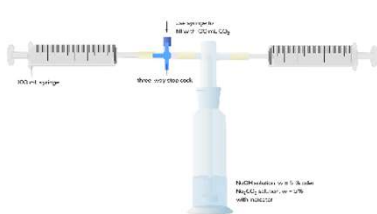


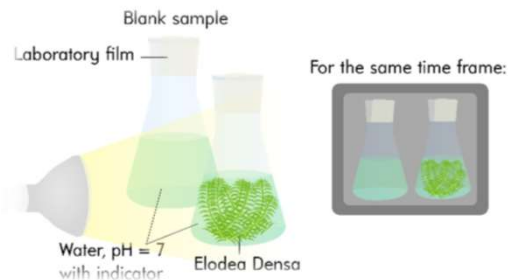
**CARBON CAPTURE**  
**Abtrennung**

**CARBON TRANSPORT**  
**Transport**



**CARBON CAPTURE AND STORAGE (CCS)**  
**Speicherung**

**CARBON CAPTURE AND UTILISATION (CCU)**  
**Verwendung**



# What to do with CO<sub>2</sub>? – Ein bilinguales BNE-Schülerlaborangebot im Fach Chemie

Vortrag

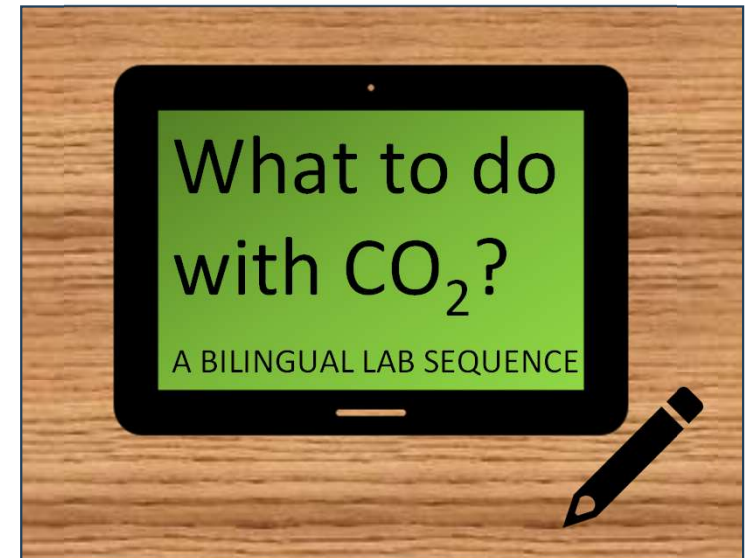
11.10.2023

Elisabeth Kiesling, OStR'  
(abgeordnete Lehrkraft)



CC-BY Elisabeth Kiesling/Prof. Dr. Claudia Bohrmann-Linde. Universität Wuppertal. Dies bezieht sich auf alle Materialien und Inhalte der Präsentation. Wenn Sie diese verwenden oder verändern, geben Sie bitte die Urheber innen als Quelle an. Ausgenommen von der Lizenz sind die verwendeten Logos sowie anders gekennzeichnete Elemente.

- Ausgangssituation
- Theoretische Grundlagen
- Konzeption und Erprobungen
  - Weiterentwicklung von Experimenten
  - Materialentwicklung
  - Vorgehen
  - Kompetenzen und Rahmenbedingungen
  - Erprobungen
  - Weiterarbeit
- Diskussion und Lerntheke



Habeck-Besuch

## CO2 speichern wie Norwegen?

Stand: 05.01.2023 08:39 Uhr

Wenn Wirtschaftsminister Habeck in Norwegen in einem Zehnminutenbesuch vorbeischaud, geht es um mehr als den Baustoff: Es geht auch um die Abspaltung, Verflüssigung und Speicherung von CO2. Ein Besuch hat eine Signalwirkung?



Von Martin Polansky, ARD Berlin



Carbon Capture and Storage

## Heidelberg Materials fordert Reform zum CO2-Speichern

Analysis

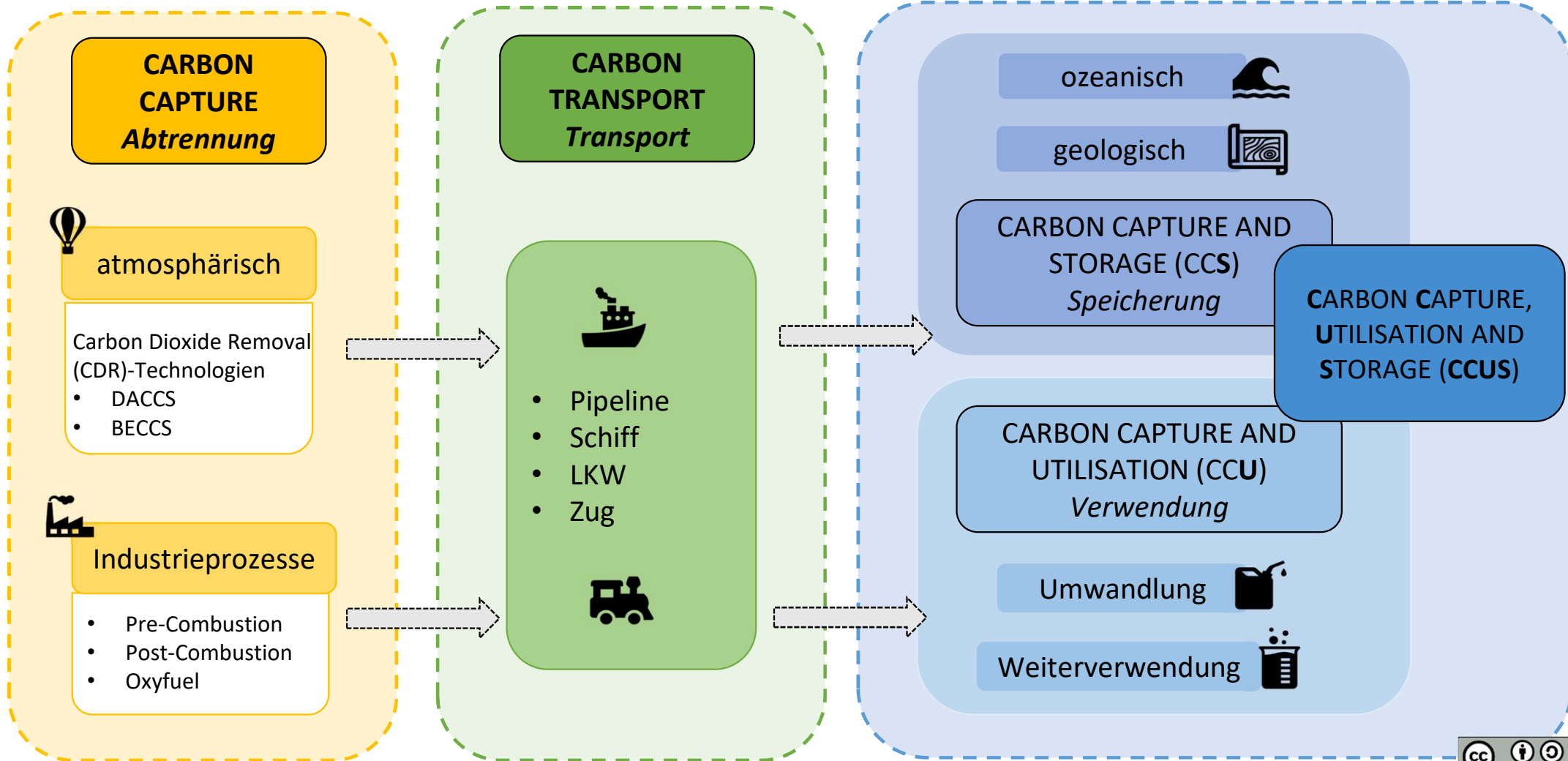
The Guardian 01.08.23

## Why carbon capture and storage will not solve the climate crisis any time soon

*Sandra Laville*

Announcing new oil and gas licences along with carbon capture projects is like giving cigarettes to someone trying to quit smoking

Aktualisiert am 3. August 2023, 18:52 Uhr ⓘ / Quelle: dpa Baden-Württemberg / 📌



## Internationale Rahmenprogramme



Abbildung 2: Sustainable Development Goals (SDGs) [1]

<https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/nachhaltigkeitspolitik/nachhaltigkeitsziele-erklart-232174>. Letzter Zugriff 16.08.22.

## Nationale Rahmenprogramme

- **2016:** KMK *Orientierungsrahmen für den Lernbereich Globale Entwicklung im Rahmen einer Bildung für nachhaltige Entwicklung* [2. aktualisierte Auflage, 4]
- **2019:** Leitlinie Bildung für nachhaltige Entwicklung des Bundeslandes NRW [5]
  - BNE-Lernprozesse sind durch multiperspektivische Betrachtungsweisen gekennzeichnet
  - Sie berücksichtigen mehrere Dimensionen wie die ökologische, ökonomische, soziale, kulturelle sowie die politische Dimension und ihre Interdependenz
  - Auftrag an Lehrpersonen Zielvorgaben für die Unterrichtsfächer und konkrete Lernangebote zu entwickeln

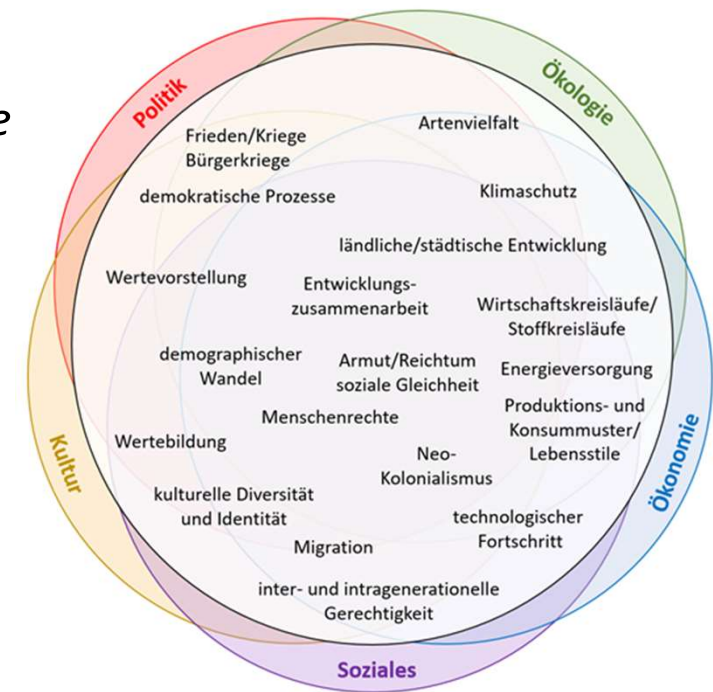


Abbildung 3: Dimensionen nachhaltiger Entwicklung  
[https://www.bne.nrw/fileadmin/Dateien/BEREICH\\_Schule/Leitlinie/Leitlinie\\_BNE.pdfS.18](https://www.bne.nrw/fileadmin/Dateien/BEREICH_Schule/Leitlinie/Leitlinie_BNE.pdfS.18). Letzter Zugriff 11.07.23.

## Entwickelte exemplarische Verlaufspläne für die Sekundarstufe I und II [6]

Sek. I	Sustainable development goals (SDGs)	Inhaltsfeld Thema Kompetenzen
1. Progressionsstufe	12	<b>Inhaltsfeld 1: Stoffe und Stoffeigenschaften</b> Stofftrennung und Mülltrennung <i>Methoden der Stofftrennung auf die Mülltrennung übertragen und vergleichen</i>
	7, 13, 14	<b>Inhaltsfeld 2: Chemische Reaktion</b> Leuchten ohne Wärme – Chemolumineszenz <i>Einsatz klassischer Leuchtmittel bewerten</i>
	13, 14	<b>Inhaltsfeld 3: Verbrennung</b> Gesetz der Erhaltung der Masse <i>Folgen des Kohlenstoffdioxid-Eintrags in unsere Umwelt untersuchen und erste Handlungsoptionen ableiten</i>
	8, 10, 12	<b>Inhaltsfeld 4: Metalle und Metallgewinnung</b> Recycling von Elektroschrott – Metallrecycling <i>Persönliches Konsumverhalten beschreiben und analysieren, Notwendigkeit eines ressourcenschonenden Umgangs bei Konsumprodukten begründen</i>
	3, 8, 12	<b>Inhaltsfeld 5: Elemente und ihre Ordnung</b> Seltene Erden – Vorkommen, Nutzung und Recycling <i>Gesellschaftliche Folgen des Abbaus analysieren und Bedeutung für eine soziale Gerechtigkeit diskutieren</i>
	2, 15	<b>Inhaltsfeld 6: Salze und Ionen</b> Boden als Ionenaustauscher <i>Methoden nachhaltigen Einsatz von Düngesalzen beschreiben und Folgen für die Qualität von Böden und Anbau von Nutzpflanzen beurteilen</i>
	7, 9, 11	<b>Inhaltsfeld 7: Chemische Reaktionen durch Elektronenübertragung</b> Brennstoffzelle <i>Alternativen zur klassischen Batterie diskutieren und Nutzen und Risiken dieser Technologien bewerten</i>
	16	<b>Inhaltsfeld 8: Molekülverbindungen</b> Die Ammoniaksynthese – der Griff in die Luft <i>Mithilfe historischer Sachverhalte Verantwortung der Wissenschaft für die Gesellschaft erörtern</i>
	6, 15	<b>Inhaltsfeld 9: Saure und alkalische Lösungen</b> Saurer Regen <i>Eintrag von Säuren in die Umwelt erläutern und Handlungsoptionen zum Schutz von Gewässern und Natur beschreiben</i>
	9, 12, 14	<b>Inhaltsfeld 10: Organische Chemie</b> Kunststoffmüll in Weltmeeren <i>Eintrag von Mikroplastik in die Umwelt erörtern und Recyclingfähigkeit unterschiedlicher Kunststoffe beurteilen</i>

Sek. II	Sustainable development goals (SDGs)	Inhaltsfeld Thema Kompetenzen
EF	3, 12	<b>Inhaltsfeld 1: Organische Stoffklassen</b> Aromastoffe in Lebensmitteln <i>Wirtschaftlichen und gesundheitlichen Nutzen von Lebensmittelzusatzstoffen für den eigenen Konsum bewerten</i> Eintrag von Lösemitteln in die Umwelt <i>Verwendung von Lösemitteln in Farben und Lacken beurteilen und Gefahren sowie Entsorgungsmöglichkeiten diskutieren</i>
	6, 14	<b>Inhaltsfeld 2: Reaktionsgeschwindigkeit und chemisches Gleichgewicht</b> Natürlicher und anthropogener Treibhauseffekt <i>Klimawirksamkeit von Kohlenstoffdioxid und Nutzung von Kohlenstoffdioxid als Rohstoff beschreiben.</i> Katalyse in technischen Verfahren <i>Nutzen und Grenzen der Beeinflussung des chemischen Gleichgewichts bei der Ammoniaksynthese und historische Bedeutung dieses Synthesewegs für die Ernährung erläutern</i>
	7, 9, 13	<b>Inhaltsfeld 3: Säuren, Basen und analytische Verfahren</b> Säuren und Basen in Alltagsprodukten <i>Wirksamkeit verschiedener Reinigungsmittel vergleichen und ihre Anwendungsgebiete beurteilen</i> Wasserqualität <i>Parameter für eine gute Wasserqualität in der Umwelt bestimmen und experimentell überprüfen</i>
	2, 9	<b>Inhaltsfeld 4: Elektrochemische Prozesse und Energetik</b> Alternative Energiequellen – Wasserstoff und Elektromobilität <i>Zu politischen Impulsen zur Energiewende Stellung nehmen und den Einsatz von Wasserstoff und Strom für den Mobilitätssektor beurteilen</i> Metallkorrosion <i>Korrosionsschutzmaßnahmen unter ökologischen und ökonomischen Gesichtspunkten beschreiben und Handlungsoptionen aufzeigen</i>
	7, 9, 11, 13	<b>Inhaltsfeld 5: Reaktionswege in der organischen Chemie</b> Fette in Nahrungsmitteln <i>Qualität von Fetten für eine ausgewogene Ernährung beurteilen und deren Bedeutung für Menschen in Industrie- und Entwicklungsländern erörtern</i> Power to chemicals – Methanol <i>Bedeutung von Grundchemikalien wie Methanol für die chemische Industrie erklären und alternative Synthesewege bewerten</i>
	11, 12	<b>Inhaltsfeld 6: Moderne Werkstoffe</b> Kunststoff-Recycling <i>Ökonomische, ökologische und sozial Aspekte abwägen und zu Recyclingverfahren (werkstoffliches, rohstoffliches und thermisches Recycling) Stellung beziehen</i> Biologisch abbaubare Kunststoffe <i>Herstellung, Verwendung und Entsorgung von „Bio“-Kunststoffen aus unterschiedlichen Perspektiven bewerten</i>
Q1/Q2	1, 3, 12	
	8, 9	
	9, 12	
	12, 13, 15	
	12, 13, 15	
	12, 13, 15	



<https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/de/unterrichtsmaterialien/bildung-fuer-nachhaltige-entwicklung/>

AK Bohrmann-Linde, Wuppertal 2022



## Nordrhein-Westfalen [7]

Einführungsphase (G9, Kl. 11)

- Inhaltsfeld: Reaktionsgeschwindigkeit und chemisches Gleichgewicht
  - Natürlicher und anthropogener Treibhauseffekt
  - Klimawirksamkeit von Kohlenstoffdioxid und Nutzung von Kohlenstoffdioxid als Rohstoff beschreiben.
- Mögliche Kompetenzen, z.B.: die SuS...
  - beurteilen den ökologischen sowie ökonomischen Nutzen und die Grenzen der Beeinflussbarkeit chemischer Gleichgewichtslagen in einem technischen Verfahren (B3, B10, B12, E12)
  - bewerten die Folgen eines Eingriffs in einen Stoffkreislauf mit Blick auf Gleichgewichtsprozesse in aktuell-gesellschaftlichen Zusammenhängen (B12, B13, B14, S5, E12, K13).



### BNE-Perspektive

**Sustainable  
Development  
Goals (SDGs):**



**Dimensionen:**

- ökologisch,
- ökonomisch
- politisch



## BAYERN [8]

Klasse 12 (G9, grundlegendes und erhöhtes Anforderungsniveau)

- Lernbereich 5: Kohlenwasserstoffe – Energieträger und Reaktionspartner
- Inhalte: Erdöl, Erdgas und Kohle, nachwachsende Rohstoffe, Power-to-Gas-Technologie: Grundstofflieferanten und Energieträger, Treibhauseffekt
- Kompetenzen: Die SuS...
  - recherchieren und bewerten die Bedeutung fossiler und nachwachsender Rohstoffe als Energieträger und Grundstoffe im Sinn einer nachhaltigen Entwicklung.
  - leiten angesichts der Abhängigkeit unserer Zivilisation von einigen wenigen, nur begrenzt zur Verfügung stehenden organischen Rohstoffen Maßnahmen zur Einsparung sowie zur Erschließung alternativer Rohstoff- und Energiequellen ab. Dabei überprüfen sie die Vertrauenswürdigkeit der verwendeten Quellen, indem sie die Urheberschaft prüfen und kennzeichnen.



### BNE-Perspektive

**Sustainable  
Development  
Goals (SDGs):**

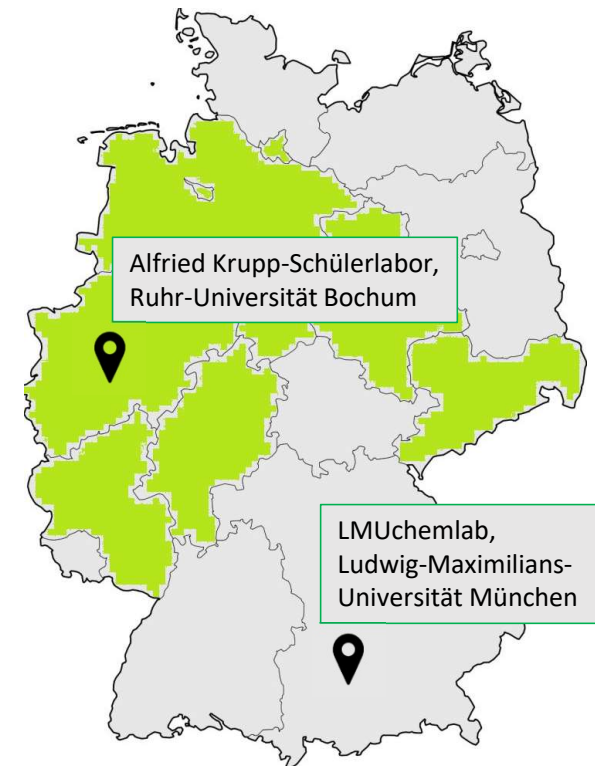


**Dimensionen:**

- ökologisch,
- ökonomisch
- politisch

## Bilingualer Chemieunterricht

- Befähigung der Lernenden zu einer fachlichen Diskurskompetenz in der deutschen und englischen Sprache [9]
- Herausforderungen des bilingualen Chemieunterrichts [10]
  - eine Didaktik des bilingualen Chemieunterrichts existiert nur in Ansätzen
  - wenige Angebote an Schulen
  - wenig Material und Unterrichtssequenzen
  - wenige Lehrkräfte
- Bisher existieren zwei bilingual-chemische Schülerlaborangebote in Deutschland [11,12]
- Dringende Notwendigkeit der chemiedidaktischen Unterstützung der bilingual unterrichtenden Lehrkräfte [10] und der Etablierung gezielter außerschulischer Lernangebote



**Abbildung 4:** Übersicht der Verbreitung von Bilingualem Chemieunterricht an deutschen Schulen (grüne Einfärbung) und bilingual-chemischer Schülerlabore.

Grundlagenkarte mit Informationen ergänzt aus KMK Bericht *Konzepte für den bilingualen Unterricht – Erfahrungsbericht und Vorschläge zur Weiterentwicklung*. 2013, S.14.

<https://www.landkartenindex.de/kostenlos/?p=8>  
Letzter Zugriff 25.08.23.



## Sichtung von Lehrwerken

- Ein konkretes Lehrwerk für den bilingualen Chemieunterricht existiert in Deutschland nicht, weshalb deutsche und englischsprachige Lehrwerke untersucht wurden
- Deutschsprachig:
  - wenige Lehrwerke widmen sich explizit dem Thema CCS
  - der Schwerpunkt liegt auf der Einführungsphase (z.B. *Elemente Chemie* Klett Verlag (2022), *Chemie Qualifikationsphase* Buchner Verlag (2023)).
  - wiederholende Standardversuche: Verbrennung von Treibstoffen, Photosynthese, Nachweis von CO<sub>2</sub> mit Kalkwasser
- Englischsprachig:
  - Carbon Capture and Storage wird nur am Rande erwähnt, meist wenn es um den Kohlenstoffkreislauf geht z.B. in *Chemistry for you* (2016), *Nelson Chemistry 3&4* (2015), *Combined Science Trilogy* (2018)
  - sehr theoretisiert, wenig schülernah
  - sehr wenige Standardversuche: Kalkwasserprobe, Herstellung von CO<sub>2</sub> aus Brausetabletten oder Neutralisationsreaktionen

**BNE** BILDUNG FÜR NACHHALTIGE ENTWICKLUNG

### 4.1.5 Carbon Capture, Storage and Utilisation

So groß das Problem der Kohlenstoffdioxidemissionen in der Atmosphäre ist, so groß sind die Bemühungen und Visionen, Kohlenstoffdioxid zu fixieren oder als Rohstoff nutzbar zu machen. Wie funktioniert das?

Unter **Carbon Capture and Storage (CCS)** versteht man allgemein das Abscheiden von Kohlenstoffdioxid aus der Atmosphäre und dessen vollständige und dauerhafte Speicherung im Untergrund an Land oder am Meer.

**B1** Vereinfachte Prozesskette des CCS-Konzepts

**KEY TERM** **Carbon neutral** Fuels and processes whose use results in zero net release of greenhouse gases to the atmosphere.

**Problems of reducing carbon footprints** There is a need to reduce carbon footprints, but there are some problems that make the reduction in greenhouse gas emissions difficult (Table 31.3).

▲ Figure 31.23 Carbon capture and storage.

▲ Figure 31.24 85% of the fuel in E85 fuel is ethanol, which is a carbon neutral fuel.

**Abbildung 5:** Auszüge aus englischen und deutschen Lehrwerken, die CCS thematisieren (Scans).

Oben: Bohrmann-Linde (et.al). *Chemie Qualifikationsphase*. Nordrhein-Westfalen. Buchner Verlag. S.234-235. 2023.  
Unten: Dixon (et al.). *Combined Science Trilogy*. AQA GCSE 9-1. Hodder Education. S.533 (2018).

## *Sichtung von bestehenden Materialien und Experimenten*

- Deutschsprachig:
  - wenige, meist ohne Experimente
  - bahnen BNE- und Bewertungskompetenzen an
  - thematischer Schwerpunkte sind meist Klima, Kalkkreislauf, Versauerung der Meere
- Englischsprachig:
  - ausgearbeitete Schülermaterialien, meist mit Unterstützung der CCS-Industrie
  - inhaltlicher Schwerpunkt Sekundarstufe I
  - „Modell“-Experimente sind rar und oft zu einfach
  - Materialien zu bilingualen Chemiemodulen existieren nicht
- chemie(didaktische) Veröffentlichungen – eine Auswahl:
  - jüngere oder ältere Zielgruppen
    - Catherine Morgan (2012). *Inspiring a generation od educators with carbon capture and storage*. Energy & Environment. Vol. 23. S.395-404.
    - Asherman (et al.) 2015. *Designing and Demonstrating a Master Student Project To Explore Carbon Dioxide Capture Technology*. Journal of Chemical Education. S. 633-638.
  - Experimente müssen für das Schülerlaborsetting angepasst werden
    - Hack, D. und D. Hauschild. (2011). *Sequestrierung von CO<sub>2</sub>, Eine projektorientierte Unterrichtseinheit für die Sekundarstufe I*. Praxis der Naturwissenschaften - Chemie in der Schule. 5/60. S.11-16.

www.bne-sachsen.de

**ANLAGE 1: ARBEITSBLATT KOHLENDIOXID ABSCHIEDUNG UND SPEICHERUNG**

**CCS (Carbon Capture and Storage)**  
Bei der Verbrennung fossiler Energieträger wird CO<sub>2</sub> emittiert, das mit Hilfe unterschiedlicher Verfahren aus Kraftwerksabgasen abgetrennt und dauerhaft unterirdisch eingelagert werden kann. Aktuell ist nicht absehbar, ob diese Technologie für Umgebung und Menschen sicher sein wird. Wissenschaftler schätzen, dass 65 – 80 % des emittierten CO<sub>2</sub> dauerhaft gespeichert werden können. Derzeit gibt es hierzu lediglich Forschungsprojekte. Ein zentrales Problem ist derzeit der hohe Energieaufwand für die Abscheidung. Große Risiken für Grundwasser, Boden sowie Flora und Fauna bestehen im Fall von Leckagen der unterirdischen Lagerstätten. Des Weiteren gibt es Nutzungskonflikte bei der Suche idealer Speicher. Bei den Speichern handelt es sich vom heutigen Stand der Technik aus betrachtet um Endlagerstätten.

### What Happens to CO<sub>2</sub> Stored Underground?

#### Student Worksheet

This experiment will show you one of the things that can happen to CO<sub>2</sub> when it is stored in formations containing salty, undrinkable water.

**You will need:**

- A 400–500ml beaker
- 200ml calcium hydroxide solution (limewater)
- A straw per student

**Instructions:**

1. Fill up the small beaker with 100–200ml of calcium hydroxide solution.
2. Make a note of the colour of the liquid at the start of the experiment.
3. Begin to blow bubbles gently through the straw into the solution – take turns to try this.
4. Make a note of any observed changes in the liquid.

**DO NOT SUCK – CALCIUM HYDROXIDE IS DANGEROUS TO INGEST**

Colour of the liquid before experiment:

Colour of the liquid after the experiment:

**Abbildung 6:** Einblick in bereits existierende Materialien.

Oben: Birgit Benesch-Jenker. CCS – CO<sub>2</sub>-Speichern für später. BNE Sachsen. 2020. [https://bne-sachsen.de/app/uploads/2020/04/CCS\\_final\\_bea.pdf](https://bne-sachsen.de/app/uploads/2020/04/CCS_final_bea.pdf). (letzter Zugriff 30.08.23).

Unten: Department of Earth and Environmental Sciences UK. *Geobus*



## *Curriculare Innovationsforschung in der Didaktik der Chemie der BUW*

**Aktuelle Themen aus  
Forschung & Entwicklung**



- Experimente
- Konzepte
- Medien



**Erprobung im  
Schülerlabor und in der  
Lehrerfortbildung,  
Optimierung**

## Adaption von bestehenden Experimenten

### Originalvorschrift

Markus Emden. *CO<sub>2</sub>-Sequestrierung – Ein Modellexperiment zu Gegenmaßnahmen zum Klimawandel*. Unterricht Chemie Nr. 171 / 2019 Modellieren.



### Versuch

#### Geräte und Chemikalien

2 Kolbenprober, Reaktionsrohr, Porzellanschiffchen, Aktivkohle (gepulvert), CO<sub>2</sub>

#### Durchführung

Ein verschließbarer Kolbenprober wird mit 100 mL CO<sub>2</sub> befüllt. Das Porzellanschiffchen wird mit ca. 0,5 g Aktivkohle gefüllt.

Es wird eine Apparatur aufgebaut, in der zwei Kolbenprober über ein Reaktionsrohr miteinander verbunden sind, in dem sich das Porzellanschiffchen mit Aktivkohle befindet (Abb. 1).

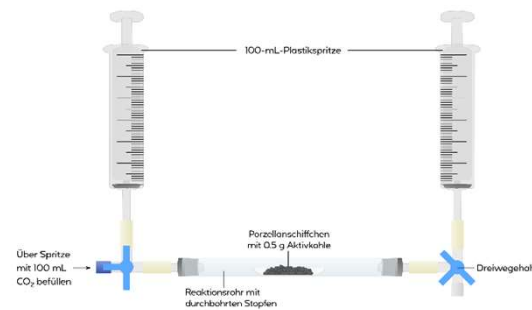
Der befüllte Kolbenprober wird geöffnet und das CO<sub>2</sub> im sanften Strom 2 – 3 mal über die Aktivkohle geleitet.

Nun wird der „leere“ Kolbenprober verschlossen und auf den Stempel des gefüllten Kolbenprobers sanfter Druck ausgeübt (um ca. 5 – 10 mL). Der Druck wird für ca. 10 Sekunden aufrechterhalten.

Wiederum wird eine mögliche Volumendifferenz notiert.

### Adaption mit Medizintechnik

#### Variante 1

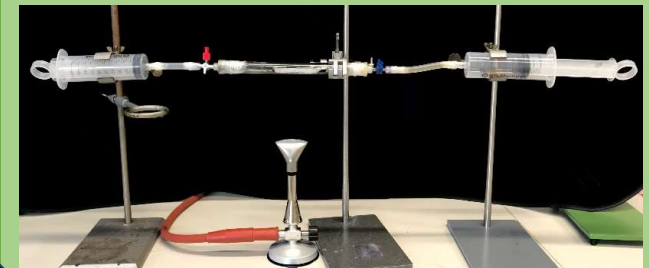


#### Variante 2



### Erweiterung um zwei weitere Versuchsteile

#### Desorption



#### Kalkwasserprobe



## Materialentwicklung

innovativ

- aktuelle Thematik aus naturwissenschaftlichem und politischem Diskurs
- Fokus: Bildung für nachhaltige Entwicklung
- mehrdimensionale Betrachtung, Schulung der Bewertungskompetenz

experimentbasiert

- handlungsorientiert
- naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung
- strukturierte Experimentieranleitungen mit Auswertungsfragen

binnendifferenziert

- Anforderungsbereiche I-III, geschlossene bis offene Aufgabenformate
- unterschiedliche Schwierigkeitsstufen
- inhaltliches Scaffolding Material (z.B. Hilfekarten, Infotexte)

bilingual

- Einsatz sprachsensibler Methoden und Methodenwerkzeuge
- sprachliches Scaffolding (z.B. durch Audiotexte, Annotationen)
- Einsatz gezielter Sprachwechsel-Methoden [13]
- Orientierung am *Beyond CLIL* Ansatz [14]


## Materialbeispiel

innovativ

experimentbasiert


bilingual

binnendifferenziert

**Model Experiment 1: Geological Storage of Carbon Dioxide in Coal Seams** 

*This experiment shows the potential of geologically storing carbon dioxide underground e.g., in coal seams. A coal seam is a dark brown or black banded deposit of coal that is visible within layers of rock.*


**Material**

<p><b>Lab Equipment</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 plastic syringes (100 mL)</li> <li>• glass reaction tube</li> <li>• sagger</li> <li>• rubber/latex tubing</li> <li>• 2 T-cocks</li> <li>• 2 pierced rubber stoppers</li> <li>• Petri dish</li> <li>• spatula</li> <li>• parafilm</li> <li>• 100 mL plastic syringe with attachment</li> </ul> 	<p>plastic syringes: Plastikspritzen</p> <p>glass reaction tube: Reaktionsrohr</p> <p>sagger: Porzellanschiffchen</p> <p>rubber tubing: Gummischläuche</p> <p>t-cock: 3-Wege-Hahn</p> <p>rubber stoppers: Gummistopfen</p> <p>activated carbon: Aktivkohle</p>
--	--

**Chemicals**  
Carbon dioxide, CO<sub>2</sub> (g) in an infusion bag  
Activated carbon, C (s), powder





**Setup**

Label the photo with the terms on the right:



plastic syringe
glass reaction tube
sagger
T-cock

**Setup details**

T-cock closed	T-cock open	infusion bag closed	open
			



## Materialbeispiel

experimentbasiert

bilingual

**Conclusion**

1) Explain the changes in volume, after leading carbon dioxide over activated carbon (step 6). Use the information provided in the Info Card below to explain your observations. Focus on activated carbon, its adsorptive properties, and its surface structure.

Activated Carbon has...

Carbon dioxide adsorbs to ... ..and accumulates on it.

A decrease in gas volume ...

(to) accumulate: ansammeln, anreichern

3) Evaluate the potential of geological carbon storage in coal seams with the help of your experimental data and the Info Card provided below.

An advantage of geological carbon storage in coal seams is that...

A disadvantage of this form of storage is that...

Other storage options are...


innovativ

**i Info Card: Activated Carbon**

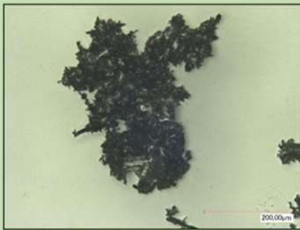
Activated carbon consists of 90% carbon. It has a *porous* structure, like a sponge. This phenomenon leads to it having a large surface. The surface of one gram activated carbon can be up to 20000 m<sup>2</sup> large which is about the size of a small football field.

Activated carbon exists in different forms: powder, pellets or it is applied to *fabric*. It is mainly used as an *adsorbent*. Substances like flavourings and *dyes* can adsorb as liquids and gases on its surface. Through heating activated carbon on can reactivate it, releasing the adsorbed compounds. Activated carbon is used for a variety of application e.g., in water purification, as an air filter or in medicine.

porous: porös  
fabric: Gewebe  
dyes: Farbstoffe  
adsorbent: Adsorptionsmittel



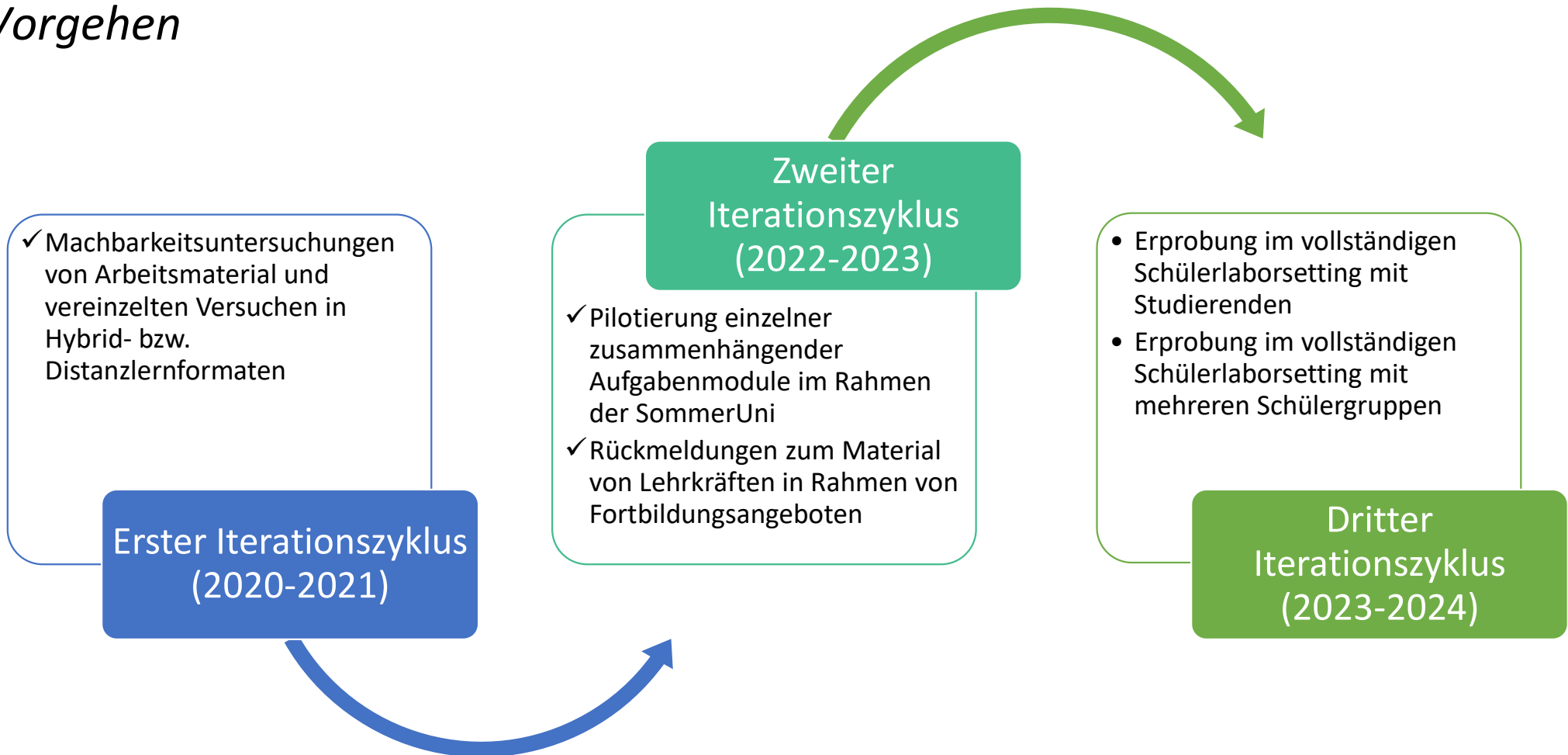
Activated carbon in a sagger









Activated carbon under the microscope

binnendifferenziert

## Vorgehen









## Modulplan Ablauf - Pflichtstationen

 <b>Modulinhalte</b>	<b>Dimension BNE</b> <i>dimensionsbezogene Schwerpunkte der Module</i>					<b>Interdisziplinäre Aspekte</b>
	<b>Versuche und Arbeitsmaterial</b>	<b>ökologisch</b>	<b>ökonomisch</b>	<b>sozial</b>	<b>Kult- urell</b>	
<b>Warm-up</b>  <ul style="list-style-type: none"> <li>Sprachwechsel (zeitökonomische, kommunikative Funktion)</li> <li>Einführung in die Lernumgebung und das Thema</li> <li>Mentimeterabfrage</li> </ul>	Klimaschutz Stoffkreisläufe	Technologischer Fortschritt				
<b>Block 1:</b>  <b>Carbon Capture</b> Möglichkeiten der CO <sub>2</sub> -Abtrennung  <i>Schwerpunkt:</i> Senkung des CO <sub>2</sub> -Gehalts durch Direct Air und Post-Combustion Capture	Klimaschutz Stoffkreisläufe	Technologischer Fortschritt  Wirtschaftskreisläufe  Energieversorgung			Maßnahmen zur Bewältigung des Klimawandels  Weltwirtschaft	Geschichte wirtschaftliche und technische Entwicklungen in der Vergangenheit und Reflexion der Konsequenzen für aktuelle Anforderungen unserer Gesellschaft
<b>Block 2:</b>  <b>Carbon Storage</b> Möglichkeiten der CO <sub>2</sub> -Speicherung  <i>Schwerpunkt:</i> Senkung des CO <sub>2</sub> -Gehalts durch CCS und Beurteilung von Nutzen und Chancen	Klimaschutz Stoffkreisläufe	Technologischer Fortschritt  Wirtschaftskreisläufe			Maßnahmen zur Bewältigung des Klimawandels  Demokratische Prozesse  Weltwirtschaft	Politik und Wirtschaft Externalisierung von Umweltbelastungen volkswirtschaftlich, auch im globalen Kontext, wirksam begegnen können
<b>Block 3:</b>  <b>Carbon Utilisation</b> CO <sub>2</sub> als Rohstoff  <i>Schwerpunkt:</i> Pflanzen und Algen als Basis für Biotreibstoffe und Einsatzmittel zur Reduzierung von CO <sub>2</sub>	Klimaschutz Stoffkreisläufe  Ressourcenverbrauch	Technologischer Fortschritt  Wirtschaftskreisläufe  Energieversorgung			Maßnahmen zur Bewältigung des Klimawandels  Weltwirtschaft	Biologie Ökologische Auswirkungen der globalen Nutzung von Rohstoffen und mögliche Alternativen
<b>Präsentation und Abschlussdiskussion</b>  <ul style="list-style-type: none"> <li>Sprachwechsel (kognitive und kommunikative Funktion)</li> <li>Vorstellung der vervollständigten CCUS-Grafik und eines persönlichen Rankings der Technologien</li> </ul>						




## Modulplan Ablauf – Optionale Stationen

	Modulinhalte	Dimension BNE <i>dimensionsbezogene Schwerpunkte der Module</i>					Interdisziplinäre Aspekte
	Versuche und Arbeitsmaterial	ökologisch	ökonomisch	sozial	kulturell	politisch	
<b>Optional 1:  Projects for Greenhouse Gas Removal</b>  <i>Schwerpunkt:</i> Weltweite Verbreitung der Technologien visualisieren und Pilotprojekte kennenlernen	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rechercheaufgabe: Projects for Greenhouse Gas Removal</li> </ul>	Stoffkreisläufe Klimaschutz	Technologischer Fortschritt			Entwicklungszusammenarbeit Demokratische Prozesse	Physik Energieversorgung der Zukunft, Energiespeicherung und Verteilung
<b>Optional 2:  Carbon Footprint Calculator</b>  <i>Schwerpunkt:</i> Reflexion des eigenen Konsumverhaltens, persönlichen Fußabdruck berechnen, Impulse für einen nachhaltigen Lebensstil und Konsum	<ul style="list-style-type: none"> <li>Selbstevaluation: Carbon Footprint Calculator</li> </ul>		Technologischer Fortschritt Konsummuster / Lebensstile	Inter- und intragenerationelle Gerechtigkeit Gestaltbarkeit nachhaltiger Lebensweisen	Wertebildung Verhältnis Mensch-Umwelt		Erdkunde Natürlichen Lebensgrundlagen für Folgegenerationen durch nachhaltiges Wirtschaften sowie soziales und ökologisch verträgliches Handeln sicherstellen  Praktische Philosophie Entscheidung und Gewissen, Freiheit und Verantwortung
<b>Optional 3:  Taboo Game</b>  <i>Schwerpunkt:</i> deutsche und englische Fachbegriffe erklären und wiederholen	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sprachwechsel (kommunikative Funktion)</li> <li>Taboo Game mit deutschen und englischen Begrifflichkeiten</li> </ul>						Englisch Bilinguale Diskurskompetenz, Funktionale kommunikative Kompetenz: Sprechen, Sprachbewusstheit
<b>Optional 4:  How Does Temperature Affect the Carbon Dioxide/Carbonic Acid Equilibrium?</b>  <i>Schwerpunkt:</i> Anknüpfung und Wiederholung von Vorkenntnissen zum chemischen Gleichgewicht	<ul style="list-style-type: none"> <li>Schülerexperiment mit Auswertungsfragen</li> <li>Sprachwechsel (kognitive und affektive Funktion)</li> <li>Info Card Labels of different sparkling water products</li> </ul>	Stoffkreisläufe					Politik und Wirtschaft: die Frage, wie der Externalisierung von Umweltbelastungen volkswirtschaftlich, auch im globalen Kontext, wirksam begegnet werden kann

**Optional 1: Projects for Greenhouse Gas Removal** 


This station provides an overview of ongoing Greenhouse Gas Removal projects (like CCS, DAC) worldwide.

- Follow the [link](https://map.geoengineeringmonitor.org/)  
Go to <https://map.geoengineeringmonitor.org/> and find two ongoing CCS projects.
- Finding projects  
Go to "Filter all" and select only "Greenhouse Gas Removal" Projects.



Choose below


---

**Optional 4 Experiment: How Does Temperature Affect the Carbon Dioxide/Carbonic Acid Equilibrium?** 


This experiment shows how temperature affects an equilibrium.

**Material**

**Lab Equipment**  
stirring hot plate, balloon, 2 x 100 mL Erlenmeyer flasks, 1x 1000 mL beaker, parafilm, finger protection

**Chemicals**  
Bromothymol blue indicator solution , sparkling water, ice

**Setup**  
Label the photo with the correct terms:



*stirring hot plate: Magnetrührer mit Heizplatte*

## Erkenntnisse aus den bisherigen Erprobungen

- SommerUni Kurse (2022: n=17, 2023: n=34)
- Rückmeldungen der Lernenden und beobachtenden Personen
  - das bilinguale Setting bereitet keine Probleme
  - Materialien sind übersichtlich gestaltet
  - Die Experimente können von den Lernenden durchgeführt werden
  - Arbeitsaufträge sind verständlich
  - die Materialien sind sprachlich angemessen

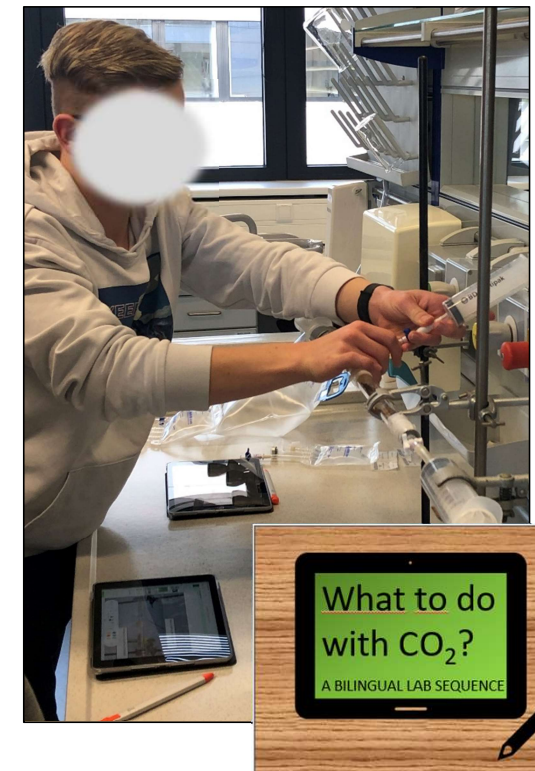
„Ein sehr schöner Kurs der Abwechslung mitbringt und einen gleichzeitig herausfordert.“ (S-Rückmeldung 2022)

„Die Inhalte waren sehr interessant, jedoch war für mich persönlich die Zeit zu kurz, um diese so gut zu verstehen, dass ich sie auch auf Englisch gut wiedergeben kann.“ (S-Rückmeldung 2023)



## Weiterarbeit

- Projekt wird seit Mai 2023 vom Fonds der Chemischen Industrie im Rahmen der Mentoring-Förderung finanziell unterstützt
- Adaption und Finalisierung der Materialien
- Entwicklung eines digitaler Lernbegleiters zum Schülerlaborangebot
- Erprobung weiterer Experimente
- Letzter Iterationszyklus mit Studierenden und Schülerkohorten
- Verstetigung des Schülerlabors im regulären Angebot der Chemie-Labothek



## Herausforderungen

- sehr heterogene, meist vorselektierte Kohorten
- Besonderheit Lernumgebung Schülerlabor [16, S.191]
- Kürze der Intervention vs. (Sprachen)lernen braucht Zeit
- Neue, komplexe chemische Inhalte

## Chancen

- Curriculare Anbindungsmöglichkeiten
- Besonderheit Lernumgebung Schülerlabor
- Aktuelles, motivierendes Thema
- BNE als Leitziel – Mehrdimensionalität als Chance
- Lernende befähigen am internationalen und interdisziplinären Diskurs teilzunehmen

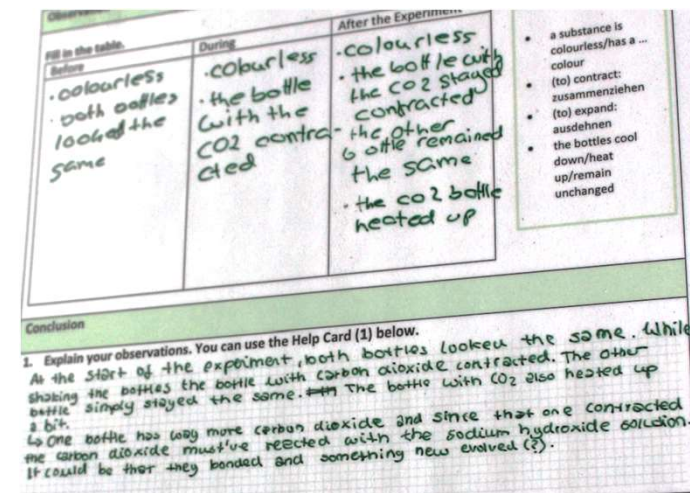
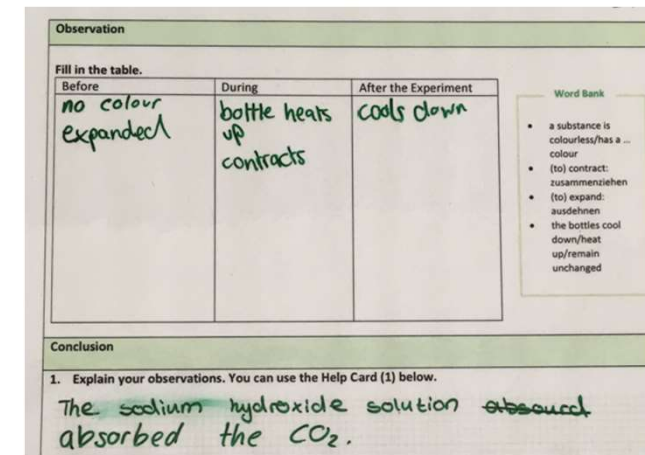
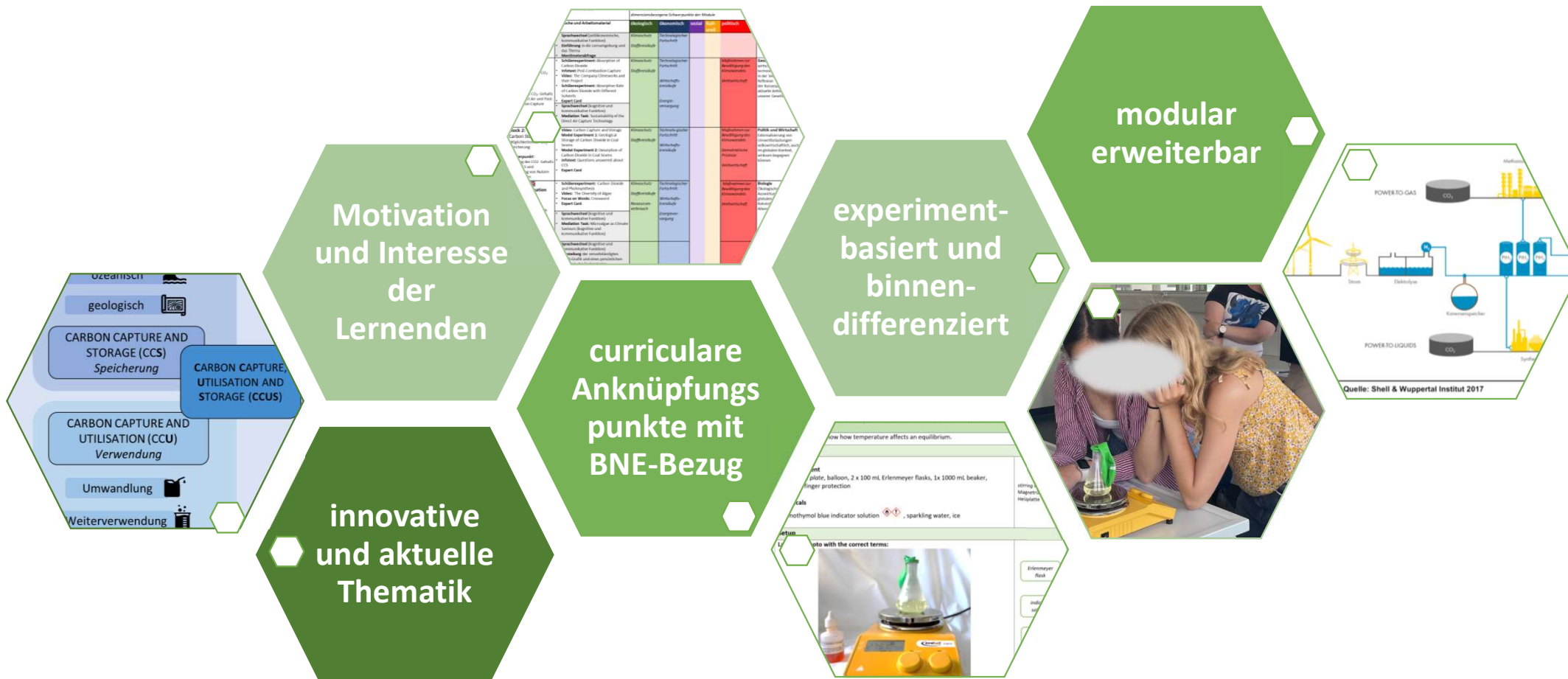


Abbildung 8: Zwei S-Mitschriften aus der Erprobung 2023.

What to do with CO<sub>2</sub>? – Ein bilinguales BNE-Schülerlaborangebot im Fach Chemie





- Videos zu klassischen Schulversuchen

<https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/de/digitale-medien/videos-zu-klassischen-schulversuchen/>



- Videos zu Versuchen aus der fachdidaktischen Forschung

<https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/de/digitale-medien/lehr-/lernvideos-zu-versuchen-aus-unserer-fachdidaktischen-forschung/>



- NeDiChe Projekt (Netzwerk digitalisierter Chemieunterricht)

<https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/de/fuer-lehrkraefte/nediche/>



- Schülerlabor Chemie-Labotheke

- <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/de/chemie-labotheke/>

- Aktuelle Fortbildungsangebote

- <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/de/fuer-lehrkraefte/lehrkraeftefortbildungen/>
- Photoreforming – Wasserstoff aus Biomasse
- Wege aus der Klimakrise
- Carbon Capture, Utilisation and Storage

- Unterrichtsmaterialien zum Download

- <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/de/unterrichtsmaterialien/>



Unterrichtsmaterialien



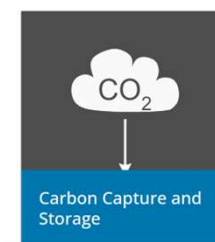
BNE



Bilingualer  
Chemieunterricht



Brennstoffzellen



Carbon Capture and  
Storage



Photo-Blue-Bottle



Solarzellen

## Quellen

- [1] UNESCO (2015). Agenda 2030. <https://www.unesco.de/bildung/agenda-bildung-2030/bildung-und-die-sdgs> (letzter Zugriff:12.12.2021).
- [2] UNESCO (2021). Bildung fgr nachhaltige Entwicklung. Eine Roadmap. BNE 2030. [https://www.bne-portal.de/bne/de/weltweit/bne-2030/bne-2030\\_node.html](https://www.bne-portal.de/bne/de/weltweit/bne-2030/bne-2030_node.html) (letzter Zugriff: 12.12.2021).
- [3] Bianchi, G., Pisiotis, U., Cabrera Giraldez, M. (2022). GreenComp. The European sustainability competence framework. Publications Office of the European Union, Luxemburg. [https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC128040/jrc128040\\_greencomp\\_f2.pdf](https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC128040/jrc128040_greencomp_f2.pdf) (letzter Zugriff: 18.02.2022).
- [4] Engagement Global (2016). Orientierungsrahmen fgr den Lernbereich Globale Entwicklung im Rahmen einer Bildung fgr nachhaltige Entwicklung. [https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2015/2015\\_06\\_00-Orientierungsrahmen-Globale-Entwicklung.pdf](https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2015/2015_06_00-Orientierungsrahmen-Globale-Entwicklung.pdf) (letzter Zugriff: 18.02.2022).
- [5] MSB NRW (2019). Leitlinie Bildung fgr nachhaltige Entwicklung. [https://www.schulministerium.nrw.de/Schulsystem/Unterricht/BNE/Kontext/Leitlinie\\_BNE.pdf](https://www.schulministerium.nrw.de/Schulsystem/Unterricht/BNE/Kontext/Leitlinie_BNE.pdf) (letzter Zugriff: 12.12.2021).
- [6] Kiesling, Elisabeth; Venzlaff, Julian; Bohrman-Linde, Claudia BNE im Chemieunterricht – von der Leitlinie BNE NRW zur exemplarischen Unterrichtseinbindung CHEMKON, 29 (S1) :239-245 Juni 2022
- [7] Ministerium für Schule und Bildung Nordrhein-Westfalen (MSB NRW) (2022). Kernlehrplan für die Sekundarstufe II Gymnasium/Gesamtschule in Nordrhein-Westfalen Chemie. [https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/lehrplan/314/klp\\_gost\\_ch\\_2022\\_06\\_07.pdf](https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/lehrplan/314/klp_gost_ch_2022_06_07.pdf) (10.03.2023).
- [8] Bayerischer Lehrplan. <https://www.lehrplanplus.bayern.de/fachlehrplan/gymnasium/12/chemie/grundlegend> (letzter Zugriff: 28.08.23).

## Quellen

- [9] KMK, Konzepte für den bilingualen Unterricht – Erfahrungsbericht und Vorschläge zur Weiterentwicklung, 2013.
- [10] Kemper, Becker, Nguyen in Nachrichten aus der Chemie Jg. 65. *Trendbericht Chemiedidaktik*. GDCh Wiley-VCH, März 2017. 8-16.
- [11] E. Schumacher in Chemie in unserer Zeit Jg. 46 *Treffpunkt Zukunft: Alfred-Krupp-Schülerlabor. Vanilla or Vanillin? Chemie einmal bilingual*. Wiley-VCH, Dezember 2012. 350.
- [12] S. Hollweck. S. Schwarzer. In Engaging Learners with Chemistry. *Chapter 9 Fostering Scientific Literacy with Language of Science in the Production of a Nano-based After-sun Care Product in an Extracurricular Setting: A CLIL Approach in a Science Lab for School Students*. Royal Society of Chemistry, 2020. 154-191.
- [13] C. Bohrmann-Linde. Funktionale Sprachwechsel und Wechsel der Darstellungsformen im bilingualen Chemieunterricht. In Diehr (et.al.) *Bilingualen Unterricht weiterentwickeln*, 2016. S.169.
- [14] Coyle, D., & Meyer, O. (2021). *Beyond CLIL: Pluriliteracies Teaching for Deeper Learning*. Cambridge: Cambridge University Press.
- [15] MSW NRW. Handreichung Bilingualer Unterricht: Biologie deutsch-englisch in der Sekundarstufe I, 2012, S.16
- [16] J. Wirth. J. Fleischer In Handbuch Forschen im Schülerlabor. Fragebogen und Testverfahren in der Schülerlaborforschung. Waxmann Verlag, 2020, S.183-192.

## Abbildungen

- Abbildung 1: entwickelt von Azote für das Stockholm Resilience Centre, basierend auf Analysen in Wang-Erlandsson et al. 2022, Persson et al 2022, und Steffen et al 2015; online unter: Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (<https://www.pik-potsdam.de/de/aktuelles/nachrichten/update-planetare-grenzen-suesswassergrenze-ueberschritten>, Zugriff: 08.05.2023).
- Abbildung 2: Sustainable Development Goals (SDGs): <https://www.un.org/sustainabledevelopment/news/communications-material/>. Letzter Zugriff 28.07.22.
- Abbildung 3: Dimensionen nachhaltiger Entwicklung [https://www.bne.nrw/fileadmin/Dateien/BEREICH\\_Schule/Leitlinie/Leitlinie\\_BNE.pdf](https://www.bne.nrw/fileadmin/Dateien/BEREICH_Schule/Leitlinie/Leitlinie_BNE.pdf)S.18. Letzter Zugriff 11.07.23.
- Abbildung 4: Grundlagenkarte mit Informationen ergänzt aus KMK Bericht *Konzepte für den bilingualen Unterricht – Erfahrungsbericht und Vorschläge zur Weiterentwicklung*. 2013, S.14. <https://www.landkartenindex.de/kostenlos/?p=8>. Letzter Zugriff 25.08.23.
- Abbildung 5: Oben: Bohrmann-Linde (et.al). *Chemie Qualifikationsphase*. Nordrhein-Westfalen. Buchner Verlag. S.234-235. 2023. Unten: Dixon (et al.). *Combined Science Trilogy*. AQA GCSE 9-1.Hodder Education.S.533 (2018).
- Abbildung 6: Oben: Birgit Benesch-Jenker. CCS – CO2-Speichern für später. BNE Sachsen. 2020. [https://bne-sachsen.de/app/uploads/2020/04/CCS\\_final\\_bea.pdf](https://bne-sachsen.de/app/uploads/2020/04/CCS_final_bea.pdf). (letzter Zugriff 30.08.23).Unten: Department of Earth and Environmental Sciences UK. *Geobus CCS Workshop*. S.49.
- Abbildung 7: Angelehnt an Vorschläge des MSW NRW. Handreichung Bilingualer Unterricht: Biologie deutsch-englisch in der Sekundarstufe I, 2012, S.16.

