

Ideen auf dem Weg, das 1,5 °C Ziel zu erreichen

CCS & CDR - werden die Ozeane zur Kohlenstoffdioxidquelle?



LNCU.de
ID 38881
CC-BY-SA 4.0
Online abrufen



Bei der Betrachtung des Wechselspiels von Atmosphäre und Ozean waren wir noch nicht ganz fertig. Ihr hatte ja auch **experimentell beobachtet** was passiert, wenn der Druck von Kohlenstoffdioxid über einer wässrigen Lösung sinkt.

Auch das wollen präzise erklären und allgemeingültig zu formulieren.

Modellhafte Versuchsauswertung

- 1 Erläutern Sie ihre Versuchsbeobachtungen modellhaft:
 - a Beschreiben Sie den Zustand des Systems vor der Störung.
 - b Erläutern Sie die Störung mithilfe der Modelldarstellung.
 - c Erklären Sie auch unter Verwendung der Begriffe Q und K die Neueinstellung des Gleichgewichts.

M1 Ein Modell zur Erläuterung der Folgen einer Druckerniedrigung (Gas über Flüssigkeit)

Das Volumen bei Mama vergrößern

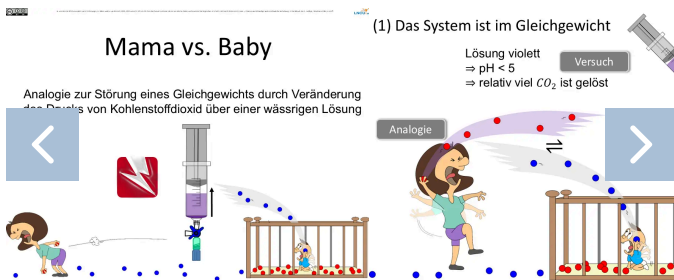
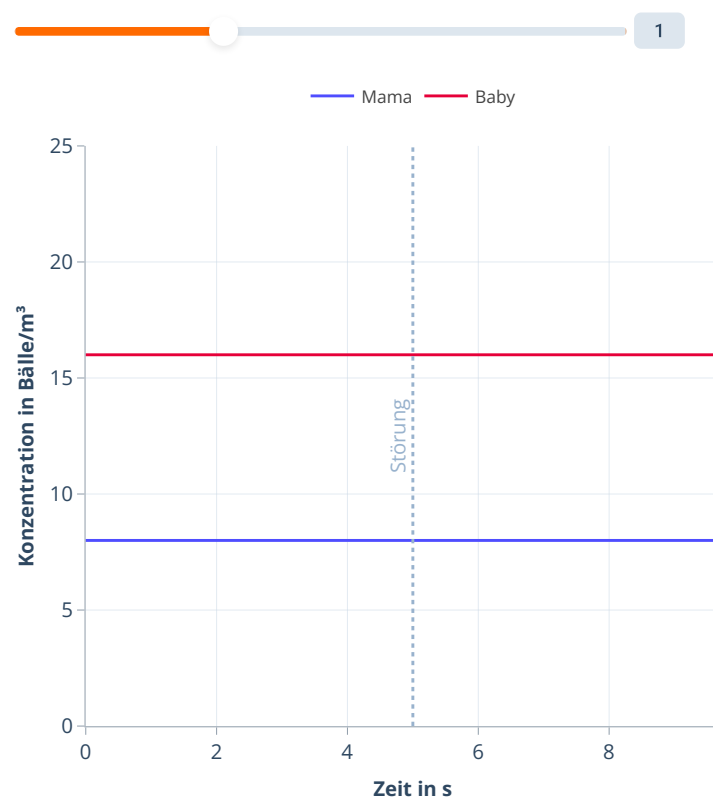


Abb. 1: Analogie zur Erniedrigung des Drucks auf Seiten von Mama

Wir können auch das Volumen des Raumes bei Mama vergrößern (oder verkleinern). Das simuliert eine Druckänderung und damit eine Konzentrationsänderung in einer Gasphase (Mama) über eine wässrige Phase (Baby).

Volumenänderung Mutter (Gasphase über Flüssigkeit) um den Faktor



Übung 1

- 2 Beschreiben Sie den Unterschied zwischen den in M2 genannten Verfahren CCS und CDR.
- 3 Erklären Sie mit Hilfe von M1, was man für das System Ozean-Atmosphäre nach unserem Modell erwartet, wenn der Druck von Kohlenstoffdioxid in der Atmosphäre gezielt durch den Einsatz von CDR gesenkt würde.

M2 Was geplant ist, um das 1,5° C Ziel (wieder) zu erreichen

CCS & CDR - angedacht aber noch nicht groß umgesetzt

Es ist allen Akteuren eigentlich klar, dass nicht nur weniger Kohlenstoffdioxid frei gesetzt, sondern auch aktiv solches aus der Atmosphäre herausgeholt werden muss, durch

- CCS (Carbon Capture and Storage)
- CDR (Carbon Dioxide Removal)

In vielen Klimaschutzstrategien zur Einhaltung des 1,5 °C-Ziels werden beide Ansätze als wichtige ergänzende Maßnahmen eingeplant. Leider steckt die Umsetzung noch in den Ansätzen.

Stand 2026: Das 1,5-°C-Ziel ist so nicht mehr erreichbar

Diese Seite behandelt CCS und CDR als Maßnahmen zur Einhaltung des 1,5-°C-Ziels. Nach dem Szenariensatz für CMIP7 (April 2026) gilt eine **dauerhafte** Begrenzung unter +1,5 °C nicht mehr als erreichbar – nur noch über einen **zeitweisen Overshoot** (vorübergehendes Überschreiten mit späterer Rückkehr unter 1,5 °C). Gerade für diese Rückkehr wäre die aktive Entnahme von CO₂ (CDR) entscheidend. Das ist keine Entwarnung: Bei aktueller Politik steuert die Welt auf etwa +2,6 bis +2,8 °C zu. ²

CCS & CDR - angedacht aber noch nicht groß umgesetzt

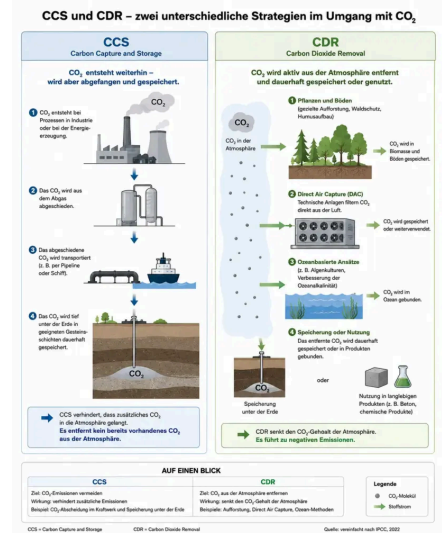


Abb. 2: CCS und CDR im Vergleich ³

Weitergedacht

- 4 „Eigentlich ist es egal, ...“. Nehmen Sie begründet Stellung zu den Aussagen in den Sprechblasen in M3.

M3 Was würde nach seriösen Berechnungen passieren?

Lohnt es sich, Kohlenstoffdioxid aus der Atmosphäre zu holen?



Eigentlich ist es egal, wann wir aufhören, mehr Kohlenstoffdioxid in die Atmosphäre zu entlassen oder welches via CDR herauszuholen. Die Meere gleichen diese Effekte so und so wieder aus.

Die Meere haben seit Beginn der Industrialisierung große Mengen Kohlenstoffdioxid aufgenommen und dadurch den Anstieg in der Atmosphäre gebremst. Genau deshalb reagieren sie auch auf eine spätere Absenkung: Sinkt durch CDR der Kohlenstoffdioxid-Partialdruck der Atmosphäre, wird der Antrieb für die weitere Aufnahme durch den Ozean kleiner. Modellrechnungen zeigen daher, dass ein Teil des gewünschten Effekts von CDR durch Rückkopplungen im Kohlenstoffkreislauf abgeschwächt wird. ⁴

Für **extreme Modellfälle** beschreibt der IPCC sogar einen deutlichen Rückpralleffekt: Wird schlagartig eine große Menge CO₂ aus der Atmosphäre entfernt, bleibt nach 80 bis 100 Jahren nur ein Teil dieser Entnahme langfristig wirksam. Ein erheblicher Anteil wird durch CO₂-Freisetzung aus Land- und Ozeanspeichern teilweise kompensiert. Der IPCC betont aber, dass die genaue Stärke der Kompensation zwischen Modellen variiert. ⁵

Für **realistischere Szenarien** ist die Einordnung günstiger: Bei allmählich sinkenden Emissionen bleibt der Ozean zunächst eine CO₂-Senke, nimmt aber langsamer CO₂ auf als zuvor. Das bedeutet: CDR wirkt grundsätzlich, aber nicht 1:1 – ein Teil der entfernten Menge wird zeitverzögert durch das System Erde abgeschwächt. ⁶



Ich sehe es anders: Modellrechnung aus dem IPCC Bericht machen da mehr Mut.

Übung 2

- 5 Erklären Sie, was beim Sprudelvorgang in einem „Sodastreamer“ passiert. Gehen Sie davon aus, dass die rechte Skizze die Flasche direkt nach der Störung eines Gleichgewichts durch Zugabe von Kohlenstoffdioxid zeigt. Vervollständigen Sie die Schemazeichnung mit geeigneten Pfeilen.
- 6 Erläutern Sie, was passieren wird, wenn wir den Deckel längere Zeit geöffnet lassen.

M4 Eine anwendende Übung: Sprudelwasser

Wenn wir aus Wasser „Sprudelwasser“ machen, handelt es sich eigentlich ebenfalls um ein Experiment mit einem System aus zwei Phasen: unten eine Lösung aus Kohlenstoffdioxid und darüber eine Gasphase mit gasförmigem Kohlenstoffdioxid.

Ein Gleichgewicht wird gestört



Video 1: Leitungswasser mit Kohlensäure versetzen ⁷

Einzelnachweise

niedriges Druck

Gasphase

Wasserphase

STÖRUNG

hohes Druck

$CO_2(g) \rightleftharpoons CO_2(aq)$
 $CO_2(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_2CO_3(aq)$
 $H_2CO_3(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons HCO_3^-(aq) + H_3O^+(aq)$

$CO_2(g)$
 $CO_2(aq)$
 $CO_2(aq) + H_2O(l)$
 $\rightleftharpoons H_2CO_3(aq)$
 $H_2CO_3(aq) + H_2O(l)$
 $\rightleftharpoons HCO_3^-(aq) + H_3O^+(aq)$

$CO_2(g)$
 $CO_2(aq)$
 $CO_2(aq) + H_2O(l)$
 $\rightleftharpoons H_2CO_3(aq)$
 $H_2CO_3(aq) + H_2O(l)$
 $\rightleftharpoons HCO_3^-(aq) + H_3O^+(aq)$

- 1 Gregor von Borstel, 2026, nach Gregor von Borstel und Anja Wilm, Bälleschlacht 2021
- 2 Van Vuuren, D. P. et al. (2026): The Scenario Model Intercomparison Project for CMIP7 (ScenarioMIP CMIP7). Geoscientific Model Development 19, 2627–2656, DOI 10.5194/gmd-19-2627-2026 (Open Access, CC BY 4.0, veröffentlicht 07.04.2026)
- 3 Gregor von Borstel, 2026, mit Unterstützung durch generative KI
- 4 IPCC, 2021: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report. Chapter 5: Global Carbon and other Biogeochemical Cycles and Feedbacks, Abschnitt 5.6.2.1. Cambridge University Press. Online: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/chapter/chapter-5/>
- 5 IPCC, 2021: Climate Change 2021: The Physical Science Basis, Chapter 5, Abschnitt 5.6.2.1.1 (inkl. Beschreibung). Cambridge University Press. Online: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/chapter/chapter-5/>
- 6 IPCC, 2021: Climate Change 2021: The Physical Science Basis, Chapter 5, Abschnitt 5.6.2.1.2. Cambridge University Press. Online: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/chapter/chapter-5/>

- 7 Gregor von Borstel, 2021
- 8 Gregor von Borstel, 2025

Abb. 3: Störung durch Druckveränderung ⁸