

The Chemistry of Climate Change

Ein fächerverbindendes Projekt für den Englisch- und/oder Chemieunterricht

CHRISTINE UPHUES

Im Englischunterricht der Sekundarstufe II ist der Klimawandel ein wichtiges Thema. Der chemische Hintergrund dazu ist häufig schwierig zu vermitteln, weil Schülerinnen und Schüler die Fächer Chemie und Englisch sehr getrennt wahrnehmen. Um die beiden Fächer zu verbinden, wird in diesem Artikel eine bilinguale Doppelstunde mit Schülerexperimenten zur Kohlenstoffdioxidentstehung bei Verbrennungsreaktionen detailliert vorgestellt. Eine sich daran anschließende Bearbeitung des Dokumentarfilmes *An Inconvenient Truth* von AL GORE wird skizziert.

1 Einleitung

Nachfolgend beschriebener Unterricht kann je nach Fakultas, Kurszusammensetzung und Interesse in einem Chemiekurs der Sekundarstufe II als bilinguales Projekt gestaltet werden oder in einem Englischkurs als eine englische Chemiestunde stattfinden. Für den nicht so seltenen Fall, dass die Englisch-Lehrkraft nicht das Fach Chemie unterrichtet, sollte ein Chemiekollege für die erforderliche Sachkenntnis bei den Experimenten anwesend sein.

Das Zentralabitur in Nordrhein-Westfalen sieht für das Fach Englisch das Thema »Globalization – global challenges« (übersetzt: Globalisierung – globale Herausforderungen) mit dem Unterpunkt »Economic and ecological issues« (übersetzt: ökonomische und ökologische Aspekte) [1] vor. Diese ökologischen Aspekte meinen den Klimawandel und bieten einen authentischen Anknüpfungspunkt für fächerverbindenden Unterricht. Denn auch wenn in den Richtlinien für den Englischunterricht der Sekundarstufe II »Englisch als Arbeitssprache« in anderen Fächern angeregt wird und die Richtlinien für den Chemieunterricht die Verwendung von englischsprachiger Fachliteratur vorschlagen, findet fächerverbindender Unterricht zwischen Englisch und Chemie wohl eher selten statt.

Englischlehrkräfte müssen heute versuchen, den Klimawandel zu erläutern und kommen dabei nicht am Begriff »Carbon dioxide« (= Kohlenstoffdioxid) vorbei. Kaum fällt dieses Wort, meinen viele Schülerinnen und Schüler, die in der Sekundarstufe II keinen Chemiekurs gewählt haben, dass es jetzt schwer wird, und sie scheinen alles vergessen zu haben, was die Chemie in der Sekundarstufe I beigebracht hat. Auch einigen Englischlehrern ist der chemische Zusammenhang zwischen der Verbrennung von (fossilen) Brennstoffen und der Entstehung von Kohlenstoffdioxid nicht (mehr) klar. Hier setzt die hier vorgestellte bilinguale Doppelstunde an. Es wird anhand von vier einfachen Verbrennungsversuchen nachgewiesen, dass Kohlenstoffdioxid bei der Verbrennung von Kohle, Holz, Ethanol und Benzin entsteht. Erst wenn dieser Zusammenhang verstanden ist, macht es Sinn über die Wirkung von Kohlenstoffdioxid in der Atmosphäre, vom natürlichen und anthropogenen Treibhauseffekt zu sprechen. Der Rest der Reihe ist dann klassischer Fremdsprachenunterricht. Weitere Aspekte des Klimawandels werden anhand des Filmes *An Inconvenient Truth* (Eine unbequeme Wahrheit) von AL GORE und mit Texten erarbeitet.

2 Die bilinguale Doppelstunde

»The chemistry of climate change«

Egal ob in einem Chemiekurs als bilinguales Projekt gearbeitet wird oder ob in einem Englischkurs eine englische Chemiestunde stattfindet, die Reihe beginnt mit einer Doppelstunde mit Schülerübungen.

2.1 Vorbereitung

Für die Experimente werden nur Geräte und Chemikalien gebraucht, die in jedem Chemieraum vorhanden sind: Erlenmeyerkolben mit weitem Hals, Bunsenbrenner, Verbrennungslöffel, Pipetten und Uhrgläser. Die englischen Bezeichnungen hierfür finden sich in der alphabetischen Vokabelliste in Tabelle 1, die auch den Schülerinnen und Schülern zur Verfügung gestellt werden sollte. Hier zeigt sich schon, dass die englische Fachsprache nicht schwierig wird: Uhrglas bedeutet »watch-glass«, ein Bunsenbrenner heißt »bunsen burner«. Auch die Chemikalien Ethanol und Benzin sowie das Kalkwasser für den Kohlenstoffdioxid-Nachweis sind vermutlich vorhanden. Für das Holz kann man einfache Holzspäne verwenden, für die Kohle empfiehlt sich ein Stück Fettkohle, bei dem die Schülerinnen und Schüler sich erst mal ein kleines Stück mit einem Hammer abschlagen müssen.

Für jedes der vier Experimente werden Arbeitsblätter mit den Arbeitsanweisungen auf Englisch und Aufgaben zur Auswertung vorgegeben (Abbildung 1 für die Verbrennung der Kohle als Beispiel, die weiteren Vorschriften können bei der Autorin per E-Mail angefordert werden). Die Experimente laufen alle gleich ab: Eine kleine Probe der jeweiligen Substanz wird auf einem Verbrennungslöffel entzündet, die entstehenden Gase werden in einem Weithalskolben aufgefangen. Dieser wird dann zügig mit einem Uhrglas verschlossen. Dann erfolgt die Zugabe von ca. 2 ml Kalkwasser. Nach einem kurzen Schwenken wird ein weißer Niederschlag sichtbar, der Kohlenstoffdioxid-Nachweis ist erfolgt.

2.2 Verlauf der Doppelstunde

Nach der Begrüßung sollte den Schülerinnen und Schülern zunächst erläutert werden, dass in einer englischsprachigen Chemiestunde die Fremdsprache Arbeitssprache sein soll und dass die Vokabelliste aus Tabelle 1 Hilfestellung bietet. Da fast

alle Oberstufenschülerinnen und -schüler Englisch als Grund- oder Leistungskurs haben, sollte die Umstellung für die Schülerinnen und Schüler nicht zu schwierig sein. Für eine Chemielehrkraft ohne Englisch-Fakultas kann die Fremdsprache eine Herausforderung sein, die aber sicherlich zu meistern ist. Und selbst wenn die Aussprache oder Grammatik mal nicht ganz perfekt sein sollte, hier steht Englisch als Arbeitssprache an und die muss nicht vollkommen sein. Die Leitfrage für die Experimente lautet: »Everybody is talking about carbon dioxide – but where does it come from?«

Da alle Experimente ähnlich ablaufen, erläutert dann die Lehrkraft das Experiment einmal auf Englisch (siehe Abb. 1) und erklärt auch den Kohlenstoffdioxid-Nachweis: »Confirmatory test for carbon dioxide. The reaction of calcium hydroxide, $\text{Ca}(\text{OH})_2$, with carbon dioxide is used as the confirmatory test for the latter. A solution of calcium hydroxide (= Kalkwasser) turns milky if carbon dioxide is passed through, due to precipitation (= Niederschlag) of calcium carbonate (CaCO_3). This reaction is considered a positive proof of carbon dioxide.« Im notwendigen Sicherheitshinweis sollten die Schülerinnen und

Abzug	laboratory hood
alkalisch	alkaline
Atmosphäre	atmosphere
Atom	atom
Becherglas	beaker
Bunsenbrenner	bunsen burner
Elektron	electron
Elektronenpaarbindung	covalent bond (sharing pairs of electrons between atoms)
Fossile Brennstoffe	fossil fuels
Kalkwasser, Calciumhydroxidlösung	calcium hydroxide solution
Kohle	Coal
Kohlenstoff (Symbol: C)	Carbon
Kohlenstoffdioxid (Symbol: CO_2)	Carbon dioxide
Löffel	spoon
Molekül	molecule
Nachweis	detection
Nachweisreaktion	confirmatory test
Niederschlag	precipitation
Oxidation (vereinfacht: Reaktion mit Sauerstoff)	oxidation
Reaktionsgleichung	reaction equation
eine Reaktionsgleichung ausgleichen	to balance an equation
Sauerstoff (Symbol: O)	Oxygen
Schutzbrille	safety goggles
Streichholz	Match
Strukturformel	structural formula
Summenformel	total molecular formula
Treibhauseffekt	Greenhouse effect
Uhrglas	watch-glass
Verbrennung	combustion
Verbindung	chemical substance
Wasserstoff (Symbol: H)	Hydrogen
Weithals-Kolben (Erlenmeyerkolben)	wide-mouth flask

Tab. 1. Vokabelliste

Equipment:	Spoon (<i>Verbrennungslöffel</i>), match, 1 pipette, bunsen burner, wide-mouth flask (<i>Weithals-Kolben</i>), watch-glass (<i>Uhrglas</i>)
Chemicals:	Coal, calcium hydroxide solution, Xi irritand (<i>Kalkwasser, Xi reizend</i>)
Method:	As this experiment makes use of an alkaline solution you have to wear safety goggles all the time. Put a small piece of coal on the spoon. Enlight the coal with the Bunsen burner. Use the wide-mouth flask to collect the burning gases. Close the wide-mouth flask quickly with the watch-glass. Quickly insert 2 ml of the calcium hydroxide solution, close it again and shake it.
Tasks:	Observe carefully. Take notes. Do you know the reaction equation (<i>Reaktionsgleichung</i>)? Coal is just carbon (symbol C).
Waste disposal	Use the big beaker on the teacher's table for your waste.

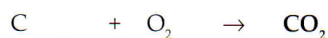
Abb. 1. Experiment 1 – Burning of coal

Schüler zum Tragen von Schutzbrillen (= safety goggles) und zur richtigen Entsorgung der alkalischen Lösung (= alkaline solution) aufgefordert werden.

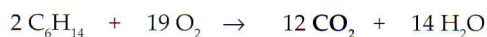
Die Schülerinnen Schüler sollen dann die Experimente in Kleingruppen arbeitsteilig bearbeiten. Dabei reicht es, wenn drei der vier Experimente geschafft werden. Während der Arbeit sollte ein Versuchsprotokoll ausführlich und die Beobachtungen zu den anderen Versuchen knapp formuliert werden. Die Schülerinnen und Schüler sollen sich auch an den Reaktionsgleichungen versuchen (siehe Arbeitsanweisungen Abb. 1), dazu werden die Summenformeln bzw. die Strukturformeln der Stoffe angegeben.

Bei der Auswertung der Versuche werden die Ergebnisse dann zusammen getragen und Protokolle vorgelesen. Zentral ist, dass immer Kohlenstoffdioxid entsteht. Die Reaktionen sind so geordnet, dass mit der einfachsten begonnen wird und die Komplexität zunimmt. (1. Kohle, 2. Hexan im Benzin, 3. Ethanol, 4. Cellulose im Holz). Inwieweit die Reaktionsgleichungen (Abbildung 2) detailliert besprochen werden, muss die Lehrkraft entscheiden.

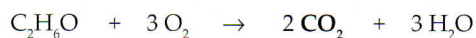
Experiment 1: Combustion of Coal



Experiment 2: Combustion of Petrol (Hexane)



Experiment 3: Combustion of Ethanol



Experiment 4: Combustion of Cellulose

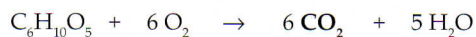


Abb. 2. Reaktionsgleichungen/reaction equations

In den vier Gruppen, die diese Stunde bereits durchlaufen haben, zeigten sich sehr unterschiedliche Vorkenntnisse und Interessen an den Reaktionsgleichungen. Wenn man sich hier zu langatmig um das Ausgleichen der Gleichungen bemüht, kann das sehr ermüdend und lehrerzentriert werden. Eine rein qualitative Auswertung kann in »chemisch« schwachen Gruppen ausreichen.

Nach den Experimenten ist die Herkunft von Kohlenstoffdioxid klar. Welche Funktion dieser Stoff in der Erdatmosphäre hat, ist die sich logisch anschließende nächste Fragestellung. Dazu muss zunächst der natürliche Treibhauseffekt (= natural greenhouse effect) erläutert werden. Ein geeignetes Bild [2] mit englischen Erläuterungen findet sich zum Beispiel im vierten Bericht des IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) jener Organisation, die im Auftrag der Vereinten Nationen die wissenschaftlichen Erkenntnisse zum Klimawandel sammelt und in Berichten publiziert. Diese Organisation hat in 2007 gemeinsam mit AL GORE den Friedensnobelpreis für ihre Bemühungen um den Klimaschutz erhalten. Den Schülerinnen und Schülern soll im Rahmen eines gelenkten Unterrichtsgesprächs klar werden, dass ein gewisser Anteil an Kohlenstoffdioxid in der Atmosphäre notwendig ist, damit die Erde überhaupt warm genug für das Leben ist. Erst der Mensch hat im Zuge der Industrialisierung dieses natürliche Gleichgewicht zerstört, indem er durch die Verbrennung von fossilen Brennstoffen (= fossil fuels) immer mehr Kohlenstoffdioxid produziert. Diese erhöhte Konzentration führt zu einer Verstärkung des Treibhauseffektes und damit der Erhöhung der durchschnittlichen Temperaturen der Erde.

Zur Sicherung der Ergebnisse in der Hausaufgabe kann den Schülerinnen und Schülern ein Cartoon der *New York Times* Cartoon Datenbank mitgegeben werden, auf dem man die Erde im Würgegriff von dunklen mit »CO₂« beschrifteten Wolken erkennt [3]. Der Arbeitsauftrag dazu kann lauten: »Describe the cartoon and explain its chemical background.«

3 Die weitere Unterrichtsreihe zum Klimawandel

Um nach dem chemischen Hintergrund auf die Folgen des Klimawandels zu kommen bietet sich AL GORES Film *An Inconvenient Truth* (*Eine unbequeme Wahrheit*) an, den man auf DVD käuflich erwerben kann [4]. Dieser Dokumentarfilm kann mit seinen beeindruckenden Bildern und der Fülle an Fakten hervorragend vermitteln, welche Gefahren der Klimawandel mit sich bringt. Auch eine Internetrecherche auf der Homepage des IPCC [5] kann fruchtbar sein, ist aber aufgrund der großen Datenmenge dort unter Umständen zu schwierig für Schülerinnen und Schüler. Da es bei diesem Film nicht um das Erarbeiten von Kameraeinstellungen etc. im Sinne einer fremdsprachlichen Filmanalyse gehen soll, kann der Film mit Untertiteln gezeigt werden. Eine Liste mit eventuell unbekanntem Vokabeln aus dem Film kann von der Autorin per E-Mail zur Verfügung gestellt werden. Diese Liste soll das Verständnis beschleunigen, so dass es reicht, den Film ein einziges Mal zu zeigen. Als *while-viewing-tasks* sollen die Schülerinnen und Schüler arbeitsteilig Notizen zu unterschiedlichen Bereichen machen (s. nachfolgende fünf Punkte), um einen Pool an Fakten zu schaffen, der bei anschließenden Diskussionen des Themas zu Verfügung steht:

- Collect information on Al Gore's biography
- How do scientists work on the issue of climate change? Note important names, too.
- Collects facts on carbon dioxide-concentrations
- Collect facts on changes in weather, ice and glaciers (= Gletscher).
- Collect facts on changes in temperatures

Der Film dauert ca. 93 Minuten, und da der Abspann sehr lohnend ist, kann man ihn auch nicht auf eine Doppelstunde kürzen. Im Rest der dritten Stunden können die von den Schülerinnen und Schülern gesammelten Informationen auf Postern oder in einer Worddatei gesammelt werden.

Als Hausaufgabe oder in einer Einzelstunde sollte dann ein Text zur Bearbeitung gegeben werden, der die Kritiker des Filmes zu Wort kommen lässt, denn dies ist ein Film, der ab und an sehr emotional wird und von einigen Wissenschaftlern auch in einzelnen Aspekten als sachlich falsch dargestellt wird. Dazu bietet sich der *Telegraph*-Artikel aus dem Jahr 2007 »Al Gore's »nine Inconvenient Untruths« von SALLY PECK an. [6] Nach diesen ca. sechs Unterrichtsstunden steht den Schülerinnen und Schülern ein großer Pool an Informationen zu Verfügung, den sie fremdsprachlich umsetzen können sollten. Dazu kann dann eine Podiumsdiskussion vorbereitet werden. Gemeinsam mit den Schülerinnen und Schülern sollte ein Thema für eine Podiumsdiskussion formuliert werden (z. B. »An Inconvenient Truth« – »Can a documentary film help to prevent climate change?«) außerdem sollten die Schülerinnen und Schüler überlegen, welche Rollen vergeben werden (z. B. der Moderator, AL GORES Biograph, ein Umweltaktivist, ein ahnungsloser Student, ein Klimawandelskeptiker, ein Lobbyist der OPEC etc.). In arbeitsteiligen Kleingruppen erarbeiten die Schülerinnen und Schüler im zweiten Teil einer Doppelstunde dann Argumente und eine Hintergrundgeschichte für eine der Rollen. Der Moderator muss von den Gruppen über die Gäste der Podiumsdiskussion informiert werden. Je nachdem wie oft die Gruppe diese Methode schon durchgeführt hat, kann

es sinnvoll sein, in einer Plenumsphase vorab Vokabeln und Phrasen zur Meinungsbekundung zu sammeln. Die Präsentation der Podiumsdiskussion erfolgt in der folgenden Stunde. Abhängig davon wie viel Zeit man für das Thema Klimawandel aufbringen möchte und ob eine Klausur dazu geschrieben werden soll, kann man hier die Reihe beenden oder auch noch Leitartikel zum Thema bearbeiten, die es in sehr großer Zahl in der amerikanischen und britischen Presse gibt, eine Auswahl, die sich insbesondere auf den Friedensnobelpreis für AL GORE und die IPCC bezieht, kann die Autorin per E-Mail zur Verfügung stellen.

4 Fazit

Der Klimawandel ist interessant, hoch aktuell und für die Zukunft der Schülerinnen und Schüler sicherlich sehr relevant. Bei diesem Thema kann man wirklich was fürs Leben lernen und wenn das dann auch noch in der Fremdsprache gelingt, kann man von doppeltem Lernerfolg sprechen.

Literatur

- [1] <http://www.standardsicherung.schulministerium.nrw.de/abitur-gost/fach.php?fach=3> (12.07.2009)
- [2] Bild des IPCC zum Treibhauseffekt: <http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4-wg1-faqs.pdf> (12.07.2009, Seite 98)
- [3] Cartoon für die Hausaufgabe: http://cartoons.nytimes.com/wieck_preview_page_131059 (12.07.2009)
- [4] Trailer des Filmes und Hintergrundinformationen zum Film: <http://www.climatecrisis.net/> (12.07.2009)
- [5] <http://www.ipcc.ch/> (12.07.2009)
- [6] <http://www.telegraph.co.uk/earth/earthnews/3310137/Al-Gores-nine-Inconvenient-Untruths.html> (12.07.2009)

CHRISTINE UPHUES, christine@team-uphues.de, Bischof-Ketteler-Str. 12, 46359 Heiden, ist Studienrätin am Comenius Gymnasium in Datteln und unterrichtet die Fächer Chemie und Englisch. 