

# CO<sub>2</sub> Filter Methoden

Natürliche und künstliche Methoden

# Wie viel CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> aufnehmen.

(buch)

- In letzten 30 Jahren haben die Meere 31% des von uns emittierten CO<sub>2</sub> kompensiert.

(Buch)



# Wie nehmen die Meere das CO<sub>2</sub> auf?


Die oberen Schichten der Meere nehmen CO<sub>2</sub> auf

Der Partialdruck steigt

Tiere und Pflanzen nehmen CO<sub>2</sub> auf

Wenn sie sterben, sinken sie in die Tiefe und nehmen das CO<sub>2</sub> mit





# Was kann die Erde kompensieren? *Wälder:*

---

Wälder speichern 50% des an Land  
gebundenen CO<sub>2</sub>



# Wie können Wälder CO<sub>2</sub> kompensieren?

- Durch Photosynthese können Pflanzen Kohlenstoff aus CO<sub>2</sub> filtern
- Hierbei ergibt sich folgende Gleichung:
  - $6 \text{ CO}_2 + 12 \text{ H}_2\text{O} + (\text{Strahlungs-}) \text{ Energie} = \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \text{ (Traubenzucker)}$   
+  $6 \text{ O}_2 + 6 \text{ H}_2\text{O}$
  - 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*

---

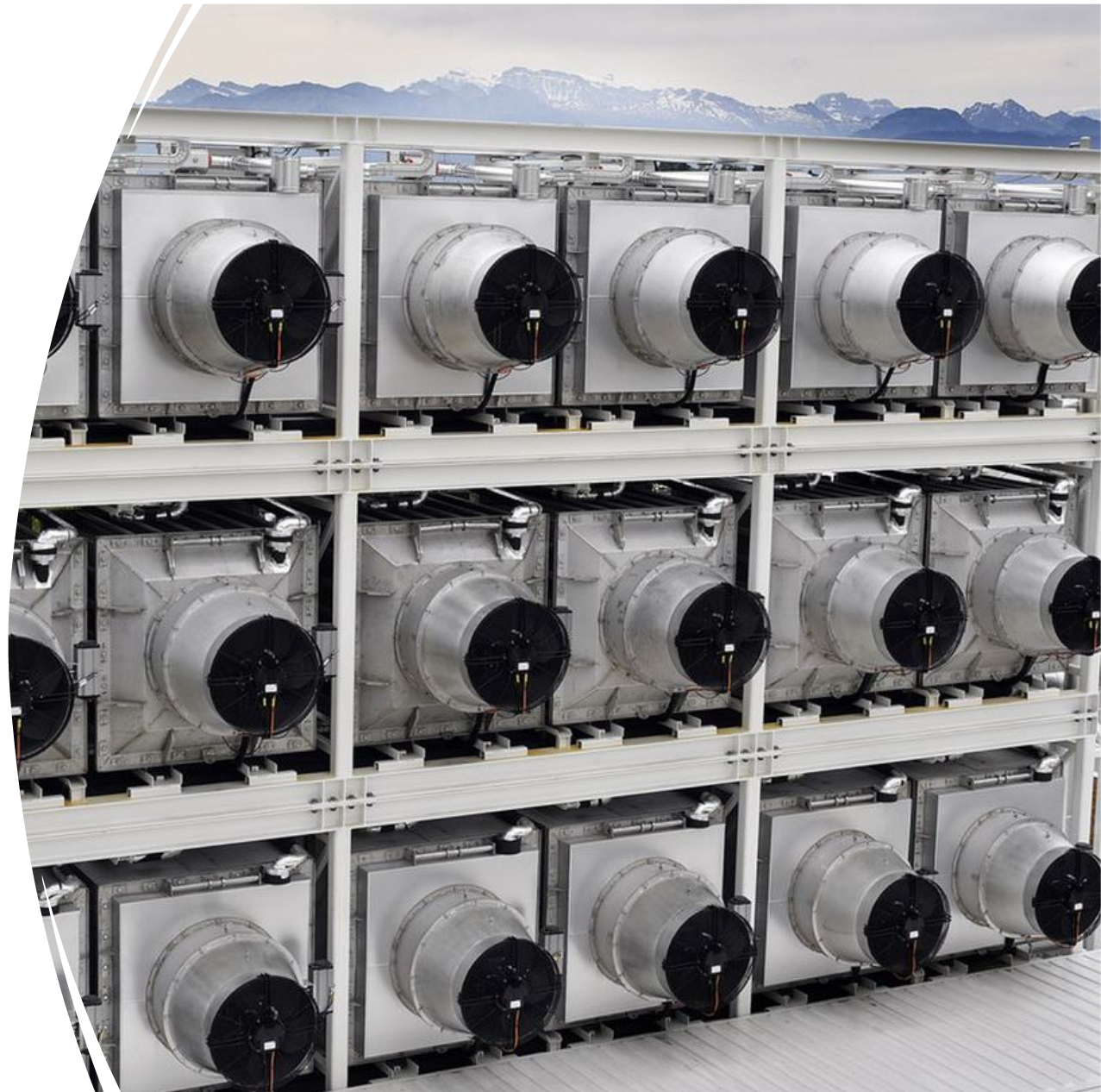
- Trockengelegte Moore für 5 % der durch Menschen verursachten CO<sub>2</sub> in Deutschland verantwortlich
- Torfbrände setzen wiederum enorm viel CO<sub>2</sub> frei (Wikipedia)
- Ein Hektar Moor speichert so viel Kohlenstoff, wie jährlich ca. 1400 Autos ausstoßen (Wikipedia)



# Wie können wir CO<sub>2</sub> nutzen?

---

- Kohlenwasserstoffe und synthetische Kraftstoffe
  - Um CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> können wir speichern

---

- 211 Billionen m<sup>3</sup>Erdgas gibt es auf der Erde<sub>(bgr)</sub>
- Ein m<sup>3</sup> CO<sub>2</sub> wiegt ca. 1,98kg <sub>(Wikipedia)</sub>
- 38.000.000.000t = 38.000.000.000.000 Kg
- 38.000.000.000.000Kg/1,98kg pro m<sup>3</sup> ≈ 19.191.919.000.000m<sup>3</sup> ≈ 19,2 Billionen m<sup>3</sup>

# 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 CO<sub>2</sub>-Wolke entstehen
- Diese bleibt am Boden, da CO<sub>2</sub> schwerer ist als Luft
- Potenziell viele Tote

# CO<sub>2</sub> Filteranlagen

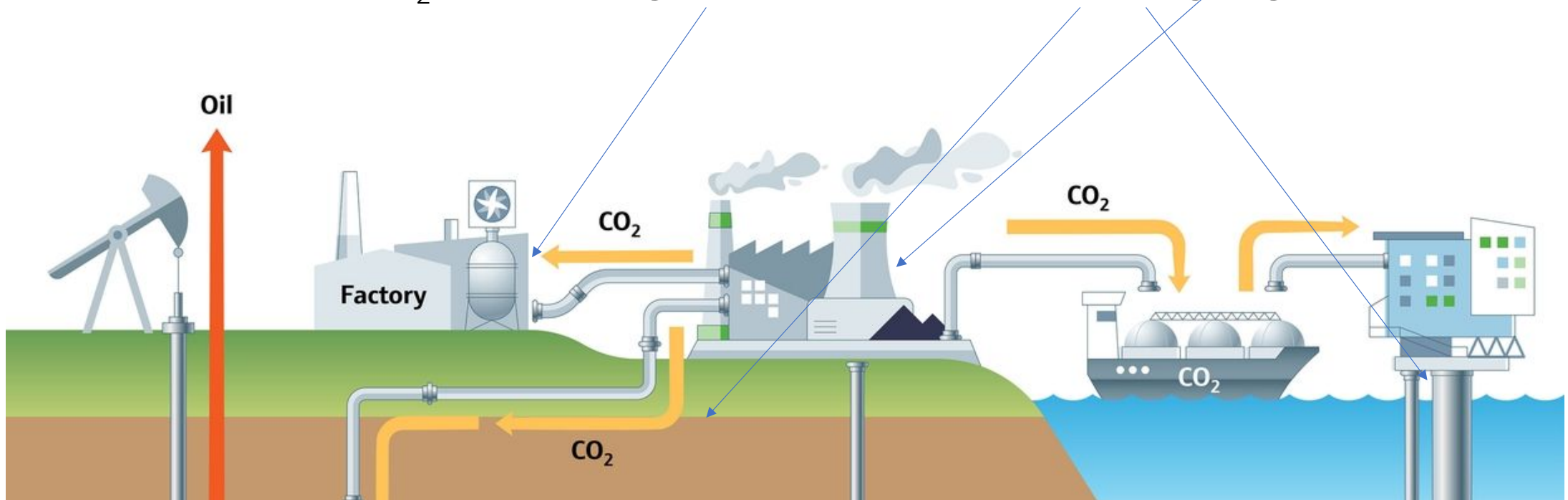
---

- CO<sub>2</sub> DAC-Anlage (Direct Air Capture)
- CCS (Carbon Capture and Storage)
- CCUS (Carbon Capture Use and Storage)
- Artificial upwelling
- EW (Enhanced Weathering)



# Was ist CCUS

- CO<sub>2</sub> Filteranlage die direkt in industrielle Prozesse einbinden
- Gefiltertes CO<sub>2</sub> wird dann genutzt oder unter der Erde gelagert



# Direct Air Capture (DAC)

---

- Saugt Luft an und filtert CO<sub>2</sub> 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](https://umweltmission.de/wissen/direct-air-capture-dac/#Definition_Direct_Air_Capture)





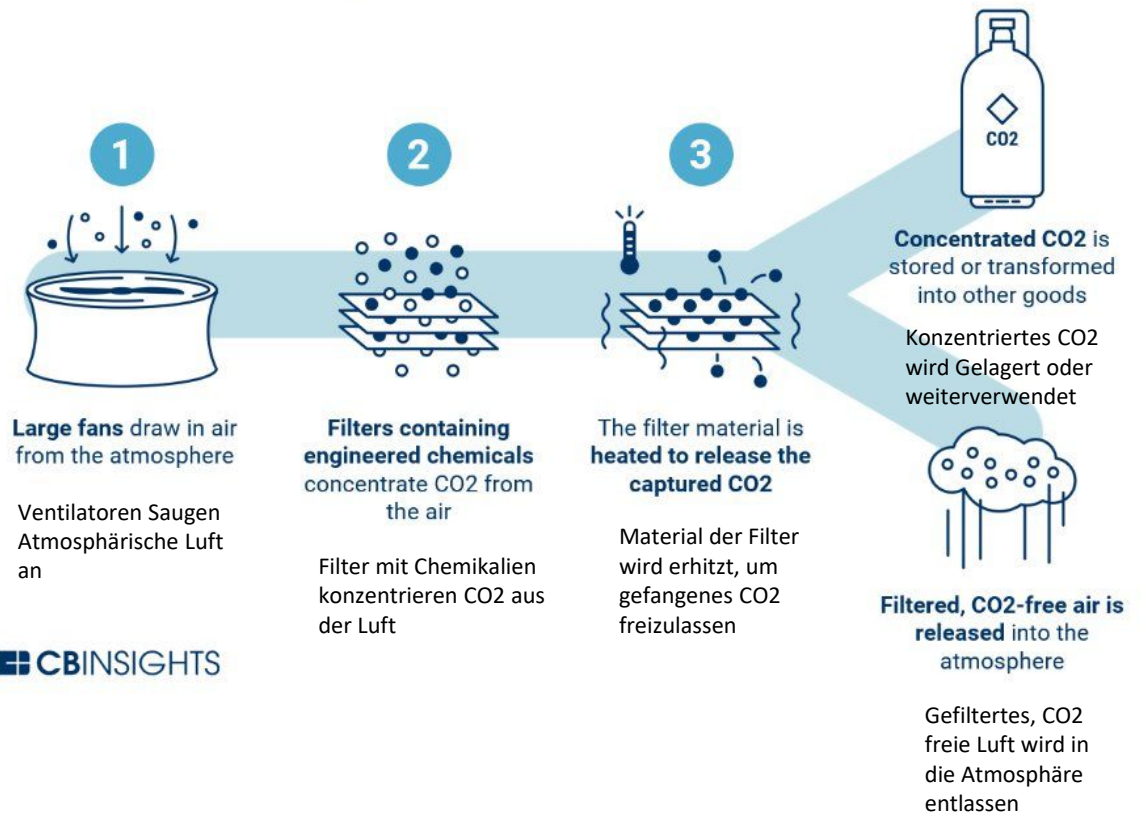
# Direct Air Capture Verfahren (Mechanisch)

---

- Ventilatoren saugen die Umgebungsluft an
- Filter trennen CO<sub>2</sub> von Luft
  - Filter werden Sorbens genannt
  - Filter können als Feststoff und als flüssiges Bindemittel vorkommen
- Gefiltertes CO<sub>2</sub> wird vom Filter durch Erwärmung getrennt
- Wird komprimiert und dann in unterirdischen Lagerstädten gespeichert
  - aufgebrauchte Gashöhlen, unterirdisches Vulkangestein

# Grafik DAC Funktion

## How direct air capture works



# 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  $\text{CO}_2$  aus der angesaugten Luft
- Durch Erwärmung kann reines  $\text{CO}_2$  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 CO<sub>2</sub>:
  - $38.000.000.000t * 150\$ = 57.000.000.000.000\$$   
57 Billionen Dollar (US)
- Weltweit existieren **453,6 Billionen Dollar (US)**  
(Welt)
- Wie viel kWh wird benötigt?
  - $38.000.000.000t * 250 \text{ kWh (pro tonne)}$   
 $= 95.000.000.000.000 \text{ kWh (95 Billionen kWh)}$
- 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 CO<sub>2</sub> austößen

(Quelle IBM/Carbon-Capture-storage)

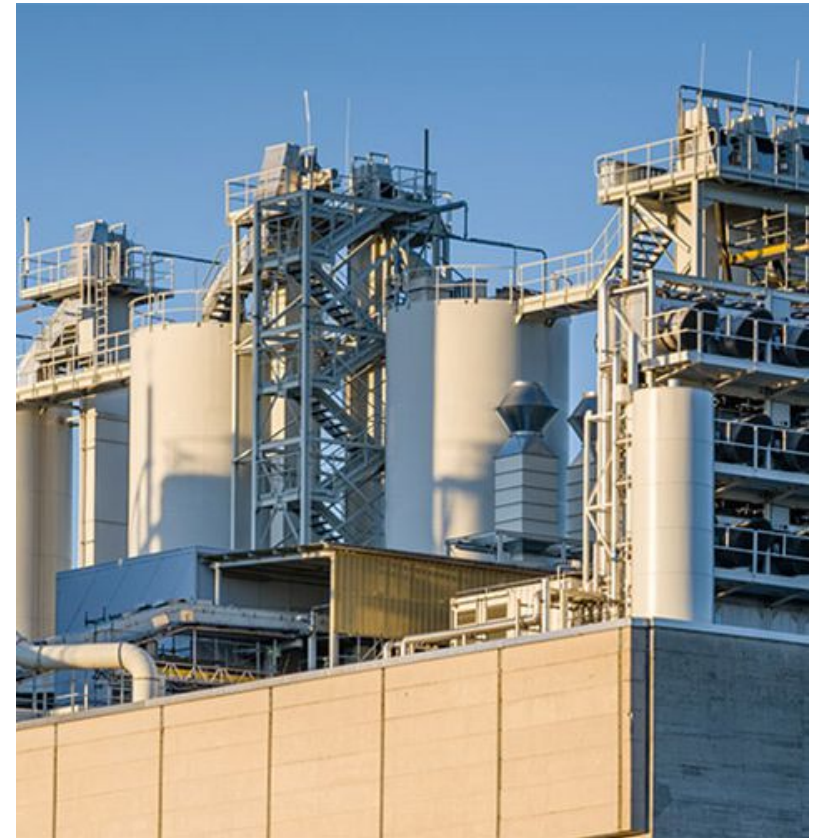


# Post-Combustion Verfahren

---

- Häufigste Art der CO<sub>2</sub> Abschiebung
- Nach Verbrennung von Fossilen Brennstoffen wird das entstehende Rauchgas mit Lösungsmitteln vermengt
- Lösungsmittel trennt konzentriertes CO<sub>2</sub>
- Durch Komprimierung kann es zu Lagerstätten transportiert werden
- Wird meistens bei Modernisierung von alten Anlagen verwendet

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

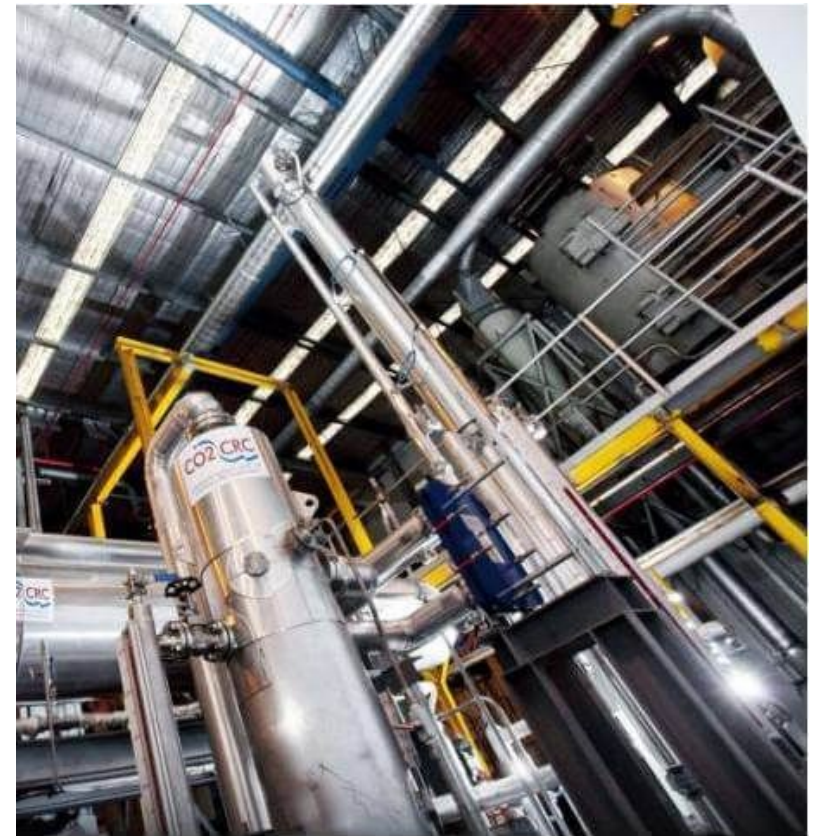


# Pre-Combustion Verfahren

---

- Fossile Brennstoff wird vor Verbrennung oxidiert
- Bei der Verbrennung entstehen Wasserstoff und Kohlenmonoxid
- Wasser wird hinzugefügt
- Kohlenmonoxid wird zu Kohlendioxid
- CO<sub>2</sub> 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  $\text{CO}_2$  und Wasser, erzeugt
- Nach Verdampfung des Wassers bleibt reines  $\text{CO}_2$  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 CO<sub>2</sub>-Filteranlagen den Klimawandel stoppen?

---

- CO<sub>2</sub> 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