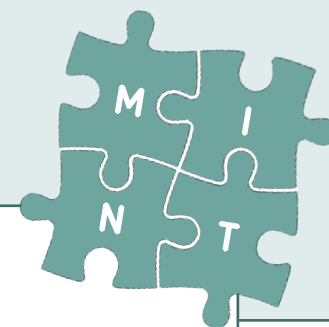


Handreichung für Lehrer:innen zu empfohlenen Lernumgebungen für das Unterrichtsfach MINT

Wie kommt Kunststoff in die Welt?

Erarbeitet im vom BMBWF geförderten Projekt IMST



Autor:innen: Carina Mur-Spiegl, Jennifer Dachauer, Rita Krebs, Otto Tschauko, Peter Hausegger, Michael Schwarzer

Schulstufe(n): 7. Schulstufe

Zeitbedarf: max. 6 Module mit 11 Unterrichtsreihen mit 24 UE à 50 Minuten; mind. 2 Module mit 4 Unterrichtsreihen mit 10 UE

Inhalt

Hintergrundinformationen.....	2
Modul A: Einstieg.....	3
Modul B: Eigenschaften und Einteilung von Kunststoffen.....	23
Modul C: Analyse von Proben.....	36
Modul D: Greenwashing.....	43
Modul E: Recycling von Kunststoffen in der Praxis.....	49
Modul F: Rethink, Reduce, Reuse & Recycle.....	53
Weiterführende Lernumgebungen.....	59
Literatur.....	59

Hintergrundinformationen

Fachliche Hintergrundinformationen finden Sie den jeweiligen Modulen zugeordnet.

Für alle Unterrichtseinheiten steht eine begleitende PowerPoint-Präsentation (Dateiname „*Kunststoff_BegleitPowerPoint*“) zur Verfügung.

Die Unterrichtsmaterialien der einzelnen Module sind mit dem Modulnamen und der Modulnummer sowie dem Typ des Materials benannt. Für die Schüler*innen ist ein Arbeitsheft vorgesehen, das individuell an die Bedürfnisse und behandelten Inhalte angepasst werden kann.

Lösungen zu den einzelnen Modulen sind in diesem Dokument bei der Beschreibung der jeweiligen Module zu finden. Falls individuelle Lösungsansätze möglich sind, sind Vorschläge in der Handreichung oder Beispiele im Arbeitsheft bzw. der begleitenden PowerPoint-Präsentation zu finden.

Modul A: Einstieg



Stellung in der Unterrichtsreihe:

Dieses Modul ist ein Grundlagenmodul, das als Einstieg verwendet werden sollte und bei dem die empfohlene Reihenfolge der einzelnen Unterrichtseinheiten eingehalten werden sollte.

Unterrichtseinheit A1: Kunststoffe gut „versteckt“

Autor*in: Carina Mur-Spiegl

Motivation:

Die Schüler*innen lernen Orte in ihrem Alltag kennen, an denen Kunststoff teilweise auch „versteckt“ zu finden ist. Sie üben das Formulieren von Hypothesen.

Lern- und Kompetenzziele:

Die Schüler*innen können...

Wissen aneignen und kommunizieren:

- naturwissenschaftliche Begriffe, Fakten, Regeln und Phänomene recherchieren und benennen sowie mit dem täglichen Leben in Zusammenhang bringen
- Naturwissenschaftliche und gesellschaftliche Fragen erweitert zusammendenken und verstehen

Erkenntnisse gewinnen und interpretieren:

- eigene Fragestellungen im Rahmen von forschendem, entdeckendem Lernen entwickeln und diese überprüfen.
- Über Ergebnisse strukturiert sprechen

Standpunkte begründen, Entscheidungen treffen, reflektiert handeln und Selbstwirksamkeit entwickeln:

- Problemlösungsorientierte Diskussionen führen
- Teamfähigkeit erweitern

Materialien:

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Digitale Endgeräte inkl. Beamer oder Tafel/Whiteboard inkl. Kreide/Stifte | <input type="checkbox"/> Schreibmaterialien für Schüler*innen |
| <input type="checkbox"/> Arbeitsheft | <input type="checkbox"/> Hilfekärtchen |

Diese Materialien wurden wenigstens einmal erfolgreich erprobt.

Sie möchten über Updates informiert werden oder Ihre Erfahrungen mit diesem Material für die Weiterentwicklung teilen? Kontaktieren Sie uns gerne über

[https://www.imst.ac.at/mint-
unterrichtsmaterial](https://www.imst.ac.at/mint-unterrichtsmaterial)

Phase	Inhalt / Beschreibung	Methode	Materialien
Einstieg (10 Min.)	<p>Bild eines Seepferdchens</p> <p>https://www.nationalgeographic.de/tiere/2017/09/dieses-bedrueckende-bild-zeigt-den-zustand-unserer-meere</p>	Plenum, Brainstorming	<p>Begleit-PowerPoint</p> <p>Digitale Endgeräte inkl. Beamer oder Tafel/Whiteboard inkl. Kreide/Stifte</p>
	<p>Schüler*innen bekommen das Bild gezeigt und sollen darüber nachdenken, warum es hergezeigt wird:</p> <p>Erarbeitung der Problemsituation mittels der Think-Pair-Share-Methode</p> <ul style="list-style-type: none"> – Unterstützung bei Erarbeitung mittels Leitfragen (Leitfragen sind in Begleit-PowerPoint mit dem Dateinamen <i>„Kunststoff_BegleitPowerPoint.pptx“</i> sowie am zugehörigen Arbeitsblatt zu finden) – Besprechung der Ergebnisse im Plenum – Ergebnisse werden von Lehrperson in PP (wenn ein Smartboard vorhanden ist) oder auf Tafel festgehalten. Anschließend werden diese von den Schüler*innen in das Arbeitsheft übertragen bzw. die eigenen Aufzeichnungen überarbeitet. 	je nach Phase individuelles Ergründen, Partnerarbeit oder Plenum	<p>Begleit-PowerPoint</p> <p>Digitale Endgeräte inkl. Beamer oder Tafel/Whiteboard inkl. Kreide/Stifte</p> <p>Arbeitsheft (Datei mit dem Dateinamen <i>„Kunststoff_Arbeitsheft.docx“</i> und Schreibmaterialien für Schüler*innen</p>
Hauptteil (25-30 Minuten)	<p>Erarbeitung der Frage „Wo sind Kunststoffe vorzufinden?“</p> <ul style="list-style-type: none"> – Begriffsklärung „Was ist Mikroplastik“ mit Hilfe der PowerPoint – Erklärung mit Hilfe der PowerPoint was Hypothesen sind – Schüler*innen formulieren in Kleingruppen Hypothesen, wo Kunststoff zu finden ist und wie er dort hinkommt – Definitionsfindung Mikro- und Makroplastik – Selbstständige oder geführte Recherche im Internet <p>Eine Limitierung auf eine bestimmte Anzahl von Hypothesen kann den zeitlichen Bedarf einschränken. Idealerweise werden 3-5 Hypothesen</p>	Arbeit in Kleingruppen (Max. 4-5 Personen)	<p>Recherchematerialien (Handy oder digitale Endgeräte für Internetquellen, eventuell Bücher)</p> <p>Hilfekärtchen mit Dateinamen <i>„Kunststoff_ModulA1_Einstieg_Hilfekärtchen_Hypothesenbildung.docx“</i></p>

	<p>aufgestellt. Hinweise wie Hypothesen gebildet werden, sind am Arbeitsblatt zu finden.</p> <p>Um die Hypothesenbildung zu erleichtern, können Hilfskärtchen ausgeteilt werden. Diese Kärtchen enthalten Thementipps, Phrasen und spezielle Situationen.</p>		Arbeitsheft und Schreibmaterialien für Schüler*innen
<p>Ausklang (10-15 Minuten)</p>	<p>Vorstellung der erstellten Hypothesen</p> <ul style="list-style-type: none"> – Die Schüler*innen stellen kurz ihre Hypothesen vor und beschreiben den Gedankenweg, der sie zu der Hypothese geführt hat. Die Hypothesen werden auf der Tafel/ dem Whiteboard o.Ä. gesammelt. – Die gesammelten Hypothesen können in Bereiche (z.B. Orte, Produkttypen, ...) gegliedert werden. <ul style="list-style-type: none"> ○ Die Gliederung am Arbeitsblatt kann durch eine farbige Markierung oder Beschriftung nachträglich vorgenommen werden. <p>Abschlussfrage der Einheit zum Nachdenken: Wie kommt das Wattestäbchen ins Meer?</p>	Plenum, Unterrichtsgespräch	<p>Digitale Endgeräte inkl. Beamer oder Tafel/Whiteboard inkl. Kreide/Stifte</p> <p>Arbeitsheft und Schreibmaterialien für Schüler*innen</p>

Methodisch-didaktische Überlegungen:

Die Methode ermöglicht den Schüler*innen eine Problemsituation kritisch zu beleuchten und Hypothesen über diese zu formulieren.

Zur Umsetzung der Unterrichtseinheit "A1: Kunststoffe gut versteckt" gibt es zwei Differenzierungsmöglichkeiten:

Variante 1: Vorgeben der Internetseiten

In dieser Variante wird ausschließlich eine Auswahl an Internetseiten auf dem Arbeitsblatt den Schüler*innen zur Verfügung gestellt. Diese Internetseiten enthalten alle wichtigen Themenpunkte, die in dieser Unterrichtseinheit erarbeitet werden sollen.

Variante 2: Freie Internetrecherche



In dieser Variante bekommen die Schüler*innen zusätzlich zu den angeführten Internetquellen die Möglichkeit, frei im Internet zu recherchieren. Dies ermöglicht der Lehrperson das Thema der seriösen Quellen und Möglichkeiten diese zu finden, im Unterricht zu thematisieren.

Bei dieser Variante gilt es einerseits zu beachten, welche Voraussetzungen in der Schulklasse gegeben sind und andererseits erhöht sich dadurch der Zeitbedarf der Unterrichtseinheit.

Fachliche Hintergrundinformationen:

Hintergrund zu dem Bild:

Einerseits ist der frei im Meer schwimmende Kunststoff ein Problem, da er für verschmutzte Gewässer spricht und er eine Gefahr für Tiere darstellen kann, die diesen zu sich nehmen. Andererseits ist das Verhalten des Seepferdchens ein Problem, da sich diese Tiere an Seegras festhalten, um nicht von der Strömung weggeschwemmt und von ihrer Gruppe getrennt zu werden. Seepferdchen haben keine echte Schwimmlasse, weshalb sie nur schlechte und langsame Schwimmer sind. In strömungsreichen oder vegetationsarmen Lebensräumen, ist ein Überleben daher kaum möglich. Ein Seepferdchen, das sich an dem Wattestäbchen festhält, wird weggeschwemmt und wird in der Folge höchstwahrscheinlich früher versterben und keine Nachkommen erzeugen.

Mögliche Schüler*innenantworten zum Einstieg:

- ☐ **Warum wird das Bild gezeigt?** Aufmerksamkeit erregen/Spannung erhöhen, auf Kunststoffe aufmerksam machen, weil Seepferdchen süß sind;
- ☐ **Was kannst du auf dem Bild sehen?** Seepferdchen, Meer, Wattestäbchen, Schemen im Hintergrund;
- ☐ **Wie leben Seepferdchen?** Im Meer
- ☐ **Wie kommt das Wattestäbchen ins Meer?** Menschen werfen Abfall achtlos weg, schlechte bzw. keine Mülltrennung, durch Wind ins Meer geblasen, versehentlich;
- ☐ **Wo hast du Kunststoff schon liegen gesehen?** Überall, Strand, Wasser, Boden, Wald, Straße, ...

Unterrichtseinheit A2: Modellierungsaufgabe – „Wie viel Kunststoffmüll produzierst du in einer Woche?“

Autor*in: Jennifer Dachauer

Motivation:

Die Schüler*innen üben sich darin zu erkennen, welche Gegenstände ihres alltäglichen Gebrauchs aus Kunststoff bestehen und setzen sich aktiv mit richtigem Recycling von Kunststoffen auseinander, indem sie mit Recycling-Codes arbeiten. Die Schüler*innen bekommen ein Gefühl dafür, welche Menge an Kunststoffmüll sie innerhalb kurzer Zeit produzieren.

Lern- und Kompetenzziele:

Die Schüler*innen können...

Wissen aneignen und kommunizieren:

- Mathematische, naturwissenschaftliche und gesellschaftliche Fragen erweitert zusammendenken und verstehen
- Lösungen für MINT-fokussierte Fragestellungen verstehen und beurteilen

Erkenntnisse gewinnen und interpretieren:

- Über Ergebnisse strukturiert sprechen, Ergebnisse visualisieren und präsentieren

Standpunkte begründen, Entscheidungen treffen, reflektiert handeln und Selbstwirksamkeit entwickeln:

- Problemlösungsorientierte Diskussionen führen
- Teamfähigkeit erweitern

Materialien:

- | | | |
|--|---|--|
| <input type="checkbox"/> Digitale Endgeräte inkl. Beamer
oder Tafel/Whiteboard inkl.
Kreide/Stifte | <input type="checkbox"/> Taschenrechner
<input type="checkbox"/> Maßbänder, Maßstäbe
<input type="checkbox"/> Kübel | <input type="checkbox"/> Müllsäcke in verschiedenen Größen
<input type="checkbox"/> Datei
„Kunststoff_ModulA2_Zusatzmaterial_Modellierungsaufgabe“:
Lösungsplan & Gestufte Hilfen |
| <input type="checkbox"/> Flipcharts inkl. Stifte | | <input type="checkbox"/> Begleitende PowerPoint-Präsentation |

Hinweis:

Das Kunststoffmüll-Tagebuch wird den Schüler*innen bereits eine Woche vor der eigentlichen Unterrichtseinheit vorgestellt und soll im Laufe der Woche vor der Unterrichtseinheit geschrieben werden. Auf diese Weise können die Schüler*innen in der eigentlichen Unterrichtseinheit mit ihrem Kunststoffmüll-Tagebuch arbeiten. Im Zuge der Vorstellung des Kunststoffmüll-Tagebuchs wird auch eine sinnvolle Mülltrennung mithilfe von Recycling-Codes besprochen.

Phase	Inhalt / Beschreibung	Methode	Materialien
Einstieg (15 Min.)	<p>Brainstorming: „Wo finden wir Kunststoffe in unserem Alltag?“</p> <ul style="list-style-type: none"> o Reaktivierung der Erkenntnisse der vorangegangenen Unterrichtseinheit o Nachbesprechung der Dokumentation des Kunststoffmüll-Tagebuchs <p>Vorstellung der Fragestellung: „Wie viel Kunststoffmüll produzierst du in einer Woche?“</p> <ul style="list-style-type: none"> o Klärung der Aufgabenstellung o Vorstellung der Arbeitsmaterialien und der Unterstützungsangebote 	Brainstorming im Plenum	<p>Digitales Brainstorming:</p> <ul style="list-style-type: none"> o Digitales, internetfähiges Endgerät o Beamer o www.mentimeter.com/ <p>Analoges Brainstorming:</p> <ul style="list-style-type: none"> o Tafel/Whiteboard inkl. Kreiden/Stifte
Hauptteil (70 Min.)	<p>Bearbeitung der Modellierungsaufgabe:</p> <ul style="list-style-type: none"> o Think: Einzeln werden Überlegungen/ mögliche Lösungsstrategien zur Beantwortung der Fragestellung im Arbeitsheft formuliert o Pair: Austausch dieser Überlegungen in Kleingruppen; Bearbeitung der Fragestellung; Gestaltung eines Plakats zur Darstellung der Lösungsstrategien während der Modellierung o Share: Vorstellen der Ergebnisse (inkl. Lösungsstrategie) durch Ausstellen der Plakate über die Methode „Museumsrundgang“ 	<p>Think-Pair-Share</p> <ul style="list-style-type: none"> o Think: Einzelarbeit o Pair: Kleingruppenarbeit zu 4 Personen o Share: Museumsrundgang 	<p>Arbeitsmaterial im Arbeitsheft</p> <p>Unterstützungsangebote: Lösungsplan, Gestufte Hilfen (Dateiname: „Kunststoff_ModulA2_Zusatzmaterial_Modellierungsaufgabe“)</p> <p>Materialvorschlag: Flipcharts oder A3-Papier, bunte Stifte, digitale Geräte zur Recherche, Taschenrechner, Maßbänder, Maßstäbe, Müllsäcke und Kübel in verschiedenen Größen</p>
Ausklang (15 Minuten)	<p>Vergleich der Ergebnisse und Lösungsstrategien der Gruppen:</p> <ul style="list-style-type: none"> o gemeinsame Reflexion 	Plenum	

Phase	Inhalt / Beschreibung	Methode	Materialien
	<p>Aufgabe für zu Hause:</p> <ul style="list-style-type: none"> o Kunststoffmüll soll in der kommenden Woche in einem Müllsack gesammelt werden: Schüler*innen erhalten einen Vergleich zwischen der berechneten und tatsächlich produzierten Menge an Kunststoffmüll <p>In weiteren Einheiten wäre eine Bearbeitung ausgewählter weiterführender Fragestellungen sowie eine Darstellung der modellierten Daten (z.B. mit Excel) möglich.</p>	<p>Für die Bearbeitung weiterer Fragestellungen sollte eine weitere Unterrichtseinheit verwendet werden.</p>	

Methodisch-didaktische Überlegungen:

Zur Differenzierung werden drei Varianten vorgeschlagen. Zusätzlich stehen den Schüler*innen ein Lösungsplan (in Anlehnung an Blum & Schukajlow, 2018, S. 63 f) sowie gestufte Hilfen (in Anlehnung an Goldmann & Leisen, 2003) zur Verfügung.

Variante 1 (einfach):

Den Schüler*innen wird vor dieser Unterrichtseinheit die Aufgabe gestellt, über einen Zeitraum von einer Woche ihren anfallenden Kunststoffmüll zu sammeln (z.B.: in einem gelben Sack). Diesen Kunststoffmüll sollen die Schüler*innen in den Unterricht mitbringen.

Anmerkung: Die Schüler*innen sollten darauf hingewiesen werden, dass die Verpackungen gereinigt mitgebracht werden und beim Mitbringen von Lebensmittelverpackungen (insbesondere bei Fleischverpackungen) besondere Vorsicht geboten ist. Eventuell könnten die Schüler*innen den Verbrauch solcher Verpackungen notieren, diesen Verpackungsmüll aber entsorgen.

Mögliche Lösungsstrategie(n) zu Variante 1 (einfach):

- Maximales Volumen eines gefüllten Sackes ermitteln (z.B.: durch Angabe auf der Verpackung, Befüllen mit Wasser, etc.) und abschätzen, welcher Anteil des Sackes gefüllt ist
- Form eines Sackes an die Form eines geometrischen Körpers (z.B.: gerade Prismen) annähern, abmessen der Kantenlängen, Volumen berechnen
- Sack abwiegen

- Säcke abzählen
- Volumen der Müllsäcke jedes Gruppenmitglieds annähernd ermitteln, arithmetisches Mittel bilden
- ...

Variante 2 (moderat) - empfohlen:

Den Schüler*innen wird vor dieser Unterrichtseinheit die Aufgabe gestellt, über einen Zeitraum von einer Woche ihren anfallenden Kunststoffmüll in einem Kunststoffmüll-Tagebuch zu dokumentieren. Zusätzlich können die Schüler*innen den in diesem Zeitraum anfallenden Kunststoffmüll in einem Sack/Kübel sammeln und notieren, wie oft sie diesen Sack/Kübel in dieser Woche leeren mussten. Diese Aufzeichnungen sollen die Schüler*innen in den Unterricht mitbringen.

Mögliche Lösungsstrategie(n) zu Variante 2 (moderat):

- Volumen des Sackes/ Kübels ermitteln (z.B.: durch Angabe auf der Verpackung, Befüllen mit Wasser, etc.); multiplizieren mit der Anzahl gefüllter Säcke/Kübel in dieser Woche
- Form des Sackes/Kübels an die Form eines geometrischen Körpers (z.B.: gerade Prismen) annähern, abmessen der Kantenlängen, Volumen berechnen
- Volumen der Säcke/Kübel jedes Gruppenmitglieds annähernd ermitteln, arithmetisches Mittel bilden
- Mithilfe der Aufzeichnungen abschätzen, wie viele Säcke/Kübel eines bestimmten Volumens gefüllt werden könnten
- ...

Variante 3 (anspruchsvoll):

Die Schüler*innen bearbeiten die Modellierungsaufgabe ohne vorherige Dokumentationsaufträge.

Mögliche Lösungsstrategie(n) zu Variante 3 (anspruchsvoll):

- Rekonstruktion alltäglicher Tagesabläufe (z.B.: Zähne putzen, frühstücken, Schulweg, Einkauf beim Schulbuffet, Duschen, etc.) und abschätzen, welches Volumen an Kunststoffmüll dabei anfällt (z.B.: durch Zuhilfenahme von Müllsäcken/Kübeln mit bekanntem Volumen); Wert mit 7 multiplizieren, um die durchschnittliche Kunststoffmüllproduktion pro Woche zu ermitteln
- Orte ermitteln, an denen Kunststoffmüll produziert wird (z.B.: Küche, Badezimmer, Toilette, Arbeitsbereich, etc.); Volumen an Kunststoffmüll abschätzen
- Rekonstruktion: Wie oft entleere ich den „Plastikmüll“ pro Woche? Wie oft entleere ich die restlichen Müllsäcke pro Woche, welcher Anteil davon enthält Kunststoffmüll?

- Rekonstruktion von Routinen, bei denen dieselben Kunststoffprodukte über einen längeren Zeitraum verwendet werden (z.B.: Zahnpastatube beim Zähne putzen, Duschgel beim Duschen, etc.); Anteil des Kunststoffmülls berechnen, der auf eine Woche fällt (z.B.: Ich komme mit einer Zahnpastatube 1 Monat aus, $\frac{1}{4}$ dieser Zahnpastatube entfällt auf den wöchentlich anfallenden Kunststoffmüll.)
- Abschätzung der Menge an Kunststoffmüll, die indirekt über andere Personen anfallen (z.B.: Eltern kochen entsorgen Verpackungsmüll)

Anmerkung:

Bei der Umsetzung jeglicher Varianten soll bedacht werden, dass bei der Betrachtung des anfallenden Kunststoffmülls Rückschlüsse auf die häusliche Situation der Schüler*innen möglich wären und daher mit diesen Daten sensibel umgegangen werden muss. Alternativ kann mit dem produzierten Klassenmüll gearbeitet werden, eine solche Betrachtung lässt jedoch eine geringere Vielfalt zu.

Es sollte zusätzlich vereinbart werden, ob der Müll zerdrückt werden darf.

Eine Vereinfachung der Aufgabenstellung ist möglich, indem die Schüler*innen in ihren Modellierungen die Menge versteckter Kunststoffe vernachlässigen. Sollten Schüler*innen die Masse des Kunststoffmülls modellieren wollen und unzureichende Kenntnisse über den Dichtebegriff haben, so können Inhalte aus „Modul B1 Dichtebestimmung“ zur Vertiefung herangezogen werden.

Diese Modellierungsaufgabe kann als Anlass dienen, um weiterführende Fragen zu beantworten und/oder die modellierten Daten grafisch (z.B.: mit Excel) darzustellen. Einige Vorschläge zu weiterführenden Fragen sind im Folgenden angeführt:

- Wie viel Kunststoffmüll produziert eure Klasse pro Woche/ Monat/ Jahr?
- Wie viel Kunststoffmüll produziert dein Haushalt pro Woche/ Monat/Jahr?
- Wie viel Kunststoffmüll produziert ein österreichischer Haushalt durchschnittlich pro Woche/ Monat/ Jahr?
- Wie viel Kunststoffmüll produzieren alle Haushalte Österreichs pro Woche/ Monat/ Jahr?
- In welchen Bereichen (z.B.: Ernährung, Körperpflege, etc.) produzierst du die größte Menge an Kunststoffmüll?
- Wie viel Kunststoffmüll kannst du pro Woche/ Monat/ Jahr einsparen?
- ...

Fachliche Hintergrundinformationen:

Recycling-Codes:

Kunststoffe werden bzgl. Recycling in sieben Kategorien eingeteilt. Grundsätzlich gilt, dass das Recycling dieser Kunststoffe mit zunehmender Nummer des Recycling-Codes problematischer wird (Office of Energy Efficiency & Renewable Energy, 2021). Im Folgenden sind diese Recycling-Codes im Überblick angeführt. Weitere Informationen finden Sie beispielsweise unter folgendem Link:



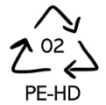
https://www.energy.gov/sites/default/files/2021-12/ES_ConsumerGuide_RecyclingCodes.pdf

Bei Unklarheit über die Entsorgung konkreter Gegenstände wird der Recycling-Guide von Ara empfohlen:

<https://www.ara.at/recyclingguide>



PET (Polyethylenterephthalat)



PE-HD (High-Density-Polyethen)



PVC (Polyvinylchlorid)



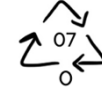
PE-LD (Low-Density-Polyethen)



PP (Polypropen)



PS (Polystyren)



O (Other)

Zahlen und Fakten zum Vergleich – Menge an produziertem Kunststoffmüll in Österreich und der EU:

Im Jahr 2022 wurden in Österreich in etwa 1 Million Tonnen Kunststoffmüll in Primärabfällen produziert. Unter Primärabfälle fallen alle Abfälle, die zum ersten Mal als Abfall in Verpackungen, in Materialien, die anteilmäßig Kunststoffe enthalten oder bei der Herstellung und weiteren Verarbeitung von Kunststoffen im Bereich der Industrie, im Gewerbe oder im Haushalt anfallen (Bernhardt et al., 2024). Ausgehend von einer durchschnittlichen Bevölkerungszahl von 9.130.697 (STATISTIK Austria, 2024; Stand 2023), lässt sich eine durchschnittliche Menge von 2,1 kg an produziertem Kunststoffmüll pro Person und Woche in Österreich berechnen. Die Differenz dieses Wertes zum Vergleichswert von 0,7 kg produziertem Kunststoffmüll pro Person und Woche durchschnittlicher EU-Bürger:innen lässt sich insofern erklären, dass zur Berechnung des Wertes von 0,7 kg lediglich jene Menge an Kunststoffmüll berechnet wird, die durch Kunststoffverpackungsmüll anfällt (Europäisches Parlament, 2018). Beide Werte können als Referenz dienen, um abzuschätzen, inwiefern die Modellierungen der Schüler:innen realistisch sind. Schüler:innen können im Rahmen dieser Modellierungsaufgabe sowohl die Masse als auch das Volumen des von ihnen produzierten Kunststoffmülls ermitteln. Um Werte unterschiedlicher Schüler:innengruppen zu vergleichen, kann mit einer Abfallumrechnungstabelle gearbeitet werden. Zur Umrechnung zwischen Masse und Volumen von Kunststoffverpackungen kann mit einem Wert von 25 g/L gerechnet werden (Die Umweltberatung, 2023). Eine exemplarische Abfallumrechnungstabelle finden Sie unter dem folgenden Link:

<https://www.umweltberatung.at/download/?id=abfallumrechnungstabelle-3044-umweltberatung.pdf>

Modellierungsaufgabe & Lösungsplan:

Mathematisches Modellieren umfasst das Bearbeiten und Lösen von (außermathematischen) Aufgaben oder Problemen, die für die Schüler*innen von persönlicher oder gesellschaftlicher Relevanz sind (vgl. Greefrath, 2018, S. 33). Prozesse mathematischen Modellierens werden häufig durch Modellierungskreisläufe dargestellt (vgl. Greefrath, 2018, S. 37). Die Literatur bietet eine breite Vielfalt an Modellierungskreisläufen. Der hier vorgestellte Modellierungsaufgabe liegt der Modellierungskreislauf nach Blum und Leiß, der in *Abbildung 1* dargestellt ist, zugrunde.

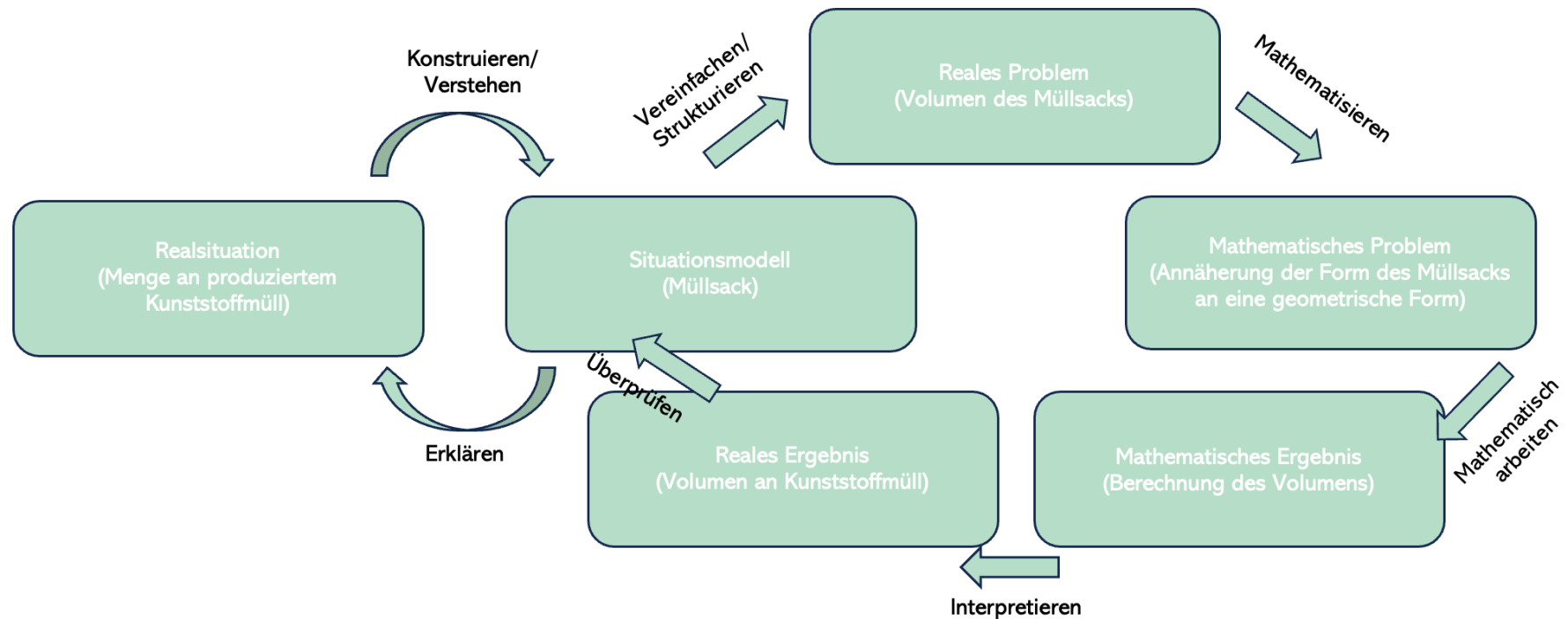


Abbildung 1: Modellierungskreislauf (eigene Darstellung in Anlehnung an Blum & Kaiser, 2018, S.4)

Kern dieses Modellierungskreislaufes sind die „Übersetzung“ des realen Problems in einen mathematischen Kontext sowie die nachfolgende Interpretation der mathematisch erzielten Resultate, um die reale Problemstellung zu lösen. Im Detail wird dieser idealisierte Modellierungskreislauf in sieben Teilschritte gegliedert. Zunächst setzen sich die Schüler*innen mit der realen Problemstellung auseinander (z.B.: „Wie viel Kunststoffmüll produzierst du in einer Woche?“). Sie verstehen die Aufgabenstellung und erzeugen ein Situationsmodell (z.B.: Kunststoffmüllsack). In weiterer Folge vereinfachen die Schüler*innen das Problem, indem sie konkrete Überlegungen zur Lösung dieses Problems formulieren (z.B.: Volumen des Kunststoffmülls zur Beantwortung der Frage heranziehen). Im Anschluss erfolgt der Transfer der Problemstellung in einen mathematischen Kontext (z.B.: Müllsack an die Form eines Quaders annähern). Die Schüler*innen führen konkrete Berechnungen zu ihrem mathematischen Modell durch (z.B.: Volumen des Quaders berechnen). Die Schüler*innen interpretieren ihre Ergebnisse im Kontext (z.B.: Volumen an produziertem Kunststoffmüll). Im nächsten Schritt überprüfen sie ihr Ergebnis, indem sie ihren Lösungsweg kritisch hinterfragen und sich überlegen, ob sie alle wesentlichen Aspekte berücksichtigt haben (z.B.: Inwieweit wurde „versteckter“ Kunststoffmüll berücksichtigt?). An dieser Stelle kann der Modellierungskreislauf von Neuem durchlaufen werden, solange, bis ein sinnvolles Ergebnis als Lösung der Problemstellung notiert wird (vgl. Blum & Kaiser, 2018, S. 1 f). Der tatsächliche Modellierungsprozess von Schüler*innen kann jedoch an unterschiedlichen Stellen des idealisierten Modellierungskreislaufs abweichen (vgl. Blum & Schukajlow, 2018, S. 54).

Eine Unterstützung der Schüler*innen bei der Bearbeitung einer Modellierungsaufgabe, die über die direkte Rückmeldung einer Lehrperson hinausgeht, bietet ein Lösungsplan. Ein solcher Lösungsplan bildet den Modellierungskreislauf in reduzierter Form ab und dient den Schüler*innen über konkrete Arbeitsanweisungen als Strukturierungshilfe (vgl. Blum & Schukajlow, 2018, S. 63 f).

Unterrichtseinheit A3: Herstellung von Kunststoffen

Autor*in: Jennifer Dachauer

Motivation:

Kunststoffe sind feste Bestandteile des täglichen Lebens. Es ist daher wesentlich, mit Schüler*innen Möglichkeiten der Herstellung von Kunststoffen zu thematisieren, wodurch in weiterer Folge auch ein Bewusstsein für einen ressourcenschonenden Umgang mit Alltagsmaterialien entwickelt werden soll.

Lern- und Kompetenzziele:

Die Schüler*innen können...

Wissen aneignen und kommunizieren:

- Die Schüler*innen können naturwissenschaftliche und technische Begriffe, Fakten und Phänomene benennen sowie mit dem täglichen Leben in Zusammenhang bringen.

Erkenntnisse gewinnen und interpretieren:

- Die Schüler*innen können im Rahmen der vorhandenen Möglichkeiten Experimente sowie handwerklich-technische Projekte durchführen.

Standpunkte begründen, Entscheidungen treffen, reflektiert handeln sowie Selbstwirksamkeit entwickeln:

- Die Schüler*innen können ihre Standpunkte inhaltlich argumentieren und problemlösungsorientierte Diskussionen führen.

Materialien:

Die Materialmenge pro Abschnitt entspricht jeweils der Menge für eine Gruppe.

- ☐ Begleitende PowerPoint-Präsentation

Abschnitt 1:

- ☐ Aufgabenbeschreibung
- ☐ Versuchsanleitung
- ☐ Bericht: Dem „schwarzen Gold“ auf der Spur
- ☐ Handy
- ☐ 3 Pasteurpipetten
- ☐ Holzkluppe
- ☐ Heißklebepistole und Heißkleber
- ☐ Schere
- ☐ Kochplatte oder ein anderes Heizgerät
- ☐ großes Becherglas mit Wasser und etwas Sand oder einem Magnetrührer (um einen möglichen Siedeverzug zu verhindern)
- ☐ Wasser
- ☐ brauner Rum (zum Destillieren)

Abschnitt 2:

- ☐ Aufgabenbeschreibung
- ☐ Versuchsanleitung
- ☐ Becherglas (alternativ: hitzebeständiges Glas oder kleiner Kochtopf)
- ☐ Heizplatte
- ☐ Löffel
- ☐ Glasstab (alternativ: Löffel)
- ☐ Spatel (alternativ: Löffel)
- ☐ Uhrglas (alternativ: kleiner Topfdeckel, Glasscheibe)
- ☐ Gefrierbeutel (alternativ: Klarsichtsfolie)
- ☐ Speisestärke (z.B.: Maisstärke)
- ☐ 85%-Propan-1,2,3-triol (Glycerin/Glycerol)
- ☐ Wasser
- ☐ optional: Lebensmittelfarbe
- ☐ 5 undurchsichtige Boxen
- ☐ 5 Verpackungs-/Taschenmaterialien aus biobasierten und erdölbasierten Kunststoffen

Abschnitt 3:

- ☐ Aufgabenbeschreibung
- ☐ Interviewleitfaden
- ☐ optional: Handy

Phase	Inhalt / Beschreibung	Methode	Materialien
Einstieg (10 Min.)	Vorstellung des Forumsbeitrags <ul style="list-style-type: none"> o Vorerfahrungen und Vorwissen der Schüler*innen erheben o Einteilung der Schüler*innen in Kleingruppen 	Forumsbeitrag	Forumsbeitrag (Projektion über Beamer)
Hauptteil (50 Min.) (50 Min.) (20 – 50Min.) (abhängig von der gewählten Variante)	<p>Erarbeitungsphase:</p> <ul style="list-style-type: none"> o Abschnitt 1: Dem „schwarzen Gold“ auf der Spur (Erdölraffinerie) <ul style="list-style-type: none"> o Einführung zur Entstehung von Erdöl o Schüler*innenexperiment: Low-Cost-Destillation o Lesen eines Berichts zur Erdölraffinerie o Abschnitt 2: Bio-basierte Kunststoffe <ul style="list-style-type: none"> o Herstellen von Stärkefolie o Wettbewerb: Taktile Vergleich unterschiedlicher Kunststoffe <p><i>Während das Gemisch zur Herstellung der Stärkefolie kocht und nur gelegentlich umgerührt werden muss, kann der Wettbewerb mit im Experimentieren geübten Schüler*innen durchgeführt werden. Schüler*innen, die wenig Erfahrung beim Experimentieren haben, sollten sich ausschließlich auf die Herstellung der Stärkefolie konzentrieren. Hier wird empfohlen, denn Wettbewerb auszulassen.</i></p> o Abschnitt 3: It's showtime: Interview in einer PET-Flaschen-Fabrik <ul style="list-style-type: none"> o Schauspielerische Darstellung eines Interviews <p><i>Die einzelnen Abschnitte können auf mehrere Unterrichtsstunden aufgeteilt werden, die Durchführung nur ausgewählter Abschnitte ist möglich.</i></p> 	Kleingruppenarbeit, Versuche, Rollenspiel	<p>siehe Materialliste</p> <p>Zusatzmaterial Dateiname: „Kunststoff_ModulA3_Zusatzmaterial_HerstellungKunststoffe“</p>

Phase	Inhalt / Beschreibung	Methode	Materialien
Ausklang (30 Min)	Antworten zum Forumsbeitrag: <ul style="list-style-type: none"> o Verfassen von Antworten in der Kleingruppe o Sammlung und Diskussion dieser Beiträge im Plenum <i>Im Anschluss an diese Phase wird abschließend die Methode Placemat empfohlen, um Anregungen zu liefern, die Herstellung von Kunststoffen kritisch zu hinterfragen. (Nähere Informationen finden Sie unter den methodisch-didaktischen Überlegungen.)</i>	Gruppenarbeit, Forumsbeitrag	Forumsbeitrag, selbst formulierte Antworten Flipcharts mit Placemat- Vorlage, Stifte

Methodisch-didaktische Überlegungen:

Zur Differenzierung werden drei Varianten vorgeschlagen.

Variante 1 (einfach):

Zur Vereinfachung können die Inhalte der Erarbeitungsphase über mehrere Unterrichtsstunden einzeln mit der Klasse bearbeitet werden. Es ist auch möglich, einzelne Abschnitte zu überspringen. In diesem Fall muss der Text im Arbeitsheft der Schüler*innen entsprechend adaptiert werden.

Abschnitt 1: Anstatt der selbstständigen Erarbeitung könnte der Bericht „Dem „schwarzen Gold“ auf der Spur“ gemeinsam im Plenum bearbeitet werden. Die Low-Cost-Destillationsapparaturen könnten vorab hergestellt werden, auch die Vorführung einer Destillation im Demonstrationsversuch (z. B. mit Glasgeräten) wäre möglich.

Abschnitt 2: Das Experiment zur Herstellung von Stärkefolie kann ausgelassen werden, alternativ können von der Lehrperson produzierte Folien zur Verfügung gestellt werden.

Abschnitt 3: Das Interview kann von zwei Schüler*innen der Klasse vor dem Plenum vorgetragen werden.

Variante 2 (moderat) - empfohlen:

Diese Variante findet sich im Stundenbild wieder.

Variante 3 (anspruchsvoll):

Abschnitt 1: Abschnitt 1 wird wie im Stundenbild beschrieben durchgeführt.

Abschnitt 2: Die Schüler*innen könnten selbstständig weitere Möglichkeiten, biobasierte Kunststoffe herzustellen, recherchieren und diese auch ausprobieren. Beispielsweise gibt es die Möglichkeit, Folien aus Bananenschalen oder Joghurt herzustellen.

Abschnitt 3: Die Schüler*innen könnten sich weitere Interviewfragen überlegen, die entsprechenden Inhalte recherchieren und damit den Interviewleitfaden selbstständig und kreativ erweitern. Außerdem könnte das Interview in Form eines Videos oder eines Podcasts digital aufgezeichnet werden.

Es besteht zusätzlich die Möglichkeit, einen „Blog-Post“ zum Thema der Herstellung von Kunststoffen zu verfassen. Dieser könnte beispielsweise auf der Schulhomepage veröffentlicht werden.

Anmerkung:

- Abschnitt 1: Bei der Vorbereitung der Low-Cost-Destillation ist etwas Fingerspitzengefühl nötig, hierbei könnten die Schüler*innen Unterstützung benötigen. Es wird empfohlen, das Loch der Kappe mit einer Heißklebepistole zu verschließen. Sollte keine Heißklebepistole zur Verfügung stehen, kann dieses auch mithilfe von Gummibändern abgedeckt werden.

Die Idee für den Aufbau einer Low-Cost-Destillationsapparatur wurde von Sotriffer & Reindl (2006, S. 8 ff) übernommen. Auch die Fotoanleitung im Arbeitsmaterial ist in Anlehnung an Sotriffer & Reindl (2006, S. 8 ff) entstanden. Genauere Informationen finden Sie auch unter dem folgenden Link auf Seite 8-10:

https://www.imst.ac.at/imst-wiki/images/6/6f/371_Langfassung_Sotriffer.pdf

- Abschnitt 2: Beachten Sie, dass die Stärkefolie mindestens einen Tag benötigt, um vollständig zu trocknen. Zusätzlich könnte Stärkefolie, die zuvor von der Lehrperson hergestellt wurde, zur Verfügung gestellt werden.
Ein Video zur Herstellung von Stärkefolie finden Sie beispielsweise unter dem folgenden Link:
<https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/de/digitale-medien/videos-zu-klassischen-schulversuchen/navitech-sachunterricht/herstellen-einer-staerkefolie/>
- Es wird empfohlen, für das Bauen der Low-Cost-Destillationsapparatur sowie für die Herstellung der Stärkefolie eine Doppelstunde, anstatt zwei Einzelstunden einzuplanen. Die Herstellung der Low-Cost-Destillationsapparatur erfordert viel Fingerspitzengefühl, weshalb genügend Zeit für die Herstellung mit Schüler*innen eingeplant werden sollte. Viele Geräte, die für die Destillation verwendet werden (z.B.: Heizplatte), werden auch für die Herstellung der Stärkefolie benötigt. Wird die Unterrichtseinheit in einer Doppelstunde durchgeführt, so bietet sich mehr zeitliche Flexibilität.

Sicherheit:

Bei allen Experimenten sind die Regeln der Laborsicherheit zu beachten (Tragen einer Schutzbrille, Zusammenbinden langer Haare, etc.). Beim Erhitzen von Flüssigkeiten ist darauf zu achten, Gefäßöffnungen weg von Personen zu halten. Vermeiden Sie einen Siedeverzug (z.B.: durch Zugabe eines Rührfischchens, regelmäßiges Umrühren, etc.).

Methode: Placemat

Die Lehrperson bereitet Flipcharts vor, die wie in Abbildung 2 dargestellt in Felder eingeteilt werden. In das zentrale Feld wird das Thema „Herstellung von Kunststoffen“ geschrieben. In den anderen Felden werden jeweils Fragen zur Thematik angeführt, darunter sollen die Schüler*innen ihre Gedanken zur Frage anführen. Hier sollte der Fokus auf dem Stellen kritischer Fragen liegen. Die Schüler*innen sitzen rund um das Flipchart. Dieses wird regelmäßig (z.B.: jede Minute) gedreht, sodass alle Schüler*innen ihre Gedanken zu allen Fragen anführen können. Die Flipcharts können dann im Anschluss im Plenum besprochen und die Fragen diskutiert werden, oder sie dienen der Lehrkraft als Impulse, welche Themen für die Schüler*innen in den kommenden Einheiten aufbereitet werden sollten.

Mögliche Fragestellungen wären:

- Welche Alternativen zur Verwendung von Kunststoffen gibt es?
- Welche Alternativen zur Kunststoffherstellung gibt es?
- Wie wirkt sich die Herstellung von Kunststoffen auf Umwelt und Klima aus?
- Inwiefern sind biobasierte Kunststoffe nachhaltiger als Kunststoffe, die aus Erdöl hergestellt wurden?
- Inwieweit sind biobasierte Kunststoffe auch biologisch abbaubar?
- In welchen Bereichen könnten wir auf Kunststoffe verzichten?
- In welchen Bereichen sind Kunststoffe für unser alltägliches Leben notwendig?

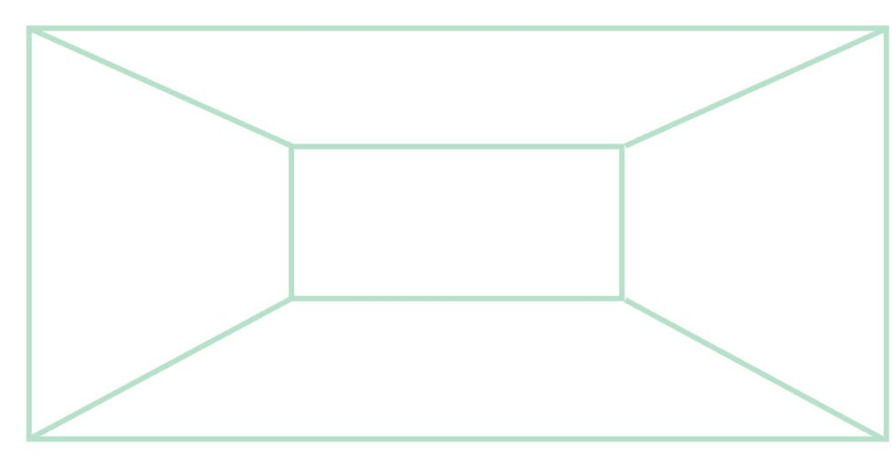


Abbildung 2: Placematvorlage

Fachliche Hintergrundinformationen:

Erdöl ist aus abgestorbenen Meereslebewesen entstanden, die im Laufe der Zeit auf den Meeresgrund sanken und dort im Schlamm mit Ton, Mergel, Kalk und Sand „Faulschlamm“ bildeten. Dieser Faulschlamm wurde von anderen Sedimentschichten überlagert. Dadurch konnte kein Sauerstoff zum Faulschlamm gelangen, wodurch eine Verwesung der Meereslebewesen verhindert wurde. Unter Einfluss hoher Temperaturen, hohen Drucks und durch anaerobe Bakterien entstand im Laufe der Zeit das Erdöl. Dieses Erdöl ist ein dunkelbraunes, zähflüssiges Gemisch, das hauptsächlich aus Kohlenwasserstoffen besteht. Die genaue Zusammensetzung von Erdöl variiert je nach Lagerstätte. Um die einzelnen Komponenten des Erdöls nützen zu können, wird das Stoffgemisch über die fraktionierte Destillation getrennt (vgl. Wollrab, 2014, S. 273 f). Erdöl, das bereits aus der Lagerstätte gewonnen wurde, jedoch noch nicht weiterverarbeitet wurde, wird als Rohöl bezeichnet (vgl. Seilnacht, o.J.). Zur Trennung der einzelnen Komponenten wird das Rohöl zunächst auf eine Temperatur von ca. 350 °C erhitzt und in den Fraktionierturm geführt. Am Boden dieses Fraktionierturms sammelt sich der „atmosphärische Rückstand“. Dieser besteht aus Komponenten, die bei den vorherrschenden Druck- und Temperaturbedingungen nicht verdampfen. Die Dämpfe der restlichen Komponenten steigen den Fraktionierturm hoch, kondensierende Flüssigkeiten laufen entlang von Glockenböden zurück. Je niedrigerer der Siedepunkt einer Komponente, desto höher steigt diese entlang des Fraktionierturms auf. Kondensate können seitlich des Fraktionierturms ablaufen. Weiter unten im Fraktionierturm sammeln sich Schwer- und Leichtgasöle, gefolgt von Petroleum. Im höheren Bereich des Fraktionierturms laufen Schwer- und Leichtbenzin ab, ganz oben Gase. In weiterer Folge werden die gewonnenen Fraktionen je nach Anwendungsbereich weiterverarbeitet. Diese Weiterverarbeitung wird als Raffination bezeichnet (vgl. Wollrab, 2014, S. 275 ff).

Im Zuge einer solchen Weiterverarbeitung können z. B. PET-Flaschen hergestellt werden. Zur Herstellung von PET-Flaschen wird amorphes PET verwendet, dieses ist gegenüber Sauerstoff-Molekülen und Kohlendioxid-Molekülen beständig (vgl. Koltzenburg et al., 2024, S. 218). PET (Polyethylenterephthalat) kann durch zwei unterschiedliche Poly-Reaktionen hergestellt werden. Eine Möglichkeit der Herstellung von PET ist die Polykondensation von Terephthalsäure mit Ethan-1,2-diol. Eine weitere Möglichkeit der Herstellung von PET stellt die Umesterung von Dimethylterephthalat mit Ethan-1,2-diol dar (vgl. Bormann et al., 2016; vgl. Koltzenburg et al., 2024, S. 218).

Zur Herstellung einer PET-Flasche wird zuerst eine PET-Schmelze erzeugt. Das dafür benötigte PET wird entweder durch eine der oben beschriebenen Reaktionen erzeugt oder durch Recycling wiedergewonnen. Die PET-Schmelze wird in weiterer Folge zu Granulaten weiterverarbeitet. Aus diesen Granulaten werden über das Blasformverfahren PET-Flaschen erzeugt. Dazu wird zuerst ein PET-Rohling hergestellt. Dieser – noch heiße – Rohling wird in eine vorgefertigte Blasform eingeführt und durch zugeführte Druckluft aufgeblasen. Nach dem Abkühlen wird die Blasform geöffnet und die fertige Flasche entnommen (vgl. Koltzenburg et al., 2024, S. 516 f).

Informationen zur Herstellung bio-basierter Kunststoffe über die Bioraffinerie finden Sie beispielsweise unter dem folgenden Link:

<https://biooekonomie.pageflow.io/bioraffinerie-entdecken#326762>

Anmerkung:

- Die dem Bericht „Dem schwarzen Gold auf der Spur“ sowie dem Interviewleitfaden „Interview mit einem Mitarbeiter einer PET-Flaschen-Fabrik“ zugrundeliegenden Texte wurden mittels ChatGPT erstellt und anschließend adaptiert.

Lösungen

- Aufgabe: „So funktioniert's“
 - o Die Begriffe sind in der folgenden Reihenfolge einzusetzen: Erdöl, Meereslebewesen, Destillation, siedend, Granulaten, geschmolzen, Polyethylenterephthalat, Stärke, biobasierte;
- Aufgabe: Forumsbeitrag
 - o Bei dieser Aufgabe können die Schüler*innen individuelle Antworten formulieren. Grundlegend sind die Inhalte der Unterrichtseinheit sowie der Lücken-Informationstext der vorherigen Seite.
 - o Die Antworten der Schüler*innen sollten jedenfalls folgende Aspekte beinhalten:
 - Erdöl ist ein wesentlicher Ausgangsstoff für die Herstellung von Kunststoffen. Erdöl ist ein Stoffgemisch, dass über die Destillation in seine Bestandteile getrennt wird. Einige dieser Bestandteile werden in weiterer Folge für die Herstellung von Kunststoffen verwendet.
 - PET (Polyethylenterephthalat) wird zuerst in Granulate verarbeitet. Diese Granulate werden anschließend geschmolzen und über einen Trichter in passende Formen gegossen. Für die Herstellung einer PET-Flasche wird diese Form gedreht, dadurch entsteht der Boden der PET-Flasche. Die Flaschen werden zu einer anderen Maschine transportiert. Diese schneidet den oberen Teil der Flasche ab und formt die Öffnung. So entsteht der Hals der Flasche.
 - Biobasierte Kunststoffe werden aus nachwachsenden Rohstoffen wie zum Beispiel Stärke hergestellt, während erdölbasierte Kunststoffe aus Erdöl (fossiler Rohstoff) hergestellt werden. Wichtig zu wissen ist, dass nicht jeder biobasierte Kunststoff auch biologisch abbaubar ist.

Modul B: Eigenschaften und Einteilung von Kunststoffen



Stellung in der Unterrichtsreihe:

Dieses Modul ist ein Erweiterungsmodul. Die einzelnen Unterrichtseinheiten können individuell eingesetzt und angeordnet werden.

Unterrichtseinheit B1: Dichtebestimmung

Autor*in: Otto Tschauko

Nebenauteur*innen: Rita Krebs

Motivation:

Die Dichte ist eine wichtige physikalische Eigenschaft, die auch zur Trennung von Kunststoffen herangezogen wird.

Die Thematik „Dichte“ wird zunächst recht allgemein angegangen, indem die Problematik der Vergleichbarkeit der Schwere zweier Stoffe bewusst gemacht und die Dichte einfacher geometrischer Körper bestimmt wird. Kunststoffteile sind jedoch in der Regel unregelmäßig geformte Bauteile und so wird des Weiteren ein Weg zur Bestimmung der Dichte unregelmäßiger Körper aufgezeigt.

Lern- und Kompetenzziele:

Die Schüler*innen können...

Wissen aneignen und kommunizieren:

- mathematische, naturwissenschaftliche Begriffe, Fakten und Phänomene recherchieren und benennen sowie mit dem täglichen Leben in Zusammenhang bringen.
- mathematische, naturwissenschaftliche Phänomene erweitert zusammendenken und verstehen.

Erkenntnisse gewinnen und interpretieren:

- im Rahmen der vorhandenen Möglichkeiten Experimente sowie handwerklich-technische Projekte planen, durchführen, präsentieren und evaluieren.
- den geltenden Sicherheitsstandards entsprechend mit gängigen Geräten und Werkstoffen im Rahmen von Experimenten umgehen.

Standpunkte begründen, Entscheidungen treffen, reflektiert handeln sowie Selbstwirksamkeit entwickeln:

- ihre Teamfähigkeit durch Gruppenaufgaben erweitern.

**Diese Materialien wurden in
Teilen erfolgreich erprobt.**

Sie möchten über Updates informiert
werden oder Ihre Erfahrungen
mit diesem Material für die
Weiterentwicklung teilen? Kontaktieren
Sie uns gerne über
[https://www.imst.ac.at/mint-
unterrichtsmaterial](https://www.imst.ac.at/mint-
unterrichtsmaterial)

Materialien:

Arbeitsblatt "Wie bestimmt man die Dichte eines Würfels?"

- ☐ Lineal
- ☐ Digitalwaage
- ☐ kleiner Quader (oder Würfel)
- ☐ Tisch

Arbeitsblatt "Es wird komplexer: Dichtebestimmung bei Knetgummis"

- ☐ Messbecher mit ml-Anzeige
- ☐ Digitalwaage
- ☐ Knetgummi
- ☐ Taschenrechner

Arbeitsblatt "Wie klappt das jetzt bei Kunststoffen, die im Wasser aufschwimmen?"

- ☐ Messbecher mit ml-Anzeige
- ☐ Digitalwaage
- ☐ Deckel von einer Schlagobersflasche (PET)
- ☐ ein Stück Plexiglas (Acrylglas)
- ☐ Masse zum Beschweren (z.B. Stein)

Phase	Inhalt / Beschreibung	Methode	Materialien
Einstieg (15 Min.)	Vorbereitung und Aufbau des Experiments	Experiment	Lineal, Digitalwaage, kleiner Quader (oder Würfel), Tisch, Arbeitsheft
Messung (15 Min.)	Die Schüler*innen führen die Messungen nach der Anleitung des Arbeitsblattes durch.	Experiment	
Auswertung (15 Min.)	Mit Hilfe der Messdaten ermitteln die Schüler*innen das Volumen und in weiterer Folge die Dichte.	Experiment	Taschenrechner
Einstieg (15 Min.)	Vorbereitung und Aufbau des Experiments	Experiment	Messbecher mit ml-Anzeige, Digitalwaage, Knetgummi, Arbeitsheft
Messung (15 Min.)	Die Schüler*innen führen die Messungen nach der Anleitung des Arbeitsblattes durch.	Experiment	
Auswertung (15 Min.)	Mit Hilfe der Messdaten ermitteln die Schüler*innen die Dichte eines unförmigen Objekts.	Experiment	Taschenrechner

Phase	Inhalt / Beschreibung	Methode	Materialien
Einstieg (10Min.)	Vorbereitung und Aufbau des Experiments	Experiment	Messbecher mit ml-Anzeige, Digitalwaage, Deckel von einer Schlagobersflasche (PET), ein Stück Plexiglas (Acrylglas), Masse zum Beschweren (z.B. Stein) Arbeitsheft
Messung (20 Min.)	Die Schüler*innen führen die Messungen nach der Anleitung des Arbeitsblattes durch.	Experiment	
Auswertung (20 Min.)	Mithilfe der Messdaten ermitteln die Schüler*innen die Dichten der Kunststoffe.	Experiment	Taschenrechner

Methodisch-didaktische Überlegungen:

Für die Erfassung und Berechnung der physikalischen Größe „Dichte“ wird die Methode der Gruppenarbeit in kleinen Gruppen (idealerweise Zweiergruppen) gewählt. Für die Bestimmung der Masse reicht es aus, wenn eine Digitalwaage vorhanden ist, die so platziert wird, dass jede Gruppe im Verlauf ihrer Messtätigkeit darauf zugreifen kann.

Die Schüler sollten allein im Rahmen der Experimente das Wissen und die Kompetenzen zu dem Thema Dichte und Dichtebestimmung erlangen können. Im Vorfeld dazu wäre eine selbständige Internetrecherche der SchülerInnen über das Thema Dichte durchaus eine weitere Option.

Falls das Thema „Dichte“ im Vorfeld nicht behandelt wurde, empfiehlt es sich, alle Abschnitte in der angegebenen Reihenfolge durchzuführen.

Als Variante ließe sich die Dichte nach dem Archimedischen Prinzip über den Auftrieb bestimmen.

Nach diesem Prinzip erfährt ein vollständig in eine Flüssigkeit eingetauchter Körper eine Auftriebskraft, die gleich der Gewichtskraft des Volumens des verdrängten Stoffes ist. Um die zwei Unbekannten *Dichte* und *Volumen* zu bestimmen, sind hier zwei Messungen erforderlich. Diese Variante wäre gleichzeitig ein Versuch zum Thema „Auftrieb“ als auch zum Thema „Dichtebestimmung“.

Die Anforderungen hinsichtlich Berechnung und Verständnis sind aber ungleich höher als bei der hier vorgestellten Methode.

Fachliche Hintergrundinformationen:

Bei porösen Materialien wird zwischen zwei Arten von Dichten unterschieden:

Reindichte (auch Skelettdichte)

Hier wird die Masse auf das Volumen ohne die Poren bezogen.

Scheinbare Dichte

Diese bezieht sich auf das Gesamtvolumen einschließlich der Poren. Bei Pulvern und Schüttgütern hängt die scheinbare Dichte wiederum davon ab, ob das Material gestampft oder ohne Verdichtungsprozess aufgeschüttet wurde.

Lösungen:

- Aufgabe: Wie bestimmt man nun die Dichte von Kunststoffen?
 - o Folgende Erklärung könnte entstehen, die dann in den Dialog eingebaut werden kann:
 - o Ich: Je nach Art und Form des Kunststoffes kann man seine Dichte auf unterschiedliche Arten bestimmen. Wenn der Kunststoff würfel- oder quaderförmig ist, kann man sein Volumen und seine Masse bestimmen und so die Dichte berechnen („Berechnungsmethode“). Bei Kunststoffen mit unregelmäßiger Form kann die Masse abgewogen und das Volumen über die verdrängte Menge an Flüssigkeit (z. B. Wasser) berechnet werden („Wasserverdrängungsmethode“). Bei Kunststoffen, die leichter sind als Wasser, müssen diese beschwert werden und das Volumen des Gegenstands, mit dem der Kunststoff beschwert wird, vom Gesamtvolumen abgezogen werden. Anschließend kann mithilfe der Masse – durch Wiegen bestimmt – die Dichte berechnet werden.

Unterrichtseinheit B2: Stationenbetrieb – Eigenschaften von Kunststoffen

Autor*in: Rita Krebs

Motivation:

Die Kenntnis und Unterscheidung der Eigenschaften von Kunststoffen ist im Rahmen der Eigenschaften von Stoffen und Materialien von entscheidender Bedeutung. Kunststoffe sind Materialien, die aus sich wiederholenden Einzelbausteinen bestehen. Viele ihrer Eigenschaften können anhand ihrer chemischen Zusammensetzung erklärt werden. Im Sinne des Struktur-Eigenschafts-Konzepts ist es deshalb wichtig, dass Lernende zuerst die Eigenschaften des Stoffes kennen lernen und selbst erfassen, um anschließend mehr über seine molekulare Zusammensetzung zu lernen.

Lern- und Kompetenzziele:

Die Schüler*innen können...

Erkenntnisse gewinnen und interpretieren:

- über Ergebnisse strukturiert sprechen, Ergebnisse visualisieren und präsentieren sowie MINT- und fachsprachliche Kompetenzen vertiefend verbinden. Standpunkte begründen, Entscheidungen treffen, reflektiert handeln und Selbstwirksamkeit entwickeln:
- ihre Teamfähigkeit durch Gruppenaufgaben erweitern.

Materialien:

- | | | |
|--|--|---|
| <input type="checkbox"/> Kunststoffstücke von Polyethen (PE), Polypropen (PP), Polystyren (PS) und Polyethylenterephthalat (PET) | <input type="checkbox"/> Reagenzglasklammern | <input type="checkbox"/> wasserfeste Stifte |
| <input type="checkbox"/> Schutzbrillen | <input type="checkbox"/> Gasbrenner | <input type="checkbox"/> Messer |
| <input type="checkbox"/> Bechergläser (verschiedene Größen) | <input type="checkbox"/> Kochsalz | <input type="checkbox"/> Hammer |
| | <input type="checkbox"/> Stahlnadeln | <input type="checkbox"/> schnittfeste Unterlage |
| | <input type="checkbox"/> Pinzetten | <input type="checkbox"/> Küchenrolle |
| | <input type="checkbox"/> Reagenzgläser | <input type="checkbox"/> Aceton |

Phase	Inhalt / Beschreibung	Methode	Materialien
Einstieg (20-30 Min.)	Was ist alles aus Kunststoff?	Plenum, Brainstorming	Tafel oder digitale Medien wie mentimeter.com oder answergarden.ch
	Alltagsgegenstände aus Kunststoff (bspw. Joghurtbecher, Duschgelflasche, Chipstüte, Reinigungsmittelflasche, Lebensmittelverpackung oder Folie) – was passiert mit dem Plastik, wenn es nicht mehr benötigt wird?	Think-Pair-Share	Alltagsgegenstände oder Bilder der Kunststoffe auf Kärtchen
	Fragen zum Video zum Thema „Recycling: Das passiert mit deinem Müll! Quarks“ beantworten: <ul style="list-style-type: none"> • Welche Kunststoffe werden recycelt? • Welche Kunststoffe können nicht recycelt werden? Warum nicht? 	Partner*innenarbeit	https://www.youtube.com/watch?v=WWngxDscWVA
	Überleitung: zum Recyceln von Kunststoffen muss man deren Eigenschaften kennen – aber welche Eigenschaften haben Kunststoffe?	Plenum, Unterrichtsgespräch	ggf. Tafel
Erarbeitung (60 Min.)	in 5 Kleingruppen Kunststoffeigenschaften an 6 Stationen erforschen und Fragestellung beantworten: Wie können verschiedene Kunststoffproben voneinander unterschieden werden?	Stationenbetrieb, Versuche	Arbeitsheft, Versuchsmaterial und Zusatzanleitungen (Dateiname: „Kunststoff_ModulB2_ZusatzmaterialStationenbetrieb_KunststoffeVergleichen“)
Vertiefung (20-30 Min.)	in Kleingruppe unbekannte Probe(n) untersuchen und Kunststoffart bestimmen	Stationenbetrieb, Versuche	Arbeitsheft, Versuchsmaterial und Zusatzanleitungen (Dateiname: „Kunststoff_ModulB2_ZusatzmaterialStationenbetrieb_KunststoffeVergleichen“)
Ergebnissicherung (20-30 Min.)	Vorstellen der Ergebnisse in selbst gewählter Darstellung	Stationenbetrieb bzw. Plenum	Arbeitsheft, Poster, Präsentationen, Kärtchen, ...

Methodisch-didaktische Überlegungen:

Für die Untersuchung der Kunststoffeigenschaften wurde die Methode des Stationenbetriebs gewählt. Ein Stationenbetrieb zur Untersuchung von Kunststoffeigenschaften stellt eine effektive Möglichkeit dar, um Schüler*innen praxisnah und in einem differenzierten Format ein Thema erarbeiten zu lassen. Die Lernenden können im Team einfache Versuche durchführen und protokollieren und einander gegenseitig unterstützen.

Sollte der Stationenbetrieb aufgrund zeitlicher oder räumlicher Gegebenheiten nicht möglich sein, kann man das Modul aber auch so adaptieren, dass je eine Gruppe einen Versuch durchführt. Anschließend präsentieren dann die einzelnen Gruppen ihre Ergebnisse, um Wissen über alle untersuchten Eigenschaften zu erlangen.

Fachliche Hintergrundinformationen:

Kunststoffe sind eine vielseitige Gruppe von polymeren Materialien mit charakteristischen Eigenschaften, die sie in zahlreichen Anwendungen weit verbreitet machen. Zu den wesentlichen Eigenschaften von Kunststoffen gehören:

1. **Flexibilität und Formbarkeit:** Kunststoffe zeichnen sich durch die Eigenschaft aus, dass sie je nach ihrer molekularen Beschaffenheit in unterschiedliche Formen gebracht werden können. Dies ermöglicht die Herstellung von Produkten mit vielfältigen Designs und Anwendungen.
2. **Leichtgewicht:** Kunststoffe sind im Vergleich zu vielen anderen Materialien leicht und haben eine geringe Dichte. Dies macht sie besonders attraktiv für Anwendungen, bei denen Masse eine Rolle spielt, wie beispielsweise im Transportwesen, in der Verpackungsindustrie oder in der Luftfahrt.
3. **Isolierfähigkeit:** Viele Kunststoffe isolieren sowohl elektrisch als auch thermisch gut. Dies macht sie geeignet für Anwendungen in Bereichen wie der Elektronik und dem Bauwesen.
4. **Chemische Beständigkeit:** Kunststoffe können gegenüber verschiedenen chemischen Substanzen beständig sein, was sie für den Einsatz in aggressiven Umgebungen geeignet macht. Auch sind sie meistens wasserfest. Ihre chemische Beständigkeit und Löslichkeit variieren jedoch je nach Art des Kunststoffs.
5. **Haltbarkeit und Witterungsbeständigkeit:** Einige Kunststoffe zeigen eine hohe Haltbarkeit und Witterungsbeständigkeit, was sie für den Einsatz im Freien und in Umgebungen mit unterschiedlichen Witterungsbedingungen geeignet macht. Gleichzeitig werden sie dadurch auch sehr schwer abgebaut.
6. **Recyclingfähigkeit:** Die Recyclingfähigkeit von Kunststoffen variiert je nach Typ. Einige Kunststoffe können recycelt werden, während andere Herausforderungen im Recyclingprozess darstellen können. Insbesondere Kunststoffe wie PFAS stellen hier ein großes Problem dar; diese Kunststoffe werden auch als „forever chemicals“ bezeichnet.
7. **Transparenz und Farbvielfalt:** Kunststoffe können transparent oder in einer breiten Palette von Farben hergestellt werden. Dies macht sie in der Herstellung von transparenten Verpackungen, Farbprodukten und anderen visuell ansprechenden Anwendungen beliebt.
8. **Kosteneffizienz:** Kunststoffe sind oft kostengünstig herzustellen, was zu ihrer weitverbreiteten Verwendung in Massenproduktionen beiträgt.

Die spezifischen Eigenschaften variieren je nach Art des Kunststoffs, da es viele verschiedene Arten von Polymeren mit unterschiedlichen Zusammensetzungen und Strukturen gibt.

Wichtige Arten von Kunststoffen sind Polyethen (PE), Polypropen (PP), Polystyren (PS) und Polyethylenterephthalat (PET). Diese Kunststoffe unterscheiden sich in ihrer molekularen Zusammensetzung und Art der Herstellung.

Die Prozesse zur Herstellung von Kunststoffen – also der Synthese von Polymeren aus Einzelbausteinen – sind **Polymerisation**, **Polyaddition** und **Polykondensation**.

Einen guten Überblick über das Thema Kunststoffe bietet beispielsweise das Kunststoff-Lexikon von Thomas Seilnacht: <https://www.seilnacht.com/Lexikon/polymere.html>

	Polyethen (PE)	Polypropen (PP)	Polystyren (PS)	Polyethylen-terephthalat (PET)
Schnittfestigkeit / Härte	abhängig von der Art (LDPE = Folie, HDPE kann schnittfest sein)	abhängig von der Art	abhängig von der Art	reißfest, abhängig von der Art
Schwimmprobe in Wasser	schwimmt	schwimmt	schwimmt	sinkt
Schwimmprobe in gesättigter Natriumchlorid-Lösung	schwimmt	schwimmt	schwimmt	sinkt
chemische Beständigkeit ggü. Aceton	beständig	beständig	nicht beständig	nicht beständig
Schmelzprobe	brennt, schmilzt, weißer Nebel	brennt, schmilzt, weißer Nebel	schmilzt, rußt Verbrennen stark	beim schmilzt, wenig Nebel

Lösung der Aufgabe „Zusammenfassung“:

- Die Begriffe sind in der folgenden Reihenfolge einzusetzen: dehnen, federleicht, eingefärbt, nicht löslich, Ruß

Unterrichtseinheit B3: Einteilung von Kunststoffen

Autor*in: Jennifer Dachauer

Motivation:

Die Schüler*innen lernen im Rahmen dieser Einheit, Kunststoffe nach ihren mechanisch-thermischen Eigenschaften einzuteilen. Anhand des Beispiels der Kunststoffe lernen die Schüler*innen, mit Modellen zu arbeiten, Modelle zu entwickeln und damit die Eigenschaften von Stoffen über ihre Struktur zu beschreiben und zu erklären.

Lern- und Kompetenzziele:

Die Schüler*innen können...

Wissen aneignen und kommunizieren:

- Naturwissenschaftliche Begriffe und Phänomene benennen sowie mit dem täglichen Leben in Zusammenhang bringen

Erkenntnisse gewinnen und interpretieren:

- handwerklich-technische Projekte planen, durchführen und präsentieren
- über Ergebnisse strukturiert sprechen, Ergebnisse visualisieren und präsentieren sowie MINT- und fachsprachliche Kompetenzen vertiefend verbinden

Standpunkte begründen, Entscheidungen treffen, reflektiert handeln und Selbstwirksamkeit entwickeln:

- Teamfähigkeit durch Gruppenaufgaben erweitern
- sich selbst als kreative, kommunikative, kooperierende sowie kritische Gestalter*innen der Zukunft wahrnehmen

Materialien:

- ☐ Begleitende PowerPoint-Präsentation
- ☐ diverse Alltagsgegenstände aus Kunststoff:
 - Fahrradreflektor
 - PET-Flasche
 - Gummiringel
 - Tafelschwamm
 - Zahnpastatube
 - Pfannengriff
 - Steckdosengehäuse
 - Silikon-Backform

- ☐ Materialvorschlag für den Bau dreidimensionaler Modelle:
Holzstäbe, Streichhölzer, Zahnstocher, Knetmasse, Karton, Holzrahmen, Schuhkarton, Strohhalme, Essstäbchen, PlayMais®, Schnüre, Sicherheitsnadeln, Wäscheklammern, Styroporkugeln, Geomag™, Wattestäbchen, Leim, Klebstoff, Nägel, Rundkopfklemmen

- ☐ Bunsenbrenner oder Kerze
- ☐ Feuerzeug
- ☐ Zusatzmaterial: Gestufte Hilfen

- o Joghurtbecher

Phase	Inhalt / Beschreibung	Methode	Materialien
Einstieg (20 Min.)	<p>Vorstellung unterschiedlicher Alltagsgegenstände aus Kunststoff:</p> <ul style="list-style-type: none"> Sortierung und Kategorisierung dieser Kunststoffproben nach ihrer Verformbarkeit bei Raumtemperatur <ul style="list-style-type: none"> verformbar nicht verformbar unter Krafteinwirkung kurzzeitig verformbar Sortierung und Kategorisierung dieser Kunststoffproben im Plenum nach ihrer Verformbarkeit unter Hitzeeinwirkung <ul style="list-style-type: none"> verformbar nicht verformbar unter Krafteinwirkung kurzzeitig verformbar Kunststoff zersetzt sich <p><i>Hinweis: Beachten Sie, dass nicht alle Kunststoffe verbrannt werden dürfen, da gesundheitsschädliche Dämpfe entstehen können. Eine Übersicht finden Sie unter den fachlichen Hintergrundinformationen in „Modul B2 Stationenbetrieb – Eigenschaften von Kunststoffen“.</i></p>	<p>Sortierung und Kategorisierung in Kleingruppen, Sammlung im Plenum</p> <p>Demonstrationsversuch</p>	<p>Begleitendes Arbeitsheft</p> <p>Diverse Alltagsgegenstände (siehe Materialien), Bunsenbrenner oder Kerze, Feuerzeug, Tiegelflange, Abzug</p>
Hauptteil I (50 Min.)	<p>Einführung in das Arbeiten mit Modellen:</p> <ul style="list-style-type: none"> Wiederholung/ Einführung eines naturwissenschaftlichen Modellbegriffs Theoretische Erarbeitung der Einteilung von Kunststoffen aufgrund ihrer mechanisch-thermischen Eigenschaften <p>Konstruktion dreidimensionaler Teilchenmodelle:</p> <ul style="list-style-type: none"> Planungsphase (Materialien, Vorgehensweise, Skizze, Beschreibung, etc.) 	<p>Plenum</p> <p>Kleingruppenarbeit, Expert*innenpuzzle</p>	<p>Begleitendes Arbeitsheft, Zusatzmaterial gestufte Hilfen (Dateiname: „Kunststoff_ModulB3_gestufteHilfen_EinteilungKunststoffe“)</p>

	<ul style="list-style-type: none"> • Einholen von Rückmeldungen der Lehrkraft 		
Hauptteil II (50-90 Min.) (abhängig von der gewählten Variante)	<p>Konstruktion dreidimensionaler Teilchenmodelle:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Konstruktionsphase <p>Ausstellung und Präsentation der Teilchenmodelle:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bildung neuer Kleingruppen, in denen jeweils ein Mitglied der vorherigen Expert*innengruppen vertreten ist • Museumsrundgang 	<p>Kleingruppenarbeit</p> <p>Kleingruppenarbeit (neue Gruppe entsprechend des Expert*innenpuzzles), Museumsrundgang</p>	siehe Materialien
Ausklang (20 Min.)	<p>Aufarbeitung und Sammlung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bezug auf die anfängliche Sortierung und Kategorisierung der Alltagsgegenstände aus Kunststoffen • Erklärung der Eigenschaften mithilfe der Teilchenmodelle 	Plenum	Alltagsgegenstände aus Kunststoff (siehe Einstieg), Teilchenmodelle (siehe Hauptteil)

Methodisch-didaktische Überlegungen:

Für den Bau der Teilchenmodelle eines Thermoplasts, eines Duroplasts sowie eines Elastomers werden drei Differenzierungsvarianten angeboten.

Variante 1 (einfach):

In Kleingruppen konstruieren die Schüler*innen jeweils nur ein Teilchenmodell eines Thermoplasts, eines Duroplasts oder eines Elastomers. Diese Teilchenmodelle werden in weiterer Folge über die Methode des Museumsrundgangs präsentiert und dienen als Unterstützung für das weitere Arbeiten (siehe Planung).

Bei dieser Variante ist es alternativ möglich, dass sich die Schüler*innen über die Methode des Expert*innenpuzzles jeweils theoretisch mit Thermoplasten, Duroplasten oder Elastomeren auseinandersetzen und ein dazu passendes Modell entwickeln. Diese Expert*innen können dann in neuen Expert*innen-Kleingruppen ihr Wissen weitergeben, indem sie Eigenschaften „ihres“ Kunststoffs mithilfe des selbstgebauten Modells beschreiben und erklären.

Variante 2 (moderat) – empfohlen:

In Kleingruppen konstruieren die Schüler*innen jeweils ein Teilchenmodell eines Thermoplasts, eines Duroplasts und eines Elastomers während des Unterrichts. Diese Teilchenmodelle werden in weiterer Folge über die Methode des Museumsrundgangs präsentiert und dienen als Unterstützung für das weitere Arbeiten (siehe Planung).

Variante 3 (anspruchsvoll):

In Einzelarbeit konstruieren die Schüler*innen jeweils ein Teilchenmodell eines Thermoplasts, eines Duroplasts und eines Elastomers zu Hause. Diese Teilchenmodelle werden in die nächste Unterrichtseinheit mitgebracht, präsentiert und dienen als Unterstützung für das weitere Arbeiten (siehe Planung).

Variante 4 mit Einbezug digitaler Medien (anspruchsvoll)

Die Schüler*innen konstruieren die Teilchenmodelle von Thermoplast, Duroplast und Elastomer mithilfe eines Grafikprogrammes (z. B. Inkscape) oder CAD Programmes (z. B. FreeCAD) digital. Anschließend werden die Modelle in stl-Dateien konvertiert und mittels 3D Drucker gedruckt. Mehr Informationen zu dieser Herangehensweise finden Sie im plus Lucis Heft 3D-Druck, welches online verfügbar ist: https://www.pluslucis.org/ZeitschriftenArchiv/2020-4_PL.pdf

Anmerkungen:

Die Gestaltung von Teilchenmodellen im Rahmen dieser Unterrichtseinheit ähnelt den Ausführungen von Nickel (2023, S. 10 ff). Nickel liefert in diesem Artikel Fotos bzw. Videos selbst konstruierter Modelle. Auf diese Modelle sei an dieser Stelle als Inspirationsquelle für Lehrkräfte verwiesen.

Sicherheit:

Der Demonstrationsversuch sollte aufgrund der entstehenden Dämpfe beim Erhitzen der Elastomere unter einem Abzug durchgeführt werden. Stellen Sie sicher, dass beim Verbrennen der von Ihnen gewählten Kunststoffe keine gesundheitsschädlichen Dämpfe entstehen. Eine Übersicht finden Sie unter den fachlichen Hintergrundinformationen in „Modul B2 Stationenbetrieb – Eigenschaften von Kunststoffen“. Steht kein Abzug zur Verfügung, so kann auf alternative Materialien oder Videos zurückgegriffen werden.

Fachliche Hintergrundinformationen:

Thermoplaste sind Kunststoffe, die durch Wärmezufuhr oberhalb einer für sie jeweils charakteristischen Temperatur reversibel verformbar sind. Diese Eigenschaft kann technisch genützt werden, denn nach erneuter Abkühlung bleibt die jeweilige Form bestehen. Diese Verformbarkeit ist über die Betrachtung der submikroskopischen Ebene erklärbar, denn die zugrundeliegenden Polymerketten sind linear angeordnet und kaum durch kovalente Bindungen miteinander verknüpft. Duroplaste hingegen sind Kunststoffe, deren zugrundeliegende Polymerketten engmaschig verknüpft sind. Daher sind Duroplaste spröde. Sie sind bei Wärmezufuhr nicht verformbar und zersetzen sich oberhalb einer jeweils charakteristischen Temperatur. Die Polymerketten von Elastomeren sind weitmaschig

miteinander verknüpft. Dadurch lässt sich die Eigenschaft von Elastomeren erklären, dass sie unter Kraft- bzw. Druckeinwirkung kurzzeitig verformbar sind. Elastomere zersetzen sich – ähnlich wie Duroplaste – oberhalb einer bestimmten Temperatur (vgl. Latscha et al., 2016, S. 533 f; vgl. Wöhrle, 2019, S. 52).

Für die diesem Modul vorgeschlagenen Materialien gilt die folgende Zuordnung:

Thermoplaste	Duroplaste	Elastomere
<ul style="list-style-type: none">• PET-Flasche• Zahnpastatube• Joghurtbecher	<ul style="list-style-type: none">• Fahrradreflektor• Pfannengriff• Steckdosengehäuse	<ul style="list-style-type: none">• Gummiringerl• Tafelschwamm• Silikon-Backform

Einen guten Überblick bzgl. der Unterscheidung zwischen Thermoplasten, Duroplasten und Elastomeren bietet beispielsweise die folgende Website:
https://www.seilnacht.com/Lexikon/k_eint.html

Für weitere Informationen sowohl zu fachlichen Grundlagen als auch zu möglichen Gestaltungsideen von Teilchenmodellen sei auf Nickel (2023, S. 10 ff) verwiesen.

Modul C: Analyse von Proben



Autor*in: Carina Mur-Spiegl

Stellung in der Unterrichtsreihe:

Dieses Modul ist ein Erweiterungsmodul. Die einzelnen Unterrichtseinheiten können individuell eingesetzt und angeordnet werden.

Motivation:

Anwendung von biologischen Handlungsmustern und Arbeitsweisen sowie Nutzung typischer biologischer Arbeitsmaterialien.

Lern- und Kompetenzziele:

Die Schüler*innen können...

Wissen aneignen und kommunizieren:

- naturwissenschaftliche Begriffe, Fakten, Regeln und Phänomene mit dem täglichen Leben in Zusammenhang bringen

Erkenntnisse gewinnen und interpretieren:

- im Rahmen der vorhandenen Möglichkeiten Experimente sowie handwerklich-technische Projekte planen, durchführen und evaluieren
- den geltenden Sicherheitsstandards entsprechend mit gängigen Geräten und Werkstoffen im Rahmen von Experimenten umgehen
- Ergebnisse visualisieren

Diese Materialien konnten leider noch nicht erprobt werden.

Sie möchten über Updates informiert werden oder Ihre Erfahrungen mit diesem Material für die Weiterentwicklung teilen? Kontaktieren Sie uns gerne über <https://www.imst.ac.at/mint-unterrichtsmaterial>

Unterrichtseinheit C1: Entnahme und Analyse von Bodenproben

Materialien:

Allgemein:

- ☐ Arbeitsheft
- ☐ Schreibmaterialien

Probenentnahme:

- ☐ Konservendose ohne Deckel und Löcher im Boden
- ☐ (Gummi-)Hammer
- ☐ Kleine Schaufel
- ☐ Aufbewahrungsmöglichkeit für die Bodenproben (z.B. feste Papiertüte, verschließbares Einmachglas, (Kunststoff-)Box, Kunststoffsäckchen)
- ☐ Transportbox für die genommenen Bodenproben

Probenanalyse:

- ☐ Entnommene Proben (trocken)
- ☐ Flache Schalen oder Teller zum Sortieren der gefundenen Teilchen
- ☐ Größere Schale (zum Hineinsieben)
- ☐ Grobes Sieb (ca. 2mm)
- ☐ Feines Sieb (ca. 0,5-1 mm)
- ☐ Pinzetten zum Sortieren

☐ Beschriftungsmaterial (Etiketten und/oder Permanentmarker)

☐ Beschriftungsmaterial (Etiketten und/oder Permanentmarker)

Phase	Inhalt / Beschreibung	Methode	Materialien
Einstieg (5 Min.)	<p>Heranführung an das neue Thema über Verknüpfung mit den stattgefundenen Vorstunden (besonders der Einstiegseinheit)</p> <ul style="list-style-type: none"> – Wo haben die Schüler*innen überall Kunststoff vermutet? -> Boden (und Wasser) – Gemeinsam können nun bei Bedarf spezifischere Hypothesen über Orte mit besonders hoher Kunststoffbelastung aufgestellt werden. – Um die aufgestellten Hypothesen zu überprüfen, müssen Bodenproben entnommen werden. 	Plenum	Arbeitsheft und Schreibmaterialien für Schüler*innen
Hauptteil (individuell je nach gewählter Variante)	<p>Entnahme und Analyse von Bodenproben</p> <p>1) <i>Entnahme von Bodenproben</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – <i>Schüler*innen entnehmen mithilfe der detaillierten Anleitung im Arbeitsheft Bodenproben.</i> – <i>Für die Probenentnahme werden Alltagsgegenstände wie eine Konservendose benutzt.</i> <p>2) <i>Analyse der Bodenproben</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – <i>Schüler*innen nehmen eine manuelle Analyse der gesammelten Bodenproben vor. Sie sieben die Proben durch verschiedene Siebe und sortieren die gefundenen Kunststoffteilchen aus, vermessen diese (Messskala auf Arbeitsblatt) und zählen sie. Hinweis: Eventuell benötigen die Schüler*innen Hilfe beim Umrechnen von Millimetern in Zentimeter.</i> 	<p>Plenum</p> <p>Arbeiten in Kleingruppen, Probennahme</p>	<p>Arbeitsheft und Schreibmaterialien für Schüler*innen</p> <p>Materialien zur Entnahme und Analyse von Bodenproben</p>

Phase	Inhalt / Beschreibung	Methode	Materialien
Ausklang (10-15 Minuten)	Besprechung der Ergebnisse <ul style="list-style-type: none"> – Konnten die Hypothesen bestätigt oder widerlegt werden? – Gibt es Orte mit besonders vielen Kunststoffteilchen? – Welche Größe der Kunststoffteilchen ist besonders häufig vorgekommen? – Wie kommt es zu dem höheren/niedrigeren Kunststoffvorkommen in den jeweiligen Proben? 	Plenum, Unterrichtsgespräch	Arbeitsheft und Schreibmaterialien für Schüler*innen

Methodisch-didaktische Überlegungen:

Zur Umsetzung der Unterrichtseinheit "C1: Entnahme von Analyse von Bodenproben" gibt es drei Differenzierungsmöglichkeiten:

Variante 1: Vollständige Durchführung

In dieser Variante wird sowohl die Probenentnahme als auch Analyse von den Schüler*innen durchgeführt.

Variante 2: Probenentnahme

Die Schüler*innen entnehmen mithilfe der Arbeitsanleitung Bodenproben, die Proben werden aber von der Lehrperson ausgewertet (oder die Lehrperson bringt vorbereitete Ergebnisse zu anderen Bodenproben mit).

Variante 3: Probenanalyse

Die Lehrperson stellt den Schüler*innen Bodenproben zur Verfügung, die diese mithilfe der Arbeitsanleitung analysieren.

Die Wahl der Variante kann entsprechend der zur Verfügung stehenden Zeit und räumlichen Möglichkeiten gewählt werden.

Sicherheitsvorkehrungen: Die Lehrperson muss die Schüler*innen darauf hinweisen, dass die Dosen zur Probenentnahme sowie die Pinzetten, die bei der Analyse verwendet werden, spitz sind und mit Vorsicht behandelt werden müssen. Ebenso müssen Lehrpersonen auf Vorsicht beim Analysieren der Bodenproben hinweisen, da Glasscherben enthalten sein können.



Unterrichtseinheit C2: Mikroplastik in Wasserproben

Materialien:

- | | | |
|--|--|---|
| <input type="checkbox"/> Arbeitsheft | <input type="checkbox"/> Salatschleuder | <input type="checkbox"/> (weiße) Tee- oder Kaffeefilter |
| <input type="checkbox"/> Schreibmaterialien | <input type="checkbox"/> Wasser | <input type="checkbox"/> Trichter |
| <input type="checkbox"/> (neue) Mikrofasertücher | <input type="checkbox"/> 2x durchsichtiges Gefäß | <input type="checkbox"/> Lupe und/oder Mikroskop |

Phase	Inhalt / Beschreibung	Methode	Materialien
Einstieg (5 Min.)	<p>Heranführung an das neue Thema über Verknüpfung mit den stattgefundenen Vorstunden (besonders der Einstiegseinheit)</p> <ul style="list-style-type: none"> – Wo haben die Schüler*innen überall Kunststoff vermutet? -> Wasser – Gemeinsam können nun bei Bedarf spezifischere Hypothesen über Orte mit besonders hoher Kunststoffbelastung aufgestellt werden. – Um die aufgestellten Hypothesen zu überprüfen, müssen Bodenproben entnommen werden. <p><i>Wenn sowohl Modul C1 als auch C2 durchgeführt werden, muss man in diesem Einstieg nur noch ergänzend auf die Hypothesen eingehen, die das Themenfeld Wasser betreffen.</i></p>	Plenum	Arbeitsheft und Schreibmaterialien für Schüler*innen
Hauptteil (individuell je nach gewählter Variante)	<p>Analyse von Wasserproben</p> <p>1) <i>Erstellung einer Wasserprobe</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – <i>Zur Simulation einer relevanten Situation mit Alltagsbezug wird der Waschgang von Mikrofasertüchern simuliert.</i> <p>2) <i>Analyse der Wasserprobe:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – <i>Schüler*innen analysieren das im Vorschrift gewonnene Wasser mithilfe von Filtern auf Mikroplastik, das beim Waschgang der Mikrofasertücher frei geworden ist.</i> 	<p>Plenum</p> <p>Arbeiten in Kleingruppen, Probennahme</p>	<p>Arbeitsheft und Schreibmaterialien für Schüler*innen</p> <p>Materialien zur Entnahme und Analyse von Bodenproben</p>

Phase	Inhalt / Beschreibung	Methode	Materialien
	<i>Der Prozess wird in mehreren Beobachtungsschritten mitdokumentiert.</i>		
Ausklang (10-15 Minuten)	<p>Zusammenfassen und Besprechen der Ergebnisse</p> <ul style="list-style-type: none"> – Beantwortung der folgenden Punkte in Einzelarbeit: – Fasse deine wichtigsten Beobachtungen noch einmal zusammen. – Erkläre in 1-2 Sätzen, was diese Beobachtungen für dich bedeuten. – Was hat dich an dieser Beobachtung überrascht? – Erkläre wo, wann und für wen solche Kunststoffteilchen zu einem Problem werden können. <p>Im Plenum werden die Erkenntnisse und anschließend zusätzlich folgende Punkte besprochen:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Konnten die Hypothesen bestätigt oder widerlegt werden? – Welche Schlüsse kann man aus den Ergebnissen ziehen? – Welche Handlungsschritte sollte man vornehmen? 	Plenum, Unterrichtsgespräch	Arbeitsheft Schreibmaterialien Schüler*innen und für

Methodisch-didaktische Überlegungen:

Zur Umsetzung der Unterrichtseinheit "C2: Entnahme von Analyse von Wasserproben" gibt es drei Differenzierungsmöglichkeiten:

Variante 1: Vollständige Durchführung

In dieser Variante wird sowohl die Probeentnahme als auch Analyse von den Schüler*innen durchgeführt.

Variante 2: Probenanalyse

Die Lehrperson stellt den Schüler*innen eine Wasserprobe zur Verfügung, die diese mithilfe der Arbeitsanleitung analysieren. Hier wäre bspw. Wasser aus einem realen Waschgang spannend oder Proben von unterschiedlichen Kunststoffstoffen.

Variante 3: Vergleich mit reinem Wasser

Bei dieser Variante filtern die Schüler*innen neben dem Wasser, in dem die Mikrofasertücher gewaschen wurden, auch reines Wasser. Dadurch können die Schüler*innen einen Side-by-Side-Vergleich vornehmen. Auf dem folgenden Bild kann man sehen, dass hier große Unterschiede festgestellt werden können:



Abbildung 1: Vergleich Wasser mit Mikroplastikbelastung (links) und Wasser ohne Mikroplastikbelastung (rechts)

Die Wahl der Variante kann entsprechend der zur Verfügung stehenden Zeit und räumlichen Möglichkeiten gewählt werden.

Modul D: Greenwashing

Autor*in: Carina Mur-Spiegl

Stellung in der Unterrichtsreihe:

Dieses Modul ist ein Erweiterungsmodul. Die einzelnen Unterrichtseinheiten können individuell eingesetzt und angeordnet werden.

Motivation:

Die Schüler*innen lernen über sprachliche und visuelle Möglichkeiten mit denen Konsument*innen beeinflusst werden können. Sie üben durch dieses Modul, Methoden des Greenwashings zu erkennen und diese im Alltag wahrzunehmen.

Lern- und Kompetenzziele:

Die Schüler*innen können...

Wissen aneignen und kommunizieren:

- naturwissenschaftliche Phänomene und gesellschaftliche Fragen erweitert zusammendenken und verstehen

Selbstwirksam entwickeln:

- ihre Standpunkte inhaltlich argumentieren und problemlösungsorientierte Diskussionen führen
- sich selbst in Bezug auf die technisch-digitalisierte Lebenswelt einordnen und reflektieren sowie Selbstwirksamkeit erlernen
- sich selbst als kreative, kommunikative, kooperierende wie kritische Gestalterinnen und Gestalter der Zukunft wahrnehmen

Materialien:

- ☐ Arbeitsheft
- ☐ Schreibmaterialien
- ☐ Smartphone mit Kamerafunktion oder PC

Diese Materialien wurden wenigstens einmal erfolgreich erprobt.

Sie möchten über Updates informiert werden oder Ihre Erfahrungen mit diesem Material für die Weiterentwicklung teilen? Kontaktieren

Sie uns gerne über

[https://www.imst.ac.at/mint-
unterrichtsmaterial](https://www.imst.ac.at/mint-unterrichtsmaterial)

Phase	Inhalt / Beschreibung	Methode	Materialien
Einstieg (15 Min.)	<p>Heranführung an das neue Thema über Verknüpfung mit den stattgefundenen Vorstunden & Klärung der Frage „Was ist Greenwashing?“</p> <ul style="list-style-type: none"> – Gemeinsames Brainstorming zum Begriff, was man darunter verstehen könnte – Gemeinsames Lesen der Definition von Greenwashing <ul style="list-style-type: none"> o Klärung von unklaren Begriffen – Begleit-PowerPoint <ul style="list-style-type: none"> o Gemeinsames Erarbeiten und Identifizieren der Greenwashing-Methoden des Beispiels 	Plenum, Brainstorming	<p>Arbeitsheft und Schreibmaterialien für Schüler*innen</p> <p>Begleit-PowerPoint</p>
Hauptteil (50-60 Min.)	<p>Podcast zum Thema “Greenwashing”</p> <ul style="list-style-type: none"> – Beantwortung von Quizfragen – Gemeinsames Besprechen der Lösungen 	Plenum und/oder Einzelarbeit	<p>Arbeitsheft und Schreibmaterialien für Schüler*innen</p> <p>Smartphone mit Kamerafunktion oder PC</p> <p>Podcast: https://www.lebensmittelklarheit.de/podcast/vorsicht-greenwashing-wie-uns-gruene-marketingtricks-manipulieren </p>
	<p>Identifizieren von Greenwashing</p> <ul style="list-style-type: none"> – Die Schüler*innen analysieren Produktbeispiele und finden heraus, ob es sich bei den Werbeversprechungen um Greenwashing oder Realität handelt 	Einzel- oder Gruppenarbeit, Recherche	<p>Arbeitsheft und Schreibmaterialien für Schüler*innen</p> <p>Smartphone mit Kamerafunktion oder PC</p>

Phase	Inhalt / Beschreibung	Methode	Materialien
	<ul style="list-style-type: none"> Die Informationen des Arbeitsblattes sowie jene aus dem Podcast helfen beim Lösen der Beispiele. 		
Ausklang (15-25 Min.)	Besprechen und Vergleichen der Lösungen <ul style="list-style-type: none"> Bei unterschiedlichen Lösungen werden die Varianten genau besprochen 	Plenum, Unterrichtsgespräch	Arbeitsheft bzw. Arbeitsblatt des Moduls Begleit-PowerPoint
	Reflexion: Was können wir als Konsument*innen nun tun? <ul style="list-style-type: none"> Selbstständiges Reflektieren über Handlungs- und Reaktionsmöglichkeiten Anschließendes Plenumsgespräch Mögliche Lösungen und Handlungsvorschläge sind auf der Folie 43 der Begleit-PowerPoint zu finden 	Einzelarbeit Plenum	Arbeitsheft und Schreibmaterialien für Schüler*innen Begleit-PowerPoint

Fachliche Hintergrundinformationen:

Greenwashing ist eine Methode, die in Werbung bzw. Verkauf angewendet wird, um den Käufer hinters Licht zu führen und zum Kauf zu animieren und/oder das Image der Firma bei Kund*innen zu verbessern. Typische Methoden sind:

- 1) Verschweigen: Betonung einer umweltfreundlichen Eigenschaft, andere umweltschädigende Eigenschaften werden unter den Tisch fallengelassen; z.B. bestimmte Inhaltsstoffe
- 2) Fehlende Belege: keine Informationen und wissenschaftliche Belege für die umweltschonende Aussage
- 3) Unzutreffende Argumentation: "grüne Projekte" unterstützen, unlogische Begründung (z.B. nur weil viel Geld ausgegeben wurde), Werbung mit Promis, die für Umweltschutz und Nachhaltigkeit stehen.
- 4) Vage Begriffe: „grün“, „natural“, „aus bis zu 70 % recyceltem Material“, „Enthält keine Mikro-Plastik-Kügelchen“
- 5) Fake-Labels: Firmeneigene Labels sind Labels, die auf Selbstauskünften von Unternehmen beruhen oder einfach nur Nachhaltigkeit symbolisieren sollen
- 6) Beschönigendes Design: Farbgestaltung, alles grün, natürlich etc.
- 7) Manipulation von Prozessen: etwa die Manipulation von Prüfungen oder Tests, die mit Hilfe von Software durchgeführt werden

- 8) Missbrauch von staatlichen Zertifizierungen: insbesondere von freiwilligen, staatlichen Zertifizierungen, mit denen Unternehmen versuchen den Eindruck zu erwecken, dass ihre Produkte oder Prozesse umweltfreundlicher sind als dies die Zertifizierung hergibt

Quelle: Verbraucherzentrale Baden-Württemberg e. V. (2023): GREENWASHING – EIN MYSTERY. https://www.verbraucherzentrale-bawue.de/sites/default/files/2023-05/geo_greenwashingeinmystery_handreichung.pdf

Beispiel Begleit-PowerPoint:

H&M nutzt im Beispiel folgende Methoden:

- Verschwiegenheit => Recycling wird betont, jedoch nur in Bezug auf dieses eine Produkt. Der überwiegende Großteil der Produkte wird nicht mit recycelten Materialien produziert
- Fehlende Belege => Es gibt keinerlei Belege für die Zahl auf dem Etikett (auch nicht auf der Website). Untersuchungen haben ergeben, dass oftmals bei den Zahlen der Zusammensetzungen unwahre Behauptungen aufgestellt werden.
- Beschönigendes Design => grünes Etikett entgegen sonst weißen Etiketten

Mögliche Lösungsvorschläge für das Arbeitsblatt:

- *Podcast der Verbraucherzentrale:*
 1. *Wobei haben Verbraucher*innen Probleme beim Kauf von nachhaltigen Produkten?*

Sie haben Probleme dabei zu erkennen, welche Produkte tatsächlich umweltfreundlich sind.
 2. *Wie funktioniert die Kompensation mithilfe von Zertifikaten und was ist die Problematik mit diesen Zertifikaten?*

Ein Unternehmen berechnet wieviel CO₂ in der Produktion entstanden ist und kauft Zertifikate, die die entsprechende Menge abdecken. Es gibt aber keine Kontrolle, ob die Projekte, die für die Abdeckung des CO₂s verwendet werden, tatsächlich existieren und funktionieren. Ebenso wird ihre Wirksamkeit oft deutlich überschätzt. Es wird nicht kontrolliert, ob die Projekte noch laufen und ob Zertifikate nur einmal vergeben werden.
 3. *Welche weiteren Tricks nutzen Firmen, um ihr Produkt umweltfreundlicher erscheinen zu lassen?*

Nutzung von Umweltclaims; Nutzung von Begriffen wie „umweltfreundlich“, „kompostierbar“, „plastikfrei“ (die Begriffe beziehen sich oft nur auf die Verpackung);
 4. *Wie könnte man die unübersichtliche Situation verbessern?*

Nur belegbare Aussagen dürfen verwendet werden; Verbot für Werbung mit selbstverständlichen Aussagen wie „befindet sich in einem Glas“; bevor ein Begriff verwendet werden darf, sollte er von einer unabhängigen Stelle geprüft werden; es sollten nur die Produkte als umweltfreundlich beworben werden dürfen, die tatsächlich umweltfreundlich sind;

- *Arbeitsblatt zu Greenwashing:*

- Beispiel Babynahrung:
 - Greenwashing: Ja
 - Methode: Fehlende Belege, Fake-Labels, beschönigendes Design
 - Begründung: Für die Aussagen zu „Bio“ wird ein eigenes Siegel verwendet; Design mit vielen typisch natürlichen Elementen wie Blättern, grüner Farbe, Naturbilder etc.; Bezeichnung „klimapositiv“ irreführend und nur durch den Kauf von Zertifikaten;
- Beispiel Müllbeutel:
 - Greenwashing: Nein
 - Methode: X
 - Begründung: Es werden recycelte Materialien wiederverwertet (Hinweis: haushaltsnaher Müll)
- Beispiel Wasserflasche:
 - Greenwashing: Nein
 - Methode: X
 - Begründung: Recycling der Flaschen durch das rePET-Verfahren in eigenen Fabriken
- Beispiel Lippenpflegestift:
 - Greenwashing: Ja
 - Methode: Verschweigen, beschönigendes Design
 - Begründung: Versprechen, dass Lippenpflegestift „als recyclebare Verpackung konzipiert“ ist -> kann jedoch nur recycelt werden, wenn entsprechende Anlagen zur Verfügung stehen. Auf diesen Fakt wird klein, in einem mit einem Sternchen versehenen Absatz, hingewiesen; Verwendung von grüner Farbe und Blättern, was Natürlichkeit suggeriert;
- Beispiel Zahnbürste:

- Greenwashing: Ja
- Methode: Verschweigen, unzutreffende Argumentation
- Begründung: Das Fenster der Zahnbürstenverpackung kann aus umweltfreundlichen Materialien gefertigt sein, die Zahnbürste selbst ist aber dennoch aus Kunststoff.

Modul E: Recycling von Kunststoffen in der Praxis



Autor*in: Carina Mur-Spiegl

Stellung in der Unterrichtsreihe:

Dieses Modul ist ein Erweiterungsmodul. Die einzelnen Unterrichtseinheiten können individuell eingesetzt und angeordnet werden.

Motivation:

Die Schüler*innen können das gelernte Wissen in der Praxis beobachten und lernen über Umsetzungsmöglichkeiten sowie berufliche Entfaltungsmöglichkeiten.

Lern- und Kompetenzziele:

Die Schüler*innen können...

Wissen aneignen und kommunizieren:

- mathematische, naturwissenschaftliche sowie technische Begriffe, Fakten, Regeln und Phänomene benennen sowie mit dem täglichen Leben in Zusammenhang bringen
- mathematische, naturwissenschaftliche Phänomene, gesellschaftliche Fragen und informatische, technische Anwendungen verstehen
- Lösungen für MINT-fokussierte Fragestellungen verstehen und beurteilen

Selbstwirksam entwickeln:

- problemlösungsorientierte Diskussionen führen
- sich selbst in Bezug auf die technisch-digitalisierte Lebenswelt einordnen und reflektieren sowie Selbstwirksamkeit erlernen
- sich selbst als kreative, kommunikative, kooperierende wie kritische Gestalter*innen der Zukunft wahrnehmen

Materialien:

Phase	Inhalt / Beschreibung	Methode	Materialien
Individuell	Außerschulisches Lernen Die Schüler*innen bekommen die Möglichkeit an einem außerschulischen Ort über Recycling, Kunststoff und die Problematik von Mikroplastik zu lernen. Da es hier große regionale Unterschiede gibt, bedarf es einer Recherche über die Firmen bzw. Möglichkeiten in der Nähe des Schulstandortes.	Individuell	Individuell

Diese Materialien konnten leider noch nicht erprobt werden.

Sie möchten über Updates informiert werden oder Ihre Erfahrungen mit diesem Material für die Weiterentwicklung teilen? Kontaktieren Sie uns gerne über <https://www.imst.ac.at/mint-unterrichtsmaterial>

Phase	Inhalt / Beschreibung	Methode	Materialien
	Gute Anlaufstellen sind Recycling- bzw. Wertstoffhöfe, Sortieranlagen und Klärwerke. Anbei finden Sie eine Liste mit Orten, die für Exkursionen in Frage kommen könnten.		

Mögliche Orte für Exkursionen – (Individuelle Anfrage notwendig!):

- Vorarlberg:
 - o Locker Recycling (viele mögliche Standorte) (<https://locker-recycling.com/at/>)
- Tirol:
 - o DAKA Entsorgungsunternehmen – Zentrale Schwaz (<https://www.daka.tirol/>)
 - o Höpperger Leichtverpackungs-Sortier-Anlage in Pfaffenhofen (<https://hoepperger.at/aufbereitungsanlagen/leichtverpackungssortierung/>)
 - o Recyclingzentrum Ahrental - Innsbruck (<https://www.rz-ahrental.at/>)
 - o Recycling- und Abfallanlagen – Innsbruck (z.B.: <https://www.ikb.at/abfall/recyclinghof-innsbruck>)
- Salzburg:
 - o Umweltschutzanlagen Siggerwiesen (<https://www.umweltschutzanlagen.at/>)
- Oberösterreich:
 - o Linz AG (<https://www.linzag.at/portal/de/privatkunden/zuhaus/abfall/abfallberatung/abfallberatung.html#>)
- Niederösterreich:
 - o Locker Recycling (Krems, St. Pölten) (<https://locker-recycling.com/at/>)
- Steiermark:
 - o Saubermacher Kunststoffsortieranlage (<https://www.erlebnisswelt-wirtschaft.at/erlebnistouren/38-saubermacher-kunststoffsortieranlage.php>)
 - o S.P.A.S.S. – Box (<https://www.ubz-stmk.at/materialien-service/praxiskofferverleih/lernwerkstatt-spassbox/>)
- Kärnten:
 - o Steinbeis POLYVERT Anlagen (<https://www.steinbeis-polyvert.com/>)
- Burgenland:
 - o PET to PET (<https://www.pet2pet.at/de/fuehrungen>)
- Wien:
 - o MA 48 (<https://www.wien.gv.at/umwelt/ma48/beratung/besichtigungen-aba.html>)

Methodisch-didaktische Überlegungen:

Variante: Film

Da es nicht für alle Schulen und Lehrpersonen möglich ist, Exkursionen anzubieten, wäre an dieser Stelle ein thematisch passender Film eine mögliche Alternative, um den Schüler*innen dennoch Informationen über die Problematik des Recyclings (von Kunststoffen) im Lebensalltag zu geben.



Ein passender Film wäre „Die Recyclinglüge“ von Tom Costello und Benedikt Wermter.

<https://www.youtube.com/watch?v=KD8fcTyjP1E>

ODER

<https://www.ardmediathek.de/video/ndr-dokfilm/plastik-die-recycling-luege/ndr/Y3JpZDovL25kci5kZS80NjMyXzlwMjltMTAtMTktMDAtMDA>

Lösungen:

Aussage	Wahr	Falsch
Die Umweltaktivistin Nina Arisandi will Konzerne dazu bringen, weniger Kunststoff zu produzieren.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kreislaufwirtschaft bedeutet, dass Kunststoff immer wieder neu verwendet wird.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Man kann die verschiedenen Kunststoffsorten <u>nicht</u> in Siebtrommeln voneinander trennen.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Verschmutzte Kunststoffe werden selten recycelt, da die Wiederverwertung teurer ist als neuen Kunststoff zu verwenden.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

- Was versteht man unter energetischer Verwertung?
 - o Verbrennen von Produkten wie z.B. Kunststoffen
- Was wird durch die Verbrennung von Kunststoffen gewonnen?
 - o Energie, Strom
- Nenne Länder, die im Film genannt werden, in denen Schwarzhandel mit Müll stattfindet.
 - o Türkei, Bulgarien
- Was verspricht die Firma „Terracycle“?

- Sie recyceln Kunststoffprodukte und verwerten sie weiter. So sollen bspw. aus Katzenfutterverpackungen ein neues Produkt wie Näpfe o.Ä. werden.
- Was wird an dem Geschäftsmodell von „Terracycle“ kritisiert?
 - Weil dem Konsumenten vorgetäuscht wird, dass die gekauften Produkte recycelt würden, ohne dass dies tatsächlich passiert;
 - Intransparent
- Was wird beim Verbrennen von Kunststoffprodukten freigesetzt?
 - Toxine und Schwermetalle

Modul F: Rethink, Reduce, Reuse & Recycle



Autor*in: Carina Mur-Spiegl, Jennifer Dachauer, Rita Krebs

Stellung in der Unterrichtsreihe:

Dieses Modul ist ein Grundlagenmodul, bei welchem die empfohlene Reihenfolge eingehalten werden sollte.

Motivation:

Die Schüler*innen verknüpfen das Wissen der vorangehenden Module und entwickeln selbstwirksam als Gestalter*innen der Zukunft Informationsmaterial, um ihr Wissen zu teilen.

Lern- und Kompetenzziele:

Die Schüler*innen können...

Wissen aneignen und kommunizieren:

- mathematische, naturwissenschaftliche sowie technische Begriffe, Fakten, Regeln und Phänomene benennen sowie mit dem täglichen Leben in Zusammenhang bringen
- mathematische, naturwissenschaftliche Phänomene, gesellschaftliche Fragen und informatische, technische Anwendungen erweitert zusammendenken und verstehen
- Lösungen für MINT-fokussierte Fragestellungen verstehen und beurteilen.

Erkenntnisse gewinnen und interpretieren:

- über Ergebnisse strukturiert sprechen, Ergebnisse visualisieren und präsentieren sowie MINT- und fachsprachliche Kompetenzen vertiefend verbinden

Selbstwirksamkeit entwickeln:

- ihre Standpunkte inhaltlich argumentieren und problemlösungsorientierte Diskussionen führen
- ihre Teamfähigkeit durch Gruppenaufgaben erweitern
- sich selbst in Bezug auf die technisch-digitalisierte Lebenswelt einordnen und reflektieren sowie Selbstwirksamkeit erlernen
- sich selbst als kreative, kommunikative, kooperierende sowie kritische Gestalter*innen der Zukunft wahrnehmen

Materialien:

- ☐ Arbeitsheft
- ☐ Schreibmaterialien (übliches Schreibwerkzeug; Textmarker, wasserfester Marker, Filzstifte, Buntstifte usw. in verschiedenen Farben)
- ☐ Eventuell ausgedruckte Beispiele für Mikroplastik, Greenwashing, Beispiele von Kunststoffen, ...
- ☐ Plakate (Tonpapier mindestens A3)
- ☐ Begleit-PowerPoint

Diese Materialien wurden in
Teilen erfolgreich erprobt.

Sie möchten über Updates informiert
werden oder Ihre Erfahrungen
mit diesem Material für die
Weiterentwicklung teilen? Kontaktieren
Sie uns gerne über
[https://www.imst.ac.at/mint-
unterrichtsmaterial](https://www.imst.ac.at/mint-
unterrichtsmaterial)

Phase	Inhalt / Beschreibung	Methode	Materialien
Einstieg (35 Min.)	Vorstellen eines Concept Cartoons: <ul style="list-style-type: none"> - Vorstellung der Frage: „Wie kommt Kunststoff in die Welt?“ - Kleingruppendiskussion darüber, inwieweit die Aussagen des Concept Cartoons (un)angemessen sind - Diskussion & Reflexion im Plenum 	Kleingruppenarbeit, Plenum	Concept Cartoon (dieser ist sowohl im Arbeitsheft, der Begleit-PowerPoint als auch als zusätzliche Datei mit dem Dateinamen „Kunststoff_ModulF_ConceptCartoon“ zu finden)
	Sammeln der Themen und Fakten Eventuelles Ausarbeiten mit der „Ich-Du-Wir“-Methode	Einzel- oder Gruppenarbeit	Arbeitsheft und Schreibmaterialien für Schüler*innen
Zwischenphase (15-20 Min.)	Anfertigung einer Vernetzungskarte <ul style="list-style-type: none"> – Eine Vernetzungskarte ist eine Form der Mindmap, in der besonders Prozesse (bzw. in diesem das Kreislaufgeschehen) deutlich gemacht werden. Diese hilft Schüler*innen die gelernten Inhalte zu verknüpfen und Zusammenhänge deutlich zu machen. <p>Die in der vorhergehenden Phase wiederholten Begriffe werden nun geordnet und gemeinsam miteinander in Verbindung gebracht. Die Schüler*innen können hier ihre persönliche Gewichtung der Fakten vornehmen</p>	Einzel- oder Gruppenarbeit	Arbeitsheft und Schreibmaterialien für Schüler*innen Unterstützungsmaterialien (Arbeitsheft, Hilfskärtchen mit Begriffen und einem Beispiel für eine Vernetzungskarte -> Dateiname „Kunststoff_ModulF_Hilfskärtchen_Vernetzungskarte.docx“)
	Vergleichen der Vernetzungskarte <ul style="list-style-type: none"> – Schüler*innen präsentieren ihre eigenen Zeichnungen und begründen die Anordnung der Begriffe und Fakten <p>Lehrperson zeigt eine mögliche Lösung und verdeutlicht das Konzept des Kreislaufs</p>	Plenum	Arbeitsheft Entsprechende Folien der PowerPoint

Phase	Inhalt / Beschreibung	Methode	Materialien
Hauptteil (60-90 Min.)	<p>“Sei Teil der Mission!”</p> <ul style="list-style-type: none"> – Erstellung eines Posters, das entweder in der Schule verwendet, nach Hause mitgenommen o.Ä. wird, sodass die Schüler*innen ihr gewonnenes Wissen mit anderen Personen teilen können. <p>Anmerkung: Anstatt Poster können auch andere Formate wie bspw. ein Video, ein Blog, eine Informationsbroschüre, ein Rap, ein Poetry Slam etc. erstellt werden.</p>	Gruppenarbeit	<p>Arbeitsheft mit Vernetzungskarte</p> <p>Entsprechende Folien der PowerPoint mit weiteren relevanten Punkten</p>
Ausklang (30-45 Min.)	<p>Posterpräsentationen</p> <ul style="list-style-type: none"> – Die Poster werden im Klassenzimmer (oder bspw. Aula) aufgehängt und anschließend werden die Präsentationen abgehalten. – Mögliche zusätzliche Umsetzungsmöglichkeit: Jede*r Schüler*in bekommt 6 Klebpunkte und kann einmal 3, einmal 2 und einmal 1 Punkt verteilen. Die Top 3 bekommt einen Preis oder eine besondere Anerkennung für das besonders gelungene Plakat. 	Plenum	Poster

Methodisch-didaktische Überlegungen:

„Ich-Du-Wir“-Methode:

- 1) Problemstellung: Lehrperson stellt ein Problem vor. In diesem Falle wäre das Problem das Zusammenfassen bzw. Wiederholen aller besprochener Inhalte
- 2) Ich-Phase: Schüler*innen denken individuell über die Lösung des Problems nach.
- 3) Du-Phase: Lösung des Problems wird mit Partner*in besprochen. Es wird besonders auf unterschiedliche Ansätze, Probleme und offene Fragen achtgegeben.
- 4) Wir-Phase: Die Paare präsentieren ihre Ergebnisse. Unterschiedliche Vorgehensweisen und Schwerpunktsetzungen werden besprochen und reflektiert.

Fachliche Klärung zu den Aussagen des Concept Cartoons:

„Kunststoffe werden getrennt vom restlichen Müll gesammelt und anschließend recycelt. Aus dem recycelten Kunststoff entsteht immer wieder neuer Kunststoff.“

In Österreich werden Kunststoffverpackungen gemeinsam mit anderen „Leichtverpackungen“ (z.B. Konservendosen) in der gelben Tonne oder im gelben Sack gesammelt (Bundeskanzleramt Österreich, 2024). Weiteres Kunststoffmaterial (z.B. große Kunststoffkanister) ist auf dem Mistplatz zu entsorgen (Stadt Wien, 2024). Materialien mit Kunststoffanteilen (z. B. Windeln, Zahnbürsten) werden teilweise auch getrennt vom gelben Sack oder der gelben Tonne entsorgt. Insgesamt werden Kunststoffe daher nur teilweise getrennt von anderem Müll (z.B. Rest- oder Papiermüll, Sperrmüll) gesammelt (vgl. Bundesministerium Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019).

Im Jahr 2022 wurden in Österreich rund 79 % aller Kunststoffe thermisch verwertet (d. h. verbrannt), rund 20 % wurden stofflich verwertet, der restliche Kunststoffabfall wurde auf Deponien gelagert (vgl. Bernhardt et al., 2024). Abhängig von der Art des Kunststoffs ergeben sich unterschiedliche Herausforderungen für dessen Recycling. Werden einem Kunststoff bei der Produktion Stoffe wie z. B. Weichmacher hinzugefügt, so ist die Wiederaufbereitung dieses Kunststoffs schwieriger, wodurch es zu Qualitätsverlusten für die Wiederverwertung des Kunststoffs kommen kann (vgl. Koltzenburg et al., 2024, S. 623 f). Der Recycling-Prozess kann somit zur Verschlechterung der Eigenschaften von Kunststoffen führen (vgl. La Mantia, 2004). PET (Polyethylenterephthalat) hingegen kann beispielsweise gut recycelt werden (vgl. Koltzenburg et al., 2024, S. 624).

„Kunststoffe bestehen aus Erdöl. Dieses Erdöl wird aus dem Meeresboden gewonnen und in der Raffinerie in die einzelnen Bestandteile getrennt.“

Kunststoffe bestehen nicht aus Erdöl, Erdöl kann jedoch als Ausgangsstoff für die Herstellung von Kunststoffen dienen (vgl. Wöhrle, 2019). Für die Herstellung der Ausgangsstoffe für unterschiedliche Kunststoffe werden zunächst die einzelnen Bestandteile des Erdöls in der Raffinerie über die fraktionierte Destillation voneinander getrennt. Im Anschluss werden diese Bestandteile des Erdöls je nach Anwendungsbereich weiterverarbeitet, z. B. für die Herstellung von Kunststoffen (vgl. Wollrab, 2014, S. 273 ff). Neben der Herstellung von Kunststoffen auf Erdölbasis gibt es beispielsweise auch die Möglichkeit, biobasierte Kunststoffe zu erzeugen. Diese werden aus nachwachsenden Rohstoffen (z. B. Stärke) hergestellt (vgl. Iwata, 2015, S. 3254). Für nähere Informationen siehe Modul A.

„Kunststoffe haben viele für uns vorteilhafte Eigenschaften, sie sind leicht und vielseitig verwendbar. Sie kommen daher zum Beispiel als Verpackungsmaterial von Lebensmitteln, Hygieneprodukten oder Kleidung in unser tägliches Leben.“

Kunststoffe haben für den Menschen viele vorteilhafte Eigenschaften. Bei dieser Aussage sollte eine kritische Diskussion angeregt werden, in welchem Ausmaß Kunststoffe im täglichen Leben notwendig sind bzw. in welchen Bereichen ihr Einsatz reduziert werden könnte.

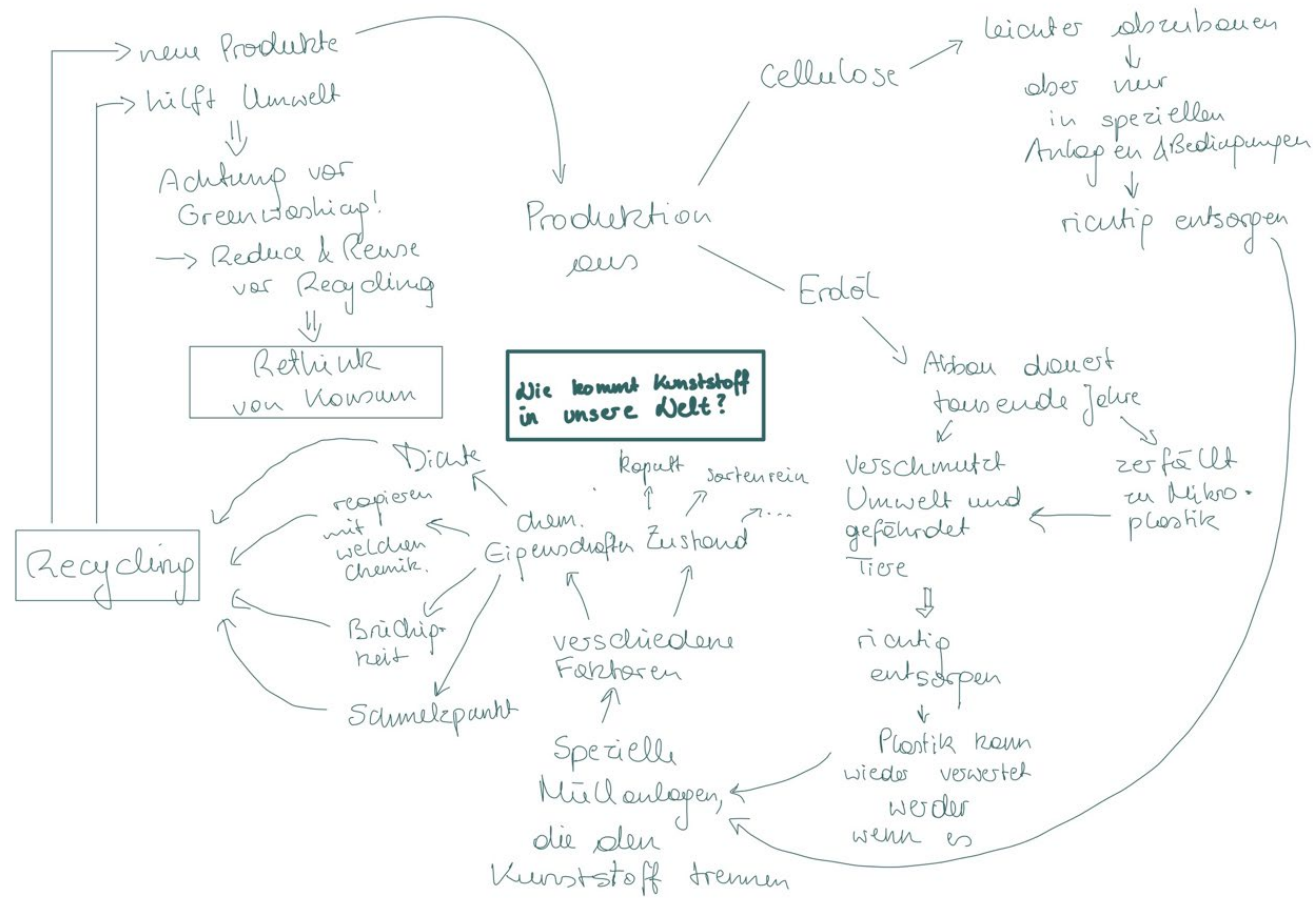
„Kunststoffe, die nicht richtig entsorgt werden, sammeln sich als Mikroplastik im Boden und Wasser.“

Kunststoffe, die nicht angemessen entsorgt werden und dadurch beispielsweise in Flüssen oder Meeren oder auf Deponien landen, können durch unterschiedliche Umwelteinflüsse (z.B.: Wind) in immer kleinere Bestandteile bis hin zu Mikroplastik zerkleinert werden. Dieses Mikroplastik kann dann beispielsweise von kleinsten Lebewesen aufgenommen und über die Nahrungskette an andere Lebewesen weitergegeben werden. Mikroplastik gelangt jedoch nicht nur über unsachgemäß entsorgten Kunststoffmüll in die Umwelt. Auch alltägliche Prozesse wie die Entstehung, Entsorgung und Klärung von Abwasser können dazu beitragen, dass Mikroplastik in die Umwelt gelangt (vgl. Primpke et al., 2017).

„Viele Firmen arbeiten der Umwelt zuliebe mit biobasierten Kunststoffen. Oft haben diese Firmen Labels, die zeigen, dass Kunststoffe nachhaltig hergestellt wurden und biologisch abbaubar sind.“

Bei dieser Aussage ist es wichtig, auf den Unterschied zwischen „biobasiert“ und „biologisch abbaubar“ einzugehen. Biobasierte Kunststoffe werden aus nachwachsenden Rohstoffen wie beispielsweise Stärke hergestellt. Biologisch abbaubare Kunststoffe werden durch Einwirkung von Mikroorganismen wie beispielsweise Bakterien oder Pilzen vollständig zu Kohlenstoffdioxid und Wasser abgebaut. Biobasierte Kunststoffe können, müssen aber nicht gleichzeitig auch biologisch abbaubar sein (vgl. Iwata, 2015, S. 3254). „Der Umwelt zuliebe“ könnte auf Greenwashing hindeuten, weshalb die Lernenden dazu animiert werden sollten, diese Aussage kritisch auf mögliche Strategien von Greenwashing zu überprüfen. Für nähere Informationen zu diesem Thema siehe Modul D.

Beispiel für eine Vernetzungskarte:



Weiterführende Lernumgebungen

Wie kann diese Lernumgebung sinnvoll weitergeführt bzw. erweitert werden?

- ☐ PlasticPirates (<https://www.plastic-pirates.eu/at/material/download>)

Bei Fragen und Hinweisen zu den Unterrichtsmaterialien,
können Sie sich gerne via der folgenden E-Mail-Adresse melden:

Carina Mur-Spiegl
carina.mur-spiegl@uibk.ac.at

Literatur

- Bernhardt, A., Brandstätter, C., Broneder, C., Gold, C., Neubauer, C., Oliva, J., Roll, M., Schaffernak, A., Stoifl, B., Tesar, M., Wankmüller-Tista, M., Walter, B., & Weißenbach, T. (2024). *Die Bestandsaufnahme der Abfallwirtschaft in Österreich. Statusbericht 2024 für das Referenzjahr 2022*. Bundesministerium Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie.
- Blum, W., & Kaiser, G. (2018). Zum Lehren und Lernen des mathematischen Modellierens – eine Einführung in theoretische Ansätze und empirische Erkenntnisse. In H.-S. Siller, G. Greefrath, & W. Blum (Hrsg.), *Neue Materialien für einen realitätsbezogenen Mathematikunterricht 4* (S. 1–16). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-17599-3_1
- Blum, W., & Schukajlow, S. (2018). Selbständiges Lernen mit Modellierungsaufgaben – Untersuchung von Lernumgebungen zum Modellieren im Projekt DISUM. In S. Schukajlow & W. Blum (Hrsg.), *Evaluierte Lernumgebungen zum Modellieren* (S. 51–72). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-20325-2_4
- Bormann, A., Kriesche, G., & Reisen, M. (2016). *Verfahren und Anlage zur Herstellung von PET-Granulat* (Patent DE102014110337 (A1)). <https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=DE&NR=102014110337A1&KC=A1&FT=D&ND=&date=20160128&DB=EPODOC>

- &locale=#
 Bundeskanzleramt Österreich. (2024). *Alle Plastikverpackungen in die Gelbe Tonne*.
https://www.oesterreich.gv.at/nachrichten/bauen_wohnen_und_umwelt/Alle-Plastikverpackungen-in-die-Gelbe-Tonne.html
 Bundesministerium Nachhaltigkeit und Tourismus. (2019). *Abfall Trenn-ABC*.
 Die Umweltberatung. (2023). *Abfallumrechnungstabelle*.
 Europäisches Parlament. (2018). *Die Maßnahmen der EU für weniger Kunststoffmüll in Europa*.
 Goldmann, J., & Leisen, J. (2003). *Abgestufte Lernhilfen*. Friedrich Verlag.
www.josefleisen.de/downloads/methodenwerkzeuge/54%20Abgestufte%20Lernhilfen%20NiU%202003.pdf
 Greefrath, G. (2018). *Anwendungen und Modellieren im Mathematikunterricht: Didaktische Perspektiven zum Sachrechnen in der Sekundarstufe*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-57680-9>
 Iwata, T. (2015). Biologisch abbaubare und biobasierte Polymere: Die Perspektiven umweltfreundlicher Kunststoffe. *Angewandte Chemie*, 127(11), 3254–3260. <https://doi.org/10.1002/ange.201410770>
 Koltzenburg, S., Maskos, M., & Nuyken, O. (2024). *Polymere: Synthese, Eigenschaften und Anwendungen* (2. Auflage). Springer Spektrum.
 La Mantia, F. P. (2004). Polymer Mechanical Recycling: Downcycling or Upcycling? *Progress in Rubber, Plastics and Recycling Technology*, 20(1), 11–24. <https://doi.org/10.1177/147776060402000102>
 Latscha, H. P., Kazmaier, U., & Klein, H. A. (2016). *Organische Chemie. Chemie-Basiswissen II*. (7. Auflage). Springer-Verlag.
 Nickel, H. (2023). Thermoplast oder Duroplast? *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 4/23, 10–16.
 Office of Energy Efficiency & Renewable Energy. (2021). *Consumer Guide to Recycling Codes*. U.S. Department of Energy. https://www.energy.gov/sites/default/files/2021-12/ES_ConsumerGuide_RecyclingCodes.pdf
 Primpke, S., Imhof, H., Piehl, S., Lorenz, C., Löder, M., Laforsch, C., & Gerdt, G. (2017). Mikroplastik in der Umwelt: Umweltchemie. *Chemie in unserer Zeit*, 51(6), 402–412. <https://doi.org/10.1002/ciuz.201700821>
 Seilnacht, T. (o.J.). Erdölverarbeitung. In *Seilnacht*. <https://www.seilnacht.com/Lexikon/erdoel.html>
 Sottriffer, A., & Reindl, A. (2006). *Microscale Schülerexperimente mit Low Cost Equipment II*. https://www.imst.ac.at/imst-wiki/images/6/6f/371_Langfassung_Sottriffer.pdf
 Stadt Wien. (2024). *Das Mist-ABC. Müll richtig entsorgen*. <https://www.wien.gv.at/umwelt/ma48/beratung/muelltrennung/mistabc.html#k>
 STATISTIK Austria. (2024). *Bevölkerung im Jahresdurchschnitt*.
 Verbraucherzentrale Baden-Württemberg e. V. (2023): GREENWASHING – EIN MYSTERY. https://www.verbraucherzentrale-bawue.de/sites/default/files/2023-05/geo_greenwashingeinmystery_handreichung.pdf
 Wöhrle, D. (2019). Wichtige Werkstoffe unserer Zeit: Kunststoffe. *Chemie in unserer Zeit*, 53, 50–64. <https://doi.org/10.1002/ciuz.201800752>
 Wollrab, A. (2014). *Organische Chemie. Eine Einführung für Lehramts- und Nebenfachstudenten*. (4. Auflage). Springer Verlag.

Version 1.1, Stand: 1. Dezember 2024



Die hier veröffentlichten Inhalte (Texte, Illustrationen, Bilder) stehen – sofern nicht explizit anders angegeben – unter der [CC BY NC SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/) Lizenz. Bei einer Weiterverwendung sollen folgende Angaben gemacht werden:

Mur-Spiegl, C., Dachauer, J., Krebs, R., Tschauko, O., Hausegger, P., & Schwarzer, M. (2024). *Wie kommt Kunststoff in die Welt?* (Version 1.1). IMST. <https://www.imst.ac.at>. [CC BY NC SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).