

Die geheimnisvolle Flasche

Elisabeth Hofer, Sandra Puddu, Katrin Reiter, Simone Abels, Anja Lembens

Klassenstufe

ab der 7. Klasse (11. Schulstufe)

Themen

Dichtebegriff, Mischbarkeit verschiedener Lösungen, Ausbildung von Phasen/Grenzschichten zwischen nicht mischbaren Flüssigkeiten, Bildung von Emulsionen, Kunststoffe und Möglichkeiten zu deren Recycling.

Fachliche Ziele

Die SchülerInnen können die Mischbarkeit von Flüssigkeiten sowie die Ausbildung von Phasen bei nichtmischbaren Flüssigkeiten mit entsprechenden Fachbegriffen (Polarität, Dichte, Grenzfläche, Emulsion) beschreiben und erklären. Sie kennen verschiedene Kunststoffe und sind mit der Kennzeichnung durch Recyclingcodes vertraut. Außerdem können die SchülerInnen verschiedene Aspekte des Themas Kunststoffrecycling (abhängig von der Extend-Phase) unter Verwendung von Fachbegriffen erläutern.

Handlungskompetenz ‚Wissen organisieren‘

Die SchülerInnen können Recherchen durchführen und die daraus gewonnenen Informationen adressatengerecht darstellen und für Diskussionen verwenden. Sie wissen über die Bedeutung des Themas Kunststoffrecycling für unsere Gesellschaft Bescheid.

Handlungskompetenz ‚Erkenntnisse gewinnen‘

Die SchülerInnen können zum präsentierten Phänomen Fragen stellen und Hypothesen bilden. Sie können zu den Fragestellungen und Vermutungen passende Untersuchungen planen, durchführen und auswerten.

Handlungskompetenz ‚Konsequenzen ziehen‘

Die SchülerInnen sind in der Lage, die Ergebnisse aus ihren Untersuchungen kritisch zu hinterfragen und anschließend entsprechend zu interpretieren. Sie kennen die Bedeutung der dargestellten Inhalte für gesellschaftlich relevante Fragen im Zusammenhang mit der Entsorgung und Verwertung von Müll.

Alltagsbezug

Phänomen des Schwimmens und Sinkens; nicht mischbare Flüssigkeiten (z. B. Wasser und Öl); auf der Wasseroberfläche schwimmende „Ölteppiche“ bei Unfällen in Verbindung mit Erdöl; Umweltproblematik der Kunststoffe; Kunststoffrecycling.

Das Phänomen

Betrachtet man die geheimnisvolle Flasche (Abb. 1), so sieht man kleine Kunststoffstücke in zwei verschiedenen Farben, die in einer mit farbloser Flüssigkeit gefüllten Flasche etwa auf halber Höhe schweben.

Wird die Flasche geschüttelt, kann anschließend ein überraschender Vorgang beobachtet werden: die vermeintlich schwebenden Kunststoffstücke bewegen sich in entgegengesetzte Richtungen. Die dunklen Kunststoffstücke sinken zu Boden, während die hellen zur Oberfläche aufsteigen (Abb. 2). Lässt man die Flasche kurze Zeit ruhig stehen, so kehren alle Kunststoffstücke wieder in ihre Ausgangsposition zurück – sie scheinen wieder auf halber Höhe in der Flüssigkeit zu schweben, wie ein fliegender Teppich. Ein Video zu diesem Phänomen ist verfügbar. [2]



Abb. 1: Die geheimnisvolle Flasche



Abb. 2: Die dunklen Kunststoffstücke sinken zu Boden, die hellen steigen auf.

Die folgenden Vorschläge und Gedanken sollen als Ideen für eine Unterrichtssequenz im Sinne des Forschenden Lernens auf Level 2 (s. Einführungsartikel in diesem Heft) zum Thema Dichte, Mischbarkeit und Phasenbildung dienen. Das Thema Kunststoffrecycling ist eine Möglichkeit für die Gestaltung der Erweiterungsphase, sie könnte aber von ebenso vielen anderen Themen, wie z. B. Kunststoffarten, Kunststoffproduktion, Löslichkeit verschiedener Stoffe etc. geprägt sein.

Benötigtes Material und Vorbereitung für die Engage-Phase¹

1 Liter Flasche (farblos und durchsichtig, verschließbar)

Flüssigkeiten: 450 mL 20%ige Kochsalzlösung, 450 mL Propan-2-ol

Kunststoffstücke in zwei Farben, ca. 5 mm x 5 mm:

- a) nicht expandiertes Polystyrol (PS) und
- b) High Density Polyethen (HDPE), diese können leicht aus entsprechenden Kunststoffverpackungen zurechtgeschnitten werden, z. B. aus Joghurt- oder Kunststofftrinkbechern (PS) und Fruchtsaft- oder Reinigungsmittelflaschen (HDPE).

Bevor die geheimnisvolle Flasche einsatzbereit ist, müssen die verschiedenen Kunststoffstücke in die Flasche gegeben werden, die anschließend mit den oben beschriebenen Flüssigkeiten befüllt wird. Nach dem Verschließen wird die Flasche kräftig geschüttelt, sodass alle Kunststoffstücke gut mit dem Flüssigkeitsgemisch benetzt sind. Nun steht dem Bestaunen des Phänomens nichts mehr im Wege.

Engage-Phase

Die vorbereitete Flasche soll nun dazu dienen, die SchülerInnen in Staunen zu versetzen und dadurch ihr Interesse für die geplanten Inhalte zu wecken. Zu diesem Zweck wird die geheimnisvolle Flasche im Unterricht so präsentiert, dass der mysteriöse Effekt gut beobachtet werden kann. Dabei sollten möglichst viele SchülerInnen mit dem Phänomen direkt in Kontakt kommen, um genau beobachten zu können. Hier können auch mehrere Flaschen oder ein Video zum Einsatz kommen. Eine Idee für eine Präsentation des Phänomens sehen Sie unter <https://youtube/RDFcFACQMHk>.

Die Lehrperson ist nun gefordert, die Aufmerksamkeit der SchülerInnen auf die Beobachtung des Phänomens zu lenken. Um die Gedanken der SchülerInnen in dieser Phase des Erstaunens zu fokussieren, könnten folgende Fragen hilfreich sein: Was kannst du beobachten?, Was passiert hier?, Welche Fragen ergeben sich aus deinen Beobachtungen?, Hast du bereits Vermutungen, wie dieser Effekt zustande kommt?, Wo hast du ein ähnliches Phänomen schon einmal beobachtet?

Als Alternative könnten die SchülerInnen auch vor dem Schütteln der Flasche dazu aufgerufen werden, eine Vorhersage zu treffen, was wohl nach dem Schütteln in der Flasche passieren wird.

Die Beobachtungen und Vermutungen der SchülerInnen werden in der Klasse besprochen und diskutiert. Währenddessen oder auch im Anschluss daran werden die Fragen, die aufgetreten sind oder von der Lehrperson angeregt wurden, gesammelt. Diese Fragen bilden den Grundstein für die Arbeit in der nächsten Phase (Explore-Phase) und sollen deshalb gemeinsam mit den SchülerInnen gut überlegt und genau ausformuliert werden, denn entlang dieser Fragen soll das Phänomen der geheimnisvollen Flasche erforscht werden.

¹ Zur Erklärung des hier verwendeten Phasenmodells s. Einführungsartikel in diesem Heft (5E-Modell)

Evaluate der Engage-Phase

Was kann die Lehrperson in dieser Phase über das Vorwissen und die Vorstellungen der Lernenden erfahren? Während dieser Einstiegsphase kann die Lehrperson Informationen darüber gewinnen, wie kreativ die SchülerInnen in ihren Ideen, Fragestellungen und Vermutungen sind. Zusätzlich kann die Lehrperson in der Diskussionsphase darauf achten, welches Vorwissen die SchülerInnen zu diesem Zeitpunkt bereits einbringen und ob sie dieses für ihre Vermutungen und Fragen heranziehen. Eine andere Möglichkeit wäre, den Fokus auf die Beobachtungskompetenz der SchülerInnen zu legen: Wie exakt beobachten sie die Vorgänge? Unterscheiden sie zwischen Beobachtungen und Interpretationen? Welche Wörter verwenden sie in ihren Ausführungen? Können sie Vorgänge alltagssprachlich umschreiben? Verwenden sie Fachbegriffe?

Explore-Phase

Das Ziel der Explore-Phase besteht darin, die in der Engage-Phase aufgetretenen Fragen mithilfe geeigneter Untersuchungen zu beantworten. Dazu stehen den SchülerInnen verschiedene Materialien und Geräte zur Verfügung, die Informationen und Aufschluss zu den Themen Dichte und Mischbarkeit von Flüssigkeiten bzw. Kunststoffen geben können. Im Sinne von Inquiry Level 2 sollen die Untersuchungen von den SchülerInnen selbst geplant und durchgeführt werden. Die SchülerInnen sollen ihre Untersuchungspläne der Lehrperson jedoch vor Arbeitsbeginn präsentieren (Folgende Untersuchungen haben wir geplant / Mit unseren Untersuchungen wollen wir diese Fragen beantworten / Wir wollen unsere Untersuchungen nach diesem Schema durchführen usw.).

Material und Vorbereitung für die Explore-Phase







Das Materialangebot für die Untersuchungen könnte z. B. aus Eprovetten mit Stopfen, Eprovettenständern, Pinzetten, farbigen Stücken verschiedener Kunststoffe und Glasstäben bestehen. Statt der Eprovetten können auch kleine Bechergläser verwendet werden. Zusätzlich stehen den SchülerInnen acht verschiedene Flüssigkeiten mit verschiedenen Dichten bzw. Eigenschaften zur Verfügung. Von jeder Flüssigkeit sollten ca. 250 mL in beschrifteten Gefäßen, z. B. Tropfflaschen bereitgestellt werden. Tabelle 1 enthält einen Vorschlag für die Beschriftung der Gefäße.

Außerdem werden auch noch verschiedene Kunststoffe bereitgestellt, entweder bereits in kleine Stücke geschnitten oder die SchülerInnen zerkleinern die Kunststoffe aus verschiedenen Verpackungen selbst, z. B. Obstschalen, Weichspülerflaschen etc.

Nr.	Dichte [g/cm ³]	Inhalt
1	0,79	Ethanol
2	0,91	Mischung aus 596 cm ³ Ethanol und 439 cm ³ deionisiertem Wasser
3	0,94	Mischung aus 448 cm ³ Ethanol und 586 cm ³ deionisiertem Wasser
4	1,00	deionisiertes Wasser
5	1,15	Lösung aus 184 g K ₂ CO ₃ und 965 cm ³ deionisiertem Wasser
6	1,38	Lösung aus 513 g K ₂ CO ₃ und 866 cm ³ deionisiertem Wasser
7	0,79	Propan-2-ol
8	1,15	Lösung aus 200 g NaCl und 800 cm ³ deionisiertem Wasser, das entspricht einer 20%igen Kochsalzlösung

Tab. 1: Verwendete Flüssigkeiten und ihre Dichten

Tabelle 2 zeigt eine Übersicht über die Recyclingcodes der verwendeten Kunststoffe:

Polyethylen-terephthalat 	Polyethen mit hoher Dichte 	Polyvinylchlorid 
Polyethen mit geringer Dichte 	Polypropen 	Polystyren, expandiertes Polystyren 

Tab. 2: Verwendete Kunststoffe und ihre Recyclingcodes

Alle Recyclingcodes und die entsprechenden Symbole sind unter http://www.tabelle.info/recycling_code.html zu finden.

Tipp: Einige kleine Siebe können beim Auffangen der Kunststoffstücke im Zuge der Entsorgung der bei der Untersuchung des Phänomens vermischten Flüssigkeiten hilfreich sein.

Evaluat der Explore-Phase

Neben praktischen Fertigkeiten können die Lehrenden in der Explore-Phase auch Kompetenzen der SchülerInnen in den Bereichen Planung, Datensammlung usw. beobachten. Folgende Fragen könnten als Anregung dienen: Werden die Experimente von den SchülerInnen systematisch geplant und durchgeführt? Wie gut können die SchülerInnen mit den verwendeten Geräten und Materialien umgehen? Verwenden die SchülerInnen Fachbegriffe, wenn sie miteinander über das Phänomen und ihre Vorgehensweise bei der Untersuchung sprechen? Gestalten die SchülerInnen ein übersichtliches und gut nutzbares Protokoll? Wie systematisch gehen die Lernenden mit Variablen um? [1]

Explain-Phase

Während der Explore-Phase haben die SchülerInnen durch ihre Untersuchungen Informationen und Erkenntnisse zu den Bestandteilen der geheimnisvollen Flasche gewonnen. Diese sollen sie nun verwenden, um das Phänomen der schwebenden Kunststoffstücke möglichst gut und ausführlich zu erklären. Um die entsprechenden Fachbegriffe bzw. Detailinformationen in die Erklärungen einfließen zu lassen, könnte die Lehrperson passende Fachtexte oder eine Linkliste zur Verfügung stellen, eine Präsentation vorbereiten oder einen kurzen Vortrag halten. Wie detailliert die fachlichen Ausführungen an dieser Stelle sein sollen, hängt einerseits von der Schulstufe und andererseits von den fachlichen Zielen ab. Die Lehrperson entscheidet, welche und wie viele Fachbegriffe (Phase, Grenzfläche, Emulsion, polar/unpolar usw.), Zusammenhänge und Vernetzungen sie von den SchülerInnen für dieses Experiment erwartet. Fachliche Vertiefungen und zusätzliche Inhalte können auch in der anschließenden Extend-Phase noch Platz finden.

Fachliche Klärung

In der geheimnisvollen Flasche befinden sich zwei farblose Flüssigkeiten mit verschiedenen Dichten, die nur begrenzt mischbar sind. Propan-2-ol (Dichte ca. 0,79 g/cm³) bildet die obere Phase, während sich die 20%ige NaCl-Lösung (Dichte ca. 1,15 g/cm³) unterhalb der Propan-2-ol-Phase befindet. Die Dichten der Kunststoffstücke liegen zwischen den Dichten der beiden Flüssigkeiten (High Density Polyethen (HDPE): 0,94-0,97 g/cm³ und Polystyrol (PS): 1,04-1,09 g/cm³ haben beide höhere Dichten als das Propan-2-ol und niedrigere Dichten als die NaCl-Lösung) und befinden sich deshalb auf halber Höhe der Flasche im Bereich der Grenzschicht. Wird die Flasche geschüttelt, so vermengen sich die beiden Flüssigkeiten kurzfristig. Dadurch entsteht eine Emulsion, deren Dichte zwischen den Dichten der beiden Kunststoffe liegt – die Kunststoffstücke ordnen sich entsprechend ihrer Dichte an der Oberfläche (HDPE) bzw. am Boden (PS) der Flasche an. Trennen sich die beiden Flüssigkeiten langsam wieder, so bildet sich eine Phasengrenze zwischen Propan-2-ol und der NaCl-Lösung und die Kunststoffstücke kehren nach und nach in ihre Ausgangsposition zurück. Liegen die beiden Flüssigkeiten schließlich wieder in zwei Phasen übereinander vor, scheint die Schicht aus Kunststoffstücken wie zu Beginn der Beobachtung auf halber Höhe der Flasche zu schweben.

Evaluat der Explain-Phase

In dieser Phase der Erklärungen und Begründungen kann die Lehrperson Rückmeldungen über das fachliche Wissen der SchülerInnen und dessen Struktur erhalten. Mögliche Fragen hierfür wären z. B.: Verwenden die SchülerInnen die Ergebnisse aus den Untersuchungen sinnvoll für ihre Erklärungen? Werden die gelernten Zusammenhänge zum Begründen und Verteidigen ihrer Schlussfolgerungen angewendet? Setzen die SchülerInnen Fachbegriffe wie Dichte, Mischbarkeit, Phasen, Grenzphase usw. (angemessen) ein?

Extend-Phase

Für die Erweiterungsphase sind je nach Schwerpunktsetzung im Unterricht und Interesse der SchülerInnen verschiedene Erweiterungen und Vertiefungen denkbar. Nachdem die Aufgabe auf Level 2 zu bearbeiten gewesen ist (begleitetes Forschendes Lernen, s. Einführungsartikel in diesem Heft), könnten die SchülerInnen nun den eventuell entstandenen eigenen Fragen (Level 3, offenes Forschendes Lernen) nachgehen, die während der vorangegangenen Untersuchungen aufgetreten sind. Es könnten auch inhaltliche Vertiefungen (z. B. zu Polarität, Löslichkeit, Kunststoffarten, Kunststoffherzeugung usw.) in dieser Unterrichtsphase stattfinden.

Als mögliches Beispiel einer Erweiterung sollen an dieser Stelle Vorschläge zum Thema „Recycling von Kunststoffen“ gemacht werden:

Vorschlag 1

Die SchülerInnen entwickeln mit Hilfe ihres erworbenen Wissens ein Verfahren, das die Trennung verschiedener Kunststoffarten im Zuge des Kunststoffrecyclings ermöglichen soll. Als Herausforderung können zusätzliche Anforderungen wie beispielsweise die Trennung von mehr als zwei verschiedenen Arten, ein möglichst umweltfreundliches oder ein möglichst ökonomisches Verfahren dienen.

Vorschlag 2

Die SchülerInnen halten Kurzreferate, in denen sie verschiedene Trennmethode im Bereich des Kunststoffrecyclings vorstellen und evtl. auch praktisch demonstrieren. Dabei könnten sie auf die entsprechenden Verfahren, deren Vor- und Nachteile sowie Einsatzbereiche eingehen. Häufig angewendete Sortierverfahren verwenden u. a. die Eigenschaften Dichte, Löslichkeit, elektrische Leitfähigkeit, Benetzbarkeit oder Partikelgröße.

Vorschlag 3

Impulsfragen könnten durch Diskussionen oder Recherchen behandelt werden. Ein Beispiel wäre etwa „Welche Gründe könnte es haben, dass in einigen Regionen Österreichs ausschließlich PET-Flaschen und keine anderen Kunststoffe gesammelt werden, während in anderen Regionen die gesamte Leichtfraktion (Gelber Sack) gemeinsam gesammelt wird?“

Vorschlag 4

Um sich Informationen zum Thema Kunststoffrecycling zu beschaffen, könnte auch eine Exkursion zu einer Recycling-Anlage stattfinden oder entsprechende Filme könnten angeschaut werden. Die SchülerInnen könnten auch recherchieren, welche Produkte aus recycelten Kunststoffen hergestellt werden, welche Eigenschaften diese haben und wo sie zum Einsatz kommen. Im Anschluss daran könnten die SchülerInnen auch selbst ein Informationsvideo zum Thema Kunststoffrecycling erstellen. Eine Auswahl an Links und Adressen ist unter dem Punkt „Weiterführende Informationen und Adressen“ zu finden.

Vorschlag 5

Die SchülerInnen könnten in Supermärkte gehen und dort sowie im Internet und der entsprechenden Literatur recher-

chieren, welche Verpackungen und Gegenstände aus recycelten Kunststoffen hergestellt werden. Zusätzlich könnte ausgearbeitet werden, welche Eigenschaften recycelbare Kunststoffe aufweisen müssen und welche Eigenschaften diese Produkte besitzen.

Evaluate der Extend-Phase

Die Lehrperson kann in dieser weiterführenden Phase beobachten, ob die SchülerInnen ihr neu erworbenes Wissen, aber auch andere Inhalte auf neue Aufgabenstellungen anwenden können. Außerdem kann das Bewusstsein der SchülerInnen für Mülltrennung, Recycling, Mehrwegprodukte usw. gesteigert werden, wenn das Thema in der Extend-Phase auch explizit reflektiert wird.

Danksagung

Wir danken der Sheffield University für die Idee zu diesem Mystery und der Europäischen Kommission für die Finanzierung des Projekts TEMI (Teaching Enquiry with Mysteries Incorporated; Grant Agreement N. 321403), in dessen Rahmen diese Unterrichtseinheit entstanden ist. Weitere Informationen zum Projekt finden Sie unter <http://teaching-mysteries.eu/at/>.

Weiterführende Informationen und Adressen

Der ÖKK (Verein Österreichische Kunststoff Kreislauf AG)

<http://www.kunststoffhoertzu.at/uber-uns/der-okk/>

Hier werden Fragen rund um Kunststoffe und deren Recycling beantwortet.

Altstoff Recycling Austria (ARA)

<http://www.ara.at/>

Sammlung von Kunststoffverpackungen

<http://www.ara.at/d/konsumenten/recycling/kunststoffverpackung.html>

Link zum Artikel "Kunststoffverpackungen im Kreislauf":

<http://www.ara.at/d/konsumenten/recycling/kunststoffverpackung.html>

PET to PET Recycling Österreich GmbH, 7052 Müllendorf, SET-Straße 10

<http://www.pet2pet.at/>

Auf der Homepage dieses Recyclingbetriebes kann in kurzen Videosequenzen der Kreislauf dieses Werkstoffes nachvollzogen werden.

Ecoplast Kunststoffrecycling, 8410 Wildon, Untere Aue 21

<http://www.ecoplast.com/>, <http://www.ecoplast.com/index.php/recycling/kreislauf/>

Hier können Hintergrundinformationen zum Thema Kunststoffrecycling entnommen werden.

Literatur

- [1] Lembens, A., & Abels, S. (2015). Forschendes Lernen nach dem 5E-Modell und Showmanship. Chemie und Schule, 30(1b), 6-7.
- [2] <https://www.youtube.com/watch?v=Z-pDxahLEyc>.