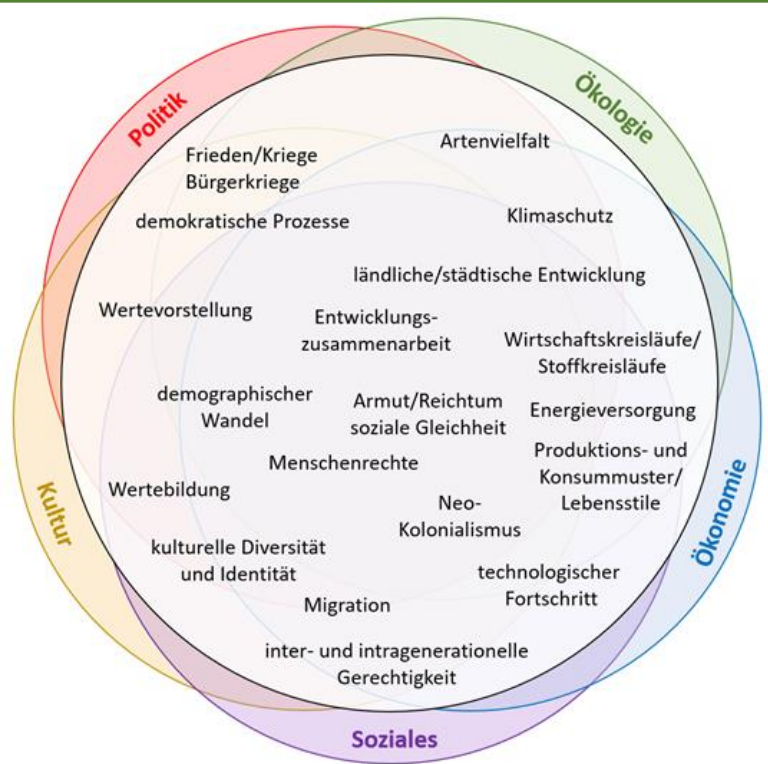


Die Reduzierung von CO₂-Emissionen-

BNE fördernde Lernangebote für den Chemieunterricht

Julian Venzlaff
Elisabeth Kiesling, OStR'



Sek. II	Sustainable development goals (SDGs)	Inhaltsfeld Thema Kompetenzen
EF		Inhaltsfeld 1: Organische Stoffklassen Aromastoffe in Lebensmitteln Wirtschaftlichen und gesundheitlichen Nutzen von Lebensmittelzusatzstoffen für den eigenen Konsum bewerten Eintrag von Lösemitteln in die Umwelt Verwendung von Lösemitteln in Farben und Lacken beurteilen und Gefahren sowie Entsorgungsmöglichkeiten diskutieren
		Inhaltsfeld 2: Reaktionsgeschwindigkeit und chemisches Gleichgewicht Natürlicher und anthropogener Treibhauseffekt Klimawirksamkeit von Kohlenstoffdioxid und Nutzung von Kohlenstoffdioxid als Rohstoff beschreiben. Katalyse in technischen Verfahren Nutzen und Grenzen der Beeinflussung des chemischen Gleichgewichts bei der Ammoniaksynthese und historische Bedeutung dieses Synthesewegs für die Ernährung erläutern
		Inhaltsfeld 3: Säuren, Basen und analytische Verfahren Säuren und Basen in Alltagsprodukten Wirksamkeit biologischer und klassischer Reinigungsmittel vergleichen und ihre Anwendungsgebiete beurteilen Wasserqualität Parameter für eine gute Wasserqualität in der Umwelt bestimmen und experimentell überprüfen
α1/α2		Inhaltsfeld 4: Elektrochemische Prozesse und Energetik Alternative Energiequellen – Wasserstoff und Elektromobilität Zu politischen Impulsen zur Energiewende Stellung nehmen und den Einsatz von Wasserstoff und Strom für den Mobilitätssektor beurteilen Metallkorrosion Korrosionsschutzmaßnahmen unter ökologischen und ökonomischen Gesichtspunkten beschreiben und Handlungsoptionen aufzeigen
		Inhaltsfeld 5: Reaktionswege in der organischen Chemie Fette in Nahrungsmitteln Qualität von Fetten für eine ausgewogene Ernährung beurteilen und deren Bedeutung für Menschen in Industrie- und Entwicklungsländern erörtern Power to chemicals – Methanol Bedeutung von Grundchemikalien wie Methanol für die chemische Industrie erklären und alternative Synthesewege bewerten
		Inhaltsfeld 6: Moderne Werkstoffe Kunststoff-Recycling Ökonomische, ökologische und sozial Aspekte abwägen und zu Recyclingverfahren (werkstoffliches, rohstoffliches und thermisches Recycling) Stellung beziehen Biologisch abbaubare Kunststoffe Herstellung, Verwendung und Entsorgung von Kunststoffen aus nachwachsenden Rohstoffen aus unterschiedlichen Perspektiven bewerten



- Ausgangslage
 - planetare Belastungsgrenzen
 - CO₂-Emissionen weltweit
 - CCS und CCU – Chancen und Herausforderungen
- Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE)
 - Internationale Vorgaben
 - Nationale Rahmenprogramme
 - Entwickelte Verlaufspläne BNE im Chemieunterricht
- Materialien für den Chemieunterricht
 - Bilingual Chemistry „*Experiments with Carbon Dioxide*“
 - Unterrichtsmodul „*Klimawirksamkeit von Kohlenstoffdioxid und Ansätze zur Emissionsreduktion*“
 - Videos
 - Schülerlaboreinheit „*Wege aus der Klimakrise*“

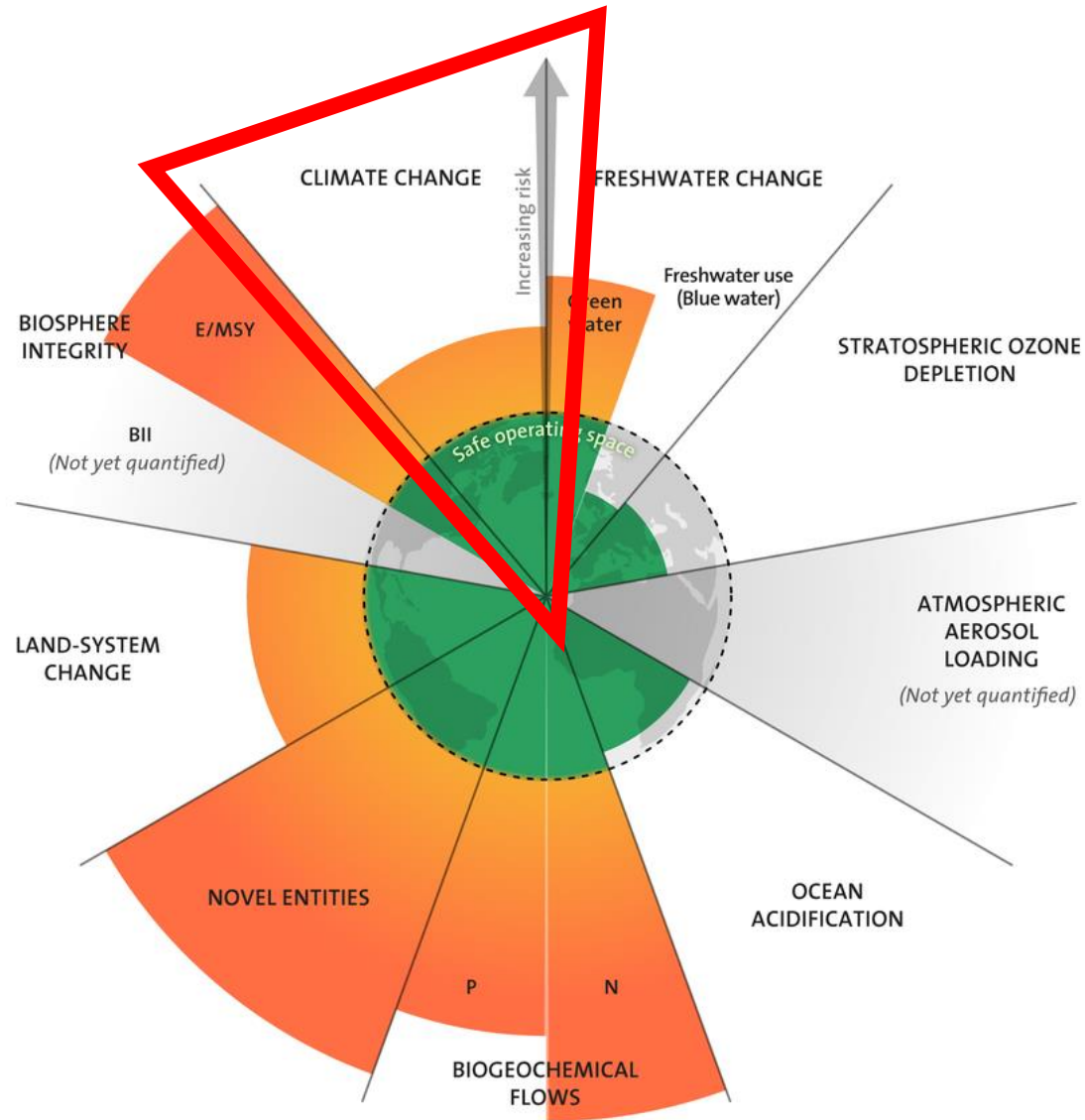


Abbildung 1: Darstellung der planetaren Belastbarkeitsgrenzen (2022)

Abbildung 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).

Globale CO₂-Emissionen 1990 bis 2020 (Mrd. t)

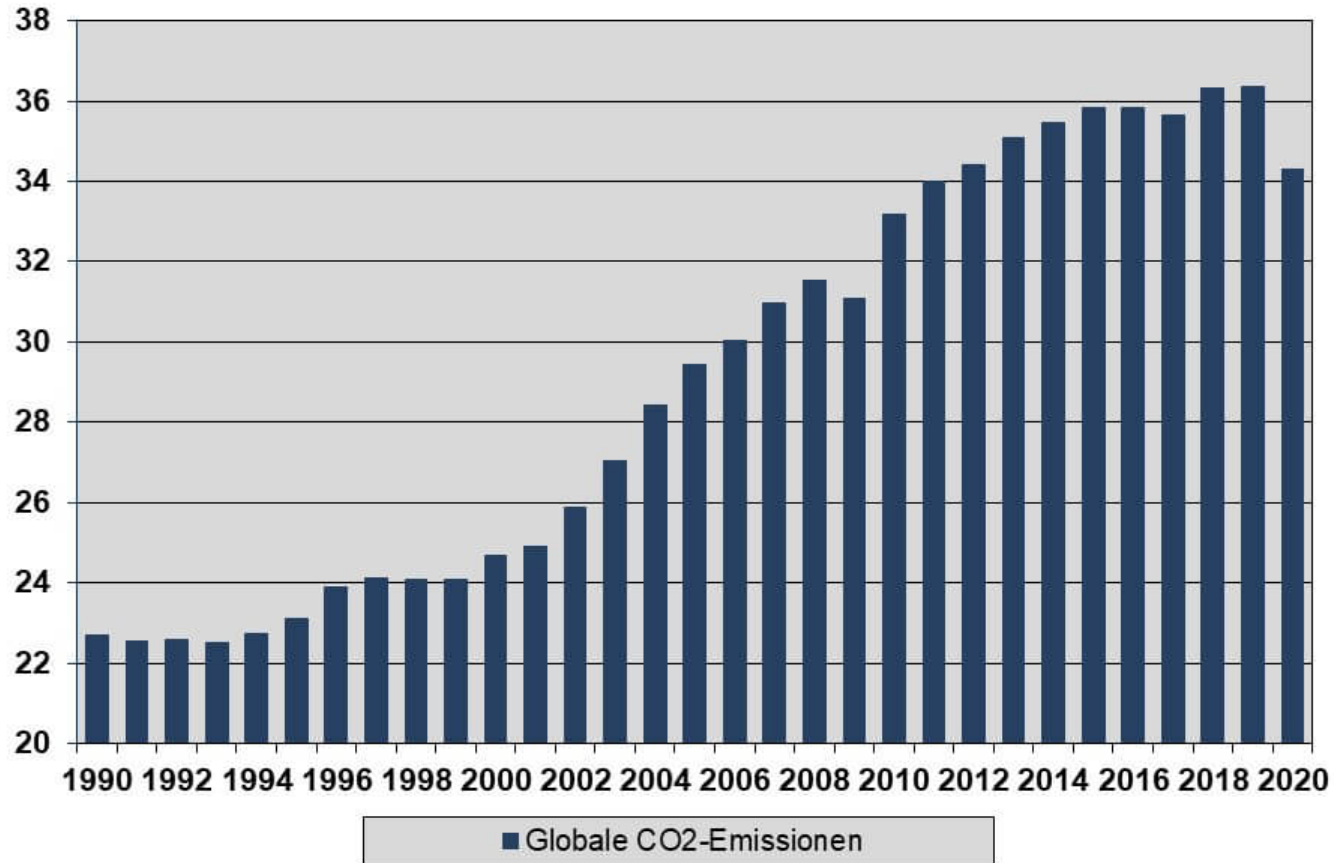
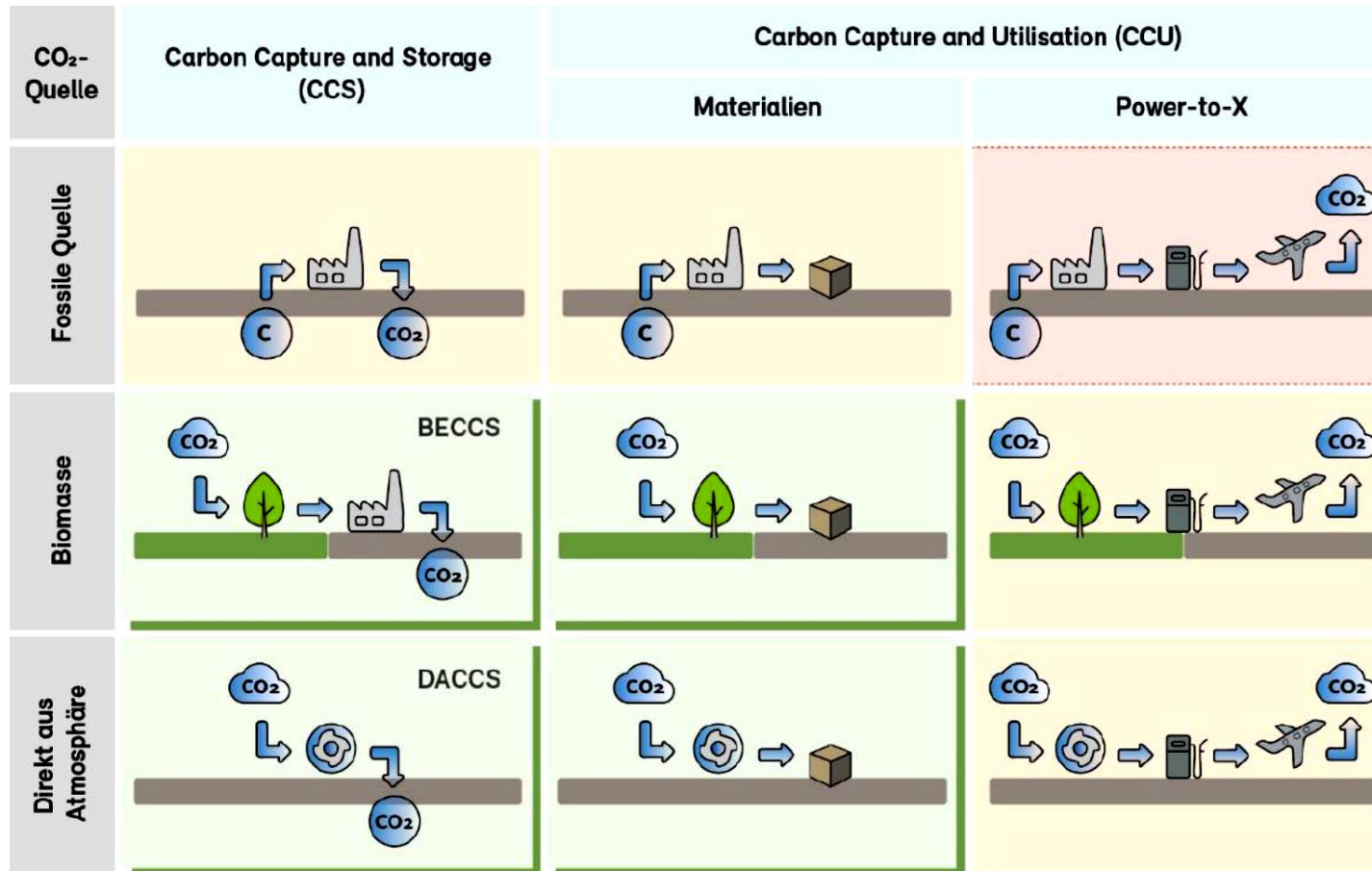


Abbildung 2: Weltweite CO₂-Emissionen von 1990 bis 2020

IWR: <https://www.iwr-institut.de/images/seiteninhalte/presse/grafiken/CO2-Emissionen.jpg> (Zugriff: 23.08.23).



Es wird davon ausgegangen, dass die verwendete Energie klimafreundlich gewonnen wurde.

■ Negative Emissionen
 ■ Klimaneutralität
 ■ CO₂-Emissionen

Abbildung 3: Beitrag von CCS und CCU zu negativen Emissionen und Klimaneutralität

NABU Kurzstudie: Wie ökologisch und sozial verträglich sind CCS, BECCS und CCU Technologien? (<https://www.pik-potsdam.de/de/aktuelles/nachrichten/update-planetare-grenzen-suesswassergrenze-ueberschritten>, Zugriff: 23.08.2023).

Internationale Vorgaben



Abbildung 4: Sustainable Development Goals (SDGs) [1]

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

Nationale Rahmenprogramme

2007: Orientierungsrahmen für den Lernbereich Globale Entwicklung [2]

2019: *Leitlinie Bildung für nachhaltige Entwicklung* des Bundeslandes NRW [3]

- 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

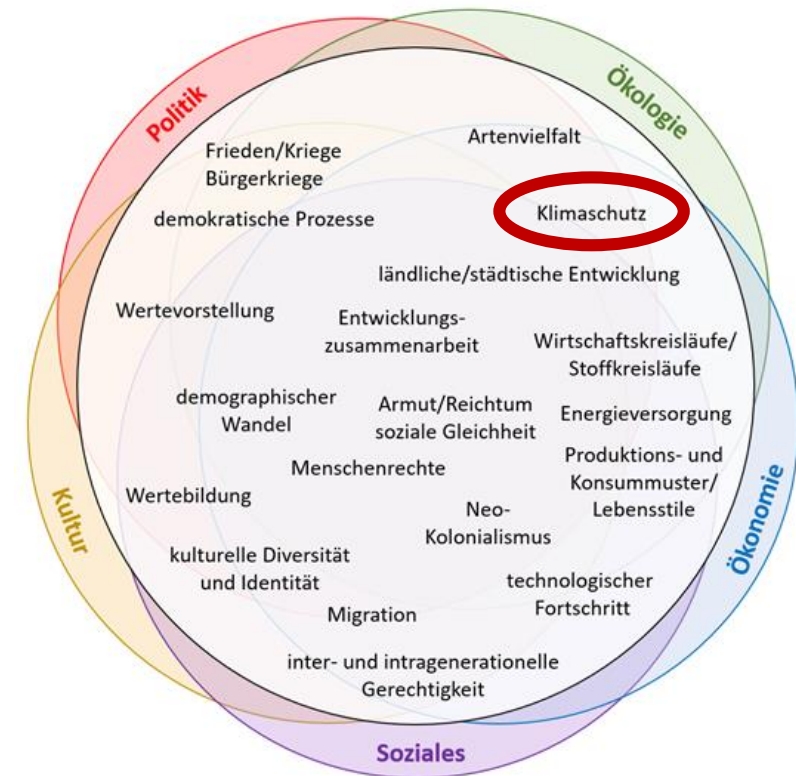
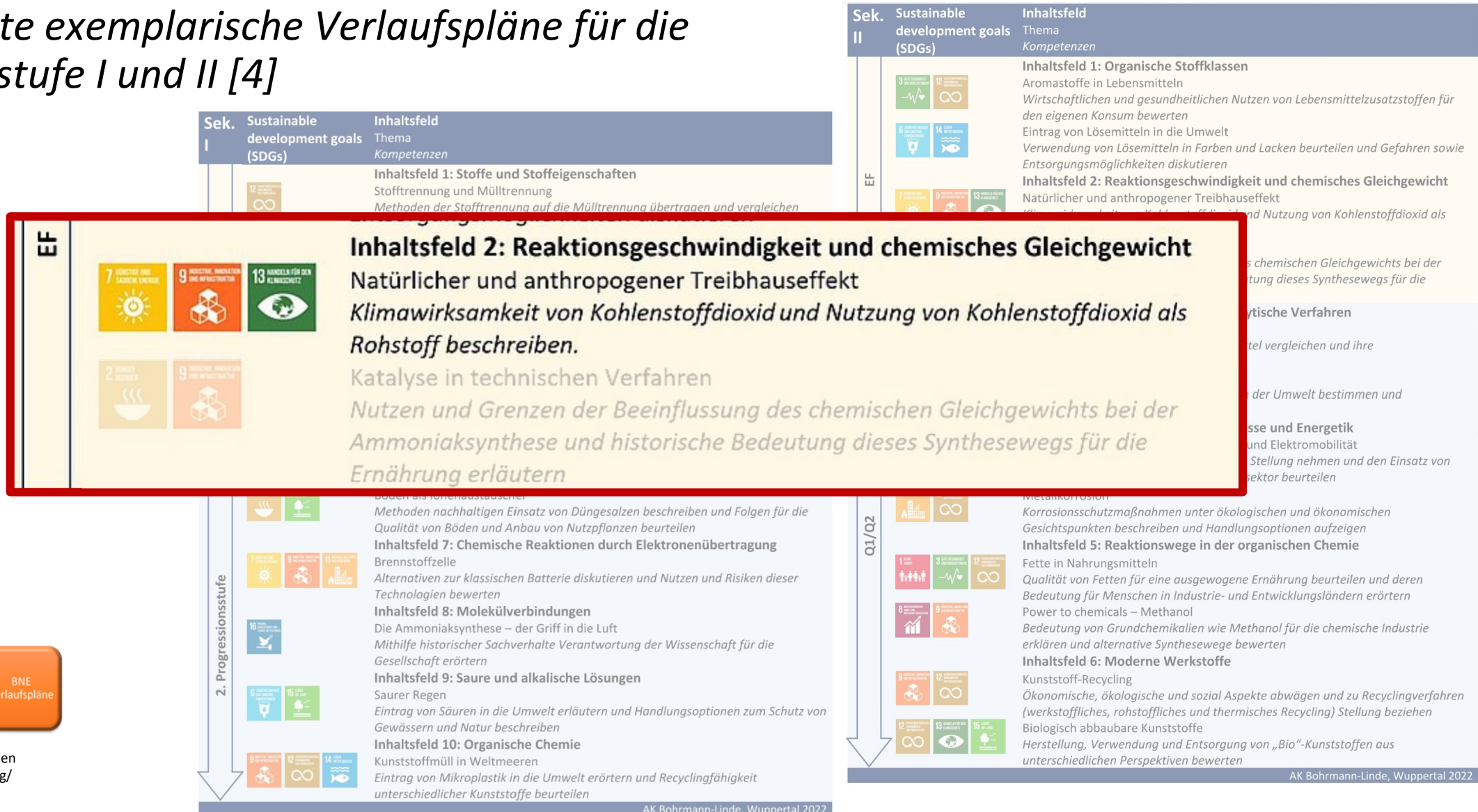


Abbildung 3: Dimensionen nachhaltiger Entwicklung

https://www.bne.nrw/fileadmin/Dateien/BEREICH_Schule/Leitlinie/Leitlinie_BNE.pdfS.18. Letzter Zugriff 11.07.23.

Entwickelte exemplarische Verlaufspläne für die Sekundarstufe I und II [4]



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

NRW

Sek. II, Inhaltsfeld 2: Reaktionsgeschwindigkeit und chemisches Gleichgewicht

Inhalte zu den Kompetenzen:
natürlicher Stoffkreislauf, technisches Verfahren

Die Schülerinnen und Schüler ...

- bewerten die **Folgen eines Eingriffs in einen Stoffkreislauf** mit Blick auf Gleichgewichtsprozesse in aktuell-gesellschaftlichen Zusammenhängen.
- beurteilen den **ökologischen wie ökonomischen Nutzen** und die Grenzen der Beeinflussbarkeit chemischer Gleichgewichtslagen in einem technischen Verfahren.

Bayern

C12 Lernbereich 5: Kohlenwasserstoffe – Energieträger und Reaktionspartner

Inhalte zu den Kompetenzen:
Erdöl, Erdgas und Kohle, nachwachsende Rohstoffe, Power-to-Gas-Technologie: Grundstofflieferanten und Energieträger, **Treibhauseffekt**

Die Schülerinnen und Schüler ...

- 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.



Bilingual
Chemistry –
Experiments
with Carbon
Dioxide

Bilingual Chemistry

„Experiments with Carbon Dioxide“

Chemikalien

- Kohlenstoffdioxid in einem Infusionsbeutel
- Natriumhydroxid-Lösung, $c = 2 \text{ mol/L}$

Durchführung

- Füllen Sie mit einer Pipette ca. 10 mL Natriumhydroxid-Lösung in zwei Plastikflaschen.
- Füllen Sie eine Plastikflasche mit Kohlenstoffdioxid und schließen Sie den Deckel.
- Verschließen Sie auch die zweite Plastikflasche mit einem Deckel.
- Schütteln Sie beide Plastikflaschen für mindestens 30 Sekunden.



Abbildung 6: Versuchsaufbau

Bilingual
Chemistry –
Experiments
with Carbon
Dioxide



Abbildung 6: Versuchsaufbau zu DAC

- *experimentorientierte Erschließung von Direct Air Capture (DAC)*
- *Einbezug neuer Fachinhalte in den Chemieunterricht*
- *Förderung von Bewertungskompetenzen*

Didaktik der Chemie SommerUni 2023
Kurz: Bilingual Chemistry – Experiments with Carbon Dioxide

Informationstext Direct Air Capture

1 Direct Air Capture (DAC) zielt für die direkte Luftabscheidung und ist eine energieintensive Form von Geoengineering. Die aktuelle Technik verwendet große Ventilatoren, welche die Umgebungsluft durch einen Filter bewegen und das darin enthaltene Kohlendioxid mit einem chemischen Sorptionsmittel (z.B. Natriumhydroxid) binden (siehe Abb.1).

5 Um jährlich eine Megatonne CO₂ mit einem Natriumhydroxid-basierten Verfahren aus der Luft zu filtern, schätzen Wissenschaftler, dass für aktuell diskutierte Mengen der Luftfilteranlagen eine Landfläche von ca. 1,5 km² benötigt würde. Entsprechend würde für die jährliche Aufnahme von zehn Gigatonnen CO₂ eine Fläche von ca. 122 x 122 km benötigt.

Abb. 1: Veranschaulichung des Direct Air Capture-Prozesses.

10 **Abb. 2: Chemische Filteranlage in der Schweiz.**

15 DAC ist eine kommerzielle Geoengineering-Technologie. Das Schweizer Unternehmen „Climatec“ hat sich im Jahr 2018 die „erste kommerzielle Anlage zur Absorption von CO₂ aus der Luft“ gebaut zu haben (siehe Abb.2). Diese 29 Millionen US-Dollar teure Anlage filtert jährlich 300 Tonnen CO₂ an ein nahegelegenes Thermalbad, um den Gesteinbau zu unterstützen. Man hat sich mit der südschweizerischen Firma „Pavlyuk Energy“ zusammengeschlossen, um nach eigenen Angaben, eine Luftabscheidungsanlage mit einer Kapazität von 4.000 Tonnen CO₂ pro Jahr zu betreiben und CO₂ in Salzformationen zu injizieren. „Pavlyuk Energy“, insbesondere die dazu gehörige Geothermieanlage in Hellenthal, stand im Mittelpunkt großer Umweltproteste in Deutschland, da in einer der letzten verbleibenden Wildnisregionen Europas schwerste Schäden durch geänderte Klimageschwindigkeit verursacht werden.

20 **Abb. 3: CO₂-Konzentrationen in der Luft.**

25 DAC ist eine kommerzielle Geoengineering-Technologie. Das Schweizer Unternehmen „Climatec“ hat sich im Jahr 2018 die „erste kommerzielle Anlage zur Absorption von CO₂ aus der Luft“ gebaut zu haben (siehe Abb.2). Diese 29 Millionen US-Dollar teure Anlage filtert jährlich 300 Tonnen CO₂ an ein nahegelegenes Thermalbad, um den Gesteinbau zu unterstützen. Man hat sich mit der südschweizerischen Firma „Pavlyuk Energy“ zusammengeschlossen, um nach eigenen Angaben, eine Luftabscheidungsanlage mit einer Kapazität von 4.000 Tonnen CO₂ pro Jahr zu betreiben und CO₂ in Salzformationen zu injizieren. „Pavlyuk Energy“, insbesondere die dazu gehörige Geothermieanlage in Hellenthal, stand im Mittelpunkt großer Umweltproteste in Deutschland, da in einer der letzten verbleibenden Wildnisregionen Europas schwerste Schäden durch geänderte Klimageschwindigkeit verursacht werden.

30 Um einen signifikanten Einfluss auf die globalen CO₂-Konzentrationen zu haben, müsste DAC im großen Umfang eingeführt werden, was viele Fragen über die Kosten, den Energiebedarf, den Wasserverbrauch und die Auswirkungen der verwendeten chemischen Sorptionsmittel wie z.B. Natriumhydroxid aufwirft. Zurzeit werden mit Hilfe der bestehenden DAC-Technologie 0,05 Megatonnen CO₂ pro Jahr aus der Luft entnommen. Mit einer großflächigen Implementierung könnten es bis 2030 ca. 60 Megatonnen pro Jahr sein. Zum Vergleich: Allein Deutschland stößt pro Jahr 208 Megatonnen Kohlendioxid aus.

35 **Text A: Different Absorbents with Pure Carbon Dioxide Gas**

40 1. Fill a gas wash bottle with 50 mL sodium hydroxide solution.
2. Fill the left gas syringe with 100 mL carbon dioxide from the infusion bag.
Close the gas syringe.

45 **Text B: Different Absorbents with Ambient Air**

50 1. Fill a gas wash bottle with 50 mL sodium hydroxide solution.
2. Fill the left gas syringe with 100 mL ambient air from the infusion bag.
Close the gas syringe.

© Elisabeth Kesting OStP, Al. Bohmann-Lundt, Didaktik der Chemie, Bergische Universität Wuppertal, 2023 page 2 of 7

with Carbon Dioxide

gas syringe:
Kohlendioxid
rubber tubing:
Gummischlauchstücke
gas wash bottle:
Gaswaschflasche
graduated cylinder:
Messzylinder
NaOH(aq)
Natriumnatriumhydroxid-Lösung
Na₂CO₃(aq)
Natriumcarbonat-Lösung

with the gas syringe, close the left syringe to close the observation table on the gas wash solution.

fill and connect it to the gas syringe to close the observation table on the gas wash solution.

Sodium-carbonate solution Na₂CO₃(aq)

Volume in gas syringe in [mL]

Ambient air

© Elisabeth Kesting OStP, Al. Bohmann-Lundt, Didaktik der Chemie, Bergische Universität Wuppertal, 2023 page 5 of 7

Unterrichtsmodul
„Klimawirksamkeit
von Kohlenstoffdi-
oxid und Ansätze
zur Emissions-
reduktion“

Modulinhalte	Dimension BNE					Interdisziplinäre Aspekte
	ökologisch	ökonomisch	sozial	kulturell	politisch	
Modul 1: Eigenschaften von CO ₂ Schwerpunkt: Kohlenäure in Mineralwasser M1 – Mineralwasser Silber Brunnensaurer Sprudel M2 Schülerexperiment – Wie sauer ist der „saure Sprudel“?	Produktions- und Konsummuster Lebensstile					
Modul 2: Quellen und Senken von CO ₂ Schwerpunkt: natürlicher und anthropogener Treibhauseffekt Verbreitung von fossilen Energieträgern z.B. Kohle	Stoffkreisläufe Klimaschutz Energieversorgung				Demokratische Prozesse Wertevorstellungen	Biologie Ökologische Auswirkungen der globalen Nutzung von Rohstoffen und mögliche Alternativen Praktische Philosophie Leben von und mit der Natur
Modul 3: Anthropogener Treibhauseffekt und seine Konsequenzen Schwerpunkt: Nutzung fossiler Energieträger und CO ₂ -Emissionen seit	Stoffkreisläufe Klimaschutz	Technologischer Fortschritt Energieversorgung			Interdependenzen Weltwirtschaft	Geschichte Sozial- und wirtschaftsgeschichtliche Untersuchung der von Menschen beachteten, aber auch unbeachteten und langfristigen Folgen der Nutzung bzw. Übernutzung von Ressourcen
Modul 4: Möglichkeiten der CO ₂ -Speicherung Schwerpunkt: Senkung des CO ₂ -Gehalts durch CCS Beurteilung von Nutzen und Chancen von CCS	M1 – Die vereinfachte Prozesskette von Carbon Capture and Storage M2 – Informationslexikon zu CCS M3 – Geologische Speicheroptionen (Storage) M4 – Geologische Speicheroptionen in Deutschland M5 Schülerexperiment – Modellversuch zur Speicherung von Kohlenstoffdioxid in Kohleflözen	Technologischer Fortschritt Wirtschaftskreisläufe			Maßnahmen zur Bewältigung des Klimawandels	Politik und Wirtschaft Externalisierung von Umweltbelastungen volkswirtschaftlich, auch im globalen Kontext, wirksam begegnen können
Modul 5: CO ₂ als Rohstoff Schwerpunkt: Pflanzen und Algen als Basis für Bioplaststoffe und Einsatzmittel zur Reduzierung von CO ₂	M1 – Algen – Eine Einführung M2 – Stoff- und Energieumsätze bei Photosynthese und Zellatmung M3 Schülerexperiment – Kohlenstoffdioxid als Fertilisator auf die Photosynthese M4 – Preisermittlung des Forschungszentrums Jülich M5 – Nutzung von Mikroalgen als Rohstoff	Klimaschutz Stoffkreisläufe Ressourcenverbrauch	Technologischer Fortschritt Wirtschaftskreisläufe Energieversorgung			
Modul 6: Zukunftsfähigkeit verschiedener Technologien Schwerpunkt: Beurteilung der Direct Air Capture (DAC) als Zukunftstechnologie	M1 – Informationslexikon Direct Air Capture Stoffkreisläufe	Klimaschutz Stoffkreisläufe	Wirtschaftskreisläufe Produktions- und Konsummuster Energieversorgung	Inter- und Intragenerationelle Gerechtigkeit	Maßnahmen zur Bewältigung des Klimawandels	Physik Energieversorgung der Zukunft, Energiespeicherung und Verteilung
Persönlicher CO ₂ -Fußabdruck Schwerpunkt: Reflexion des eigenen Konsumverhaltens persönlichen Fußabdruck berechnen, Impulse für einen nachhaltigen Lebensstil und Konsum	Fragen! M2 – Meine Lebenswelt: Welcher Typ bin ich? M3 – Forderungen des Jugendprojekts		Intragenerationelle Gerechtigkeit Technologischer Fortschritt Gesellschaftlich nachhaltiger Lebensweisen	Verhältnis Mensch-Umwelt		Natürlichen Lebensgrundlagen für Folgegenerationen durch nachhaltiges Wirtschaften sowie soziales und ökologisch verträgliches Handeln sicherstellen Praktische Philosophie Entscheidung und Gewissen, Freiheit und Verantwortung

Abbildung 5: Modulplan

Modul 5: CO₂ als Rohstoff

Algen als Klimaretter?

Schwerpunkt: Pflanzen und Algen als Basis für Biotreibstoffe und Einsatzmittel zur Reduzierung von Kohlenstoffdioxid

Modul 6: Zukunftsfähigkeit verschiedener Technologien

Direct Air Capture (DAC) – Eine Zukunftstechnologie?

Schwerpunkt: Beurteilung der Direct Air Capture (DAC) als Zukunftstechnologie



Videos



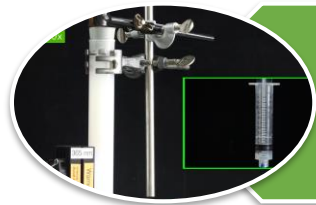
Aufnahme von Kohlenstoffdioxid bei der Photosynthese



Adsorption von Kohlenstoffdioxid an Aktivkohle



Absorption von Kohlenstoffdioxid in alkalischen Lösungen



Photoreformierung



und viele weitere Videos zu Schulversuchen...

Interdisziplinär einsetzbar!



Schülerlabor
„Wege aus der Klima-
krise“

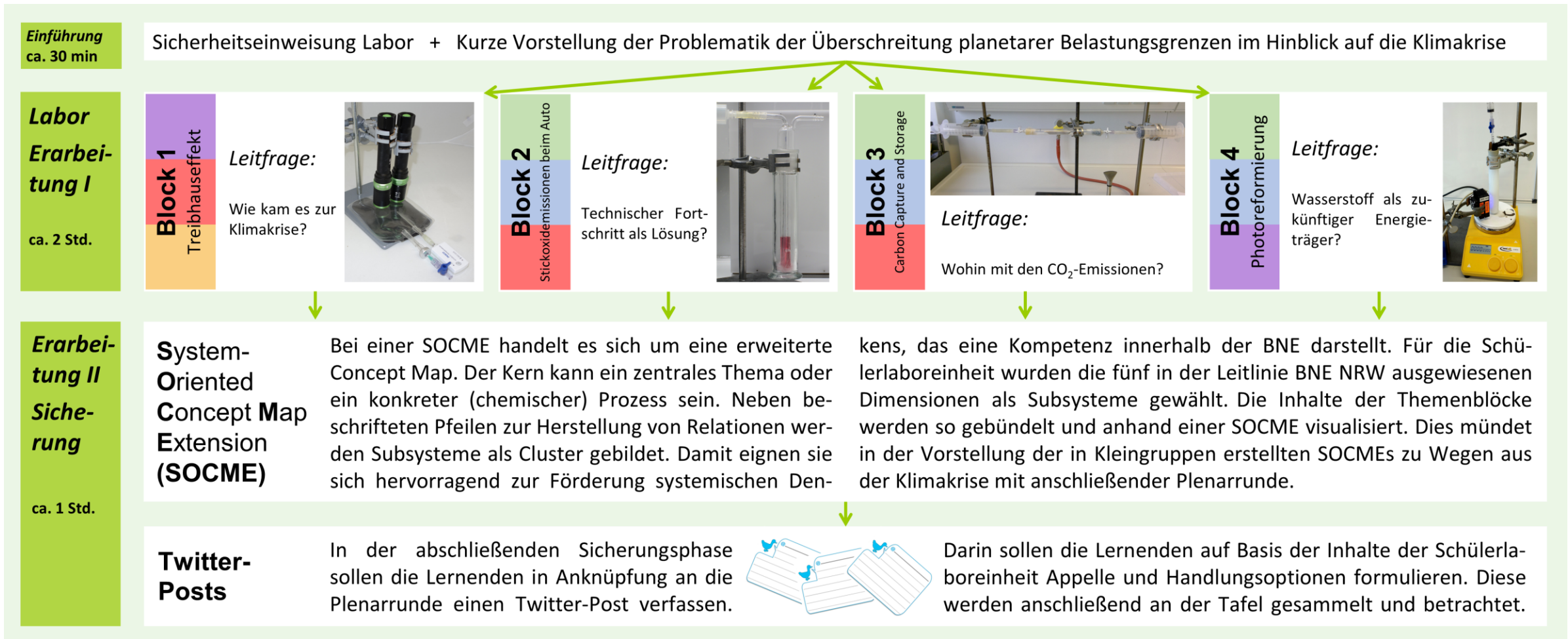
Inhalte	Dimension BNE					
	dimensionsbezogene Schwerpunkte der Versuchsblöcke					
Versuche und Arbeitsmaterial	ökologisch	ökonomisch	sozial	kulturell	politisch	
Block 1: Treibhauseffekt <i>Leitfrage:</i> Wie kam es zur Klima- krise?	Experiment – Der natürliche Treibhauseffekt Experiment – Der anthropogene Treibhauseffekt Material – Folgen des Klimawandels			Migration Menschenrechte	Wertebildung kulturelle Diversität und Identität	Wertevorstellungen
Block 2: Stickoxidemissionen beim Auto <i>Leitfrage:</i> Technischer Fortschritt als Lösung?	Experiment – Auswirkung von Stickoxiden auf die belebte Natur Experiment – SCR-Verfahren: Abgasnachbehandlung mit AdBlue® Material – Auswirkung von Stickoxiden auf die belebte Natur	Stoffkreisläufe Klimaschutz	Technologischer Fortschritt städtische Entwicklung			Demokratische Prozesse Wertevorstellungen
Block 3: Carbon Capture and Storage <i>Leitfrage:</i> Wohin mit den CO ₂ -Emissionen?	Experiment – Modellversuch zur Speicherung von Kohlenstoffdioxid in Kohlenflözen Experiment – Modellversuch zur Desorption von Kohlenstoffdioxid in Kohlenflözen Experiment – Nachweis von Kohlenstoffdioxid Material – Carbon Capture and Storage (CCS)	Stoffkreisläufe Klimaschutz	Technologischer Fortschritt Wirtschaftskreisläufe			Demokratische Prozesse Weltwirtschaft
Block 4: Photoreformierung <i>Leitfrage:</i> Wasserstoff als zukünftiger Energieträger?	Experiment – Photoreformierung von Ethanol Material – Die Farben des Wasserstoffs Material – Wasserstoff und Mobilität Material – Brennstoffzellen- und Elektroautos – eine sozial gerechte Verkehrswende?	Klimaschutz Stoffkreisläufe	Technologischer Fortschritt Energieversorgung	Mobilität soziale Gleichheit		

Abbildung 7: Überblick über die Schülerlabor-Einheit mit passenden BNE-Dimensionen (eigene Darstellung).

- zugeordnete SDGs:
 - 7 - Bezahlbare und saubere Energie
 - 9 - Industrie, Innovation und Infrastruktur
 - 13 - Maßnahmen zum Klimaschutz
- Themenbereiche der Leitlinie BNE NRW für das Fach Chemie [3, S.35]: *Klimawandel, Stoffkreisläufe, Energieversorgung und technischer Fortschritt*
- KLP NRW: Einführungsphase (Kl.11) Inhaltsfeld „Reaktionsgeschwindigkeit und chemisches Gleichgewicht“ [5]



Struktur Labortag



Einblicke in Block 1:

Treibhauseffekt – Wie kam es zur Klimakrise?



Abbildung 5: Erklärungen zum Versuch „Anthropogener Treibhauseffekt“.

Material - Folgen des Klimawandels

Nutzen Sie die folgenden Leitfragen für die Erschließung der Inhalte:

- a) Wie wirkt sich der globale Klimawandel auf die Natur in Tuvalu aus?
- b) Welche Folgen hat die globale Erderwärmung für die Menschen dort?

Infomaterial
Bedrohte Süd

Infomaterial 2: Zwischen
Hoffnung, Kampf um
Untergang

Infomaterial 3: Klimawandel - Eine
Herausforderung für Tuvalu

Der anthropogene Treibhauseffekt

Arbeitsmaterialien

Infusionsbeutel (vorbereitet mit Pappe, Luer-Lock-Hahn und Temperatur-Sensor), 2 LED-Taschenlampen, Spritzen, Stativmaterial (alles aus V1)

Versuchsskizze



Chemikalien

Kohlenstoffdioxid

Versuchsdurchführung

- V 2 Der Infusionsbeutel wird mithilfe der Spritze mit 200 mL Kohlenstoffdioxid gefüllt und am Hahn verschlossen. Der Infusionsbeutel wird wie in V1 unter die Taschenlampen gelegt, erneut für 15 Minuten bestrahlt und dabei die Temperaturänderung aufgezeichnet.

Abbildung 6: Einblicke in das E-Book zum Block 1 [6].

Einblicke in Block 2:

Stickoxidemissionen beim Auto – Technischer Fortschritt als Lösung?



Abbildung 8: Schülerin bei der Versuchsdurchführung zum Block 2.

A 2.8 Der Versuch ist ein Modell für die Abgasnachbehandlung mit AdBlue® bei Dieselmotoren. AdBlue® ist ein Hilfsstoff bestehend aus Harnstoff, Wasser und weiteren Zusätzen. Je nach Motorkonfiguration und Fahrverhalten werden 3% - 5% des Kraftstoffverbrauchs zusätzlich als AdBlue® benötigt.

Recherchieren Sie die Herstellung von Harnstoff und nennen Sie die Grundstoffe, aus denen Harnstoff gewonnen wird. Nutzen Sie hierfür die angegebenen Quellen.



<https://de.wikipedia.org/wiki/Harnstoff>

Versuchsdurchführung - SCR-Verfahren: Abgasnachbehandlung mit AdBlue®

V 2.1



ABZUG

Geben Sie nun ein gefülltes Reagenzglas (ohne Stopfen) mit der Pinzette in die Gaswaschflasche (Bild 1) und verschließen diese, sodass das Gaseinleitungsrohr in die Flüssigkeit taucht (Bild 2 und vgl. Skizze). Über eine Spritze werden ca. 50 ml Umgebungsluft **vor dem Abzug** aufgezogen, mit der Waschflasche verbunden (Bild 3) und so durchgeleitet, das pro Sekunde eine Blase entweicht (Bild 4). (Negativ Probe)



Bild 1

Bild 2

Bild 3

Bild 4

Bild 5

Bild 6

Wechseln Sie mit Hilfe einer Pinzette das Reagenzglas in der Waschflasche (Bild 1).

Achtung !!! Ab jetzt muss der Wechsel der Reagenzgläser und das Arbeiten im Abzug durch die Betreuung stattfinden !!! Das Drücken der Spritze kann durch Sie erfolgen.

Wiederholen Sie den Vorgang mit ca. 50 mL eines Stickstoffoxid/Luft-Gemisches. (Positiv Probe) Ziehen Sie dafür 25 mL Stickstoffoxide und 25 mL Luft in die Spritze.

[ffsynthese.html?](#)

00064 (Nur über Uni-

f in Dieselmotoren im
t.

Abbildung 9: Einblicke in das E-Book zum Block 2 [6].

Einblicke in Block 3:

Carbon Capture and Storage – Wohin mit den CO₂-Emissionen?

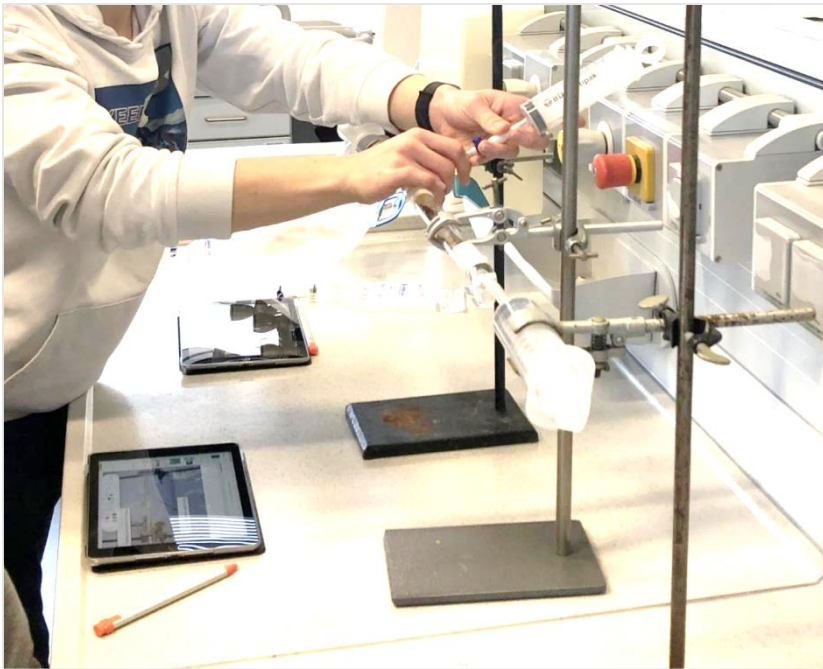


Abbildung 9: Schüler bei der Arbeit am Versuch „Kohleflöze“.

Versuchsdurchführung und Beobachtung – Modellversuch Kohlenflöze Versuchsteil 2

V 1.2



Schutzbrille

1. Verschließen Sie das Ventil der rechten Plastikspritze. Öffnen Sie das Ventil der linken Plastikspritze.
2. Stellen Sie den Bunsenbrenner unter das Reaktionsrohr. Platzieren Sie den Brenner so, dass er direkt unter dem Porzellanschiffchen steht.
3. Erhitzen Sie anschließend das Schiffchen mit Hilfe eines Bunsenbrenners für 2-3 Minuten. Notieren sie die Volumina der Plastikspritzen.
4. Schließen Sie nun auch das Ventil der linken Plastikspritze und lassen Sie die Apparatur für 15 Minuten abkühlen.
5. Lesen Sie die Messwerte an den Plastikspritzen ab.



Plastik-spritze	Volumen nach der Druckausübung in [mL] (siehe Modellversuch)	Volumen nach dem Erhitzen in [mL]	Volumen nach dem Abkühlungsprozess in [mL]
links			
rechts			

Abbildung 10: Einblicke in das E-Book zum Block 3 [6].

Einblicke in Block 4:

Photoreformierung – Wasserstoff als zukünftiger Energieträger?



Abbildung 11: Schüler bei der Arbeit am Versuch „Photoreformierung“.

Photoreformierung von Ethanol

- Arbeitsmaterialien
- Versuchsskizze

Ultraschallbad, großes Reagenzglas (Quarzglas), Becherglas, Magnetrührplatte mit Rührfisch (kleine Form), durchbohrter Stopfen, 10-mL Spritze, 1-mL Spritze, Kanüle, Zweizehnhahn, Stativmaterial, Highpower-LEDs (365 nm), Gasbeutel mit Septum, Petrischale, Feuerzeug

- Chemikalien

Ethanol-Lösung ($c = 1 \text{ mol/L}$)
50 mg TiO_2/Pt -Katalysator
Flüssigseife

Versuchsaufbau

V 1.1 Führen Sie den Versuch entsprechend durch. Bestrahlen Sie die Suspension mit Highpower-LEDs (365 nm).

Schritt 1 Geben Sie die abgewogene Menge des Katalysators in ein Reagenzglas (Quarzglas) und füllen Sie es mit der Ethanol-Lösung ($c = 1 \text{ mol/L}$) zum Rand. Tauchen Sie das Reagenzglas in ein Ultraschallbad und schwenken Sie es zu etwa 2 cm über dem Badrand.

Schritt 2 Tauchen Sie das Reagenzglas mit der Suspension für 3 Minuten in ein Ultraschallbad. Füllen Sie anschließend das Reagenzglas mit der Ethanol-Lösung bis ca. 1 cm unterhalb des Randes auf.

Abbildung 12: Einblicke in das E-Book zum Block 4 [6].

Erprobungen

- Zwei Kohorten: Lehramtsstudierende (n=8) und Schülerinnen und Schüler (n=17)
- Umfang von 4 bis 6 Zeitstunden
- Arbeitsmaterialien E-Books

- Müheloses Experimentieren mit den Experimentieranleitungen und adäquate Auswertung der Versuche mit Hilfe von Auswertungsfragen
- Herausforderungen während der Einheit: Zuordnung von zentralen Begrifflichkeiten zu BNE-Dimensionen, Erstellung und inhaltliche tiefgründige Bearbeitung der SOCMEs
- Gründe: sehr kurzer Interventionszeitraum, neues grafisches Werkzeug SOCME, Komplexizität der mehrdimensionalen Betrachtung, fehlende Gewohnheit

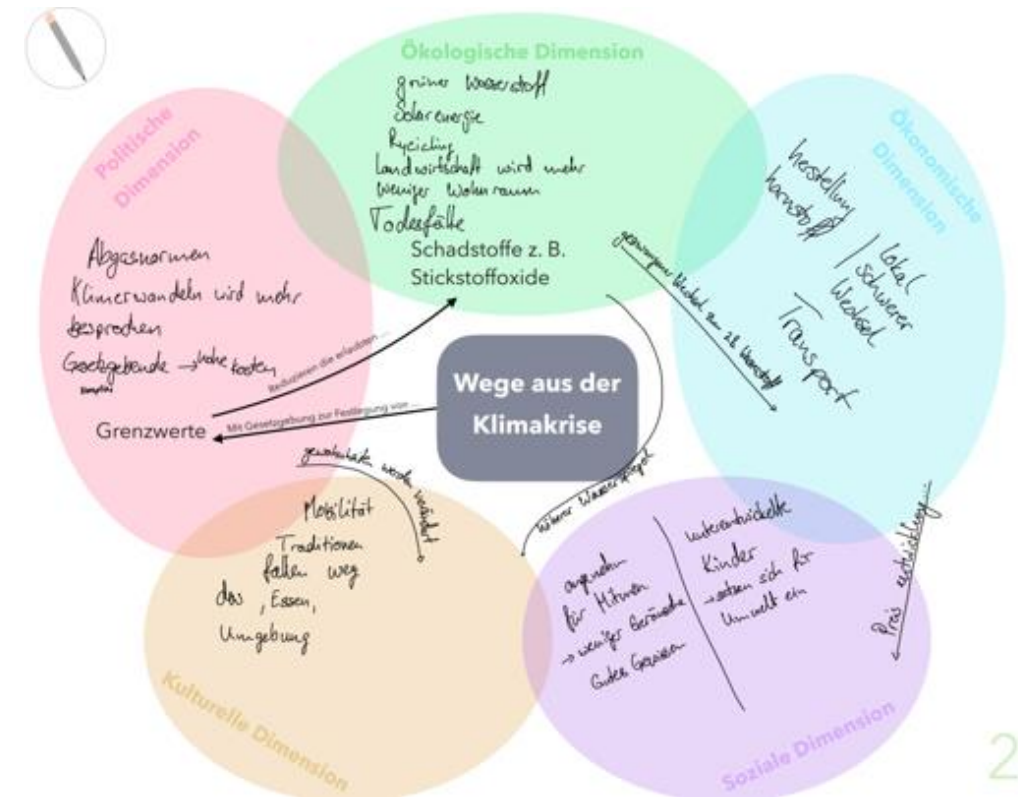


Abbildung 14: Von den Lernenden im Rahmen der Erprobung erstellte SOCME

Bilanz und Weiterarbeit

- Schülerlabor-Einheit als Impuls und kleiner Baustein zur Förderung von BNE-Prozessen im Fach Chemie
- BNE-spezifische Lernangebote sollten eine mehrdimensionale Betrachtung von Fachinhalten und eine Bewusstseinsentwicklung zur vielperspektivischen Betrachtung von Sachverhalten fördern
- Das Methodenrepertoire und methodische Werkzeuge eines BNE-fördernden Chemieunterrichts (z.B. systemisches Denken, SOCME) müssen eingeführt und eingeübt werden
- Weitere Erprobungen und Materialentwicklungen werden diese Überlegungen in den Blick nehmen



Abbildung 16: Von den Lernenden im Rahmen der Erprobung erstellte Twitter-Posts.

- Schülerlabor *Chemie-Labothek*

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



- Aktuelle Fortbildungsangebote für Lehrkräfte

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

- Wege aus der Klimakrise – BNE als Leitidee für einen Experimentierparcours
- Carbon Capture, Utilisation and Storage
- Photoreformierung – Wasserstoff aus Ethanol



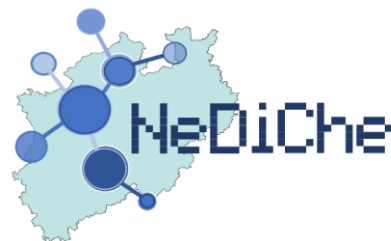
- Videos zu klassischen Schulversuchen

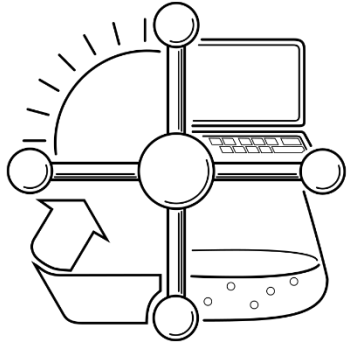
<https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/de/digitale-medien/videos-zu-klassischen-schulversuchen/>



- NeDiChe Projekt (Netzwerk digitalisierter Chemieunterricht), digitale Veranstaltungsreihe jeden zweiten Montag im Monat

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





DIDAKTIK DER CHEMIE

Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!

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

E-Mail Kontakt:

kiesling@uni-wuppertal.de

venzlaff@uni-wuppertal.de

Quellen

- [1] UNESCO (2015). Agenda 2030. <https://www.unesco.de/bildung/agenda-bildung-2030/bildung-und-die-sdgs> (letzter Zugriff:12.12.2021).
- [2] Engagement Global (2016). Orientierungsrahmen für den Lernbereich Globale Entwicklung im Rahmen einer Bildung für nachhaltige Entwicklung. https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2015/2015_06_00-Orientierungsrahmen-Globale-Entwicklung.pdf (letzter Zugriff: 18.02.2022).
- [3] MSB NRW (2019). Leitlinie Bildung für nachhaltige Entwicklung. https://www.schulministerium.nrw.de/Schulsystem/Unterricht/BNE/Kontext/Leitlinie_BNE.pdf (letzter Zugriff: 12.12.2021).
- [4] Kiesling, Elisabeth; Venzlaff, Julian; Bohrmann-Linde, Claudia BNE im Chemieunterricht – von der Leitlinie BNE NRW zur exemplarischen Unterrichtseinbindung CHEMKON, 29 (S1) :239-245 Juni 2022
- [5] 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 (10.03.2023).
- [6] Kiesling, Venzlaff, Pereira-Vaz, Kremer, Bohrmann-Linde. Wege aus der Klimakrise – ein BNE-Schülerlaborangebot mit mehrdimensionalem Zugang. Angenommener Beitrag. Veröffentlichung MNU im September 2023.

- 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: Weltweite CO2-Emissionen von 1990 bis 2020: IWR: <https://www.iwr-institut.de/images/seiteninhalte/presse/grafiken/CO2-Emissionen.jpg> (Zugriff: 23.08.23).
- Abbildung 3: Beitrag von CCS und CCU zu negativen Emissionen und Klimaneutralität: NABU Kurzstudie: Wie ökologisch und sozial verträglich sind CCS, BECCS und CCU Technologien? (<https://www.pik-potsdam.de/de/aktuelles/nachrichten/update-planetare-grenzen-suesswassergrenze-ueberschritten>, Zugriff: 23.08.2023).
- Abbildung 4: Sustainable Development Goals (SDGs): <https://www.bundesregierung.de/bregde/themen/nachhaltigkeitspolitik/nachhaltigkeitsziele-erklaert-232174>, Letzter Zugriff 28.07.22.
- Abbildung 5: Dimensionen nachhaltiger Entwicklung https://www.bne.nrw/fileadmin/Dateien/BEREICH_Schule/Leitlinie/Leitlinie_BNE.pdf, Letzter Zugriff 11.07.23.