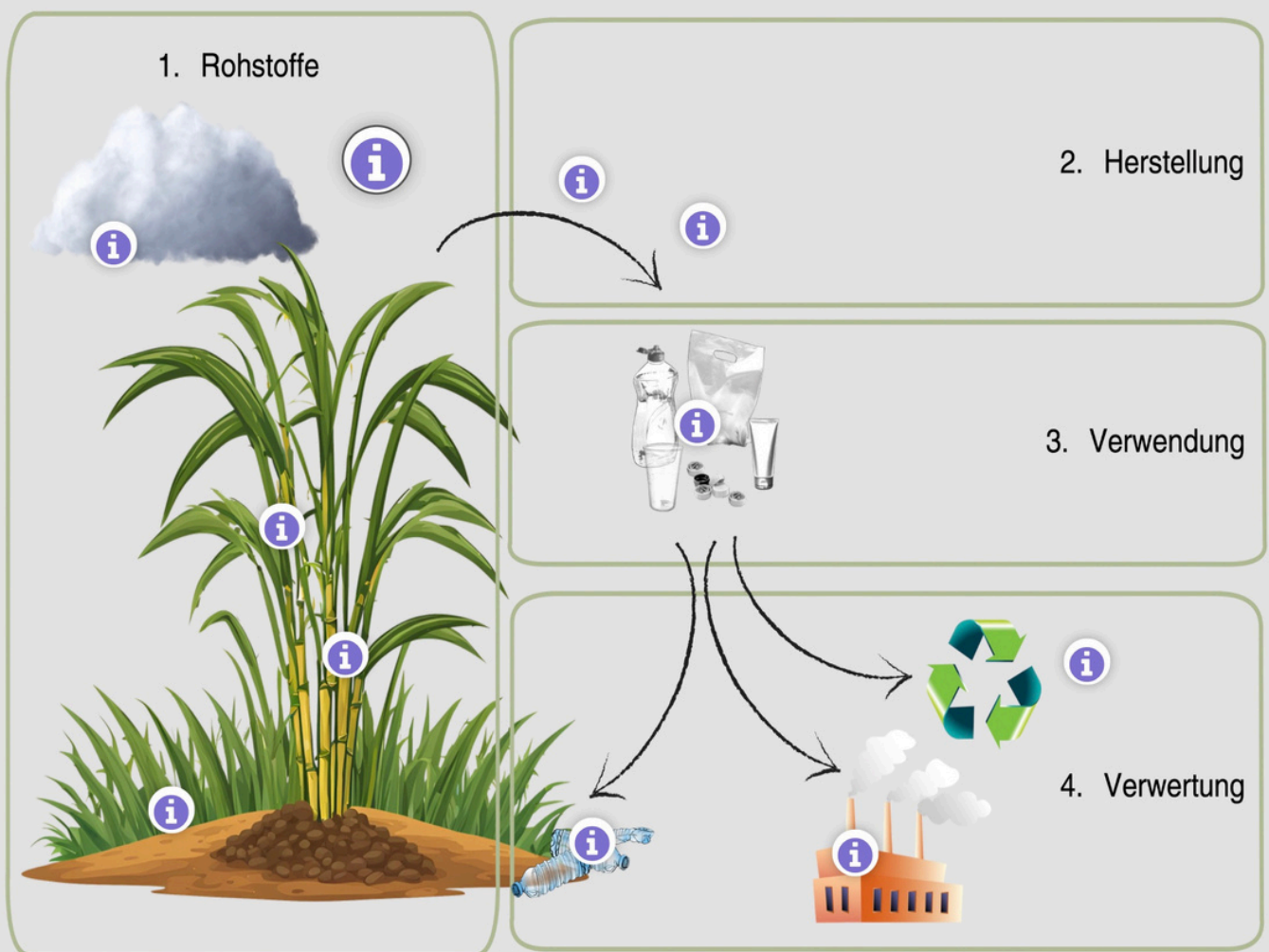


# Bewertung der Nachhaltigkeit von biobasierten Kunststoffen

Bio-Polyethylen - eine nachhaltige Alternative  
zu erdölbasiertem Polyethylen?



Begleitheft zum Lehr-Lern-Labor



← zu den interaktiven Materialien

# Inhaltsverzeichnis



**Nutzen Sie** das Inhaltsverzeichnis, um die Aufgaben zu **markieren**, welche Sie schon bearbeitet haben.

	<u>Seite</u>	
<b>1. Was ist Nachhaltigkeit?</b>	2	<input type="checkbox"/>
<b>2. Was sind biobasierte Kunststoffe?</b>	3	<input type="checkbox"/>
<b>3. Das Lehr-Lern-Labor</b>	4	<input type="checkbox"/>
<b>1. Erarbeitung der Informationen</b>	5	<input type="checkbox"/>
1. Rohstoffe	6	<input type="checkbox"/>
1. Wachstumsbedingungen von Zuckerrohr	6	<input type="checkbox"/>
2. Bodennutzung	6	<input type="checkbox"/>
3. Einsatz von Pestiziden und Herbiziden	6	<input type="checkbox"/>
4. Zuckerrohranbau in Brasilien	7	<input type="checkbox"/>
5. Treibhausgasemissionen	7	<input type="checkbox"/>
2. Herstellung	8	<input type="checkbox"/>
1. Herstellung von Bio-Polyethylen	8	<input type="checkbox"/>
2. Kosten von Bio-Polyethylen	11	<input type="checkbox"/>
3. Verwendung	12	<input type="checkbox"/>
1. Eigenschaften und Verwendung von Bio-Polyethylen	12	<input type="checkbox"/>
4. Verwertung	25	<input type="checkbox"/>
1. Recycling	25	<input type="checkbox"/>
2. Verbrennung	26	<input type="checkbox"/>
3. Bioabbaubarkeit	27	<input type="checkbox"/>

# 1. Was ist Nachhaltigkeit?

Das Wort Nachhaltigkeit wird für viele verschiedene Sachen genutzt. Aktivist\*innen fordern nachhaltigeres Leben, Wirtschaften und Konsumieren. Auch immer mehr Produkte werden als nachhaltig beworben und es gibt politische oder wirtschaftliche Konferenzen zur Nachhaltigkeit. Kurzum, wir nutzen das Wort „Nachhaltigkeit“ im Alltag sehr oft.

## Doch was bedeutet Nachhaltigkeit?

*„Nachhaltig ist eine Entwicklung, die den Bedürfnissen der heutigen Generation entspricht, ohne die Möglichkeiten künftiger Generationen zu gefährden, ihre eigenen Bedürfnisse zu befriedigen und ihren Lebensstil zu wählen.“*

*(Brundtland-Bericht 1987)*

Dass heißt, wir sollten mit unseren Ressourcen so umgehen, dass auch spätere Generationen sie noch nutzen können. Der Begriff Ressourcen umfasst natürliche, wirtschaftliche oder auch gesellschaftliche Mittel.

Nachhaltigkeit umfasst nämlich viele Bereiche. Diese können unter den Aspekten Ökologie, Ökonomie und Soziales zusammengefasst werden. Eine Sache ist erst dann nachhaltig, wenn sie diese Definition in allen drei Bereichen erfüllt.

Da diese Definition sehr ungenau ist, orientiert man sich auch oft an den (konkreten) Zielen für nachhaltige Entwicklung (Abb. 1).



Abb. 1: Ziele für nachhaltige Entwicklung

## 2. Was sind biobasierte Kunststoffe?

Konventionelle Kunststoffe bestehen aus Erdöl. Dies ist eine endliche Ressource. Bis 2060 werden die Erdölvorkommen voraussichtlich erschöpft sein.

Eine Lösung für dieses Problem könnten biobasierte Kunststoffe sein. Sie bestehen aus Biomasse, wie Zuckerrohr oder Holz. Sie gehören zur Gruppe der Biokunststoffe und werden oft als solche bezeichnet.

Der Begriff Biokunststoffe bezeichnet biologisch abbaubare Kunststoffe aus Erdöl oder Biomasse und nicht biologisch abbaubare Kunststoffe aus Biomasse (Abb. 2).

Dass heißt, nicht alle Biokunststoffe sind auch biobasierte Kunststoffe. Und: Nicht alle biobasierten Kunststoffe sind biologisch abbaubar.

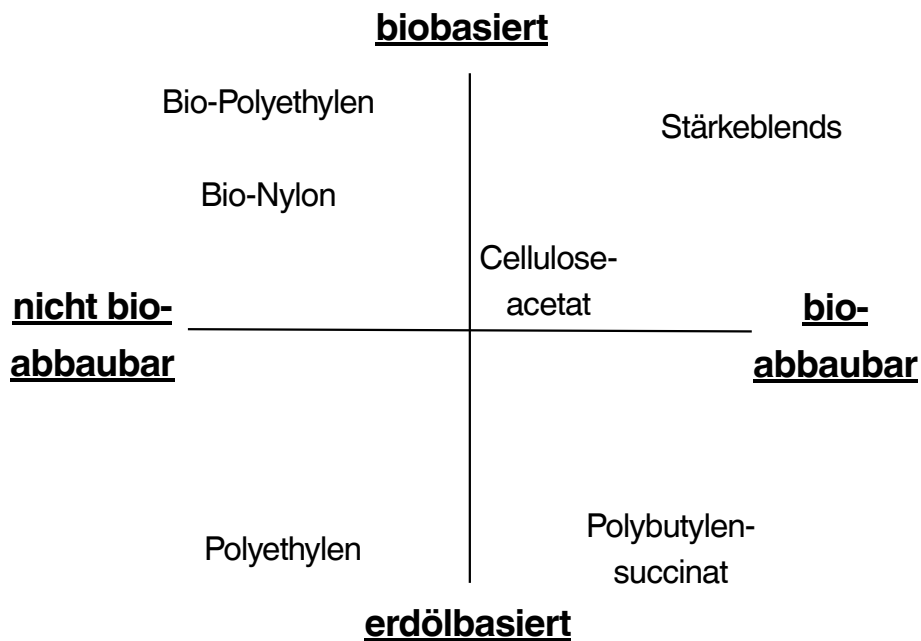


Abb. 2: Einteilung der Kunststoffe

### 3. Das Lehr-Lern-Labor

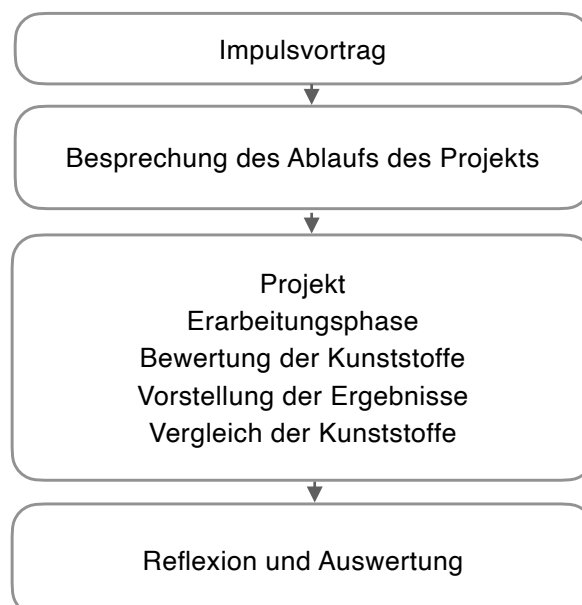
Im Lehr-Lern-Labor der Chemiesdidaktik der Uni Rostock zu biobasierten Kunststoffen werden Sie sich näher mit dem Kunststoff Bio-Polyethylen **auseinandersetzen**. Ihr Ziel ist es, die **Nachhaltigkeit** von Bio-PE anhand der Kategorien „Landnutzungsänderung“, „Wassernutzung“, „Treibhausgasemissionen“, „Umweltverschmutzung“, „Kosten“, „Verwendungsmöglichkeiten“ und „Einhaltung sozialer Standards“ zu **bewerten**.

Zuerst findet eine Vorbesprechung statt. Hier erfahren Sie allgemeine Informationen über biobasierte Kunststoffe und das Lehr-Lern-Labor.

Dann beginnt die Experimentier- und Informationsphase. Sie orientieren sich bei der Bearbeitung der Aufgaben an der interaktiven Graphik und diesem Begleitheft.

Mit diesen Informationen **füllen Sie** anschließend die Bewertungsvorlage für den Kunststoff **aus**.

Zum Schluss **vergleichen** Sie Ihre Ergebnisse und **diskutieren** auf Grundlage dieser die Vor- und Nachteile der untersuchten Kunststoffe.

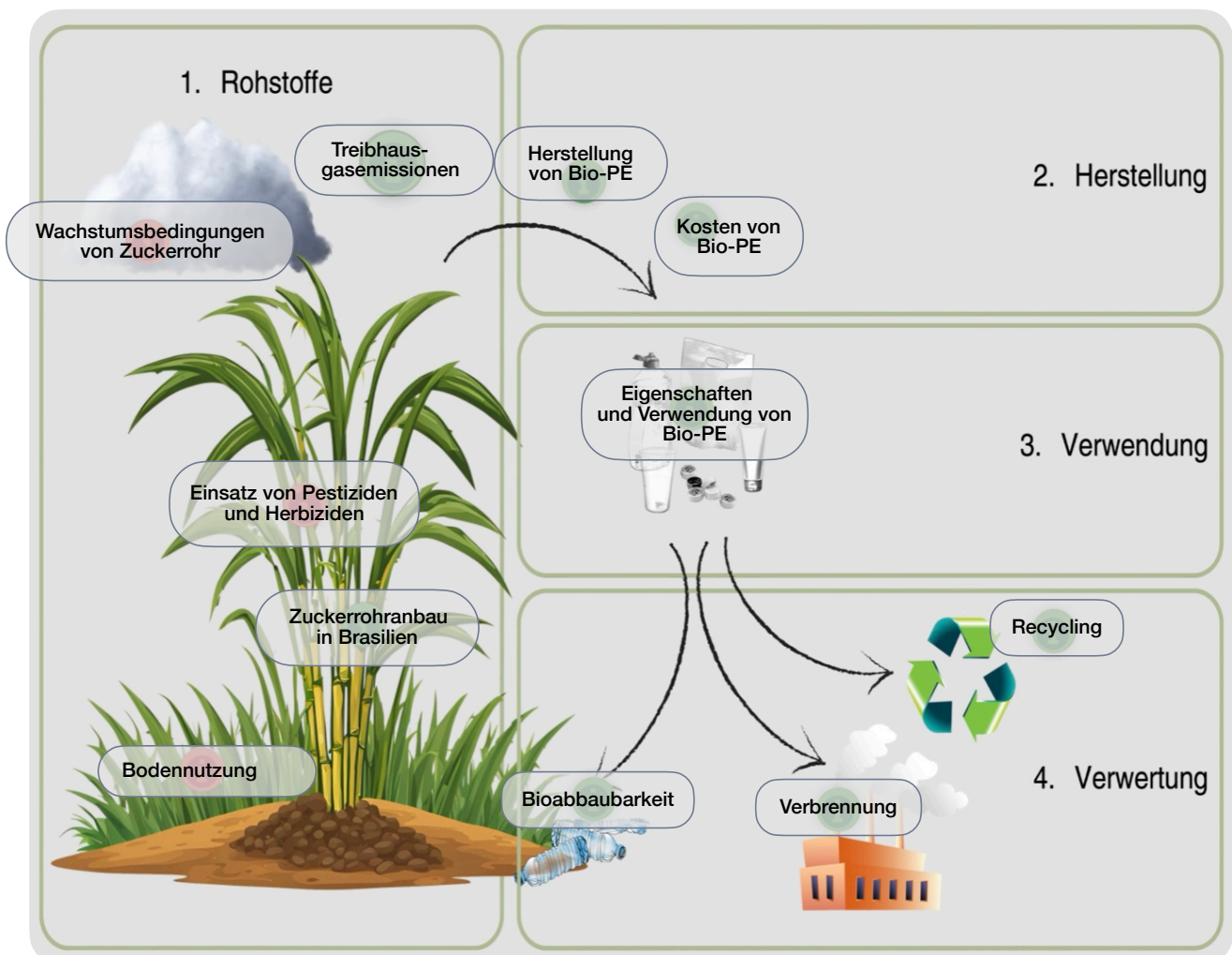


### 3. 1 Erarbeitung der Informationen

Die Materialien zur Erarbeitung der benötigten Informationen können über die Hotspots einer interaktiven Graphik abgerufen werden (Abb. 3). Sie finden verschiedene Informationstexte, Aufgaben, Experimente, Videos und einen Podcast. Die Lösungen der Aufgaben halten Sie in diesem Heft fest. Außerdem beinhaltet das Heft alle Protokolle für die Experimente.

Bearbeiten Sie die Hotspots, um die Tabelle auf S. 23 zu ergänzen. Innerhalb eines Abschnitts, kann die Reihenfolge der Bearbeitung der Aufgabe frei gewählt werden. Sollten Sie danach noch Zeit haben, bearbeiten Sie auch die Zusatzaufgaben.

Lösen Sie die Aufgaben gemeinsam in kleinen Gruppen. Sie können die Aufgaben auch aufteilen.



### 3. 1. 1 Rohstoffe



#### 1. Wachstumsbedingungen von Zuckerrohr (Zusatzaufgabe)



Notieren Sie die wichtigsten Informationen zum Wasserbedarf der Zuckerrohrpflanze.

---

---

---



#### 2. Bodennutzung (Zusatzaufgabe)



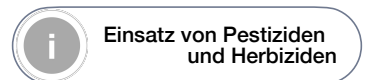
Notieren Sie die wichtigsten Informationen zur Düngung von Zuckerrohrpflanzen.

Fokussieren Sie sich dabei auf die Vorteile und die Kritik der verwendeten Düngemittel.

Düngemittel	Vorteile	Nachteile
Vinasse		
		—
konventionelle Düngemittel		



#### 3. Einsatz von Pestiziden und Herbiziden (Zusatzaufgabe)



Notieren Sie die wichtigsten Informationen zum Einsatz von Pestiziden und Herbiziden beim Anbau von Zuckerrohr.

Fokussieren Sie sich dabei auf die Vorteile und die Kritik der verwendeten Mittel.

Mittel	Vorteile	Kritik
Pestizide		
	—	
Herbizide		

### 3. 1. 1 Rohstoffe

#### 4. Zuckerrohranbau in Brasilien



**Notieren Sie** die wichtigsten Informationen zur Einhaltung von Menschen- und Arbeitsrechten im heutigen Zuckerrohranbau, der Emission von Treibhausgasen und der Umnutzung von Land in Brasilien.

Einhaltung von Menschen- und Arbeitsrechten:

---

---

---

---

Umnutzung von Land in Brasilien:

---

---

#### 5. Treibhausgasemissionen bei der Herstellung von Bio-Polyethylen



**Notieren Sie** die wichtigsten Informationen zur Treibhausgasemission (= Freisetzung von Treibhausgasen) bei der Herstellung und Verwertung von Bio-Polyethylen. Vergleichen Sie die Treibhausgasemissionen von Bio-Polyethylen und erdölbasierten Polyethylen.

---

---

---

---

### 3. 1. 2 Herstellung



#### Herstellung von Bio-Ethanol

Für die Herstellung von Ethanol wird eine Zuckerlösung mit Hefepilzen versetzt. Diese Bakterien wandeln den Zucker in Ethanol um. Erarbeiten Sie sich mit den folgenden Aufgaben die dazugehörige Reaktionsgleichung.



1. **Notieren Sie** die Summen- und Strukturformel für Glucose (Traubenzucker).

Summenformel: \_\_\_\_\_

Strukturformel:

2. Wenn Glucose durch Hefepilze vergärt wird, steigen Gasbläschen auf. **Stellen Sie eine Hypothese auf**, welches Gas entstanden ist. **Begründen Sie** Ihre Hypothese.

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

3. **Überprüfen Sie** Ihre Hypothese, indem Sie das Gas mit der Kalkwasserprobe nachweisen. **Nennen Sie** das Gas und die erwarteten Beobachtungen bei einem positiven und negativen Nachweis.

\_\_\_\_\_

**Führen Sie** die Kalkwasserprobe mit dem entstandenem Gas experimentell durch.

Geräte:

- Reagenzglasständer
- Reagenzglas (16 x 160 mm)
- Heidelberger Verlängerung/Schlauchstück

Chemikalien:

- Gas in einer 10 ml Spritze
- Kalkwasser

Durchführung:

1. **Stellen Sie** das Reagenzglas in den Reagenzglasständer und füllen Sie es 2 - 3 cm hoch mit Kalkwasser.
2. **Befestigen Sie** die Heidelberger Verlängerung an der Spritze.
3. **Stecken Sie** das Ende der Heidelberger Verlängerung/Schlauchstück in das Kalkwasser und **leiten Sie** das Gas in die Flüssigkeit.



### 3. 1. 2 Herstellung

Beobachtung und Auswertung:

1. **Beschreiben Sie** Ihre Beobachtungen.

---

2. **Formulieren Sie** mithilfe Ihrer Lösungen zu den Aufgaben zu „Herstellung von Bio-Ethanol“ eine Reaktionsgleichung für die alkoholische Gärung.

---

Das gewonnene Ethanol wird im nächsten Schritt weiterverarbeitet. Dafür wird es dehydratisiert.



#### Dehydratisierung von Bio-Ethanol



Bei der Dehydratisierung wird Wasser aus einer chemischen Verbindung abgespalten.

Wenn Alkohole dehydratisiert werden, bilden sie Alkene.

1. **Notieren Sie** die Summen- und Strukturformel für Ethen.

Summenformel: \_\_\_\_\_

Strukturformel:

**Stellen Sie** die Reaktionsgleichung für die Dehydratisierung von Ethanol **auf**.

---

### 3. 1. 2 Herstellung



#### Polymerisation von Polyethylen



**Sehen Sie** sich das Video zur Polymerisation von Polyethylen an und **lösen Sie** die interaktive Aufgabe dazu. **Notieren Sie** die richtigen Gleichungen des Reaktionsmechanismus.



**Kettenstart:**

**Kettenwachstum:**

**Kettenabbruch:**

### 3. 1. 2 Herstellung

Aufgrund der Reaktionsbedingungen während der radikalischen Polymerisation kann dieser Schritt nicht in der Schule durchgeführt werden. **Ergänzen Sie** mit Ihren Ergebnissen aus den Experimenten im Fließschema die wichtigsten Reaktionsprodukte sowie den Namen der Reaktion und deren Bedingungen. **Markieren Sie** die Reaktionsbedingungen, wegen denen Bio-PE nicht in der Schule hergestellt werden kann.

Zuckerrohr

↓ Reaktion: \_\_\_\_\_  
↓ Bedingungen: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

↓ Reaktion: \_\_\_\_\_  
↓ Bedingungen: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

↓ Reaktion: Polymerisation  
↓ Bedingungen: hohe Temperaturen,  
hoher Druck, Katalysator



### 2. Kosten von Bio-PE

**Notieren Sie sich** die Informationen zu den Kosten von Bio-PE.

**Nennen Sie** näherungsweise den Preis pro Tonne von erdölbasierten PE und Bio-PE.

\_\_\_\_\_

**Begründen Sie** die Unterschiede der Preise von erdölbasierten und Bio-PE.

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

### 3. 1. 3 Verwendung

#### Eigenschaften und Verwendung von Bio-PE

Die Struktur von chemischen Verbindungen beeinflusst ihre Eigenschaften.

Die Verwendungsmöglichkeiten der Kunststoffe ergeben sich aus ihren Eigenschaften.

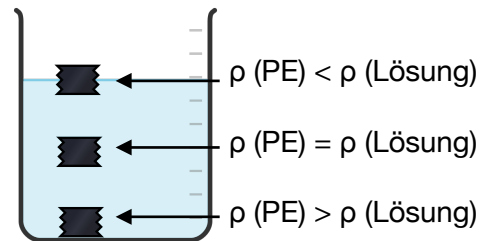
**Untersuchen Sie** die Eigenschaften von Bio-PE. **Lösen Sie** die Aufgaben zu den Versuchen und **ergänzen Sie** die Eigenschaften in der Tabelle auf S. 23.

#### Dichtebestimmung von Bio-PE

Aufgabenstellung:

**Bestimmen Sie** mithilfe von Wasser sowie Ethanol- und NaCl-Lösungen verschiedener Dichten näherungsweise die Dichte der Kunststoffproben.

Die Dichte der Proben wird über ihr Schwimmverhalten ermittelt. Schwimmt die Probe auf der Oberfläche ist ihre Dichte geringer als die der Lösung. Schwimmt sie in der Lösung sind die Dichten identisch. Sinkt sie zu Boden ist die Dichte der Probe größer.



Hypothese:

**Notieren Sie** Ihre Vermutung für die Beobachtungen bei dem Versuch.

Lösung/Dichte	Die Probe schwimmt auf der Oberfläche.	Die Probe sinkt zu Boden.
52%ige Ethanollösung/ 0,91 g/cm <sup>3</sup>		
19%ige Ethanollösung/ 0,97 g/cm <sup>3</sup>		
Wasser/ 1 g/cm <sup>3</sup>		
20%ige NaCl-Lösung/ 1,15 g/cm <sup>3</sup>		

**Formulieren Sie** ein Vorgehen, um die Dichte von PE näherungsweise zu bestimmen.

**Nennen Sie** die Lösungen, in welchen PE getestet werden sollte.

---

---

### 3. 1. 3 Verwendung

#### Materialien:

- fünf Bechergläser 50 ml
- Spatel
- Pinzette
- Messzylinder
- zwei Glasstäbe

#### Chemikalien:

- Probe aus PE (2 x 2 cm)
- destilliertes Wasser
- Ethanol, NaCl
- Spülmittel

#### Durchführung:

##### Vorversuch:

1. **Füllen Sie** ein 50 ml Becherglas mit Wasser.
2. **Geben Sie** einen Tropfen Spülmittel **hinzu** und **rühren Sie um**.
3. **Geben Sie** die Kunststoffprobe **hinzu**.



Versuchsaufbau

##### Annäherung an die Dichte der Probe:

1. **Füllen Sie** von den ausgewählten Lösungen jeweils 25 ml in die 50 ml Bechergläser.
2. **Versetzen Sie** alle Lösungen mit einem Tropfen Spülmittel und **rühren Sie um**.
3. **Bestimmen Sie** mithilfe der NaCl- und Ethanollösungen näherungsweise die Dichte der Kunststoffprobe. **Entscheiden Sie** mithilfe Ihrer Ergebnisse aus dem Vorversuch, welche Kunststoffe Sie mit der NaCl- und welche mit den Ethanollösungen untersuchen. **Beginnen Sie** bei den Ethanol-Lösungen mit der höchsten und bei den NaCl-Lösungen mit der geringsten Dichte.

#### Beobachtungen:

Lösung/Dichte	Die Probe schwimmt auf der Oberfläche.	Die Probe sinkt zu Boden.
52%ige Ethanollösung/ 0,91 g/cm <sup>3</sup>		
19%ige Ethanollösung/ 0,97 g/cm <sup>3</sup>		
20%ige NaCl-Lösung/ 1,15 g/cm <sup>3</sup>		

#### Entsorgungshinweise:

Die PE-Proben werden im Hausmüll entsorgt. Die Lösungen werden in den Abfluss gegeben.



### 3. 1. 3 Verwendung



#### Chemikalienbeständigkeit

##### Aufgabenstellung:

**Bestimmen Sie** die Chemikalienbeständigkeit von Bio-PE.

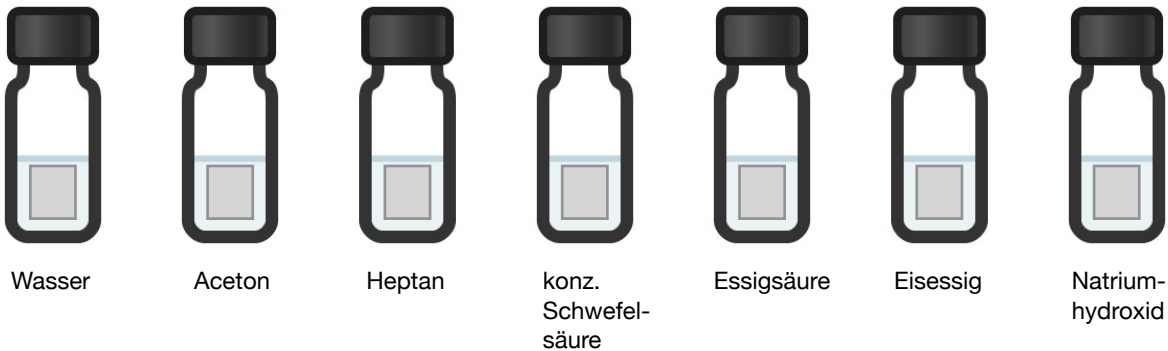
##### Materialien:

- sieben Rollrandgläser
- sieben Pipetten
- Petrischale
- Pinzette
- Becherglas 250 ml
- Lupe

##### Chemikalien:

- Kunststoffproben 1 - 4 cm<sup>2</sup>
- Wasser
- Aceton
- n-Heptan
- konz. Schwefelsäure
- Essigsäure 5%
- Eisessig
- Natriumhydroxid 5 mol/l

##### Durchführung:



1. **Füllen Sie** jeweils ein Rollrandglas bis zur Hälfte mit Wasser, Aceton, n-Heptan, Essigsäure 25% und Natriumhydroxid 5 mol/l.
2. **Geben Sie** in jedes Becherglas eine Kunststoffprobe.
3. **Warten Sie** fünf Minuten.
4. **Nehmen Sie** die Kunststoffproben aus den Rollrandgläsern.

### 3. 1. 3 Verwendung

5. **Untersuchen Sie** die Veränderung der Probe in konz. Schwefelsäure und Eisessig unter Aufsicht der Lehrkraft.

Beobachtungen:

**Notieren Sie** Ihre Beobachtungen in der Tabelle auf S. 23.



Entsorgungshinweise:

Die PE-Proben werden ab gespült in den Hausmüll entsorgt. Aceton wird in den Lösungsmittelabfall und Heptan in die organischen Abfälle gegeben. Die anderen Lösungen werden neutralisiert und im wässrigen Abfall entsorgt.

### 3. 1. 3 Verwendung



#### Verhalten beim Verbrennen

Aufgabenstellung:

**Untersuchen Sie** das Verhalten verschiedener Kunststoffproben beim Verbrennen.

Hypothese:

**Formulieren Sie** mithilfe Ihres Vorwissens zu Verbrennungen eine mögliche Reaktionsgleichung für die vollständige Verbrennung von Bio-PE.

**Ziehen Sie** daraus **Rückschlüsse** auf erwartete Beobachtungen.

Reaktionsgleichung:  $(-\text{CH}_2-\text{CH}_2-)_n + \text{_____} \rightarrow \text{_____} + \text{_____}$

erwartete Beobachtungen:

---

---

Materialien:

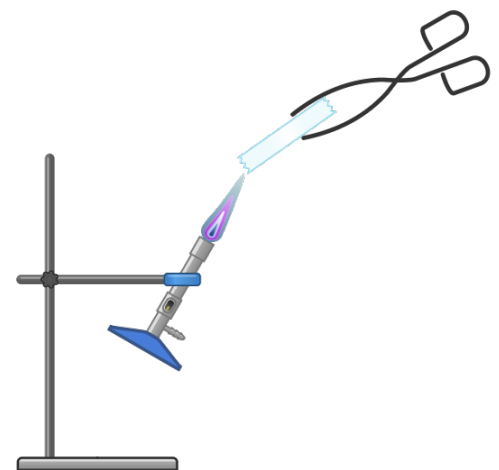
- Stativ
- Stativklemme
- Bunsenbrenner
- Streichhölzer/Feuerzeug
- Tiegelzange
- Feuerfeste Unterlage

Chemikalien:

- Bio-PE-Proben

Durchführung:

1. **Bauen Sie** das Stativ auf.
2. **Befestigen Sie** den Bunsenbrenner in der Stativklemme, sodass er leicht schräg (ungefähr  $45^\circ$ ) ist.
3. **Legen Sie** die feuerfeste Unterlage unter den Brenner.
4. **Entzünden Sie** den Brenner und stellen Sie die rauschende Flamme ein.
5. **Nehmen Sie** mit der Tiegelzange eine Kunststoffprobe.
6. **Halten Sie** die Probe fünf Sekunden in die Brennerflamme und **nehmen Sie** diese anschließend aus der Flamme.



### 3. 1. 3 Verwendung

Beobachtung:

Brennbarkeit	
Flammenfarbe	
Geruch	
Rauchbildung	
Rußbildung	

Auswertung:

**Vergleichen Sie** Ihre Beobachtungen mit Ihren Erwartungen.

**Nennen Sie** Abweichungen. **Stellen Sie** eine Hypothese auf, mit welcher Sie die Abweichungen erklären können.

Abweichungen von den Erwartungen:

---

Hypothese:

---

Erklärung:

---

---

---



Entsorgungshinweise:

Die PE-Probe kann nach dem Erkalten im Hausmüll entsorgt werden.

### 3. 1. 3 Verwendung



#### Verschwelen von Bio-PE

Aufgabenstellung:

**Untersuchen Sie** das Verhalten von Bio-PE beim Verschwelen.

Hypothese:

**Stellen Sie** mithilfe Ihres Vorwissens zum Verschwelen eine mögliche Reaktionsgleichung für das Verschwelen von Bio-PE **auf**.

Reaktionsgleichung: \_\_\_\_\_ → \_\_\_\_\_

**Nennen Sie** eine Möglichkeit, um das Produkt nachzuweisen. **Notieren Sie** auch die erwartete Beobachtung.

---

---

Materialien:

- Brenner
- Streichhölzer/Feuerzeug
- Reagenzglas (Duran)
- Durchbohrter Stopfen
- Drei-Wege-Hahn
- Gasfang (Spritzenkörper mit Aktivkohle und Glaswolle)
- Spritze 50 ml, zwei Spritzen 20 ml
- Magnettafel
- zwei Reagenzglasklemmen

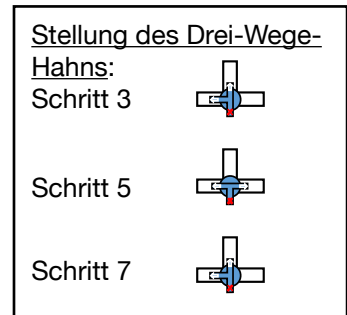
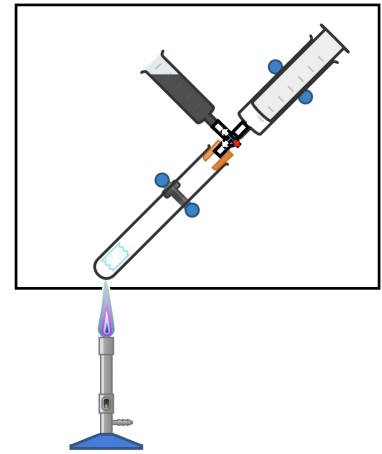
Chemikalien:

- Kunststoffproben PE
- Kaliumpermanganat-Lösung
- Watesmo-Papier
- Kalkwasser

### 3. 1. 3 Verwendung

#### Durchführung:

1. **Bauen Sie** die Apparatur entsprechend der Abbildung auf.
2. **Geben Sie** die PE-Probe in das Reagenzglas und **verschließen Sie** das Reagenzglas anschließend wieder.
3. **Stellen Sie** den Drei-Wege-Hahn mit der Öffnung zum Reagenzglas und dem Gasfang.
4. **Entzünden Sie** den Brenner und **erhitzen Sie** die Probe bis eine Rauchentwicklung sichtbar ist.
5. **Stellen Sie** den Drei-Wege-Hahn mit der Öffnung zum Reagenzglas und der Spritze.
6. **Fangen Sie** 40 ml Gas auf.
7. **Stellen Sie** den Drei-Wege-Hahn wieder wie in 3. und **beenden Sie** das Erhitzen.



#### Nachweisreaktionen:

1. **Nehmen Sie** Watesmo-Papier und **überprüfen Sie** die Flüssigkeit an der Reagenzglaswand.
2. **Füllen Sie** über den Drei-Wege-Hahn in zwei 20 ml-Spritzen je 15 ml Gas um.
3. **Nehmen Sie** mit der Spritze, in welcher das Gas ist, noch 5 ml Kaliumpermanganat-Lösung auf.
4. **Schütteln Sie** die Spritze leicht und **beobachten Sie** die Veränderung der Lösung.
5. **Nehmen Sie** mit der anderen Spritze 5 ml Kalkwasser auf, **schütteln Sie** die Spritze leicht und **beobachten Sie** die Veränderung der Lösung.

### 3. 1. 3 Verwendung

Beobachtung:

**Beschreiben Sie** Ihre Beobachtungen bei der Durchführung des Versuchs und der Nachweisreaktionen.

Beobachtungen beim Versuch:

---

---

Beobachtungen bei den Nachweisreaktionen:

---

---

Auswertung:

**Nennen Sie** basierend auf Ihren Beobachtungen alle Reaktionen, welche abgelaufen sind.

**Notieren Sie** auch die Reaktionsgleichungen.

---

Reaktionsgleichung: \_\_\_\_\_ → \_\_\_\_\_

---

Reaktionsgleichung:  $(-\text{CH}_2-\text{CH}_2-)_n + \text{_____} \rightarrow \text{_____} + \text{_____}$

**Erklären Sie**, warum die zweite Reaktion abgelaufen ist.

---

---



Entsorgungshinweise:

Die Nachweislösung mit Kaliumpermanganat wird im Schwermetall-Abfall entsorgt.

Das Watesmo-Papier kann im Hausmüll entsorgt werden.

Das Kalkwasser wird neutralisiert und im Abguss entsorgt.

### 3. 1. 3 Verwendung



#### Verhalten von Bio-PE beim Erwärmen

Aufgabenstellung:

**Untersuchen Sie** das Verhalten von Bio-PE beim Erwärmen.

Hypothese:

**Formulieren Sie** auf Grundlage Ihres Vorwissens eine Hypothese zu möglichen Beobachtungen bei diesem Versuch.

---

---

Materialien:

- zwei Tiegelzangen
- Heißluftföhn

Chemikalien:

- PE-Folien (15 x 5 cm)

Durchführung:

1. **Arbeiten Sie zu zweit. Halten Sie** die PE-Folie an beiden Seiten mit einer Tiegelzange **fest**.
2. **Erwärmen Sie** die Folie mit einem Heißluftföhn. Starten Sie bei 150 °C und **erhöhen Sie** langsam die Temperatur.

**Beschreiben Sie** Ihre Beobachtungen vor, während und nach dem Erhitzen.

---

---

**Erklären Sie** Ihre Beobachtungen mithilfe Ihres Vorwissens.

---

---

---

### 3. 1. 3 Verwendung



#### Wärmeleitfähigkeit von Kunststoffen

Aufgabenstellung:

**Untersuchen Sie** die Wärmeleitfähigkeit von PE.

Hypothese:

**Formulieren Sie** auf Grundlage Ihres Vorwissens eine Hypothese zu möglichen Beobachtungen bei diesem Versuch in Bezug auf die Zeit, in welcher sich die Temperatur des Kunststoffs verändert.

---

Materialien:

- Heizplatte
- zwei Verschlussklammern (für Beutel)
- Wärmebildkamera (fürs Smartphone)
- Stativ mit Stativklemme

Chemikalien:

- Kunststoffproben (PE, Nylon, Celluloseacetat, Stärkeblends; 2 x 8 cm)

Durchführung:

1. **Schließen Sie** die Wärmebildkamera am Smartphone an und **befestigen Sie** diese mit dem Stativ 20 cm über der Heizplatte.
2. **Stellen Sie** die Heizplatte auf 70 °C.
3. **Befestigen Sie** die Kunststoffproben parallel zueinander zwischen zwei Verschlussklammern.
4. **Legen Sie** die Verschlussklammer mit den Kunststoffproben auf die Heizplatte.
5. **Beobachten Sie** die Veränderungen der Temperatur der Kunststoffe mit der Wärmebildkamera.

Beobachtung:

**Nennen Sie** den Farbverlauf, mit welchem sich die Proben verfärben. **Bewerten Sie**, ob PE Wärme gut oder schlecht leiten.

---

---

### 3. 1. 3 Verwendung

Ergänzen Sie Ihre Ergebnisse der Experimente in der Tabelle.



(Hilfestellung: interaktive Aufgabe im Hotspot „Eigenschaften und Verwendung von Bio-PE“)

Eigenschaft	Bio-PE
Dichte in g/cm <sup>3</sup>	
<b>Chemikalienbeständigkeit:</b>	
Wasser	
Aceton	
Heptan	
Konz. Schwefelsäure	
5%ige Essigsäure	
Eisessig	
Natriumhydroxid 5 mol/l	
<b>Verhalten beim Verbrennen</b>	
<b>Verhalten beim Verschwelen</b>	
<b>Verhalten beim Erwärmen</b>	
<b>Wärmeleitfähigkeit</b> (- - bis + +)	

### 3. 1. 3 Verwendung



Aufgrund der Eigenschaften hat Polyethylen (PE) viele Verwendungsmöglichkeiten. Erschließen Sie sich mit Hilfe der Ergebnisse der Experimente und der Piktogramme Einsatzmöglichkeiten von PE.

**Ordnen Sie** die Verwendungen den Eigenschaften zu.

<input type="text"/>	PE wird unter anderem im Outdoor-Bereich genutzt. Zum Beispiel für Gartenmöbel.
<input type="text"/>	Beim Recycling kann PE zu Kohlenstoffdioxid und Wasser verbrannt oder in seinen Ausgangsstoff Ethen zerlegt werden.
<input type="text"/>	PE ist für den Kontakt mit Chemikalien und Lebensmitteln geeignet. Zum Beispiel als Aufbewahrungsbehälter, Rohr oder Folie.
<input type="text"/>	Mithilfe von Verarbeitungsverfahren wie dem Spritzgießen kann PE in viele verschiedene Formen gebracht werden. Dabei wird es erwärmt, in eine Form gegossen und härtet wieder aus.
<input type="text"/>	PE wird für Kunststoffgeschirr verwendet. Man kann heiße Gerichte essen, ohne, dass das Geschirr heiß wird.
<input type="text"/>	Polyethylen ist im Gegensatz zu anderen Verpackungsmaterialien sehr leicht. Eine Flasche aus PE ist leichter als eine Flasche aus Metall.

Dichte

Verhalten beim Verbrennen und Verschwelen

Verhalten beim Erwärmen

Chemikalienbeständigkeit

Wärmeleitfähigkeit

Bioabbaubarkeit

### 3. 1. 4 Verwertung



Bio-PE wird gemeinsam mit erdölbasiertem PE verwertet. Das meiste PE wird thermisch verwertet, das heißt es wird in Müllverbrennungsanlagen verbrannt. Der andere Teil des PE wird stoffliche verwertet. Dazu gehört auch das Recycling.

#### 1. Recycling



**Sehen Sie** sich das Video **an**.



**Ergänzen Sie** in der Übersicht,

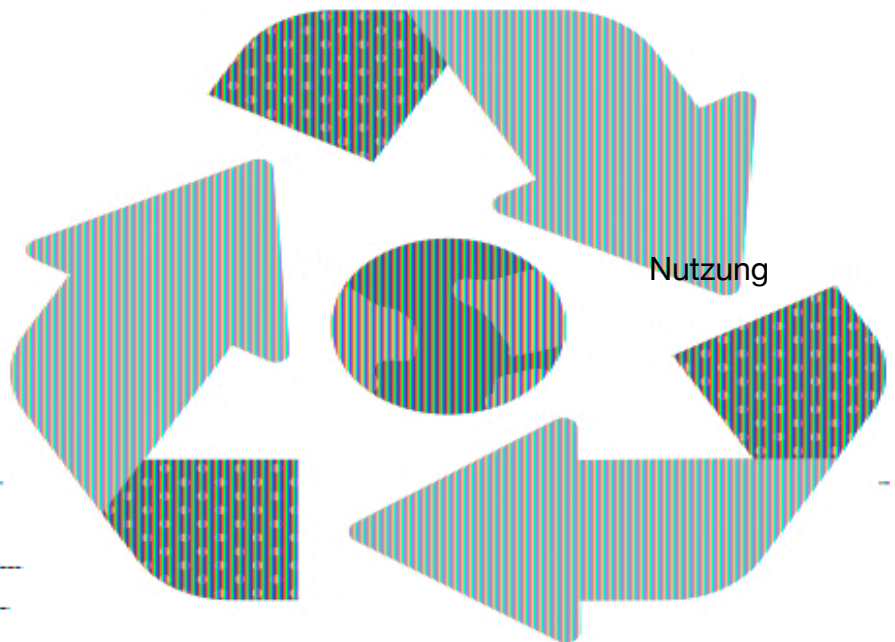
1. die Formen des Polyethylens.
2. die Prozesse, welche während des Recyclings ablaufen.
3. Die Erklärung des Begriffs Re-Granulat.

#### Kreislaufdiagramm: Recycling von Polyethylen

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Verarbeiten



Nutzung

Einschmelzen

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

### 3. 1. 4 Verwertung



#### 2. Verbrennung



**Lesen Sie** sich Ihre Beobachtungen und Schlussfolgerungen der Versuche „Verhalten beim Verbrennen“ und „Verhalten beim Erwärmen“ durch.

**Betrachten Sie** dann die Diagramme. **Erklären Sie** mithilfe der Ergebnisse der Experimente und des Hotspots „Recycling“ die Unterschiede bei den Treibhausgasemissionen.

---

---

---

---

---

---

---

---



**Entscheiden Sie**, welche Verwertung und Form von PE die geringsten Treibhausmissionen hat. **Begründen Sie** Ihre Entscheidung mit den Ergebnissen der Experimente und den Informationen aus den Diagrammen.

---

---

---

---

---

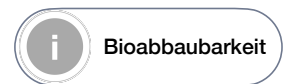
---

---

---

### 3. 1. 4 Verwertung

#### 3. Bioabbaubarkeit



Aufgabenstellung:

**Überprüfen Sie** über einen Zeitraum von acht Wochen die Veränderungen von Bio-PE in der Erde.

Hypothese:

Kunststoffe können biologisch abgebaut werden, wenn sie funktionelle Gruppen besitzen. Diese lassen einen Angriff und Abbau der Verbindung zu. Bioabbaubarkeit ist die durch biologische Aktivität verursachte Zersetzung einer Verbindung in  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  und Biomasse.

**Stellen Sie** anhand der Strukturformel von Bio-PE eine Hypothese zur Bioabbaubarkeit dieses Kunststoffs **auf**.

Kunststoff	Strukturformel	Bioabbaubarkeit Ja?/Nein?

Materialien:

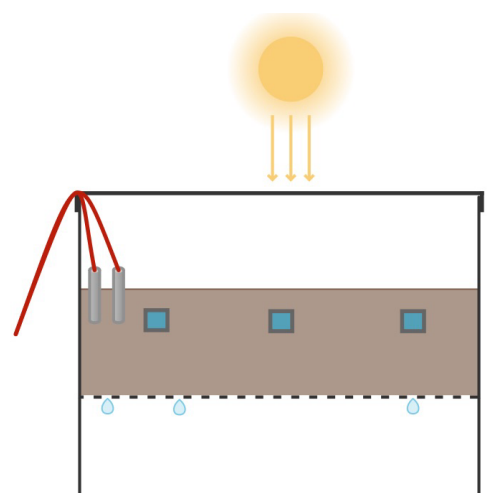
- sechs Diarahmen
- Komposterde
- zwei präparierte Kunststoffboxen
- Temperatur- und Feuchtigkeitsmessgerät
- Lupe
- Weicher Pinsel

Chemikalien:

- Bio-PE-Folie
- Wasser

Durchführung:

1. **Legen Sie** die Kunststoffproben in die Diarahmen. Pro Kunststoff gibt es sechs Diarahmen.
2. **Legen Sie** die Diarahmen mit der Probe 2 cm tief in die Erde, sodass sie mit Erde bedeckt sind.
3. **Platzieren Sie** den Temperatur- und Feuchtigkeitsmesser in der Box und verschließen sie.



### 3. 1. 4 Verwertung

4. **Stellen Sie** das Experiment an einen sonnigen und warmen Ort.
5. **Stellen Sie** sicher, dass die Feuchtigkeit in der Box während des Experiment 40-60% beträgt.

#### Probenentnahme:

1. **Entnehmen Sie** vier Wochen lang jede Woche eine Probe. Danach **warten Sie** weitere vier Wochen und **entnehmen** dann die fünfte Probe. Die sechste Probe ist die Ersatzprobe, falls eine Probe beim Entnehmen beschädigt wird.
2. **Entfernen Sie** mit dem Pinsel die Erde von der Probe.
3. **Untersuchen Sie** die Probe und die darumliegende Erde erst mit dem Auge und dann mit einer Lupe auf äußerliche Veränderungen.
4. **Notieren Sie** Ihre Beobachtungen.

#### Beobachtungen:

1. **Ergänzen Sie** Ihre Beobachtungen in der unterstehenden Tabelle.

<b>Kunststoff:</b>		
<b>Zeit</b>	<b>Veränderungen an der Folie</b>	<b>Veränderungen im Boden</b>
1. Woche		
2. Woche		
3. Woche		
4. Woche		
8. Woche		



#### Entsorgungshinweise:

Die Folien können im Hausmüll entsorgt werden. Wenn keine Veränderung bei den Folien vorliegt, kann die Erde auch in den Hausmüll oder die Natur gegeben werden.