



POTSDAM INSTITUTE FOR
CLIMATE IMPACT RESEARCH



Mercator Research Institute on
Global Commons and Climate Change





POTSDAM INSTITUTE FOR
CLIMATE IMPACT RESEARCH



Management des globalen Kohlenstoffkreislaufs

Der Markt für negative Emissionen und die planetare Abfallwirtschaft im
21. Jahrhundert

Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung, EnergyDay 2023, 14. November 2023

Prof. Dr. Ottmar Edenhofer

*Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK), Direktor
Mercator Research Institute on Global Commons and Climate Change (MCC), Direktor
TU Berlin, Lehrstuhl Ökonomie und Politik des Klimawandels*

Inhalte

- I. Was wir über den Klimawandel wissen
- II. Wie die Klimaziele und CO₂-Entnahmen zusammenhängen
- III. Erwartungen an CO₂-Entnahme und -Speicherung in der Europäischen Union
- IV. Marktintegration und Nachhaltigkeit
– neue Governance-Herausforderungen

Was wir über den Klimawandel wissen



Der Großteil der fossilen Reserven muss untertage bleiben

Nicht mehr als **616** Gt CO₂ dürfen in die Atmosphäre emittiert werden, um die globale Erwärmung deutlich unter 2°C zu halten



Die Ressourcen an fossilen Brennstoffen entsprechen ca.

10.600 Gt CO₂

Die Klimaziele von Paris geben das noch vorhandene CO₂-Budget vor:

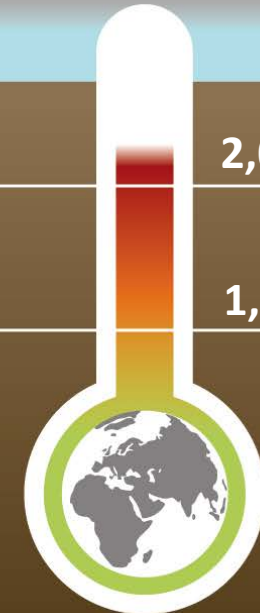
991 Gt CO₂

2,0°C

616 Gt CO₂

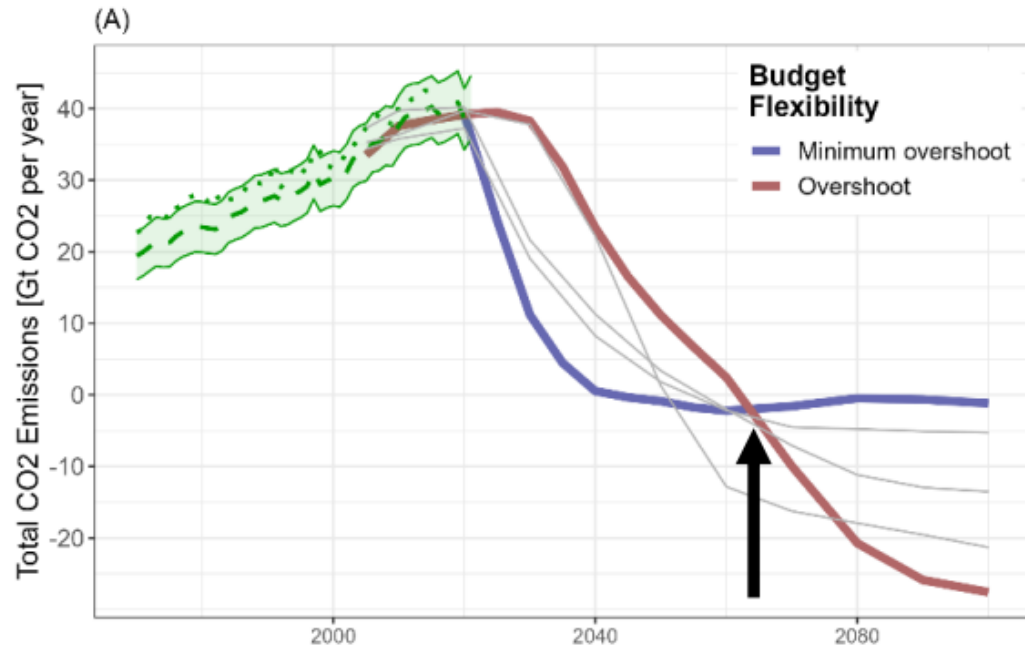
241 Gt CO₂

1,5°C



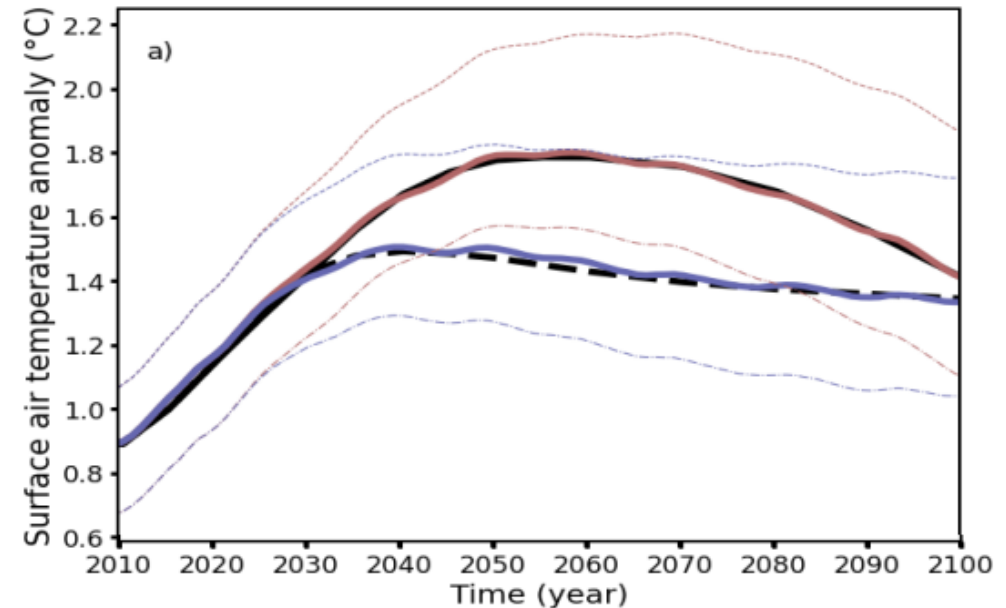
Kaum noch Zeit für 1,5°C – „Overshoot“ sehr wahrscheinlich, aber riskant

Unterschiedliche Emissionspfade haben dasselbe Kohlenstoffbudget...



„Overshoot“ = Netto-Null in 2050 und Negativemissionen danach

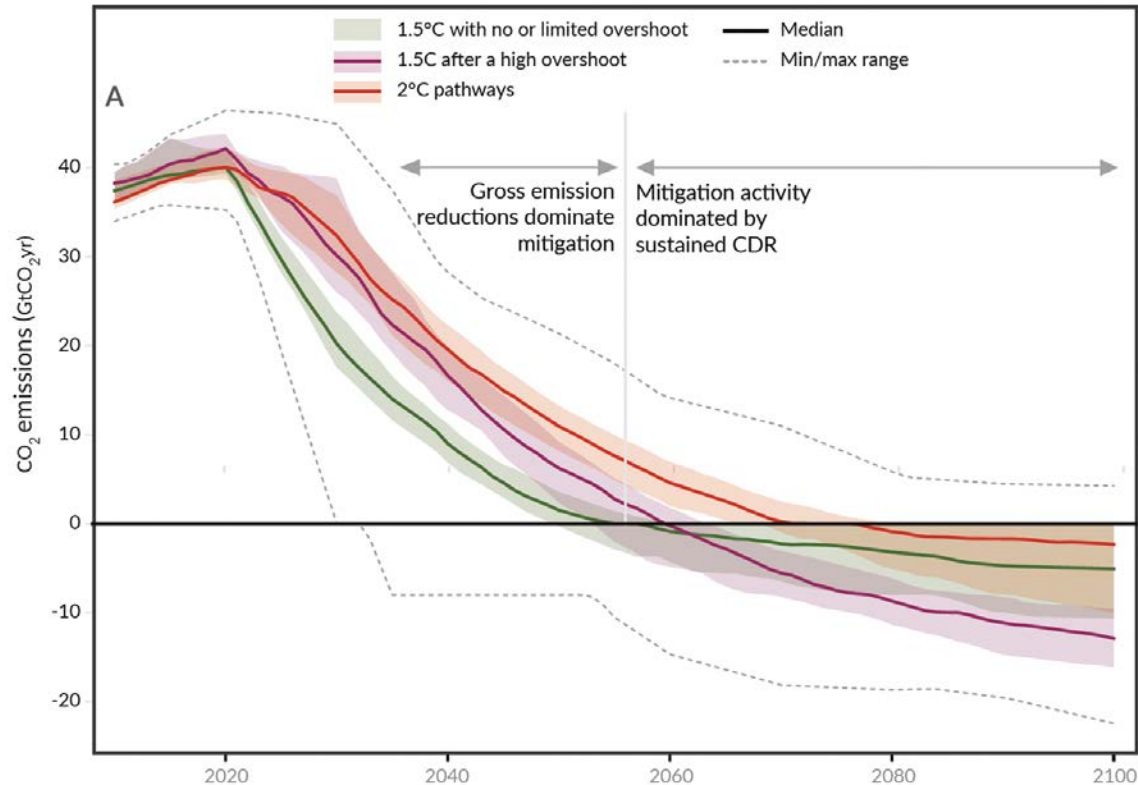
...führen aber zu verschiedenen globalen Erwärmungsmaxima



Quelle: Bauer et al. (2023)

Wie die Klimaziele und CO₂-Entnahmen zusammenhängen

Dreifacher Bedarf nach CDR



Quelle: Smith, Geden, Nemet et al. (2023). *The State of Carbon Dioxide Removal*

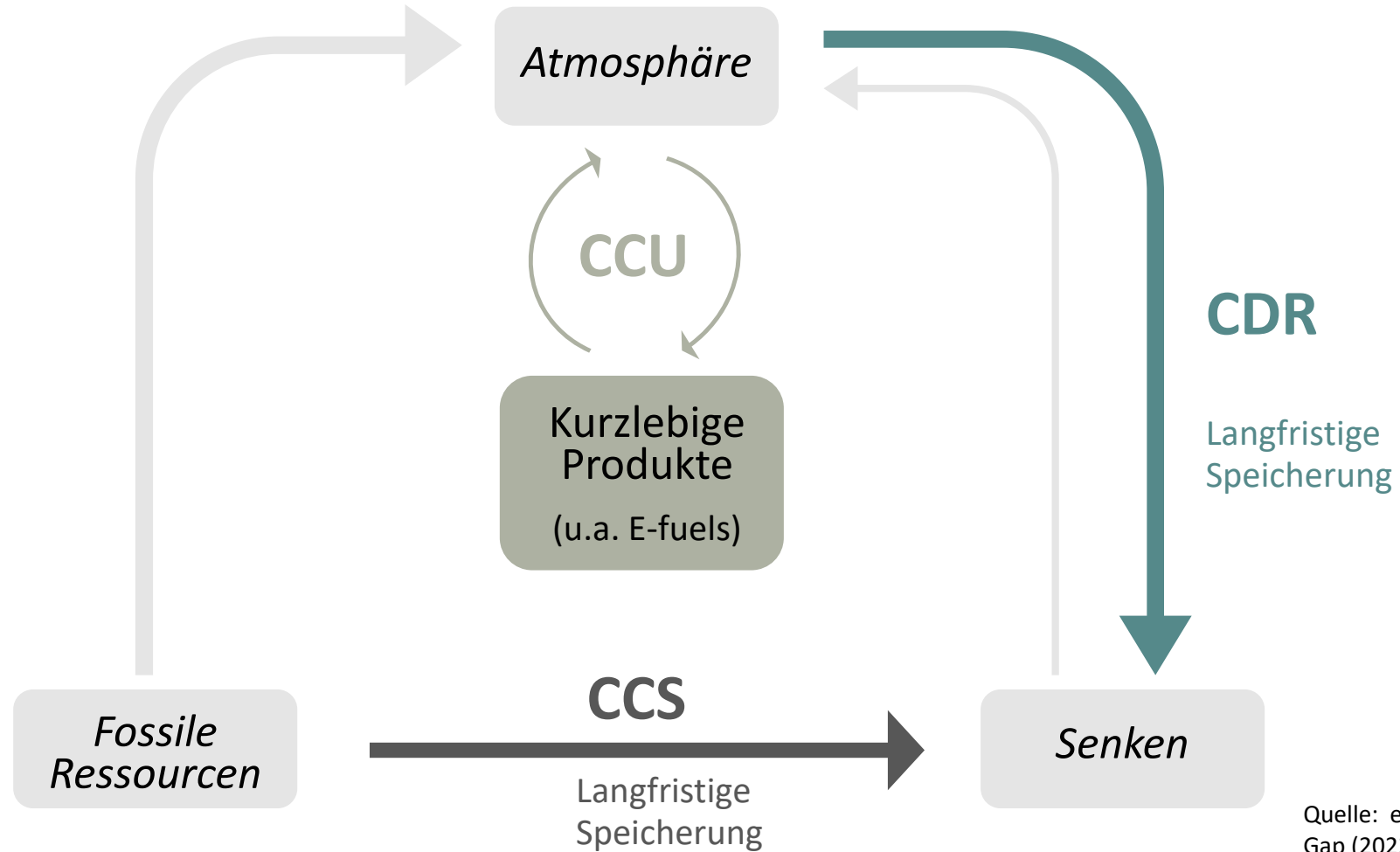
Vor Netto-Null trägt CDR zur Senkung von Nettoemissionen bei

(entscheidende Phase für Hochlauf von neuartigem CDR)

CDR gleicht Restemissionen bei Netto-Null aus

CDR erzielt langfristige Negativemissionen (Abbau des „Overshoots“)

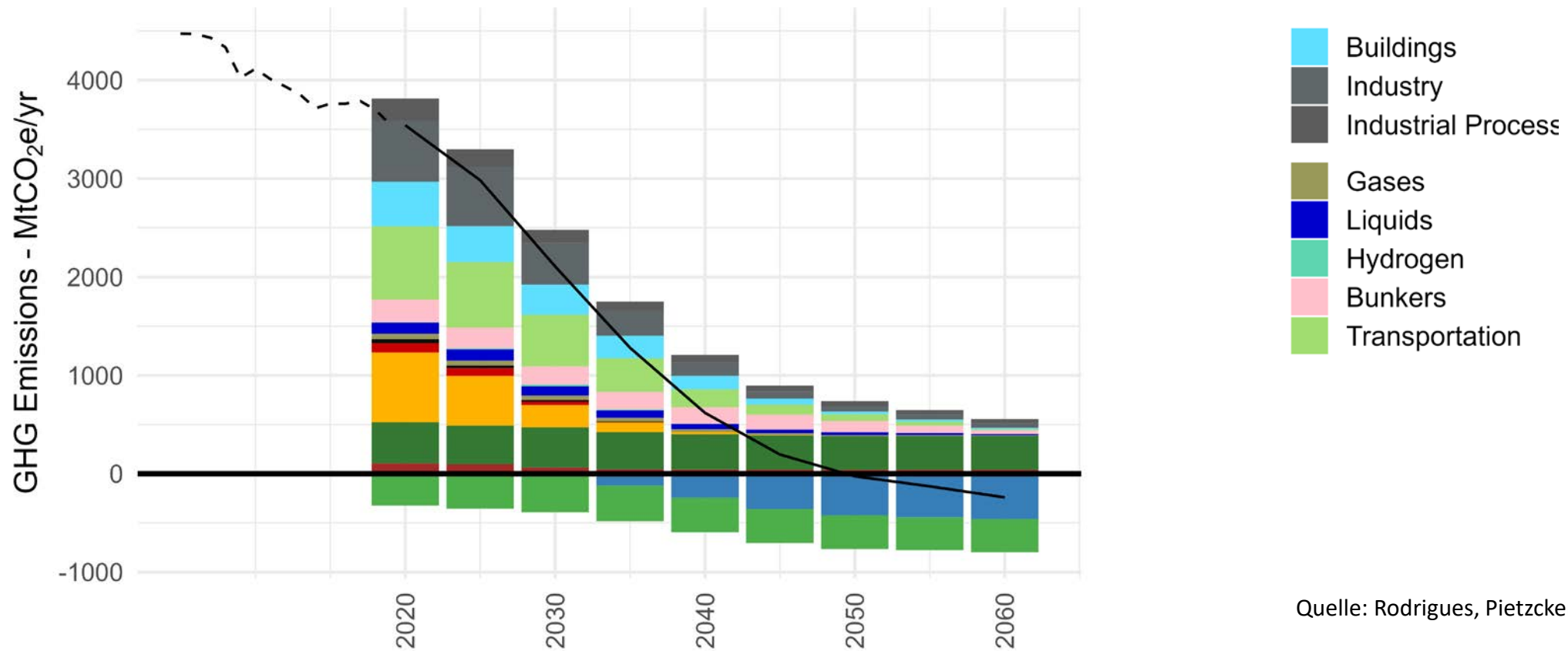
CDR, CCS, CCU – Worüber sprechen wir eigentlich?



Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an Carbon Gap (2022); Smith, Geden, Nemet et al. (2023)

Netto-Null-Ziel impliziert Ausgleich schwer vermeidbarer Restemissionen durch CO₂-Entnahmen

Restemissionen im EU Green Deal Szenario



Quelle: Rodrigues, Pietzcker et al., in Bearbeitung

Bis zur Unendlichkeit und darüber hinaus? Permanenz und Kosten der CDR-Optionen variieren stark

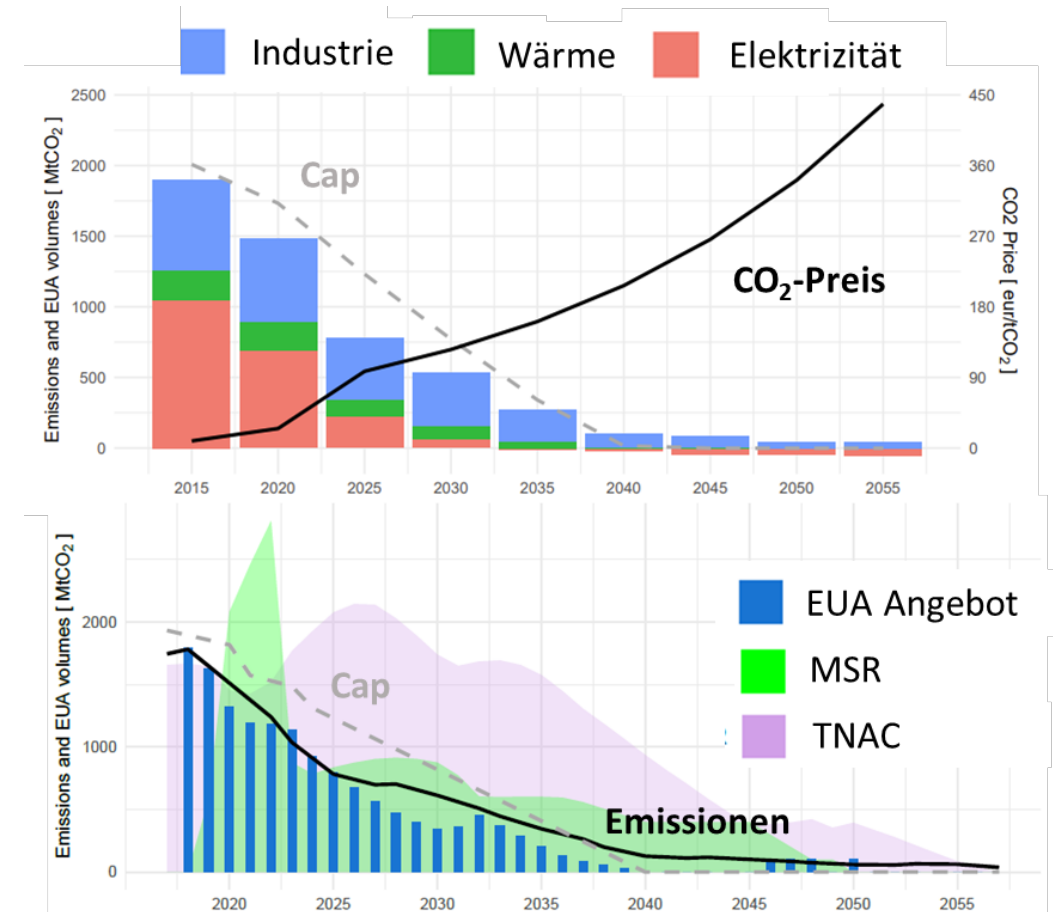
Technologie	Potenziale (GtCO ₂ yr ⁻¹)	Kosten (\$/t)	Speicherdauer (Halbwertszeit)
(Wieder-)Aufforstung	0,5-3,6	0-50	Jahrzehnte bis Jahrhunderte
BECCS	0,5-5	100-200	Jahrtausende
Ozeanalkalisierung	0,1-10	14-500	Jahrhunderte
Beschleunigte Verwitterung	2-4	50-200	Jahrhunderte
Biokohle	0,5-2	30-120	Jahrhunderte
Landwirtschaftspraktiken	2-5	0-100	Jahre bis Jahrzehnte
DACCS	0,5-5	100-300	Jahrtausende

Quelle: Kalkuhl et al. (2023). *Pigou's Advice and Sisyphus' Warning: Carbon Pricing with Non-Permanent Carbon-Dioxide Removal*

Erwartungen an CO₂-Entnahme und -Speicherung in der Europäischen Union

„Endspiel“ des EU ETS könnte schon in den 2030ern beginnen

- › „Fit for 55“ Revision: EU ETS Cap soll bis **2040 auf Null** sinken
- › „Endspiel“: Übergang von **positivem zu negativem Angebotsgleichgewicht** (d.h. Kompensation von Restemissionen durch Entnahmen)
- › Sind die **EU-Governance-Strukturen fit für Netto-Null?**



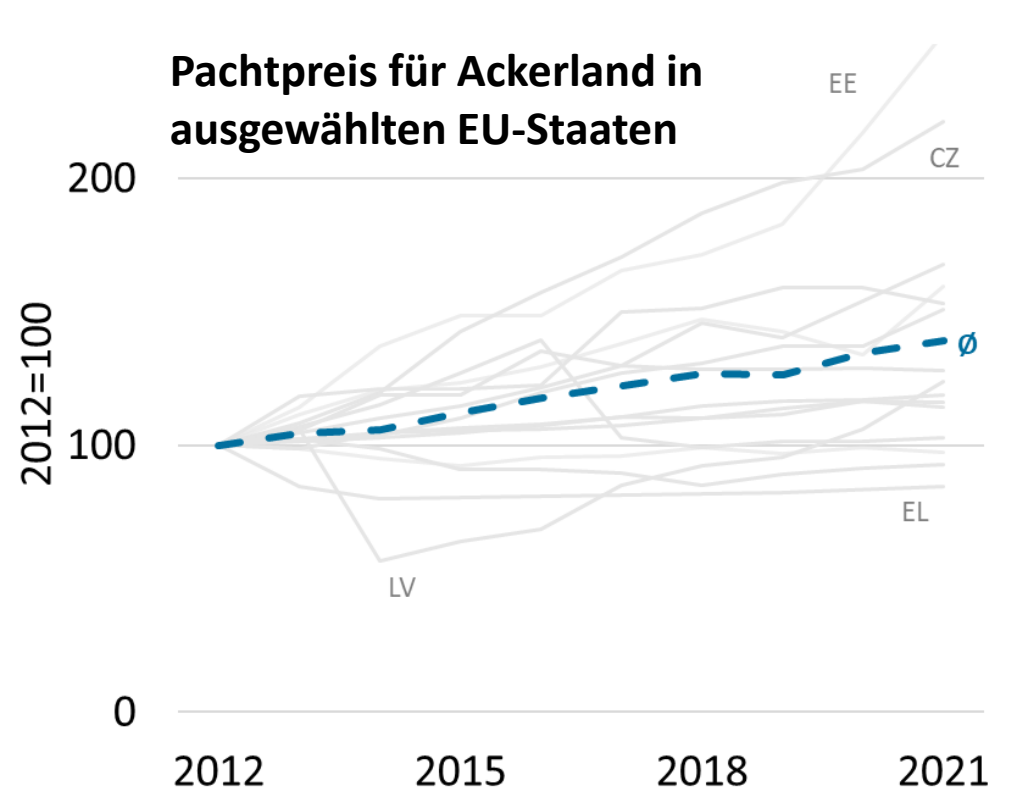
Quelle: Pahle et al. (2023). *The Emerging Endgame: The EU ETS on the Road Towards Climate Neutrality*

Ausgaben für CDR in Milliarden- und Billionenhöhe in 2050

	EU	Global	
CDR Bedarf (Gt CO ₂ in 2050)	0,3-0,6	5-15	<i>EC Sustainable Carbon Cycles SWD, EC A Clean Planet for all Communication State of Carbon Dioxide Removal Report</i>
Kosten für Entnahme (\$/t CO ₂)	100-300		<i>State of Carbon Dioxide Removal Report</i>
Ausgaben	<u>EUR 25-150 Mrd.</u>	<u>EUR 430-3.850 Mrd.</u>	<i>Wechselkurs \$/€: 0,86 (Ø 2018-22)</i>
BIP in 2021	EUR 15 Bn.	EUR 74 Bn.	<i>EU, World Bank (in 2015 US\$)</i>
BIP in 2050	EUR 26 Bn.	EUR 131 Bn.	<i>Angenommene Wachstumsrate/Jahr: 2% (2022-50)</i>
CDR Ausgaben (% d. BIP)	<u>0,1 - 0,6</u>	<u>0,3 - 3,0</u>	

Quelle: eigene Berechnungen (back of the envelope)

Scheinbar billige Entnahmen im Landsektor könnten teurer werden als bisher erwartet



Quelle: eigene Berechnungen basierend auf Eurostat (APRI_LRNT; arable and/or permanent grassland); Daten ab 2012 verfügbar für BG, CZ, DK, EE, EL, ES, FR, LV, LT, HU, NL, AT, SL, SK, FI; Ø über diese 15 EU MS

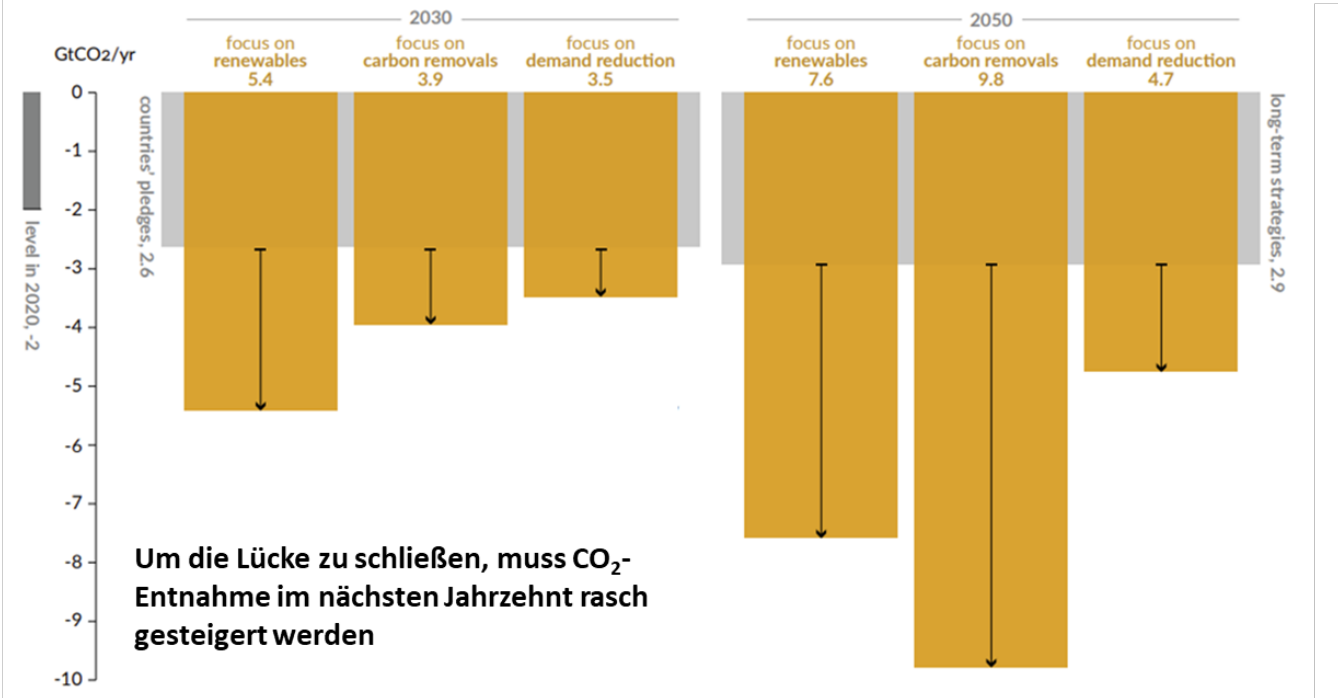
- › Bei hoher CO₂-Schuld könnten Unternehmen aus **strategischen Gründen bankrott** gehen (Moral Hazard)
- › Kommen Unternehmen nicht für ihre CO₂-Schuld auf, muss diese **von der Gesellschaft getragen** werden
- › Eine hohe CO₂-Schuld kann kurzfristig separate Ziele für nicht-dauerhaftes CDR rechtfertigen
- › CO₂-Schulden erfordern **geeignete Instrumente**, um übermäßige CO₂-Schuld zu vermeiden

Marktintegration und Nachhaltigkeit – neue Governance-Herausforderungen



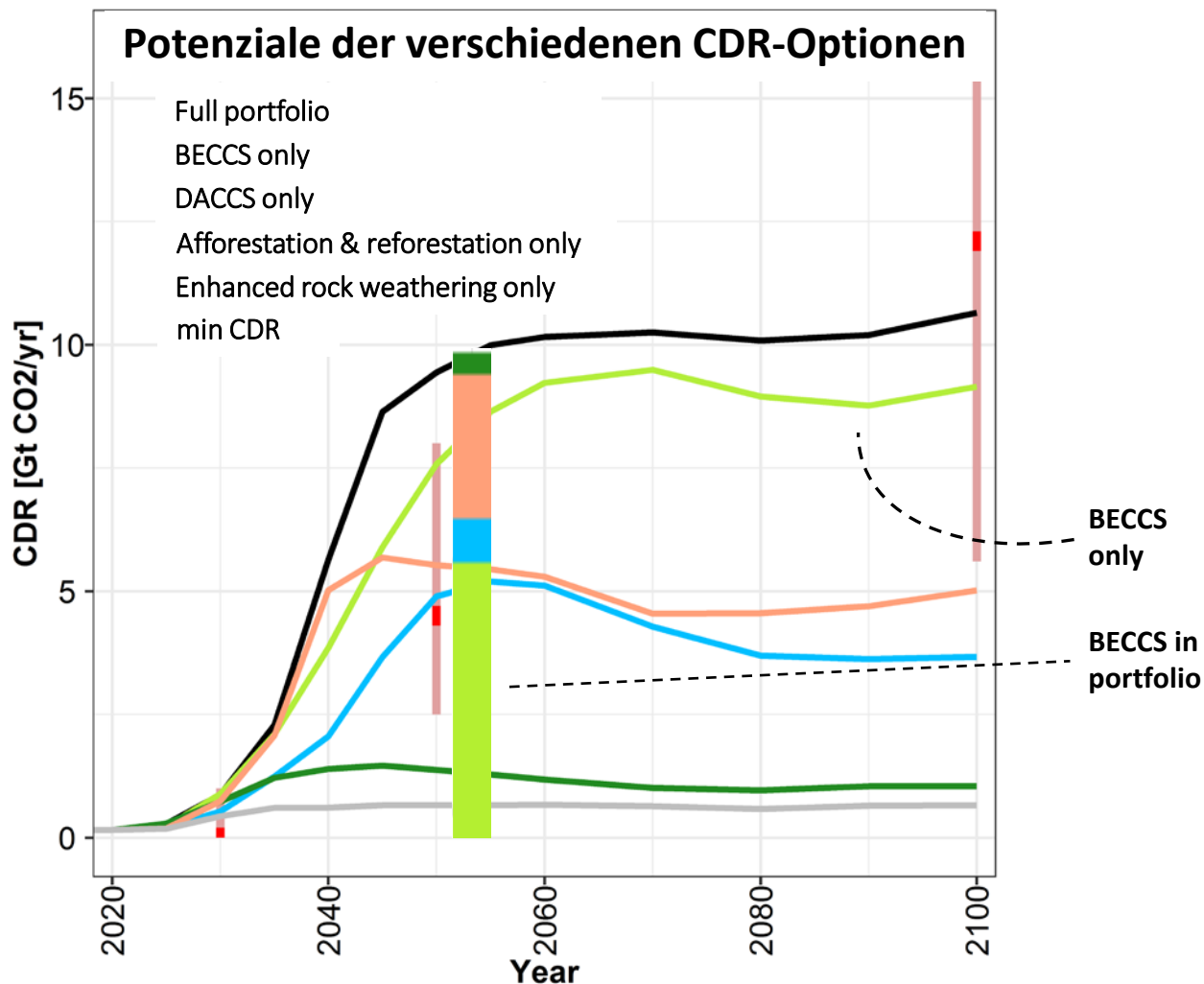
Große Diskrepanz zwischen geplantem Umfang und tatsächlichem CDR-Bedarf

CO₂-Entnahme (GtCO₂/Jahr) im politisch geplanten Umfang verglichen mit drei Paris-relevanten Szenarien in 2030 und 2050



Quelle: Smith, Geden, Nemet et al. (2023). *The State of Carbon Dioxide Removal*

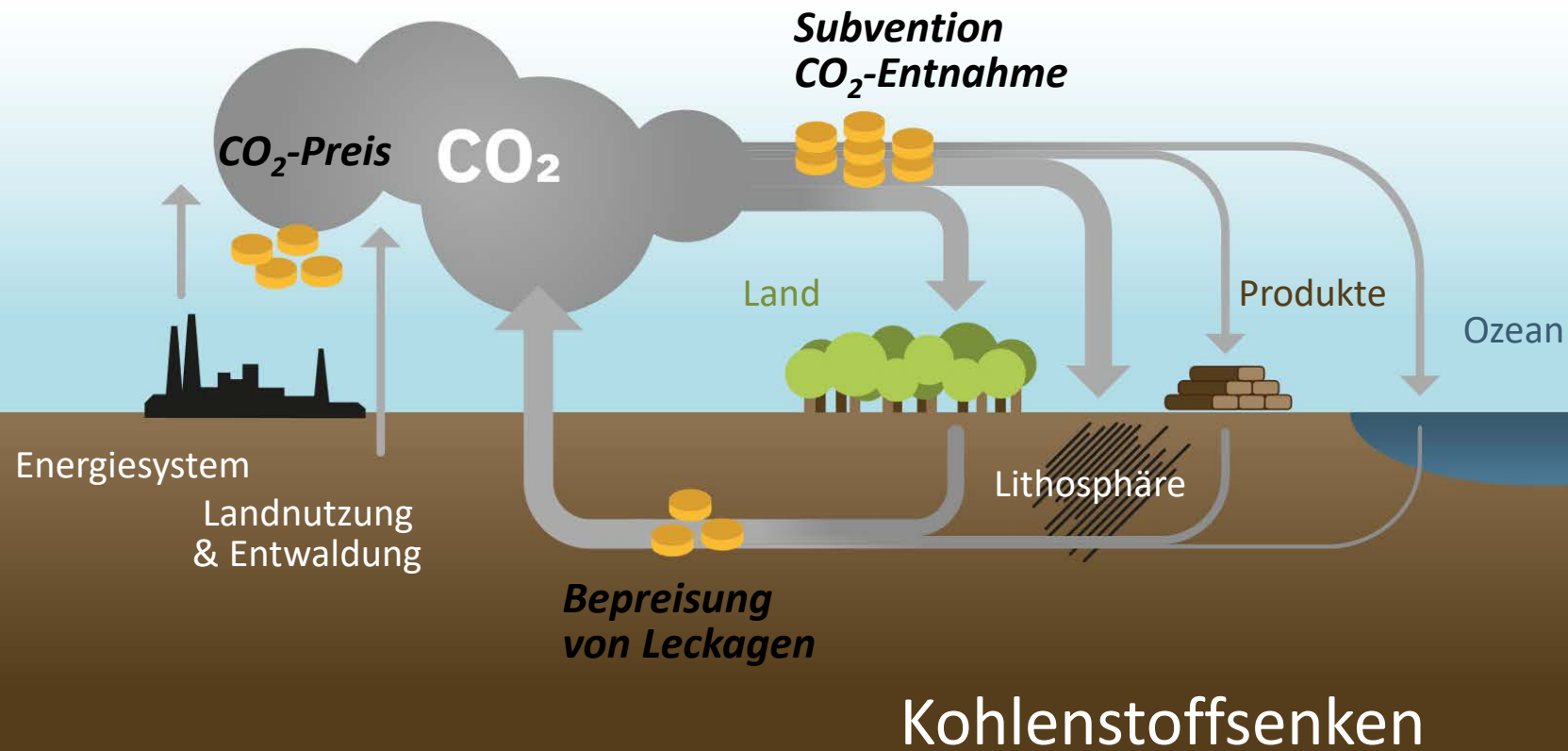
Es gibt kein Patentrezept für das CDR. Portfolios haben mehrere Vorteile



- Eine **höhere CDR-Verfügbarkeit** kann zu niedrigeren Nettoemissionen führen und somit eine **frühere Emissionsneutralität ermöglichen**
- Portfolios **gleichen regionalen CDR-Einsatz** aus, ...
- ...**begrenzen** dadurch **negative Umweltfolgen...**
- und erschließen das **größte CDR-Potenzial**

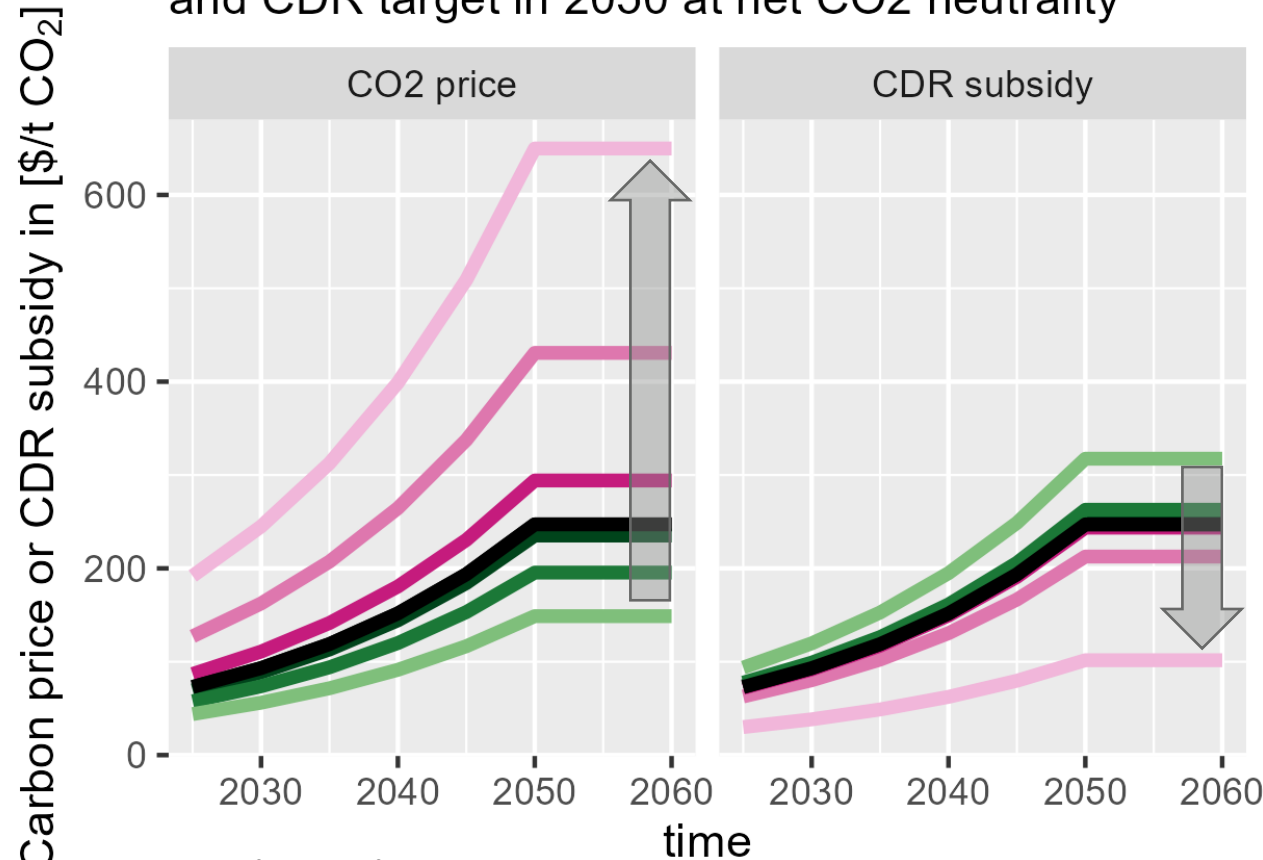
Quelle: Streffler et al. (2021). *Carbon dioxide removal technologies are not born equal*

Die „planetare Abfallwirtschaft“ ist die Kernaufgabe des 21. Jahrhunderts



Getrennte Mengenziele für Restemissionen und CDR führen zu divergierenden Preisen

Hotelling price paths to reach respective abatement and CDR target in 2050 at net CO2 neutrality



Quelle: Merfort & Strefler, in Bearbeitung

Die EU braucht eine Governance-Lösung für CDR

Zertifizierungsstelle für
CO₂-Entnahmen



Europäische
Kohlenstoff-Zentralbank

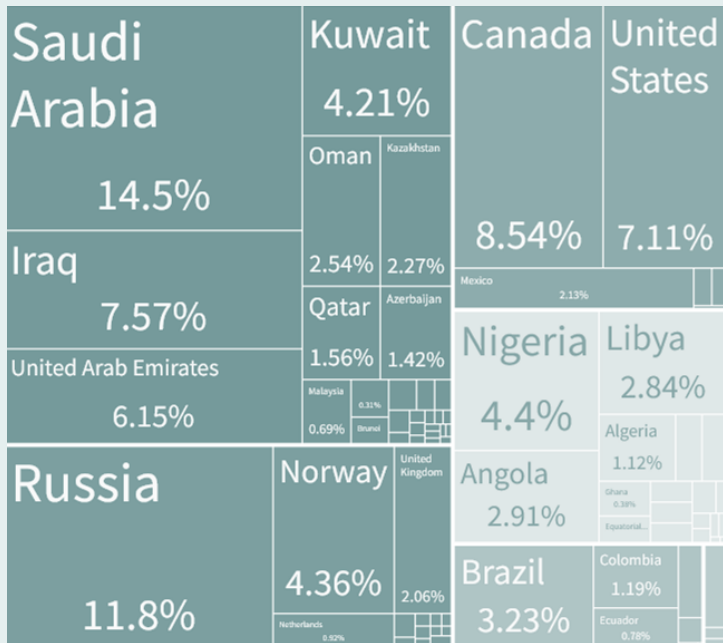


Innovationsbehörde
„Green Leap“



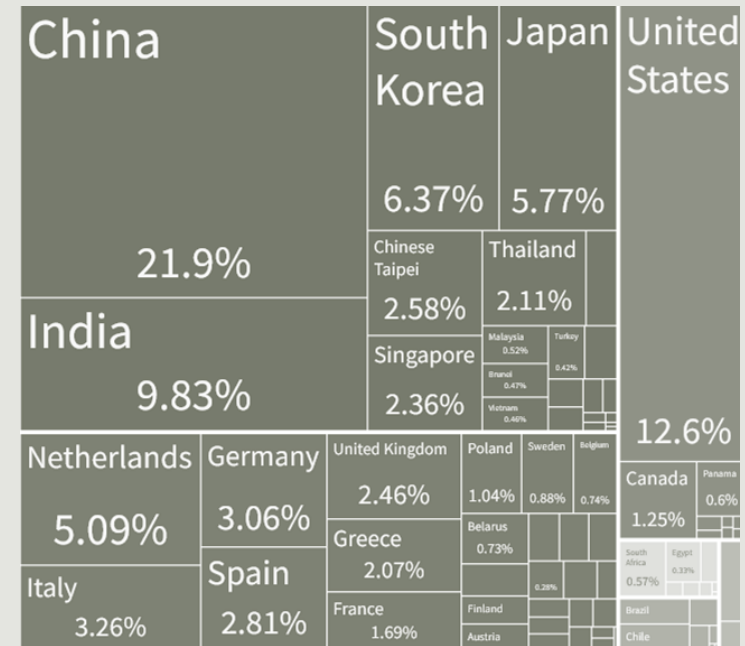
Nutzung von CDR und CCU/CCS wird sich international ungleich verteilen – ein Anreiz für die Klimakooperation?

CDR-Subvention > CO₂-Preis



Rohölexporteure

CDR-Subvention < CO₂-Preis



Rohölimporteure

Quelle: OEC (2023). *Which countries export Crude Petroleum?* (2021); basierend auf Franks et al. (2022). *Optimal pricing for carbon dioxide removal under inter-regional leakage*

Zusammenfassung

- › Um die Pariser Klimaziele zu erreichen, müssen **Emissionen schnell und tiefgreifend gesenkt werden – nicht erst in ein paar Jahren, sondern sofort**
- › **Ohne CDR wird es nicht gehen.** Mittelfristig muss CDR schwer vermeidbare **Restemissionen** kompensieren, langfristig gleichen Netto-Entnahmen einen temporären **Overshoot** aus
- › Die Einführung von CDR im industriellen Maß erfordert so bald wie möglich **kohärente Anreizsysteme** sowie Glaubwürdigkeit und Transparenz auf den CO₂-Märkten
- › Dafür braucht es gute Governance, welche sich den neuen **institutionellen Herausforderungen** stellt und zur **internationalen Klimakooperation** beiträgt
- › Die **nachhaltige Bewirtschaftung des Kohlenstoffkreislaufs** & Einrichtung eines **planetaren Abfallmanagementsystems** sind zentrale Herausforderungen der Klimapolitik im 21. Jahrhundert

Herzlichen Dank

Medienanfragen:

presse@pik-potsdam.de

+49 331-2882507

Twitter / X: [pik_klima](#) (DE) / [pik_climate](#) (ENG)

Mastodon: [pik_climate](#)

LinkedIn: Potsdam Institute for Climate Impact Research (PIK)

Facebook / Meta: Potsdam Institute for Climate Impact Research (PIK)

Instagram: [pik_klima](#)

