

CO₂ Filter Methoden

Natürliche und künstliche Methoden

Wie viel CO₂ stoßen wir jährlich aus?

-
- Deutschland stößt jährlich ca. 589 Mio Tonnen aus
 - (Umweltbundesamt)
 - Weltweit ca. 38 Milliarden Tonnen
 - (Umweltbundesamt)



Was kann die Erde kompensieren? *Ozeane:*

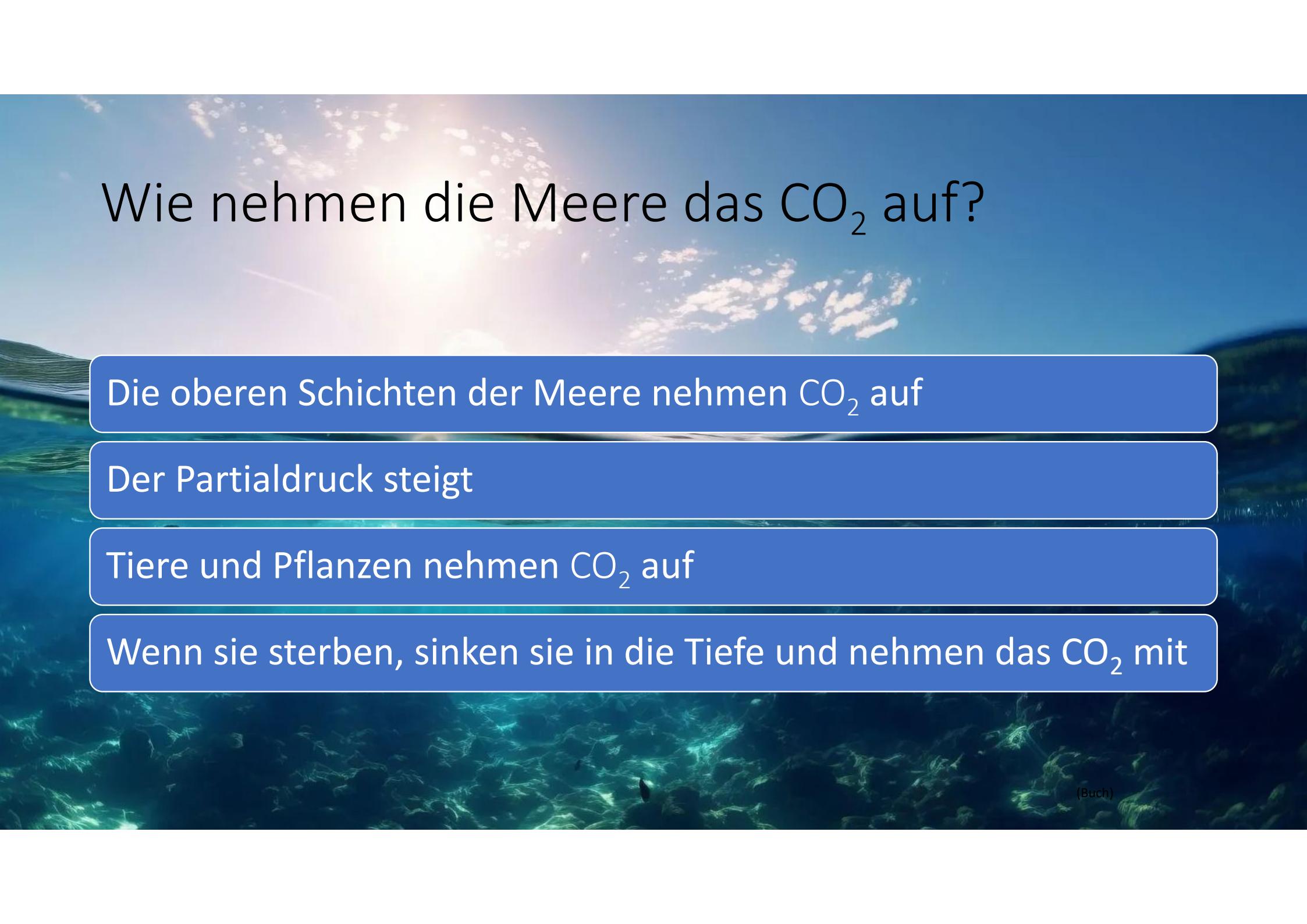
In Meeren 50 mal mehr gebunden als in der Atmosphäre und 20 mal mehr als an Land.

(buch)

- Kalte Gewässer können mehr CO₂ aufnehmen.
- In letzten 30 Jahren haben die Meere 31% des von uns emittierten CO₂ kompensiert.

(Buch)





Wie nehmen die Meere das CO₂ auf?

Die oberen Schichten der Meere nehmen CO₂ auf

Der Partialdruck steigt

Tiere und Pflanzen nehmen CO₂ auf

Wenn sie sterben, sinken sie in die Tiefe und nehmen das CO₂ mit

Was kann die
Erde
kompensieren?
Wälder:

Wälder speichern 50% des an Land
gebundenen CO₂



Wie können Wälder CO₂ kompensieren?

- Durch Photosynthese können Pflanzen Kohlenstoff aus CO₂ filtern
- Hierbei ergibt sich folgende Gleichung:
 - 6 CO₂ + 12 H₂O + (Strahlungs-) Energie = C₆H₁₂O₆ (Traubenzucker)
+ 6 O₂ + 6 H₂O
 - Diese Reaktion findet in dem im Blatt vorhandenen Chlorophyll statt

Was kann die Erde kompensieren?

Moore 1:

- Intakte Moore speichern Kohlenstoff (Bundesministerium für Umweltschutz)
- Entwässerte Moorböden setzen große Mengen an Treibhausgasen frei (Bundesministerium für Umweltschutz)
- Hochmoore leben nur von Niederschlägen → durch Klimawandel trocknen sie aus
(NDR)

Was kann die Erde kompensieren? *Moore 2: Daten und Zahlen*

- Über 4,2% Deutschlands war ursprünglich von Mooren bedeckt (wikipedia)
- Durch Menschen Fläche auf 1.280.000 ha (3,6 % Flächenanteil) zurückgegangen (moorwissen)
- Die verbleibenden Flächen sind zum überwiegenden Teil (>95 %) entwässert (moorwissen)
- Nur etwa 4% der verbleibenden Moorfläche sind Naturschutzflächen (moorwissen)
- betrifft auch weitere organische Böden mit Mooren, die eine Fläche von ca.1,8 Mio. Hektar ausmachen (moorwissen)
- Wieder bewässert: keine Daten gefunden

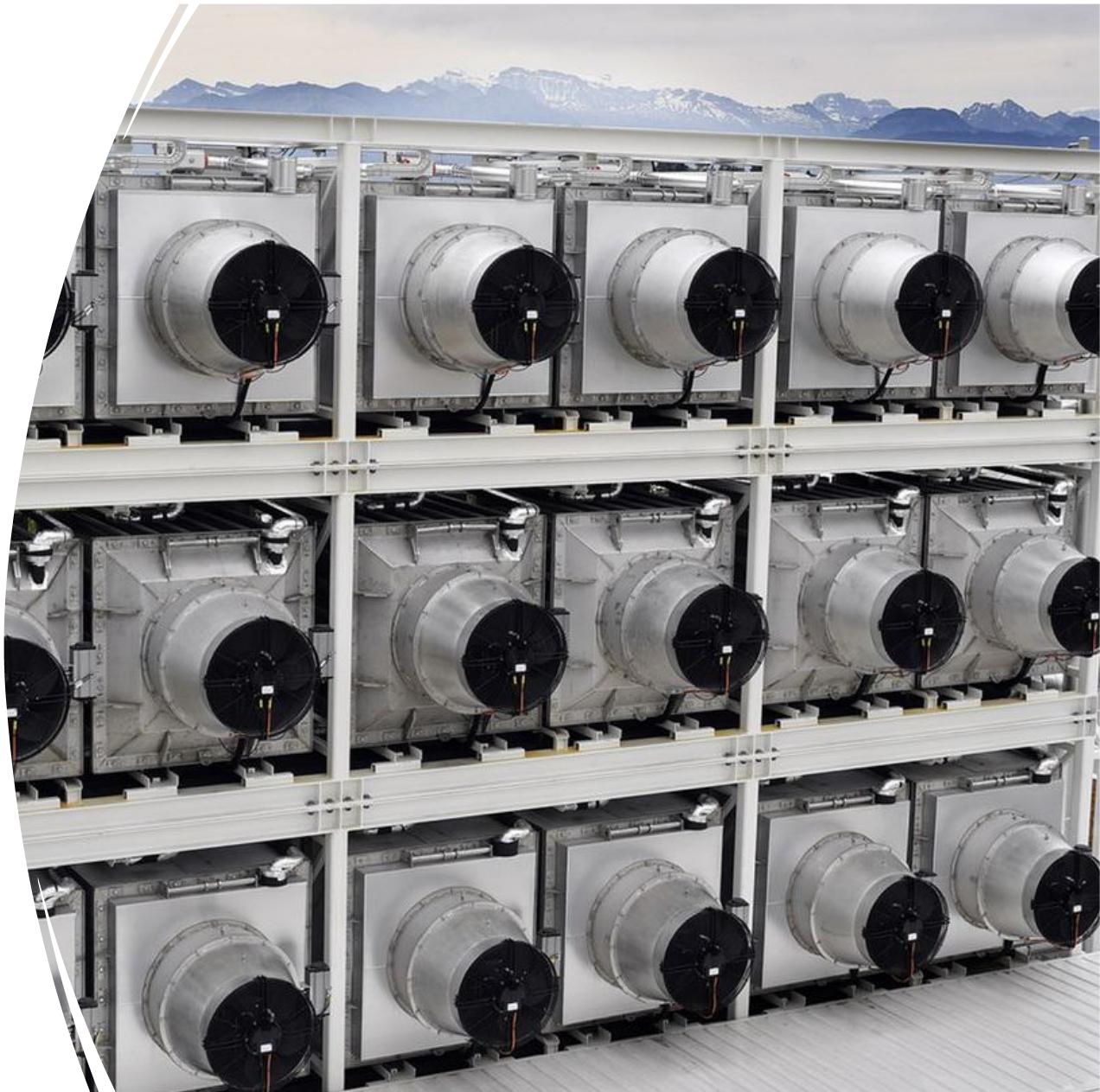
Was kann die Erde kompensieren? *Moore 3: Daten und Zahlen*

- Trockengelegte Moore für 5 % der durch Menschen verursachten CO₂ in Deutschland verantwortlich
- Torfbrände setzen wiederum enorm viel CO₂ frei (Wikipedia)
- Ein Hektar Moor speichert so viel Kohlenstoff, wie jährlich ca. 1400 Autos ausstoßen (Wikipedia)



Wie können wir CO₂ nutzen?

- Kohlenwasserstoffe und synthetische Kraftstoffe
 - Um CO₂ weiter zu verwenden, muss sehr viel Energie angewendet werden.
- Aus nachhaltigen Kunststoffen können dann Matratzen, synthetische Fasern oder auch künstliches Gummi hergestellt werden.
- Diese Technologien sind in der Entwicklungsphase und sind nicht effektiv einsetzbar.



Wie viel CO₂ können wir speichern

- 211 Billionen m³ Erdgas gibt es auf der Erde_(bgr)
- Ein m³ CO₂ wiegt ca. 1,98kg _(Wikipedia)
- 38.000.000.000t = 38.000.000.000.000 Kg
- 38.000.000.000Kg/1,98kg pro m³ ≈ 19.191.919.000.000m³ ≈ 19,2 Billionen m³

Risiken und Nachteile 1

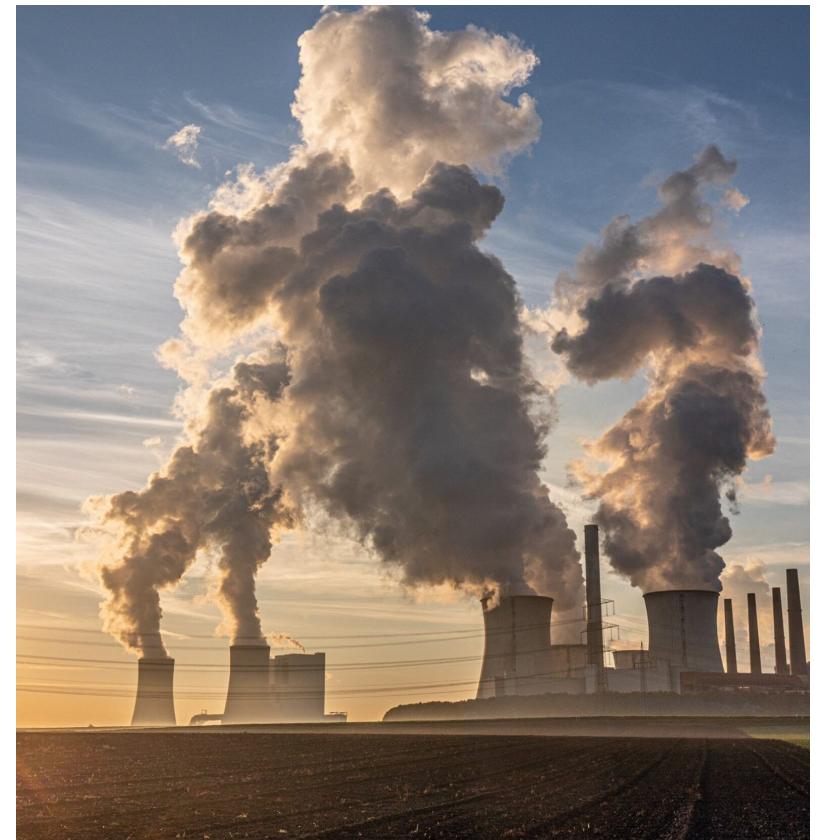
- Deckschichten der Gasfelder werden durch die Gasförderung durchlöchert
- Dabei sind Risse entstanden
- Bereits heute entweicht aus ca. 75% der aufgegebenen Bohrlöcher Methan
- Durch Verpressung können neue Risse oder sogar Erdbeben entstehen

Risiken und Nachteile 2

- Bei großen Lecks könnte eine große CO₂-Wolke entstehen
- Diese bleibt am Boden, da CO₂ schwerer ist als Luft
- Potenziell viele Tote

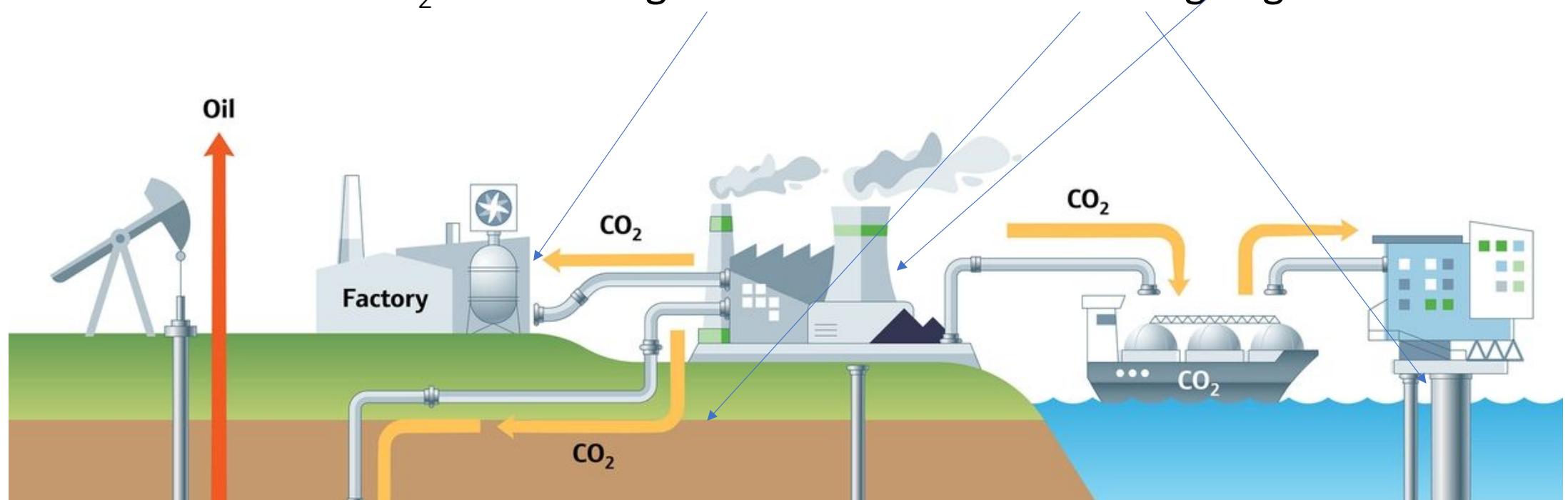
CO₂ Filteranlagen

- CO₂ DAC-Anlage (Direct Air Capture)
- CCS (Carbon Capture and Storage)
- CCUS (Carbon Capture Use and Storage)
- Artificial upwelling
- EW (Enhanced Weathering)



Was ist CCUS

- CO₂ Filteranlage die direkt in industrielle Prozesse einbinden
- Gefiltertes CO₂ wird dann genutzt oder unter der Erde gelagert

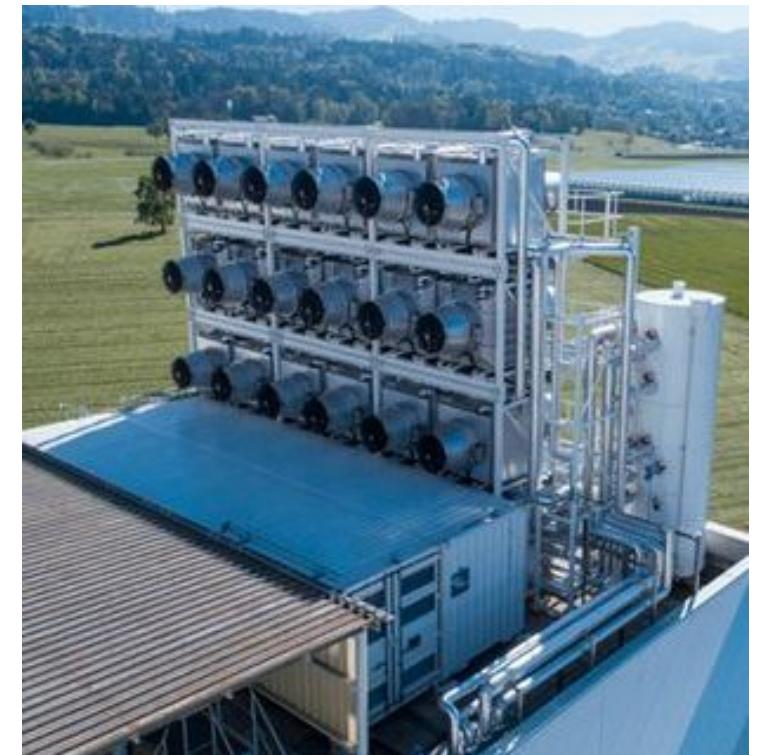


Direct Air Capture (DAC)

- Saugt Luft an und filtert CO₂ aus der Luft
- Im Stein gefilterter Kohlenstoff kann durch Erhitzung wieder freigesetzt werden
- Kann in unterirdischen Höhlen, Vulkangestein gelagert werden
- Kohlenstoff kann für kurz-/langlebige Produkte verwendet werden (z.B Zement, Kohlensäure für Getränke)

(Quelle: Umweltmission #Definition Direct Air Capture)

https://umweltmission.de/wissen/direct-air-capture-dac/#Definition_Direct_Air_Capture



Direct Air Capture Verfahren (Mechanisch)

- Ventilatoren saugen die Umgebungsluft an
- Filter trennen CO₂ von Luft
 - Filter werden Sorbens genannt
 - Filter können als Feststoff und als flüssiges Bindemittel vorkommen
- Gefiltertes CO₂ wird vom Filter durch Erwärmung getrennt
- Wird komprimiert und dann in unterirdischen Lagerstädten gespeichert
 - aufgebrauchte Gashöhlen, unterirdisches Vulkangestein

(Quellen: Climeworks, Wikipedia/Direct-Air-Capture)

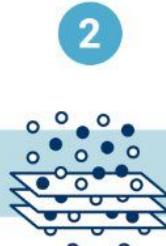
Grafik DAC Funktion

How direct air capture works



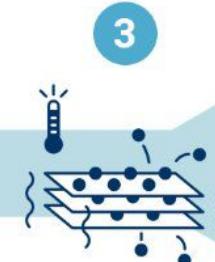
Large fans draw in air from the atmosphere

Ventilatoren Saugen Atmosphärische Luft an



Filters containing engineered chemicals concentrate CO₂ from the air

Filter mit Chemikalien konzentrieren CO₂ aus der Luft



The filter material is heated to release the captured CO₂

Material der Filter wird erhitzt, um gefangenes CO₂ freizulassen



Concentrated CO₂ is stored or transformed into other goods

Konzentriertes CO₂ wird Gelagert oder weiterverwendet



Filtered, CO₂-free air is released into the atmosphere

Gefiltertes, CO₂-freie Luft wird in die Atmosphäre entlassen

CB INSIGHTS

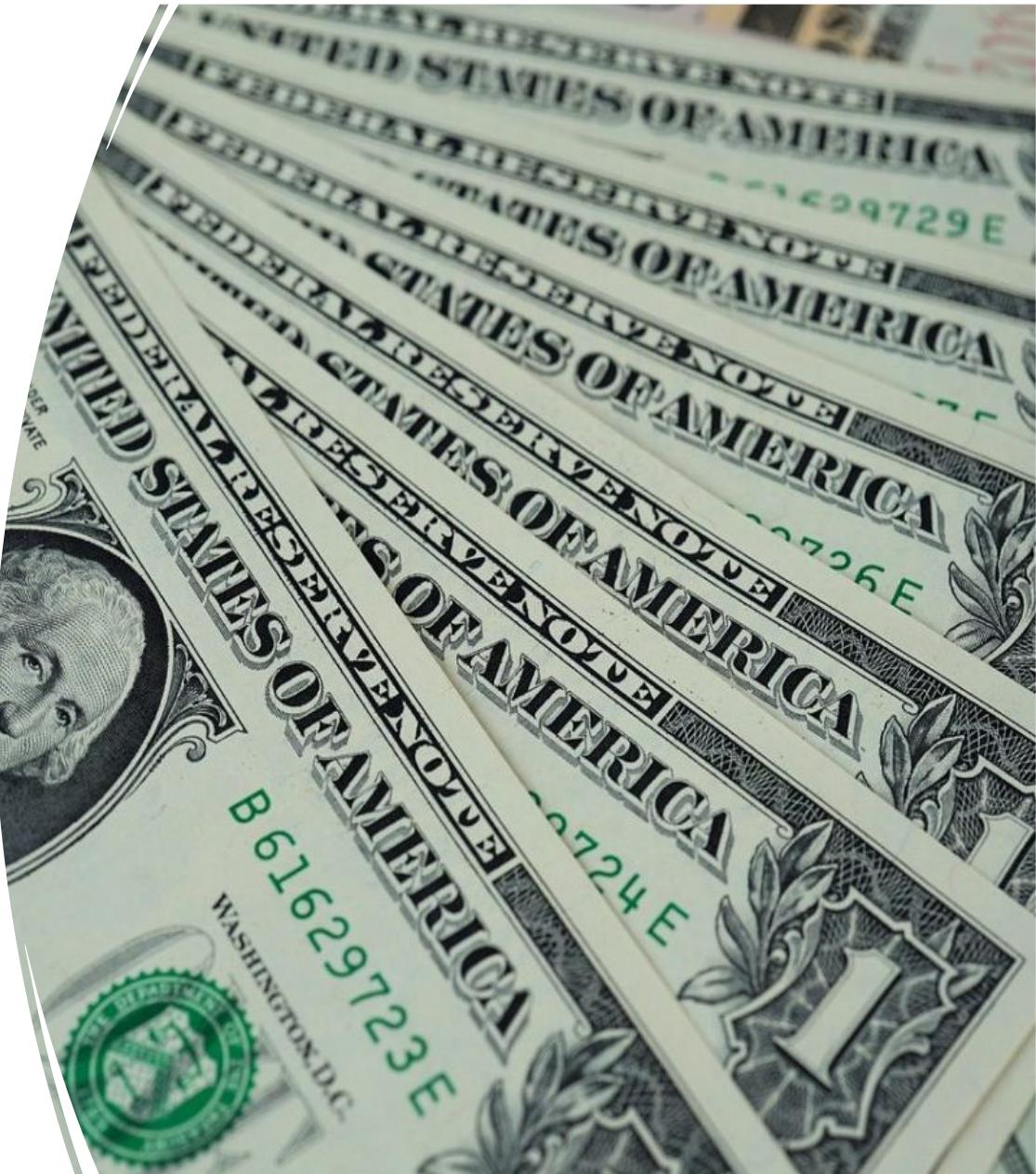
DAC-Verfahren (chemisch)

- Mit Natriumhydroxid als Absorber (Wikipedia/Direct-Air-Capture/Verfahren)
 - $2\text{NaOH} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
 - Natriumhydroxid + Kohlenstoffdioxid = Natriumcarbonat + Wasser
- Der Absorber absorbiert CO_2 aus der angesaugten Luft
- Durch Erwärmung kann reines CO_2 aus dem Absorber gefiltert werden
 - $\text{Na}_2\text{CO}_3(\text{s}) \rightarrow \text{NaHCO}_3(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g})$
 - reagiert bei etwa 850–900 °C
- Wärme wird bei der Climeworks DAC Anlage aus Geothermie gewonnen

(Gleichungen Anhand chemicalaid und scienceaq)

Wie viel würde es bei DAC-Anlagen kosten

- Bei 150\$ pro Tonne CO₂:
 - $38.000.000.000\text{t} * 150\$ = 57.000.000.000.000\$$
57 Billionen Dollar (US)
- Weltweit existieren **453,6 Billionen Dollar (US)**
(Welt)
- Wie viel kWh wird benötigt?
 - $38.000.000.000\text{t} * 250 \text{ kWh (pro tonne)}$
= 95.000.000.000.000 kWh (95 Billionen kWh)
- Zum Vergleich:
 - Der größte Windpark produziert jährlich :
1.200.000 kWh



Carbon Capture and Storage (CCS)

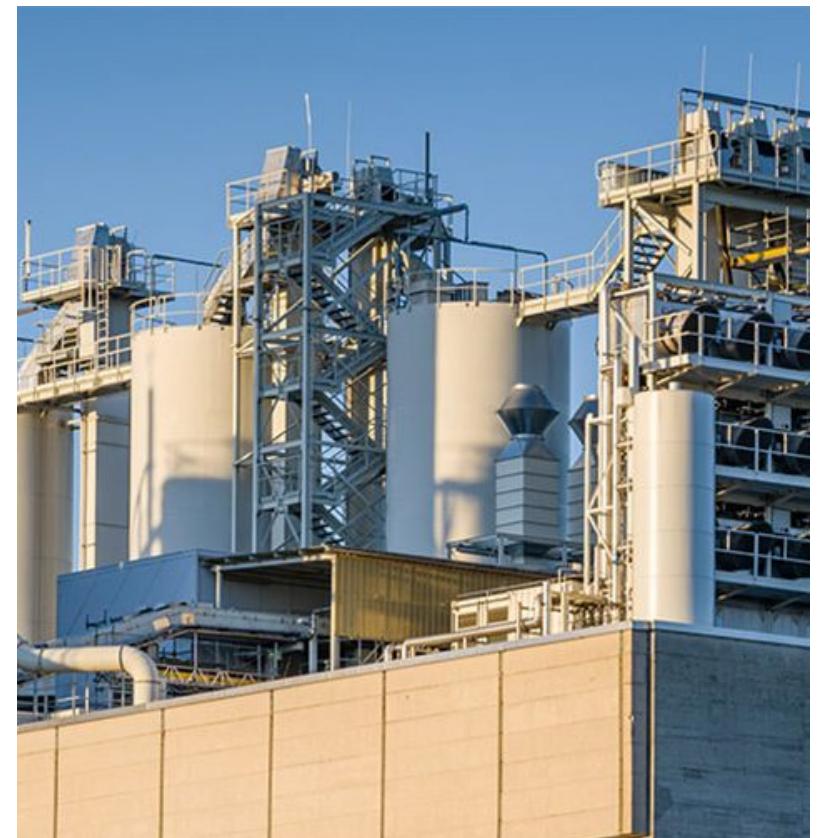
- Mehrere Verfahren
 - Post-Combustion
 - Pre-Combustion
 - Oxyfuel-Verfahren
- CCS werden vorrangig bei Industrien/Produktionsstätte verwendet die CO₂ austoßen

(Quelle IBM/Carbon-Capture-storage)



Post-Combustion Verfahren

- Häufigste Art der CO₂ Abschiebung
- Nach Verbrennung von Fossilen Brennstoffen wird das entstehende Rauchgas mit Lösungsmitteln vermenzt
- Lösungsmittel trennt konzentriertes CO₂
- Durch Komprimierung kann es zu Lagerstätten transportiert werden
- Wird meistens bei Modernisierung von alten Anlagen verwendet

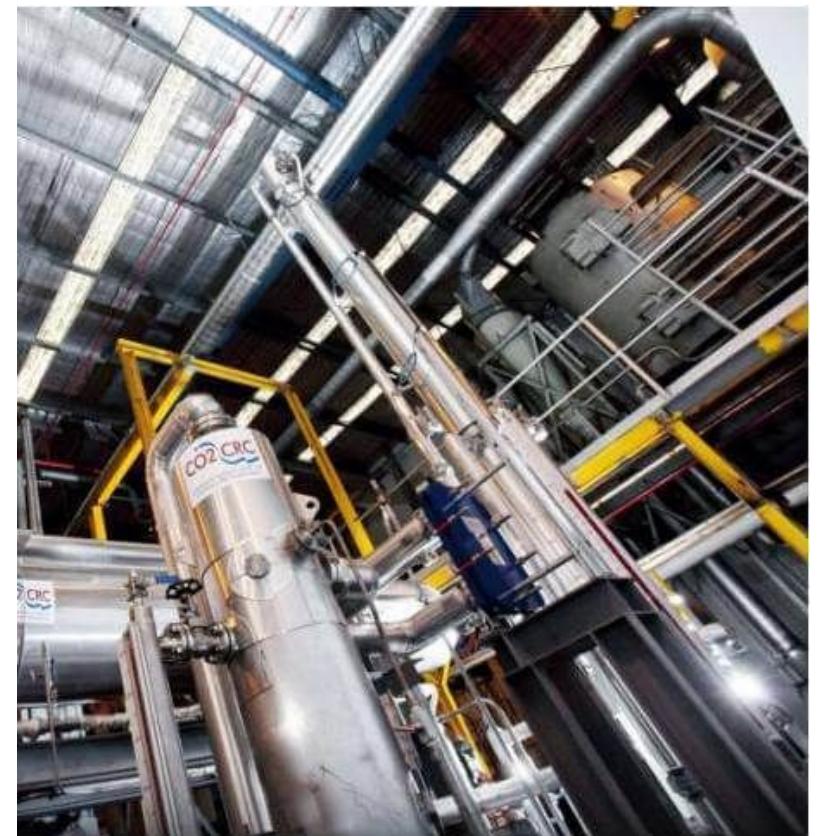


(Quelle IBM/Carbon-Capture-storage/Post-Combution)

Pre-Combustion Verfahren

- Fossile Brennstoff wird vor Verbrennung oxidiert
- Bei der Verbrennung entstehen Wasserstoff und Kohlenmonoxid
- Wasser wird hinzugefügt
- Kohlenmonoxid wird zu Kohlendioxid
- CO₂ wird eingefangen, komprimiert und transportiert

(Quelle IBM/Carbon-Capture-storage/Pre-Combustion)



Oxyfuel-Verfahren

- Fossile Brennstoffe werden in reinem Sauerstoff verbrannt
- Dabei wird ein Rauchgas, bestehend aus CO₂ und Wasser, erzeugt
- Nach Verdampfung des Wassers bleibt reines CO₂ übrig
- Kann komprimiert und transportiert werden
- Verfahren ist noch im frühen Entwicklungsstadium und wird nicht im großen Umfang verwendet

(Quelle IBM/Carbon-Capture-storage/Oxyfuel)

Können CO₂-Filteranlagen den Klimawandel stoppen?

- CO₂ Einspeisung zu hoch um alles herauszufiltern
- Finanzierungsprobleme
- Techniken sind nicht weit entwickelt / nicht effizient genug
- Klimawandel schreitet schneller voran, als man die Anlagen bauen kann
- Können für das net zero Programm eine zentrale Rolle spielen
 - Ist bei Beibehaltung der Einspeisung kaum erreichbar



Danke für Eure
Aufmerksamkeit