

MÖGLICHKEITEN VON CCU UND CCS FÜR DIE "HARD TO ABATE" INDUSTRIE

Ergebnisse des CaCTUS Projekts

02.12.2025 – Grüngas-Kongress 2025

Dipl.Ing. (FH) Johannes Lindorfer
Energieinstitut an der Johannes Kepler Universität Linz

Das Projekt „CaCTUS“

Projektziele

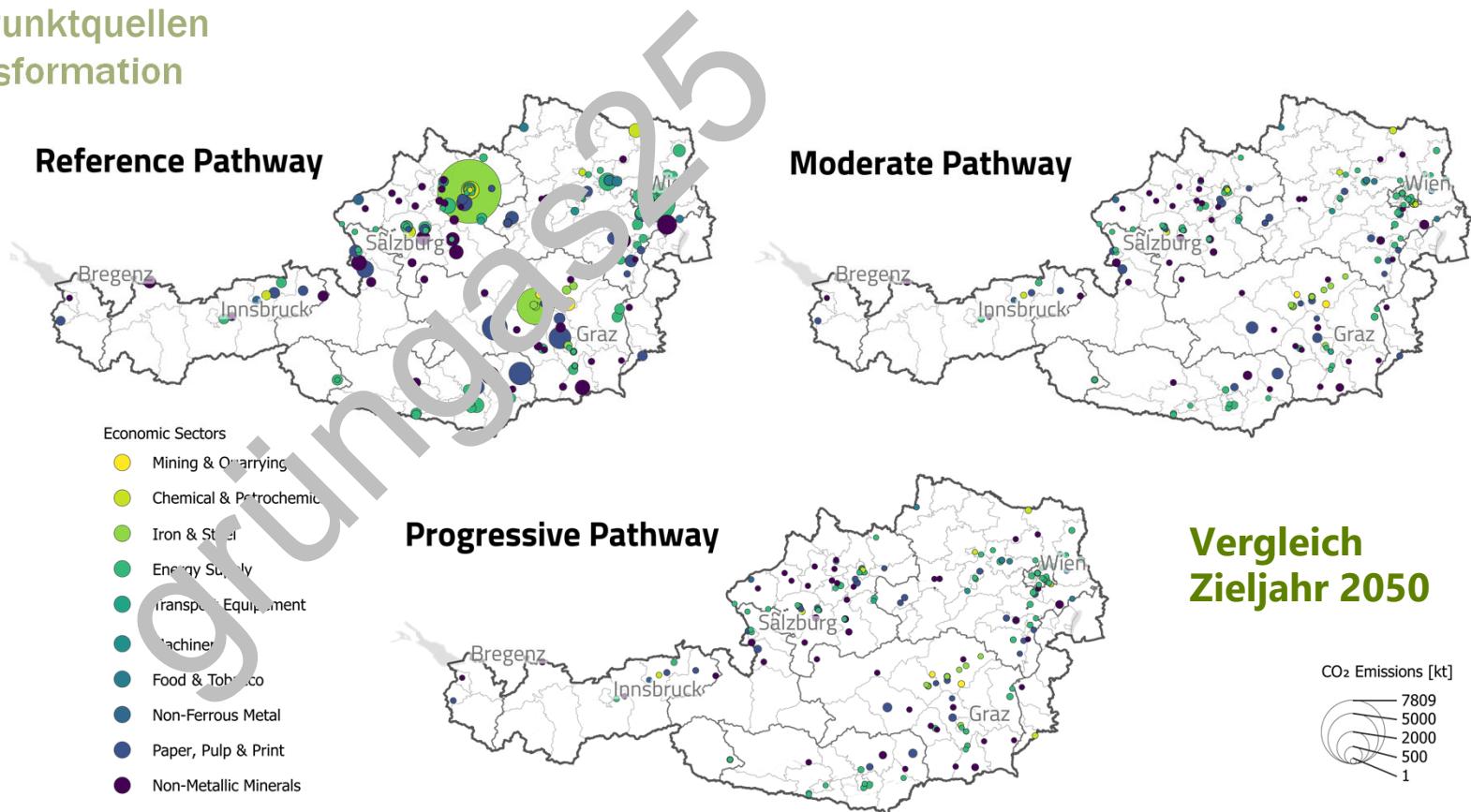
- Identifikation und Quantifizierung der **technischen Potenziale** für CCU/CCS in Österreich
- Identifikation spezifischer **Klimaauswirkungen** und Senken- bezogener **Vermeidungspotenziale** von CCU/CCS
- **Technoökonomische Bewertung** identifizierter Kohlenstoffrouten und deren Beitrag zur **Klimaneutralität**
- **Bewertung aktueller Barrieren** und regulatorischer Schwächen, die eine rasche Implementierung und optimale Wirkung behindern

<https://project-cactus.at/>

grüngas25

Potenzialentwicklung CO₂-Quellen

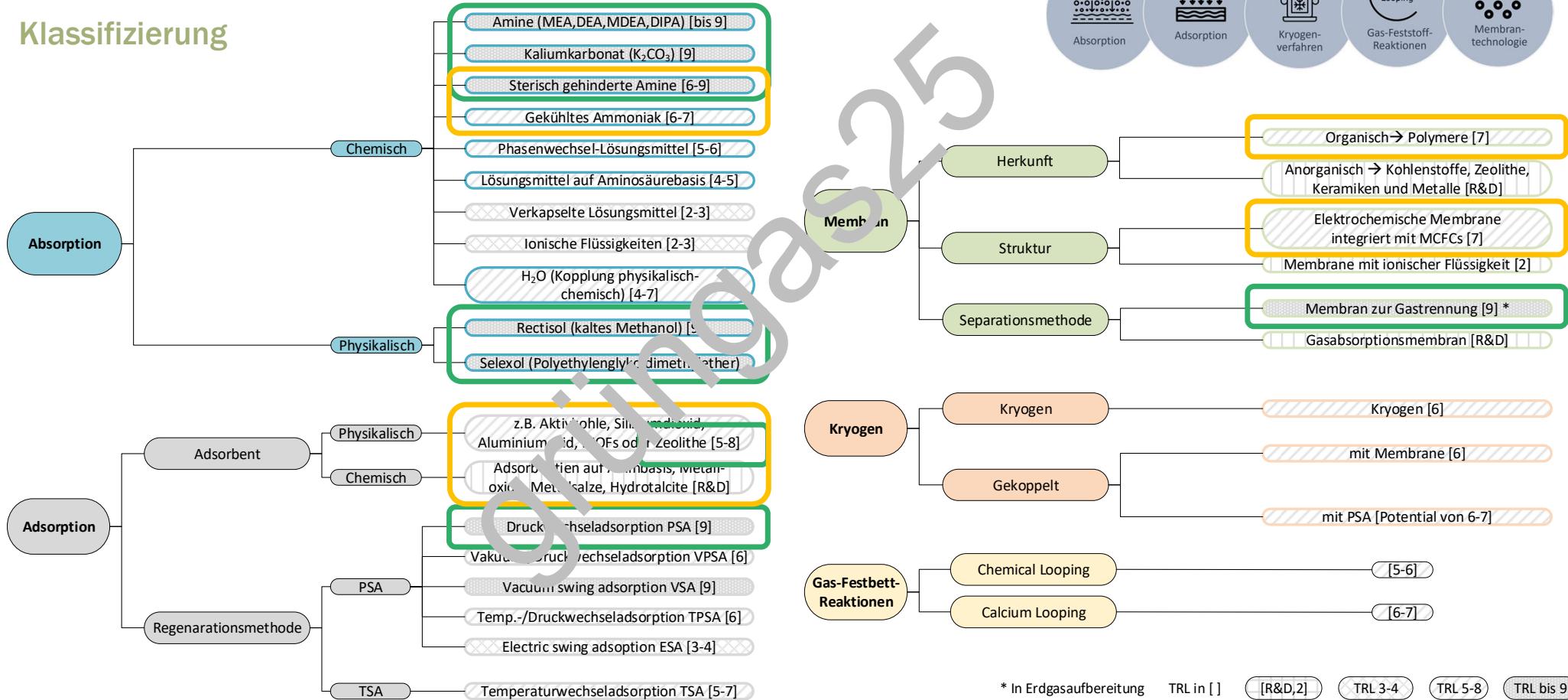
Verteilung industrieller Punktquellen
im Zuge der Energietransformation



Hochmeister S. et al. "A methodology for the determination of future Carbon Management Strategies: A case study of Austria". IJSEPM 2024

Potenzialentwicklung Capture-Technologien

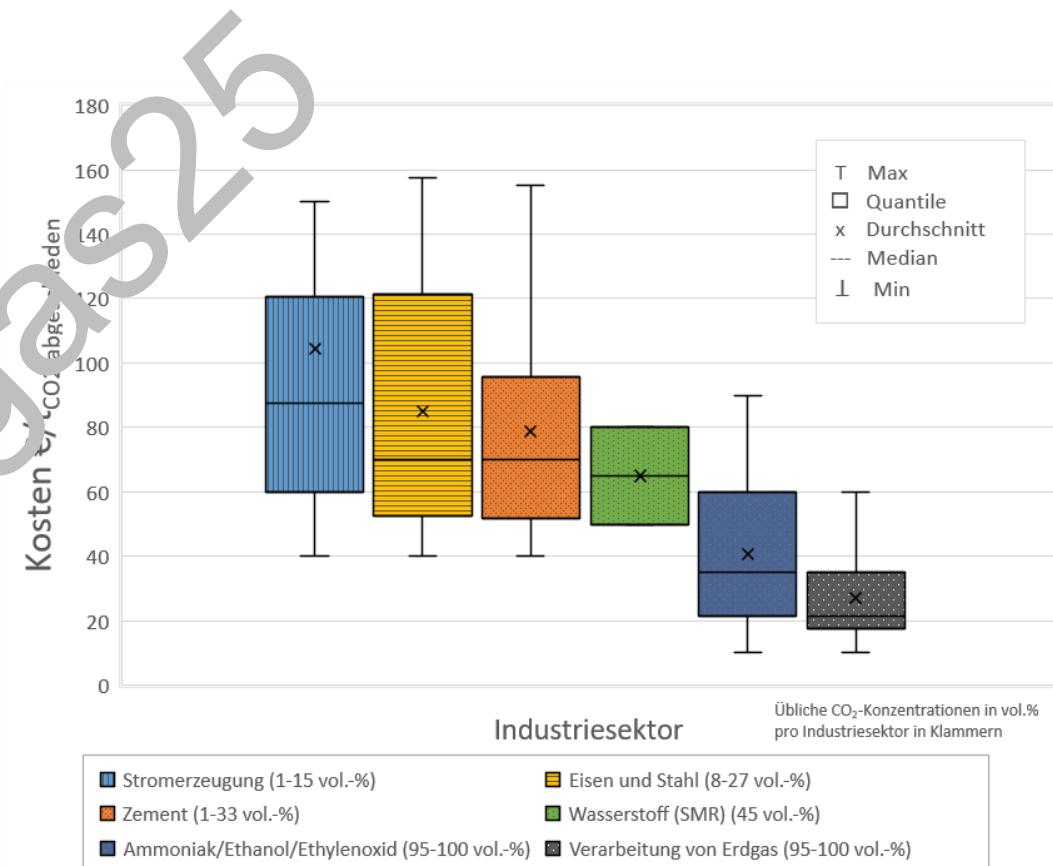
Klassifizierung



Potenzialentwicklung Capture-Technologien

Energiebedarf & Kosten

Technologie	Energiebedarf		Technologie-reifegrad *
	GJ/t _{CO₂}		
	thermisch	elektrisch	
Absorption			
MEA, EDA, MDEA, etc.	3,0 - 4,5	0,6 - 0,9	bis 9
Auswahl Neue/optimierte Waschmittel	2,1 - 2,9	0,5 - 0,6	6 - 9
Alkalikarbonate	2,0 - 2,6	0,4 - 0,5	9
Ammoniakwäsche	2,0 - 2,9	0,4 - 0,6	6 - 7
Salze d. Aminosäure	2,4 - 3,4	0,5 - 0,7	6 - 5
Adsorption			
Zeolithe, etc. (PSA)	-	2,4 - 3,0	bis 9
Metall-organische Gerüste (PSA)	-	2,9 - 4,2	5 - 8
Amin-funktionalisierte Adsorbenzien (TSA)	1,8 - 4,0	-	1 - 2
Membrantechnik			
-	3,5 - 6,0	-	2 - 7
Kryogenverfahren			
-	1,0 - 1,6	-	bis 6
Gas-/Festbettreaktionen (Solid Looping)			
	2,2 - 10	-	5 - 7



Wolf-Zoellner P. et al. "Status und Potenziale von Carbon Capture", CCCA Fact Sheet. 2024

CO₂-Speicherpotenziale in Österreich

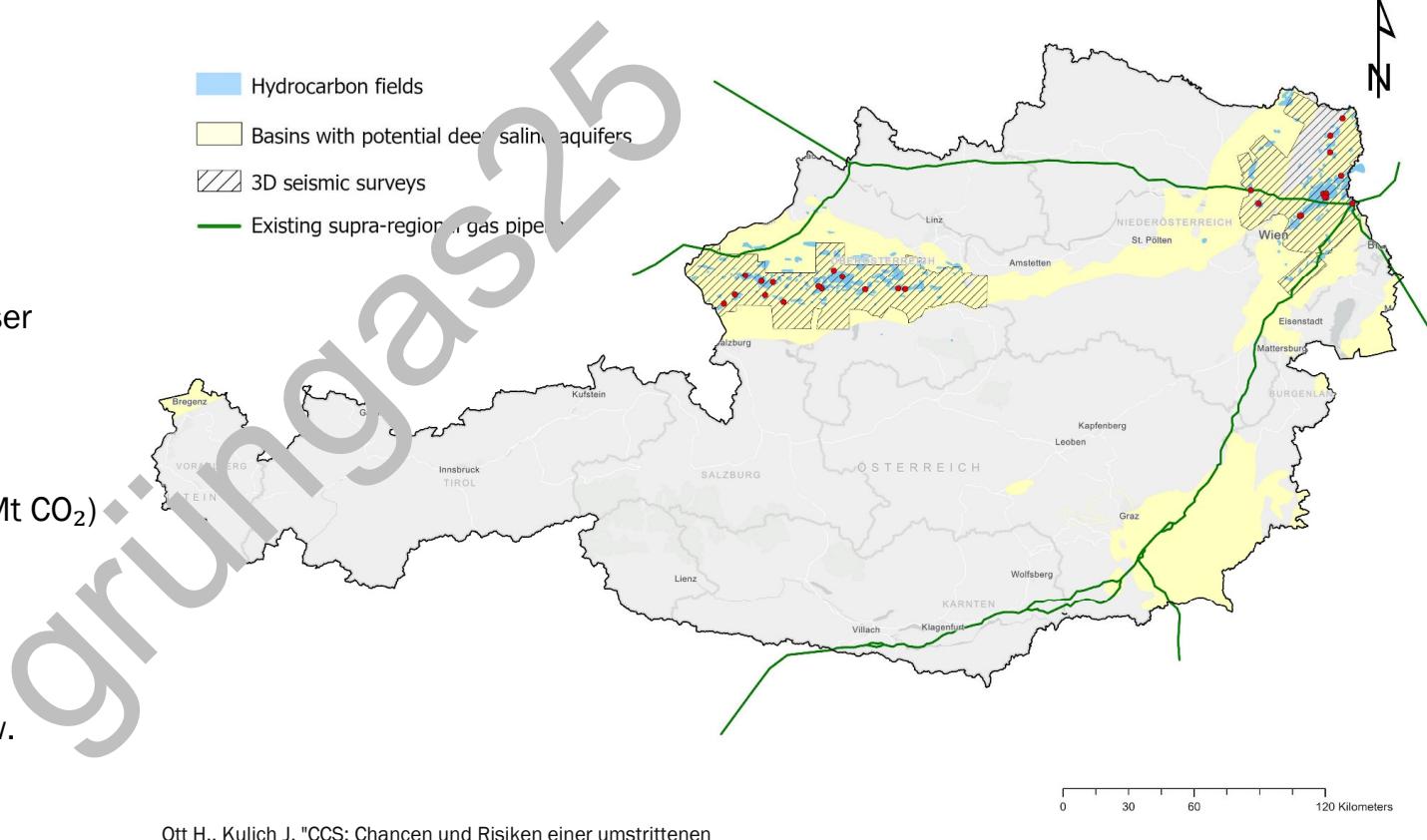
Heimische...

... Kohlenwasserstofffelder

- Volumen und Charakteristika besser bekannt
- rasche Umsetzung möglich
- limitierte Kapazitäten (120–300 Mt CO₂)

... tiefe Aquifere

- mögliches Potenzial im Gt-Bereich
- bislang unzureichend bekannt bzw. charakterisiert
- Exploration erforderlich



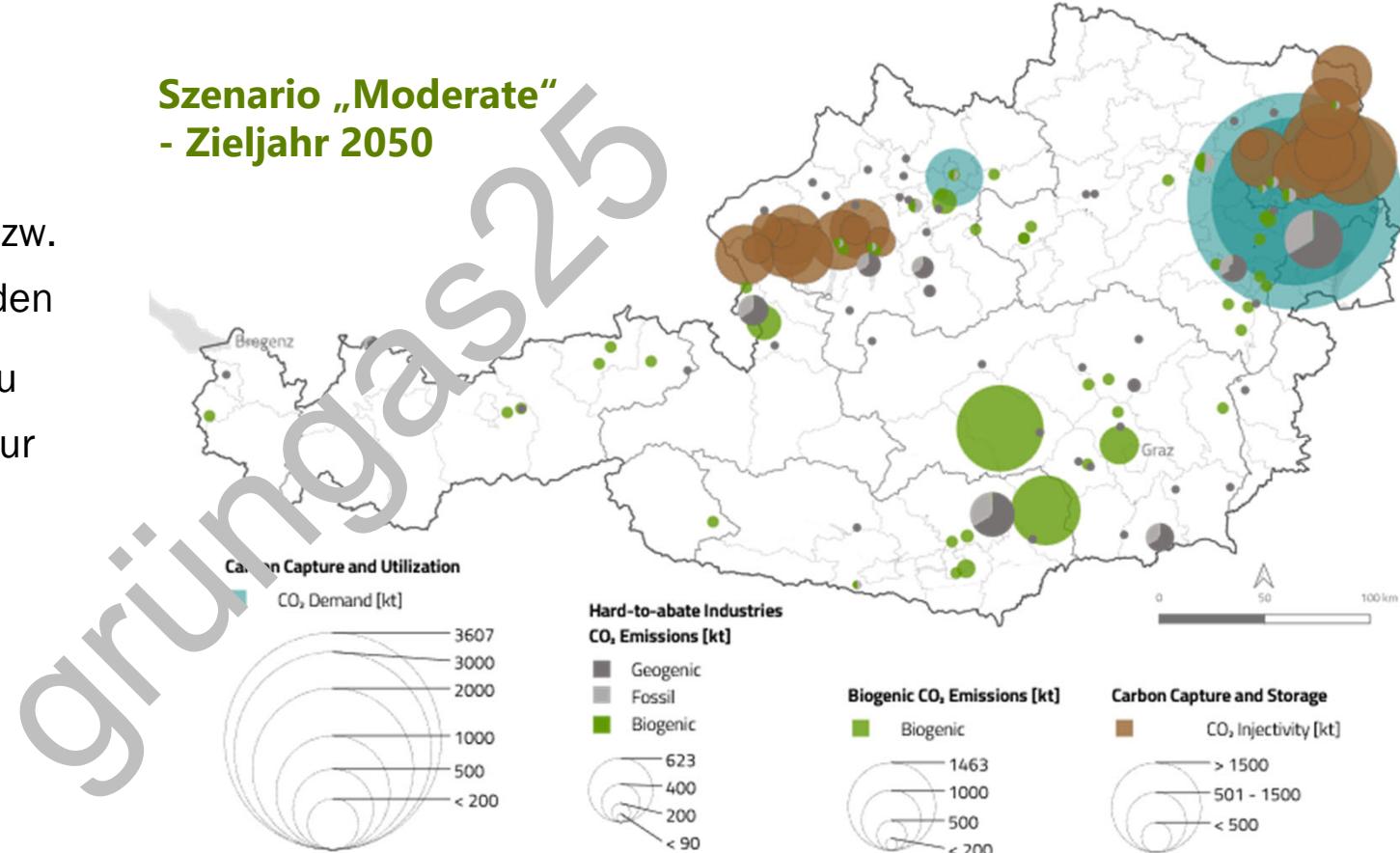
Ott H., Kulich J. "CCS: Chancen und Risiken einer umstrittenen Technologie ". Berg Huettenmaenn Monatsh 169, 553–559 (2024)

Örtliche Zuordnung

Quellen vs. Senken

Räumliche Überschneidungen zw.
 Quellen & Senken klar vorhanden
 → Berücksichtigung im Aufbau
 entsprechender Infrastruktur

Szenario „Moderate“ - Zieljahr 2050



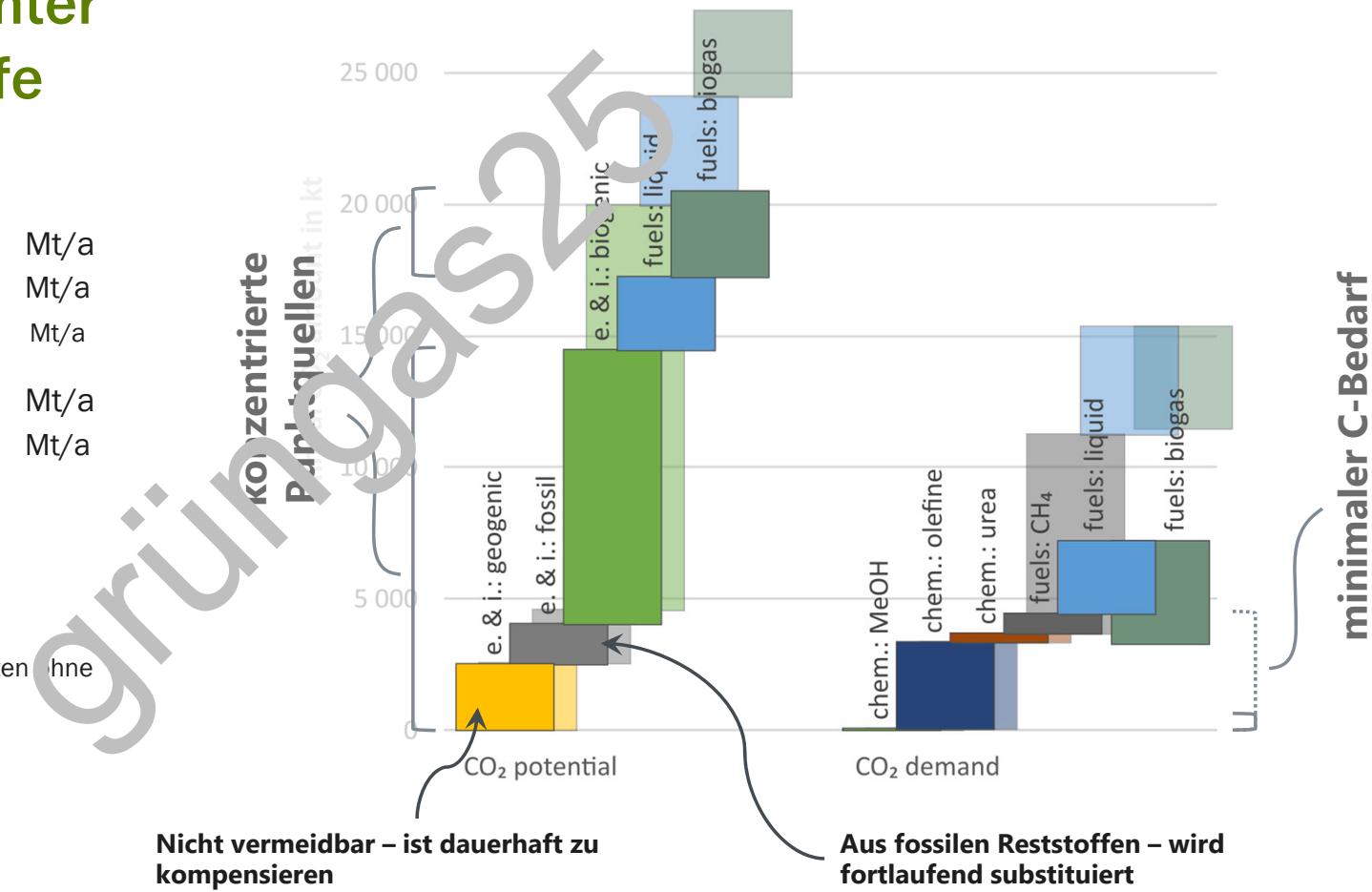
Identifikation relevanter Produkte und Bedarfe

Kohlenstoffbilanz*

- Gesamt“emissionen“ **17,3-27,3** Mt/a
 - abscheidbar **14,5-23,2** Mt/a
 - fossil/geogen **4,0-4,6** Mt/a
- Verwertbares CO₂** **3,3-15,4** Mt/a
 - im Kreislauf **4,0-11,2** Mt/a

* Auswertung der Szenarien „Progressive“ und „Moderate“ für das Jahr 2050

** wenn alle e-Fuels in AT produziert; Obergrenzen ohne Biogaspotenziale



Wirtschaftliche & ökologische Potenziale

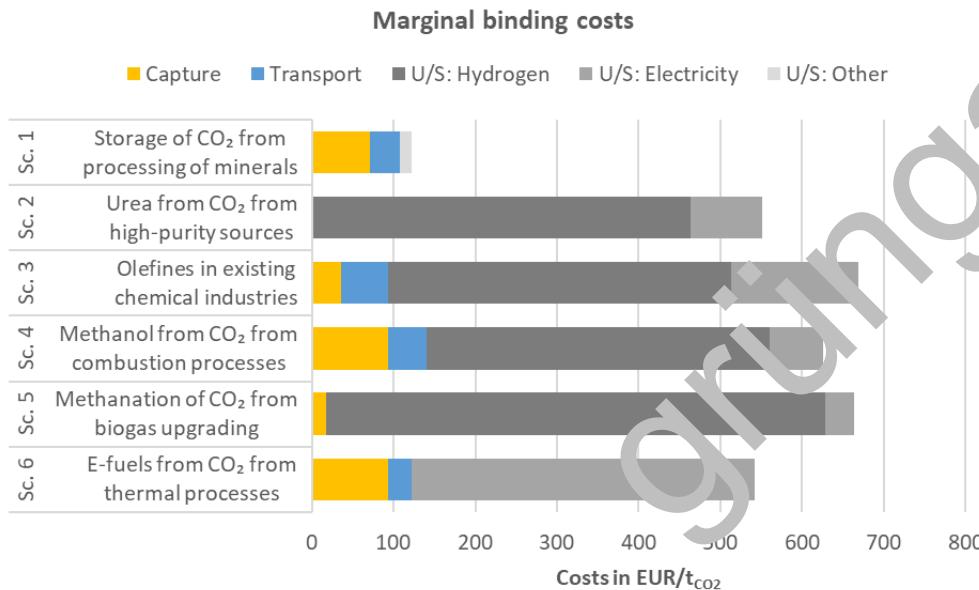
Szenarienvergleich

- Reduktion auf repräsentative Szenarien
- Relevanz für ökonomische und ökologische Bewertung
- **Gruppierung von Quellen nach Sektoren/Prozessen und Abscheidetechnologie**
- **Auswahl geeigneter Produkte basierend auf Quelle und Standort**

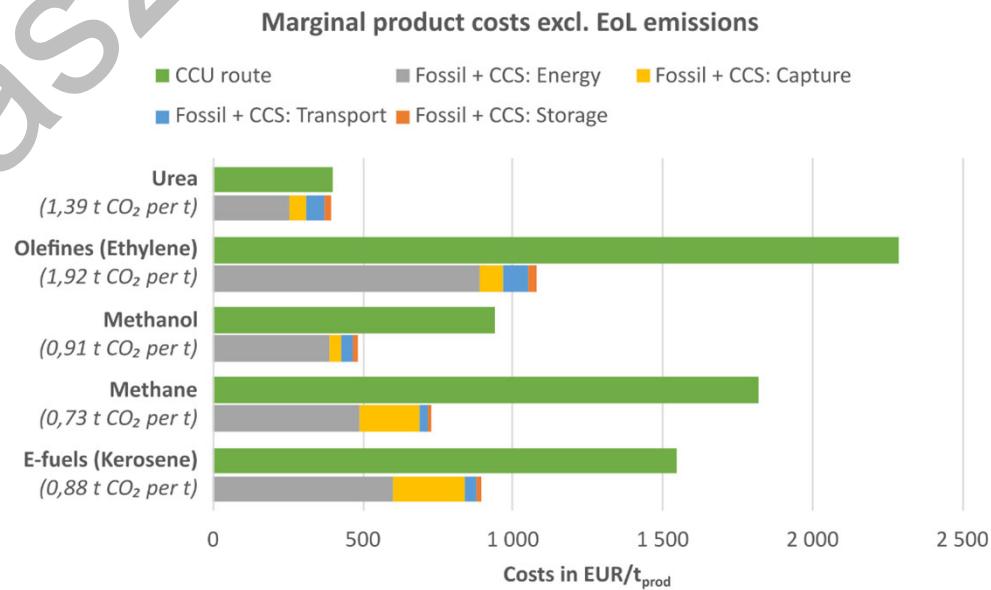
Szenario	Quelle(n)	Abscheidung	Transport	Senke
Speicherung von CO₂ aus Mineralstöcken	Granit, Kalkstein, Magnesium, Glas	Chemische Absorption (3–15%)	Pipeline (250 km dense)	(nationale) Speicherung
Harnstoff aus CO₂ aus hochreinen Quellen	Bioethanol	-	-	Harnstoffherstellung
Olefin in bestehender Chemieindustrie	Chemische Industrie, Raffinerie, Methanol	Chemische Absorption (5–20%)	Pipeline (50 km gas. + 100 km dense)	Olefinherstellung (Ethylen)
Methanol aus CO₂ von Verbrennungsprozessen	Müllverbrennung, Biomasse- & Gas-KWK	Chemische Absorption (3–15%)	LKW (50 km) + Pipeline (200 km dense)	Methanolherstellung
Methanisierung von CO₂ aus Biogasaufbereitung	Biomethanaufbereitung	Membran (40–50%)	-	Methanherstellung
E-fuels aus CO₂ von thermischen Prozessen	Nichteisenmetalle, Maschinenbau, Papier	Chemische Absorption (5–20%)	LKW (150 km)	E-Fuels-Herstellung

Kostenvergleich CCU/S-Routen

CO₂-Bindungskosten



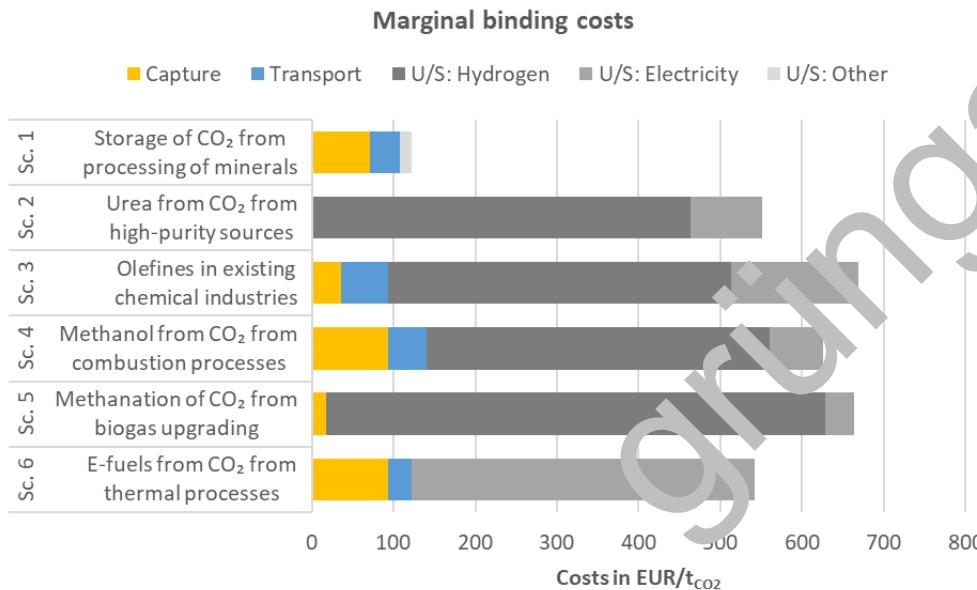
Produktkosten konventionell (+CCS) vs. CCU



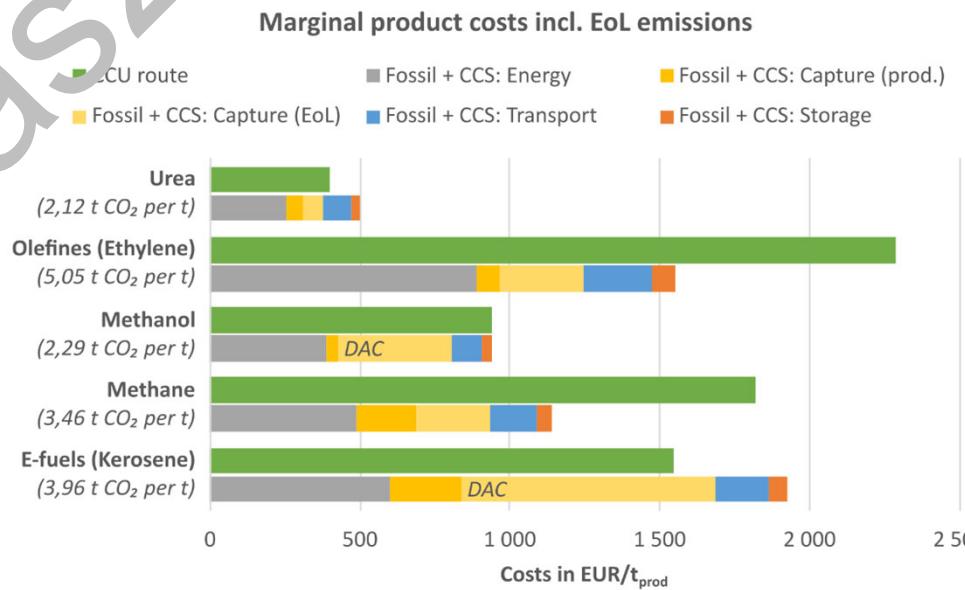
Grenzkostenbetrachtung; einheitliche Energiekosten (Strom: 65 €/MWh, H₂: 100 €/MWh, Wärme: 55 €/MWh, Erdgas: 35 €/MWh, Diesel/Benzin/Naphtha: 50 €/MWh, Sonstige: 60 €/MWh)

Kostenvergleich CCU/S-Routen

CO₂-Bindungskosten



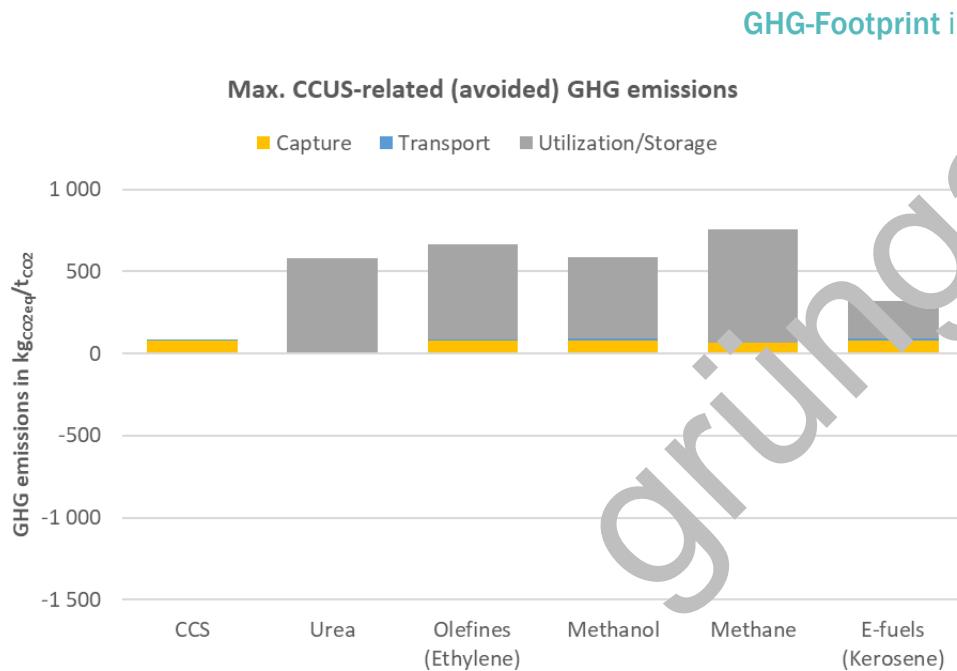
Produktkosten konventionell (+CCS) vs. CCU (inkl. End-of-Life-Emissionen)



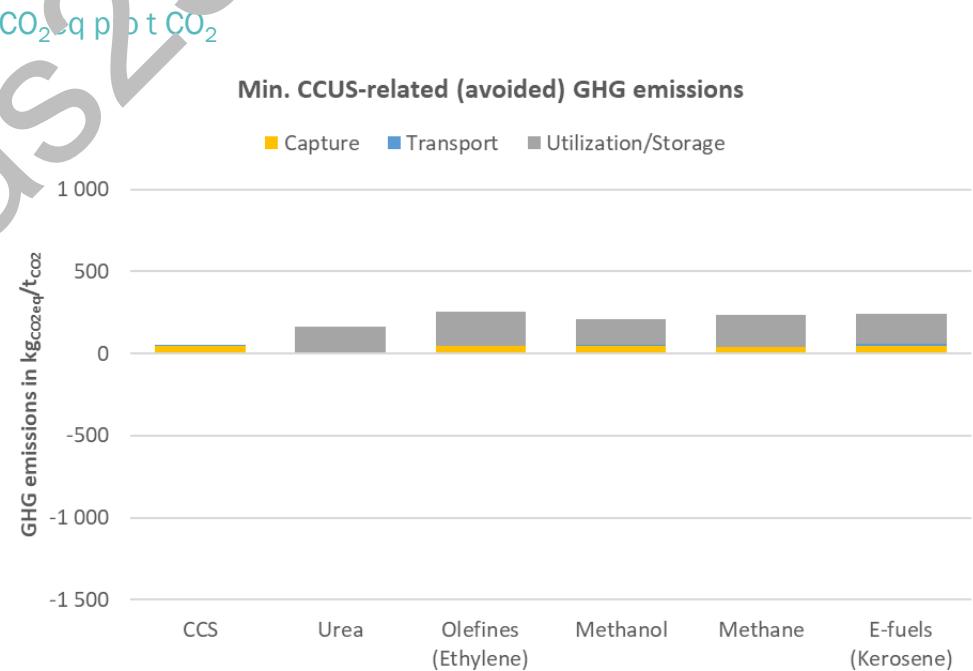
Grenzkostenbetrachtung; einheitliche Energiekosten (Strom: 65 €/MWh, H₂: 100 €/MWh, Wärme: 55 €/MWh, Erdgas: 35 €/MWh, Diesel/Benzin/Naphtha: 50 €/MWh, Sonstige: 60 €/MWh)

Potenzial zur THG-Reduktion

Emissionen Energieerzeugung MAX:
 2030, „WEM“-basiertes Szenario

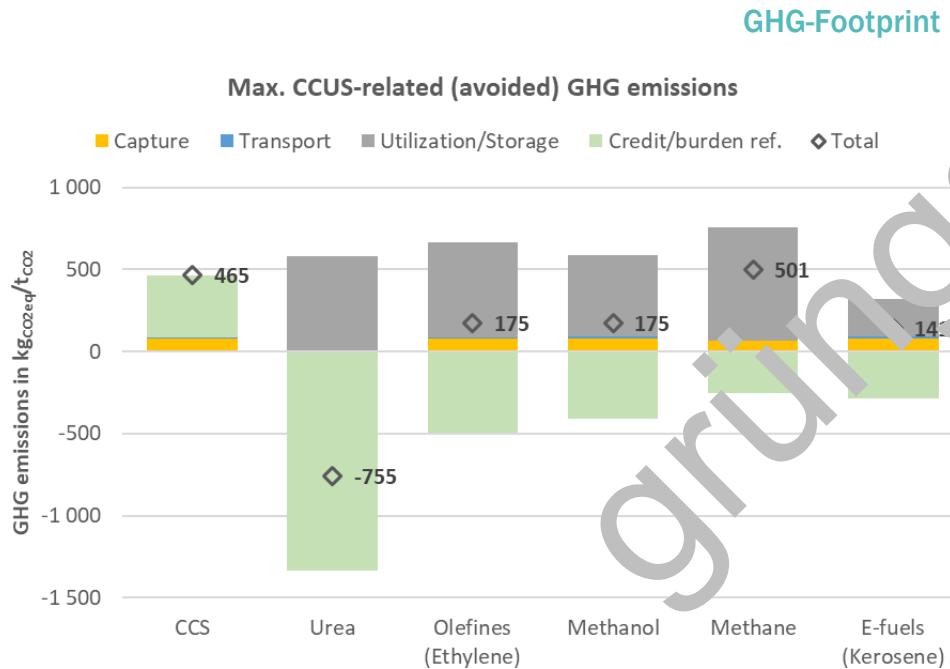


Emissionen Energieerzeugung MIN:
 2050, „Transition“-basiertes Szenario

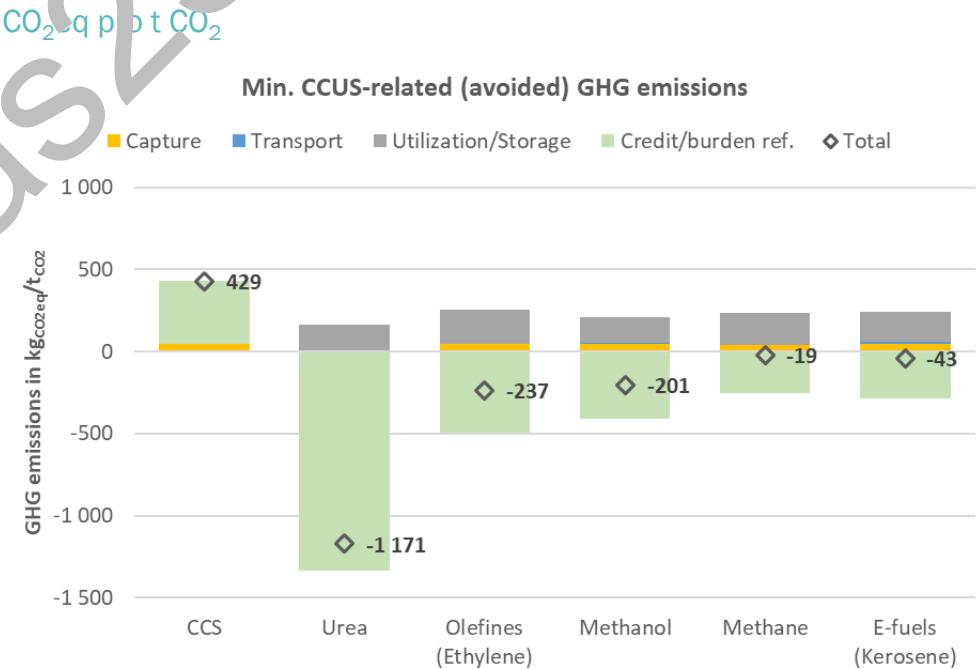


Potenzial zur THG-Reduktion

Emissionen Energieerzeugung MAX:
2030, „WEM“-basiertes Szenario

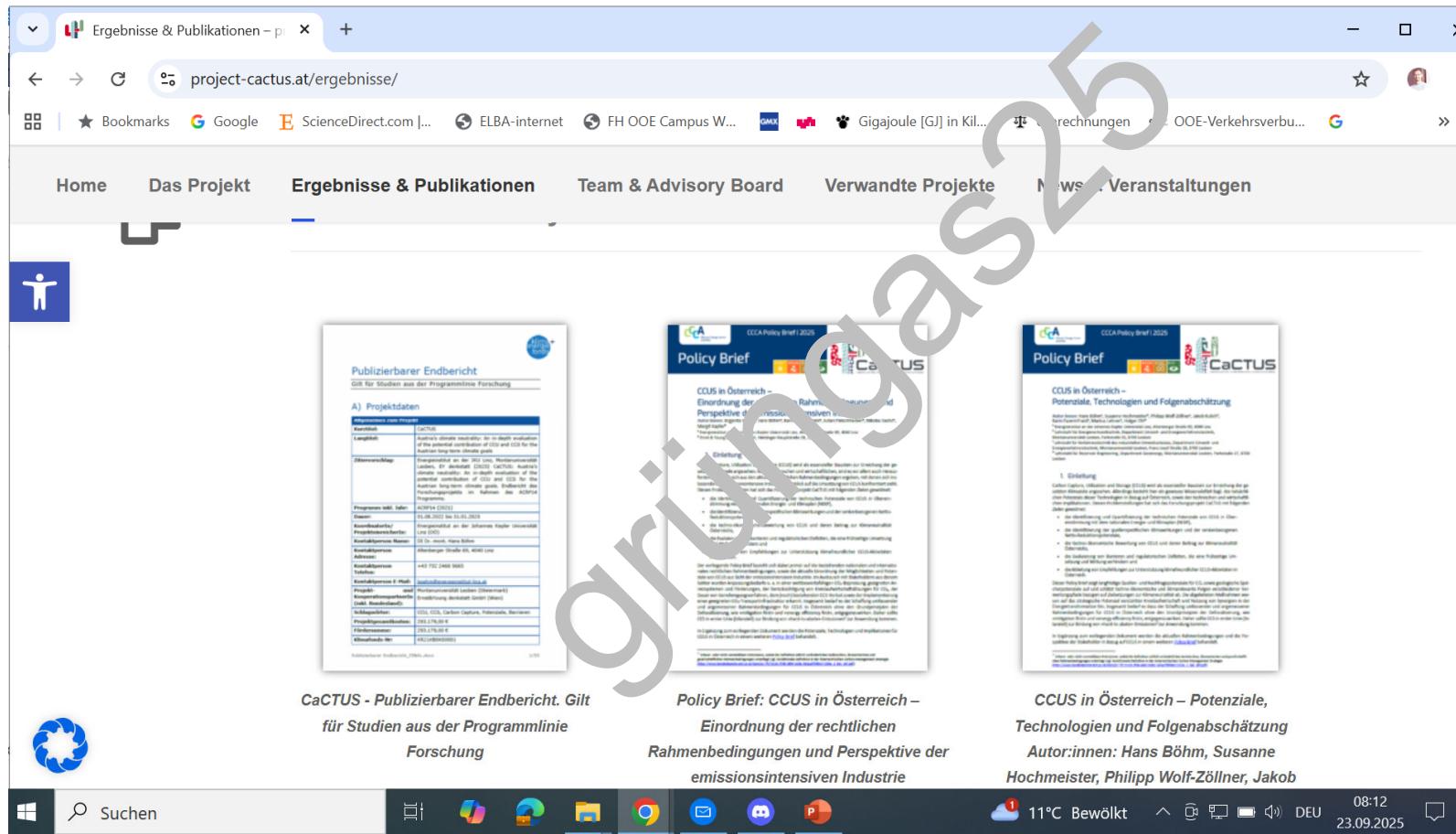


Emissionen Energieerzeugung MIN:
2050, „Transition“-basiertes Szenario



Verwendung eines Substitutionsansatzes zum Vergleich von CCU & CCS (Berücksichtigung der generierten Produkte)

Ergebnisse & Publikationen <https://project-cactus.at/>



Fazit

Ökonomische & ökologische Auswirkungen

- **Produktsynthese ist Treiber** der CCU-Kosten und des GHG Footprints.
- Innerhalb der Produktsynthese ist der **H₂-Bedarf** bzw. der dafür eingesetzte Strom **dominierend**.
- Der **Einsatz von erneuerbarem Strom ist eine Grundvoraussetzung** zur Minimierung des GHG-Footprints.
- Der eingesetzte **Energiemix bestimmt** auch die grundsätzliche **Eignung von CCU zur Vermeidung von Netto-Emissionen**.
- Der **CO₂-Transport spielt** (unter den gegebenen Annahmen) eine **untergeordnete Rolle**, wie auch die fugitiven Emissionen.
- Ohne Berücksichtigung des **Substitutionsansatzes** (Zusatznutzen der CCU-Routen), weist die **CCS-Route mit Abstand die geringsten CO₂eq-Emissionen** auf.

Vielen Dank!

<https://project-cactus.at/>



Johannes Lindorfer
Key Researcher
lindorfer@energieinstitut-linz.at
+43 732 2468 5663



Energieinstitut an der JKU Linz | Altenberger Straße 69 | 4040 Linz | Austria

Methodik ökologische Bewertung

Multifunktionalität und Lösungsansatz: Substitutionsansatz
CO₂-Perspektive

