auftragungspunkt 1) und die PLA-Lösung (Auftragungspunkt 2) nebeneinander auf eine Dünnschichtchromatographie-Karte (DC-Karte) und beschrifte die Auftragungspunkte vorsichtig mit Bleistift mit 1, 2 und 3 (siehe Zeichnung). Auftragungspunkt 3 wird erst später getüpfelt (siehe Punkt 8). Lass die Auftragungspunkte trocknen.



6. Betrachte die getüpfelten Auftragungspunkte unter der UV-Lampe.

## Was beobachtest du?

---

---

7. Nach Ablauf der 30 minütigen Wartezeit gib 10 mL dest. Wasser zu der PLA-Natronlauge-Mischung hinzu.
8. Tüpfel nun die entstandene Lösung der PLA-Natronlauge zweimal auf dieselbe DC-Karte (Auftragungspunkt 3), lass den Auftragungspunkt dabei auch zwischendurch trocknen.
9. Betrachte die DC-Karte wieder unter der UV-Lampe.

## Was beobachtest du? Und welchen Schluss kannst du in Hinblick auf den Abbau der PLA ziehen?

---

---

---

---

## V2.2: Synthese von Polymilchsäure (PLA) und Herstellung einer PLA-Folie

### Geräte

Reagenzglas (hitzebeständig), 250 mL Becherglas (weit) zum Abstellen der sauberen Reagenzgläser, 250 mL Becherglas zum Abstellen der gebrauchten Reagenzgläser, Siedestein, Spatel, Bunsenbrenner, Streichhölzer, 100 mL Becherglas mit Wasser gefüllt (für die benutzten Streichhölzer), Holzklammer mit langem Griff, Petrischale ausgekleidet mit Aluminiumfolie, Kunststoff-Petrischale mit Sand, Kunststoffpipette

### Materialien

Milchsäure, Zinn(II)chlorid

### Sicherheits- und Entsorgungshinweise

Dieser Versuch muss unter dem Abzug durchgeführt werden!

Milchsäure ist reizend und Zinn(II)chlorid gesundheitsschädlich. Trage Handschuhe und eine Schutzbrille.

### Durchführung

1. Gib eine kleine Spatelspitze (wenig!) Zinn(II)chlorid und ein Siedesteinchen in ein Reagenzglas.
2. Gib nun 10 mL Milchsäure mit einer Kunststoffpipette dazu.
3. Erhitze das Gemisch vorsichtig, indem du das Reagenzglas mit einer Holzklammer mit langem Griff unter leichtem Schütteln in der heißen Bunsenbrennerflamme festhältst, bis sich die Masse intensiv orangebraun verfärbt (ca. 5-10 min).
4. Gieße die noch heiße flüssige Masse in eine mit Aluminiumfolie ausgekleideten Petrischale und stelle das heiße Reagenzglas im Becherglas ab.

### Was beobachtest du?

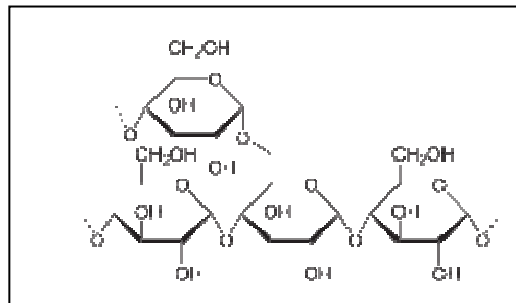
5. Lass die Masse in der Petrischale unter dem Abzug abkühlen (etwa 10 Minuten).
6. Setze in der Zwischenzeit Versuch 2.1 (Punkt 5) fort.
7. Löse nach etwa 10 min die Masse vorsichtig von der Aluminiumfolie.
8. Lege die Folie in die bereitgestellte Petrischale mit Sand für weitere Versuche zur Seite.

### Beschreibe dein Ergebnis:

Name:

Datum:

### V3: Herstellung einer Stärkefolie



#### Geräte

Kristallisierschale 200 mL (dient als Wasserbad), Becherglas 100 mL, Kunststoff-Petrischale, Spatel, Glasstab, Waage, Trockenschrank, Kartoffelstärke

#### Materialien

50 %ige Glycerinlösung, dest. Wasser, heißes Wasser

#### Durchführung

1. Wiege 1,25 g Kartoffelstärke in einem 100 mL Becherglas ein und gib 10 mL dest. Wasser (mit einem Messzylinder) und 1 mL wässriger Glycerinlösung mit einer Pipette dazu.
2. Erhitze die Mischung unter stetigem Rühren im heißen Wasserbad (Kristallisierschale mit heißem Wasser gefüllt) bis die Masse viskos und transparent wird (Stärke ist dann verkleistert – ca. 3 min).
3. Verstreiche die viskose Masse gleichmäßig mit einem Glasstab auf den Boden einer umgedrehten Kunststoff-Petrischale.
4. Lass die Folie bei ca. 90 °C für 90 min im Trockenschrank trocknen.
5. Lass die Folie abkühlen und ziehe sie vorsichtig von der Petrischale ab.

#### Was beobachtest du?

---

---

---

Name: _____	Datum: _____
-------------	--------------

## V4 Kompostierung

### V4.1: Kompostierbarkeit einer Polystyrol-, PLA- und Stärkefolie

#### Geräte

3 Kunststoffpetrischalen, 100 mL Becherglas mit Leitungswasser, Plastik-Pasteurpipette, Glasstab mit durchbohrten Gummistopfen, Lineal, Schere, Pinzette, Lupe, Teelöffel, kleine PE-Schüssel mit Komposterde, Polystyrolfolie, PLA-Folie, Stärkefolie

#### Materialien

Leitungswasser

#### Durchführung

1. Schneide (Polystyrol- und Stärkefolie) bzw. breche (PLA-Folie) von jeder Folie einen Streifen der Größe von etwa 1 cm x 2 cm zurecht.
2. Beschrifte die 3 Petrischalen (Stärke, PLA, Polystyrol) und fülle sie bodenbedeckt mit einer Schicht Komposterde.
3. Beträufele den Kompost so lange mit Leitungswasser, bis die Erde gut durchgefeuchtet ist. Drücke zwischendurch immer wieder mit dem Glasstab mit durchbohrtem Stopfen die Erde an.
4. Lege nun mit einer Pinzette die Folienstreifen in die entsprechenden Petrischalen und drücke sie leicht mit dem Glasstab+Stopfen auf die Erde an.
5. Für die Beobachtung stehen dir schon vorbereitete Materialien zur Verfügung, die 8 Tage alt sind.

#### Was beobachtest du?

Tag	Polystyrolfolie	PLA-Folie	Stärkefolie
0			
8			

#### Welche Folien verändern sich und welche sehen aus wie am Anfang?

---



---

#### Was kannst du bezüglich der Kompostierbarkeit der jeweiligen Folien aus deinen Beobachtungen schließen?

---



---



## V4.2: Kompostierung und anschließender CO<sub>2</sub>-Nachweis (beschleunigte Methode)

### Geräte

1 Heizplatte, 1 Kristallisierschale (500 mL), Thermometer, 2 Erlenmeyerkolben (100 mL Weithals), 2 Gärröhrchen, Kunststoffpipette, Schere, Waage, 1 Kunststoff-Petrischale, wasserfester Stift, Glasstab mit durchbohrtem Gummistopfen (in Parafilm eingepackt), 2 Schnappdeckelgläser, Soda-Club-Maschine, Stärkefolie, Komposterde (15 min mit der Wasserstrahlpumpe „entgast“)

### Materialien

Natronlauge (0,5 mmol/L) mit 1-2 Tropfen Phenolphthaleinlösung (0,1 % in Ethanol) (Pink-Färbung), Leitungswasser (60 °C)

### Hintergrundinformation

*Gelöstes Phenolphthalein ist bei einem pH-Wert von 8,3 bis etwa 12 pink gefärbt (Natronlauge, 0,5 mmol/L hat etwa einen pH-Wert von 10). Unter einem pH-Wert von 8,3 ist es farblos. Während des Kompostierungsvorgangs bildet sich CO<sub>2</sub>, welches mit den OH<sup>-</sup>-Ionen der Natronlauge zu Hydrogencarbonat reagiert und so eine pH-Absenkung auf unter 8,3 und demzufolge eine Entfärbung des Phenolphthaleins bewirkt. Die Reaktion kann als Nachweis für CO<sub>2</sub> eingesetzt werden.*

### Vergleichsversuch:

1. Leite mit Hilfe eines aufgesteckten Schlauches das Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>) aus der Druckgasflasche der Soda-Club-Maschine in das erste Schnappdeckelglas (beschriftet mit 1).
2. Fülle nun mit Hilfe der Pipette in Schnappdeckelglas 1 und 2 jeweils 2 mL der Natronlauge mit Phenolphthalein (Pink-Färbung).

### Was beobachtest du?

---

---

### Durchführung

1. Wiege 1 g der Stärkefolie in einer Petrischale ab und zerschneide sie in kleine Stücke.
2. Gib die Folienstücke in den entsprechend beschrifteten, schon mit „entgaster“ Komposterde vorbereiteten, Erlenmeyerkolben.
3. Beträufle vorsichtig mit einer Pipette die Komposterde und die Folienstücke mit etwas 60 °C heißem Leitungswasser und drücke sie mit einem Glasstab mit Gummistopfen auf die Erde an.
4. Bereite die Gärröhrchen vor, indem du sie mit Hilfe einer Kunststoffpipette vorsichtig mit jeweils etwa 3 mL Natronlauge + Phenolphthalein (Pink-Färbung) füllst (die kugeligen Erweiterungen des Glases müssen bis zur Hälfte gefüllt sein).
5. Bereite einen Erlenmeyerkolben mit entgaster Komposterde ohne Folie analog vor. Er dient als Kontrollwert.

6. Verschließe die Erlenmeyerkolben mit den Gärröhrchen und stelle sie in das bereitgestellte, 60 °C warme Wasserbad (Kristallisierschale).
7. Warte so lange, bis sich die Flüssigkeit in einem Gärröhrchen entfärbt hat.

**Was beobachtest du?**

---

---

---

**Erkläre deine Beobachtung.**

---

---

**Bei welcher Folie (PLA oder Polystyrol) würdest du eine ähnliche Reaktion vermuten?**

---

---

---

## Lösungen zum Ansetzen

### 1 M Natronlauge

40 g NaOH-Plätzchen  
mit dest. Wasser auf 1000 mL auffüllen

### 1 %ige Milchsäurelösung

0,5 g Milchsäure  
mit dest. Wasser auf 50 g auffüllen

### 1 %ige PLA-Lösung

0,5 g PLA-Folie  
mit Dichlormethan auf 50 g auffüllen

### 50 %ige Glycerinlösung:

50 g Glycerin  
mit dest. Wasser auf 100 g auffüllen.

### 0,5 mmol/L Natronlauge:

- Herstellung einer 0,1 mol/L NaOH:  
0,4 g Natriumhydroxid-Plätzchen mit dest. Wasser im Messkolben auf 100 mL auffüllen
- 2,5 mL der 0,1 mol/L NaOH mit dest. Wasser im Messkolben auf 500 mL auffüllen.

### 0,1 %ige Phenolphthalein-Lösung:

0,1 g Phenolphthalein  
mit Ethanol im Messkolben auf 100 mL auffüllen.

### Komposterde von ALBA „entgast“

- 600 mL Komposterde von ALBA werden in einer 1000 mL Saugflasche 15 min „entgast“.
- Danach wird die „entgaste“ Erde auf die 100 mL Enghals Erlenmeyerkolben aufgeteilt (etwa 20 mL Erde pro Kolben) und mit Plastikstopfen verschlossen.
- Diese vorbereiteten Erlenmeyerkolben werden für die Kompostierungsversuche (Versuch 4.2) eingesetzt.

## Materialliste für 30 SchülerInnen bzw. 15 Zweiergruppen

### Versuch 1: Stationsversuch (beinhaltet V 1.1 und V 1.2)

- 1 x 250 mL Becherglas (eng), 100 mL Becherglas, 250 mL Becherglas (weit)
- 1 x 250 mL Becherglas (weit) als heißes Wasserbad
- 1 x 10 mL Messzylinder, 1 50 mL Messzylinder
- 1 Glasstab, Pinzette oder Teelöffel, Papiertuch
- 1 Glaspetrischale
- Heizplatte, Siedesteine, Uhrglas
- Messer, wasserfester Stift, Lupe
- Verpackungschips aus Polystyrol oder Polystyrolplatte
- Polystyrolfolie auf schwarzer Pappe (Muster)
  - Ethylacetat (ca. 80 mL in 100 mL Becherglas mit Uhrglas abgedeckt)
  - Aceton (je 4 mL in Schnappdeckelgläser mit Deckel abgefüllt)
  - dest. Wasser

### V 2.1: Stationsversuch

- Schnappdeckelglas mit Deckel
- 10 mL Messzylinder
- Kunststoff-Pasteurpipette
- Waage
- 3 Glaskapillaren
- 1 DC-Karten-Streifen (Polygram Sil G/UV<sub>254</sub> (Fa. Macherey-Nagel)
- UV-Lampe
- Stoppuhr
- PLA-Folie
  - 1 %ige Milchsäurelösung (in dest. Wasser) (im Schnappdeckelglas)
  - 1 %ige PLA-Lösung (in Dichlormethan) (im Schnappdeckelglas)
  - 1 M Natronlauge (ca. 50 mL in 100 mL Becherglas mit Uhrglas abgedeckt)

### V 2.2: Stationsversuch

- Reagenzglas, Siedestein, Holzklammer mit langem Griff
- 250 mL Becherglas (eng) zum Abstellen der sauberen Reagenzgläser, 250 mL Becherglas (eng) zum Abstellen der benutzten Reagenzgläser, 100 mL Becherglas mit Wasser (für benutzte Streichhölzer)
- Bunsenbrenner, Streichhölzer
- Spatel, Plastik-Pasteurpipette
- Schale aus Aluminiumfolie (Petrischale mit Aluminiumfolie ausgekleidet)
- Kunststoffpetrischale mit Sand zum Ablegen der Folie
  - Milchsäure (ca. 50 mL in 100 mL Becherglas mit Uhrglas abgedeckt)
  - Zinn(II)chlorid in Schnappdeckelglas

### V 3: Stationsversuch

- Kristallisierschale 200 mL (dient als heißes Wasserbad)
  - Becherglas 100 mL
  - Spatel, Glasstab
  - Waage
  - Trockenschrank
  - Kartoffelstärke
  - Kunststoff-Petrischale
- 50 %ige wässrige Glycerinlösung (ca. 10 mL im Schnappdeckelglas)
  - dest. Wasser

### V 4.1: Stationsversuch

- 3 Kunststoff-Petrischalen, Plastik-Pasteurpipette
  - 100 mL Becherglas
  - Schere, Lupe, Teelöffel, Lineal, Pinzette
  - Komposterde (z.B. von ALBA)
  - Glasstab mit perforiertem Gummistopfen in Parafilm eingepackt
  - Polystyrolfolie, PLA-Folie, Stärkefolie (müssen mindestens 1 Tag vorher hergestellt werden)
- Leitungswasser

### V 4.2: Stationsversuch

- 1 Heizplatten, 1 Kristallisierschale (500 mL), Thermometer
  - 2 Erlenmeyerkolben 100 mL Weithals, 2 Gärröhrchen
  - Kunststoff-Pasteurpipette
  - Schere, Waage, wasserfester Stift
  - 1 Kunststoff-Petrischalen
  - Stärkefolie (muss mindestens 1 Tag vorher hergestellt werden)
  - Komposterde „entgast“ (s. Lösungen zum Ansetzen)
- 100 mL Natronlauge (0,5 mmol/L), ~pH-Wert von 10, mit 2 Tropfen 0,1 %ige Phenolphthalein-Lösung (in Ethanol) – Pink-Färbung (ca. 60 mL in Kunststoffschraubflasche; **Achtung: muss verschlossen sein!!!**)
  - Leitungswasser