

klima:kongress 2022, TUHH, 22.9.2022



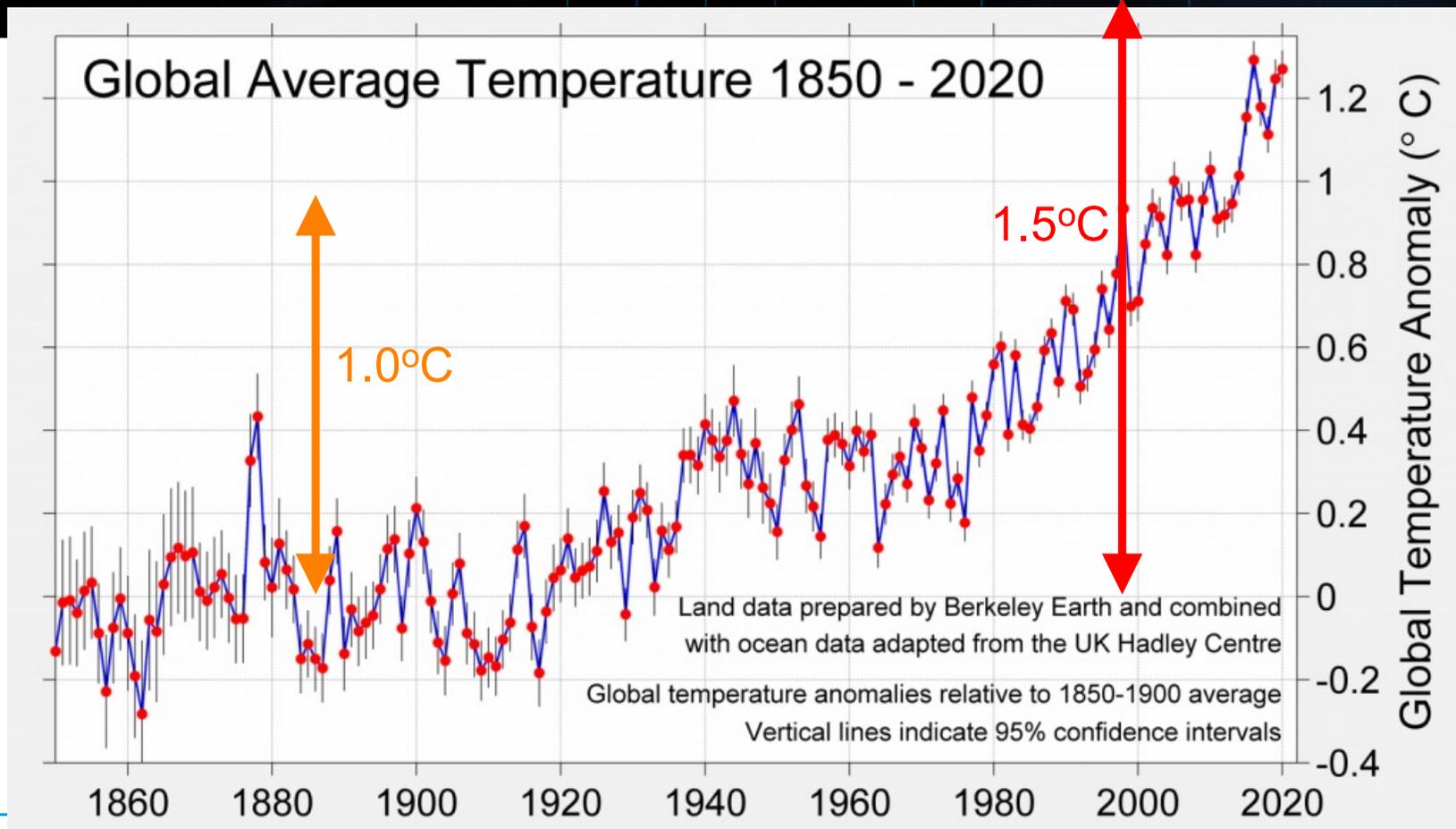
Wie wir die Meere als Kohlenstoffspeicher nutzen könnten

Andreas Oschlies
GEOMAR & Universität Kiel

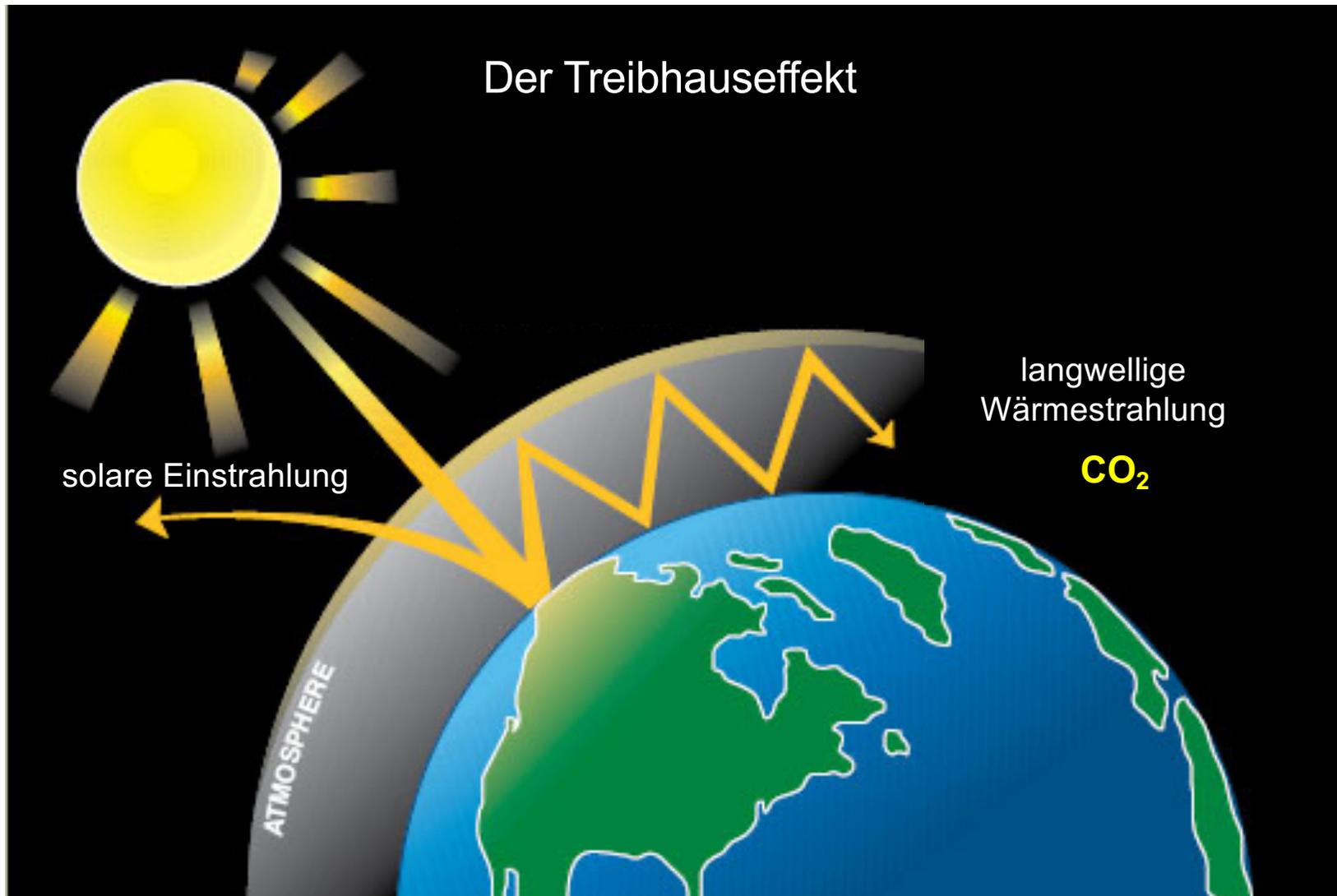
HELMHOLTZ
RESEARCH FOR GRAND CHALLENGES



Globale Mitteltemperatur (1850-2020)

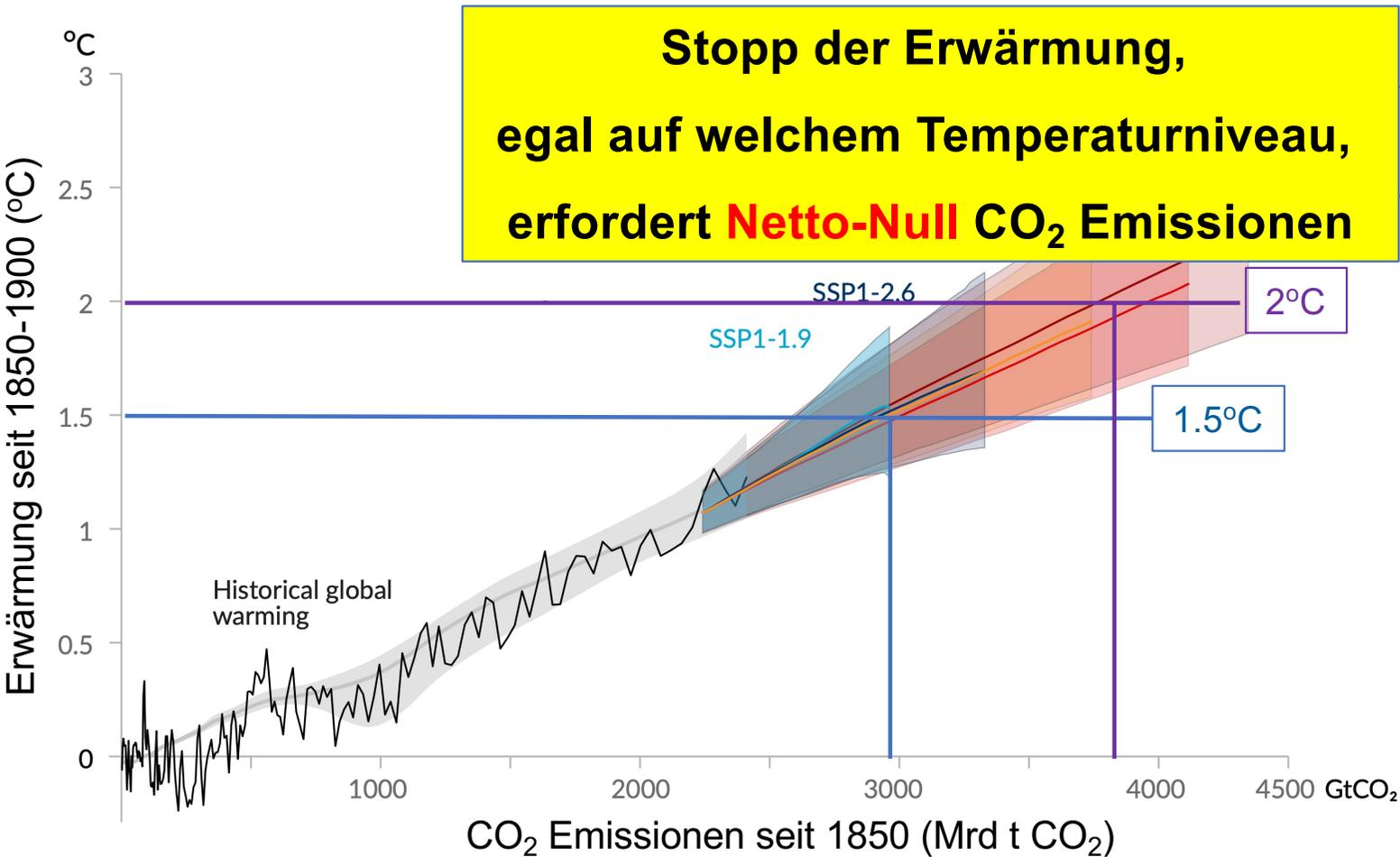


Verursacher der Klimaerwärmung: Abgas CO_2



Ergebnis jahrzehntelanger Klimaforschung

Linearer Zusammenhang von Erwärmung und CO₂-Emissionen



- Jede Tonne CO₂ führt zu weiterer Erwärmung
- Erlaubt Umrechnung von Temperaturzielen in **globale CO₂-Emissionsbudgets**

Klimaabkommen von Paris, 12.12.2015



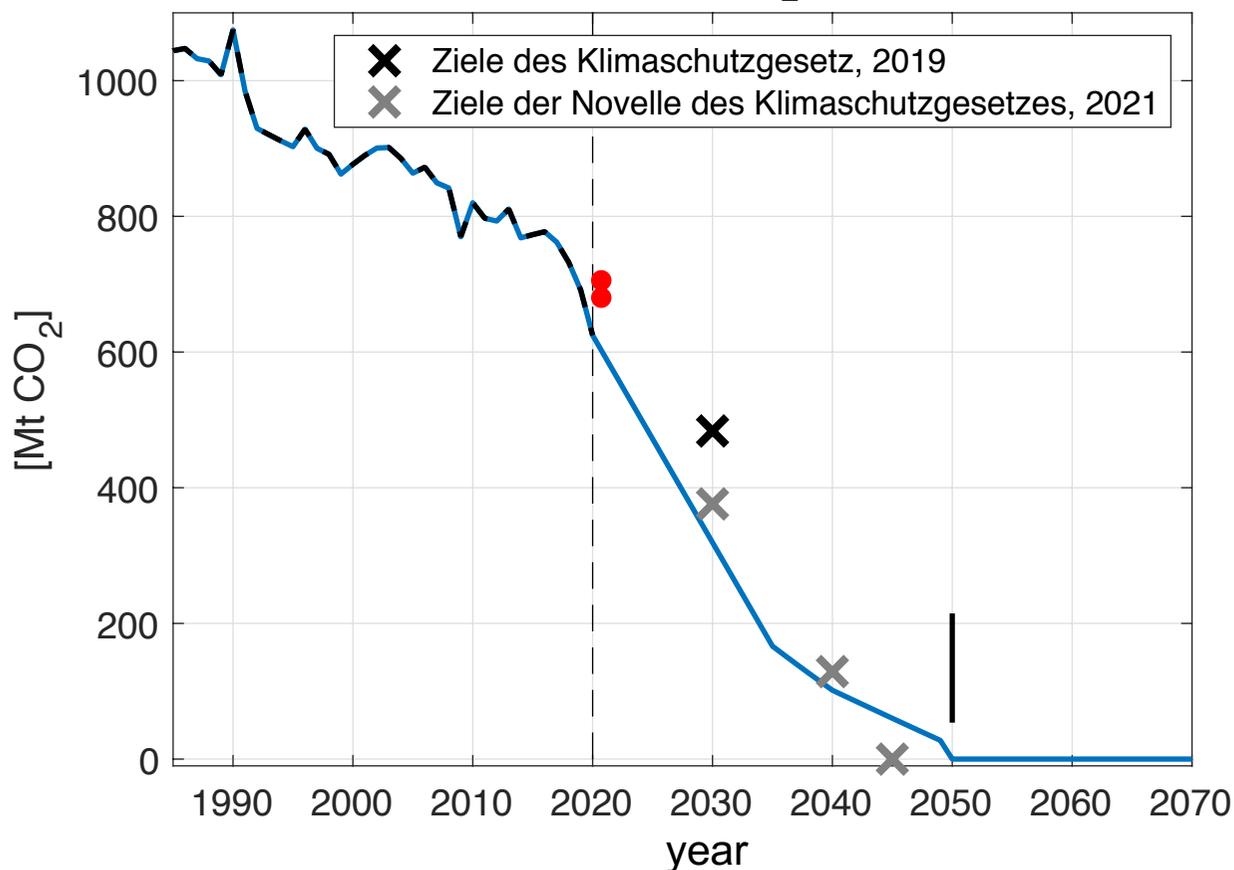
- Begrenzung der Erderwärmung auf deutlich unter 2°C, wenn möglich auf 1,5°C
- Abnahme der globalen Treibhausgasemissionen so schnell wie möglich
- **Netto-Null** Emissionen in der 2.Hälfte des Jahrhunderts (Balance von Quellen und Senken)
- Alles im Kontext einer nachhaltigen Entwicklung, der Bekämpfung von Hunger und Armut, globaler Gerechtigkeit...

Globale Verantwortung regionalisieren

Nationales CO₂-Emissionsbudget für Deutschland



Deutschlands netto CO₂ Emissionen

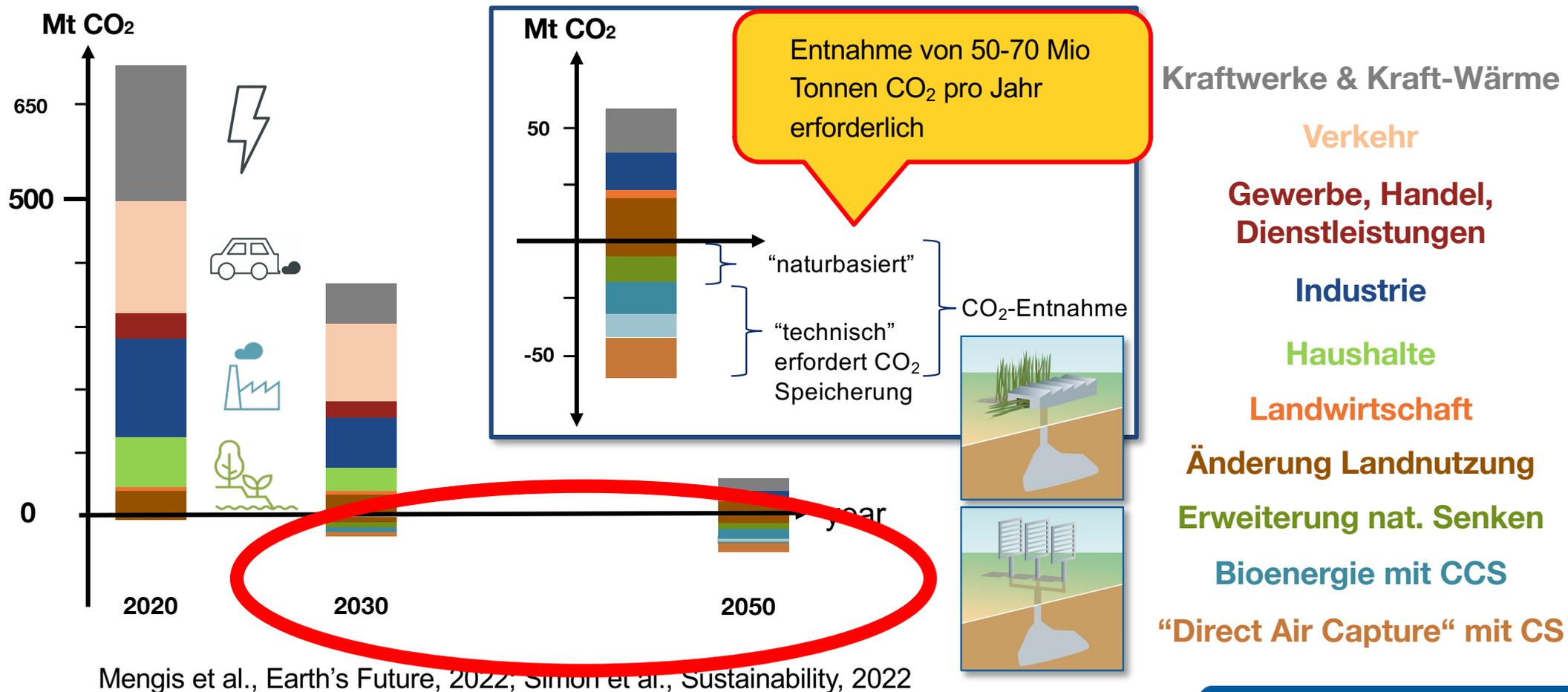


- „Gerechte“ nationale Aufteilung des globalen Emissionsbudgets?
- Verbleibendes Budget für Deutschland (nach dem 1. Januar 2020):
6.900 Mt CO₂
(ca 10 Jahre heutiger Emissionen)

Modified from Mengis et al.,
Defining the German Carbon Budget,
Net-Zero-2050 Cluster: Project Briefing #2

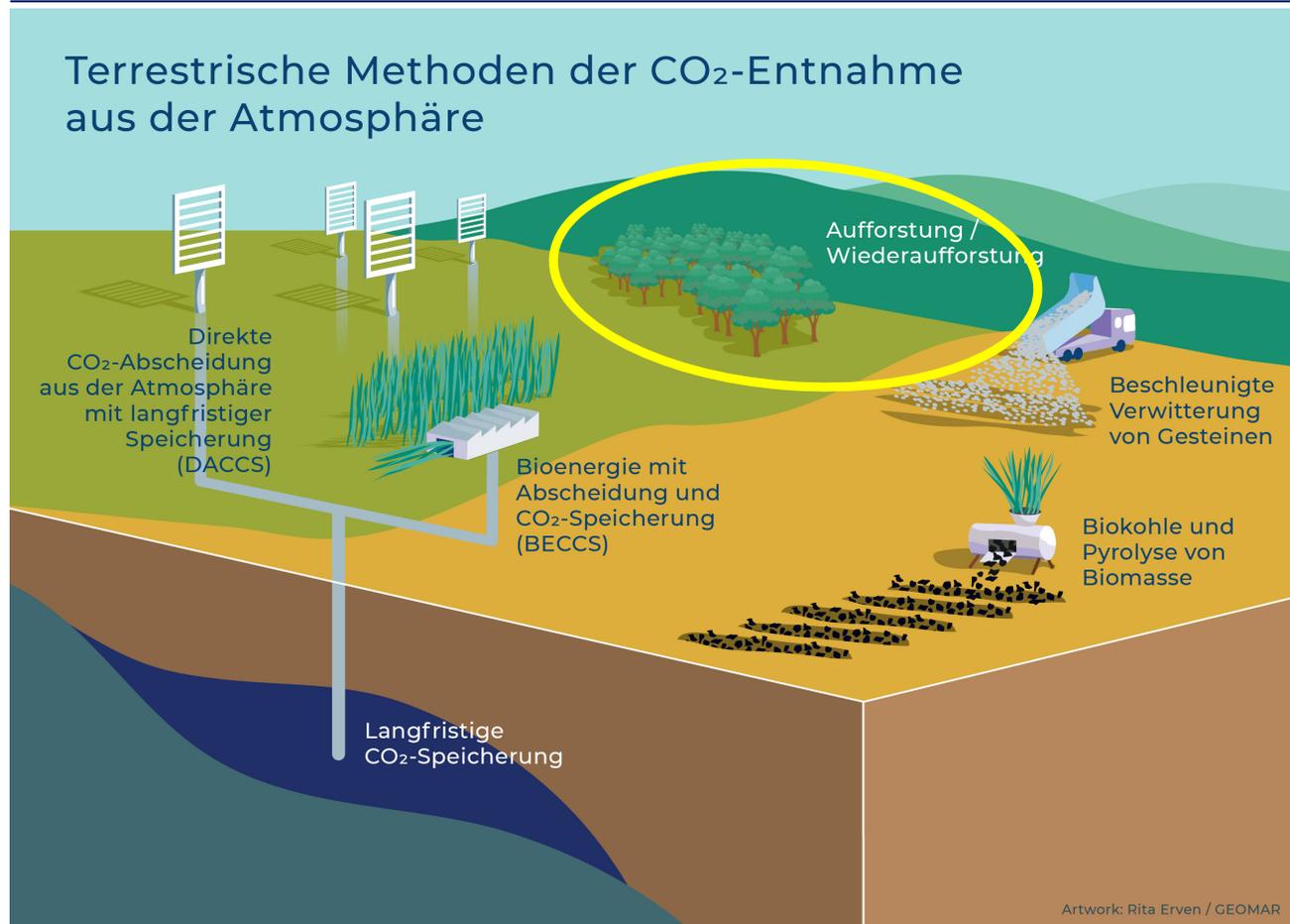
CO₂-Entnahmepotenziale

Perspektiven für den Weg zu Netto-Null für Deutschland



CO₂ Entnahme aus der Atmosphäre

Notwendig zur Kompensation der Restemissionen (D: 50-70 Mio tCO₂/Jahr)



Wald:

- In Deutschland bestenfalls keine große CO₂-Quelle

Nutzungskonflikte:

- Fläche
- Wasser
- ggf. Nährstoffe

Albedo-Effekt:

- Führt in einigen Gebieten zu netto-Erwärmung

CO₂ Entnahme aus der Atmosphäre

Notwendig zur Kompensation der Restemissionen (D: 50-70 Mio tCO₂/Jahr)

Aufforstung: Erdoberfläche wird dunkler.
→ Albedo, v.a. hohe Breiten und Wüsten



Wald:

- In Deutschland bestenfalls keine große CO₂-Quelle

Nutzungskonflikte:

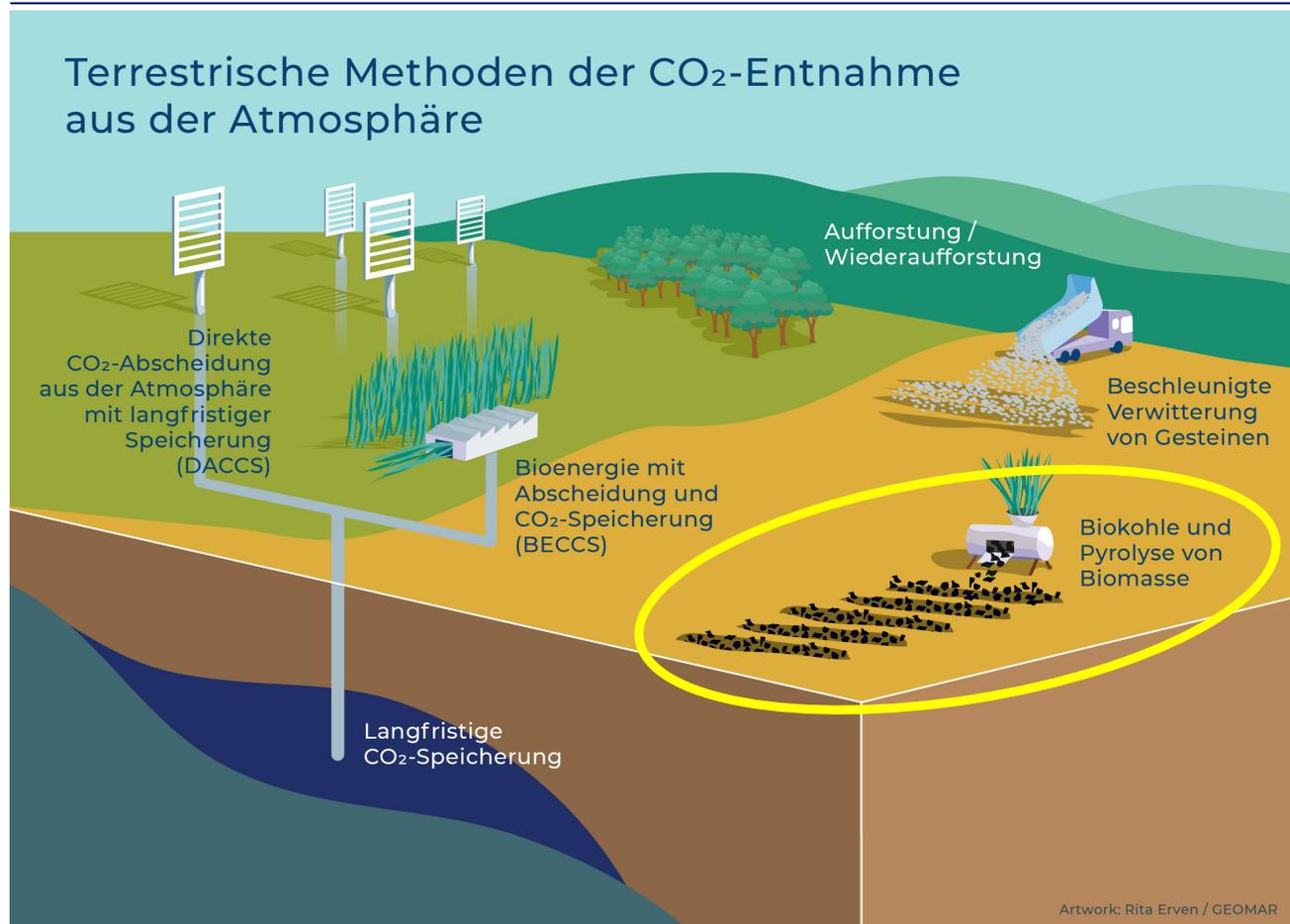
- Fläche
- Wasser
- ggf. Nährstoffe

Albedo-Effekt:

- Führt in einigen Gebieten zu netto-Erwärmung

CO₂ Entnahme aus der Atmosphäre

Notwendig zur Kompensation der Restemissionen (D: 50-70 Mio tCO₂/Jahr)



Kohlenstoffspeicherung in Böden (oft als “naturnah” bezeichnet)

- veränderte Landnutzung (z.B. Zwischenfrüchte, Humusbildung, geringere Pflugtiefen)
D: 3-5 Mio tCO₂/Jahr?
- Biokohle

Sättigung?
Permanenz?

BECCS

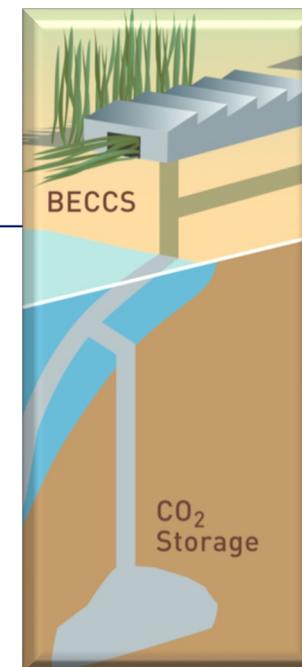
Bioenergie mit Carbon Capture & Storage



- “etabliert” in Szenarien des Weltklimarats
- Pilotprojekte laufen
- Netto Energieproduktion → relative geringe Kosten (30-100 \$ / tCO₂)



- Skalierbarkeit, großer Flächenbedarf
(~10% der Fläche Deutschlands für 50 Mio tCO₂/yr)
- Wasser, Dünger → Konkurrenz mit Nahrungsmittelproduktion, andere Treibhausgase (Methan, Lachgas)
- Biodiversität
- **CO₂ Speicherung erforderlich**



“Künstliche Bäume” DACCS

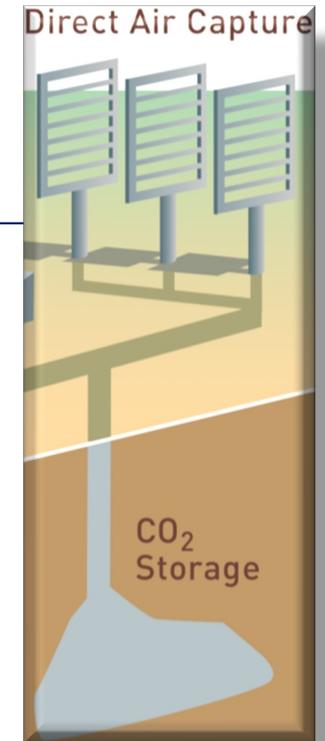
Direct Air Capture mit Carbon Capture & Storage



Climeworks (Hinwil, Schweiz)



- Teuer (ca 300 \$ / tCO₂)
- Energieaufwändig (netto CO₂-Senke?)
- **CO₂ Speicherung erforderlich**



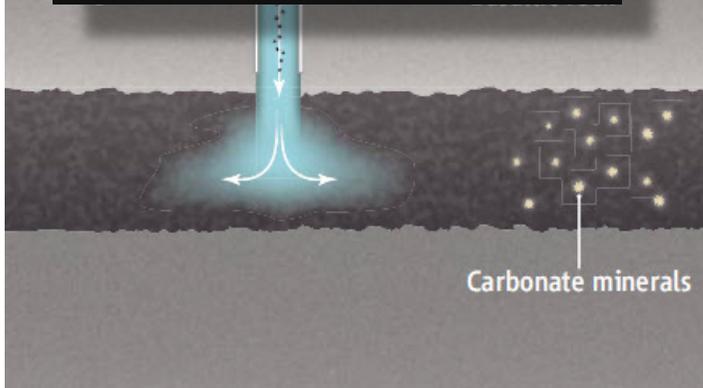
CO₂ Speicherung an Land

In Deutschland derzeit nicht vorstellbar

980 Euro / tCO₂



Before and after: porous basalt (left) and basalt with mineralised CO₂ within its pores



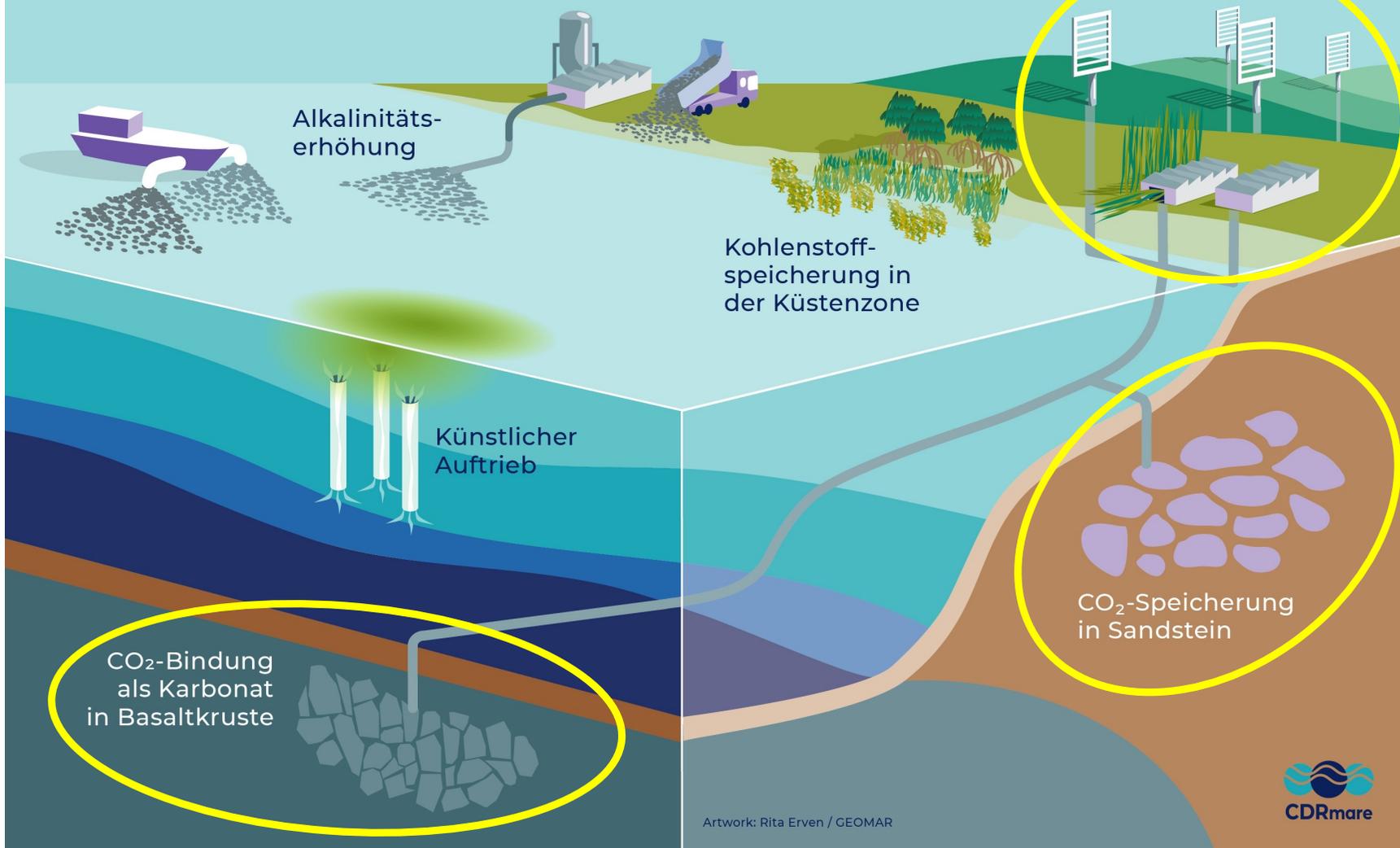
Climeworks
ORCA

CarbFix-
Projekt Island

ca 4,000 Tonnen CO₂ pro Jahr
→ x 250,000 bis 2030?
→ x 1,000,000 bis 2050?



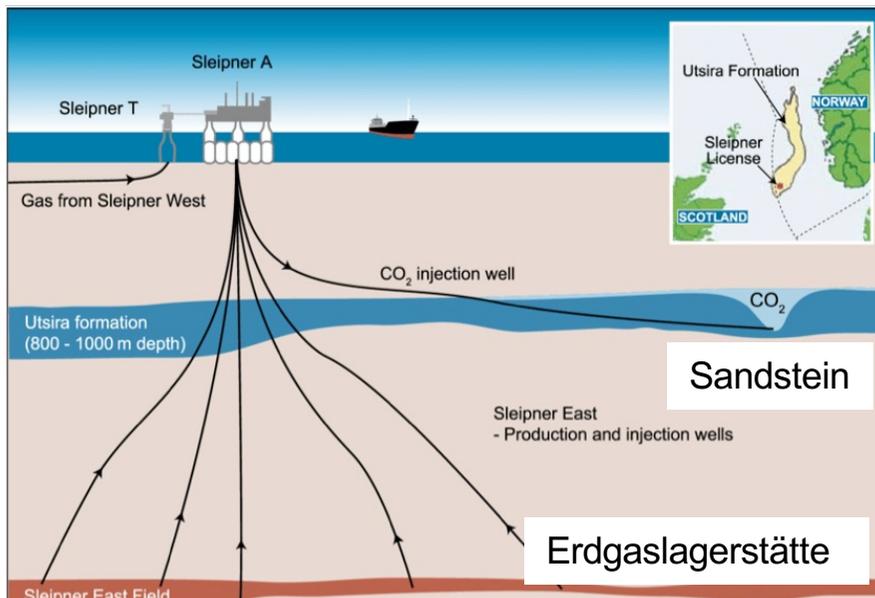
Ozeanbasierte Methoden der CO₂-Entnahme aus der Atmosphäre



Artwork: Rita Erven / GEOMAR

CO₂ Speicherung unter dem Meer

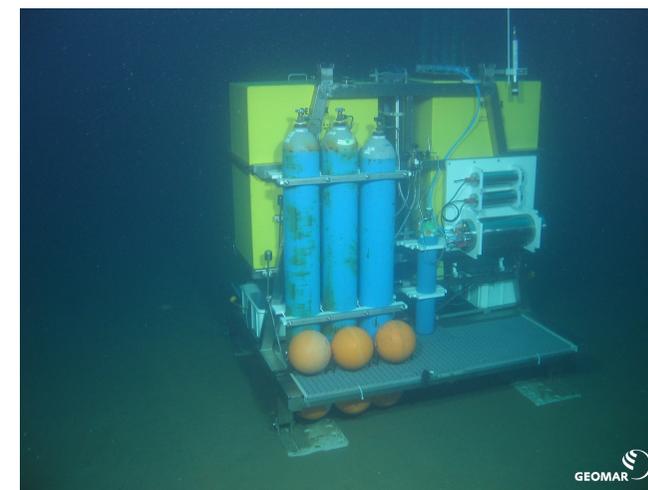
Auch in Deutschland möglich?



- Seit 1996, ca 1 Mio t CO₂/Jahr (Statoil / Equinor)
- Kosten < 50 \$ / t CO₂
- in Einklang mit London Convention/Protocol
- großes Speicherpotenzial (240 Mrd t CO₂ auf europ. Schelf)



- potenziell letale Leckage-Effekte (**aber** lokal & direkt am Meeresboden)



CO₂ Speicherung unter dem Meer

Aktuelle Projekte in Europa

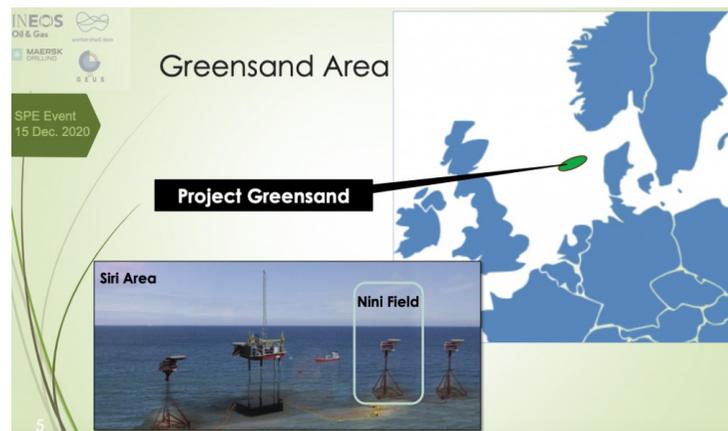
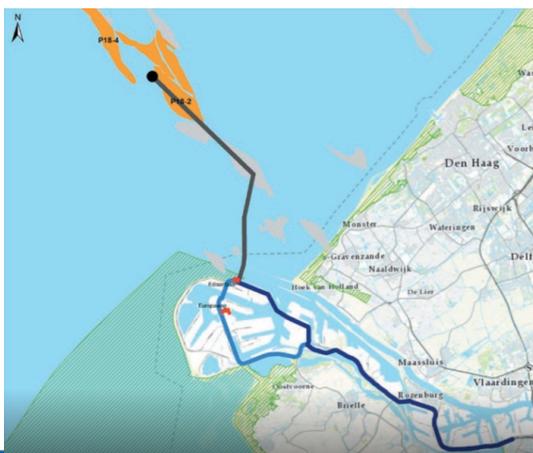


Acorn
(Storegga, Shell)
0.2-16 Mt CO₂/yr



Northern Lights
(Equinor, Total, Shell)
2-5 Mt CO₂/yr

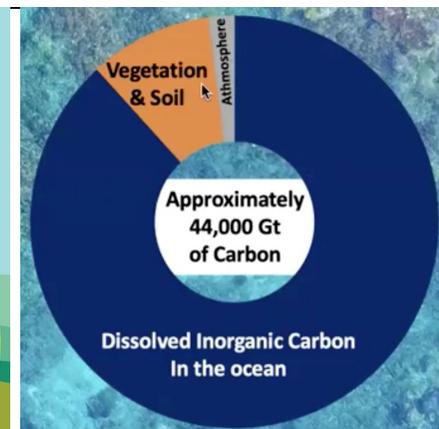
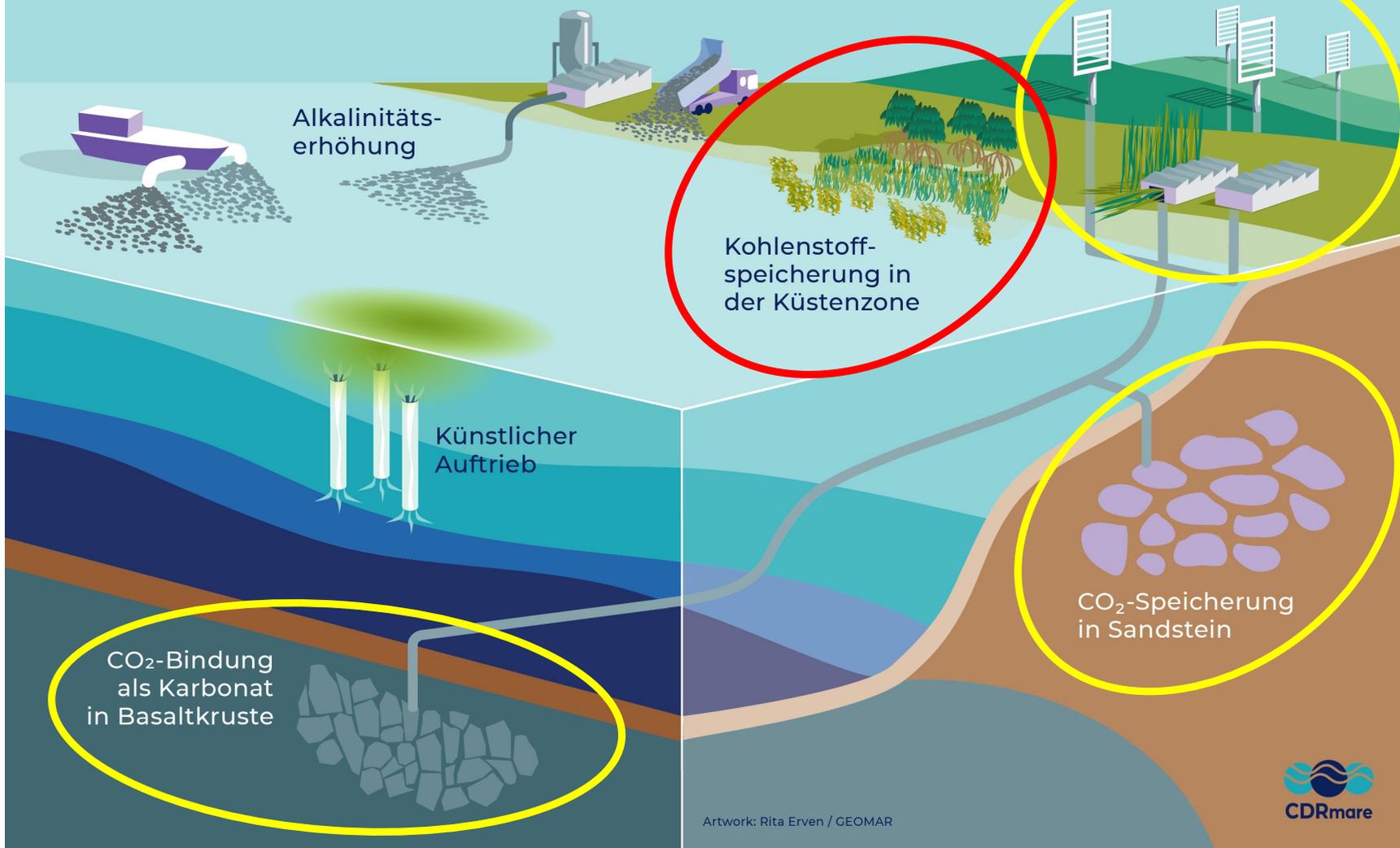
Rotterdam
Porthos
0.5-3 Mt
CO₂/yr



Greensand
(Wintershall Dea)
0.5-8 Mt CO₂/yr



Ozeanbasierte Methoden der CO₂-Entnahme aus der Atmosphäre



“Blue Carbon”

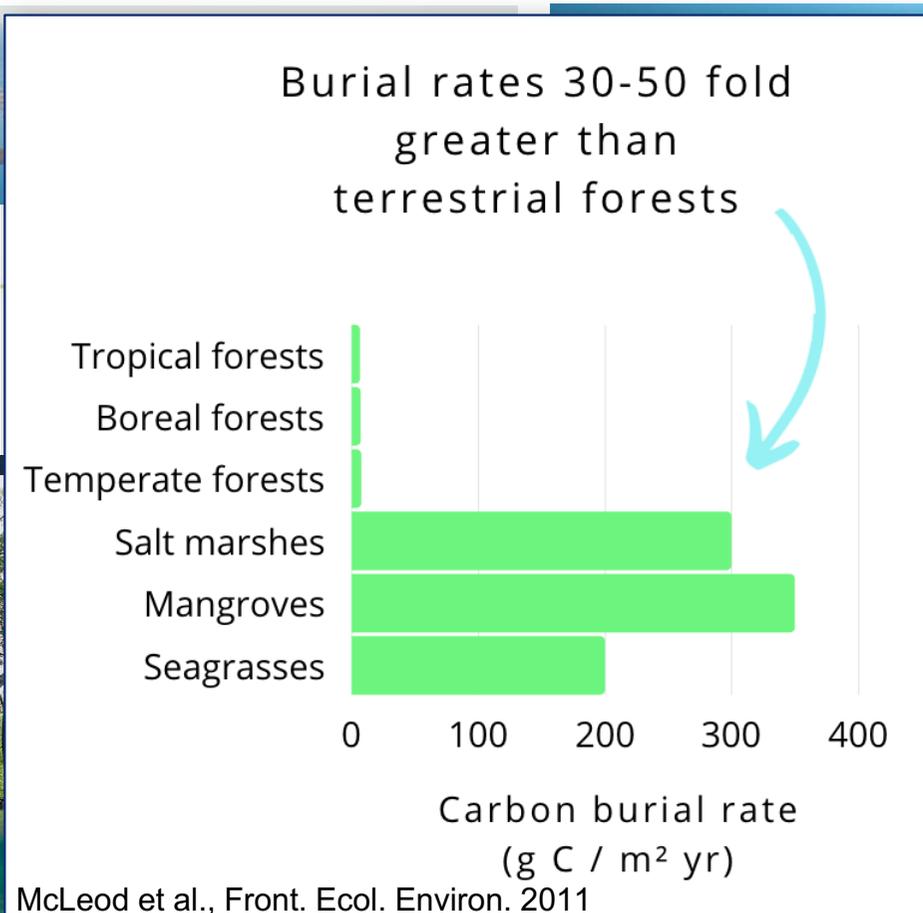
Marine Vegetation & Sedimente



Salzmarschen



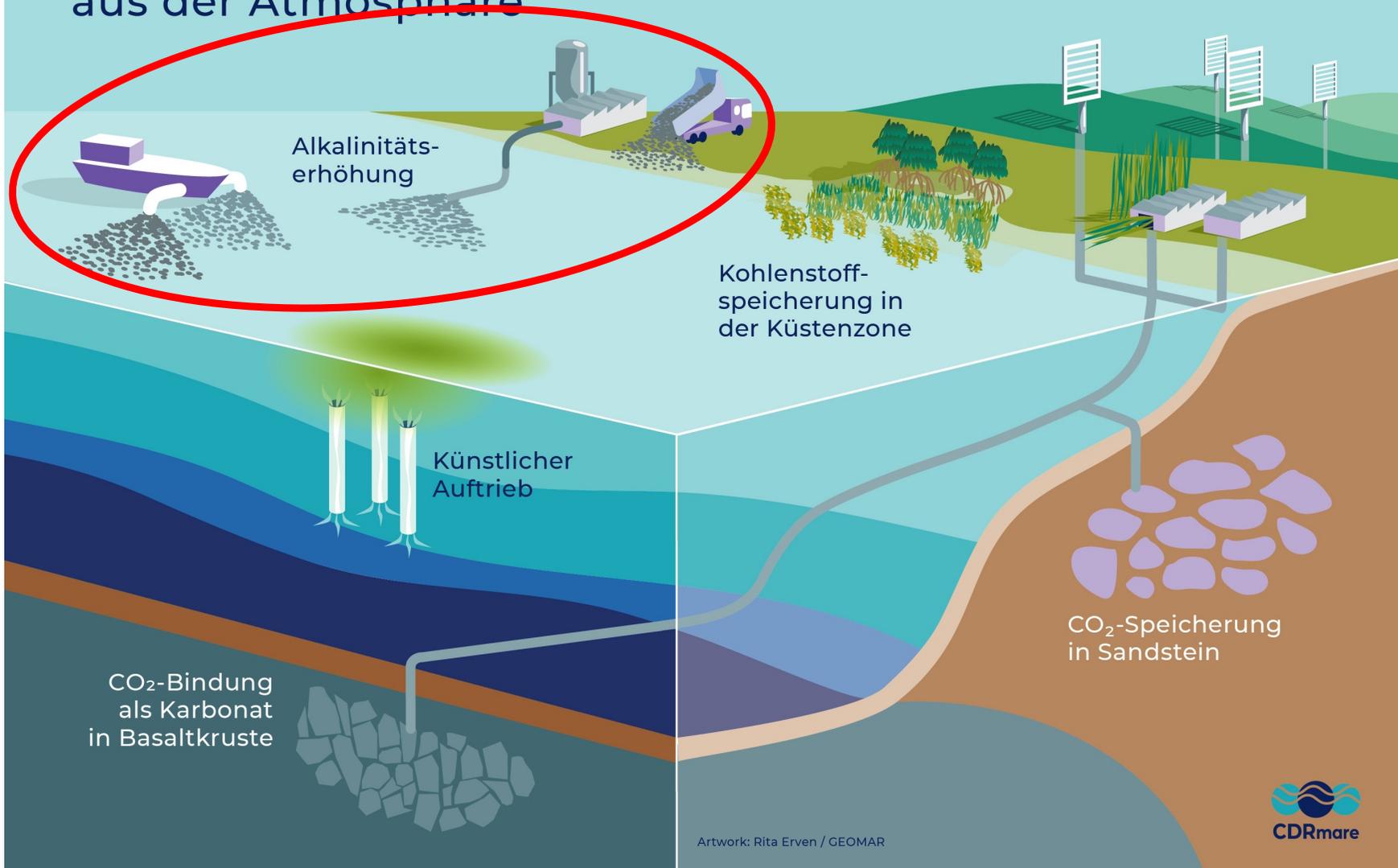
Mangroven



Seegraswiesen

Potenziell große Speicherraten pro Fläche
D: << 1 Mio tCO₂/Jahr
Flächenverfügbarkeit?
Dauerhaftigkeit?

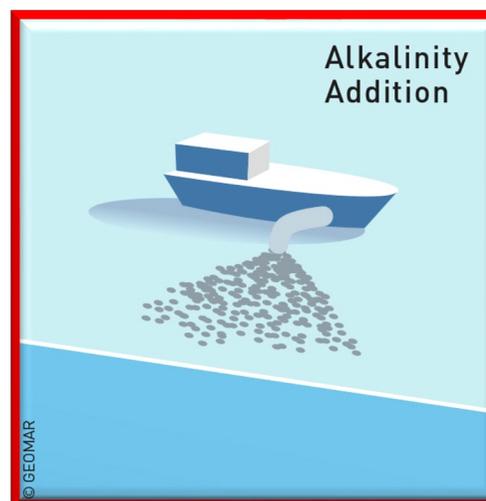
Ozeanbasierte Methoden der CO₂-Entnahme aus der Atmosphäre



“Alkalinisierung”

Beschleunigte Verwitterung

- chemische Reaktion von Gestein mit CO_2
- Eintrag von Alkalinität in den Ozean
- Neutralisation der Kohlensäure im Ozean
- Aufnahmekapazität für mehr CO_2 aus der Atmosphäre



“Alkalinisierung”

Beschleunigte Verwitterung, elektrochemische Methoden

- Eingriff in das Säure-Base System des Meerwassers
- Umwandlung von CO_2 in Salze der Kohlensäure (Karbonat, Hydrogenkarbonat)



“Alkalinisierung”

Beschleunigte Verwitterung

- ca 1-5 Tonnen Gestein pro Tonne CO₂
- Nebenwirkungen:
 - Ozeanchemie und Biologie? → Mesokosmenexperimente Gran Canaria
 - Auswirkungen an Land (Gesteinsabbau, Transport)!?



“Alkalinisierung”

Beschleunigte Verwitterung

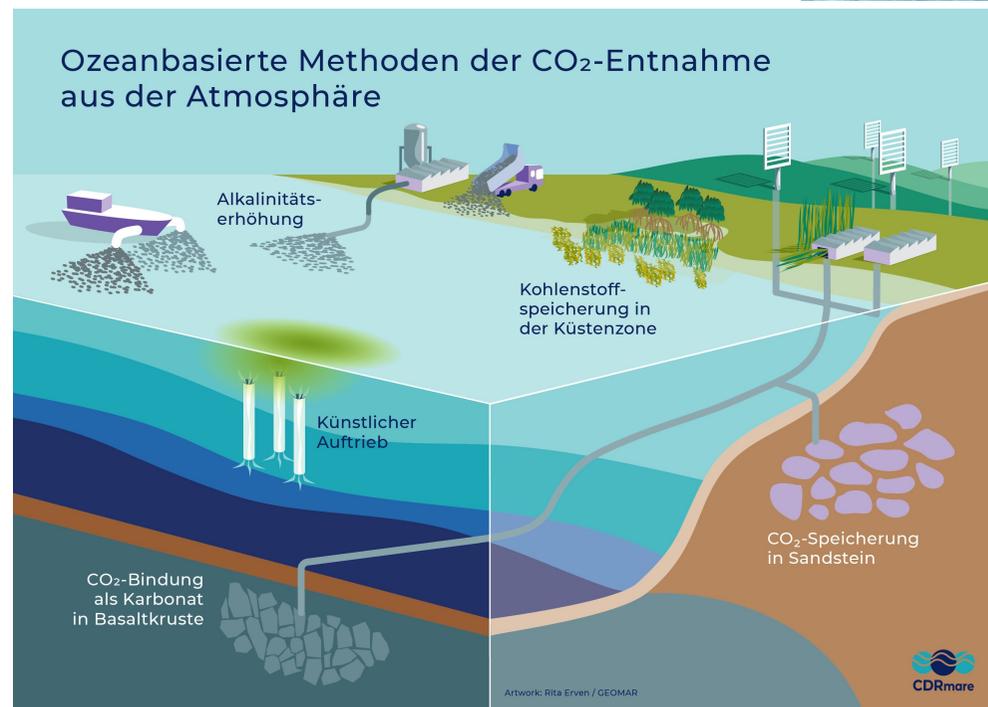
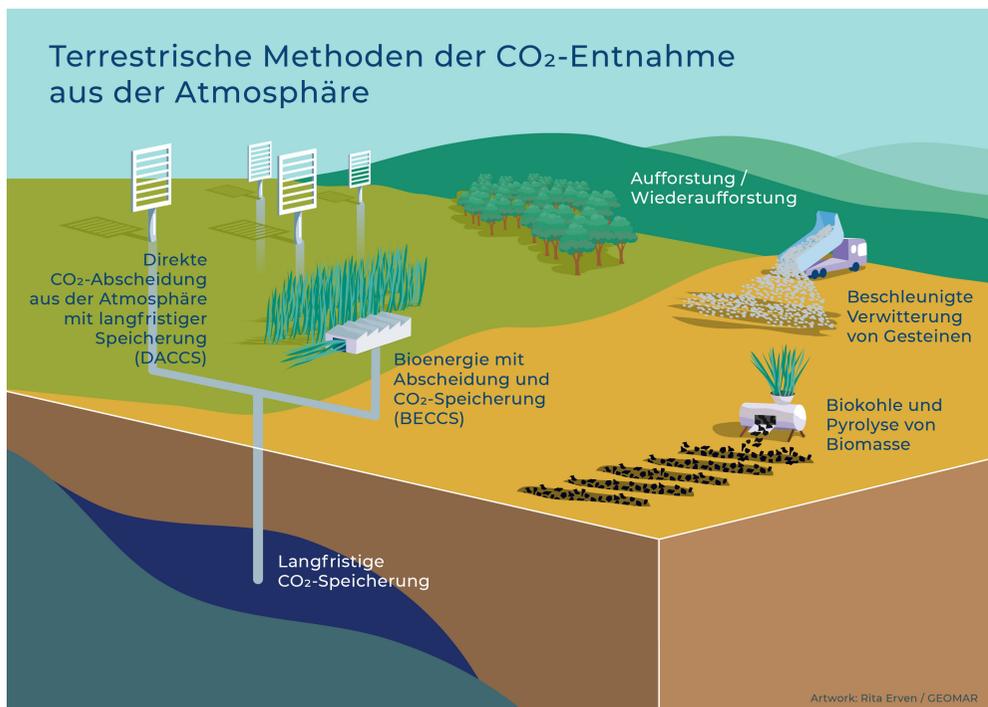
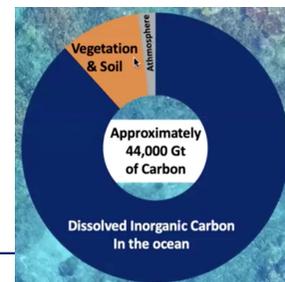


- ca 1-5 Tonnen Gestein pro Tonne CO₂
- Kompensation von 10% der heutigen CO₂ Emissionen:
global: 1 Matterhorn alle 5 Jahre...
Deutschland: circa heutiger Kohlebergbau
- Deutschland pro Kopf:
 - 2021: 30 kg CO₂ / Tag
 - 2050: 3 kg CO₂ / Tag ~ 3-15 kg Gestein pro Tag



Zusammenfassung

CO₂ Entnahme



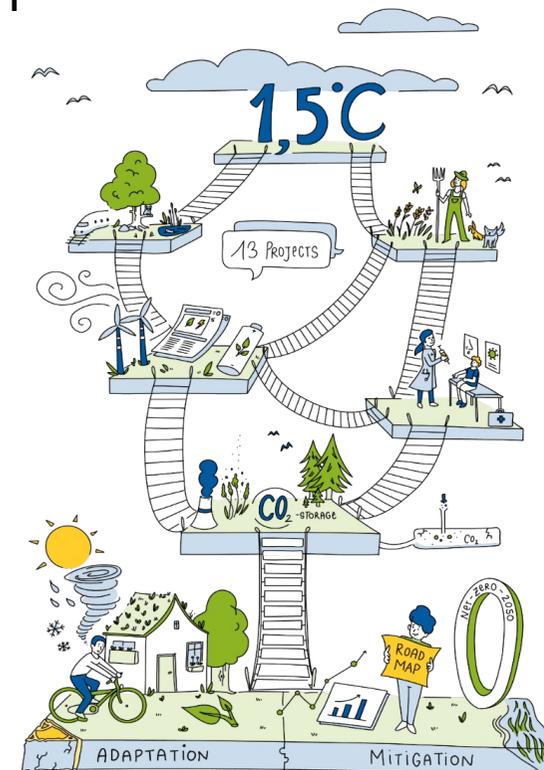
Vielzahl von Methoden.
“Naturnah” vs “technisch”? Große Eingriffe und Verschiebungen.

Wie wir unsere Klimaziele erreichen könnten

Zum Merken:



- Stopp der Erderwärmung erfordert Stopp der CO₂-Emissionen
- Wir brauchen sehr schnell sehr viel erneuerbare Energie
- ca 10% der deutschen CO₂-Emissionen mit heute bekannten Techniken nicht vermeidbar (50 – 70 Mio Tonnen CO₂/Jahr)
- „naturnahe“ Lösungen können davon ca 25% kompensieren (ca 2% der heutigen Emissionen)
- „technologische“ Lösungen werden dringend und in großem Stil benötigt werden
- Marine Kohlenstoffspeicher sind vielversprechend
- Es wird Gewinner und Verlierer geben



Auftrag:

Wir können nicht nichts tun!



<https://carbondioxide-removal.eu/news/>

Zum Nachlesen:



www.spp-climate-engineering.de

Zum Nachlesen:

Empfehlungen für
**die deutsche
Klimapolitik**

160 Menschen
12 Sitzungen
1 Thema

 **Bürgerrat
Klima**
26.4. - 23.6.2021



<https://buergerrat-klima.de/>