

Direct Air Capture (DAC) – Eine Zukunftstechnologie?

Momentan werden viele Forschungsansätze verfolgt, anhand derer durch gezielte Eingriffe in das Klima, auch „Carbon Dioxide Removal (CDR)“-Maßnahmen genannt, Kohlenstoffdioxid aus der Atmosphäre entfernt werden soll. Ein Beispiel ist *Direct Air Capture*, wobei chemisch Kohlenstoffdioxid aus der Luft gefiltert werden soll. Was steckt hinter dieser Idee und kann sie einen Beitrag zum Klimaschutz leisten?

Aufgabe 1: Die Firma Climeworks und ihr Produkt



- a) Schauen Sie sich den Imagefilm der Firma Climeworks an. Nutzen Sie dafür den QR Code links.
- b) Beantworten Sie folgende Fragen zum Video:
- 1) Welche Technologie will das Unternehmen einsetzen, um den Klimawandel zu stoppen?
 - 2) Welches Ziel hat sich das Unternehmen bis 2025 gesetzt?
- c) Diskutieren Sie, ob Sie auf Grundlage dieses Imagefilms in das Projekt investieren würden.
- d) Nennen Sie fachliche Fragen, die offen bleiben.

Aufgabe 2: Die Zukunftsfähigkeit der Direct Air Capture Technologie

- a) Lesen Sie den Informationstext zur *Direct Air Capture* Technologie und nehmen Sie während der Lektüre Markierungen am Textrand vor:
- (...) das war mir bereits bekannt
 - ! wichtige Textaussage
 - ?? vorerst unklare Textstelle
 - ? dazu möchte ich eine Frage stellen.
- b) Besprechen Sie den Text in Partner- bzw. Gruppenarbeit. Achten Sie besonders darauf, die Textinhalte mit (?) und (??)-Symbolen anzusprechen und ggf. zu klären.
- c) Nennen Sie Aspekte, die man bei der Kalkulation der Ökobilanz dieses Verfahrens beachten sollte.
- d) Diskutieren Sie, inwieweit Zukunftstechnologien wie DAC einen Beitrag für die Lebensbedingungen kommender Generationen leisten können. Beziehen Sie auch Ihr Wissen zu den *Möglichkeiten der CO₂-Speicherung* mit ein.

Informationstext Direct Air Capture

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

Um jährlich eine Megatonne CO₂ mit einem Natriumhydroxid-basierten Verfahren aus der Luft zu filtern, schätzen Wissenschaftler, dass für aktuell diskutierte Designs 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.

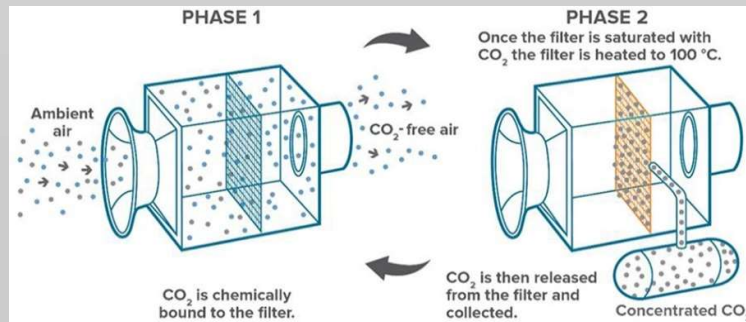


Abb. 1: Visualisierung des *Direct Air Capture* Prozesses.

Allerdings berücksichtigt diese Übersichtsrechnung nicht, dass zusätzliche Fläche und Infrastruktur für die Bereitstellung der elektrischen und thermischen Energie, sowie von Wasser und für den Abtransport des gebundenen Kohlenstoffdioxids benötigt wird.

Kohlenstoffdioxid zählt zu den Spurengasen. Sein Anteil an einem bestimmten Raumvolumen Luft beträgt ca. 0,04 %. Dies stellt eine große Herausforderung für *DAC*-Technologien dar, mit der dieser geringe Anteil aus der Luft herausgefiltert werden soll. Entsprechend wird *Direct Air Capture* hinsichtlich der Effektivität nie vergleichbar mit *Carbon Capture and Storage (CCS)* in Kraftwerken sein.

DAC ist eine kommerzielle Technologie. Das Schweizer Unternehmen „Climeworks“ beansprucht für sich, in Zürich die „erste kommerzielle Anlage zur Abtrennung von CO₂ aus der Luft“ gebaut zu haben (siehe Abb.2). Diese 23 Millionen US-Dollar teure Anlage liefert jährlich 900 Tonnen CO₂ an ein nahegelegenes Treibhaus, um den Gemüseanbau zu unterstützen. Man hat sich mit der isländischen Firma „Reykjavik Energy“



Abb. 2: Climeworks Filteranlage in der Schweiz.

zusammengeschlossen, um nach eigenen Angaben, eine Luftaufbereitungsanlage mit einer Kapazität von 4.000 Tonnen CO₂ pro Jahr zu betreiben und CO₂ in Basaltformationen zu injizieren. „Reykjavik Energy“, insbesondere die dazu gehörige Geothermieanlage in Hellisheidi, stand im Mittelpunkt großer Umweltschäden durch geänderte Flächennutzung verursacht wurden.


Um einen signifikanten Einfluss auf die globalen CO₂-Konzentrationen zu haben, müsste *DAC* im großen Umfang eingeführt werden, was viele Fragen über den Energiebedarf, den Wasserverbrauch und die Auswirkungen der verwendeten chemischen Sorptionsmittel wie z.B. Natriumhydroxid aufwirft. Eine Modellrechnung, die sich mit den Auswirkungen von *DAC* auf die Bemühungen zur Klimastabilisierung befasst, prognostiziert, dass *DAC* den Zeitpunkt der Emissionsreduktionen verschieben und eine längere Ölnutzung ermöglichen würde, was sich positiv auf die energieexportierenden Länder auswirken würde.

Quelle (didaktische aufbereitet und gekürzt nach): Rickels, W.; Klepper, G. (et al.) (2011): Gesellte Eingriffe in das Klima? Eine Bestandsaufnahme der Debatte zu Climate Engineering. Sondierstudie für das Bundesministerium für Bildung und Forschung, S.53, 54. und Hüttmann, Matthias: Geoengineering-Technologien: 1. Direct Air Capture. Präsidium der Deutschen Gesellschaft für Sonnenenergie (DGS) <https://www.dgs.de/news/en-detail/210619-geoengineering-technologien-1-direct-air-capture-dac/> (letzter Zugriff 01.02.21). Abbildung 1: Visualisierung des Direct Air Capture Prozesses (Abscheidung von CO₂ an einem mit Adsorptionsmittel getränkten Filter) https://www.frontiersin.org/files/Articles/46955/fclim-01-00010-HTML-1/image_m/fclim-01-00010-g002.jpg (letzter Zugriff 28.01.2021). Abbildung 2: Bild der Climeworks Filteranlage in der Schweiz https://id.wp.com/omnews.today/wp-content/uploads/2018/06/0711620112_1_LYNXNPEE561GT_RTROPTP_3_CLIMATECHANGE-GEOENGINEERING.jpg (letzter Zugriff 28.01.2021)

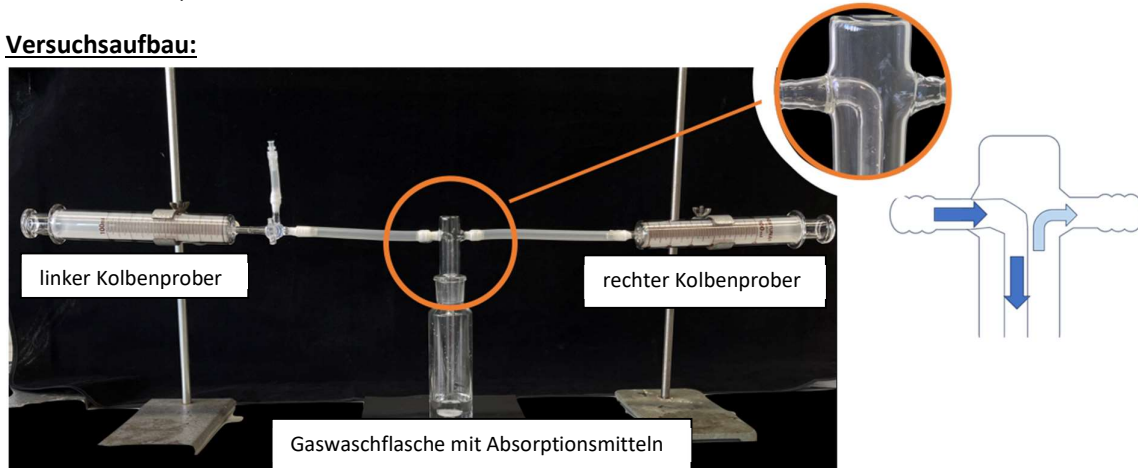
Schülerexperiment – Absorptionsraten von Kohlenstoffdioxid mit alkalischen Lösungsmitteln



Geräte: Stativmaterial, 2 Kolbenprober, Schlauchstücke, Parafilm, Gaswaschflasche, PE-Beutel mit Dreiwegehahn, Pipette, 100 mL Messzylinder

Chemikalien: Natriumhydroxid-Lösung 5% , Natriumcarbonat-Lösung 5%, Kohlenstoffdioxid (im Infusionsbeutel)

Versuchsaufbau:



Durchführung:

Messreihe A: verschiedene Absorptionsmittel mit reinem Kohlenstoffdioxidgas

1. Füllen Sie die Gaswaschflasche mit 50 mL der Natriumhydroxid-Lösung.
2. Füllen Sie den linken Kolbenprober mit 100 mL Kohlenstoffdioxid aus dem Infusionsbeutel. Verschließen Sie den Kolbenprober.
3. Vervollständigen Sie die Apparatur, indem Sie die zwei Kolbenprober mit Stativmaterial befestigen (siehe Versuchsaufbau). Achten Sie darauf, dass die Skalierung der Kolben so platziert ist, dass Sie später Messwerte ablesen können. Verbinden Sie nun die Kolbenprober über die Schlauchstücke mit der Gaswaschflasche. Dichten Sie die Übergangsstellen abschließend mit Parafilm ab. Stellen Sie sicher, dass die Apparatur dicht ist.
4. Leiten Sie 20 mL des Gases mit Hilfe des linken Kolbenprobers *langsam* durch das Absorptionsmittel in der Gaswaschflasche. Warten Sie 10 Sekunden und leiten Sie dann erneut 20 mL des Gases durch das Absorptionsmittel. Wiederholen Sie dies, bis der linke Kolbenprober vollständig entleert ist.
5. Lesen Sie das Gasvolumen am rechten Kolbenprober ab und notieren Sie Ihre Messwerte in der Beobachtungstabelle.
6. Entsorgen Sie das Absorptionsmittel im bereitgestellten Abfallgefäß.
7. Reinigen Sie die Gaswaschflasche und entleeren Sie beide Kolbenprober.
8. Wiederholen Sie den Versuch mit 50 mL Natriumcarbonat-Lösung.



Messreihe B: verschiedene Absorptionsmittel mit Umgebungsluft

1. Ziehen Sie den linken Kolbenprober mit 100 mL Umgebungsluft auf. Verschließen Sie den Kolbenprober und verbinden Sie ihn mit dem Versuchsaufbau.
2. Stellen Sie sicher, dass die Apparatur dicht ist. Nutzen Sie Parafilm, um Öffnungen abzudichten.
3. Öffnen Sie den Kolbenprober und leiten Sie das Gas durch das jeweilige Lösungsmittel, indem Sie wie in Messreihe A verfahren. Notieren Sie ihre Beobachtungen.

Beobachtung:

	Lösungsmittel: Natriumhydroxid-Lösung	Lösungsmittel: Natriumcarbonat-Lösung
Messreihen	Volumen im Kolbenprober in [mL]	Volumen im Kolbenprober in [mL]
A reines CO ₂		
B Umgebungsluft		

Auswertung:

1. Vergleichen Sie die Messreihen A und B und erläutern Sie die unterschiedlichen Messwerte. Recherchieren Sie dazu die Anteile von Kohlenstoffdioxid in der Umgebungsluft.

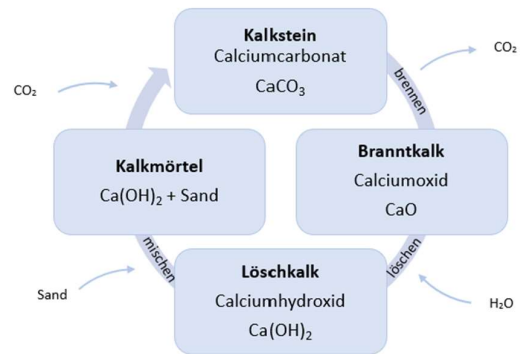
2. Erörtern Sie, welches der im Versuch getesteten Lösungsmittel sich besser für die Absorption von Kohlenstoffdioxid eignet und begründen Sie ausführlich.

3. Im Direct Air Capture (DAC) Verfahren wird Kohlenstoffdioxid direkt aus der Umgebungsluft entnommen. Nutzen Sie Ihre Beobachtungen aus dem Experiment und erläutern Sie potenzielle Hürden für die industrielle Umsetzung des DAC-Verfahrens.



Sprinter: Stellen Sie sich vor, neben einem DAC-Standort befindet sich eine Anlage zur Brennung von Kalk. Erläutern Sie welche Reaktionsprodukte bei dem Prozess entstehen und welche sich als Absorptionsmittel in der DAC-Anlage eignen würden.

Abb 3. Technischer Kalkkreislauf.



Quelle Versuch (Versuchsdurchführung angepasst und erweitert): D. Hack, D. Hauschild. Sequestrierung von CO₂. Eine lernerorientierte Unterrichtseinheit für die Sekundarstufe I. In Praxis der Naturwissenschaften 5/60, 2011, S.3.