

**[VERUM]**

Vergaberecht / Umweltrecht

**3. Fachtagung VERUM:  
360° Nachhaltigkeit**

27.9.2023, Wien oder ONLINE



150 YEARS  
FEATURING  
FUTURE  
1872 - 2022

UNIVERSITY OF NATURAL RESOURCES AND  
LIFE SCIENCES, VIENNA

**Schwerpunkt 3**

**DEKARBONISIERUNG CONTRA GREENWASHING**

**Carbon Capture & Storage als Lösung  
für die Netto Null Industrie**

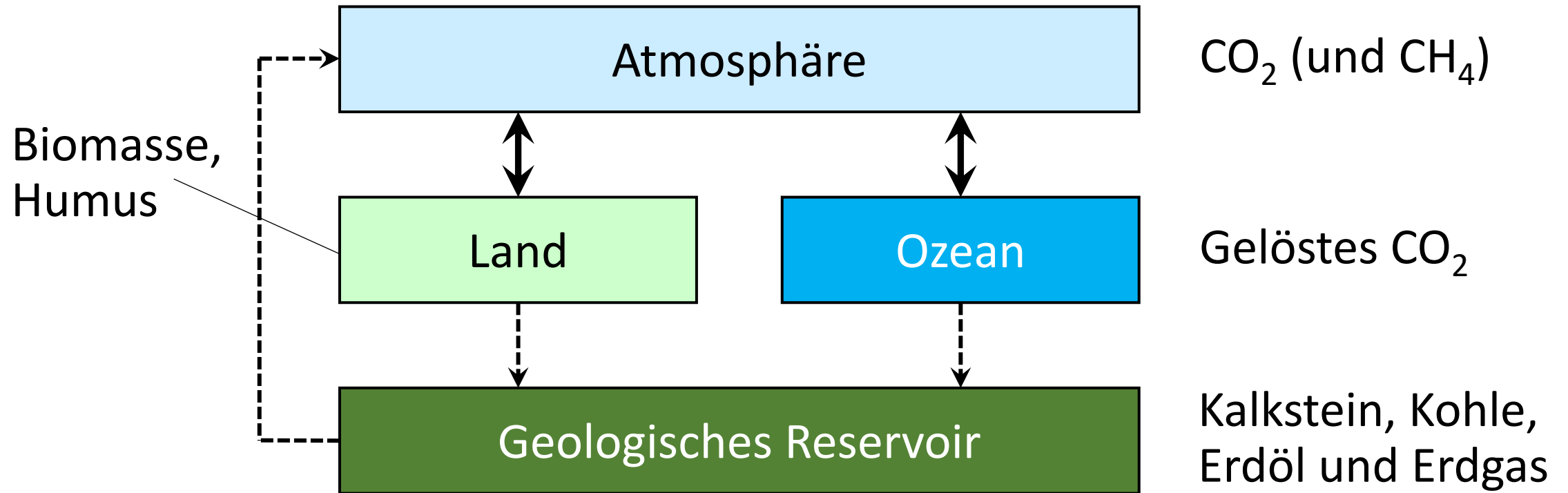
Tobias Pröll

Institut für Verfahrens- und Energietechnik

Universität für Bodenkultur Wien

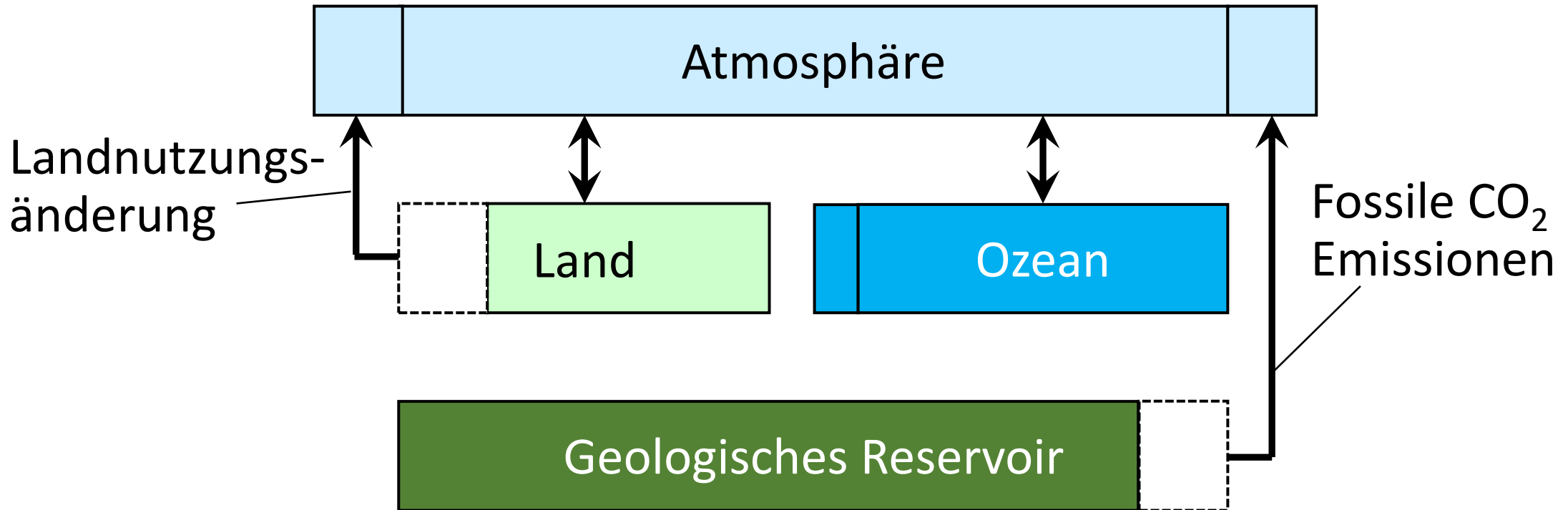
tobias.proell@boku.ac.at

# Natürlicher Kohlenstoffkreislauf



- Dicke Pfeile zeigen aktive Gleichgewichte (kurzfristig wirksam)
- Strichlierte Pfeile zeigen langsame geologische Prozesse

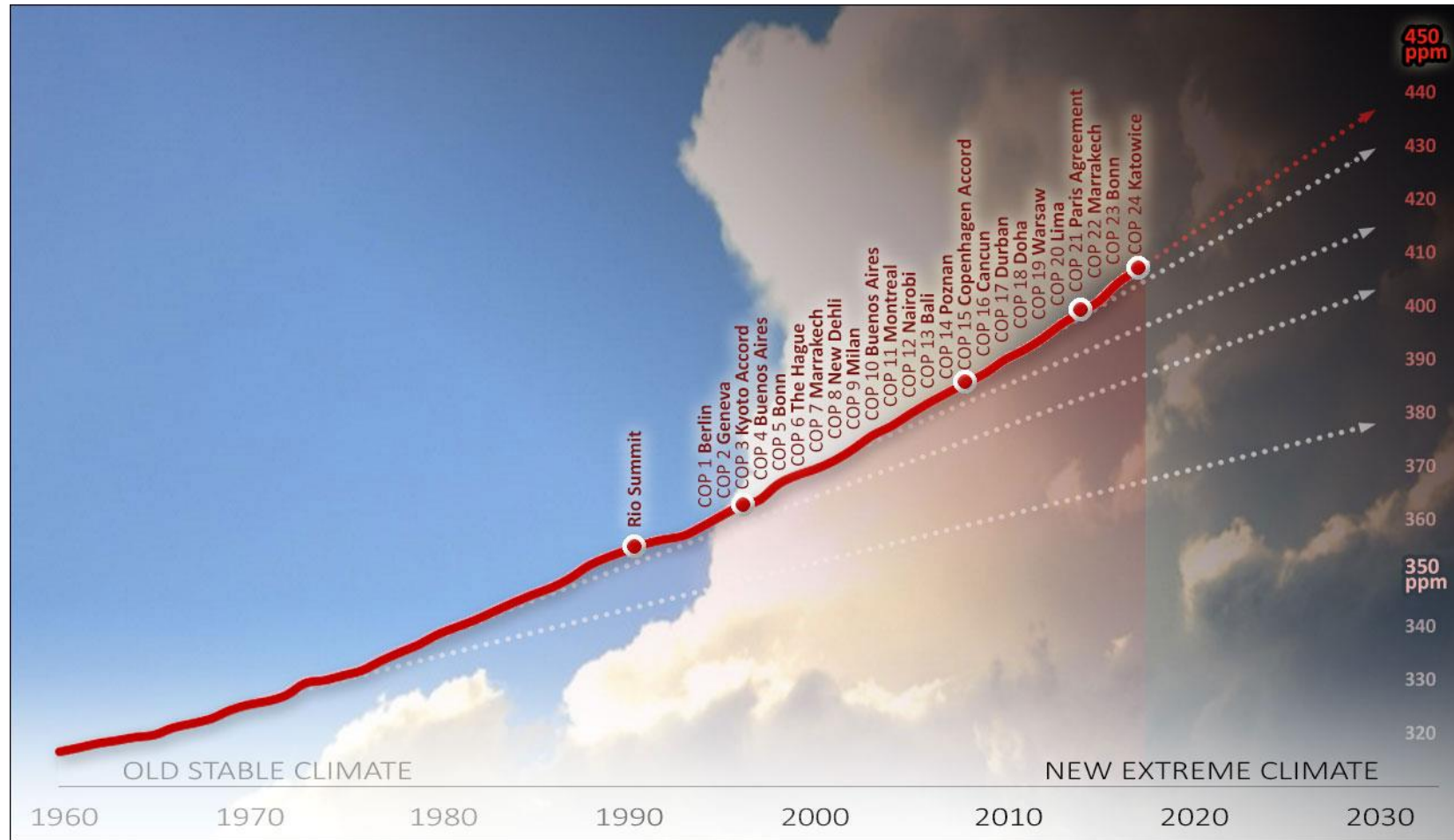
# Landnutzungsänderung und fossile Energienutzung



→ Steigende CO<sub>2</sub> Konzentration in der Atmosphäre

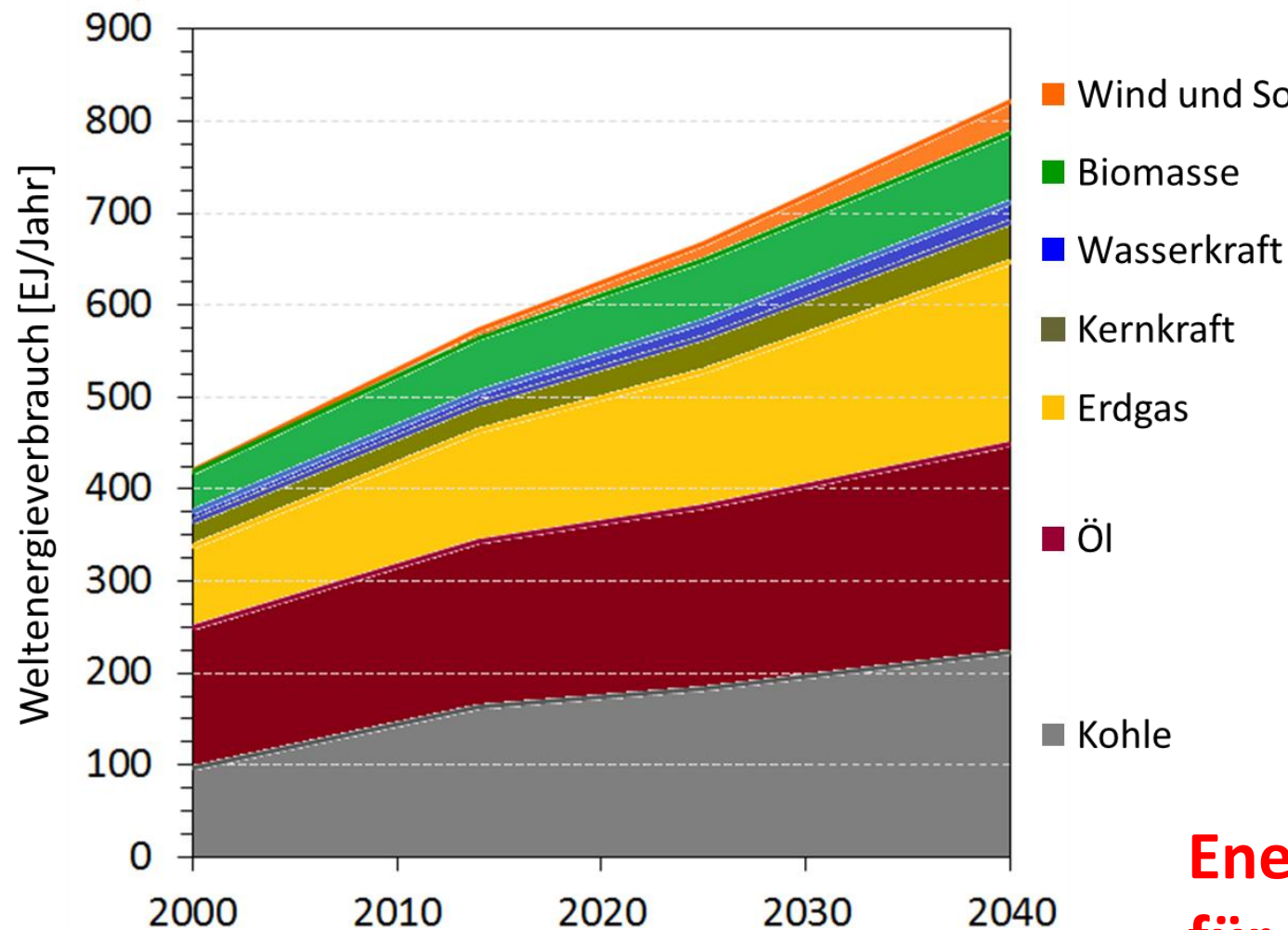
→ Steigende CO<sub>2</sub> Konzentration im Ozean über das Gleichgewicht

# Sich beschleunigender Treibhausgasanstieg trotz UNO-Klimakonferenzen seit 1990



[Canada's National Observer – [www.nationalobserver.com](http://www.nationalobserver.com)]

# Hauptursache: Technischer Energiebedarf



- **Global: >80% Fossil** (seit 30 Jahren unverändert!)
- **Österreich: 65% Fossil**
- Energiebedarf steigt schneller als Ausbau der Erneuerbaren

**Energieversorgung entscheidend für wirtschaftliche Entwicklung!**

[IEA World Energy Outlook 2016 – [iea.org](http://iea.org)]

# Klimakrise = Energiekrise

- Keine Kohlenstoff-Krise!
- Würden wir uns aus erneuerbaren Quellen mit Energie versorgen, hätten wir keinen relevanten Klimawandel.
- Effizienzmaßnahmen können lediglich bremsen.
- Zur Stabilisierung des Klimas ist eine vollständige Dekarbonisierung der Wirtschaft erforderlich.

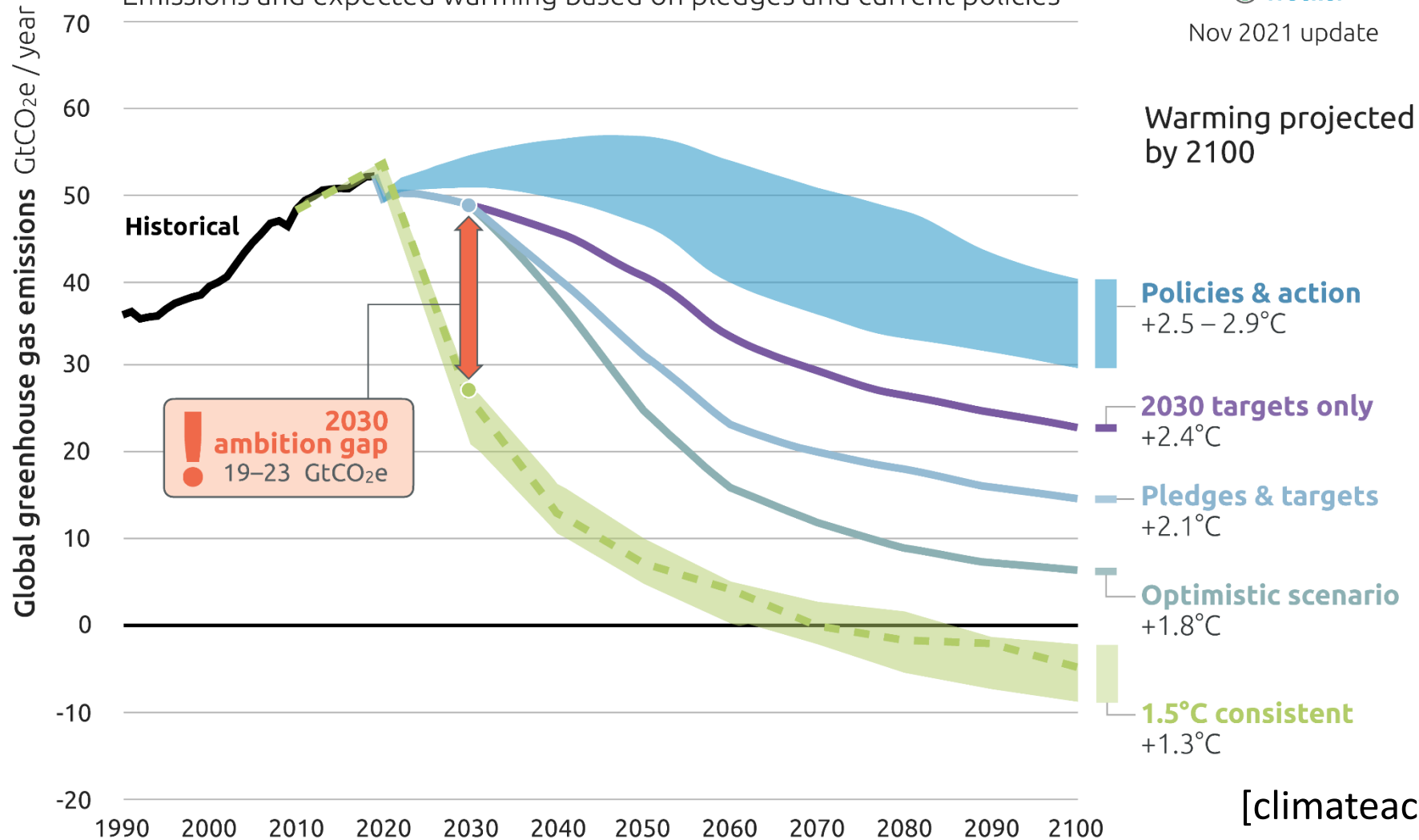
# Wo wir hin müssen: CO<sub>2</sub> Budget für +1.5°C

## 2100 WARMING PROJECTIONS

Emissions and expected warming based on pledges and current policies



Nov 2021 update



Copyright ©2021 by Climate Analytics and NewClimate Institute. Free for non-commercial use.

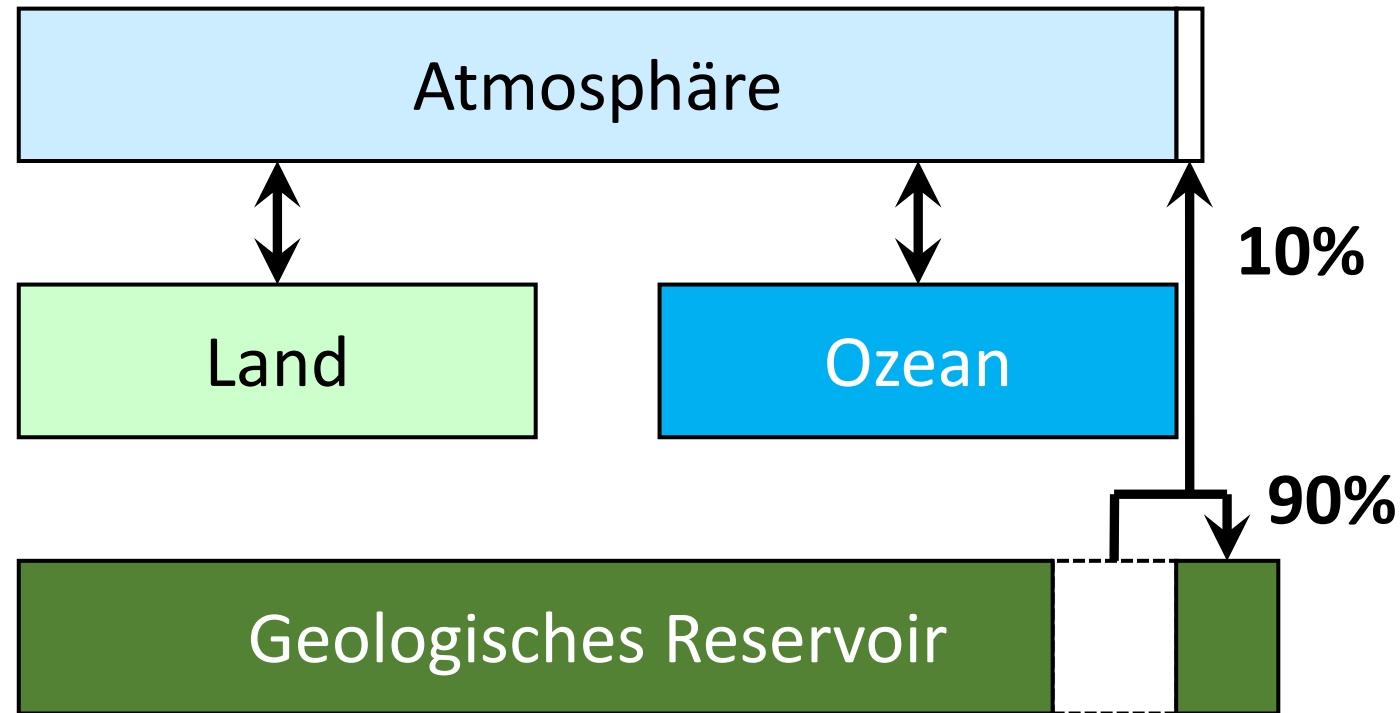


# Wichtigste Maßnahmen

- Effizienzsteigerung durch Elektrifizierung in allen Sektoren
- Erneuerbare Stromerzeugung (Wind und Photovoltaik) und Speicherung elektrischer Energie (Batterien, Pumpspeicher, Power-to-X)
- **Abscheidung und Speicherung von CO<sub>2</sub> bei sonst schwer dekarbonisierbaren Anlagen:**  
Chemische Industrie, Zement, Eisen&Stahl, Papier&Zellstoff, thermische Abfallbehandlung, Kraft-Wärme-Kopplung (mit erneuerbaren Brennstoffen)

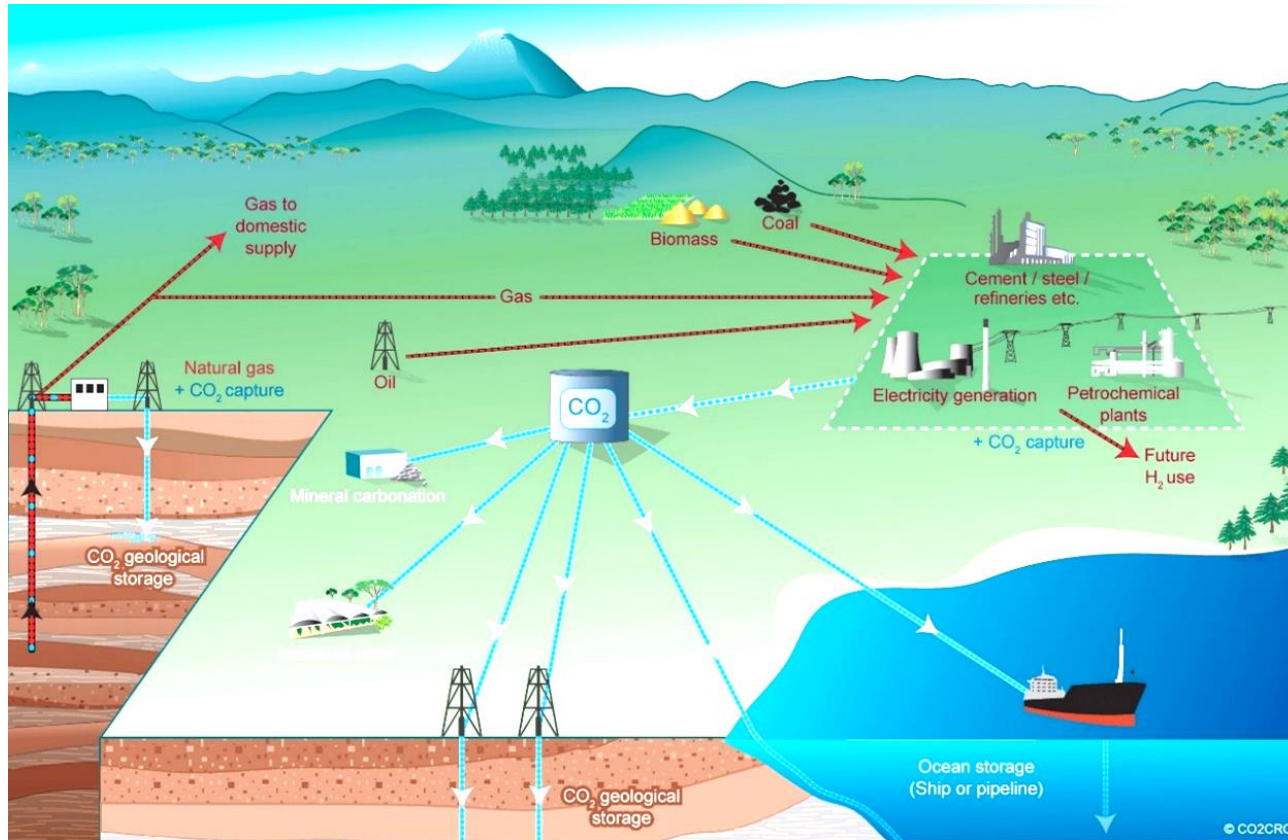


# Carbon capture and storage (CCS)



→ “Klassisches CCS”: Emissionsreduktion bei fossilen Brennstoffen

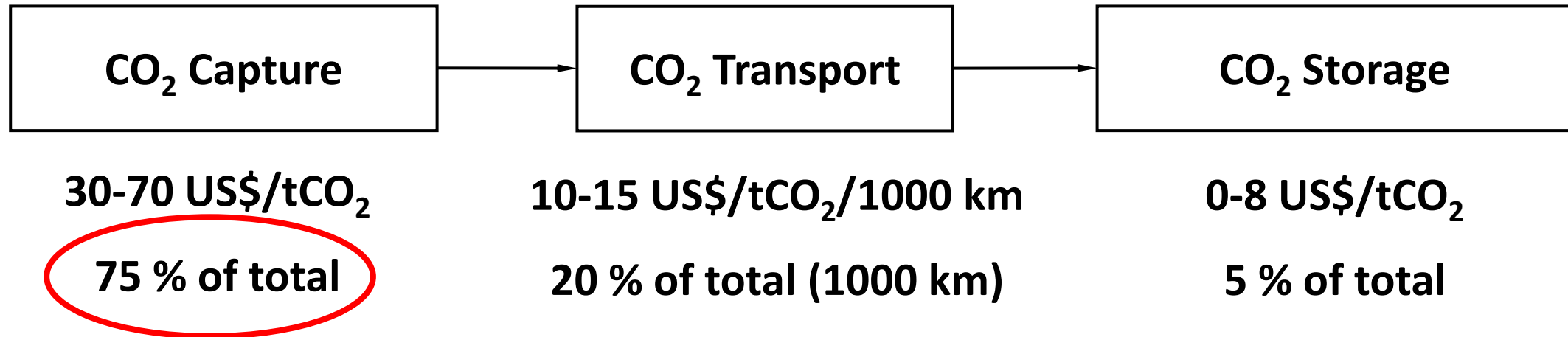
# Abscheidung, Transport und Speicherung von CO<sub>2</sub>



[CO2CRC, online]

1. Abscheidung aus Prozess- oder Abgasströmen  
→ hoher Energiebedarf
2. Transport in Pipelines und mit Schiffen  
→ hohe Reinheitsanforderung
3. Speicherung in geeigneten geologischen Formationen  
→ hoher Sorgfaltsanspruch

# Aufwand entlang der CCS Prozesskette



Technische Hauptherausforderung: Abscheidung, Aufkonzentrierung und Verdichtung

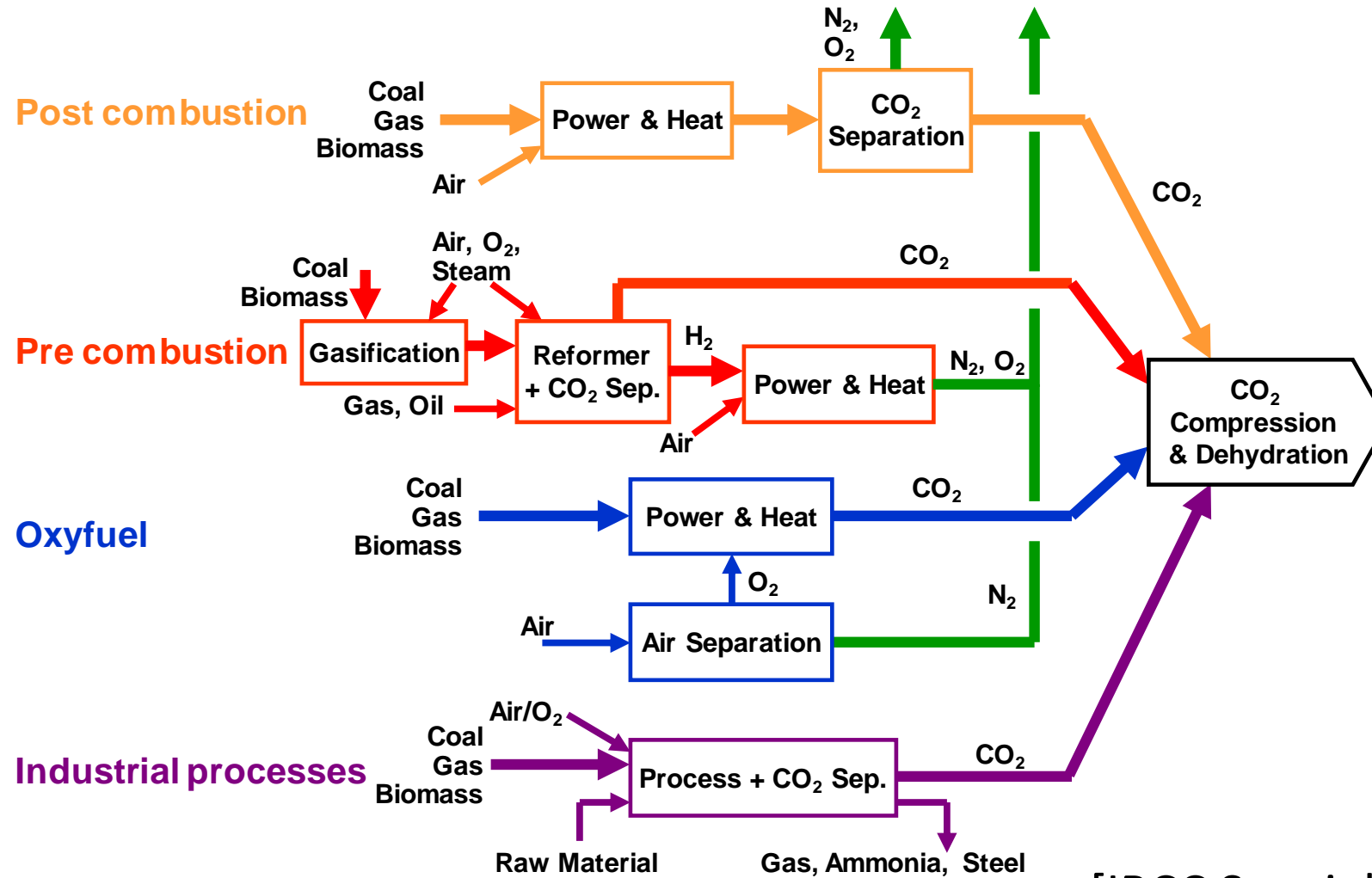
→ **Kosten am Standort der Industrieanlage**

Politische Hauptherausforderung: Speicherung im Untergrund

→ **Sicherheitsbedenken in der Bevölkerung**

[IPCC Special Report on CCS, 2005]

# Abscheidetechnologien – Überblick

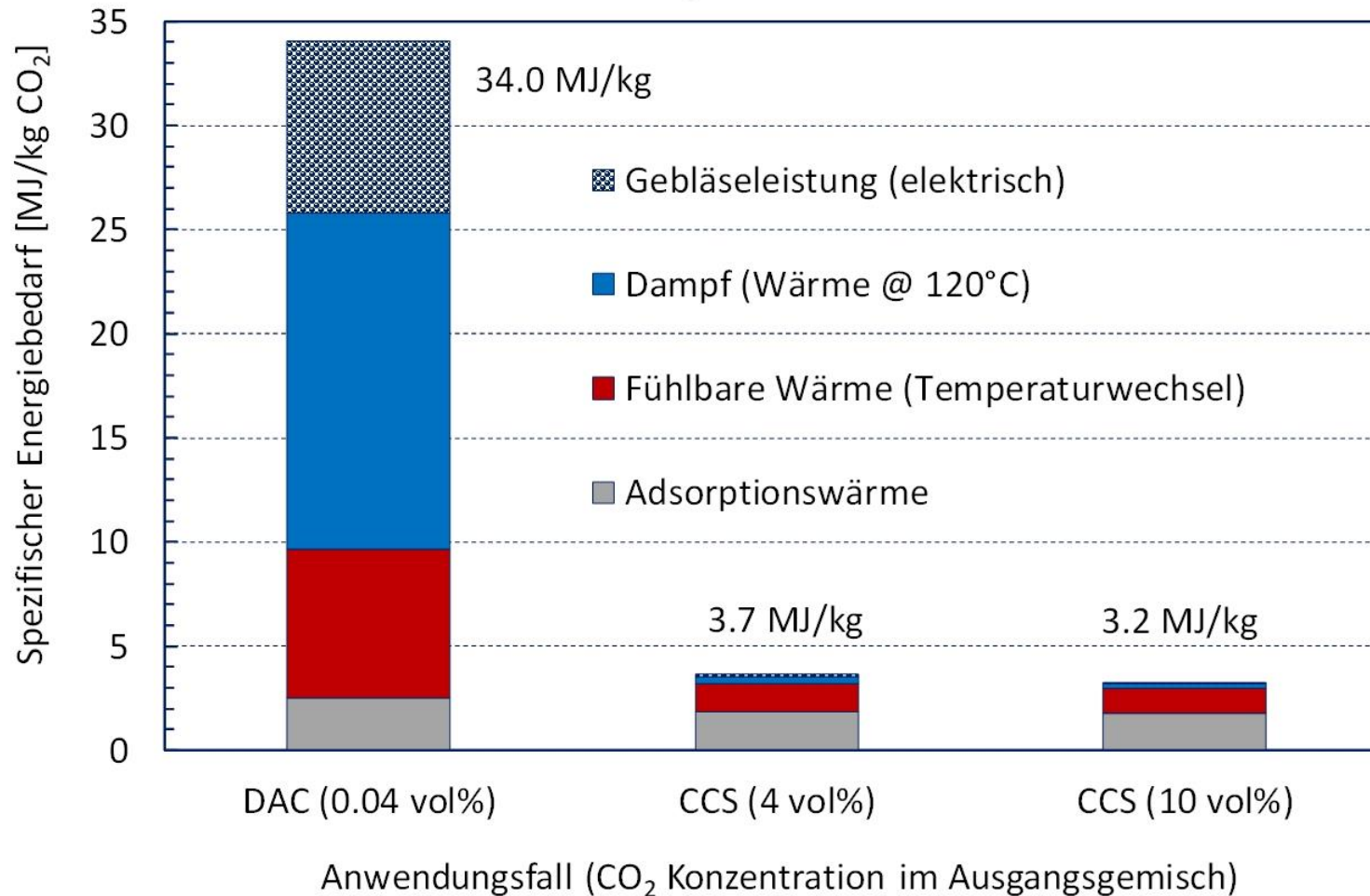


[IPCC Special Report on CCS, 2005]

# Abscheidung von CO<sub>2</sub>

- Energieaufwand von der CO<sub>2</sub>-Konzentration im Gasstrom und vom Abscheidegrad (typisch: 90%) abhängig
- Bei Verbrennungsprozessen ca. 20-25% mehr Brennstoffbedarf durch CO<sub>2</sub>-Abscheidung
- Bei manchen Prozessgasströmen wesentlich weniger Aufwand (z.B. chem. Industrie, Biotechnologie)
- Abscheidung aus der Umgebungsluft um Faktor 3 bis 10 energieaufwändiger als Abscheidung aus Abgasströmen

# Energiebedarf Abscheidung



DAC... Direct Air Capture

CCS... Capture from flue gas

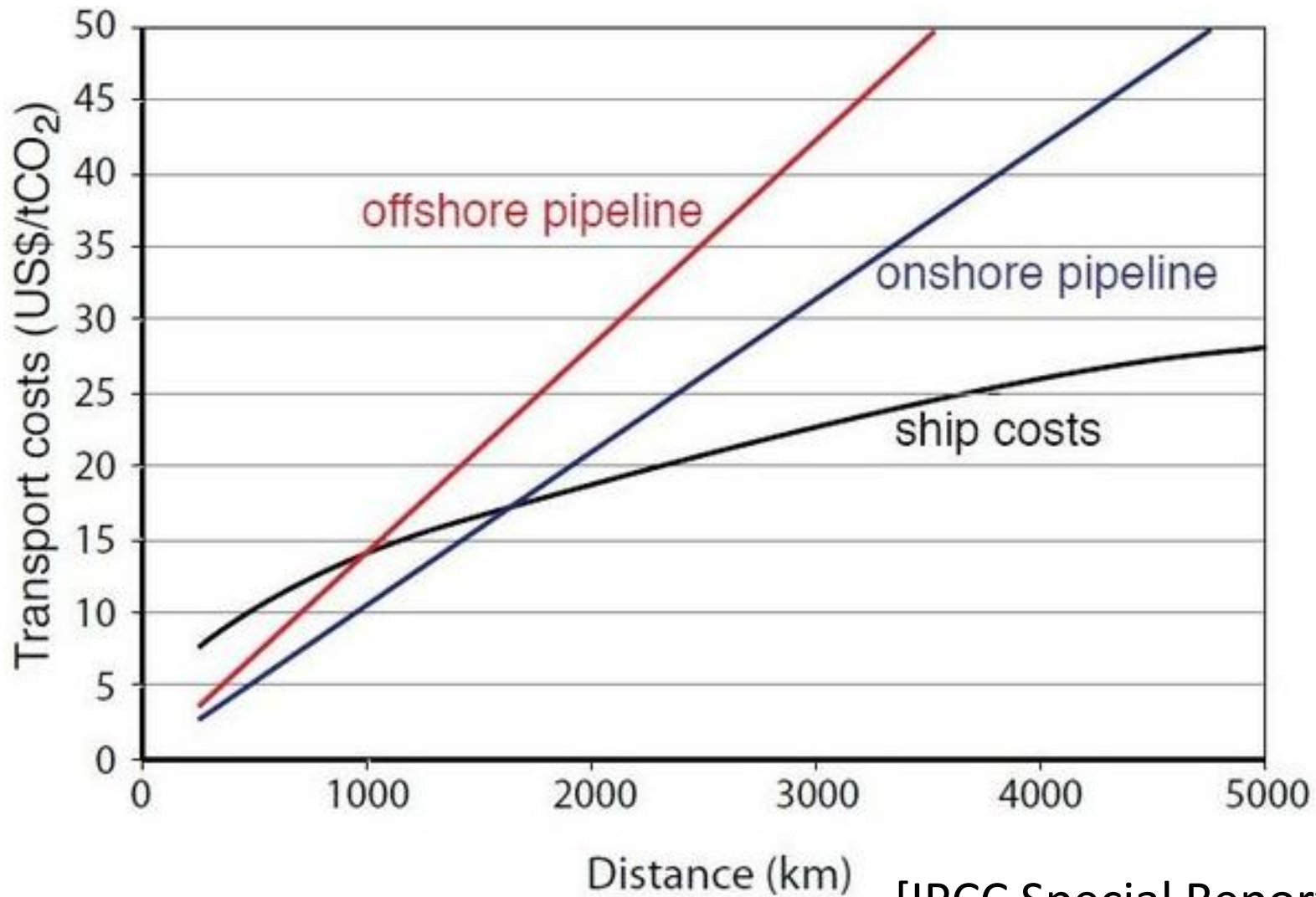
Technologie:  
Temperaturwechsel-  
adsorption (TSA)

Details siehe Quelle!

[Zerobin&Pröll (2020)  
Ind. Eng. Chem. Res. 59,  
9207-14.]

→ Immenser Unterschied zwischen CCS und DAC!

# Transport von CO<sub>2</sub>



Pipeline oder Seeschiff

Für Pilotprojekte auch  
Binnenschiff oder  
Tankzüge denkbar

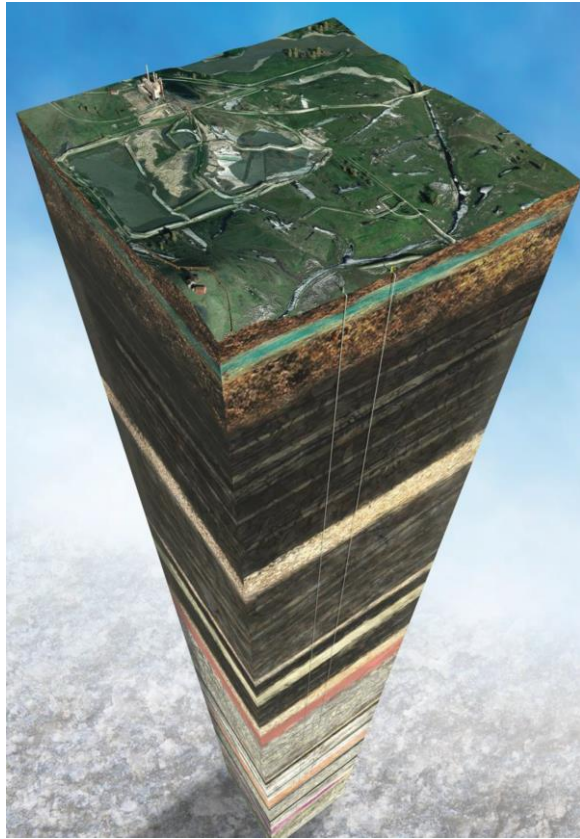
Transport von 1 Mio.  
Tonnen CO<sub>2</sub>:  
50 Seeschiffe oder  
250 Binnenschiffe oder  
1000 Güterzüge

[acatech, 2018]

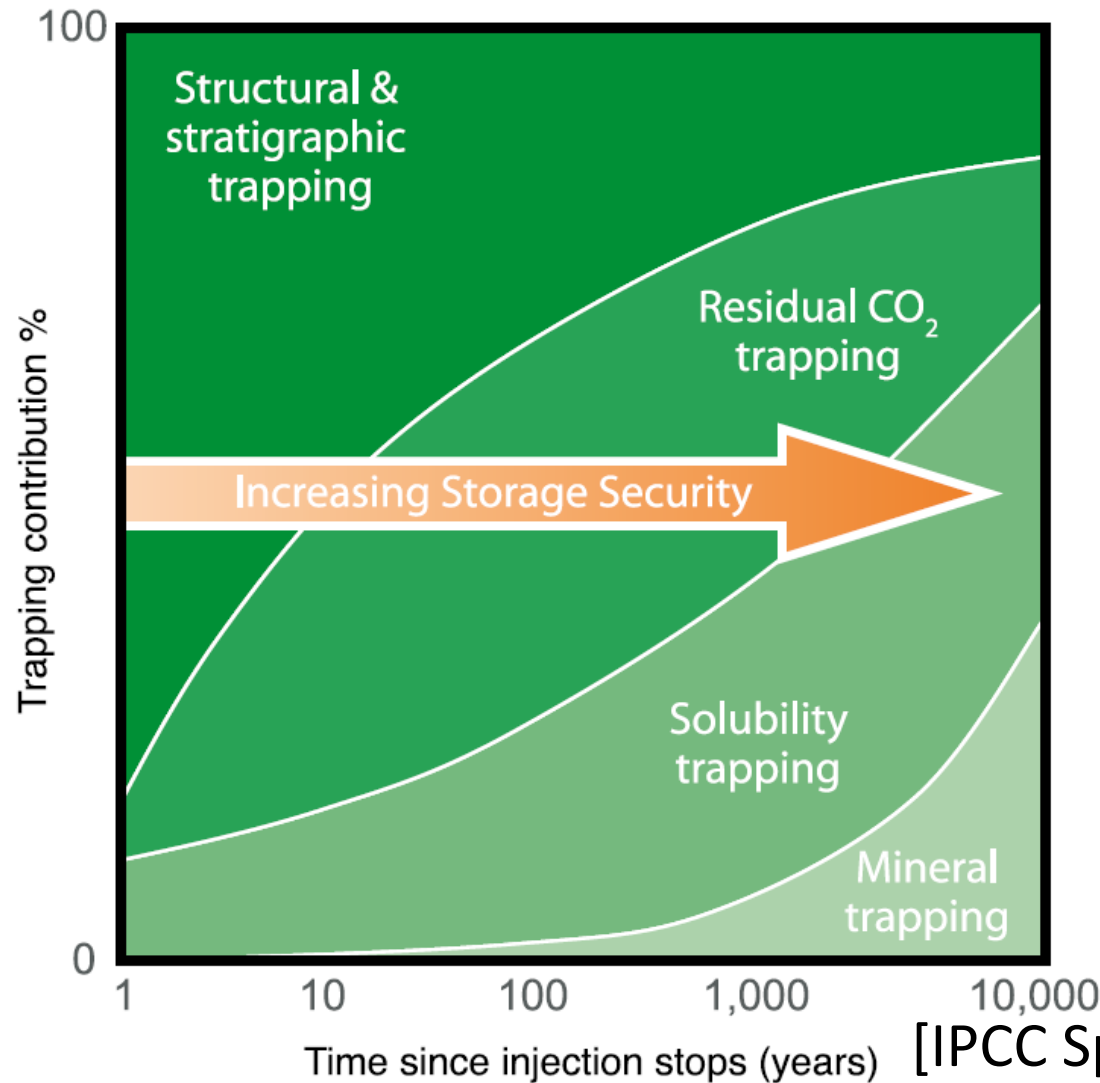
[IPCC Special Report on CCS, 2005]



# Speicherung von CO<sub>2</sub> in geologischen Formationen



[PTRC, online]



[IPCC Special Report on CCS, 2005]

# Speicherpotenzial für CO<sub>2</sub>

in **Mrd. Tonnen CO<sub>2</sub>**:

Offshore Nordsee ca. 200:

- Norwegen: 113
- Großbritannien: 78
- Dänemark: 6,7
- Deutschland: 2,9
- Niederlande: 2,1

Onshore Deutschland:

- Erdgasfelder: 2,75
- Saline Aquifere: 6,4

[acatech POSITION, CCU und CCS, 2018]

Speicher-Bedarf Österreich  
ca. 10-30 **Mio. Tonnen/Jahr**

→ **Speicherkapazitäten für  
Jahrzehnte in Europa  
verfügbar!**

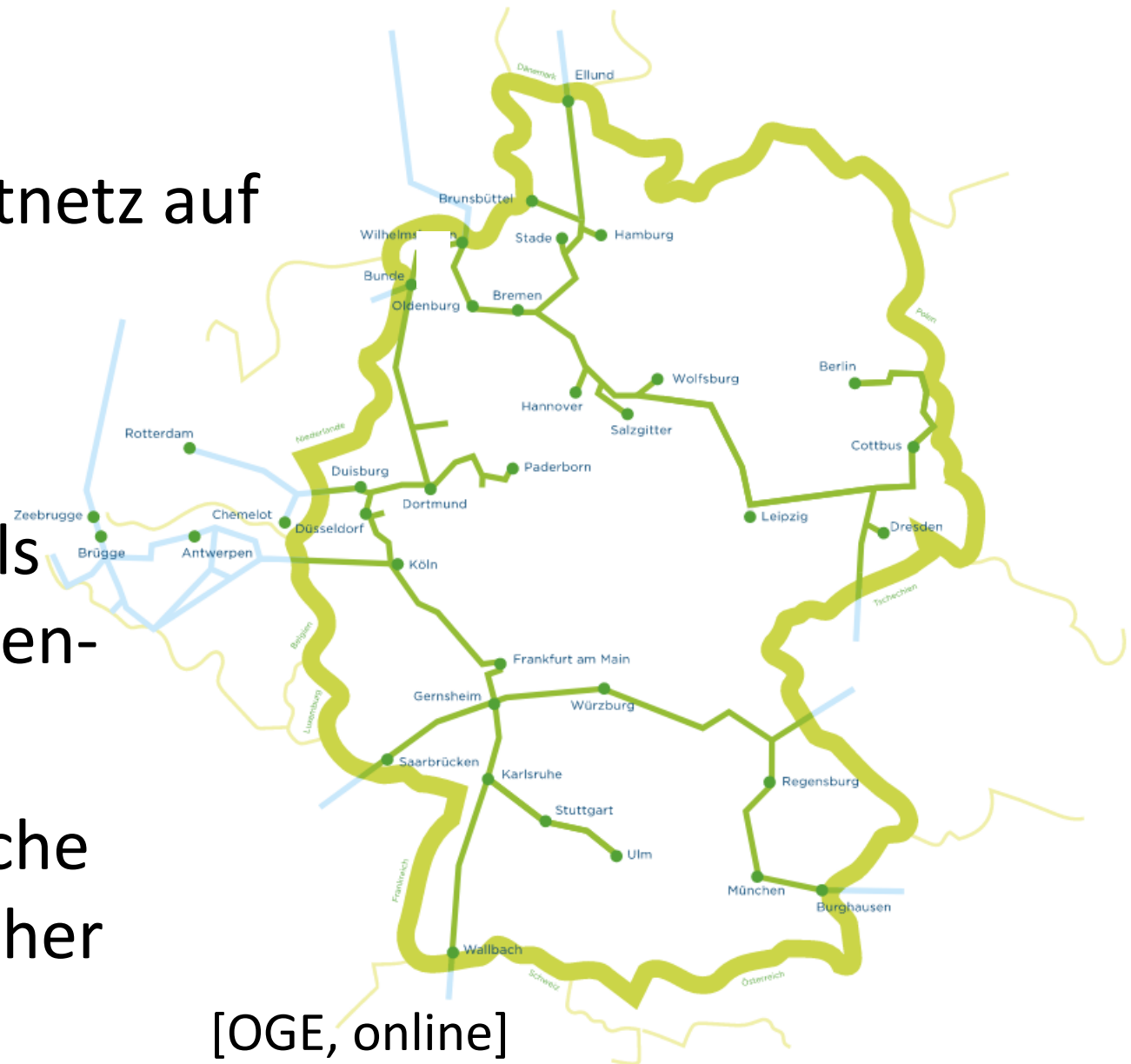
→ **Sichere Feldentwicklung  
ca. 5-10 Jahre**

# Ausblick

- CCS betriebswirtschaftlich darstellbar bei wirksamen CO<sub>2</sub>-Tarifen von 100-160 EUR/Tonne
- In Nordsee-Anrainerstaaten großtechnisch verfügbar
- Für Netto-Null sind CO<sub>2</sub>-Tarife von >300 EUR/Tonne prognostiziert → CCS kommt sehr bald
- Industrie in Nordeuropa wird Produktion mit CCS dekarbonisieren → Wettbewerbsvorteil bei hohen CO<sub>2</sub>-Tarifen
- CO<sub>2</sub>-Transportinfrastruktur wird für den Produktionsstandort relevant

# Wie weiter vorgehen?

- Deutschland baut Transportnetz auf
- Erste 1000 km ab 2028
- Leitung zu Nordsee-HUBs als Benchmark-Option für Kostenkalkulationen
- Lokale Speicher als zusätzliche Option, aber politisch unsicher



# Take-home Messages

- **CCS** mit 100-160 EUR/Tonne CO<sub>2</sub> **teuer, aber** in manchen Bereichen (Chemie, Zement, Eisen&Stahl, Papier&Zellstoff, Müllverbrennung) **vergleichsweise günstig**.
- **Größter Aufwand ist die Abscheidung** eines transportfähigen CO<sub>2</sub>-Stroms (3/4 der Kosten)
- **Abscheidung aus der Umgebungsluft ist** wegen zu hohem Energie- und Materialbedarf **keine Option**
- Zugang zu **CCS-Infrastruktur bedeutet Standortvorteil** für die schwer dekarbonisierbare Industrie