

Chancen und Risiken von CO₂-Entnahme aus der Atmosphäre

Julia Pongratz

Department für Geographie, LMU
Max-Planck-Institut für Meteorologie

Hamburger Perspektiven zur Klimaforschung, 2025/06/05





Teil 1:
Warum brauchen wir
CO₂-Entnahme?



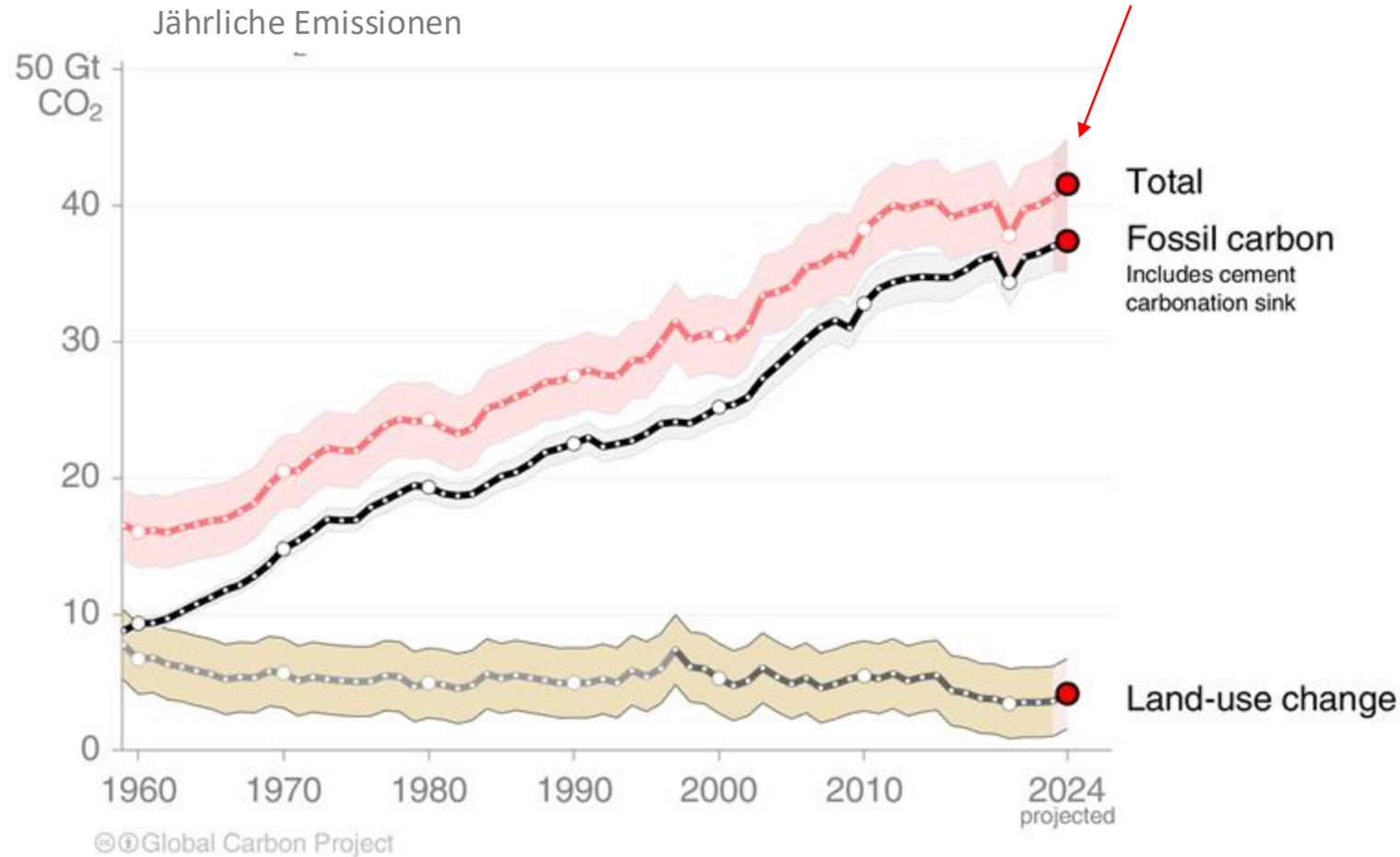
LUDWIG-
MAXIMILIANS-
UNIVERSITÄT
MÜNCHEN



MAX-PLANCK-INSTITUT
FÜR METEOROLOGIE

Anthropogene CO₂-Emissionen

Derzeit ca. 42 Milliarden Tonnen CO₂-Emissionen pro Jahr

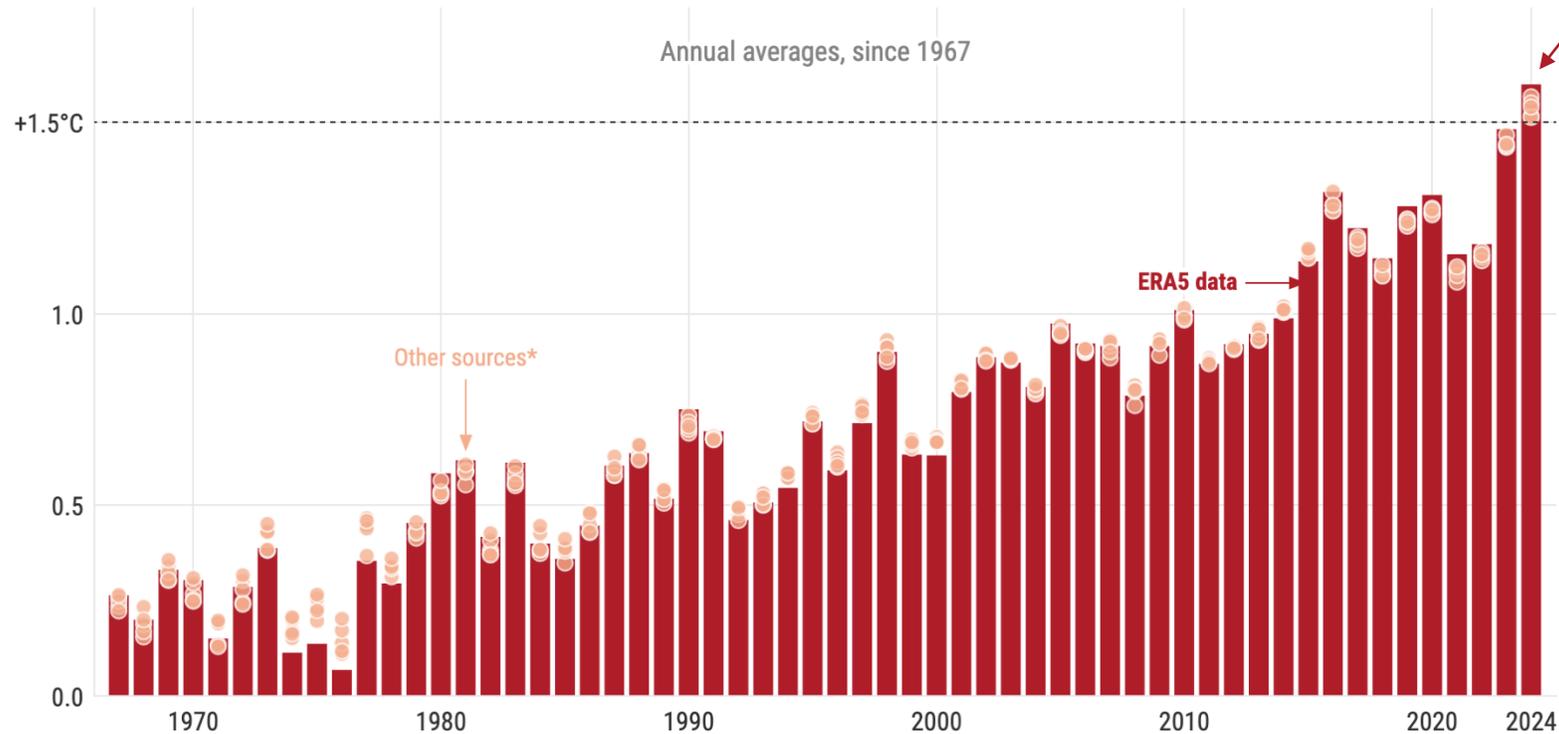


2024 – Rekordjahr in den Wetteraufzeichnungen



Global surface temperature: increase above pre-industrial

Reference period: pre-industrial (1850–1900) • Credit: C3S/ECMWF



Mit 2024 als Einzeljahr ist die 1,5-Grad-Grenze bereits überschritten

*Other sources comprise JRA-3Q, GISTEMPv4, NOAA GlobalTempv6, Berkeley Earth, HadCRUT5.



PROGRAMME OF THE EUROPEAN UNION



Dies begünstigte Extremwetterereignisse

'Big oil's negligence': LA residents call on fossil fuel industry to pay for wildfire damages

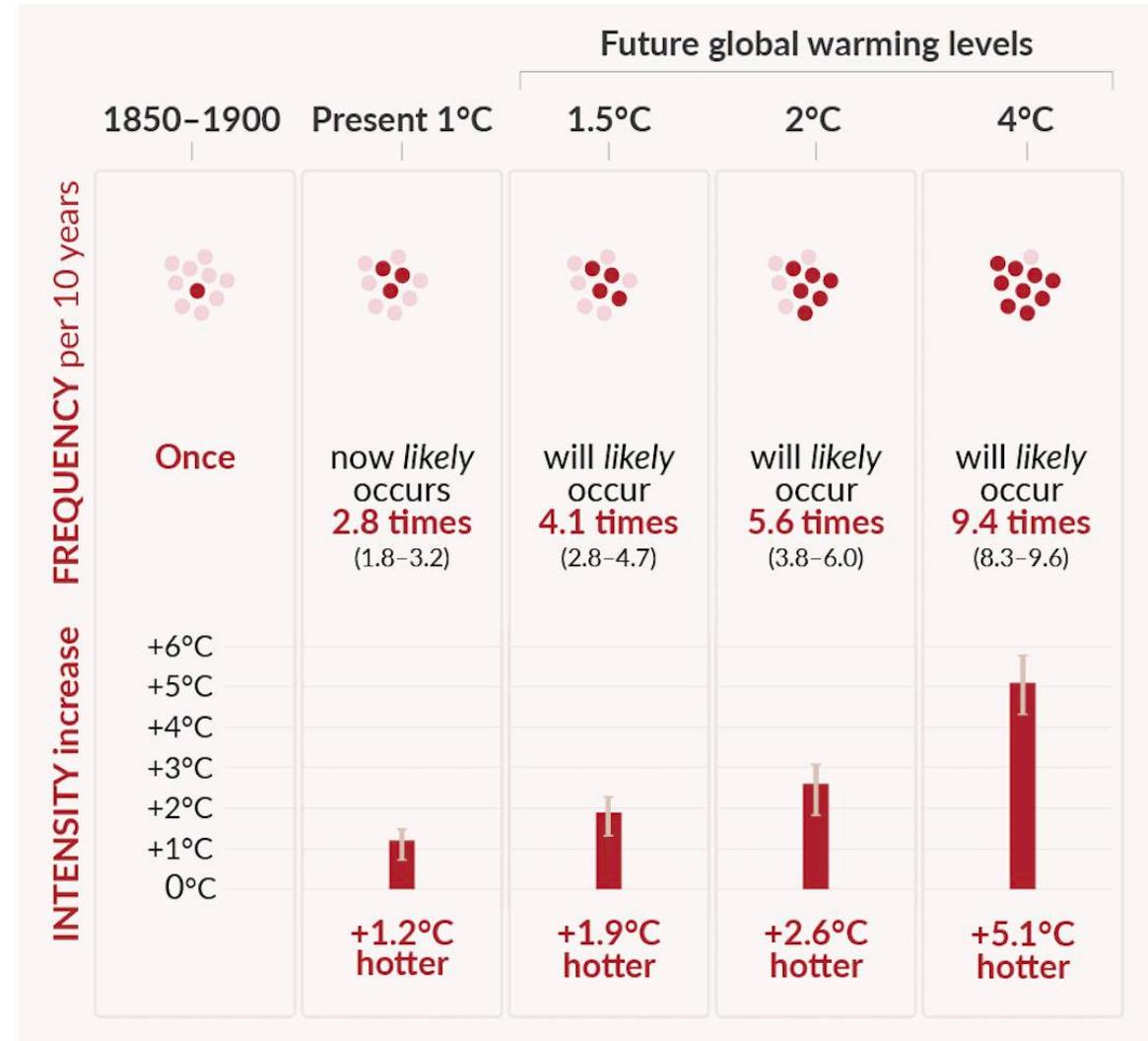
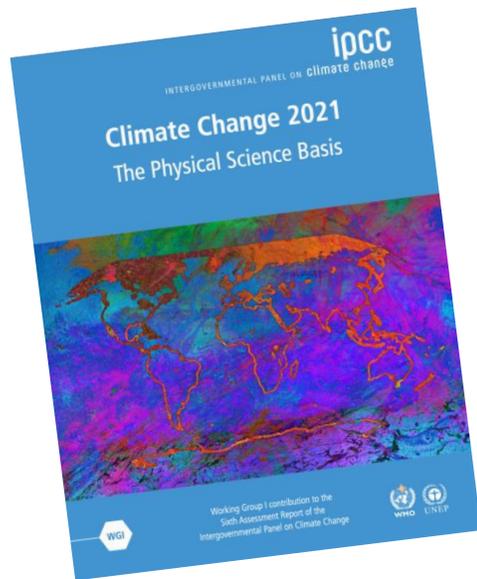
Experts say climate crisis was likely responsible for a quarter of the dryness that fueled the fires' rapid spread



Jedes Zehntel Grad zählt

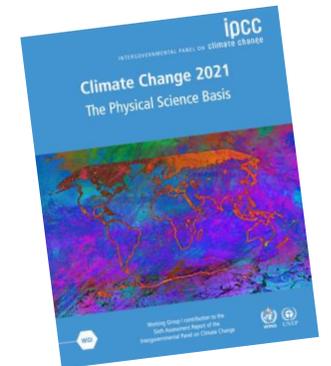
Hitzeextreme über Land

Häufigkeit und Intensität einer Hitzewelle, wie sie im 19. Jahrhundert im Schnitt alle 10 Jahre auftrat



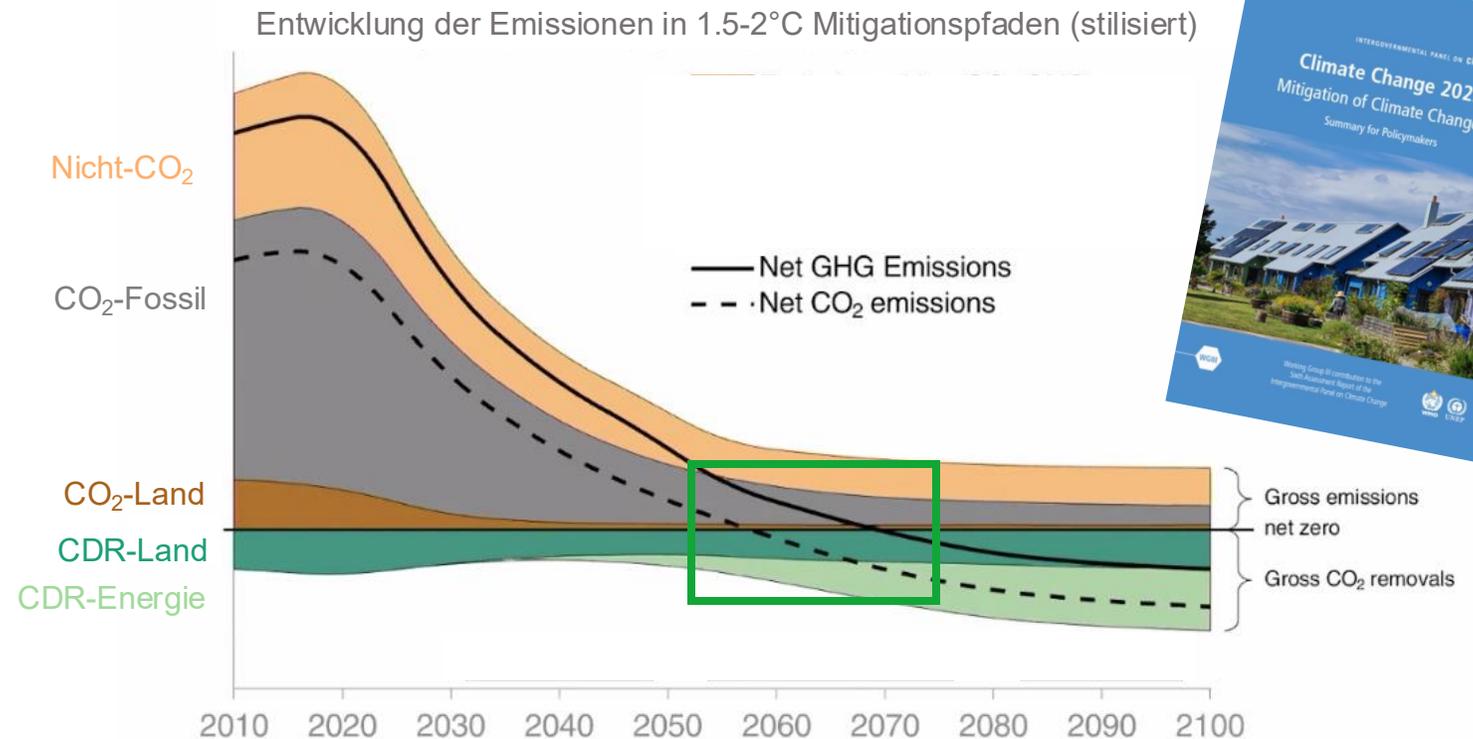
Nummer-1-Priorität: Emissionen reduzieren

- Bedarf des Voranschreitens von Politik, Wirtschaft *und* Gesellschaft
- Wir wissen grundsätzlich, was zu tun ist...
 - Im letzten Jahrzehnt *sanken* in 22 Ländern die fossilen Emissionen, während ihre Wirtschaft *wuchs*
- ... aber setzen Klimaschutzmaßnahmen zu langsam um
 - (derzeitige Politikmaßnahmen bringen uns auf 2,7 Grad Celsius)
- Emissionsreduktion muss oberste Priorität bleiben. Ziele müssen nachgeschärft, Umsetzung beschleunigt werden.



Warum wir CO₂-Entnahme benötigen

- „Der Einsatz von CO₂-Entnahmeverfahren, um schwer zu vermeidende Restemissionen auszugleichen, ist unvermeidlich, wenn netto Null CO₂- oder Treibhausgasemissionen erreicht werden sollen“ (IPCC AR6 WG3)
- *zusätzlich* zu deutlichem Emissionsrückgang
- Die Frage ist nicht mehr *ob*, sondern *wie, durch wen, in welchem Umfang und mit welchen Methoden* wir CO₂-Entnahme praktizieren wollen.

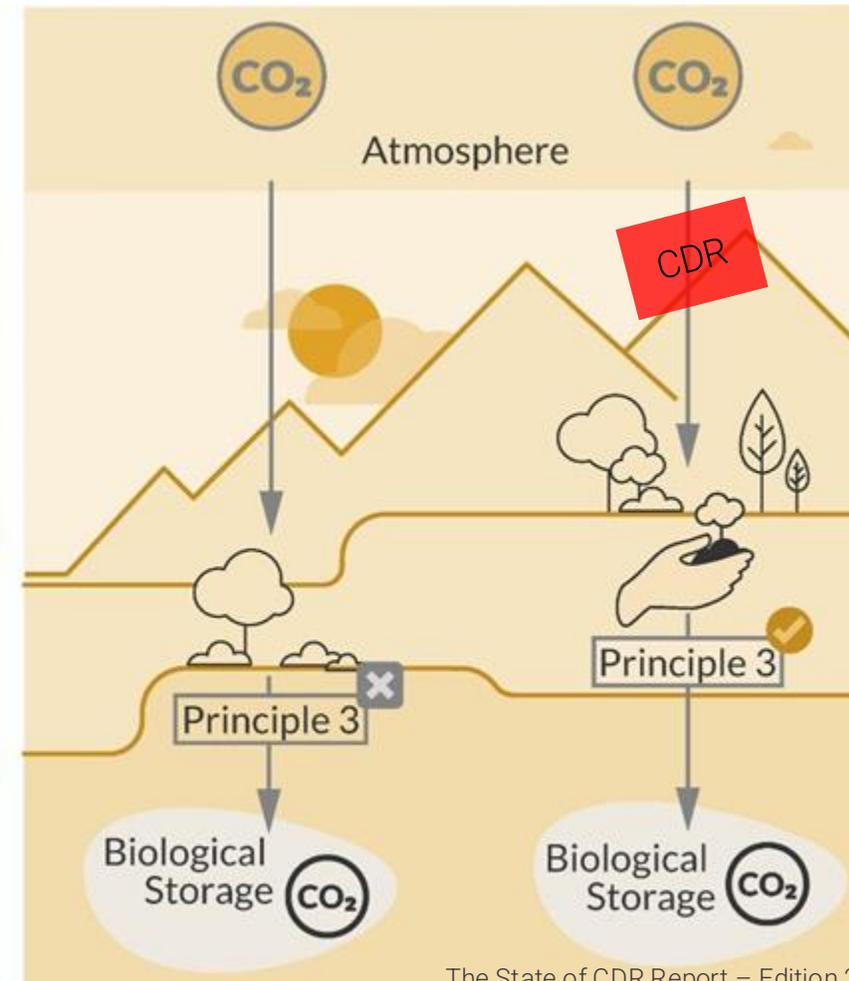
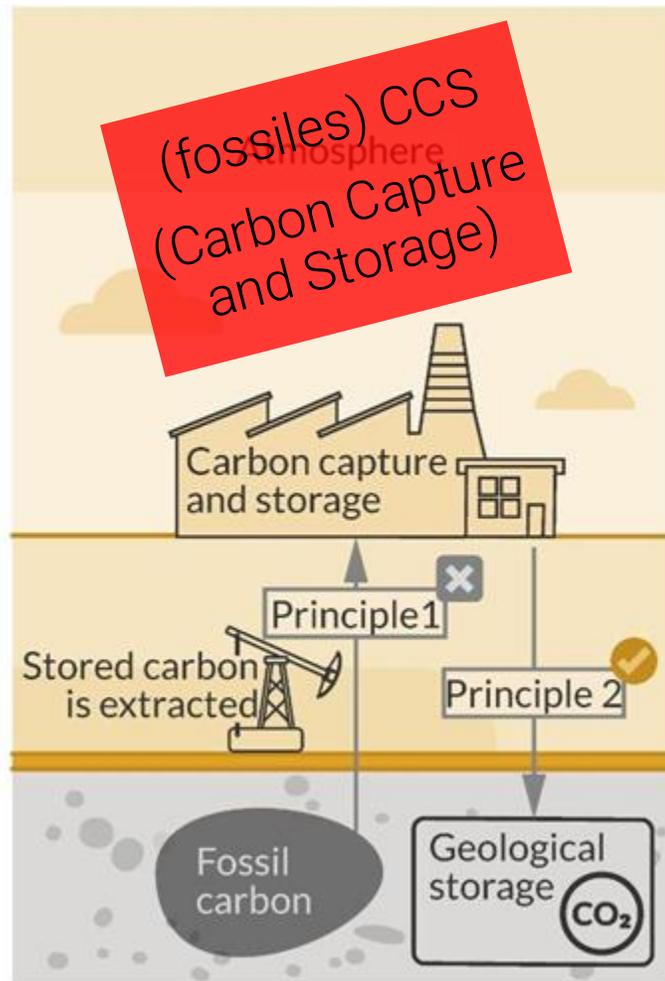
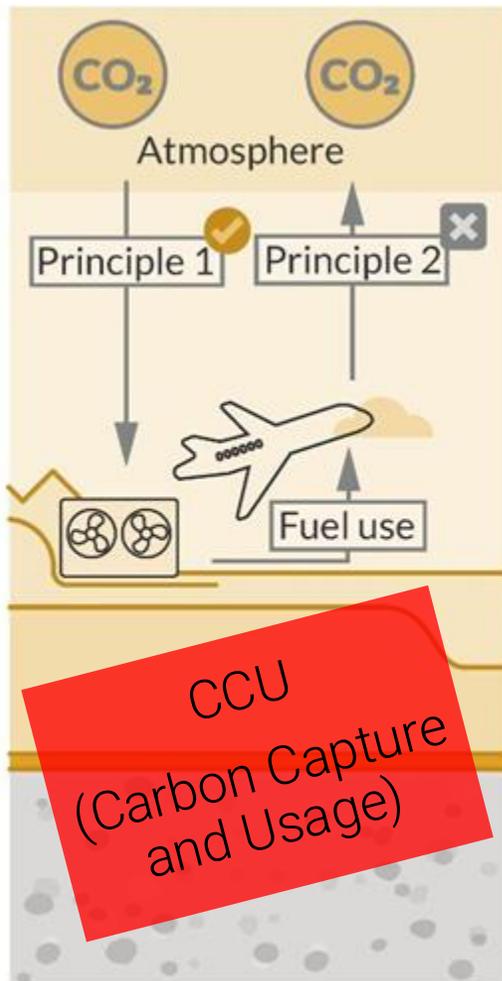
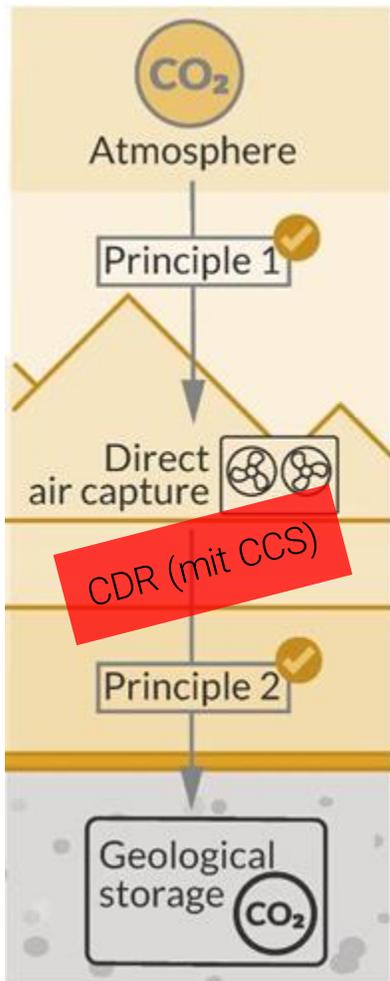


Was heißt "CDR", "CCU", "CCS"?!

CDR = Carbon Dioxide Removal = CO₂-Entnahme

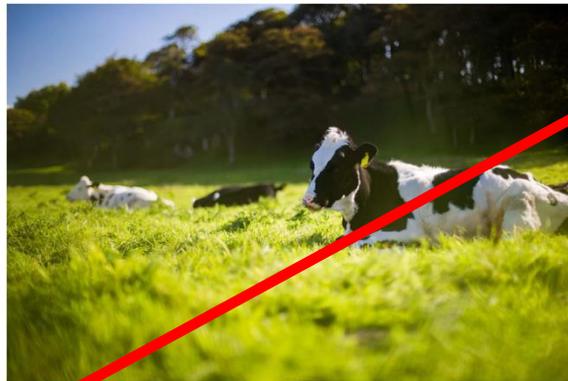
Muss drei Prinzipien folgen:

- 1) Das CO₂ kommt aus der *Atmosphäre*
- 2) Das CO₂ wird *dauerhaft* gespeichert
- 3) *Zusätzlich* zu natürlichen Prozessen



Warum wir CO₂-Entnahme benötigen

- „Der Einsatz von CO₂-Entnahmeverfahren, um schwer zu vermeidende Restemissionen auszugleichen, ist unvermeidlich, wenn netto Null CO₂- oder Treibhausgasemissionen erreicht werden sollen“ (IPCC AR6 WG3)



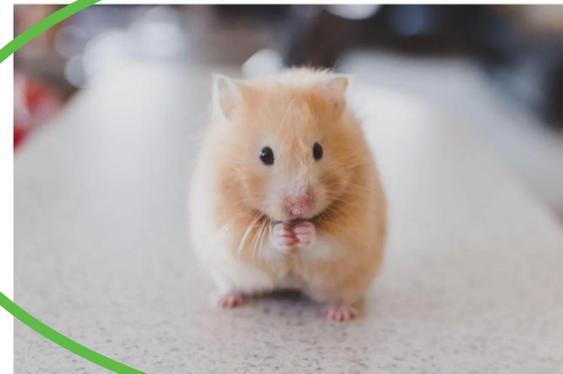
YepYou / Pets
Offset Your **Cows**
\$24.00

1

Purchase Options

One-time Purchase Subscribe and save (Save 5%)

Add to cart



YepYou / Pets
Offset Your **Hamster**
\$0.50

1

Purchase Options

One-time Purchase Subscribe and save (Save 5%)

Add to cart



YepYou / Group
Family, Friends & Colleagues
Offset - Breath only - Offset extra years
\$17.00

1 Add to cart

Buy with **shop Pay**

More payment options

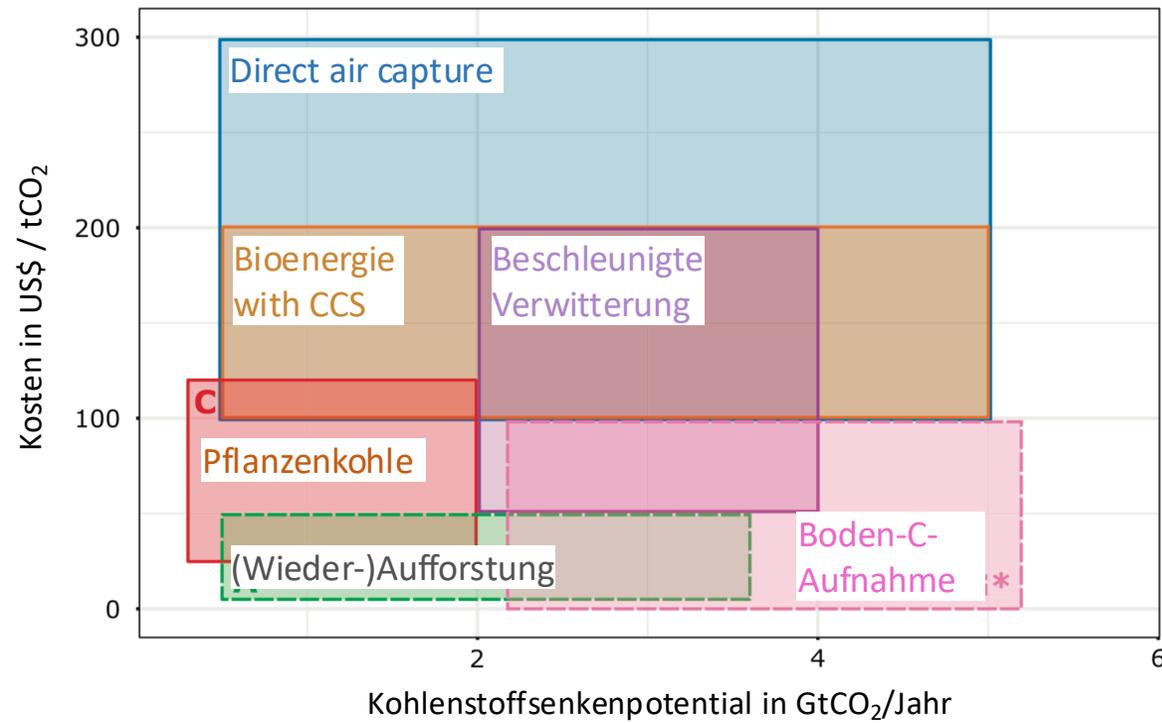
5-15% der derzeitigen Emissionen werden typischerweise als "schwer vermeidbar" angesehen



Teil 2:
**Wie funktioniert CO₂-
Entnahme?**



Terrestrische CDR-Maßnahmen im Vergleich



Terrestrische CDR-Maßnahmen im Vergleich

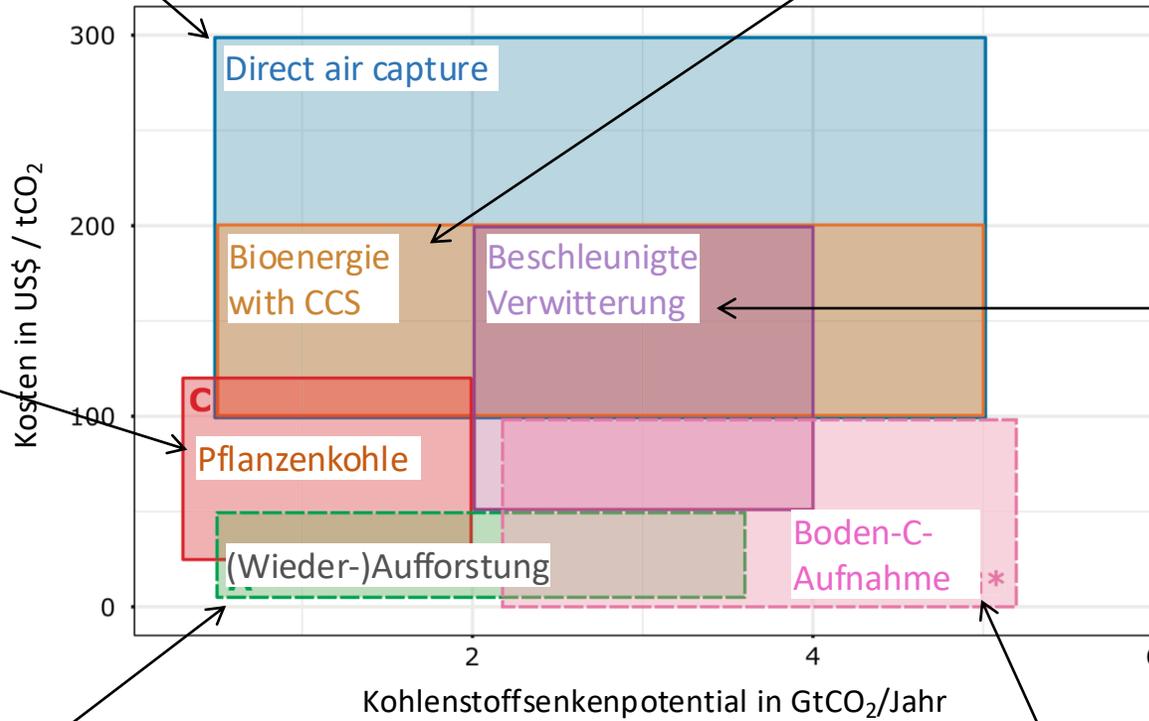
Geringer Landverbrauch
Hohe Kosten und Energiebedarf



Permanent
Wegen Landknappheit
teuer



Kann Bodenfruchtbarkeit
erhöhen
Begrenzt Potential



Kann Bodenfruchtbarkeit erhöhen
Ökologische Folgen von Extraktion
und Transport



Billig & einsatzbereit
Permanenz

Erhöht Produktivität
Sättigt



Terrestrische CDR-Maßnahmen im Vergleich



Permanent
Wegen Landknappheit
teuer



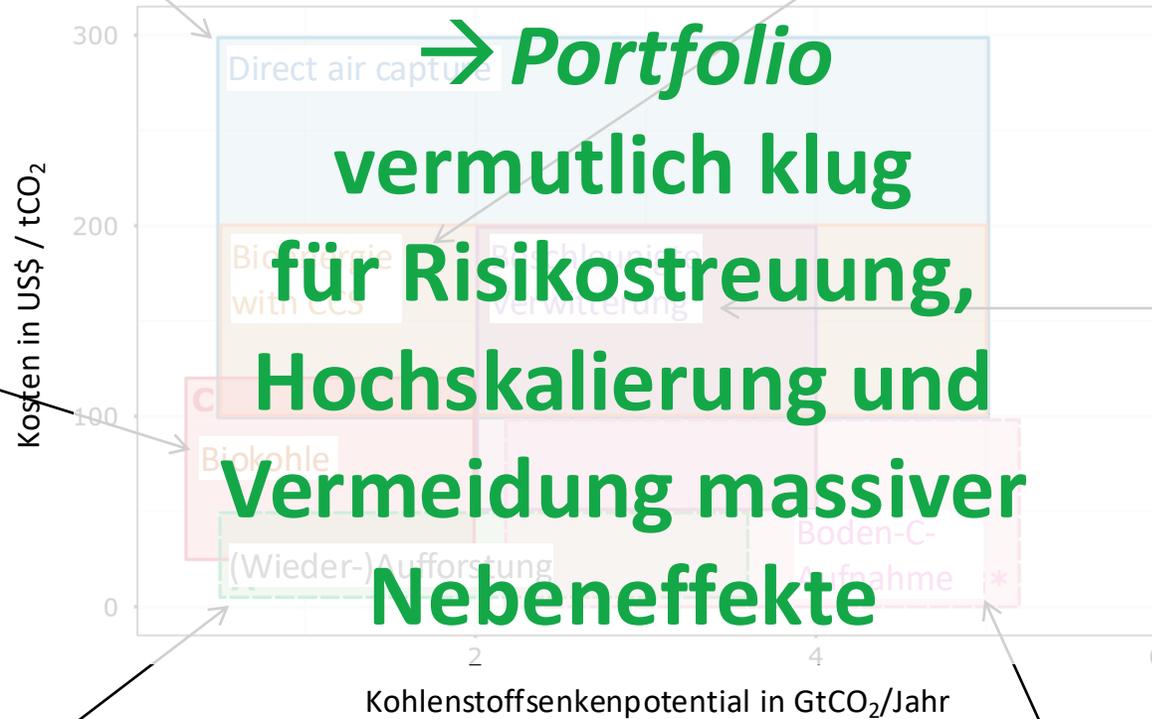
Geringer Landverbrauch
Hohe Kosten und Energiebedarf



Kann Bodenfruchtbarkeit
erhöhen
Begrenzt Potential



Kann Bodenfruchtbarkeit erhöhen
Ökologische Folgen von Extraktion
und Transport



Billig & einsatzbereit
Permanenz

Erhöht Produktivität
Sättigt



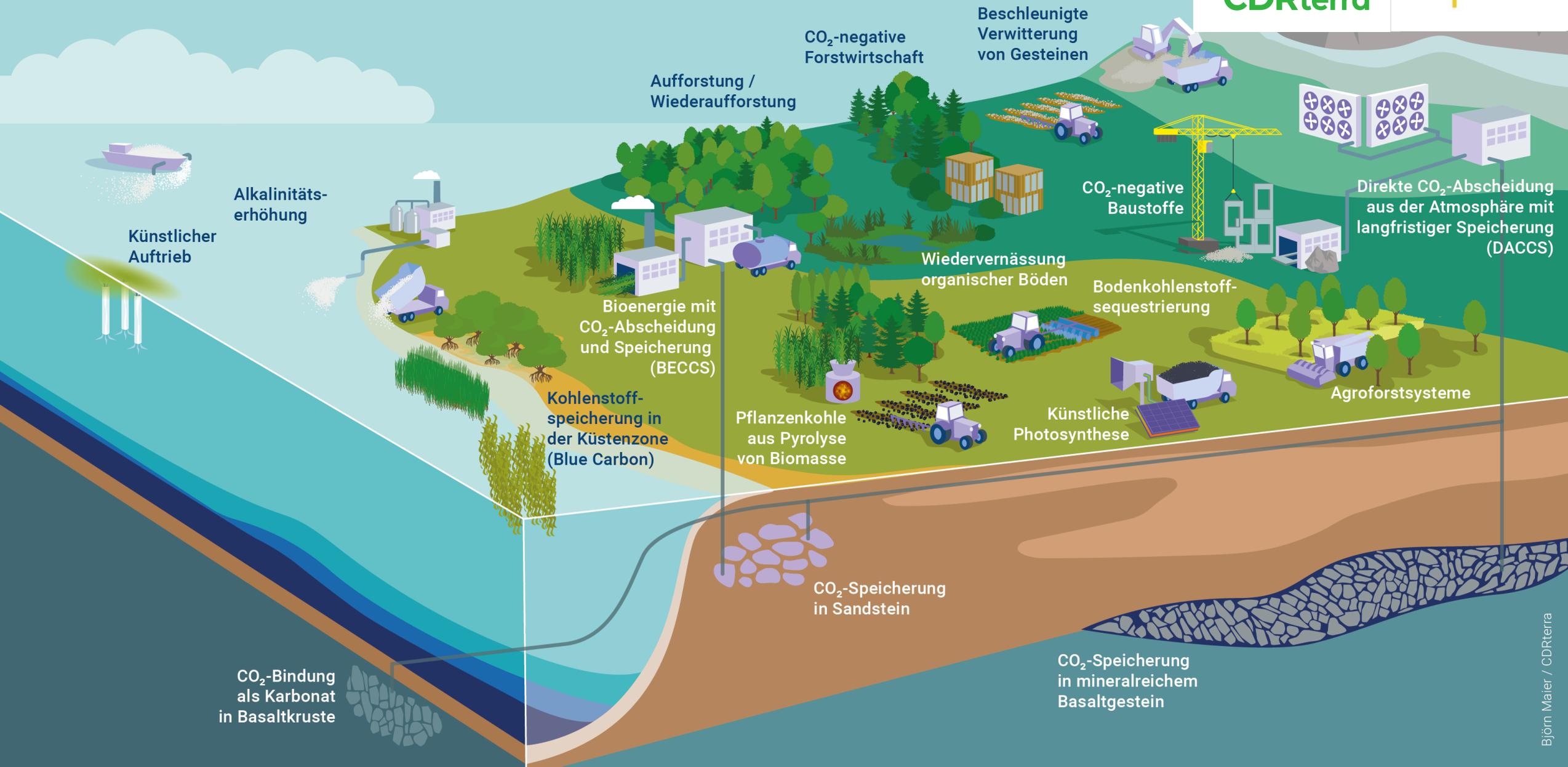
Methoden der CO₂-Entnahme (CDR)



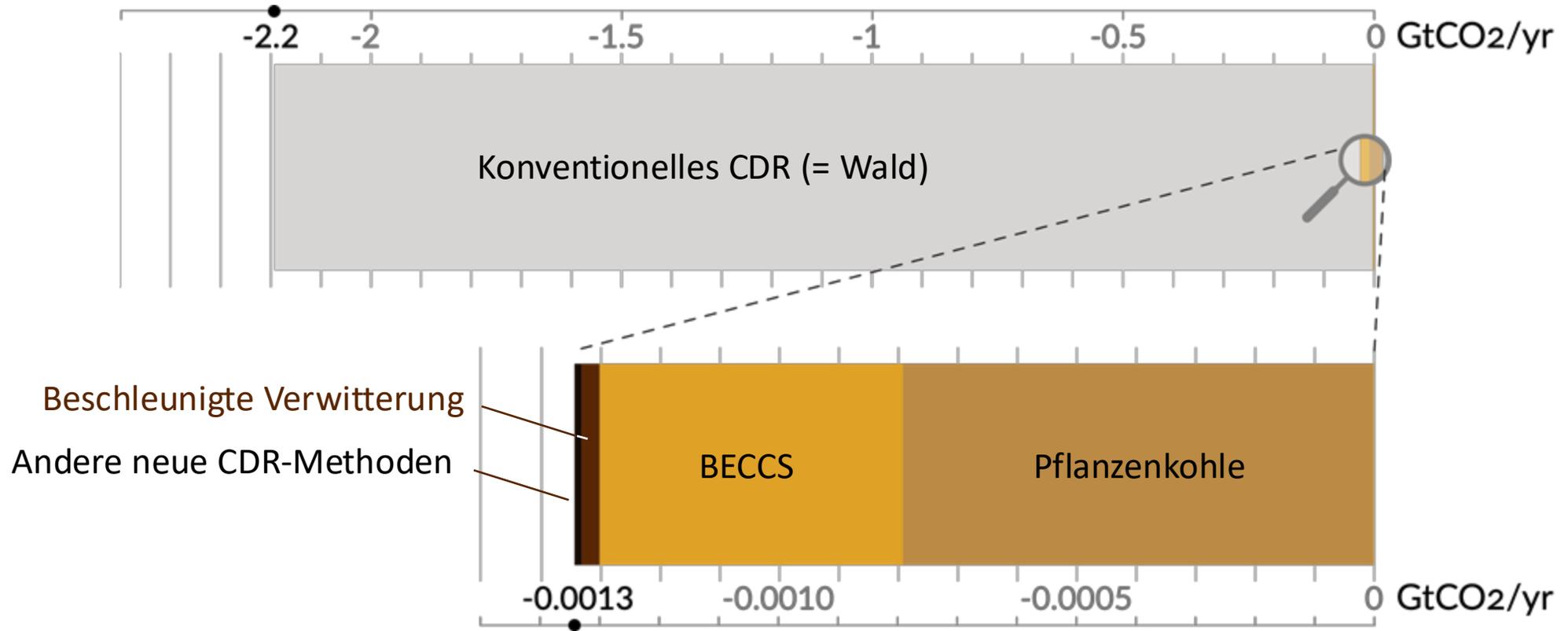
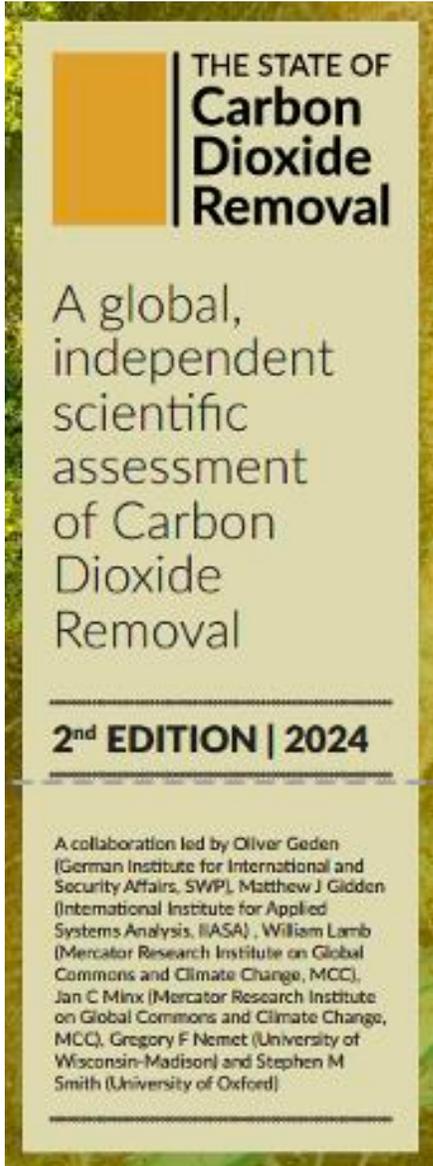
Gefördert durch:



Bundesministerium
für Forschung, Techno-
und Raumfahrt



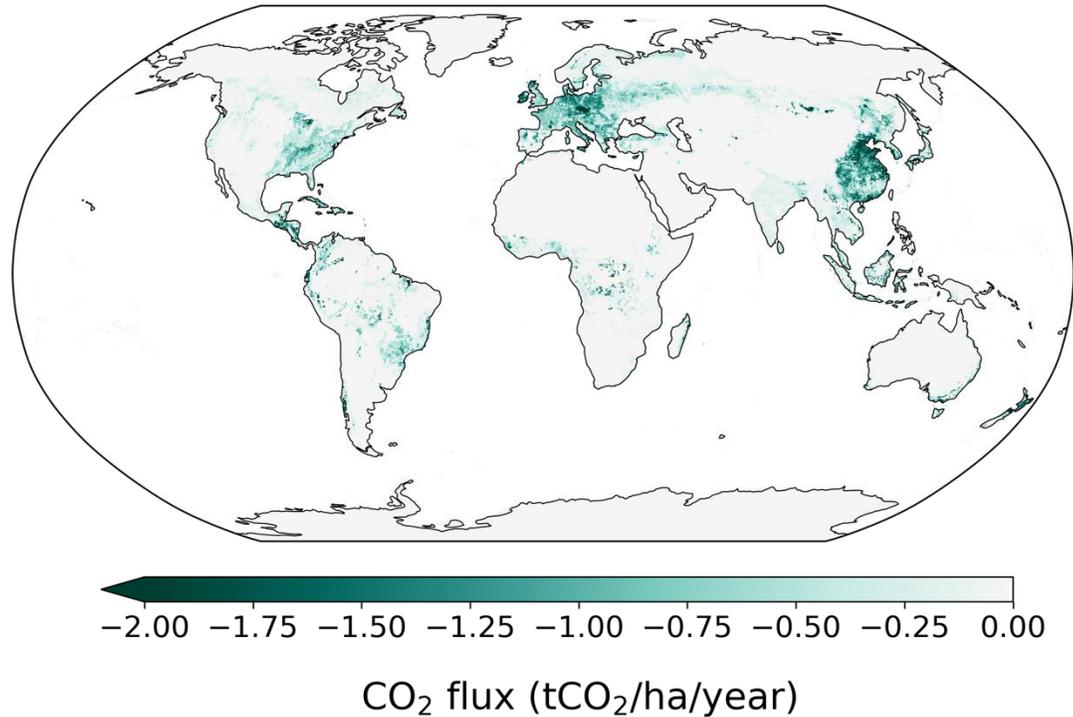
Heutiger Stand der CO₂-Entnahme (global)



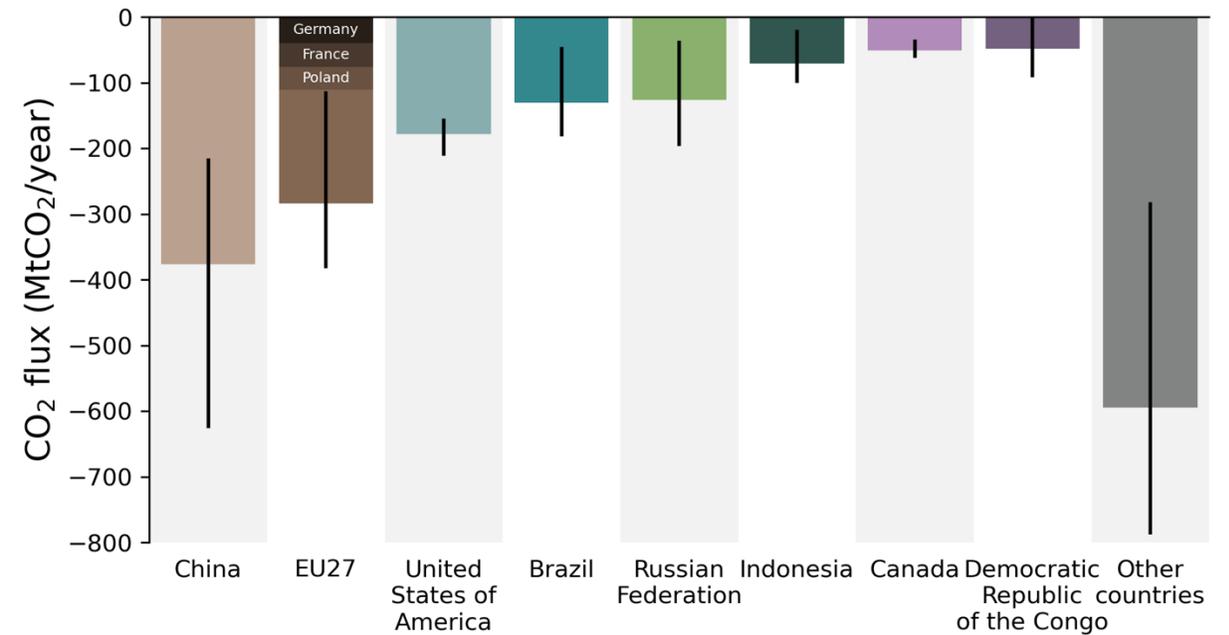
Noch große Lücke zum einem Paris-konformen CDR-Umfang (7-9 Mrd tCO₂ 2050).

Heutiger Stand der CO₂-Entnahme (regional)

CDR in (Wieder-)Aufforstung

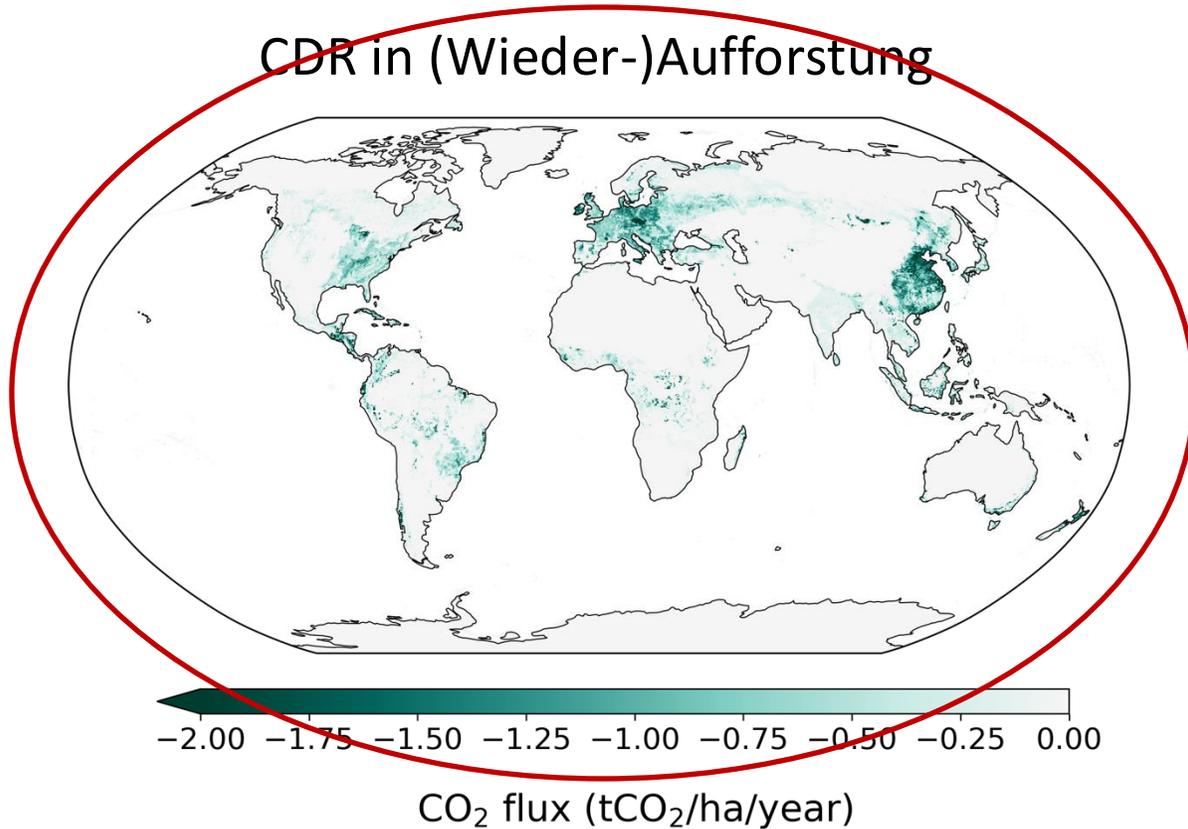


... regional aggregiert

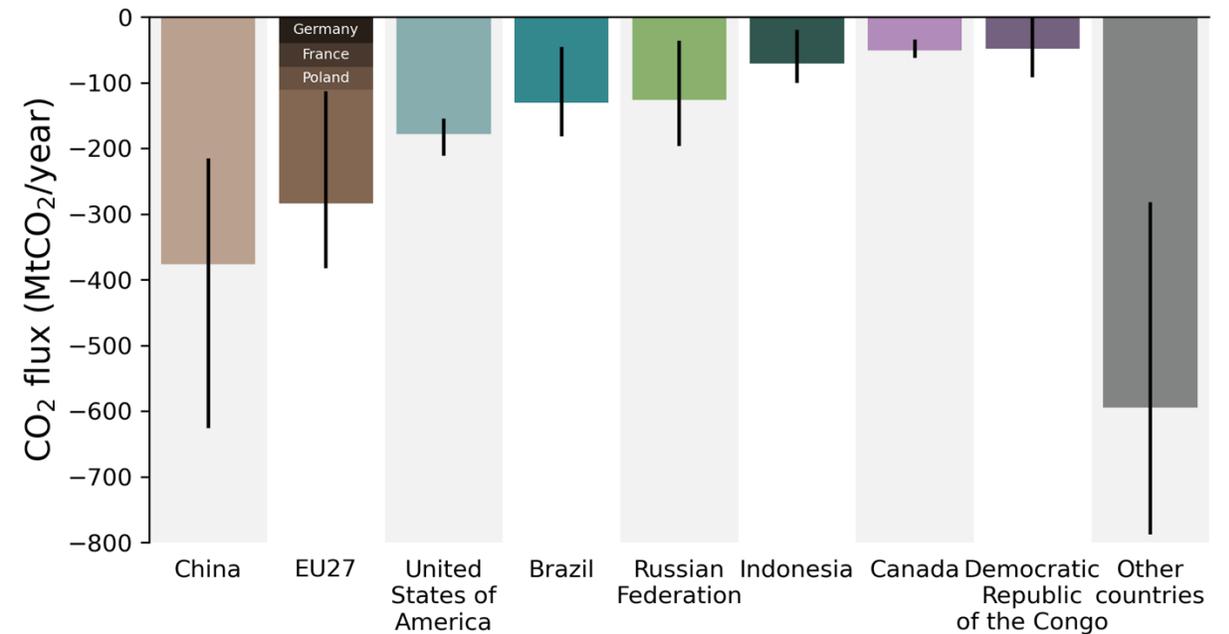


Heutiger Stand der CO₂-Entnahme (regional)

CDR in (Wieder-)Aufforstung

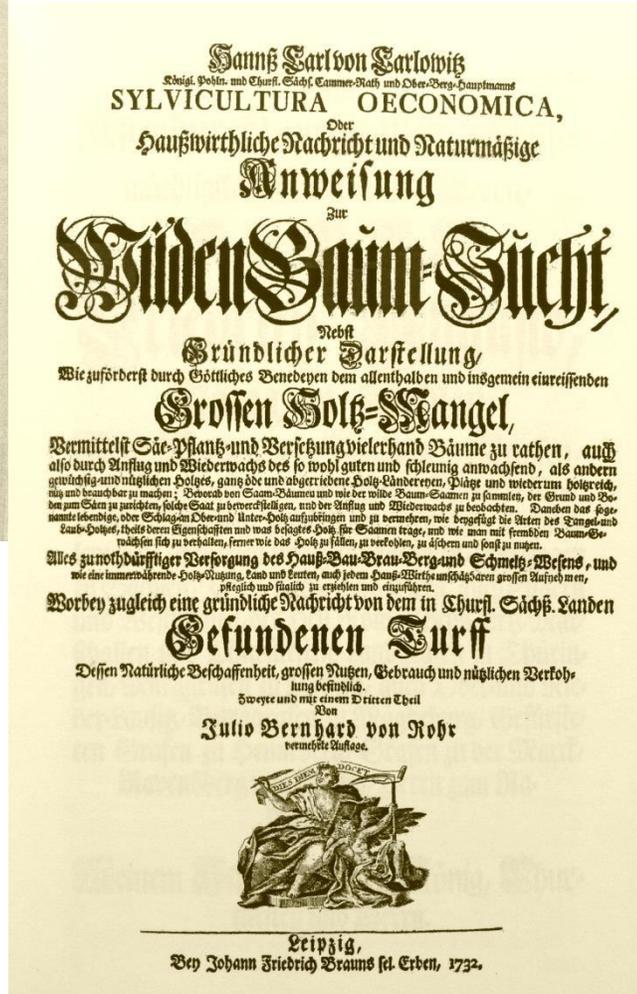


... regional aggregiert



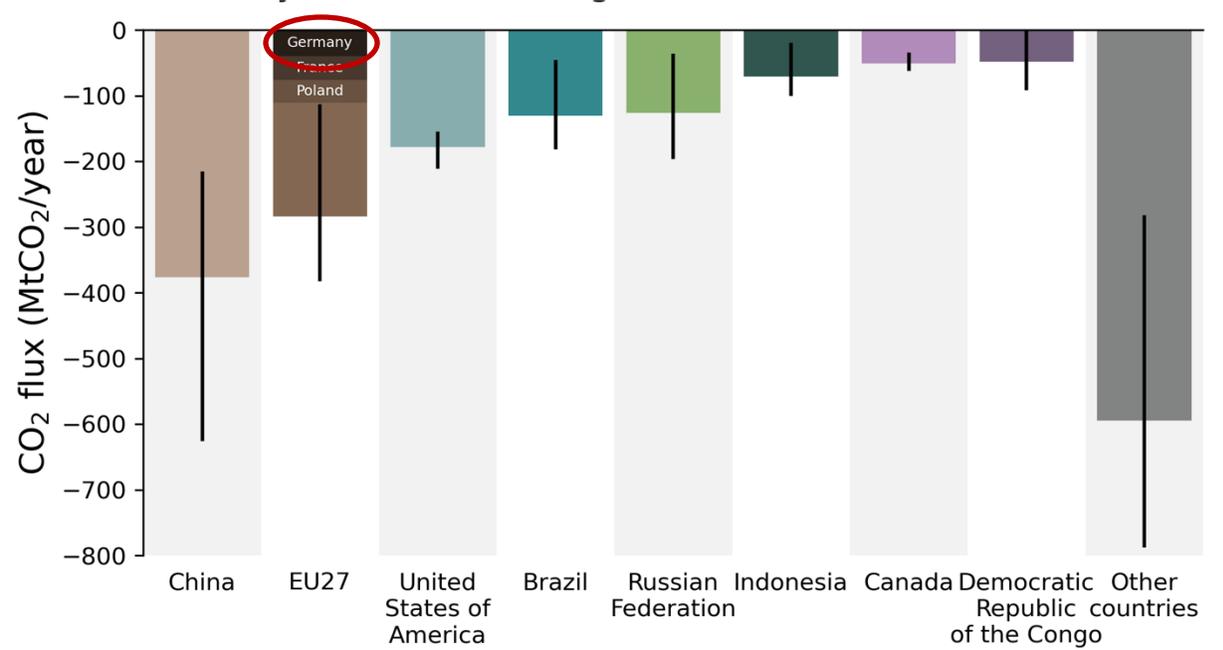
2 Mrd t CO₂-Entnahme stehen derzeit noch 4 Mrd t CO₂-Emissionen aus Entwaldung entgegen!

Heutiger Stand der CO₂-Entnahme (regional)



Hannß Carl von Carlowitz (1713 (1732))

... regional aggregiert



Heutiger Stand der CO₂-Entnahme (regional)

Umfassende Erhebung

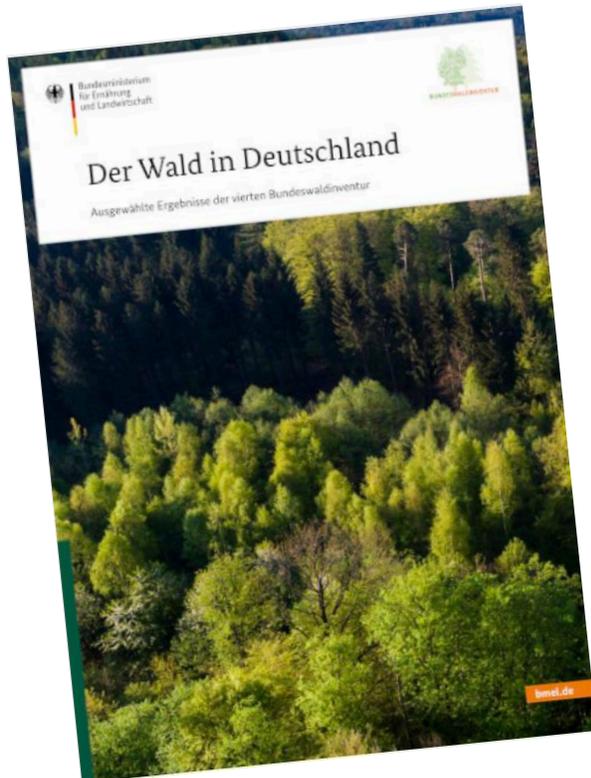
Wald gibt mehr Kohlenstoff ab, als er aufnimmt

Stand: 08.10.2024 13:16 Uhr

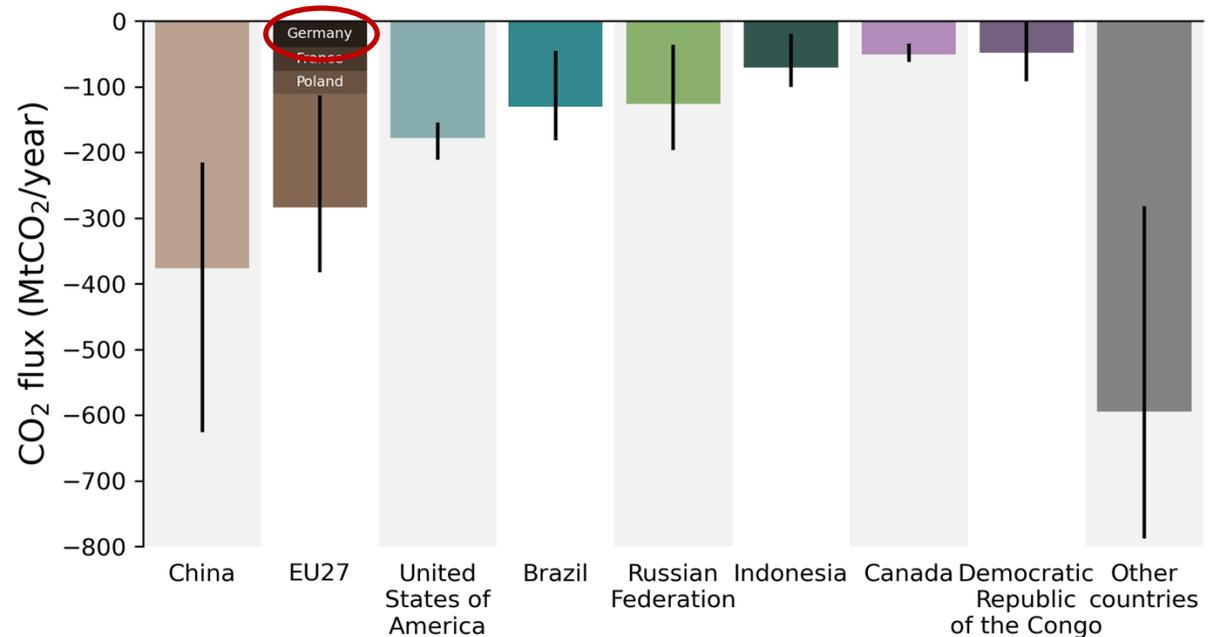
Die neue Bundeswaldinventur zeigt, dass die Waldfläche in Deutschland insgesamt zugenommen hat. Durch Schädlinge und Trockenheit geben die Wälder aber inzwischen mehr Kohlenstoff ab, als sie aufnehmen.



tagesschau



... regional aggregiert





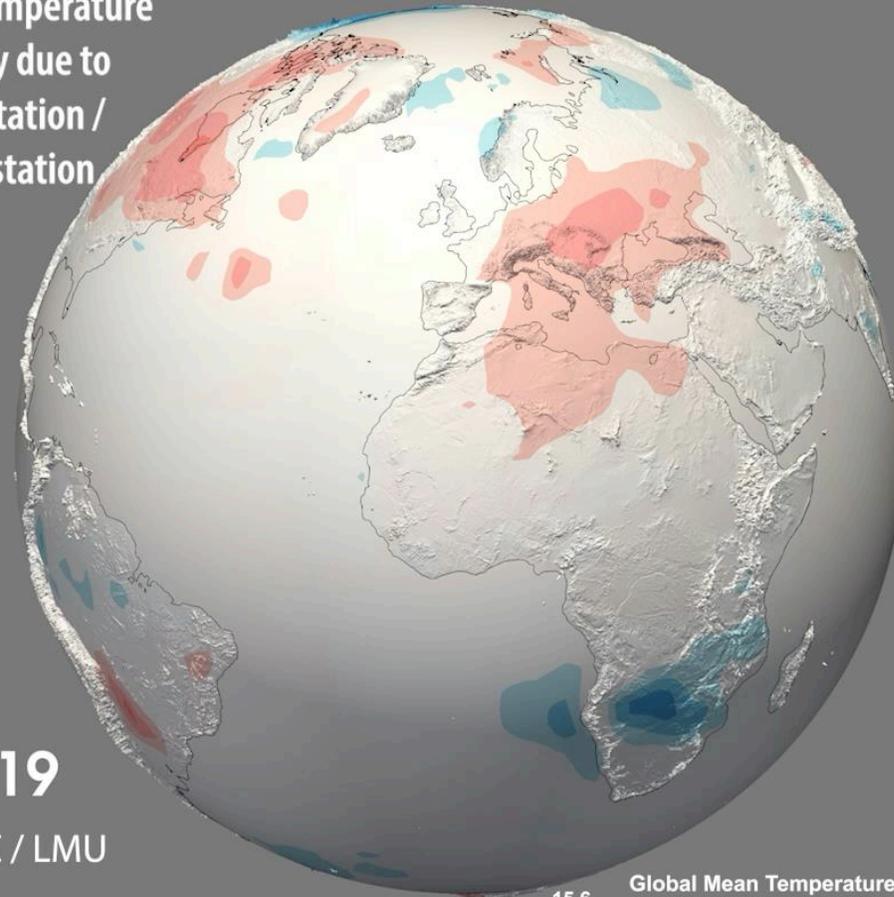
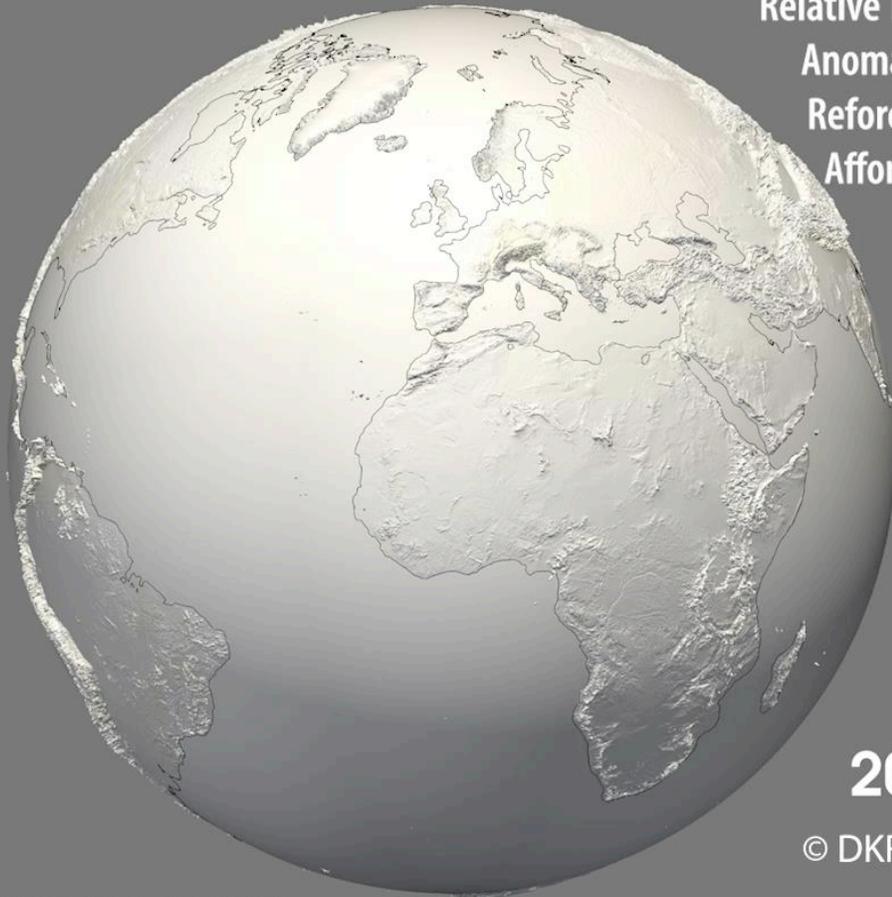
[Draw an image of CDR.]

“Here’s the image, offering a vibrant and dynamic perspective on CO2 removal [...]. It portrays an energetic and optimistic environment.”

openAI DALL.E, 2023

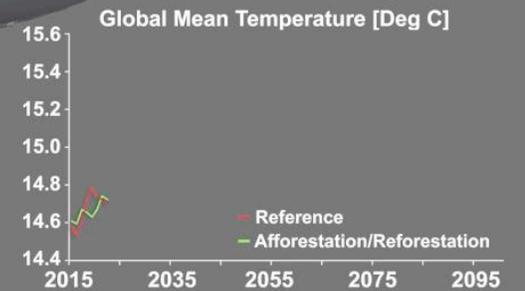
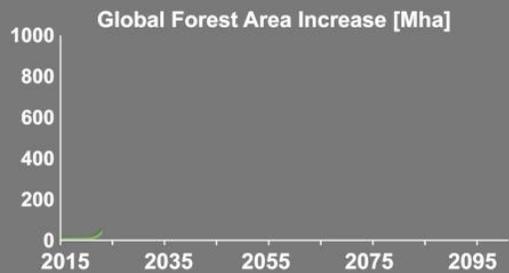


Relative Temperature
Anomaly due to
Reforestation /
Afforestation



2019

© DKRZ / LMU

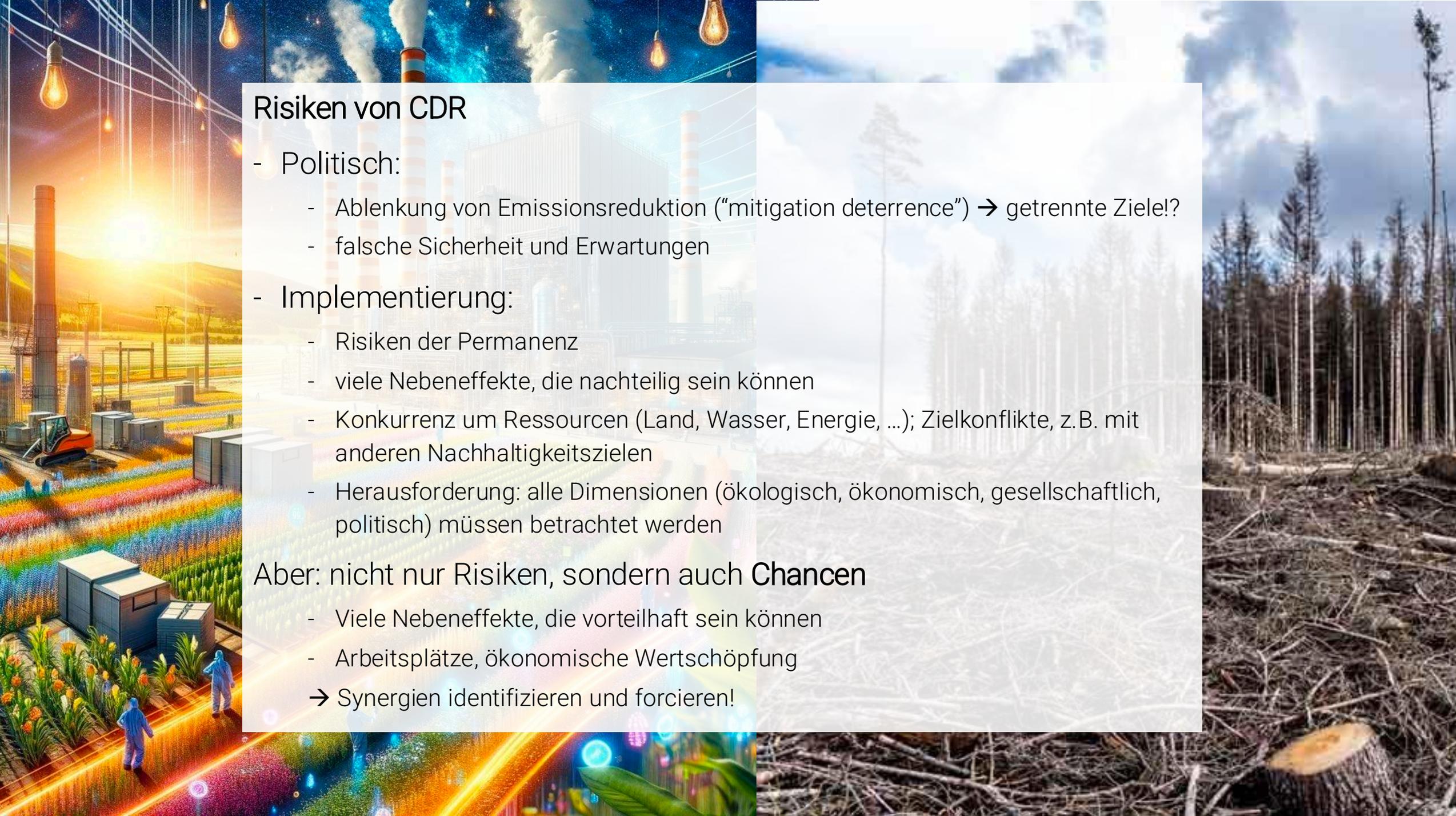


Moustakis, Nützel, Wey, Bao, Pongratz, *Nature Comm.*, 2024

<https://www.youtube.com/watch?v=DXuLd6H8aFI>

Teil 3:
**Welche Chancen und
Risiken bringt CO₂-
Entnahme mit sich?**





Risiken von CDR

- Politisch:
 - Ablenkung von Emissionsreduktion ("mitigation deterrence") → getrennte Ziele!?
 - falsche Sicherheit und Erwartungen
- Implementierung:
 - Risiken der Permanenz
 - viele Nebeneffekte, die nachteilig sein können
 - Konkurrenz um Ressourcen (Land, Wasser, Energie, ...); Zielkonflikte, z.B. mit anderen Nachhaltigkeitszielen
 - Herausforderung: alle Dimensionen (ökologisch, ökonomisch, gesellschaftlich, politisch) müssen betrachtet werden

Aber: nicht nur Risiken, sondern auch **Chancen**

- Viele Nebeneffekte, die vorteilhaft sein können
 - Arbeitsplätze, ökonomische Wertschöpfung
- Synergien identifizieren und forcieren!

Zielkonflikte – oder Synergien?

ZIELE FÜR NACHHALTIGE ENTWICKLUNG



z.B. Biodiversität



Fleischmann, *Biosciences*, 2020



© A. Ahlström

Zielkonflikte – oder Synergien?

ZIELE FÜR NACHHALTIGE ENTWICKLUNG



z.B. Biodiversität



Biosciences, 2020



© T. Pukkala



© A. Ahlström

Erfolgsentscheidend: Gesellschaftlicher Dialog

Stakeholder-Dialog



Politische Formate



Bundestag



G7

CDRterra Bildungsprogramm

<https://cdrterra.de/fuer-die-schule/>
und "Klimaklasse"



S. Soria-Dengg
I. Hoppe



A. Stumbaum

Informationsmaterialien

<https://cdrterra.de/>



Zusammenfassung

- Treibhausgasneutralität erfordert sofortige, massive **Emissionsreduktion** – und **CO₂-Entnahme**.
- Landnutzung, v.a. waldbasiert, stellt aktuell fast die gesamte Menge an CO₂-Entnahme. **Restemissionen** erfordern gesellschaftliche Debatte und einen Ausbau der CO₂-Entnahme.
- Begrenzte Potenziale und Streuung von Risiken erfordern ein **Portfolio** aus CO₂-Entnahme-Maßnahmen.
- Zielkonflikte mit **Nachhaltigkeitszielen** sollten vermieden, Synergien gezielt genutzt werden.
- Maßnahmen müssen **inter und transdisziplinär** bewertet werden.