

## Kunststoffe im Kreislauf

Kurzbeschreibung der Projektarbeit .....	2
Arbeitsauftrag 1 .....	3
Arbeitsauftrag 2 .....	5
Arbeitsauftrag 3A .....	6
Arbeitsauftrag 3B .....	9
Arbeitsauftrag 4 .....	16
Arbeitsauftrag 5 .....	17
Ergebnisse: Arbeitsauftrag 1 .....	19
Ergebnisse: Arbeitsauftrag 2 .....	20
Ergebnisse: Arbeitsauftrag 3A .....	21
Ergebnisse: Arbeitsauftrag 4 .....	24
Ergebnisse: Arbeitsauftrag 5 .....	36
Impressionen .....	42

## Kurzbeschreibung der Projektarbeit

Das durchgeführte Projekt „Kunststoffe im Kreislauf“ besteht aus fünf Arbeitsaufträgen, welche sowohl theoretische als auch praktische Inhalte aufweisen. Pandemiebedingt wurden die meisten Aufgaben von den Schülerinnen und Schülern der 4. Klassen zuhause erledigt, die entsprechenden Experimente wurden – dem Schichtbetrieb und den vorgeschriebenen FFP2-Masken geschuldet – unter erschwerten Bedingungen im Chemiesaal absolviert.

Neben der Durchführung diverser Einzelarbeiten waren die Schülerinnen und Schüler auch gefordert, das in Eigenregie durchgeführte Home-Experiment „Unterschiedliche Dichte von Kunststoffen“ möglichst exakt zu protokollieren. Dieser Versuch lieferte die Grundlage für das Verständnis, dass die unterschiedliche Dichte von Polymeren eine Voraussetzung für die Sortierung von Kunststoff-Abfällen darstellt und damit eine wichtige Voraussetzung für stoffliches Recycling ist.

Referate zu diversen Kunststoff-Themen, welche die Hauptprobleme des Kunststoff-Zeitalters sowie das Recycling von synthetischen Polymeren zum Inhalt hatten, rundeten das Projekt ab. Sie wurden in Gruppenarbeit erstellt und in der Schule im Präsenzunterricht in Form von Powerpoint-Präsentationen (inkl. Handout) den Mitschülerinnen und Mitschülern vorgestellt. Den kompletten Projektbericht kann man auf der Homepage des BG/BRG Gmünd abrufen.

## Übersicht

Arbeitsauftrag	Theorie/Experiment	Arbeitsform	Ort
Arbeitsauftrag 1	Theorie	Einzelarbeit	Home
Arbeitsauftrag 2	Theorie	Einzelarbeit	Home
Arbeitsauftrag 3A	Schülerexperiment	Einzelarbeit	Home
Arbeitsauftrag 3B	Schülerexperiment	Partnerarbeit	Schule
Arbeitsauftrag 4	Theorie	Einzelarbeit	Home
Arbeitsauftrag 5	Theorie	Gruppenarbeit	Home
	Präsentation	Gruppenarbeit	Schule

## Arbeitsauftrag 1

Nach einer kurzen theoretischen Einführung in die Welt der synthetischen Polymere, wurde die Einteilung der Kunststoffe nach den Eigenschaften genauer beleuchtet.

### Thema: Einteilung der Kunststoffe

#### Worum geht es?

- Zusammenhang zwischen Aufbau und Eigenschaften
- Zusammenhang zwischen Eigenschaften und Anwendung

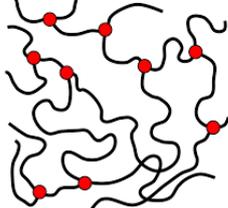
#### Hilfsmittel:

- Info-Dateien
- Film (Dauer ca. 3 min)  
<https://www.youtube.com/watch?v=Il6hPdAkdFA&list=PLlxOW5VSffINrOnMYd4KxawyBD S2Hnw-y&index=3> (Thermoplaste = Plastomere)
- Film (Dauer ca. 3 min)  
<https://www.youtube.com/watch?v=YtdPaDIGrK0&list=PLlxOW5VSffINrOnMYd4KxawyB DS2Hnw-y&index=5> (Elastomere)
- Film (Dauer ca. 3 min)  
[https://www.youtube.com/watch?v=\\_Q0KDYHMxCU&list=PLlxOW5VSffINrOnMYd4KxawyBDS2Hnw-y&index=4](https://www.youtube.com/watch?v=_Q0KDYHMxCU&list=PLlxOW5VSffINrOnMYd4KxawyBDS2Hnw-y&index=4) (Duromere)

#### Aufgabe:

Vervollständige das Arbeitsblatt „3 Arten der Kunststoffe“, welches einen Überblick über die Einteilung der Kunststoffe gibt.

**Arbeitsblatt: „3 Arten der Kunststoffe“**

Arten	Plastomere	Elastomere	Duromere
Gemeinsamkeiten im <b>Aufbau</b>	Kunststoffe bestehen aus Riesenmolekülen („Makromolekülen“)		
Individuelle Unterschiede im <b>Aufbau</b>	Lange Molekülketten, die NICHT miteinander vernetzt sind		
<b>Skizze vom Aufbau</b>			
<b>Eigenschaften</b> In Abhängigkeit vom Aufbau (Verhalten beim Erwärmen, Härte, Verformbarkeit)			Sehr hart, nicht verformbar, werden auch beim Erwärmen NICHT weich, beim Erhitzen zersetzt sich der Kunststoff (fängt zu rauchen an)
<b>Verwendung:</b> (Anwendungsbereiche)		Autoreifen, Dichtungen, Kondome, Luftballone, Taucheranzüge, Gummistiefel	
<b>Beispiele:</b>	Polyethen (PE), Polystyren (PS), PET (PolyEthylen-Terephthalat)		

## Arbeitsauftrag 2

Erdöl ist der Rohstoff, aus dem Kunststoffe gemacht werden. Seit vielen Jahrzehnten verwenden wir Gegenstände aus Kunststoff. Kunststoffe sind deshalb aus unserem Leben (fast) nicht mehr wegzudenken. Das Zeitalter, indem wir jetzt leben, könnten wir daher "Kunststoffzeit" nennen. Früher, als noch keine Kunststoffe verfügbar waren, verwendete man andere (alternative) Materialien. Zum Beispiel hatten Tennisschläger keine Kunststoffbespannung, sondern waren mit Darmsaiten bespannt.

### Themen:

- Kennzeichnung von Kunststoffen des Alltags
- Typische Verwendungen von Kunststoffen
- Ersatz von synthetischen Polymeren durch alternative Materialien
- Vorteile und Nachteile von Kunststoffen

### Aufgabe:

1. Trage aus deinem Haushalt mindestens 5 verschiedene Kunststoffe zusammen. Hebe die Kunststoffe gut auf, du kannst sie beim Experiment-Schwimmtest nochmals verwenden.
2. Suche auf den Kunststoffgegenständen eine Markierung, die einen Hinweis darauf gibt, um welche Art Kunststoff es sich handelt:
  - Oft ist eine Nummer angegeben wie 05
  - Diese Nummer befindet sich meist in einem Dreieck
  - Manchmal ist ein Kunststoffgegenstand auch mit einer Abkürzung wie: PP, PE, PS oder PVC etc. gekennzeichnet.

3. Fertige eine Tabelle (Word-Dokument) an:

Überlege auch, aus welchem alternativen Material (anderes Material = kein Kunststoff) der Gegenstand sein könnte.

Gegenstand + Verwendung	Kennzeichnung	Alternatives Material

4. Welche Vorteile/Nachteile hat Kunststoff gegenüber anderen Materialien? Erstelle eine übersichtliche Tabelle und finde mögliche Argumente!

Vorteile	Nachteile

## Arbeitsauftrag 3A (Schülerexperiment)

### Themen:

- Unterschiedliche Dichte von Kunststoffen
- Die Bedeutung des Protokolls in den Naturwissenschaften

### Experiment: Dichte von Kunststoffen (Schwimmtest)

Im Internet findet man viele Versuchsanleitungen zum Verbrennen von Kunststoffen. **BITTE TUT DAS NICHT!!** Das ist nicht nur sehr gefährlich, sondern auch äußerst ungesund. Die Dämpfe, die dabei entstehen, sind giftig! Das Brandverhalten sowie weitere Experimente werden wir im Chemie-Saal durchführen!

### Aufgabe:

Im Anhang findet ihr die Versuchsvorschrift (Experiment: Schwimmtest), die für euch vollkommen ungefährlich ist. Führt die beschriebenen Experimente durch und bearbeitet die 3 darin angeführten Aufgaben auf der 2. Seite der Datei. Das Protokoll soll ein übersichtliches Word-Dokument werden (Calibri, 12, Zeilenabstand 1,5) und mir unverzüglich geschickt werden, sobald das Experiment durchgeführt, die Ergebnisse protokolliert und die 3 weiterführenden Aufgaben bearbeitet wurden.

*Für die nächste Stunde bereite bitte folgendes vor (wenn vorhanden):*

*Biomüllsack (kompostierbar), verschiedene andere Kunststoffsackerl, Iod-Lösung aus der Haus-Apotheke, ein Stück Brot, ein Stück Kartoffel, etwas Mehl oder Haferflocken.*

### Foto-Dokumentation:

Bitte macht einige Fotos (ca. 2-3), die euch beim Experimentieren zeigen. Das Schülerexperiment ist ein extrem wichtiger Aspekt des Projekts und sollte deshalb in der abzugebenden Projektmappe entsprechend dokumentiert werden. Nicht schüchtern sein, aus Datenschutzgründen werden selbstverständlich keine Namen veröffentlicht!!! Bitte schickt mir die Fotos relativ flott über Microsoft-Teams, damit ich mit der Vorsortierung beginnen kann.

## Arbeitsvorschrift: „Die Dichte verschiedener Kunststoff-Proben“



Die Dichte von verschiedenen Kunststoffen

### Welche Kunststoffproben schwimmen?

Geräte	Materialien/Chemikalien	Sicherheitsvorkehrungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>2 Behälter wie beispielsweise Bechergläser (50 mL und 500 mL) oder Marmeladengläser</li> <li>Löffel</li> <li>Messzylinder oder Messbecher (100 mL)</li> <li>elektronische Waage</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kochsalz</li> <li>Spülmittel</li> <li>Wasser</li> <li>Verschiedene Kunststoffproben</li> </ul>	—

#### Versuchsdurchführung

1. Erstelle Kunststoffproben. Scheide dazu aus verschiedenen Kunststoffgegenständen kleine Stücke (2 cm x 2 cm) aus.
2. Fülle 250 mL Wasser und anschließend wenige Tropfen Spülmittel in einen Behälter, etwa ein 500 mL großes Becherglas.
3. Gebe die unterschiedlichen Kunststoffproben nacheinander in den Behälter, rühre um und beobachte, was passiert. Notiere welche Kunststoffproben schwimmen.
4. Füge 15 g Gramm Salz in den Behälter und löse das Salz durch Umrühren.
5. Gebe wieder alle Kunststoffproben nacheinander in den Behälter, rühre um und beobachte, was passiert. Notiere welche Kunststoffproben im Salzwasser schwimmen.



Versuchsaufbau

#### Zusatzinformation: Nutzung der Dichteunterschiede beim Recycling von Kunststoffen

Es gibt verschiedene Kunststoffe. Die unterschiedlichen Kunststoffe haben auch verschiedene Dichten. Die Dichte ist eine Stoffeigenschaft. Stoffe mit Dichten unter 1 g/cm<sup>3</sup> schwimmen im Wasser. Stoffe mit Dichten unter 1,06 g/cm<sup>3</sup> schwimmen in gesalzenen Wasser (15 g Salz in 250 mL Wasser). Die unterschiedlichen Dichten der Kunststoffe werden beim Recycling genutzt. Dort können Kunststoffe aufgrund der unterschiedlichen Dichten getrennt werden. Wenn die einzelnen Kunststoffsorten voneinander getrennt sind, können aus den Kunststoffen hochwertige neue Gegenstände geschaffen werden. Wenn die Kunststoffsorten vermischt sind, können nur Gegenstände mit geringerer Qualität daraus geschaffen werden.

#### Zusätzliche Informationen über die Dichte

Wasser hat eine Dichte von 1 g/cm<sup>3</sup>. Salzwasser hat eine höhere Dichte als Wasser ohne Salz. Je mehr Salz im Wasser enthalten ist, desto höher ist die Dichte des Wassers. 250 mL Wasser, in dem 15 g Salz gelöst sind, hat eine Dichte von 1,06 g/cm<sup>3</sup>. Kunststoffe, die eine kleinere Dichte als Wasser haben, schwimmen im Wasser. Kunststoffe, die eine größere Dichte als Wasser haben, schwimmen nur dann im Wasser, wenn sie Hohlräume mit Luft haben, sonst gehen sie unter.

#### Berechnung der Dichte von Salzwasser

Die 250 mL Wasser in dem Behälter wiegen 250 g, weil Wasser eine Dichte von 1 g/cm<sup>3</sup> hat. Jetzt füllst du 15 g Salz in den Behälter. Das Volumen des Wassers ändert sich kaum. Deshalb kannst du weiterhin davon ausgehen, dass das Volumen des Wassers 250 mL beträgt. Weil du 15 g Salz in den Behälter gefüllt hast, wiegt der Inhalt des Behälters jetzt 265 g mehr. Der Inhalt des Behälters wiegt also jetzt 265 g. Um die Dichte eines Stoffes zu bestimmen, musst du die Masse des Stoffes durch das Volumen teilen. Deshalb teilst 265 g durch 250 mL und erhältst eine Dichte von 1,06 g/cm<sup>3</sup>. (1 mL = 1 cm<sup>3</sup>)

#### Dichte von verschiedenen Kunststoffsorten

Kunststoffsorte	Dichte in g/cm <sup>3</sup>
Polypropen	0,9 - 0,915 → schwimmt im reinen Wasser
Polyethen	0,94 - 0,97 → schwimmt im reinen Wasser
Polystyrol	1,04 - 1,05 → schwimmt im gesalzenen Wasser
Polyethylenterephthalat	1,38 → schwimmt nicht

#### Weiterführende Aufgaben

1. Um welche Kunststoffe handelt es sich bei den Proben, die im reinen Wasser bzw. im gesalzenen Wasser schwimmen?
2. Wie viel Gramm Salz müsste im Wasser gelöst sein, damit die einzelnen Kunststoffe schwimmen?
3. Begründe, warum im Versuch und beim Recycling nicht so viel Salz im Wasser gelöst werden kann, dass Polyethylenterephthalat schwimmt.



Ungetrennter Kunststoffabfall

**Musterprotokoll:**

# PROTOKOLL

**Thema: Die Dichte verschiedener Kunststoffproben****Name:****Datum:****1) Theoretische Grundlagen des Versuchs**

Dieser Abschnitt muss eine kurze, aber vollständige Erklärung aller für die Durchführung des Versuches wichtiger Arbeitsschritte enthalten.

⇒ Antwort auf das „Warum mache ich was?“

**2) Versuchsbeschreibung:**

Hier müssen die einzelnen Arbeitsschritte (so wie sie tatsächlich durchgeführt wurden und nicht nur so, wie sie durchgeführt werden sollten), alle Mengen- und Zeitangaben, alle Beobachtungen, alle Fehler und insbesondere alle Abweichungen von der Arbeitsvorschrift enthalten sein. Eine Abschrift der Arbeitsvorschrift ist weder verlangt noch erwünscht.

**3) Ergebnis und Auswertung:**

Hier ist das Ergebnis des Versuchs übersichtlich anzugeben, eventuell Reaktionsgleichungen, vollständige Rechnungen, grafische Darstellungen oder andere Ergebnisse.

**4) Fehlerbetrachtung:**

Hier ist eine Überlegung anzustellen, wenn welche Fehler passiert sein könnten sowie ihre mögliche Auswirkung auf das Ergebnis abzuschätzen.

**5) Verbesserungsvorschläge:**

Hier sind all jene Verbesserungsvorschläge abzugeben, die die Sicherheit des Experiments erhöhen, das Ergebnis verbessern usw.

### Arbeitsauftrag 3B: Untersuchung von Kunststoffen (Schülerexperiment)

Die folgenden Experimente zu weiteren, interessanten und wichtigen Eigenschaften der Kunststoffe (Dichte, Brandverhalten, Schmelzverhalten, Löslichkeit in Aceton, Beilstein-Test, Kratztest) wurden mit den in den Projekthilfen enthaltenen Kunststoff-Proben im Chemie-Saal als Schülerexperiment durchgeführt. Teilweise haben auch die Schülerinnen und Schüler eigene Proben in die Schule mitgenommen und analysiert. Zuerst wurden die auf den folgenden Seiten beschriebenen Experimente durchgeführt und die Ergebnisse ebenfalls exakt protokolliert. Im Anschluss erhielten die Schülerinnen und Schüler eine unbekannte Kunststoff-Probe, welche sie mit den vorher erarbeiteten Methoden selbständig identifizieren konnten.

Die verwendeten Arbeitsvorschriften wurden aus der Zeitschrift PLUS LUCIS (Ausgabe: Polymere 1/2016) des Vereins zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts entnommen.

#### Protokoll: Untersuchung von Kunststoffen

**Kunststoffe:** Polyethen (PE-LD; PE-HD), Polypropen (PP), Polystyren (PS, Styropor), Polyvinylchlorid (PVC)

Experiment	PE-LD	PE-HD	PP	PS	PS-Styropor (aufgeschäumt)	PVC
Dichte (Wasser)						
Lösungsmittel (Aceton)						
Brandverhalten						
Schmelzverhalten						
Beilstein-Test	---	---	---	---	---	
„Kratztest“				---	---	---

## CHLORNACHWEIS IN KUNSTSTOFFEN

**Aufgabenstellung:** Bestimme, ob in den zu untersuchenden Kunststoffen Chlor enthalten ist.

**Hinweis:** Bei Anwesenheit von Chlor färbt sich die Flamme grün.

**Sicherheitshinweis:** **Arbeiten nur mit Schutzbrille!**

**Materialien:**

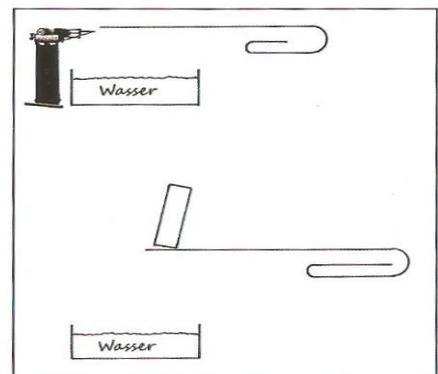
- Kupferdraht
- Kunststoffstücke von **Polyethen (PE)**; **Polyprom (PP)**, **Polyvinylchlorid (PVC)**, **Polystyrol (PS)**, **Polyethenterephthalat (PET)**, **Polycarbonat (PC)**
- Brenner
- Pinzette
- Schüssel mit Wasser
- Seitenschneider

**Durchführung:**

- a. Achte auf die Kunststoffbezeichnungen und schneide dir von jeder zu untersuchenden Art einen kleinen Streifen ab.
- b. Schreibe die Kurzbezeichnung des Kunststoffs auf den abgeschnittenen Streifen.
- c. Fülle die Schüssel halbvoll mit Wasser.
- d. Führe die folgenden Arbeitsschritte mit allen Kunststoffsorten durch und notiere die

**Beobachtungen:**

1. Halte den Kupferdraht an dem gebogenen Ende und erhitze in der Flamme des Brenners das andere Ende.
2. Schmelze mit dem heißen Draht etwas Kunststoff auf (ohne Flamme!).
3. Reduziere evtl. die Luftzufuhr am Brenner etwa auf die Hälfte.
4. Halte den Draht mit dem aufgeschmolzenen Kunststoff längere Zeit in die Flamme.
5. Notiere deine Beobachtungen in der unten angeführten Tabelle.
6. Schneide mit dem Seitenschneider den verunreinigten Kupferdraht ab.



**Beobachtungen:**

	PE	PP	PVC	PS	PET	PC
Beobachtungen						

## SCHMELZEN VON KUNSTSTOFFEN

**Aufgabenstellung:** Bestimme das Schmelzverhalten der zu untersuchenden Kunststoffe beim Erhitzen

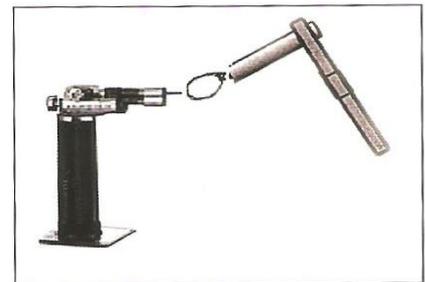
**Sicherheitshinweise:** **Arbeiten nur mit Schutzbrille!**  
**Reagenzglas beim Erhitzen nicht in Richtung anderer Personen richten!**

**Materialien:**

- 5 kleine Reagenzgläser
- 1 Reagenzglasklammer
- Kunststoffstücke von **Polyethen (PE)**, **Polypropen (PP)**, **Polyvinylchlorid (PVC)**, **Polystyrol (PS)**, **Polyethenterephthalat (PET)**, **Polycarbonat (PC)**
- Brenner
- Pinzette

**Durchführung:**

- a. Achte auf die Kunststoffbezeichnungen und schneide dir von jeder zu untersuchenden Art einen kleinen Streifen ab, der in das Reagenzglas passt.
- b. Schreibe die Kurzbezeichnung des Kunststoffes auf den abgeschnittenen Streifen.
- c. Lege einen Kunststoffstreifen in je ein Reagenzglas.
- d. Halte das Reagenzglas mit der Reagenzglasklammer in die Flamme (siehe Abbildung).
- e. Erhitze das Röhrchen vorsichtig in der Brennerflamme.
- f. Protokolliere deine Beobachtungen in der untenstehenden Tabelle.



**Beobachtungen:**

	PE	PP	PVC	PS	PET	PC
Beobachtungen						

## BRENNPROBE VON KUNSTSTOFFEN

**Aufgabenstellung:** Bestimme das Brennverhalten der zu untersuchenden Kunststoffe.

**Sicherheitshinweise:** **Arbeiten nur mit Schutzbrille!**

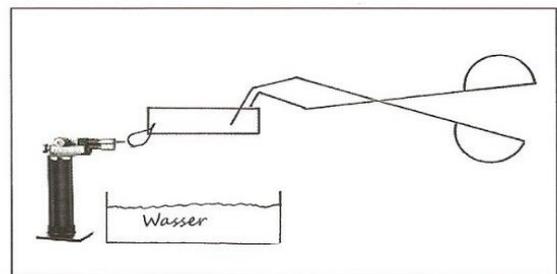
**Der Kunststoff darf nur kurz brennen! Lass ihn so bald wie möglich in die Schüssel fallen und tauche ihn unter die Wasseroberfläche! (BRANDGEFAHR!)**

**Materialien:**

- Schüssel mit Wasser
- Kunststoffstücke von **Polyethen (PE)**, **Polypropen (PP)**, **Polyvinylchlorid (PVC)**, **Polystyrol (PS)**, **Polyethenterephthalat (PET)**, **Polycarbonat (PC)**
- Brenner
- Tiegelzange

**Durchführung:**

- Achte auf die Kunststoffbezeichnungen und schneide dir von jeder zu untersuchenden Art einen kleinen Streifen ab.
- Schreibe die Kurzbezeichnung des Kunststoffes auf den abgeschnittenen Streifen.
- Fülle die Schüssel halbvoll mit Wasser und führe die folgenden Arbeitsschritte mit allen zu untersuchenden Kunststoffen durch:
  - Halte den Kunststoff an einem Ende mit der Tiegelzange.
  - Erhitze das andere Ende in der Brennerflamme.
  - Lösche den brennenden Kunststoff durch Eintauchen in das Wasser.
  - Protokolliere deine Beobachtungen in der unten angeführten Tabelle.



**Beobachtungen:**

		PE	PP	PVC	PS	PET	PC
Beobachtungen	brennt – welche Flamme?						
	rußt?						
	schmilzt?						
	tropft?						

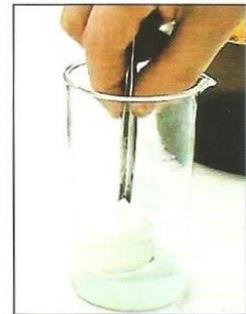
## LÖSLICHKEIT IN ACETON

**Aufgabenstellung:** Bestimme, ob die zu untersuchenden Kunststoffen in Aceton löslich sind.

**Sicherheitshinweis:** **Arbeiten nur mit Schutzbrille! Nicht in der Nähe von offenen Flammen (Brenner) arbeiten!**

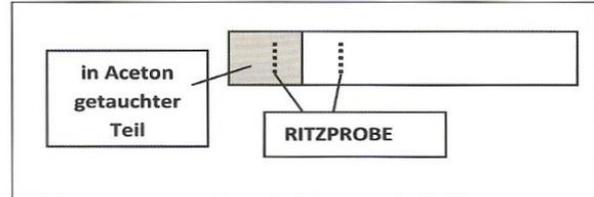
**Materialien:**

- Kunststoffstücke von **Polyethylen (PE)**, **Polypropylen (PP)**, **Polyvinylchlorid (PVC)**, **Polystyrol (PS)**, **Polyethylenterephthalat (PET)**, **Polycarbonat (PC)**
- Becherglas mit Aceton
- Pinzette
- 1 Blatt Küchenrolle
- 1 Stahlnadel



**Durchführung:**

- a. Achte auf die Kunststoffbezeichnungen und schneide dir von jeder zu untersuchenden Art einen Streifen (ca. 7 cm Länge) ab.
- b. Schreibe die Kurzbezeichnung des Kunststoffes auf den abgeschnittenen Streifen.
- c. Tauche die Kunststoffe für mindestens 5 Minuten in das Becherglas mit Aceton
- d. Nimm die Kunststoffstreifen heraus und trockne sie mit der Küchenrolle ab.
- e. Untersuche die Kunststoffoberflächen der einzelnen Streifen.
- f. Führe am Kunststoffstreifen mit dem Stahlnagel zwei Ritzproben durch (siehe Abbildung!!!).
- g. Notiere deine Beobachtungen in der untenstehenden Tabelle.



**Anmerkung:** *Wenn ein Kunststoff in dem Lösungsmittel löslich ist, wird dessen Oberfläche meist matt.*

**Beobachtungen:**

	PE	PP	PVC	PS	PET	PC
Beobachtungen						

## EIGENE KUNSTSTOFFE – UNBEKANNTE PROBE

---

**Aufgabenstellung:** Identifiziere mit den gerade durchgenommenen Versuchen eine unbekannte Probe. Diese ist eine der sechs zuvor untersuchten Kunststoffe.

**Sicherheitshinweis:** **Arbeiten nur mit Schutzbrille!**

**Materialien:**

Unbekannte Probe von **Polyethen (PE)**, **Polypropen (PP)**, **Polyvinylchlorid (PVC)**, **Polystyrol (PS)**, **Polyethenterephthalat (PET)** oder **Polycarbonat (PC)**

**Durchführung:**

- Überlege dir welche Experimente du machen würdest, um die unbekannte Probe zu identifizieren.
- Führe nur die Versuche durch, die du für notwendig hältst, und begründe dein Vorgehen in Worten unter der Tabelle. (Achtung: Verwende für jeden Versuch einen neuen Kunststoffstreifen!!!)
- Protokolliere deine Beobachtungen in der untenstehenden Tabelle.

**Beobachtungen:**

	Unbekannte Probe
<b>Dichte</b>	
<b>Chlornachweis</b>	
<b>Brennprobe</b>	
<b>Schmelzen</b>	
<b>Löslichkeit in Aceton</b>	
<b>Welcher Kunststoff könnte es sein?</b>	

**Begründung für deine Vorgehensweise:**

---



---

## Untersuchung von Biokunststoffen

### Themen:

- Nachweis von Stärke mit einer Iod-Lösung
- Erkennen von Biokunststoffen auf Stärkebasis

**Aufgabenstellung:** Untersuche verschiedene Arten von Kunststoffen und Nährstoffen mit Iod-Lösung. Trage deine Beobachtungen in das Protokoll ein und interpretiere die Ergebnisse.

### Materialien:

- ✓ Gängige Kunststoffproben
- ✓ BIO-Kunststoffproben
- ✓ Eine kleine Portion Kartoffel, Brot, Mehl, ...
- ✓ Iod-Lösung

### Durchführung:

1. Tropfe einen Tropfen der Iod-Lösung auf deine Proben.
2. Beobachte, wie sich die Probe gegenüber der Iod-Lösung verhält. Trage in die Tabelle ein:

Kunststoffprobe	Beobachtung
PE	
PS	
PET	
TPS	
Mehl	
Kartoffel	
Hafer-Flocken	

3. Interpretiere deine Beobachtungen: (Aus welchem Material werden Biokunststoffe hergestellt?)

## Arbeitsauftrag 4

**Thema:** Eigenschaften ausgewählter Massenkunststoffe

**Arbeitsauftrag:**

Erstelle einen **übersichtlichen und optisch ansprechend gestalteten Steckbrief (max. 1 Seite)** des dir zugeteilten Kunststoffes mit den wichtigsten Informationen bezüglich:

- **Geschichte**
- **Formel**
- **Verwendung**
- **Herstellung**
- **Entsorgung**
- **Eigenschaften**
- **Weitere interessante und wichtige Eigenschaften...**

**Hinweis:**

Lies dir die beiden Steckbriefe von Polymilchsäure (PLA) und Thermoplastische Stärke (TPS) aufmerksam durch und verwende sie als „Muster-Steckbriefe“! Selbstverständlich kann man ergänzend zu den wichtigen Informationen, Bilder bzw. Abbildungen etc. verwenden, um den Steckbrief entsprechend interessant und attraktiv zu gestalten.

**Kunststoffe:**

- Polyethen (LD und HD), PE
- Polypropen, PP
- Polystyren, PS
- Styropor (z. B. [www.sunpor.at](http://www.sunpor.at)), EPS
- Polyvinylchlorid, PVC
- Polytetrafluorethen (“Teflon“), PTFE
- Polyethylenterephthalat, PET (“Polyester”)
- Polyamid-66, PA (“Nylon”)
- Polyurethan, PUR (“PU-Schaum”)
- Gummi

**Hilfsmittel:**

- Steckbrief TPS
- Polymilchsäure

## Arbeitsauftrag 5

Ein zentrales Anliegen des vorliegenden Projektes war es, auf die zahlreichen Vorteile von Kunststoffen hinzuweisen und auf das unglaublich vielfältige Spektrum der Anwendungen aufmerksam zu machen. Auf der anderen Seite sollten die Jugendlichen für die stetig anwachsenden Müllberge und die Anhäufung der Kunststoffe in unserer Umwelt sensibilisiert werden. Es ist eine absolute Notwendigkeit, die enorme Bedeutung der Vermeidung von Kunststoffen und deren Ersatz durch alternative Materialien erkennen zu können, um die Probleme halbwegs in den Griff zu bekommen. Auch die Rolle des Kunststoff-Recyclings wurde kritisch betrachtet.

Nach einer kurzen Einstimmung auf die allgemeine Thematik mit dem unten angeführten Youtube-Video, sollten die Schülerinnen und Schüler, unter Verwendung der angegebenen Literatur sowie selbständiger Internet-Recherche, ein Kurzreferat in Gruppenarbeit (Dauer: ca. 5-8 Minuten) inklusive einer Handouts (max. 1 – 2 Seiten) erstellen. Mittels PP-Präsentationen wurden die unterschiedlichen Themen den Mitschülerinnen und Mitschülern im Präsenzunterricht vorgestellt. Die 5 unten angeführten Themen wurden auf die 5 Schülergruppen pro Klasse aufgeteilt.

### **Thema: Plastik – Erfolgsgeschichte oder Zeitbombe?**

**Einstieg:** [https://www.youtube.com/watch?v=rr0oEp\\_5awk](https://www.youtube.com/watch?v=rr0oEp_5awk) (28:53)

Anmerkung: Das sehr ansprechende Video wurde ohne Angabe von Gründen leider im Verlauf des Projektes auf Youtube entfernt!

#### **1) Biokunststoffe (inkl. Beispiele)**

**Literatur:** Artikel: Wenn das Kunststoffleben zu Ende geht..., Artikel: PLA, Artikel: TPS, Internet

#### **Arbeitsauftrag:**

Nachhaltigkeit ist eines der großen Themen unserer Zeit. Recherchiere – unter Verwendung der angegebenen Literatur bzw. des Internets – und erstelle übersichtliche Steckbriefe (Rohstoff, Herstellung, Eigenschaften, Verwendung) von PLA und TPS. Vielleicht findest du weitere Beispiele für biologisch abbaubare Kunststoffe und deren Anwendungen. Erkundige dich ebenfalls über den jeweils verwendeten Rohstoff bzw. die Herstellung.

#### **2) Entsorgung und Wiederverwertung von Kunststoffen**

**Literatur:** Artikel Mikroplastik S. 1,2, Artikel: Wenn das Kunststoffleben zu Ende geht..., Internet

**Beispiel:** <https://www.youtube.com/watch?v=sLO3XWu0WTI> (Müll-Heizkraftwerk, 4:36)

**Beispiel:** <https://www.youtube.com/watch?v=WWngxDscWVA> (Recycling: Was passiert mit deinem Müll?, 5:22)

**Arbeitsauftrag:**

Erstelle – unter Verwendung der angegebenen Literatur – eine übersichtliche Zusammenfassung über den Recycling-Kreislauf von Kunststoffverpackungen (inkl. Beispiele für Recycling-Codes) und erläutere die thermische Verwertung (Müllverbrennung) bzw. stoffliche Verwertung von erdölbasierten Kunststoffen.

**3) Mikroplastik**

**Literatur:** Artikel Mikroplastik S. 3, Artikel: Wenn das Kunststoffleben zu Ende geht... , Internet (z. B: [www.bmu-kids.de](http://www.bmu-kids.de))

**Arbeitsauftrag:**

Stelle die Ausbreitung von nicht abbaubaren Kunststoffen im nördlichen Pazifik bildlich dar, erläutere diese und beschreibe die Probleme, die sich daraus ergeben. Erkläre die Problematik der Verwendung von Mikroplastik am Fallbeispiel „Mikroplastik in der Kosmetik“.

**4) Recycling von PET, PET-Flasche vs. Glasflasche**

**Literatur:** Artikel Mikroplastik S. 1, Internet

**Arbeitsauftrag:**

Recherchiere wie PET-Flaschen recycelt werden können und welche Produkte daraus hergestellt werden. Zahlt sich ein Recycling von PET-Flaschen (rePET) überhaupt aus? Nachhaltigkeit ist eines der großen Themen unserer Zeit. Recherchiere im Internet und such eine Antwort auf die Frage ob nun Glasflaschen oder PET-Flaschen nachhaltiger sind?

**5) „Plastic Planet“ – Problemaspekte des Kunststoffzeitalters**

**Literatur:** Internet, Film („Plastic-Planet“)

**Schlagwörter:** Ökobilanz (Mehrweg statt Einweg, z. B. Flaschen, Tragetaschen), Müll – Vermeidung, Bio – Kunststoffe ...

**Arbeitsauftrag:**

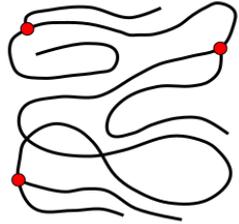
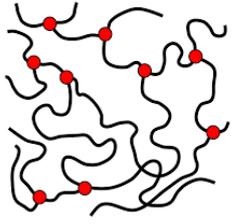
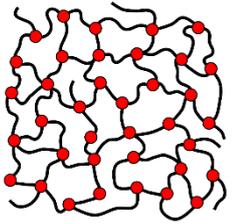
Kunststoffe sind in unserem Leben einfach allgegenwärtig. Zahlreiche Studien belegen, dass der enorme Plastikverbrauch bereits dramatische Auswirkungen auf die Umwelt hat. Welche alltäglichen Maßnahmen erscheinen dir machbar und ökologisch sinnvoll, um als nachhaltig denkender Mensch die Verwendung von Plastik im Alltag einzuschränken? Recherchiere im Internet und versuche auf Basis vorliegender – möglichst aktueller - Studien bzw. Fakten, diese Maßnahmen kritisch zu beurteilen. Sind "Bio"-Kunststoffe eine Alternative?

## Ergebnisse

Auf den folgenden Seiten sind die erfüllten Arbeitsaufträge exemplarisch dargestellt. Eine vollständige Auflistung würde den Rahmen des Projektberichtes sprengen. Ich habe deshalb nur - meiner Meinung nach - gut gelungene Arbeiten in den Bericht aufgenommen. (Anmerkung: Die Auswahl war nicht einfach 😊)

### Arbeitsauftrag 1

Vervollständige folgende Tabelle, die einen Überblick über die 3 Arten der Kunststoffe gibt!

Arten	Plastomere	Elastomere	Duromere
<b>Gemeinsamkeiten im Aufbau</b>	Kunststoffe bestehen aus Riesenmolekülen („Makromolekülen“)		
<b>Individuelle Unterschiede im Aufbau</b>	Lange Molekülketten, die NICHT miteinander vernetzt sind	Polymerketten sind weitmaschig und dreidimensional verknüpft	Polymerketten sind sehr engmaschig und dreidimensional verknüpft
<b>Skizze vom Aufbau</b>			
<b>Eigenschaften</b> In Abhängigkeit vom Aufbau (Verhalten beim Erwärmen, Härte, Verformbarkeit)	weicher Kunststoff, nach Erwärmung verformbar, beim Erhitzen verflüssigt sich der Kunststoff und wird zersetzt	elastisch, nimmt nach einer Verformung Ausgangsform an, nicht schmelzbar, bei Kälte spröde	Sehr hart, nicht verformbar, werden auch beim Erwärmen NICHT weich, beim Erhitzen zersetzt sich der Kunststoff (fängt zu rauchen an)
<b>Verwendung:</b> (Anwendungsbereiche)	Plastikbeutel, Eimer, Verpackungsschaumstoff, Textilfasern, Joghurtbecher	Autoreifen, Dichtungen, Kondome, Luftballone, Taucheranzüge, Gummistiefel	Feuerwehrlhelme, PC-Gehäuse, Kunststoff bei Pfannen, Autoteile
<b>Beispiele:</b>	Polyethen (PE), Polystyren (PS), PET (PolyEthylen-Terephthalat)	Naturkautschuk (NR)	Polyester, Epoxidharze, Formaldehydharze, Polyurethane

## Arbeitsauftrag 2

### Kunststoffe aus dem Haushalt

Gegenstand + Verwendung	Kennzeichnung	Alternatives Material
Trinkflasche; Aufbewahrung von Flüssigkeiten	PET (1)	Glasflasche
Tupper-Geschirr; Aufbewahrung von Lebensmitteln	PP (5)	Glasbehälter
Sprühflasche; Aufbewahrung von Flüssigkeiten	PET	Glasbehälter
Verpackung; Taschentuchverpackung	LDPE (04)	Karton
Rohr	PVC-U	Kupferrohre; Beton
Kabelbinder; Gegenstände fixieren	PA-66	Edelstahl; Eisendraht

Vorteile von Kunststoff	Nachteile von Kunststoff
je nach Kunststoffart verschieden	
teilweise sehr langlebig (bei Benutzung)	Teilweise sehr langlebig (verrottet nicht)
leicht	belastet das Ökosystem
wasserabweisend	nicht jeder Kunststoff ist recycelbar
formbar bei Produktion	formbar durch Weichmacher in der Produktion → gesundheitsschädlich
schwimmt (Schwimmweste)	
wärmedämmend	

## Arbeitsauftrag 3A (Schülerexperiment)

# PROTOKOLL

**Thema: Die Dichte verschiedener Kunststoffproben**

**Name: Vorname Nachname**

**Datum: 15. 4. 2021**

## 1) Theoretische Grundlagen des Versuchs

Ich teste in dem Versuch („Schwimmtest“) die Schwimmfähigkeit von verschiedenen Kunststoffproben.

Die Grundlage ist, dass Wasser eine Dichte von  $1 \text{ g/cm}^3$  hat. Kunststoffe, die eine geringere Dichte besitzen, schwimmen daher [z.B.: LDPE (04), PE-LD (04), PE HD (02)] -> Kunststoffe mit einer höheren Dichte schwimmen nicht [z.B.: PET, PS].

Die Dichte von Wasser kann erhöht werden, indem man Salz darin auflöst. Danach sinken wiederum jene Kunststoffe, deren Dichte größer ist als jene von Salzwasser (PET). Wird Spülmittel in reines Wasser gegeben, so wird die Oberfläche verändert. Die Oberflächenspannung wird gesenkt und die Dichte des Wassers nimmt ab.

(Das gilt jedoch nur, wenn keine Hohlräume vorhanden sind, die mit Luft aufgefüllt sind.)

## 2) Versuchsbeschreibung:

- a) Aus den gesammelten Kunststoffen, insgesamt 4, werden 2 cm x 2 cm große Stücke ausgeschnitten.
- b) Mit Hilfe eines Messbechers wird ein 500-ml-großer Glasbehälter mit 250 ml Wasser (Leitungswasser) befüllt.
- c) In diesen Glasbehälter gebe ich 2 Tropfen Spülmittel hinzu und rühre anschließend mehrmals mit einem Löffel um. Danach warte ich kurz und wiederhole schließlich das Umrühren, damit das Wasser mit dem Spülmittel auch wirklich gut vermischt ist. Ich beobachte, dass es zu keiner Schaumbildung kommt.
- d) Ich gebe alle 4 Proben (PET, LDPE 04, PE-LD 04, PE HD 02) in das Glas und rühre um. 3 der 4 Proben schwimmen, nämlich LDPE (04), PE-LD (04) und PE HD (02) – die vierte Probe, PET sinkt.
- e) Ich rühre nochmals um und erhalte das gleiche Ergebnis.

- f) In einem zweiten Glas fülle ich 250 ml Leitungswasser mit Hilfe eines Messbechers ein und gebe 15 g Speisesalz hinzu.
- g) Ich rühre um, damit sich das Salz auflöst.
- h) Anschließend gebe ich dieselben 4 Kunststoffproben in die Salzlösung und rühre um.
- i) Beobachtung: Gleiches Ergebnis wie beim „Spülmittelversuch“.

### 3) Ergebnis und Auswertung:

Kunststoffprobe	Salzwasser	Spülmittelwasser
PET	schwimmt nicht	schwimmt nicht
LDPE (04)	schwimmt	schwimmt
PE-LD (04)	schwimmt	schwimmt
PE HD (02)	schwimmt	schwimmt

LDPE (04), PE-LD (04), PE-HD (02) schwimmen in der Salzwasserlösung, da sie eine geringere Dichte als Salzwasser haben. PET schwimmt nicht, da die Dichte größer ist.

### 4) Fehlerbetrachtung:

Sofern ich das beurteilen kann, sind keine gravierenden Probleme aufgetreten. Ich habe mich an die Versuchsbeschreibung gehalten.

### 5) Verbesserungsvorschläge:

- a) mehrere/andere Kunststoffproben verwenden
- b) Beschriften der Proben
- c) genaue Zeitangaben fürs Umrühren im Protokoll angeben
- d) evtl. Anzahl der Tropfen vom Spülmittel ändern

## Weiterführende Aufgaben

1. **Um welche Kunststoffe handelt es sich bei den Proben, die im reinen Wasser bzw. im gesalzenen Wasser schwimmen?**

Es handelt sich bei diesen Kunststoffen um welche, deren Dichten niedriger sind, als die Dichte von reinem Wasser. (PS und PET schwimmen nicht.) Gibt man Salz hinzu, steigt die Dichte des Wassers und Polystyrol schwimmt.

2. **Wie viel Gramm Salz müsste im Wasser gelöst sein, damit die einzelnen Kunststoffe schwimmen?**

Es müsste so viel Salz im Wasser gelöst werden, damit die Dichte des Wassers größer ist, als die Dichte der Kunststoffproben.

3. **Begründe, warum im Versuch und beim Recycling nicht so viel Salz im Wasser gelöst werden kann, dass Polyethylenterephthalat schwimmt.**

Weil Wasser nicht genug Salz aufnehmen kann, sodass die Dichte des Wassers größer ist, als die Dichte von PET.

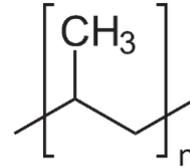
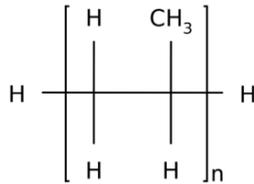


## Arbeitsauftrag 4

# Steckbrief: Polypropylen

Polypropylen wird mit PP abgekürzt.

Strukturformel:  $(C_3H_6)_n$



### Geschichte von Polypropylen:

Im Jahr 1951 haben die Chemiker Robert Banks und Paul Hogan im Auftrag des US-amerikanischen Öl-Konzerns Philipps Petroleum Polypropylen erstmals hergestellt. Die großtechnische Synthese begann aber erst 1957 durch die Arbeit von Giulio Natta.

### Verwendung von Polypropylen:

Polypropylen wird sowohl im technischen als auch im textilen Bereich verwendet. Es wird zum Beispiel für Armaturbretter, Gehäuse von Batterien, Ummantelungen von Drähten oder Kabeln, Fittings und Rohrleitungen verwendet. Außerdem wird es als Garn verwendet und ist in Teppichen, Sporttextilien oder Geotextilien zu finden. Es wird zudem für Kissenbezüge, Decken und Matratzen genutzt.

### Herstellung von Polypropylen:

Polypropylen wird durch Polymerisation von Propen hergestellt.

### Entsorgung von Polypropylen:

Man sollte Polypropylen getrennt von anderen Stoffen in die Gelbe Tonne oder den Gelben Sack werfen, damit es anschließend recycelt werden kann. Polypropylen kann sehr gut recycelt werden.

### Eigenschaften von Polypropylen:

Es lässt sich wegen seiner geringen Oberflächenenergie nur schlecht kleben oder bedrucken. Polypropylen wird bei einer Temperatur von 0 bis  $-10^\circ\text{C}$  spröde und schmilzt bei ungefähr  $160^\circ\text{C}$ . Außerdem hat es eine geringe Dichte, ist sehr widerstandsfähig gegen Ermüdung und hat eine große Wärmedehnung. Es kann zwischen 0 und 100 Grad genutzt werden. **Polypropylenfasern sind leichter als Wasser, weshalb sie praktisch keine Feuchtigkeit aufnehmen.**

Recyclingcode:



Dichte:

Die Dichte von Polypropylen liegt zwischen  $0,895 \text{ g/cm}^3$  und  $0,92 \text{ g/cm}^3$ .

# Steckbrief: Polyethylen

Polyethylen wird mit PE abgekürzt. PE Teilt sich in zwei Teile auf: HD → High Density und LD → Low Density

## Verwendung von Polyethylen

Polyethylen ist der am häufigsten gebrauchte Kunststoff. Er wird vor allem in der Verpackungsindustrie verwendet. Die Hauptanwendung von PE sind Folien und Verpackungen, wie Spritzgussteile, Kanister, Behälter, Rohre und Kabel. PE-LD ist sehr eingeschränkt gegenüber Kohlenstoffen, während PE-HD auch für Kraftstoffbehälter verwendet werden kann.

## Eigenschaften von Polyethylen

Das Material ist geschmacksneutral, geruchlos, hat gute Isoliereigenschaften, besitzt eine gute chemische Beständigkeit gegenüber einer Vielzahl von Säuren, Basen, Ölen und Fetten. Polyethylen kann über +80 °C erweicht werden und ist somit gut verarbeitbar.

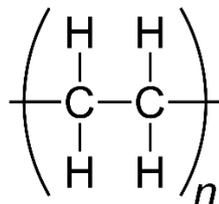
## Herstellung von PE

Verschiedene Herstellungsverfahren führen bei Polyethylen zu unterschiedlichen Kunststoffeigenschaften. Um LD-PE herzustellen muss man Ethylen polymerisieren. Dieses Verfahren findet unter hohem Druck (von 150 bis 300 bar) und bei Temperaturen von 300 °C statt. Auf Grund seiner niedrigen Dichte von 0.92 – 0.93 g/cm<sup>3</sup> wird das Hochdruck- Polyethylen als LD-PE bezeichnet. Bei der Herstellung von HD-PE braucht man im Gegensatz zur Herstellung von LD-PE wesentlich niedrigere Temperaturen und geringere Drücke. Dieses auf diese Weise hergestellte Polymer verfügt über wenig verzweigte Polymerketten und damit über eine höhere Dichte von 0.94 bis 0.97 g/cm<sup>3</sup> als das Hochdruck- Polyethylen. Daher wird es auch als HD-PE bezeichnet.

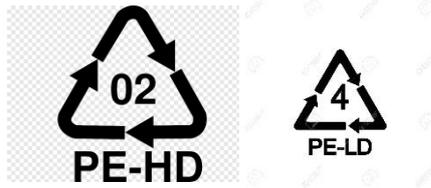
## Abfallentsorgung von Polyethylen

Polyethylen ist schmelzbar und damit zu 100% recyclebar. Die Ökobilanz von PE fällt im Grunde gar nicht so schlecht aus, da eine 4-5-malige Ausbreitung daraus möglich ist. Allerdings kann Polyethylen nur sortenrein (getrennt nach HD und LD) und frei von Fremd Beimengungen recycelt werden – Ein Problem, das immer noch allgegenwärtig ist.

<b>Kunststoff:</b>	Polyethylen
<b>Abkürzung:</b>	PE
<b>Verwendung:</b>	Verpackungsmaterial
<b>Strukturformel:</b>	



**Benötigter Rohstoff zur Herstellung:** Ethylen (Reifegas, Phytohormon → reife Äpfel, Bananen und die japanischen Rotkiefer strömen Ethylen aus)

**Recyclingcode:****Schmelzpunkt:** +80 °C**Dichte:** LD-PE → 0.92-0.93 g/m<sup>3</sup> HD-PE → 0.94-0.97 g/m<sup>3</sup>**Weitere Eigenschaften:**

1. lassen sich von Nah-Infrarot-Technik in den Sortieranlagen separieren
2. PE ist zu 100% recyclebar



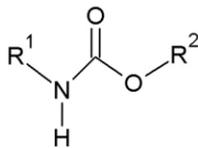
# Steckbrief: PUR(Polyurethan)

Vincent Thaler

## 1 Geschichte

- 1937: erste Herstellung von PUR in Leverkusen
- 1940: industrielle Produktion begann
- 1952-54: Entwicklung von Polyester-Schaumstoffen → 1960: 45000t produziert
- technische Verbesserungen → neue Anwendungsfelder (= PUR-Hartschäume)
- 2002: 9 Millionen Tonnen PUR Verbrauch

## 2 Aufbau



### 2.1 Herstellung

- Zutaten:
  - mind. zwei Monomere (z.B. Diol+Diisocyanat)
- Zubereitung:
  - Diol+Diisocyanat → bifunktionelles Molekül (kann an beiden Enden mit anderen Monomeren reagieren)
  - Entstehung: kurze Molekülketten(= Oligomere) → reagieren mit anderen Monomeren/Oligomere/Polymere

### 2.2 Eigenschaften

- hohe mechanische Festigkeit(= zerbricht nicht bei Krafteinwirkung)
- extrem verschleißfest
- geringe Verformung
- extreme Tiefentemperaturbeständigkeit
- ...

## 3 Verwendung

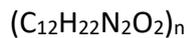
- Montageschaum
- Isulier-/Dämmschicht
- Schutzschicht bei Transport für Röhren/elektrische Leitungen/etc
- Fußbälle
- Lack
- ...

## Steckbrief: Polyamid-66, PA („Nylon“)

### Geschichte:

Nylon wurde am 28. Februar 1935 von Wallace Hume Carothers und Julian Werner Hill entwickelt und am 16. Februar 1937 patentiert. Es war die erste vollständig synthetisch hergestellte Faser. Ursprünglich sollte Nylon „No-Run“ (bedeutet „keine Laufmaschen“) heißen, nachdem sich diese Aussage aber als falsch herausgestellt hatte, wurde aus *Norun* in mehreren Schritten *Nylon*.

### Formel:



### Verwendung:

Nylon wird sehr vielfältig eingesetzt, wie zum Beispiel in Zahnbürsten und Zahnseide, Strumpfhosen und verschiedenen Seiltypen, aber auch bei der Herstellung von Blusen, Hemden, Sportbekleidung, Jacken und Westen. Auch für Rucksäcke wird oft dieses wetterfeste und widerstandsfähige Material verwendet.

### Herstellung:

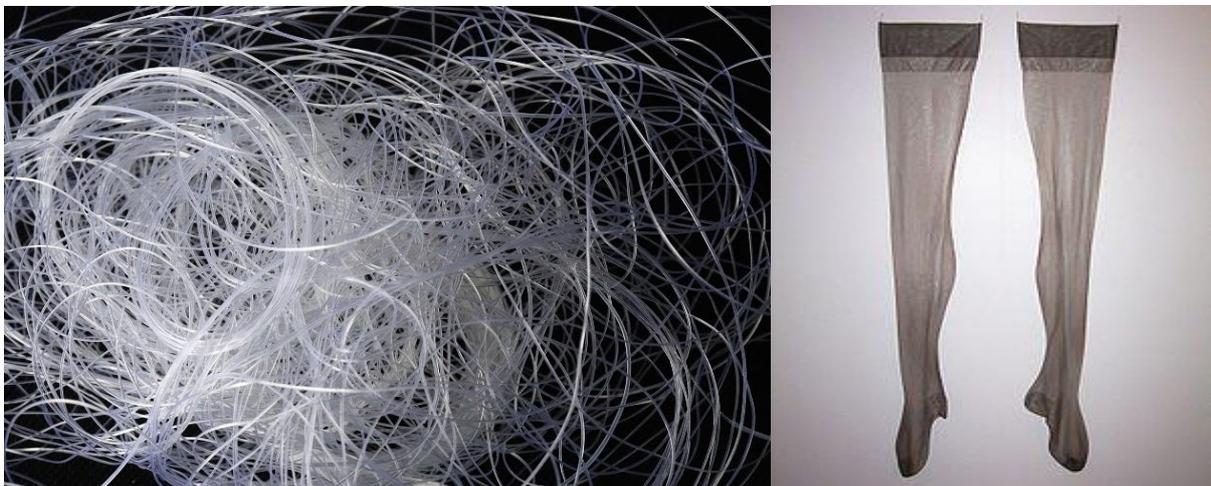
Das „klassische“ Nylon entsteht aus den Ausgangsstoffen Hexamethyldiamin und Adipinsäuredichlorid, das sind Monomere, die sich in einer sog. „Polykondensationsreaktion“ zu langen Molekülketten verbinden.

### Entsorgung:

Nylon wird wie die meisten anderen Plastikarten im Restmüll entsorgt, es kann aber auch recycelt werden. Die Verrottung dauert ca. 60 Jahre.

### Eigenschaften:

Nylon ist sehr reißfest, robust und widerstandsfähig und dabei elastisch und dehnbar. Es hat eine seidige, glatte Oberfläche und ist luftdurchlässig (= atmungsaktiv). Allerdings bleicht Nylon bei längerer, starker Sonneneinstrahlung aus.



## Steckbrief: Gummi

Gummi ist ein Elastomer.



### Verwendung von Gummi

Gummibänder, Autoreifen, Gummihandschuhe, etc. werden aus Gummi gemacht. Es werden aber auch nicht so alltägliche Gegenstände aus Gummi hergestellt. Ein paar Beispiele dafür sind Dichtungsringe, Gummihämmer, usw.

### Eigenschaften von Gummi

Gummi ist elastisch und wenn man es einmal langgezogen hat, geht es immer wieder in seine ursprüngliche Form zurück. Ist nicht schmelzbar und man kann es nicht in Lösemittel auflösen (wegen der weitmaschig verknüpften Struktur). Ihre Dichte liegt bei 0,92-0,96, d.h. Gummi schwimmt auf Wasser.

### Herstellung von Gummi

Gummi wird nicht so wie die meisten Kunststoffe aus Erdöl hergestellt, sondern aus den Säften der Rinde des Kautschuk Baumes. Die Rinde des Kautschuk Baumes sondert nämlich einen weißen Saft (wird auch Milchsafte oder Latex genannt) ab, nachdem sie eingeritzt worden ist. Dieser Saft wird dann gesammelt mit Ammoniak vermischt und getrocknet. Aus dieser Mischung bekommt man Naturkautschuk. Dieser wird dann flach gewalzt.

### Abfallentsorgung von Gummi

Gummi braucht sehr lange bis er sich zersetzt, deswegen kann man es nicht einfach, obwohl es aus natürlichen Stoffen hergestellt wurde, im Bio-Müll entsorgen. Deswegen gibt man kleine Mengen von Gummi in den Restmüll und größere Mengen kann man bei öffentlichen Deponien abgeben. Man kann Gummi aber auch wiederverwenden, indem man es granuliert. Dabei werden z.B. Altreifen zu Kleinstteilchen zerkleinert. Diese Masse (auch Granulate genannt), welche nach wie vor über gute Elastizität verfügt, wird z.B. sogar Straßenbeläge eingearbeitet.



## Steckbrief: Polyamid-66

Die Abkürzung von Polyamid-66 ist PA und wird meist auch Nylon genannt.

### Geschichte:

Nylon war die erste synthetische Kunstfaser und wurde von einem amerikanischen Chemiker im Auftrag des Chemieunternehmens DuPont entdeckt und in den USA patentiert. Zu der Zeit wurde Nylon aus Kohlenstoff, Wasser und Luft hergestellt.

### Verwendung:

Da Nylon großem Druck gut standhalten kann, ist es sehr formbeständig und reißfest. Deshalb wird es oft zur Herstellung für Heißluftballons, Fallschirmen, Autoreifen oder Seilen benutzt. Da Polyamid-66 als atmungsaktives Textil verarbeitet werden kann, werden viele Kleidungsstücke aus Nylon produziert. Beispiele dafür sind Blusen, Oberhemden, Sportbekleidung oder auch Nylonstrumpfhosen. Früher wurde Nylon auch für Zahnbürsten und Zahnseiden eingesetzt.

### Eigenschaften:

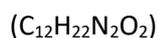
Nylon ist ein Thermoplast und gehört dadurch zu den Polyamiden.

Positive Merkmale sind Elastizität, Haltbarkeit, Stabilität und Dehnbarkeit. Eine weitere Eigenschaft ist, dass Polyamid-66 thermoplastisch ist, also daher bei einer bestimmten Temperatur verformbar ist. (Der Schmelzpunkt von Nylon beträgt 268,8 °C.) Jedoch ist Nylon feuchtigkeits- und nässeempfindlich.

### Herstellung:

Nylon wird aus HMD (Hexamethylenediamin) und Adipinsäure hergestellt. Es entsteht durch eine Polykondensation unter Wasserabspaltung.

### Formel:



### Dichte:

Nylon: 1,31 g/cm<sup>3</sup>

### Recycling-Code:



# Polyvinylchlorid (PVC)

Formel:  $(C_2H_3Cl)_n$

## Geschichte

Der französische Chemiker Henri Victor Regnault stellte 1835 Vinylchlorid her und bemerkte, dass sich daraus bei längerer Einwirkung von Sonnenlicht ein weißes Pulver – Polyvinylchlorid – bildete.

Er entdeckte damit die Herstellung von PVC. Mit der Rohstoffknappheit während und nach dem Ersten Weltkrieg wurden die Anstrengungen verstärkt, PVC als Rohstoff zu nutzen, um teure Rohstoffe durch kostengünstige Materialien zu ersetzen.

1935 gelang in Bitterfeld die Plastifikation von Hart-PVC bei Temperaturen von 160 Grad Celsius: erste Produkte waren Folien und Rohre.

## Herstellung

Das Ausgangsmaterial für PVC ist Erdöl. Dieses wird durch thermische Spaltung in Ethylen umgewandelt. Der zweite Hauptbestandteil, das Chlor, wird aus Steinsalz gewonnen. Steinsalz ist eine Verbindung aus Natrium und Chlorid. Aus Ethylen und Chlor im Verhältnis von 43 % zu 57 % wird nun das Vinylchlorid hergestellt. Die Umsetzung von Vinylchlorid zu PVC erfolgt über die sogenannte Polymerisation. Oft werden weitere Stoffe wie z.B. Weichmacher, Füllstoffe und Stabilisatoren hinzugefügt.

## Eigenschaften

Polyvinylchlorid (PVC) ist ein amorpher thermoplastischer Kunststoff. Es ist hart und spröde und wird erst durch Zugabe von Weichmachern und Stabilisatoren weicher, formbar und für technische Anwendungen geeignet. Um die Zersetzung bei der Verarbeitung zu verhindern, werden dem Rohprodukt Stabilisatoren zugesetzt.

## Verwendung

PVC wird hauptsächlich als Grundstoff für Fensterprofile, Rohre, Fußbodenbeläge und Dachbahnen im Bausektor eingesetzt, aber auch für schwerentflammbare Kabel-Ummantelung.

Es wird auch oft als Isolationsmaterial für Elektro-Kabel, als Elektro-Schaltdose und als Einziehröhr für Kabel verwendet. Sogar Kreditkarten sind meist aus PVC.

## Alternativen

Manchmal werden auch andere Kunststoffe wie Polypropylen (PP) und Polyethylen (PE) eingesetzt, weil die aus Weich-PVC ausdünstenden und gesundheitsschädlichen Stoffe wegfallen. Auch die dem PVC zugeschriebene Säure-, Öl- und Seewasser-Beständigkeit sind oft nicht erforderlich.

## Steckbrief: Expandiertes Polystyrol

Expandiertes Polystyrol wird als EPS abgekürzt oder auch Styropor genannt. Es ist ein transparenter, geschäumt weißer, amorpher oder teilkristalliner Thermoplast.



### Verwendung von Expandiertem Polystyrol

Styropor wird als leichtes, weißes Verpackungs- oder Dämmmaterial verwendet, dieses ist grobporiger EPS-Hartschaum.

### Herstellung von Expandiertem Polystyrol

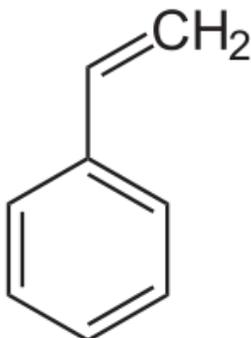
Expandiertes Polystyrol wird durch die Polymerisation von Styrol gewonnen. Es erhält während der Polymerisation zu festen Kügelchen Gaseinschlüsse. Werden die Kügelchen beim Verarbeiter unter Wasserdampf über 100 °C erwärmt, bläht sich der Kunststoff auf und verschmilzt. Es entsteht ein Festkörper.

### Entsorgung von Expandiertem Polystyrol

EPS verrottet nicht und muss daher verbrannt oder recycelt werden. Beim Recycling wird das EPS gemahlen und danach entstaubt. Das Granulat wird für gebundene EPS-Schüttungen, EPS-Recyclingplatten, als Leichtzuschlag für Beton oder zur Porosierung von Mauerziegeln verwendet. Wenn kein Recycling erfolgt, werden die EPS-Abfälle verbrannt und zur Energieerzeugung genutzt.

### Eigenschaften von Expandiertem Polystyrol

Styropor enthält zu 98 % Luft, die restlichen zwei Prozent sind Polystyrol, das die Luft umschließt. Es ist dadurch sehr leicht dämmt hervorragend gegen Wärme und Kälte und ist gegen mechanische und chemische Einflüsse widerstandsfähig.



Strukturformel Styrol

## Steckbrief: Polytetrafluorethylen (PTFE)

### Geschichte:

- Polytetrafluorethylen (**PTFE**) wurde 1938 vom Chemiker Roy Plunkett entdeckt
- Er suchte nach einem Kältemitteln für Kühlschränken mit Tetrafluorethylen (TFE), sah er „farblose Krümel“ in seinem Reaktionsglas
- durch die Entdeckung heißt das Herstellungsverfahren noch immer Plunkett-Verfahren

### Herstellung

PTFE wird aus Chloroform durch partielle Fluoridierung hergestellt, zunächst einmal wird Chlorfluormethan ( $\text{CHClF}_2$ ) und Tetrafluorethylen ( $\text{C}_2\text{F}_4$ ) erzeugt.

### Verwendung:

PTFE kommt oft in der Medizin vor.

Beispiele: Wird verwendet für Gefäßprothesen, Schläuchen, Implantaten, wasserabweisenden Materialien, Piercing-Schmuck, bei der Kosmetik, oder als Füllstoff für Binden und Pflegemittel usw.

- ➔ Chemische Beständigkeit sorgt für eine lange Lebensdauer, gute Verträglichkeit und die glatte Oberfläche verringert die Bildung von Blutgerinnseln

### Eigenschaft:

**PTFE** besitzt niedrige Festigkeit, Steifigkeit und Härte, aber gute Schlagzähigkeit. Ausgeprägt ist sein antiadhäsives Verhalten, d. h. auf seiner Oberfläche haften andere, auch klebrige Stoffe nicht und es wird von Flüssigkeiten nicht benetzt. **PTFE** besitzt ausgezeichnete Gleiteigenschaften.

### Weiter Fakten:

**PTFE**-beschichtete Pfannen sollten daher niemals ohne Inhalt erhitzt werden. Für Vögel können diese Dämpfe sogar tödlich sein.

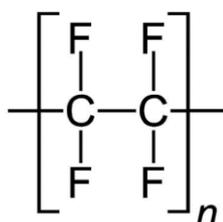


Teflonpfanne

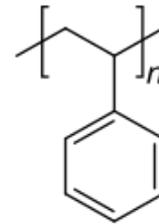
### Entsorgung

Während im Falle von reinem **PTFE** bereits bewährte Verwertungsverfahren bestehen, müssen derzeit noch viele Verarbeiter von **PTFE**-Compounds ihre Verarbeitungsabfälle kostenpflichtig, zumeist über Deponierung **entsorgen**. Für vollfluorierte, reine Fluorthermoplaste existieren ebenfalls effiziente Verwertungsverfahren.

### Formel:



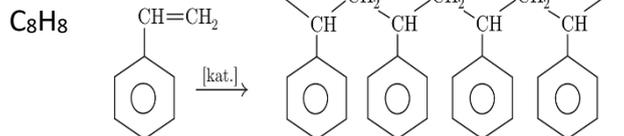
## Styropor (EPS)



- **Geschichte**

Styropor wurde 1949 in der deutschen Firma BASF entdeckt.

- **Formel**



- **Verwendung**

Styropor ist heutzutage als Dämmstoff in fast jedem Haus oder Wohnung eingebaut. Der wichtigste Aspekt ist die Wärmedämmung, da Styropor hervorragende Dämmwerte hat. Man findet es unter anderem auch oft beim Einkaufen, da dieses Schaumprodukt stoßfest ist werden oft Eier oder Obst darin verpackt. Durch Styropor wird die Umwelt massiv geschützt, denn es dämmt besonders gut gegen Wärme und Kälte und das reduziert die Heizkosten, da ein wärmegeprägtes Haus weniger verbraucht.

- **Herstellung**

In der klassischen Suspensionspolymerisation (Verfahren der Polymerisation, bei der Wasser unlösliches Monomer in Wasser zerstreut), werden Wasser und Styrol gemischt. Durch die Beigabe von Pentan formt sich ein perlenförmiges Granulat, dem expandierbaren Polystyrol. Also wird Styropor aus expandierbarem Polystyrol-Granulat hergestellt.

- **Entsorgung**

Styropor Abfall, der als Verpackung verwendet wurde, wird ganz regulär in den Gelben Sack geworfen und zum Sperrmüllhof gebracht. Unter anderem kann man Styropor Abfall auch in den Restmüll werfen. Styropor ist zu 100% recycelbar und wird auch in den meisten Fällen recycelt oder als Energierückgewinnung eingesetzt.

- **Eigenschaften**

Es ist extrem leicht und dämmt wie schon gesagt wunderbar gegen Wärme und Kälte, da es zu 98% Luft enthält, die restlichen 2% sind Polystyrol, das die Luft umschließt. Zudem ist es widerstandsfähig gegen mechanische, sowie chemische Einflüsse. Eine weitere interessante Eigenschaft, die Styropor besitzt ist, dass es eine hohe Steifigkeit und Festigkeit hat. Außerdem ist es gegen wässrige Laugen und Mineralsäuren beständig.

Styropor als Wärmedämmung



## Steckbrief: Polyethylenterephthalat

Polyethylenterephthalat wird als PET abgekürzt und ist ein durch Polykondensation hergestellter thermoplastischer Kunststoff aus der Familie der Polyester.



### Verwendung von Polyethylenterephthalat

PET hat vielfältige Einsatzbereiche und wird unter anderem zur Herstellung von Kunststoffflaschen (PET-Flaschen), Folien und Textilfasern verwendet. Recyceltes PET wird zum Beispiel zur Herstellung neuer Lebensmittel-Verpackungen verwendet. Das Material wird in Endlospfäden, Filzen oder Spinnkabeln für Bekleidungsstoffe und industrielle Zwecke eingesetzt. Technische Einsatzgebiete sind beispielsweise Förderbänder und Sicherheitsgurte. Durch Spritzgießen werden aus PET stark beanspruchte technische Formteile wie Zahnräder, Stecker, Schrauben und Muttern hergestellt.

### Eigenschaften von Polyethylenterephthalat

Eine PET-Flasche zerfällt erst in 450 Jahren. In den kristallinen Zustand geht der Kunststoff PET bei etwa 140°C. PET ist schmelzbar. Der Schmelzpunkt liegt zwischen 260°C und 290°C. PET hat eine Dichte von ca. 1,38 g/cm<sup>3</sup>.



### Herstellung von Polyethylenterephthalat

Die meisten Kunststoffe werden aus Erdöl hergestellt. Weil Erdölreserven auf unserer Erde aber begrenzt sind, wird nach Kunststoffen gesucht, die aus nachwachsenden Rohstoffen hergestellt werden können. PET wird leider nicht aus solchen Rohstoffen hergestellt, sondern aus Erdöl oder Erdgas. PET verliert seine Eigenschaften nicht, lässt sich also wiederholt zu hochwertigen Produkten verarbeiten. Der geschlossene Flaschenkreislauf, also dass aus gebrauchten PET-Getränkeflaschen wieder neue gemacht werden, spart Energie und vermindert den Ausstoß von Treibhausgasen.

### Abfallentsorgung von Polyethylenterephthalat

Getränkeflaschen aus dem Kunststoff Polyethylenterephthalat sind so praktisch, dass immer mehr davon verkauft werden. Doch die robuste Plastikhülle hat einen Nachteil: Wenn man sie irgendwo in den Wald wirft, liegt sie auch nach 1000 Jahren noch dort, denn PET verrottet nicht. Gelangt eine Verpackung aus PET also in die Umwelt, wird sie daher nicht verschwinden. Aus diesem Grund werden PET-Flaschen in der gelben Tonne gesammelt. Das Recycling von PET ist sehr effektiv. Durch das entstehende Granulat wird nur etwa die Hälfte an Energie benötigt, um neues Material herzustellen, als bei einer Neuproduktion. Da PET zum größten Teil aus Sauerstoff, Wasserstoff und Kohlenstoff besteht, ist es nahezu schadstofffrei vernichtbar. PET-Verpackungen, die nicht recycelbar



sind, können dennoch zur Umweltschonung beitragen: Sie gelangen in Verbrennungsanlagen, wo die Emission (Ausstoßung) dank moderner Techniken sehr gering ist. Durch diesen Prozess kann Wärme und Strom gewonnen werden.



## Arbeitsauftrag 5

Auf die Abgabe einer Druckversion der PPP wurde aus Umweltschutz-Gründen verzichtet!

### Thema 1: Biokunststoffe

## Handout Biokunststoffe

Was sind Biokunststoffe und was bewirken sie? Dieses Thema wollen wir euch näherbringen.

Biokunststoffe sind umweltschonende, biologisch abbaubare, nachwachsende Rohstoffe. Sie beinhalten keine gefährlichen Chemikalien und sind im Idealfall abbaubar.

Kunststoffe finden Anwendung in verschiedenen Branchen wie zum Beispiel bei Verpackungen und Spielzeugherstellung. Zu den bedeutendsten Kunststoffen zählen PLA und TPS. Ein wichtiges Thema bei Biokunststoffen ist auch das Recyclen, manche sind recyclebar andere nicht.

Aber sind Biokunststoffe wirklich ein so großer biologischer Vorteil? Von der Herstellung bis zur Entsorgung sind sie nicht besser als herkömmliche Biokunststoffe.

**Thema 2: Entsorgung und Wiederverwertung von Kunststoffen**

## Handout

Ablauf: Gewicht vom Müll wird ermittelt, dann grob sortiert und geordnet.

Nicht Recyclebares wird verbrannt und für Straßenbau etc. verwendet.

Recyclebare Stoffe: Polystyrol, Polypropylen, Polyethylen, PET, PVC

Nicht Recyclebar: Polystyrol (aufgeschäumt)

Nachteile an Kunststoff: Umweltverschmutzung, Mikroplastik, kaum biologisch abbaubar.

Kunststoffe im Alltag: Kosmetikartikel, 22% für Medizin; Sport und Freizeitartikel, 40% Verpackung

Entstehung von Kunststoff: 1839 entdeckt Charles Goodyear Hartgummi.

Heute sind über 200 verschiedene Kunststoffe bekannt.

Verwendung von Kunststoff:

- Autoreifen
- Verpackung
- Flaschen
- Becher
- Medizin
- Elektronik

### Thema 3: Mikroplastik

## Mikroplastik

**Definition:** Kunststoffpartikel, die weniger als 5mm groß sind

**Primäres Mikroplastik:** wird Produkten gezielt hinzugefügt (vor allem Kosmetikartikel)

**Sekundäres Mikroplastik:** entsteht durch den Zerfall von Kunststoffprodukten

Täglich werden riesige Mengen an Plastik in die Ozeane gekippt, durch Wellenbewegungen werden die großen Teile zerkleinert. Einen weitaus größeren Beitrag am Mikroplastik in der Natur leistet aber der Abrieb von Autoreifen am Asphalt bzw. der Faserabrieb bei der Textilwäsche. Über Abwasser gelangen die Mikroplastikpartikel in den Boden, Flüsse und irgendwann auch in die Ozeane.

Meeresbewohner und Seevögel halten Plastikteilchen für Nahrung und sterben langsam und qualvoll daran, außerdem gelangt das Mikroplastik so auch in unsere Nahrungskette. Doch nicht nur über Fisch und unser Trinkwasser, sondern auch über mit Mikroplastik verseuchtem Klärschlamm gelangt es in den Boden und damit unsere Nahrung. Die direkten Auswirkungen von Mikroplastik auf den menschlichen Organismus sind noch nicht ausreichend erforscht, allerdings sind die im Plastik vorhandenen Weichmacher oder von Plastik angezogene Giftstoffe definitiv gefährlich für den Menschen. Und natürlich stellen auch die gravierenden Auswirkungen auf die sensiblen Ökosysteme eine ernstzunehmende Gefahr da, schließlich sind sie unser Lebensraum.

### Beispiel Mikroplastik in der Kosmetik:

Durch Mikroplastik entfalten viele Produkte erst ihre gewünschten Eigenschaften (geschmeidiges Gefühl in Creme, Schleifmittel bei Peeling...) Außerdem ist es meist billiger als andere Zusatzstoffe. Weil das viele Mikroplastik aber ein globales Problem darstellt, zu deren Lösung jeder einen Beitrag leisten kann, sollte man versuchen, Kosmetikartikel mit beigefügtem Mikroplastik möglichst zu vermeiden.

## Thema 4: Recycling von PET, PET-Flasche vs. Glasflasche

### Recycling von PET – Referat

#### Was ist PET?

PET besteht aus Ethylenglycol und Terephthalsäure. Es hat eine hohe Festigkeit, eine hohe Steifigkeit und Härte, eine sehr geringe Feuchteaufnahme, eine gute chemische Beständigkeit gegen Säuren, ist gut klebbar bzw. schweißbar. Aus PET werden Kunststoffflaschen (=PET-Flaschen), Folien, Textilfaser (...) hergestellt.

#### Recycling und Wiederverwertung

PET ist sehr leicht recyclebar 94% aller PET-Flaschen werden recycelt. PET-Flaschen können bis zu 25-mal wieder befüllt werden, bis sie ins Recycling gehen. Zuerst werden sie von Entsorgungsunternehmen gesammelt, sortiert und als Sekundärrohstoff einer stofflichen Wiederverwertung zugeführt. Dann werden sie zu Flakes zerkleinert, im Anschluss werden sie zu Granulat aufbereitet, das Granulat wird erwärmt und geformt. Sie gelangen in Getränkeflaschen, Lebensmittel-Verpackungen, Folien und Textilfasern.

#### Lohnt sich Recycling

Recycling lohnt sich, weil ... es die Ausbeutung von natürlichen Ressourcen stoppt, die Umwelt schont, es eine sinnvolle Verwertung von Müll ist, weniger Produktion von Kunststoffen benötigt wird, es neue Arbeitsplätze schafft und die Tiere nicht an der Verschmutzung leiden.

Trotzdem muss beachtet werden, dass ... Recycling viel Geld, Energie und Wasser kostet, von vielen Menschen nicht angewandt wird, ein Qualitätsverlust beim Recyceln entsteht und bei der Wiederverwertung giftige Gase entstehen.

#### Glas oder PET?

Für GLAS spricht, dass ... es bis zu 50-mal wiederverwendet werden kann, es zu 100% gasdicht und hitzebeständig ist.

Für PET spricht, dass ... es eher leicht ist, der Transportaufwand aufgrund des Gewichts niedriger ist, es nicht leicht zerstörbar (zerbrechlich) ist und die Entsorgung für den Verbraucher leichter ist.

#### Fazit:

Laut einem Artikel vom Bayerischen Rundfunk sind PET-Flaschen im direkten Vergleich vorteilhafter, obwohl die Produktion von Glasflaschen meistens nachhaltiger ist. Jedoch hängt die Umweltfreundlichkeit hauptsächlich vom Transport ab.

**Thema 5: „Plastic Planet“ – Problemaspekte des Kunststoffzeitalters****„Plastic Planet“ – Problemaspekte des Kunststoffalters****Ökobilanz**

**Faktoren** für Umwelt- und Klimabilanz: Rohstoff- und Energieeinsatz bei der Verpackungsherstellung, Recyclingfähigkeit, Energieverlust beim Transport, Wiederbefüllbarkeit

**Mehrweg-Glasflaschen:**

- z.B. bei Bier Pro: können bis zu 50-mal befüllt werden
- Wenn keine weiten Transportstrecken: Im Vergleich zu Einweg-Plastikflaschen: verursachen die Hälfte an CO<sub>2</sub>
- Contra: schwerer -> verursachen mehr CO<sub>2</sub> Emissionen beim Transport

**Plastiksackerl vs. Stofftasche:**

- britisches Umweltministerium: Stofftasche müsste 131-mal so oft wie Plastiktüte verwendet werden
- Grund: Baumwollproduktion belastet Umwelt stark (hoher Wasserverbrauch, starker Pestizideinsatz)
- am umweltfreundlichsten: Mehrweg aus der Region
- Bio-Kunststoffe: nicht zwingend besser

**Bio-Kunststoffe:**

- Definition:
  - Produkte, die auf nachwachsenden Rohstoffen basieren
  - Produkte, die biologisch abbaubar sind
  - Produkte, die beides vereinen
- Werden hauptsächlich bei Verpackungen verwendet (z.B. Sackerl)
- Bio-PET (basiert z.B. auf Zuckerrohr)
- Stärke
- Polymilchsäure (PLA) (z.B. Getränke- oder Joghurtbecher)
  
- Vorteile
  - Geringerer CO<sub>2</sub>-Ausstoß
  - geringerer Erdöl Verbrauch
- Nachteile
  - höhere Feinstaub-Emissionen
  - Klimabilanz von Bio-Kunststoffen günstiger, allerdings Nachteile bei anderen Umweltbelastungen
  - mehr Düngemittel
  - Kompostierung schwierig (nur spezielle Bedingungen: 180 Tage lang bei 60 Grad)

⇒ durch den Anbau und die Verarbeitung der Pflanzen versauern Böden und eutrophieren Gewässer stärker als durch die Herstellung herkömmlicher Kunststoffverpackungen

⇒ nachhaltigste Variante: Bioplastik aus Abfallstoffen

### **Müllvermeidung Beispiele:**

- Sodastream
- Essen ohne Plastik (Gemüse...)
- Mehrweg statt Einweg (zb coffee to go selber mitnehmen)
- Keine Plastikrasierer
- Bambuszahnbürste
- Zahnpasta selber herstellen
- ...

## Impressionen: Kunststoffe im Kreislauf



Klasse: 4A



Klasse: 4C



**Klasse: 4B**





