

Leistungsnachweis BNE (3 ECTS)

Björn Klimas

Mai 2019

Unterrichtssequenz zum Thema «Kunststoffe - Von der Herstellung bis zur Entsorgung» im Fach Chemie

1 Worum geht es? - Thematische Beschreibung der Unterrichtseinheit

Kunststoffe sind in der heutigen Zeit allgegenwärtig. Teilweise wird die aktuelle Epoche sogar als das «Kunststoff Zeitalter» analog der bekannten Nomenklatur von Epochen nach den zur jeweiligen Zeit bedeutendsten Materialien bezeichnet. Das Ziel dieser Unterrichtseinheit ist also die Thematisierung des Umgangs mit Kunststoffen. Dabei soll zum einen der Ursprung von Kunststoffen (Erdöl) als auch die Entstehung von Bauteilen (Polymerisation und Verarbeitung des Granulats) und schlussendlich deren Entsorgung (Deponierung, Verbrennung oder Recycling) behandelt werden. Es wird sozusagen die komplette Lebenszeit eines solchen Bauteils behandelt. Der dabei wichtigste BNE Aspekt ist demnach die Bewusstseinsweiterung, also generelle Bildung für das Verständnis von der Entstehung bis zur Entsorgung der in unserem Alltag gebräuchlichen Gegenstände, sowie der verantwortungsvolle Konsum der SuS. Auch die Erhaltung der Meeresressourcen wird durch die Thematisierung der Garbage Patch Problematik angesprochen. Die behandelten Themen werden stark durch Alltagsbezüge, anschauliche Beispiele verschiedener Kunststoffe, sowie aktueller passender Beiträge aus unterschiedlichen Schweizer Medien und dazu passenden Diskussionsrunden unterstützt.

2 Form und Methode der Unterrichtseinheit

Nachdem es bisweilen an einzelnen Schulen schwierig sein kann, geeignete Gefässe für grössere und umfangreichere BNE Projekte zu finden, würde diese Unterrichtssequenz aus ungefähr 8-9 Lektionen innerhalb des regulären Fachunterrichts bestehen. Die Themen werden hier aus den Gesichtspunkten der Chemie behandelt, könnten allerdings nachdem der grösste Teil kein chemisches Detailwissen benötigt, auch in anderen Fächern, wie Geographie, Wirtschaft oder Geschichte Anwendung finden. Dabei wären jedoch selbstverständlich gewisse Anpassungen nötig. Die angewandten Methoden bestehen hauptsächlich aus Lehrervorträgen, Medienbeiträgen, Anschauungsmaterial und Diskussionen mit der LP oder unter den SuS. Hier folgt die grobe Gliederung der behandelten Themen in den einzelnen Unterrichtssequenzen.

Lektion 1:

Entstehung und besondere Eigenschaften von Kunststoffen. Die SuS werden mit der neuen Stoffklasse vertraut gemacht und es wird der generelle Prozess vom Erdöl bis zum Polymer beleuchtet.

Lektion 2:

Die Kunststoffe werden hinsichtlich ihrer mechanischen Eigenschaften weiter in Thermoplaste und Duroplaste unterteilt und der Prozess des Spritzgiessens zur Herstellung von Bauteilen wird gezeigt.

Lektion 3:

Zwei weitere Verarbeitungsprozesse, nämlich das Blasformen und das Vakuum tiefziehen werden behandelt und hinsichtlich ihrer Erkennungsmerkmale und Anwendungsgebiete untersucht. Anschliessend können die SuS aus einer Reihe von Beispiel Kunststoffen zwei auswählen und das Herstellungsverfahren zuordnen.

Lektion 4:

Die Beständigkeit von Kunststoffen wird thematisiert und damit wird die Problematik der Entsorgung von Kunststoffen anhand eines Negativbeispiels in Form von Garbage Patches in den Ozeanen eingeführt. Die SuS beschäftigen sich mit einem Zeitungsartikel zu dem Thema und erfahren so die weiterführenden Probleme, welche bei dieser Form der Entsorgung entstehen.

Lektion 5:

Es erfolgt ein Filmbeitrag zu einem jungen Ingenieur namens Boyan Slat, welcher aktiv versucht die Kunststoffabfälle in den Ozeanen zu entfernen und damit die Garbage Patches zu säubern. Der Film zeigt sowohl den Forschungsprozess als auch die Abneigung und das Desinteresse der Regierungen solche Projekte zu finanzieren, weshalb sein Unternehmen aus Crowdfunding Geldern aufgebaut werden musste.

Lektion 6:

In dieser Lektion erfolgt ein Exkurs zu Biopolymeren und weshalb es eine bis dato nicht zu meisternde Herausforderung darstellt die üblichen Kunststoffe durch nachhaltigere Biopolymere zu ersetzen. Es wird am Beispiel der Werbekampagne von Danone in 2011 in welcher alle Activia Joghurtbecher durch das Biopolymer PLA anstelle des üblichen PS ersetzt werden sollten illustriert. Dort stellte sich schnell heraus, dass die ganzheitlich betrachtete Ökobilanz entgegen der Aussagen von Danone schlechter war als bei PS Bechern.

Lektion 7:

Nachdem also nicht einfach auf Kunststoffe verzichtet, oder selbige ohne weiteres durch Alternativen ersetzt werden können, erfolgt nun die Beleuchtung von nachhaltigen Entsorgungsmethoden für Kunststoffe. Es wird über die Vor- und Nachteile der in der Schweiz am häufigsten Verwertung in Kehrrichtverbrennungsanlagen diskutiert, wobei der grösste Nachteil dabei ist, das einfache Verbrennung selbstverständlich auch nicht sehr nachhaltig ist, nachdem die Rohstoffe dort aus dem Kreislauf entfernt werden.

Lektionen 8 und ggf. 9:

Hier erfolgt nun die Thematisierung der werkstofflichen Verwertung von Kunststoffabfällen, also dem echten Recycling. Es werden sowohl die Nachhaltigkeit, als auch die Herausforderung der absolut genauen Sortierung und des Qualitätsverlustes von Kunststoffen beim Recycling diskutiert. Anschliessend erfolgt ein Medienbeitrag, welcher weiter die pro- und contra Argumente beider Verwertungsarten (Verbrennung vs. Recycling) beleuchtet. Abschliessend sollen sich die SuS eine eigene Meinung ausgehend von den behandelten Themen bilden und untereinander eine durch die LP moderierte Diskussion über das Thema führen. Sollten 8 Lektionen für die Behandlung aller Themen nicht ausreichen, dient die neunte Lektion als weiteres Gefäss um den vollständigen Abschluss der Unterrichtseinheit sicher zu stellen.

3 Was sollen die SuS am Ende hinsichtlich BNE gelernt haben?

Der Konsum verschiedener Kunststoffe ist in der heutigen Gesellschaft ohne grössere Einschnitte in der Lebensqualität fast nicht mehr zu umgehen. Daher dient diese Sequenz dazu, den SuS einen verantwortungsvollen Umgang mit eben diesen Kunststoffen zu vermitteln. Sie erfahren die Problematik der Entsorgung von Kunststoffen wegen ihrer Beständigkeit und lernen ebenso kritisch den propagierten «umweltfreundlicheren» Alternativen gegenüber zu stehen. Die Bedeutung aber auch die damit verbundenen Herausforderungen von Recycling wird erörtert. Obwohl eine werkstoffliche Verwertung der Kunststoff Abfälle die einzige wirklich nachhaltige Lösung der Entsorgungsproblematik darstellt, ist das Recycling vieler Kunststoffe wegen des hohen Aufwands in der Sortierung sowie des Qualitätsverlustes der Bauteile nach mehrmaligen Recycling aus wirtschaftlicher Sicht oft nicht sinnvoll. Insgesamt dient diese Sequenz also einer Bewusstseinsweiterung der SuS bezüglich einer in ihrem Alltag häufig vorkommenden Stoffklasse sowie einer damit verbundenen Anpassung ihres Konsumverhaltens vor allem im Bezug auf Abfallentsorgung.

4 Detaillierter Plan

Lektion 1:

Einführung des Begriffes „Hochmolekulare Verbindungen“. Es wird ins Bewusstsein der SuS gerufen, dass nur hochmolekulare Verbindungen in der Lage sind Fäden zu ziehen, da die bereits bekannten molekularen Feststoffe ausschliesslich Pulver oder Kristalle sind. Es wird die Unterscheidung zwischen Naturstoffen und Kunststoffen getroffen und Beispiele werden gezeigt. An der Wandtafel wird erarbeitet, dass die Moleküle durch zwischenmolekulare Kräfte (ZMK) zusammen gehalten werden (vor allem Van-der-Waals Kräfte). Des weiteren wird gezeigt, dass die Molekülketten verknäult vorliegen und durch Zufuhr von Wärme und mechanischer Energie lang gezogen werden können, wodurch die beschriebenen Fäden entstehen. Diese Materialeigenschaft wird durch Plastiktüten aus Polyethylen (PE) demonstriert, welche sich meist in eine Richtung sehr leicht lang ziehen lassen (Überwindung der schwachen ZMK), während die andere Raumrichtung höheren Widerstand zeigt und dann meist direkt reisst (Bruch chemischer Bindungen). Anschliessend wird die Herkunft der Kunststoffe aus dem Erdöl durch Cracken und anschliessende Polymerisation thematisiert. Der vereinfachte Reaktionsmechanismus wird an der Wandtafel erarbeitet und mittels Molekülbaukasten von den SuS nachgebaut um in der ganzen Klasse eine lange Molekülkette zur Verdeutlichung des Begriffs «Hochmolekulare Verbindungen» herzustellen.

Lektion 2:

Klassifizierung der Kunststoffe in Thermoplaste und Duroplaste. An der Wandtafel werden die Unterschiede und Voraussetzungen für die jeweiligen Stoffeigenschaften bekannt gegeben. Thermoplaste können durch Wärmezufuhr erweichen und verformt werden kann, was durch die Erhitzung eines thermoplastischen Kunststoffes demonstriert werden kann. Die Verarbeitbarkeit der Thermoplaste leitet zum folgenden Thema über. Es erfolgt die Erklärung des Spritzgussverfahrens zur Herstellung von Kunststoffteilen anhand einer schematischen Darstellung in einer Powerpoint Präsentation. Die wichtigsten Punkte werden an der Wandtafel zusammen gefasst. Danach wird ein kurzes Video zum Spritzgussverfahren zur Veranschaulichung vorgestellt. Die Lektion wird abgeschlossen indem einige spritzgegossene Kunststoffe herum gegeben werden und auf die für dieses Verfahren charakteristische Erkennungsmerkmale aufmerksam gemacht wird.

Lektion 3:

Nach kurzer Repetition der letzten Lektion wird erklärt, dass obwohl sehr viele Kunststoffteile mit dem Spritzgussverfahren hergestellt werden können, dünnwandige Hohlkörper wie PET Flaschen damit nicht entstehen können. Stattdessen werden kleinere Rohlinge hergestellt die dann durch Blasformen zu den bekannten PET Flaschen werden. Die Rohlinge werden herum gegeben und das Verfahren an der Wandtafel schematisch dargestellt. Als letztes wird das Vakuum-Tiefziehen oder auch Thermoform Verfahren anhand eines Videos und an der Wandtafel gezeigt und diskutiert. Es erfolgt eine kurze Übung in der die SuS aus einer Kiste mit vielen Kunststoffen je zwei Beispiele aussuchen und daran Merkmale für den jeweiligen Herstellungsprozess ausfindig machen sollen. Die Ergebnisse werden dann im Plenum vorgestellt.

Lektion 4:

Nach der ausgiebigen Behandlung, wie einzelne Kunststoff Bauteile hergestellt werden erfolgt nun die Frage, wie selbige Teile am ende ihrer Lebensdauer entsorgt werden. Es erfolgt eine Einführung in das Thema Garbage Patch. Dabei handelt es sich um mehrere Zonen mit hoher Konzentration an schwimmenden Kunststoff Teilen im Ozean. Sie entstehen durch deponieren von Kunststoff Abfällen und anschliessender Agglomeration in bestimmten Zonen durch Meeresströmungen. Dazu wird ein NZZ Zeitungsartikel zum Thema aus dem Jahr 2009 ausgeteilt. Die SuS sollen den Zeitungsartikel durchlesen und dazu gestellte inhaltliche Fragen beantworten. Es erfolgt der Hinweis Auf die Beständigkeit von Kunststoffen und die damit verbundene Problematik der Entsorgung. Die wichtigsten Inhalte des Textes werden im Plenum zusammengefasst.

Lektion 5:

Erweiterung des Themas Garbage Patch via Vorstellung von Boyan Slat, einem jungen Ingenieur der die Säuberung der Ozeane von Kunststoffen zu seinem Lebensinhalt gemacht hat. Ein Video der Präsentation seines Projektes (Mai 2017; 30 Minuten) wird gezeigt. Er versucht sich die natürlichen Meeresströmungen zu Nutze zu machen und mittels eines auf der Meeresoberfläche treibenden Auffangsystems, die Kunststoffteile einzusammeln und danach per Schiff abzuholen und fachgerecht zu entsorgen. Ausserdem wird in dem Film klar, dass keine Regierung bereit war, seine Ideen zu unterstützen, weshalb ein Unternehmen nur aus Crowdfunding Kapital entstehen konnte. Die SuS bekommen einen Beobachtungsauftrag mit Fragen zum Inhalt des Videos, sowie zur eigenen Einschätzung der Erfolgswahrscheinlichkeit des Projektes von Boyan Slat. Zudem wird wegen der englischen Sprache im Video ein Glossar mit einigen etwas komplexeren englischen Wörtern ausgegeben. Am Ende des Films werden die wichtigsten Inhalte, sowie die gestellten Fragen im Plenum diskutiert.

Lektion 6:

Nach kurzer Repetition wird klar gemacht, dass das deponieren von Kunststoffen absolut nicht nachhaltig und sogar schädlich für die Umwelt ist, weshalb es auch ein Grund dafür ist, dass es in der Schweiz und der EU verboten ist. Es erfolgt die Frage, weshalb die Nutzung von Kunststoffen nicht einfach eingestellt wird, bzw. alle handelsüblichen Kunststoffe nicht einfach durch Biopolymere ersetzt werden können. Das Biopolymer Polymilchsäure (Polylactic acid, PLA) wird vorgestellt und in einem kurzen Vorführexperiment synthetisiert. Danach erfolgt ein Beitrag zu einer vergangenen Danone Werbekampagne. Danone Aktivia Joghurtbecher sollten in 2011 nur noch aus dem vermeintlich umweltfreundlicheren PLA anstelle des sonst verwendeten Polystyrols hergestellt werden. Der Beitrag der Sendung „Kassensturz“ zum Thema aus 2011 wird als Video gezeigt. Wegen des hohen Energieverbrauchs bei der Herstellung (angedeutet im zuvor gezeigten Experiment) und des aufwendigen Entsorgungsverfahrens war die Ökobilanz insgesamt deutlich schlechter als bei den «klassischen» Kunststoffen. Dies verdeutlicht die aktuell noch unangefochtene Bedeutung der handelsüblichen Kunststoffe und regt zum kritischen Nachdenken über den häufig freizügig verwendeten Begriff der Umweltfreundlichkeit an.

Lektion 7:

Die Vorteile von Kunststoffen werden erneut aufgezählt und dokumentiert (beständig, einfach zu verarbeiten, vielfältige und komplexe Bauteile herstellbar, wasserdicht). Daraus wird entwickelt, dass der vollkommene Verzicht auf Kunststoffe wegen ihrer Vielseitigkeit nicht ratsam ist. Nachdem das Problem mit der Entsorgung aber immer noch nicht geklärt ist, erfolgt nun eine Einführung in der energetischen Verwertung, also der Verbrennung von Kunststoffen, wie sie in der Schweiz mit ca. 90% aller Kunststoffe durchgeführt wird.

Die Verbrennungsprodukte werden noch einmal repetiert (bekannt von der Verbrennung von Erdöl) und um die zusätzlichen Produkte bei bestimmten Kunststoffen wie PVC (Chlorwasserstoff) und PA (Ammoniak) erweitert. Es erfolgt eine Auflistung der Vor- und Nachteile der Kunststoff Verbrennung durch LP und SuS. Vorteile: keine Trennung nötig, hoher Energiegewinn, relativ geringe Umweltbelastung. Nachteile: giftige Nebenprodukte, kein nachhaltiger Umgang mit fossilen Rohstoffen. Eine echte Nachhaltigkeit wird also durch die energetische Verwertung nicht erreicht, da die Verbrennung irreversibel ist und der normale Verbrauch der fossilen Brennstoffe hier lediglich um einige Zwischenschritte als Kunststoff Bauteil erweitert wird.

Lektion 8 (und falls nötig 9):

Einer der wichtigsten ersten Schritte eines Recyclingverfahrens, das Sortieren und Trennen unterschiedlicher Kunststoffe, wird thematisiert und die sieben Recycling Symbole und deren Bedeutung werden vorgestellt. Danach werden drei unterschiedlich gefärbte PET Flaschen gezeigt und dadurch illustriert, dass selbst chemisch gleiche Kunststoffe aufgrund unterschiedlicher Zusätze (hier die Farbstoffe) sortiert werden müssen. Auch der Verwendungszweck eines Kunststoff Bauteils bestimmt, wie er korrekt entsorgt werden darf, da zum Beispiel PET Getränkeflaschen und ebenfalls aus PET bestehende andere Bauteile, wie Spülmittel Flaschen aus lebensmittelrechtlichen Gründen voneinander getrennt werden müssen. Es erfolgt die Demonstration der Schwimmtrennung der PE Deckel von den PET Flaschen. Dies wird als kurzer Schülerversuch durchgeführt, in dem je 2 Personen einen Becher mit einigen PE und PET Schnitzeln bekommen, welche sie voneinander trennen sollen. Während bei den vorhandenen kleinen Mengen die manuelle Trennung noch möglich ist wird erklärt, wie bei grösseren Mengen und der erforderlichen Perfektion ein automatisches Verfahren existieren muss. Nachdem alle SuS schon das „Kunststofferkenntnis“ Praktikum durchgeführt haben, sollten sie auf die mögliche Trennung nach unterschiedlicher Dichte kommen. Danach werden die wichtigsten Zwischenschritte beim PET Recycling an der Wandtafel notiert. Es erfolgt eine Auflistung der Vor- und Nachteile dieser Verwertung durch die SuS. Vorteile sind vor allem die Nachhaltigkeit, während Nachteile die aufwändige Trennung, sowie die Tatsache, dass viele Kunststoffe abgesehen von PET einen Qualitätsverlust erleiden, darstellen. Die Ergebnisse werden an der Wandtafel notiert und mit denen der Verbrennung, welche bereits aus vorigen Lektionen bekannt sind verglichen. Danach wird ein kurzer Film aus der Sendung „10vor10“, welcher 2017 im SRF ausgestrahlt wurde gezeigt. Der Beitrag beschäftigt sich mit den Argumenten und unterschiedlichen Ansichten von Betreibern von Kehrrichtverbrennungsanlagen (pro Verbrennung) und einiger Privatunternehmer (pro Recycling) im Kampf um die Kunststoffabfälle. Die Lektion wird mit einer Diskussionsrunde abgeschlossen. Nachdem die SuS die Argumente beider Parteien gehört haben ergreifen sie nun selbst Partei. Die Klasse wird in die entsprechenden Meinungsgruppen aufgeteilt und überlegt und formuliert weitere Argumente zur eigenen Position. Danach wird das Thema in einer von der LP geleiteten Diskussionsrunde weiter vertieft, zusammen gefasst und danach abgeschlossen.