

**Wissenschaft trifft Wirtschaft: Industriewandel
gestalten, Klimaneutralität beschleunigen**
Essen, 15.-16.9.2022

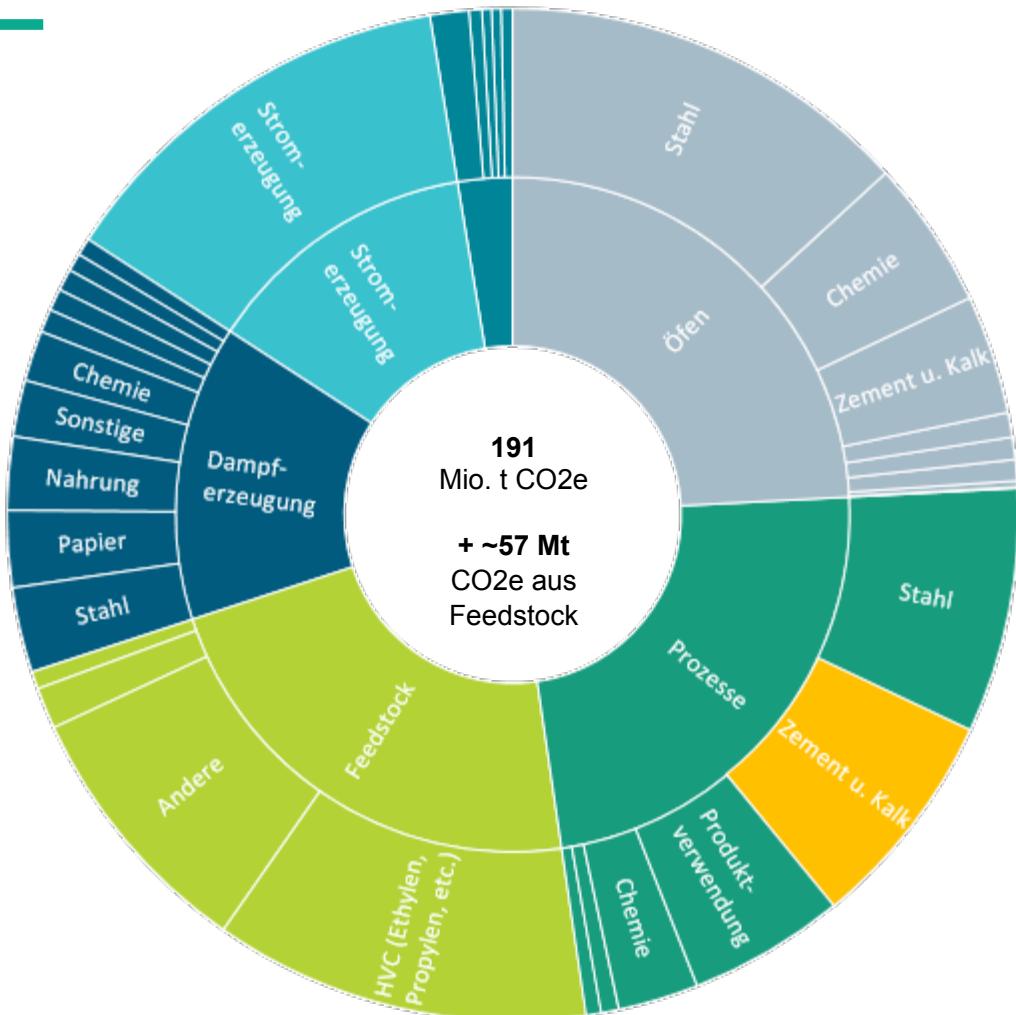


Fraunhofer-Institut für System- und
Innovationsforschung ISI

Tobias Fleiter, Matthias Rehfeldt, Marius Neuwirth
Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung

Unvermeidbare (?) CO₂ Mengen und deren Infrastrukturen in Deutschland Ergebnisse aus dem Projekt Langfristzenarien

Status-Quo: THG-Emissionen der Industrie nach Quellen (2018)



Stahl: Prozessumstellung auf DRI erlaubt nahezu THG-neutrale Produktion ohne CCS/CCU

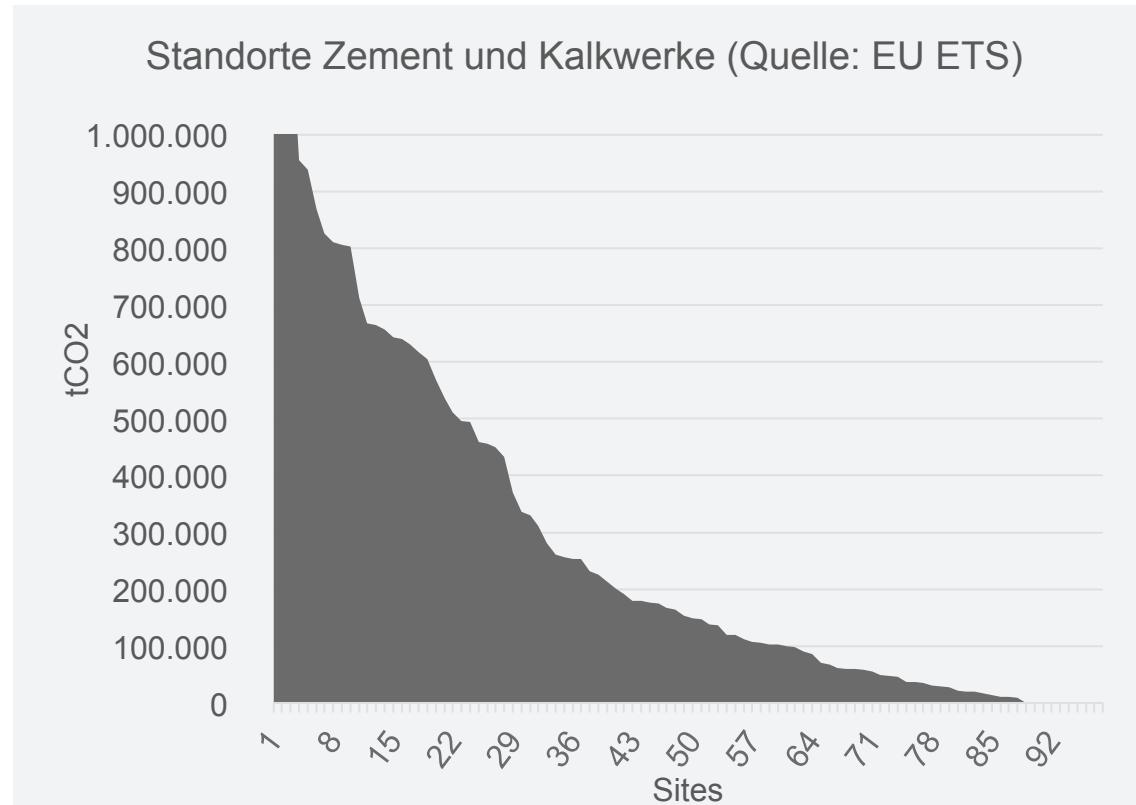
Chemie: Quellen von Prozessemissionen eher kleinteiliger -> CO₂-Abscheidung unwahrscheinlicher (zu prüfen im Einzelfall)

Zement und Kalk:

- Häufig auftretende Restemissionen in Szenariostudien, da kaum alternative Vermeidungsmöglichkeiten -> mögliche Rolle für CCS/CCU
- Aktuell knapp 20 Mio. t CO₂ aus Prozessen der Zement- und Kalkherstellung (~10% der Industrieemissionen)
- Diese Prozessemissionen sind eine zentrale (ungelöste) Hürde zu einem CO₂-neutralen Industriesystem

Status-Quo: Emissionen der Zement- und Kalkwerke in Deutschland

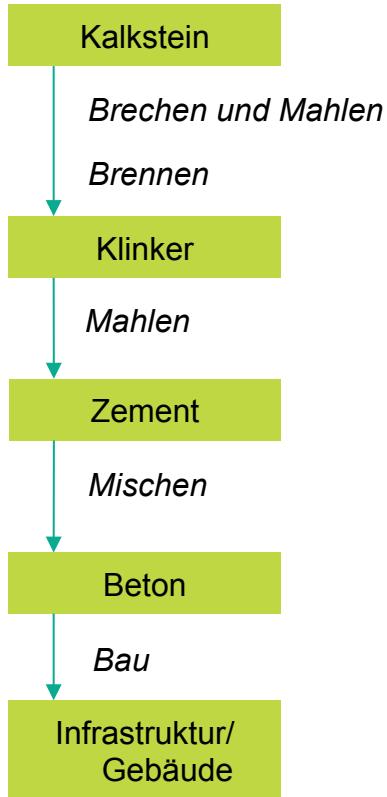
Quelle: EU ETS



- Zementwerke über 300 kt CO2/a
- Kalkwerke meist kleinere CO2-Mengen < 300 kt/a
- Attraktivität von CO2-Abscheidung und Anschluss an Transportinfrastruktur unterscheidet sich deutlich entsprechend der Mengen am Standort

Prozessemissionen der Zementwerke: Das unvermeidbare vermeiden

Wertschöpfungskette Zement



CO2-Minderungsoptionen

Es gibt viele Optionen, zur Vermeidung unvermeidbarer Emissionen

Neue Klinkersorten

Klinkerersatz: Zumahlstoffe

Neue Zementsorten

Alternative Rohstoffe

„Rekarbonisierung“: CO₂ Absorption des Betons

Neue Betonmischungen

Betonsubstitution z.B. durch Holz

Recycling von Altbeton

Materialeffizienz im Bau

Wiederverwendung von Beton-Bauteilen

Hemmisse in der Umsetzung

Hemmisse machen die Realisierung unsicher

- Technologien nicht marktreif
- Rohstoffe nicht verfügbar
- Unsichere Absatzmärkte / Zementabnehmer risikoavers
- Bauwirtschaft sehr “träge” in der Transformation
- Kosten
- ...

Ergebnisse zur CO2-Infrastruktur aus dem Projekt “Langfristszenarien”

Langfristszenarien III Berichte und Datenexplorer:
<https://www.langfristszenarien.de>

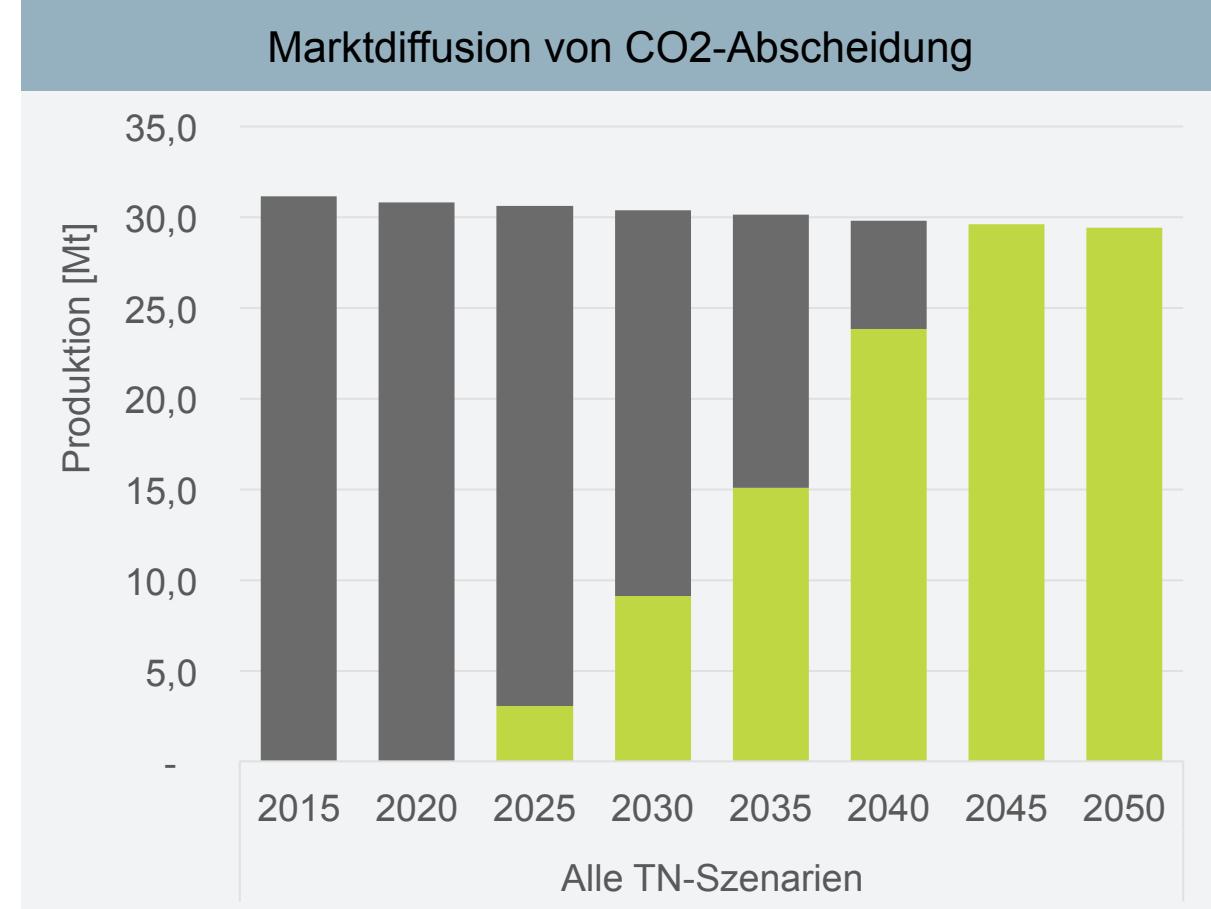


Modellierung von Zielszenarien für den gesamten
Industriesektor

	TN-Strom	TN-PtG/PtL	TN-H2
Ziel THG Minderung	Mindestens 95 % gegenüber 1990 für den Industriesektor		
Wirtschaftswachstum	Kontinuierlich, ~1 % pro Jahr		
Biomasse	Energetischen Einsatz minimieren		
Energie-, Materialeffizienz und Kreislauf	Ambitionierter Anstieg		
CCS und CCU	Fokus Zement- und Kalkwerke		
Prozess-, Brennstoff- und Rohstoffwechsel	Priorität direktelektrisch	Priorität PtG	Priorität Wasserstoff

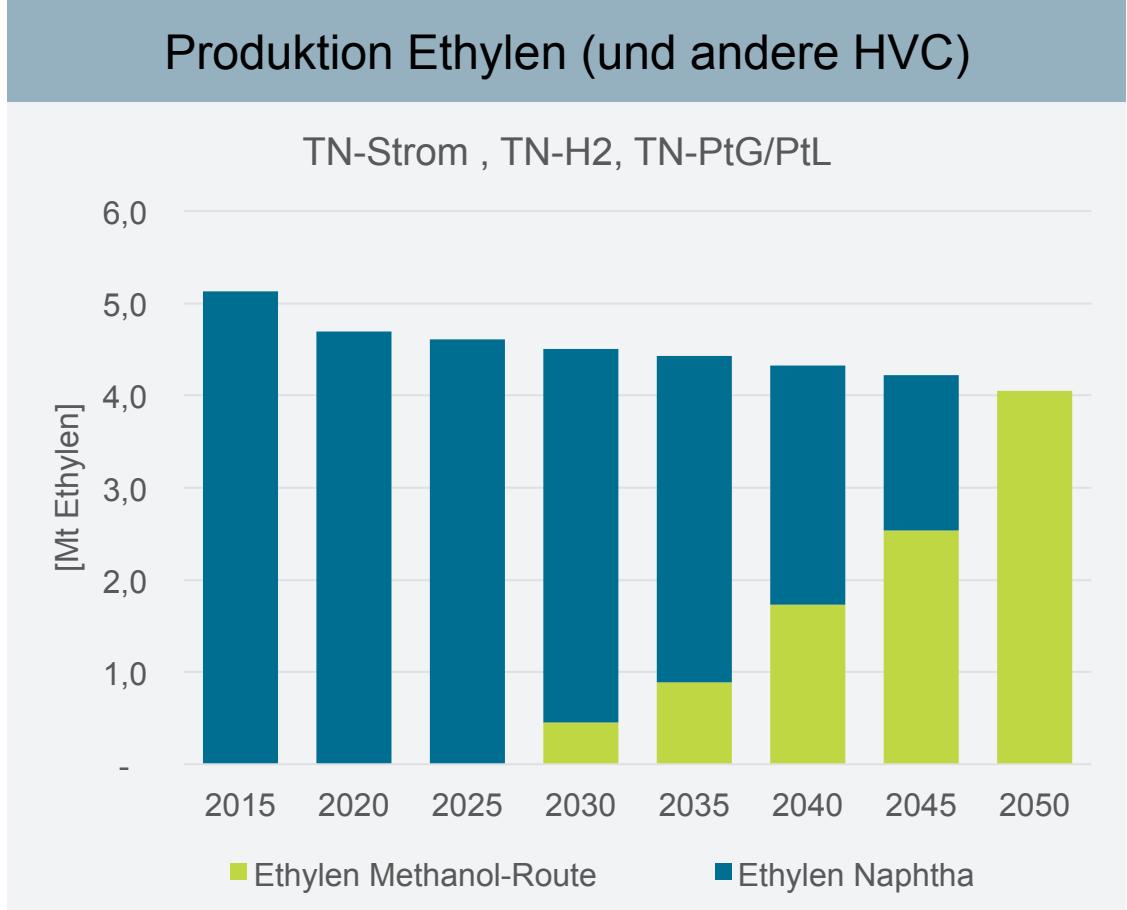
Zement u. Kalk: Annahmen

Szenariodesign Zement u. Kalk			
	TN-Strom	TN-PtG/PtL	TN-H ₂
Material-effizienz	Reduktion Nachfrage nach Zement: 15% ggü. Ref Kalk: Rückgang Produktion ~65% ggü. Ref in 2050		
Kreislauf	-		
Material-einsatz / neue Produkte	Klinkerfaktor von 0,73 in 2015 auf 0,55 in 2050	Neue CO ₂ -arme Zementsorten- und Bindemittel	Neue CO ₂ -arme Zementsorten- und Bindemittel
Brennstoff-wechsel	Elektrifizierung	PtG	Wasserstoff
CCS /CCU	CCU	CCS	CCU

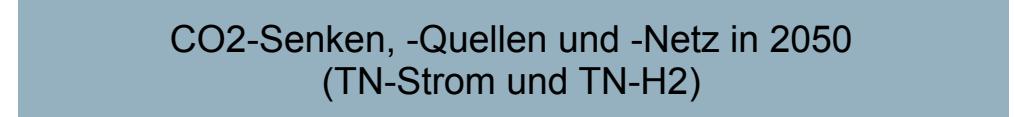
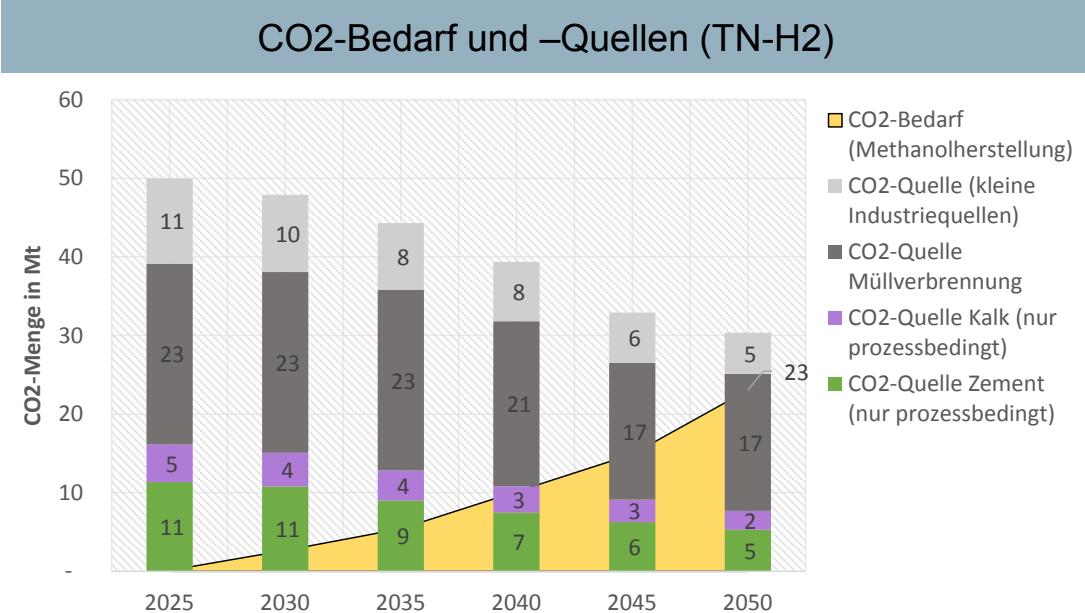


Grundstoffchemie HVCs: Annahmen

	Ggfs. Sektor	TN-Strom	TN-PtG/ PtL	TN-H ₂
Material- effizienz		Reduktion und Ersatz Kunststoffverbrauch (-15%)		
Kreislauf		Kunststoffrecycling + 15%-Punkte		
Prozess- wechsel	HVCs	H2-Ethylen (Methanol- to-Olefines)	Methan- Ethylen (Methanol- to-Olefines)	H2-Ethylen (Methanol- to-Olefines)



CO2 Senken, Quellen und ein mögliches Transportnetz

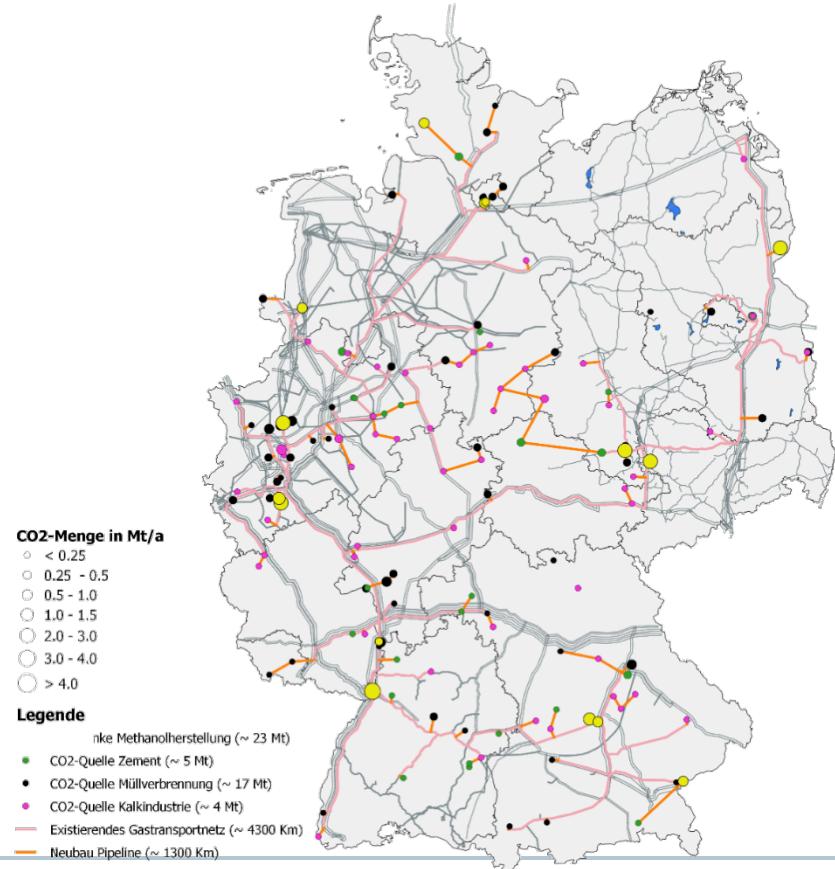


- CO₂-Bedarf für Methanolherstellung (-> Ethylen/HVC):
 - ~ 23 Mt verteilt auf 14 Anlagen in ganz Deutschland
- Verfügbare CO₂-Quellen: ~ 26 Mt
 - Zementindustrie: ~ 5-7 Mt, 32 Standorte
 - Kalkindustrie: ~ 2 Mt, 52 Standorte
 - Müllverbrennungsanlagen: ~ 17 Mt, 55 Standorte

CO2-Pipelinenetze: Umwidmung oder Neubau?

- Teilumbau des Gastransportnetzes zum CO₂-Transport möglich?
 - ~ 5600 km Gesamtlänge
 - ~ 5 Mrd. Euro Invest bei Neubau (Annahme 800-900 T€/km)
 - Kosten für Umwidmung deutlich geringer: ~ 4300 km Umwidmung evtl. möglich (Abhängig von Konkurrenz zu H₂ und Erdgas)
 - Zusätzliche Kosten: Invest Abscheidetechnik, Betrieb (Energie), Speicherung
-> In Summe > 10 Mrd. € bis 2045
- Allerdings:
 - Sehr hohe Unsicherheit bei zukünftigen Standorten
 - Ggf. nur Teilnetz realisierbar/sinnvoll

Skizze eines möglichen CO₂-Netz in 2050 und aktuelles Gas-Transportnetz



Schlussfolgerungen: Elemente einer CCUS Strategie für Deutschland

Ausgangslage

- Zement und Kalk sowie die Müllverbrennung wichtigste Kandidaten für CO2-Abscheidung
- “Unvermeidbare” Emissionen gibt es nicht
-> Eine erweiterte Systemgrenze erlaubt Minderung
- Trotz vieler Vermeidungsoptionen entlang der Wertschöpfungskette “Zement” erreichen diese vermutlich keine CO2-Neutralität bis 2045
- Regional verteilte Produktionsstruktur

Fünf Elemente einer CCUS Strategie

1. Aufbau einer CCUS Infrastruktur entlang wichtiger CO2-Quellen aus Zement und Kalkherstellung
2. Beides verfolgen: CO2-Minderung entlang der Zement-Wertschöpfungskette UND CCUS
3. Ermöglichung “negativer” Emissionen durch Einsatz von biogenen Brennstoffen
4. CO2-Speicherung als notwendiger Baustein, aber Nutzung ermöglichen und CO2 als Rohstoff erfassen
5. Schließen des Kreislaufs durch CO2-Abscheidung an Müllverbrennung

Danke für Ihre Aufmerksamkeit!

Kontakt: Tobias.Fleiter@posteo.de



Langfristzenarien III
Berichte und Datenexplorer:

arien.de

[https://
arien.de](https://arien.de)