

Carbon Capture and Storage (CCS)

Kohlenstoffdioxid ist ein Treibhausgas, das sich in den letzten Jahrzehnten durch anthropogene Einflüsse wie z.B. durch die Verbrennung von fossilen Energieträgern und die damit verbundenen Emissionen zunehmend in der Atmosphäre angereichert hat. Ein Ansatz, um diese Emissionen z.B. von Kohlekraftwerken zu reduzieren, ist Carbon Capture and Storage. Ziel dieser Technologie ist es, Kohlenstoffdioxid in unterirdischen Lagerstätten z.B. im Meeresuntergrund, in ehemaligen Erdöllagerstätten oder Kohleflözen zu speichern.

Aufgaben:

- 1) Einzelarbeit: Lesen Sie sich Material M1-M4 sorgfältig durch. Unterstreichen Sie wichtige Inhalte.
- 2) Formulieren Sie zu M1-M4 mindestens 5 Fragen, auf die die Materialien eine Antwort geben. Versuchen Sie keine Fragen zu stellen, die allein mit „ja“ oder „nein“ beantwortet werden können.
- 3) Partnerarbeit: Stellen Sie sich abwechselnd ihre Fragen vor und beantworten Sie sie mit Hilfe der Materialien. Notieren Sie sich Unklarheiten zur späteren Besprechung im Plenum.
- 4) Führen Sie mit Material M5 ein Schülerexperiment durch. Dokumentieren Sie Ihre Beobachtung und Auswertung.
- 5) Sprinter Aufgabe: Diskutieren Sie, ob es sich bei CCS um eine Brückentechnologie oder eine Zukunftstechnologie handelt.

M1: Die vereinfachte Prozesskette von Carbon Capture and Storage

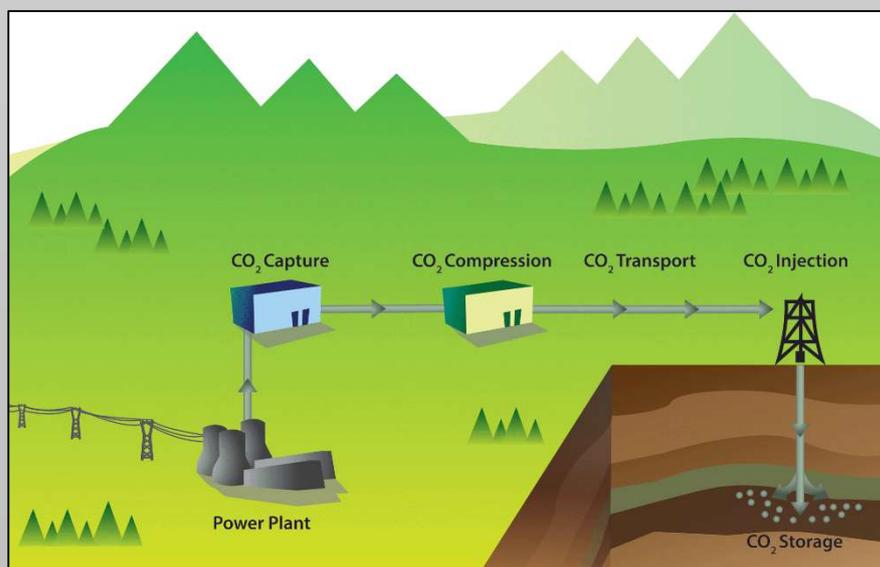


Abbildung: The Royal Society of Chemistry,
<https://pubs.rsc.org/-/content/articlehtml/2016/fd/c6fd00148c>,
(letzter Zugriff 27.01.21)



M2: Informationstext zu CCS

CCS steht für Carbon Capture and Storage, das heißt die Abscheidung von Kohlenstoffdioxid (CO₂) an Kraftwerken oder Industrieanlagen und die nachfolgende Speicherung in tief liegenden geologischen Gesteinsschichten.

Grundsätzlich gibt es bei den Kraftwerken verschiedene Wege, die Abgabe von CO₂ in die Atmosphäre zu verringern: Man kann Festbrennstoffe - etwa Stein- oder Braunkohle - vergasen und dabei das CO₂ im Zuge des Vergasungsprozesses abtrennen. Die Kohle wird dabei nicht wie im herkömmlichen Dampferzeuger verfeuert, sondern zunächst in einem Vergaser in ein Brenngas umgewandelt. Das unter Druck stehende Gas wird anschließend gereinigt und von CO₂ befreit. Übrig bleibt fast ausschließlich Wasserstoff. Erst dieser wird dann in einer Gasturbine verbrannt. Der entsprechende Prozess wird als Pre-Combustion bezeichnet.

Ebenfalls zur CO₂-Abscheidung geeignet ist der so genannte Oxyfuel-Prozess: Dabei werden fossile Brennstoffe mit reinem Sauerstoff verbrannt und das entstehende CO₂ danach abgetrennt. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, Kohlenstoffdioxid am Ende des konventionellen Verbrennungsprozesses abzuscheiden. Dieses als Post-Combustion bezeichnete Verfahren basiert auf nachgeschalteten Rauchgaswäschen, bei denen zum Beispiel Amine oder Aminosäuresalze als "Wasch- beziehungsweise Lösemittel" zum Einsatz kommen. Mit den drei Abscheideverfahren lassen sich CO₂-Minderungen in den Abgasen der Kraftwerke von 80 %- 98 % Prozent erreichen.

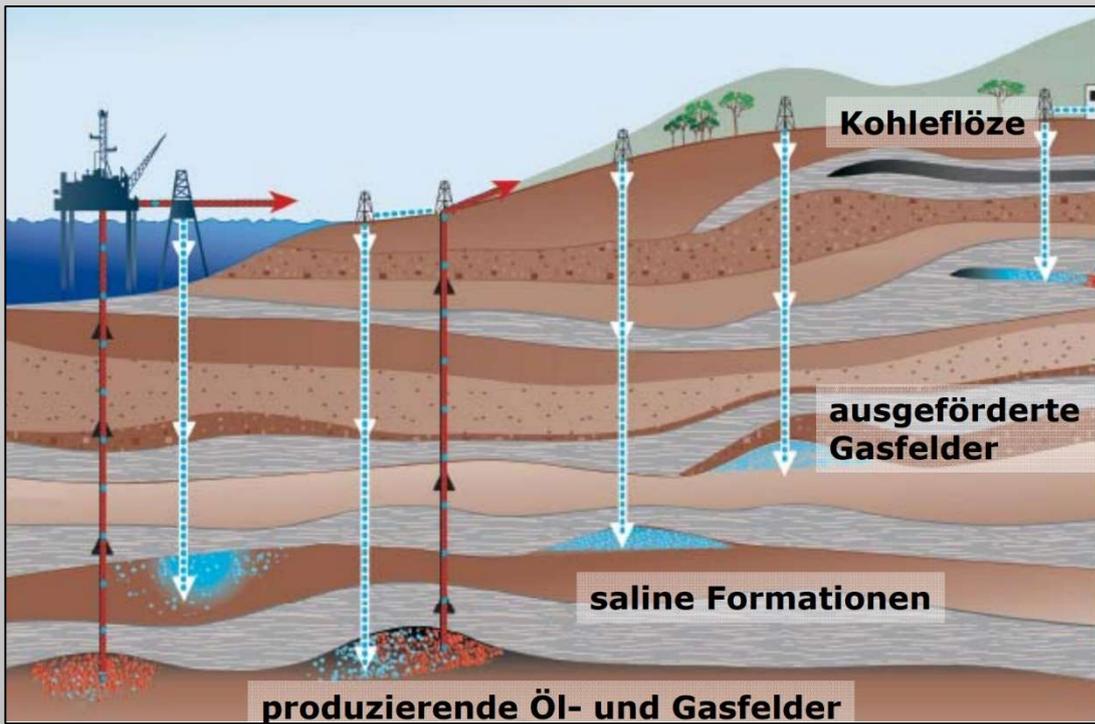
Am Ende der CCS-Technologiekette steht die Speicherung des CO₂ im tiefen geologischen Untergrund von etwa 1000 bis 4000 Metern. Geeignete Speichergesteine sind zum Beispiel ehemalige Öl- oder Gaslagerstätten, Kohleflöze und Salzwasser führende Gesteinsschichten (siehe M3). Bei Öl- und Gaslagerstätten kann das Kohlenstoffdioxid zusätzlich genutzt werden, um das bisher nicht aus den Lagerstätten förderbare Erdöl oder Erdgas zu gewinnen (so genannte Enhanced Oil beziehungsweise Gas Recovery).

Die CCS-Technologie steht jedoch noch vor einigen Herausforderungen, z.B. bei der Abtrennung des Kohlenstoffdioxids verbleiben noch erhebliche Entwicklungsaufgaben hinsichtlich der Steigerung von Effizienz und Umweltverträglichkeit der entsprechenden Verfahren. In der jetzigen Erprobungsphase soll die technische, wirtschaftliche und umweltgerechte Machbarkeit der CCS-Technologien mit entsprechenden Pilotprojekten umfassend nachgewiesen werden.

Nach überwiegender Meinung von Klimawissenschaftler*innen und anderen wissenschaftlichen Expert*innen sind die CCS-Technologien neben dem verstärkten Ausbau der Erneuerbaren Energien und der Steigerung der Energieeffizienz als weitere wichtige Klimaschutzsäule notwendig, um die CO₂-Emissionsminderungsziele von 85 % - 90 % bis zum Jahre 2050 in den Industrienationen zu erreichen. Die International Energy Agency kommt in ihren jüngsten Energie- und Klimaschutzenszenarien zum Schluss, dass die Anwendung der CCS-Technologien etwa 14% Prozent der global bis 2050 notwendigen CO₂-Emissionsreduzierungen erbringen kann. Quelle (gekürzt und angepasst nach): Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. Artikel „Die weitere Entwicklung von

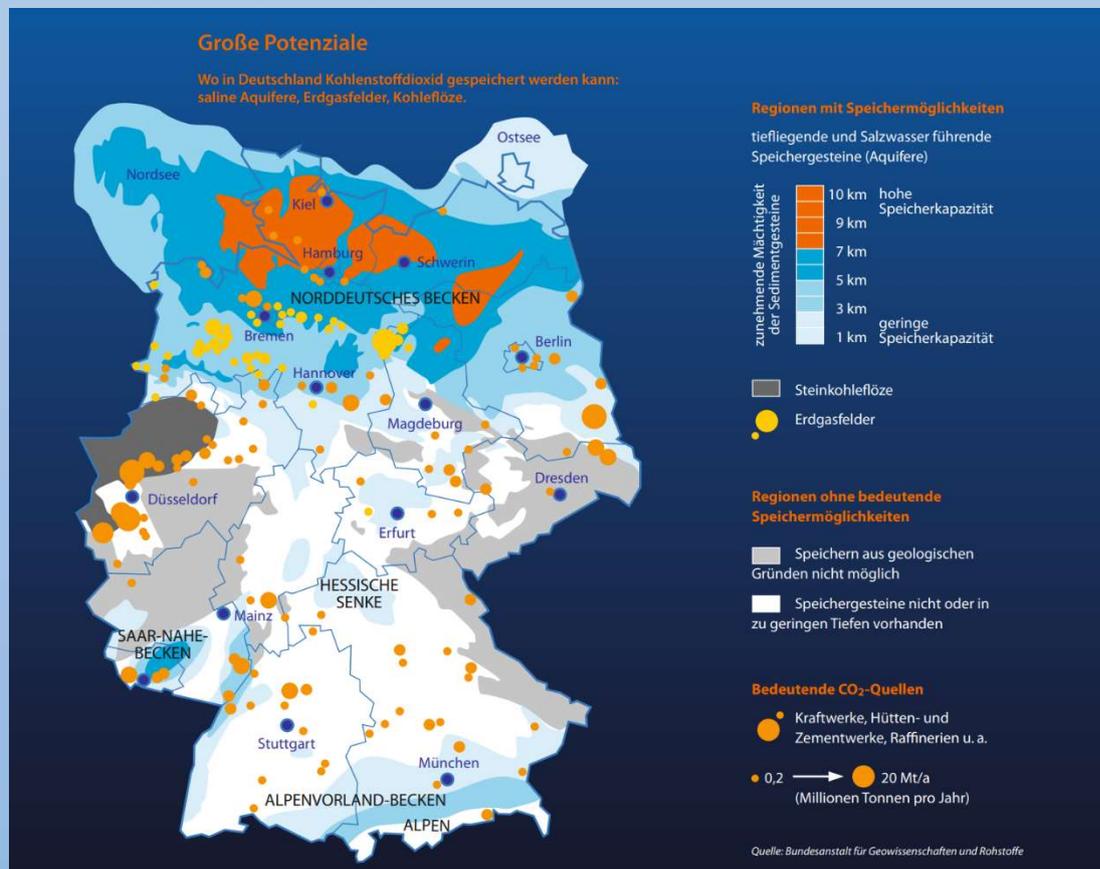
CCS Technologien“ <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Industrie/weitere-entwicklung-ccs-technologien.html> (letzter Zugriff 27.01.21).

M3: Geologische Speicheroptionen (Storage)



Quelle Abbildung: Dahmke, Andreas. Institut für Geowissenschaften der Universität Kiel. Folie 15. https://www.schleswig-flensburg.de/media/custom/146_4295_1.PDF?1256574029 (letzter Zugriff 27.01.21).

M4: Geologische Speicheroptionen in Deutschland



Quelle: Zeitbild Wissen: Naturwissenschaft und Technik im Unterricht 2011, „Klimaschutz und CCS. Abtrennung und Speicherung von CO₂“ S.21, https://www.zeitbild.de/wp-content/uploads/2009/08/CCS_Brosch_2011Web.pdf (letzter Zugriff 27.01.21)

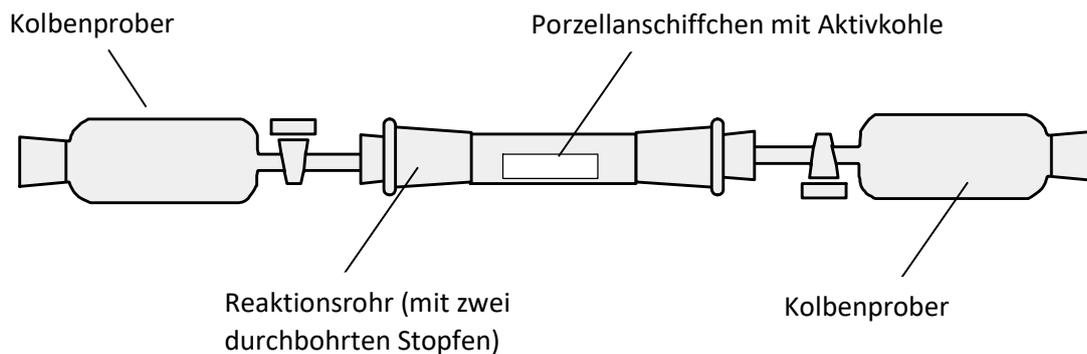
M5: Schülerexperiment – Modellversuch zur Speicherung von Kohlenstoffdioxid in Kohleflözen



Geräte: Stativmaterial, 2 Kolbenprober, Reaktionsrohr, Porzellanschiffchen, 2 durchbohrte Stopfen, Parafilm, Waage, Spatel

Chemikalien: Aktivkohle (gepulvert), Kohlenstoffdioxid CO₂ (Gasflasche o. Infusionsbeutel)

Skizze:



Durchführung:

1. Füllen Sie einen Kolbenprober mit 100 mL Kohlenstoffdioxid. Wiegen Sie 0,5 g Aktivkohle ab und verteilen Sie sie möglichst großflächig in einem Porzellanschiffchen.
2. Bauen Sie die Apparatur auf, indem Sie die zwei Kolbenprober mit Stativmaterial befestigen (siehe Skizze). Achten Sie darauf, dass die Skalierung der Kolben so platziert ist, dass Sie später Messwerte ablesen können. Schieben Sie das Porzellanschiffchen in das Reaktionsrohr. Verbinden Sie nun die Kolbenprober über die Stopfen mit dem Reaktionsrohr. Dichten Sie die Übergangsstellen abschließend mit Parafilm ab. Notieren Sie die Volumina der Kolbenprober.
3. Öffnen Sie den befüllten Kolbenprober und leiten Sie langsam 20 mL CO₂ über die Aktivkohle. Warten Sie 30 Sekunden, bevor Sie erneut 20 mL CO₂ über die Aktivkohle strömen lassen. Wiederholen Sie diesen Vorgang, bis der Kolbenprober leer ist. Notieren Sie die Volumina der Kolbenprober.
4. Verschließen Sie den nun „leeren“ Kolbenprober. Üben Sie anschließend sanften Druck (um ca. 5 – 10 mL) auf den Stempel des gefüllten Kolbenprobers aus. Halten Sie den Druck für ca. 10 Sekunden konstant. Notieren Sie die Volumina der Kolbenprober.

Beobachtung:

Notieren Sie Ihre Beobachtungen in der Tabelle.

Kolben- prober	Volumen zu Beginn des Versuchs in [mL] (Schritt 2)	Volumen nach Überleitung in [mL] (Schritt 3)	Volumen nach Druckausübung in [mL] (Schritt 4)
links			
rechts			

Auswertung:

1. Erläutern Sie die Volumenveränderungen nach dem Überleiten über die Aktivkohle (Schritt 2 zu Schritt 3). Nutzen Sie die Informationen des Steckbrief Aktivkohle und beziehen Sie die Adsorptionseigenschaften der Aktivkohlenoberfläche in Ihre Schilderungen mit ein.

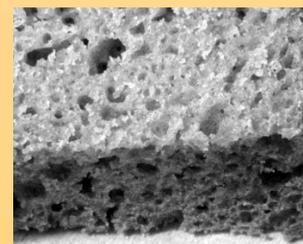
Informationen zur Aktivkohle

Aktivkohle besteht überwiegend aus Kohlenstoff (meist > 90 %) mit hochporöser Struktur. Die Poren sind wie bei einem Schwamm untereinander verbunden. Die innere Oberfläche beträgt zwischen 300 und 2000 m²/g Kohle. Die innere Oberfläche von 1 Gramm Aktivkohle entspricht ungefähr der Fläche eines Fußballfeldes.

Aktivkohle wird in erster Linie als Adsorptionsmittel zur Entfernung unerwünschter Farb-, Geschmacks- und Geruchsstoffe aus Gasen, Dämpfen und Flüssigkeiten eingesetzt. Ein großer Vorteil von Aktivkohle besteht in ihrer thermischen Reaktivierbarkeit. Hauptsächlich findet Aktivkohle Verwendung in Form von Granulaten, als Pulver oder in pelletierter Form. Aktivkohle wird in der Wasseraufbereitung und als Luftfilter eingesetzt. (Quelle: <https://www.chemie.de/lexikon/Aktivkohle.html> (letzter Zugriff 27.01.21).



Aktivkohle in Pulver- und Blockform



Poröse Oberfläche

Nutzen Sie den Link → <https://www.chemie-schule.de/KnowHow/Adsorption> und recherchieren Sie weitere Informationen zu Adsorption und Adsorptionsmitteln.

2. Die Ausübung von Druck in Schritt 4 simuliert die Hochdruckverpressung von CO₂ unter der Erde. Erläutern Sie, welchen Einfluss die Druckerhöhung auf das Volumen von CO₂ hat.
3. Beurteilen Sie das Potential der geologischen Speicherung von CO₂ in Kohleflözen anhand Ihrer Versuchsergebnisse.