Carbon Capture Utilisation and Storage - Eine bilinguale Schülerlaboreinheit als Beitrag zu BNE

Elisabeth Kiesling, Claudia Bohrmann-Linde

kiesling@uni-wuppertal.de

Carbon Capture Utilisation and Storage – Ein Thema für den Chemieunterricht?

Auf der Suche nach alternativen Ansätzen im Umgang mit steigenden Kohlenstoffdioxidemissionen, bietet Carbon Capture Utilisation and Storage, CCUS [1], eine Perspektive, um internationale Klimaziele zu erreichen [2]. Die Technologie ermöglicht die Abtrennung, den Transport und die Weiterverarbeitung oder die Speicherung von Kohlenstoffdioxid aus industriellen Prozessen. Die Effektivität sowie die ökologischen und ökonomische Auswirkungen von Carbon Capture Utilisation and Storage sind jedoch umstritten [3]. Somit ist CCUS ein innovatives Thema für den Chemieunterricht, welches mehrdimensional betrachtet, in der Leitlinie Bildung für nachhaltige Entwicklung [4] verortet und mit Bezügen zu den Sustainable Development Goals (SDGs) Nr. 7, 9, 13 [5] etabliert werden kann.

Didaktische Verankerung der bilingualen Schülerlaboreinheit

Die Thema Carbon Capture Utilisation and Storage kann in allen Bildungsplänen der Bundesländer an Pflichtinhalte angeknüpft werden. Im Kernlehrplan des Landes NRW der Jahrgangsstufe EF [6] kann die Thematik im Inhaltsfeld 1 „Kohlenstoffverbindungen und Gleichgewichtsreaktionen“ verankert werden. In der Kompetenzbeschreibung des Bereichs Bewertung wird explizit auf das Thema hingewiesen: Die Schüler*innen „zeigen Möglichkeiten und Chancen der Verminderung des Kohlenstoffdioxidausstoßes und der Speicherung des Kohlenstoffdioxids auf und beziehen politische und gesellschaftliche Argumente und ethische Maßstäbe in ihre Bewertung ein“ [6, S.27]. Da es für den bilingualen Chemieunterricht keine Handreichungen gibt, wurde für die didaktische Konzeption des Moduls auf die Vorschläge des Landes NRW für den BU Biologie zurückgegriffen. Das Planungsraster für das kompetenzorientierte Vorhaben ist in Abbildung 1 dargestellt.

Bilinguale Diskurskompetenz • Informationen aus deutschen und englischen Sachtexten entnehmen und in der Zielsprache strukturiert und fachsprachlich angemessen wiedergeben *(read, describe, present)* • Strukturiert und fachsprachlich angemessen chemische Phänomene und Prozesse beschreiben *(describe, explain, analyse)* • adäquates Fachvokabular im Umgang mit naturwissenschaftlichen Darstellungsformen anwenden *(diagram, table, chemical equations)* • Geplante Sprachwechsel: Begriffe und fachkommunikative Strukturen in die jeweils andere Sprache übertragen *(mediate)*	**Kompetenzbereich: Umgang mit Fachwissen (UF)** • erläutern die Merkmale eines chemischen Gleichgewichtszustands am Beispiel des Kohlenstoffdioxid-Kohlensäure-Gleichgewichts, • erläutern am Kohlenstoffdioxid-Kohlensäure-Gleichgewicht die Beeinflussung der Gleichgewichtslage Temperaturänderung (bzw. Zufuhr oder Entzug von Wärme) und Druckänderung (bzw. Volumenänderung)	**Möglichkeiten fachübergreifenden Arbeitens** • Erdkunde, Jgst. EF Inhaltsfeld 2: Raumwirksamkeit von Energieträgern und Energienutzung • Sozialwissenschaft, Jgst. Q1/Q2 Inhaltsfeld 7: Globale Strukturen und Prozesse • Biologie, Jgst. Q1/2 Inhaltsfeld 5: Ökologie • Englisch, Jgst. Q1/2 Inhaltsfeld: Globale Herausforderungen und Zukunftsvisionen
Kompetenzbereich: Bewertung (B) • zeigen Möglichkeiten und Chancen der Verminderung des Kohlenstoffdioxidausstoßes und der Speicherung des Kohlenstoffdioxids auf und beziehen politische und gesellschaftliche Argumente und ethische Maßstäbe in ihre Bewertung ein • beschreiben und bewerten die gesellschaftliche Relevanz prognostizierter Folgen des anthropogenen Treibhauseffektes	**Jahrgangsstufe EF** **What to do with CO_2?** **A bilingual lab sequence on CCUS** Gesamtumfang: 4-6 Stunden	**Kompetenzbereich: Kommunikation (K)** • dokumentieren Experimente in angemessener Fachsprache • recherchieren Informationen aus unterschiedlichen Quellen und strukturieren und hinterfragen die Aussagen der Informationen • präsentieren die Rechercheergebnisse adressatengerecht
Interkulturelle Kompetenzen • Erste Kenntnisse als Basis für eine interkulturelle Kommunikationsfähigkeit zum Thema Carbon Capture and Utilisation in der Zielsprache erwerben • die Zielsprache Englisch als *lingua franca* in international, fachlicher Kommunikation nutzen	**Kompetenzbereich: Erkenntnisgewinnung (E)** • formulieren Fragestellungen zum Problem des Verbleibs und des Einflusses anthropogen erzeugten Kohlenstoffdioxids (u. a. im Meer) unter Einbezug von Gleichgewichten • formulieren Hypothesen zur Beeinflussung natürlicher Stoffkreisläufe (u. a. Kohlenstoffdioxid-Carbonat-Kreislauf)	**Kriteriengeleitete Diagnose und Leistungsbewertung** • Selbstevaluation zu Vorkenntnissen mit Tandembogen • Textproduktion, Erstellung und Präsentation einer Expert Card • Wissenstest zum Abschluss der Modulsequenz

Abb. 1: Planungsraster für ein kompetenzorientiertes, bilinguales Schülerlabormodul [angepasst nach Vorlage 7].

Konzeption der bilingualen Schülerlaboreinheit

Die Konzeption von curricular integrierbaren bilingualen Materialien [8], sowie die Auswahl und Optimierung von geeigneten Experimenten, bilden die Grundlage für die Entwicklung des ersten bilingual-englischen Angebots für das Wuppertaler Schülerlabor „Chemie-Labothek“.

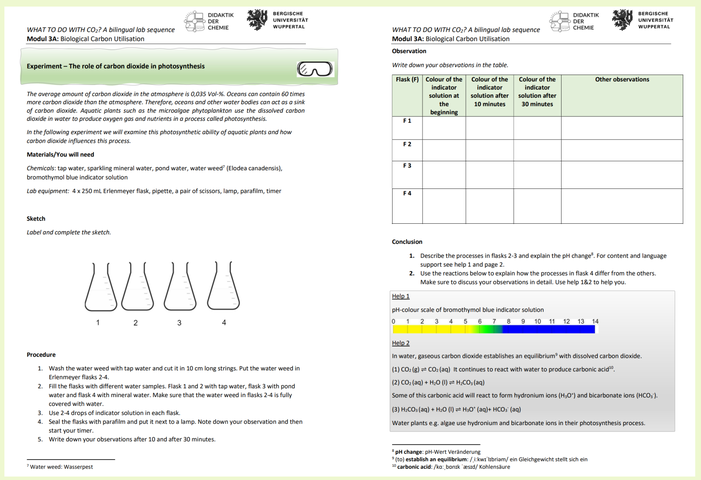
Unter dem Arbeitstitel „What to do with CO_2?“ sollen Schüler*innen der Oberstufe im Schülerlabor experimentell arbeiten und sich mit fremdsprachlich authentischen Materialien und aktuellen wissenschaftlichen Inhalten auseinandersetzen. Gezielt eingesetzte Sprachwechsel sollen die Schüler*innen, wie von der KMK gefordert, zu einer „fachlichen Diskurskompetenz in zwei Sprachen“ [9] befähigen. Die geplante Modulstruktur der Schülerlaboreinheit ist in Abbildung 2 dargestellt.

Nr.	Modul	Inhalte
0	Warm-up	**Ankommen in der neuen Lernumgebung** **Pre-Erhebung**
1	REVISION	**Aktivierung Vorwissen** **Thematische Einstimmung**
2	CARBON CAPTURE AND STORAGE	**CCS Überblick** • **Capture** • **Transport** • **Storage**
3A	CARBON CAPTURE AND UTILISATION	**Gruppe 1: Chemische Nutzung von CO_2** **Gruppe 2: Biologische Nutzung von CO_2** **Gruppe 3: Mineralisierung von CO_2**
3B	NEGATIVE EMISSION TECHNOLOGIES	**Gruppe 4: BECCS** (Biomass Energy with Carbon Capture) **Gruppe 5: DACC** (Direct Air Carbon Capture)
4	Sicherung	**Präsentation** der Expert Cards der Gruppen 3A und 3B
5	Transfer	**Diskussion** und Evaluation der Zukunftsfähigkeit der verschiedenen Technologien
6	Cool down	**Post-Erhebung** **Abschluss des Schülerlabortages**

Abb. 2: Geplante Modulstruktur des Schülerlaborangebots.

Die Einheit ist in mehrere Module unterteilt. Zu Beginn erhalten die Lernenden die Gelegenheit, in der Revisions-Phase in der neuen Lernumgebung anzukommen, ihr Vorwissen zu aktivieren und sich auf das Thema CCUS einzustimmen. Anschließend wird in Modul 2 die Carbon Capture and Storage Technologie mittels einiger Handversuchen erläutert und für die SuS erfahrbar gemacht. Anschließend erarbeiten die Lernenden in Modul 3A und 3B arbeitsteilig weitere Technologien zur Nutzung und Abscheidung von Kohlenstoffdioxid (z.B. Direct Air Capture). Im Anschluss werden die gewonnenen Erkenntnisse aus den Modulen von SuS präsentiert. Abschließend findet eine Diskussion zur Effektivität und Zukunftsfähigkeit der Technologien statt, die die SuS zur Anwendung und Reflexion Ihres erworbenen Wissens anregen soll.

Einblick in die entwickelten Materialien



WHAT TO DO WITH CO_2? A bilingual lab sequence
Modul 3A: Biological Carbon Utilisation

Experiment – The role of carbon dioxide in photosynthesis

The average amount of carbon dioxide in the atmosphere is 0,035 Vol-%. Oceans can contain 60 times more carbon dioxide than the atmosphere. Therefore, oceans and other water bodies can act as a sink of carbon dioxide. Aquatic plants such as the microalgae phytoplankton use the dissolved carbon dioxide in water to produce oxygen gas and nutrients in a process called photosynthesis.

In the following experiment we will examine this photosynthetic ability of aquatic plants and how carbon dioxide influences this process.

Materials/You will need

Chemicals: tap water, sparkling mineral water, pond water, water weed[1] (Elodea canadensis), bromothymol blue indicator solution

Lab equipment: 4 x 250 mL Erlenmeyer flask, pipette, a pair of scissors, lamp, parafilm, timer

Sketch

Label and complete the sketch.

Procedure

1. Wash the water weed with tap water and cut it in 10 cm long strings. Put the water weed in Erlenmeyer flasks 2-4.
2. Fill the flasks with different water samples. Flask 1 and 2 with tap water, flask 3 with pond water and flask 4 with mineral water. Make sure that the water weed in flasks 2-4 is fully covered with water.
3. Use 2-4 drops of indicator solution in each flask.
4. Seal the flasks with parafilm and put it next to a lamp. Note down your observation and then start your timer.
5. Write down your observations after 10 and after 30 minutes.

[1] Water weed: Wasserpest

WHAT TO DO WITH CO_2? A bilingual lab sequence
Modul 3A: Biological Carbon Utilisation

Observation

Write down your observations in the table.

Flask (F)	Colour of the indicator solution at the beginning	Colour of the indicator solution after 10 minutes	Colour of the indicator solution after 30 minutes	Other observations
F 1				
F 2				
F 3				
F 4				

Conclusion

1. Describe the processes in flasks 2-3 and explain the pH change[2]. For content and language support see help 1 and page 2.
2. Use the reactions below to explain how the processes in flask 4 differ from the others. Make sure to discuss your observations in detail. Use help 1&2 to help you.

Help 1

pH-colour scale of bromothymol blue indicator solution

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14

Help 2

In water, gaseous carbon dioxide establishes an equilibrium[3] with dissolved carbon dioxide.

(1) CO_2 (g) ⇌ CO_2 (aq) It continues to react with water to produce carbonic acid[4].

(2) CO_2 (aq) + H_2O (l) ⇌ H_2CO_3 (aq)

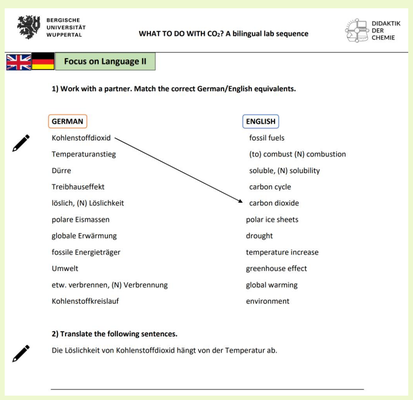
Some of this carbonic acid will react to form hydronium ions (H_3O^+) and bicarbonate ions (HCO_3^-).

(3) H_2CO_3 (aq) + H_2O (l) ⇌ H_3O^+ (aq)+ HCO_3^- (aq)

Water plants e.g. algae use hydronium and bicarbonate ions in their photosynthesis process.

[2] **pH change**: pH-Wert Veränderung
[3] (to) **establish an equilibrium**: /ɪ'kwɪ 'lɪbrɪəm/ ein Gleichgewicht stellt sich ein
[4] **carbonic acid** /kɑ: bɒnɪk 'æsɪd/ Kohlensäure

Abb. 3: Ausschnitt eines Arbeitsblatts zur experimentellen Arbeit in Modul 3A.



WHAT TO DO WITH CO_2? A bilingual lab sequence

Focus on Language II

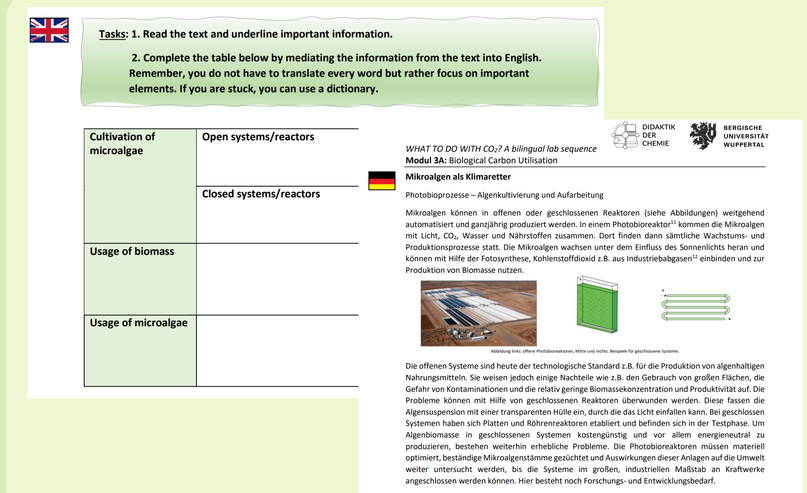
1) Work with a partner. Match the correct German/English equivalents.

GERMAN	ENGLISH
Kohlenstoffdioxid	fossil fuels
Temperaturanstieg	(to) combust (N) combustion
Dürre	soluble, (N) solubility
Treibhauseffekt	carbon cycle
löslich, (N) Löslichkeit	carbon dioxide
polare Eismassen	polar ice sheets
globale Erwärmung	drought
fossile Energieträger	temperature increase
Umwelt	greenhouse effect
etw. verbrennen, (N) Verbrennung	global warming
Kohlenstoffkreislauf	environment

2) Translate the following sentences.

Die Löslichkeit von Kohlenstoffdioxid hängt von der Temperatur ab.

Abb. 4: Ausschnitt eines sprachlichen Arbeitsmaterials in Modul 1.



Tasks: 1. Read the text and underline important information.

2. Complete the table below by mediating the information from the text into English. Remember, you do not have to translate every word but rather focus on important elements. If you are stuck, you can use a dictionary.

Cultivation of microalgae	**Open systems/reactors**
	Closed systems/reactors
Usage of biomass	
Usage of microalgae	

WHAT TO DO WITH CO_2? A bilingual lab sequence
Modul 3A: Biological Carbon Utilisation

Mikroalgen als Klimaretter

Photobioprozesse – Algenkultivierung und Aufarbeitung

Mikroalgen können in offenen oder geschlossenen Reaktoren (siehe Abbildungen) weitgehend automatisiert und ganzjährig produziert werden. In einem Photobioreaktor[11] kommen die Mikroalgen mit Licht, CO_2, Wasser und Nährstoffen zusammen. Dort finden dann sämtliche Wachstums- und Produktionsprozesse statt. Die Mikroalgen wachsen unter dem Einfluss des Sonnenlichts heran und können mit Hilfe der Fotosynthese, Kohlenstoffdioxid z.B. aus Industriebabgasen[12] einbinden und zur Produktion von Biomasse nutzen.

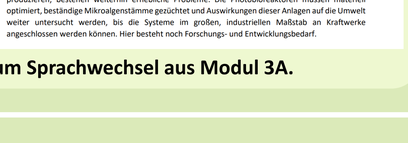


Abbildung links: offene Photobioreaktoren, Mitte und rechts. Beispiele für geschlossene Systeme.

Die offenen Systeme sind heute der technologische Standard z.B. für die Produktion von algenhaltigen Nahrungsmitteln. Sie weisen jedoch einige Nachteile wie z.B. den Gebrauch von großen Flächen, die Gefahr von Kontaminationen und die relativ geringe Biomassekonzentration und Produktivität auf. Die Probleme können mit Hilfe von geschlossenen Reaktoren überwunden werden. Diese fassen die Algensuspension mit einer transparenten Hülle ein, durch die das Licht einfallen kann. Bei geschlossen Systemen haben sich Platten und Röhrenreaktoren etabliert und befinden sich in der Testphase. Um Algenbiomasse in geschlossenen Systemen kostengünstig und vor allem energieneutral zu produzieren, bestehen weiterhin erhebliche Probleme. Die Photobioreaktoren müssen materiell optimiert, beständige Mikroalgenstämme gezüchtet und Auswirkungen dieser Anlagen auf die Umwelt weiter untersucht werden, bis die Systeme im großen, industriellen Maßstab an Kraftwerke angeschlossen werden können. Hier besteht noch Forschungs- und Entwicklungsbedarf.

Abb. 5: Ausschnitt einer Aufgabe zum Sprachwechsel aus Modul 3A.

Ausblick und Weiterarbeit

Die bereits entwickelten Materialien wurden schon im schulischen Kontext in Hybrid- bzw. Distanzlernformaten in den Klassenstufen EF und Q1 erprobt und entsprechend angepasst. Die Optimierung und Auswahl von geeigneten Versuchen und die Finalisierung der fehlenden Arbeitsmaterialien für die Laborsequenz stellt den nächsten Entwicklungsschritt in der finalen Konzeption der bilingualen Schülerlaboreinheit dar.

Daran schließt sich die Erprobung und stetige Optimierung des gesamten Schülerlabormoduls an, die angelehnt an die partizipative Aktionsforschung in einem explorativen Forschungsdesign im Rahmen eines Promotionsprojekts realisiert wird.

Literatur:

[1] M. Fischedick, K. Görner, M. Thomeczek, CO2: Abtrennung, Speicherung, Nutzung Ganzheitliche Bewertung im Bereich von Energiewirtschaft und Industrie. 2015.
[2] Global CCS Institute. Global Status of CCS 2019 –Targeting Climate Change. Report 2019, 11-12.
[3] R. Piria, H. Naims, A. M. Lorente Lafuente. Carbon Capture and Utilisation (CCU), 2016, 10-18.
[4] Ministerium für Schule und Bildung NRW, Leitlinie Bildung für nachhaltige Entwicklung, 2019.
[5] Vereinte Nationen, Transformation unserer Welt: die Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung, 2015.
[6] Ministerium für Schule und Bildung NRW. Kernlehrplan für die Sekundarstufe II Gymnasium/Gesamtschule in Nordrhein-Westfalen Chemie. 2014. (Online-Fassung).
[7] Ministerium für Schule und Bildung NRW. Handreichung Bilingualer Unterricht: Biologie deutsch-englisch in der Sekundarstufe I, 2012, S.16. (Online-Fassung 15.09.2012).
[8] C. Bohrmann-Linde in *Bilingualen Unterricht weiterentwickeln und erforschen.* (Eds.: B. Diehr, A. Preisfeld, L. Schmelter), Lang, Frankfurt, 2016, 165–181.
[9] KMK, Konzepte für den bilingualen Unterricht – Erfahrungsbericht und Vorschläge zur Weiterentwicklung, 2013.

DIDAKTIK DER CHEMIE

BERGISCHE UNIVERSITÄT WUPPERTAL