



Marktbasierter Instrumente im Klimaschutz: Anreizmodelle für die CO2- Entnahme

Matthias Poralla

Head of Carbon Dioxide Removal
PerspectivesClimate Research

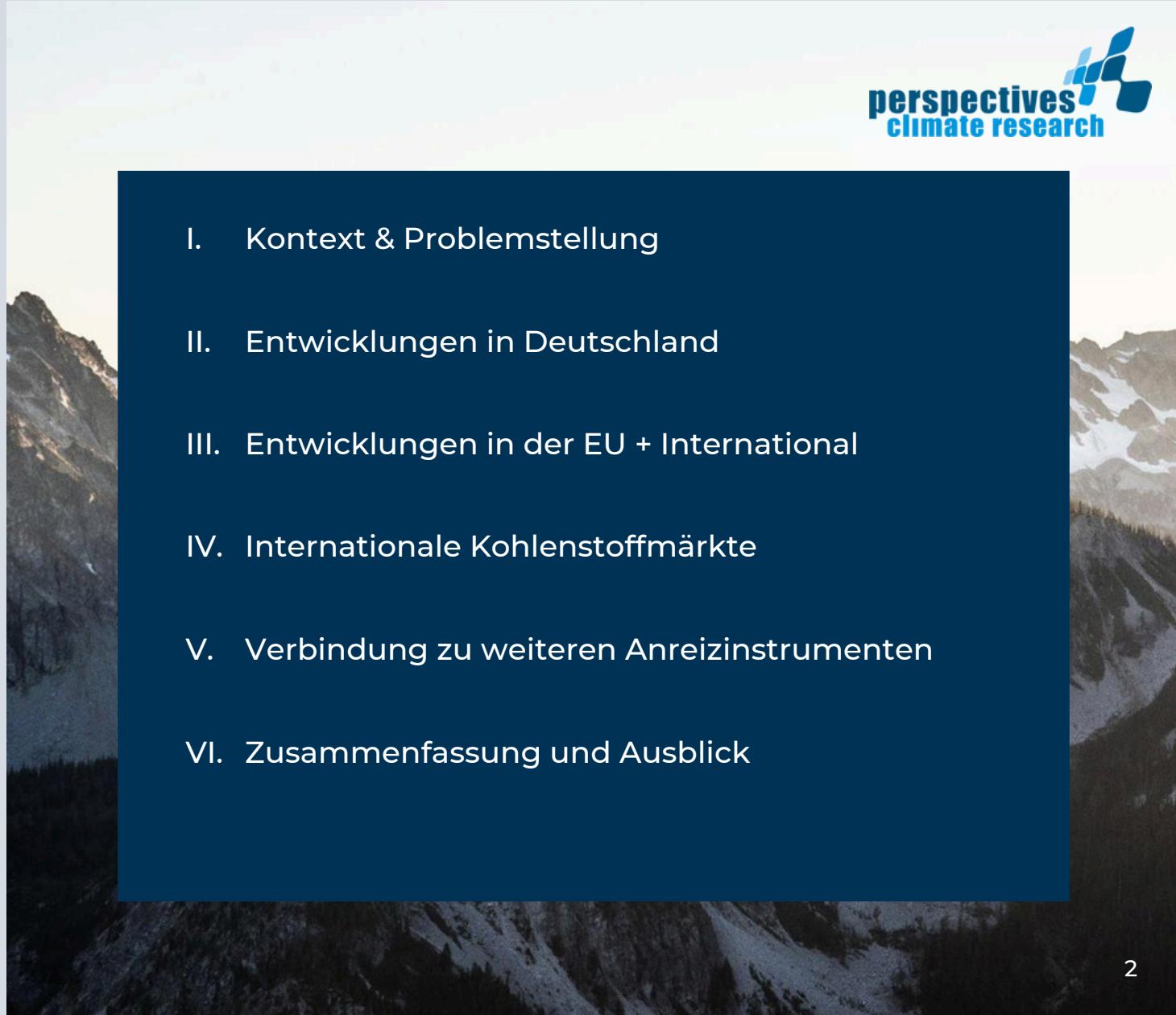
Arbeitsgruppensitzung der Interessengemeinschaft der
Thermischen Abfallbehandlungsanlagen in
Deutschland e.V.

Montag, 07.04.2025

www.perspectives.cc

Nur für den persönlichen Gebrauch
der ITAD-Mitgliedsanlagen, die an der
WebKo teilgenommen haben.

Agenda



Über Perspectives

Zwischenüberschrift hinzufügen

- 25 Jahre Erfahrung in der klimapolitischen Arbeit mit ausgeprägter Expertise in der Gestaltung von Marktmechanismen, Klimafinanzierung und nationalen und internationalen klimapolitischen Lösungen
- Multikulturelles Team mit verschiedenen akademischen Hintergründen
- Bereitstellung von hochwertigen, maßgeschneiderten Beratungsdienstleistungen zu folgenden Themen:
 - Artikel 6 des Pariser Abkommens,
 - Clean Development Mechanism(CDM) und freiwillige Kohlenstoffmärkte,
 - Nationale Klimapolitik (NDC-Überarbeitung und Umsetzung),
 - Klimafinanzierung,
 - Anpassungsmaßnahmen,
 - Unterstützung bei Klimaverhandlungen im UNFCCC-Rahmen,
 - Design und Ausgestaltung klimapolitischer Instrumente.

About Us



An independent group of consultants providing solutions for domestic and international climate policies, finance, and GHG markets.

25

Years of experience
in carbon markets

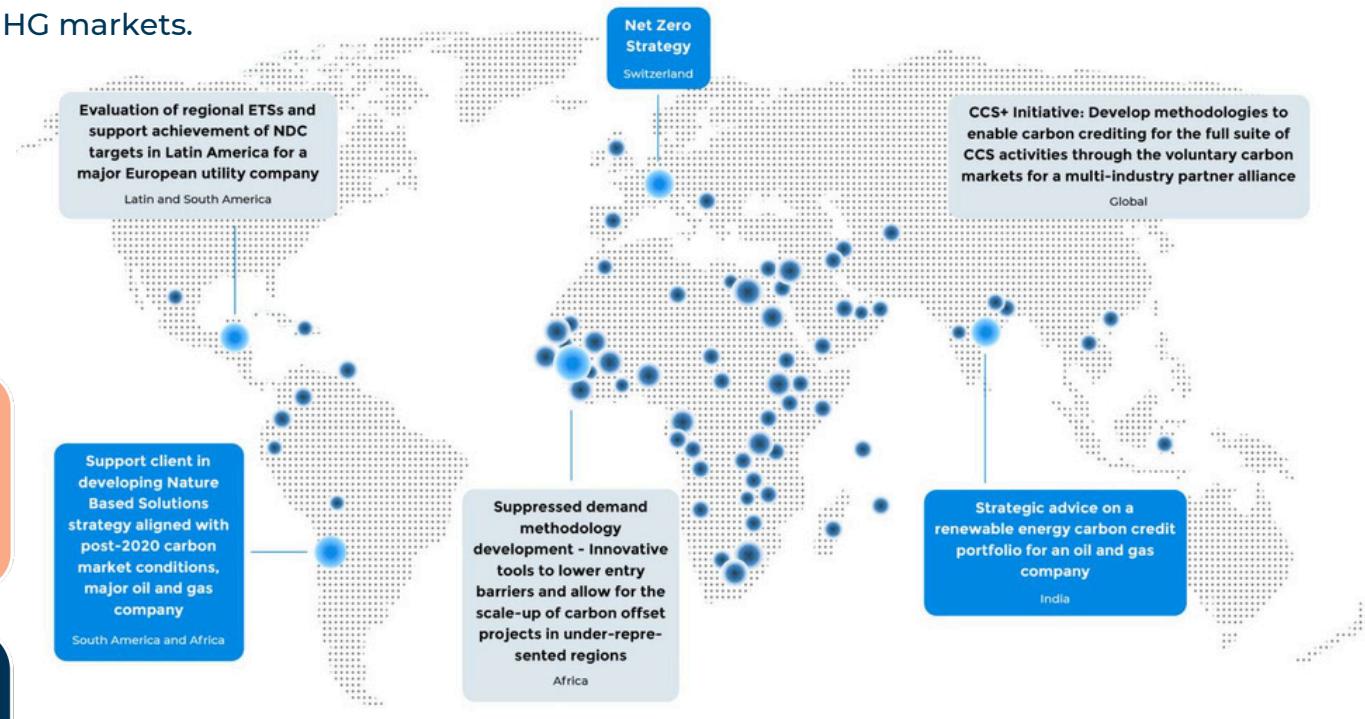
70+

different nationalities

650+

Projects completed in GHG accounting, GHG inventories, net-zero target setting, low-carbon strategies and more

158M+
Carbon credits
generated

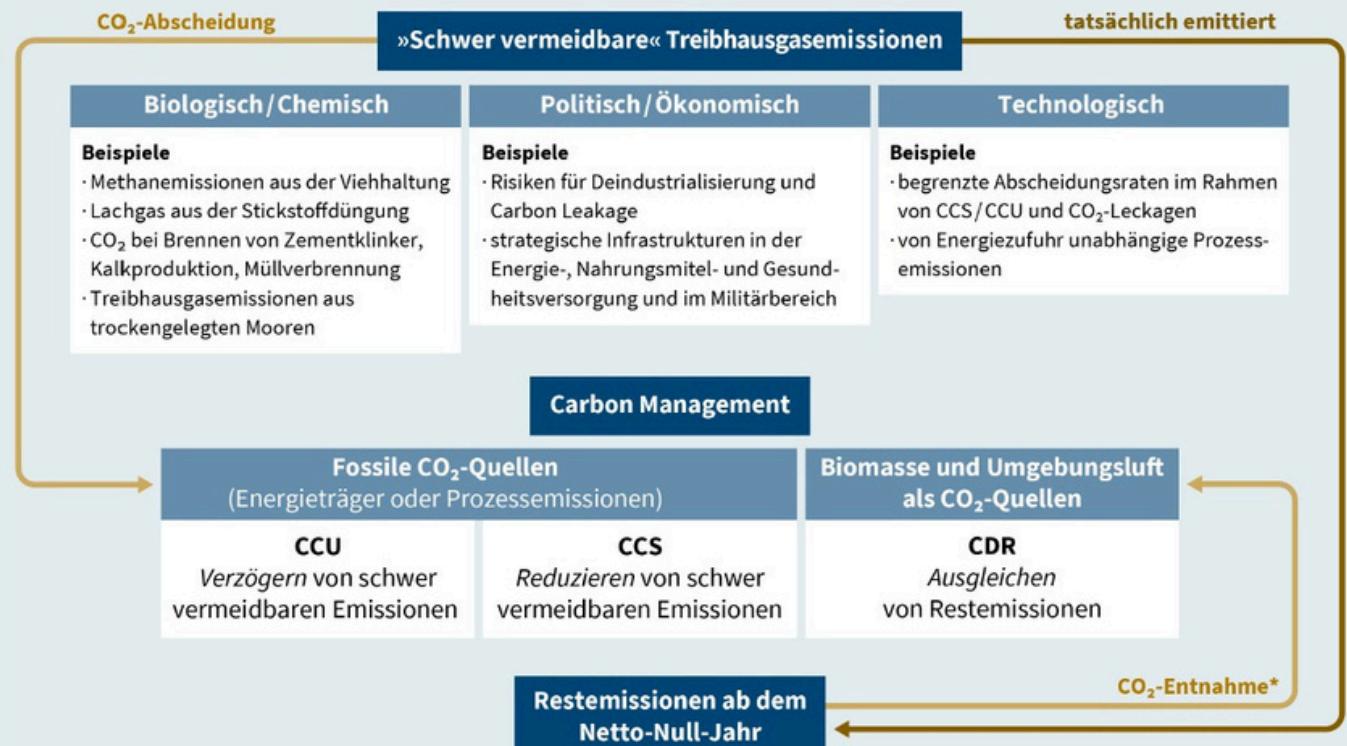


Some of
our clients:



Kontext & Problemstellung

Treibhausgasneutralität: Konzeptionelle Übersicht zentraler Begriffe



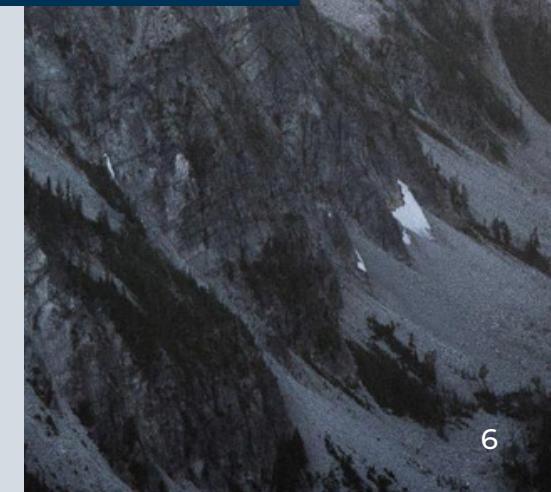
* CO₂-Entnahme: CO₂ aus Umgebungsluft oder aus biogenen Quellen wird gebunden bzw. abgeschieden und gespeichert. CCU- oder CCS-Ansätze können Teil dieser netto-negativen Prozessketten sein.

© 2023 Stiftung Wissenschaft und Politik (SWP)

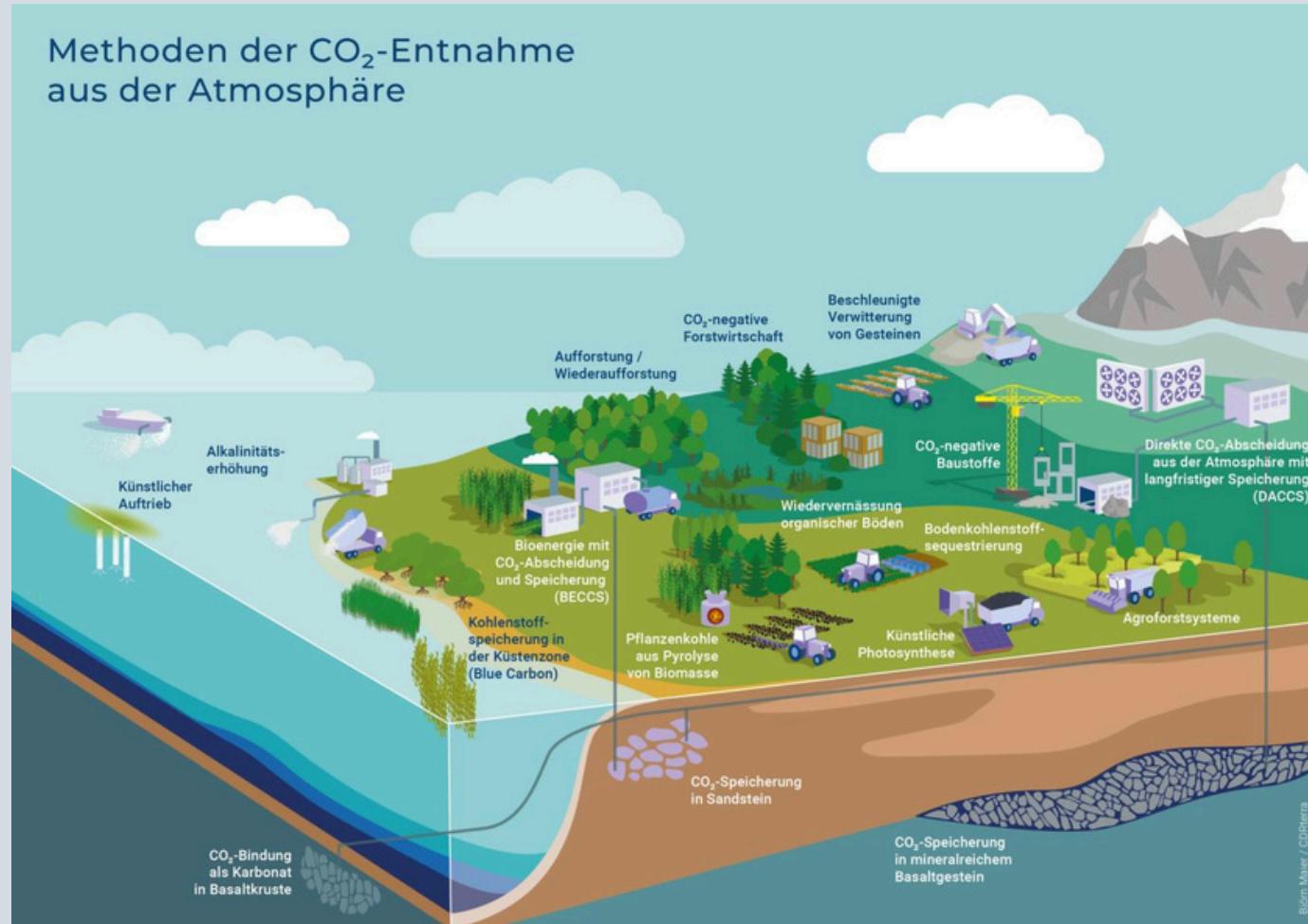
Quelle: Schenuit et al. (2023): Carbon Management: Chancen und Risiken für ambitionierte Klimapolitik. In: SWP Aktuell.

www.perspectives.cc

Begriffe und Terminologie

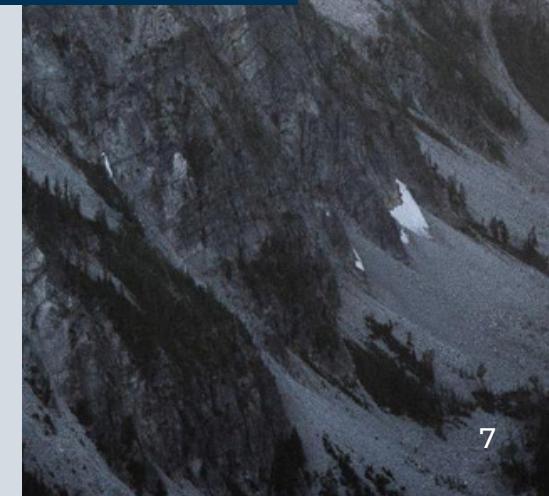


Verschiedenste Methoden der CO2-Entnahme



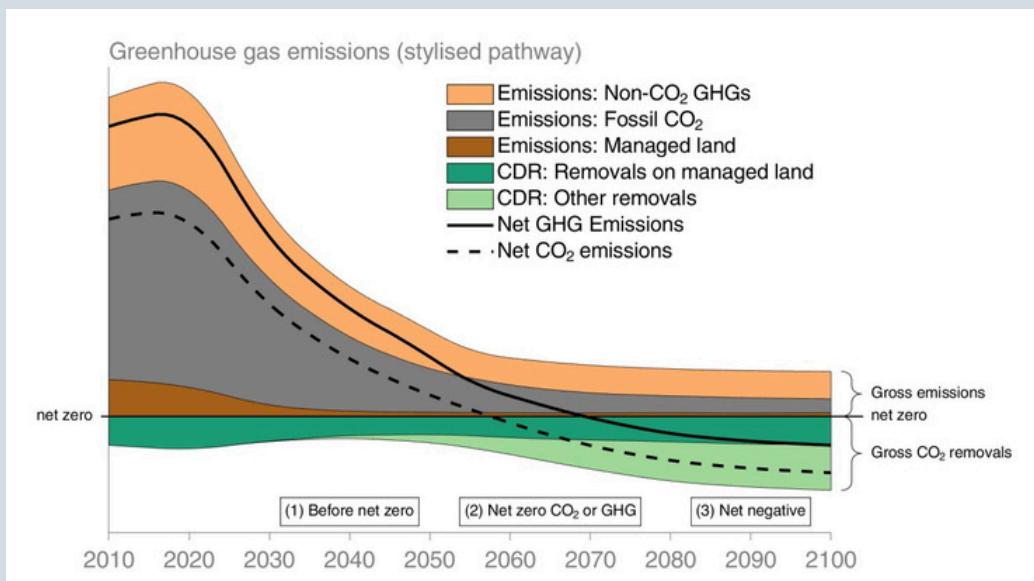
www.perspectives.cc

Begriffe und Terminologie



CO2-Entnahme wird notwendig sein, um Klimaschutzziele durch Senkung von Nettoemissionen, Verzögerung und Ausgleich von Restemissionen und Realisierung von Nettonegativemissionen zu erreichen.

- Emissionen in GER in 2024: 650 MtCO₂e
- Restemissionen in GER in 2045: 36-77 MtCO₂e
- Technische Senken in GER in 2045: 15-64 MtCO₂e
- CO₂-Entnahmepotential in GER in 2045: 108-159 MtCO₂e

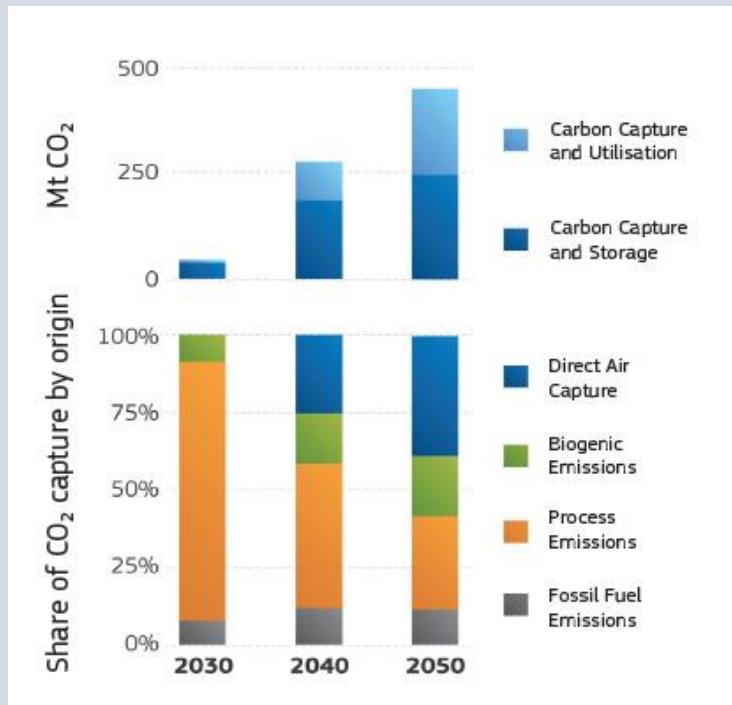


Kontext Deutschland



Herausforderung für eine netto-null EU ist enorm: CCUS-Kapazitäten müssen sich **in 20 Jahren verneinfachen**:

- 50 MtCO₂ (2030) → 280 MtCO₂ (2040) → 450 MtCO₂ (2050).



Carbon Capture and Storage (CCS) und Carbon Capture and Utilisation (CCUS) eingebettet in **Carbon Management-Ansätze**.

Kontext EU

Quelle: European Commission (2024): Industrial Carbon Management

www.perspectives.cc

Obwohl der Bedarf an CO2-Entnahme bekannt ist, **mangelt es an finanziellen Anreizen**.

- Freiwilliger Kohlenstoffmarkt als bislang bedeutendster Marktrahmen kam 2024 global (und auf die Zukunft gerichtet) auf ein Volumen von rund **8 MtCO2**.

Mehrere Besonderheiten erschweren das Design und die

Implementierung passender Anreizinstrumente:

- CO2-Entnahme ist ein **öffentliches Gut**
- **Diversität** der Entnahmemethoden & Einbettung in **heterogene Kontexte**
- Risiko für **Mitigation deterrence**
- **Begrenzte öffentliche Mittel**
Vergleichsweise **neue Aktivität**

Problemstellung

Grundlegendes Problem ist die **Überwindung der Lücke** zwischen Bereitstellung substantieller CO₂-Entnahmekapazitäten und des nicht ausgereiften finanziellen Anreizrahmens.

Kostenstrukturen für viele CO₂-Entnahmemethoden unterstreichen den **Bedarf an effektiver Finanzierung**, sowohl aus **öffentlicher als auch privater Hand**.

- BECCS: 100-1500 USD/tCO₂
- Beschleunigte Verwitterung: 200-470 USD/tCO₂
- DACCS: 100-2000 USD/tCO₂
- Marines CDR: 400-2000 USD/tCO₂
- Mineralisierung: 150-1400 USD/tCO₂
- Pflanzenkohle: 113-310 USD/tCO₂

Es stellt sich die Frage, welche Anreizinstrumente für welche Methode(n) genutzt werden könnten, ohne dabei perverse Anreize zu setzen.

Problemstellung

Instrumentenklasse	Kurzbeschreibung & Instrumentenausprägung
Forschungs- und Entwicklungsförderung Informationsinstrumente	<p>Förderung von Innovations- und Grundlagenforschung</p> <ul style="list-style-type: none"> Horizon Europe, CDRterra, Innovation Fund
	<p>Aufbereitung und Bereitstellung von zusätzlichen Informationen</p> <ul style="list-style-type: none"> Labels, Rating und Kapazitätsaufbau
Regulierung und Standards	<p>Ordnungsrechtliche Festlegung von Zielen und Standardisierungsbemühungen</p> <ul style="list-style-type: none"> CRCF
Artikel 6 des ÜvP	<p>Internationale marktbasierter Kooperation</p> <ul style="list-style-type: none"> Artikel 6.2 und Artikel 6.4 des ÜvP
Subventionen und Anreize	<p>Direkte Zahlungen oder Steuervergünstigungen</p> <ul style="list-style-type: none"> Öffentliche Ankaufprogramme, Reverse auction, Klimaschutzverträge
Verpflichtende Kohlenstoffmärkte	<p>Kohlenstoffmärkte zur Erreichung verbindlicher Ziele</p> <ul style="list-style-type: none"> EU ETS, inkl. Clean-up Certificates Carbon Removal Obligation
Freiwillige Vereinbarungen	<p>Vereinbarungen, die über bestehende Verpflichtung hinausgehen</p> <ul style="list-style-type: none"> Sektorvereinbarung KVA-Schweiz
Freiwillige Kohlenstoffmärkte	<p>Dezentrale Governanceum Standardsetzungsorganisationen, die projektbasiert Zertifikate ausstellen</p> <ul style="list-style-type: none"> Freiwilliger Kohlenstoffmarkt

Instrumenten- klassen



Instrumentenklasse	Kurzbeschreibung & Instrumentenausprägung
Forschungs- und Entwicklungsförderung Informationsinstrumente	<p>Förderung von Innovations- und Grundlagenforschung</p> <ul style="list-style-type: none"> Horizon Europe, CDRterra, Innovation Fund <p>Aufbereitung und Bereitstellung von zusätzlichen Informationen</p> <ul style="list-style-type: none"> Labels, Rating und Kapazitätsaufbau
Regulierung und Standards	<p>Ordnungsrechtliche Festlegung von Zielen und Standardisierungsbemühungen</p> <ul style="list-style-type: none"> CRCF
Artikel 6 des ÜvP	<p>Internationale marktbasierter Kooperation</p> <ul style="list-style-type: none"> Artikel 6.2 und Artikel 6.4 des ÜvP
Subventionen und Anreize	<p>Direkte Zahlungen oder Steuervergünstigungen</p> <ul style="list-style-type: none"> Öffentliche Ankaufprogramme, Reverse auction, Klimaschutzverträge
Verpflichtende Kohlenstoffmärkte	<p>Kohlenstoffmärkte zur Erreichung verbindlicher Ziele</p> <ul style="list-style-type: none"> EU ETS, inkl. Clean-up Certificates Carbon Removal Obligation
Freiwillige Vereinbarungen	<p>Vereinbarungen, die über bestehende Verpflichtung hinausgehen</p> <ul style="list-style-type: none"> Sektorvereinbarung KVA-Schweiz
Freiwillige Kohlenstoffmärkte	<p>Dezentrale Governanceum Standardsetzungsorganisationen, die projektbasiert Zertifikate ausstellen</p> <ul style="list-style-type: none"> Freiwilliger Kohlenstoffmarkt

Instrumentenklassen

Quelle: Autoren, in Anlehnung an IPCC-Taxonomie

Entwicklungen in Deutschland

Carbon Management Strategie (CMS)

- Hochlauf und staatliche Förderung von CCS/CCU für schwer vermeidbare Emissionen ermöglichen.
- Evaluierungsbericht zum KSpG(2022), Referentenentwurf zur Änderung des KSpG(2024).

Langfriststrategie Negativemissionen (LNe)

- Gemeinsames Verständnis zur Rolle der CO2-Entnahme schaffen und deren Methoden bewerten.
- Governance, Rechtsrahmen und Anreizinstrumente identifizieren.
- Entscheidungsgrundlage und Strategiedokument für neue Breg.

Kohlenstoffspeicher-und Transportgesetz (KSpTG)

- Evaluierungsbericht zum KSpG(2022), Referentenentwurf zur Änderung des KSpG(2024), BR unterstützt Vorhaben.
- Ratifizierung der Änderungen des London Protocol angeschoben.

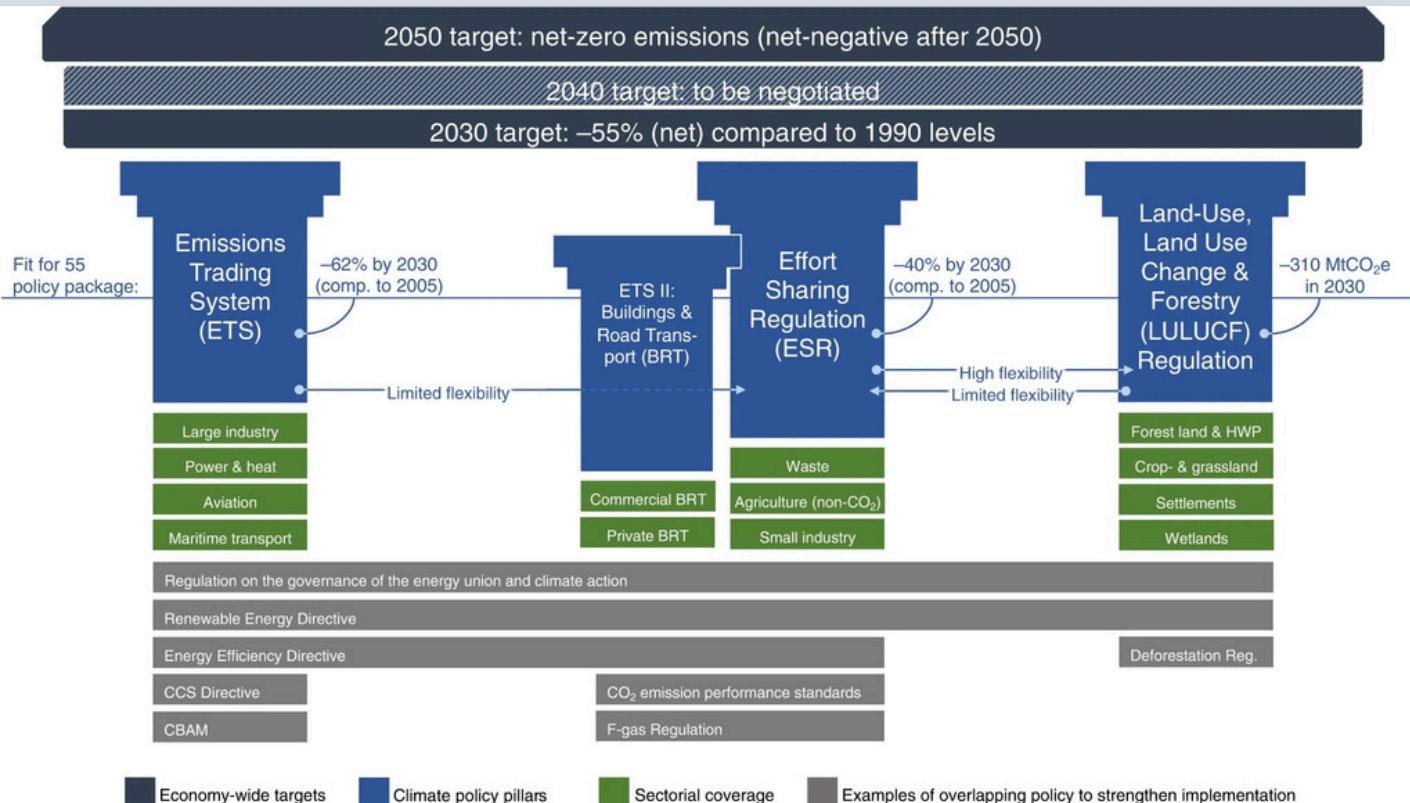
→ **Neue BReg muss sich schnell mit diesen Policypaketen auseinandersetzen und entsprechende Prozesse fortführen.**

2) Entwicklungen in Deutschland



Entwicklungen in der EU + International

Komplexes EU-Geflecht für den Klimaschutz



Quelle: Fridahlet al. (2021): Novel carbon dioxide removal techniques must be integrated into the European Union's climate policies. In: *Commun Earth Environ* 4, 459.

Entwicklungen in der EU

Industrial Carbon Management Strategy (ICMS)

- Robustes Konzept zur Förderung des industriellen Kohlenstoffmanagements und zur Berücksichtigung aller Teile der Wertschöpfungskette.
- Rahmenstrategie mit enger Verzahnung mit NZIA, CRCF, Markterzeugung/ETS.
- Erhöhung der Abscheidungs-und Speicherkapazität auf 280 MtCO₂ bis 2040 und 450 MtCO₂ bis 2050.

Nationale Umsetzung und bestpractices

- Rund 20 Mitgliedstaaten haben bereits industrielle Kohlenstoffmanagementvorhaben in ihre Entwürfe für nationale Energie-und Klimapläne (NECPs) aufgenommen.
- DEN, NL, NOR, ICE sind Vorreiter bei der geologischen Speicherung.
- FRA, GER, AUS haben mit der Entwicklung nationaler Kohlenstoffmanagementstrategien begonnen.

Entwicklungen in der EU

Carbon Removal Carbon Farming (CRCF) Regulation

- Freiwilliger Rahmen für die Definition von Entnahme und die Entwicklung von Methoden für diese.
- Einrichtung eines EU-weiten Registers.
- Dauerhafte Entnahme, Carbon Farming, langlebige Produkte.

Net-Zero Industry Act (NZIA)

- Verpflichtung zu einer jährlichen CO₂-Speicherkapazität von mindestens 50 MtCO₂ bis 2030.
- Koordinierung von Investitionen in eine europäische netto-null Wertschöpfungskette für CO₂-Transport und -Speicherung.
- Verpflichtung der Lizenznehmer für die Öl- und Gasproduktion zur Zusammenarbeit und zu Investitionen in die Infrastruktur.

**Entwicklungen in
der EU**

Nationale Vorschriften

Trotz einschlägiger Vorgaben der EU-CCS-Richtlinie sind die nationalen Regelwerke unterschiedlich weit entwickelt.

- Deutschland: Restriktives Speicherungsgesetz wird überdacht und Abscheidung zur Speicherung im Ausland politisch eindeutig erwünscht; CMS und LNewerden in Kürze erwartet.
- Polen: CCS-Gesetze und -Verordnungen werden geändert, um die Speicherung im kommerziellen Maßstab zu ermöglichen.
- Lettland lässt nur Forschung und Entwicklung zu, aber arbeitet derzeit an einer Änderung der CCS-Vorschriften.

Internationales (Umwelt-)Recht

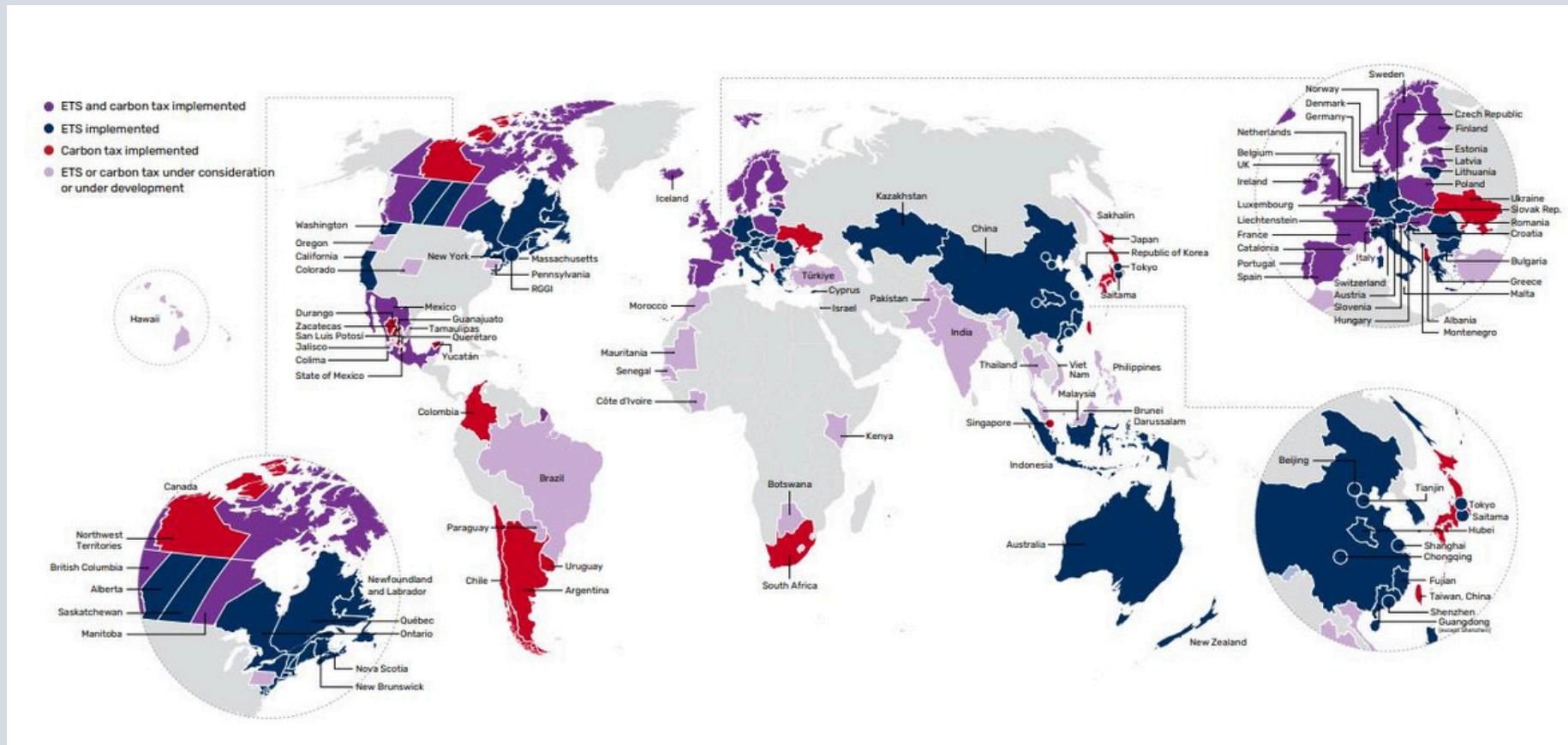
- Für den Export von CO₂ müssen die Vertragsparteien des Londoner Protokolls die Änderung von 2009 anwenden.
- Die Übereinkommen von Barcelona und Helsinki sind in Bezug auf die Zulässigkeit nicht ganz eindeutig.
- Das UN-Seerechtsübereinkommen (UNCLOS) wird relevant, wenn CCS eine Verschmutzung darstellen sollte.

Internationale Entwicklungen



Internationale Kohlenstoffmärkte

Bepreisungsmechanismen weltweit





Quelle: ICAP (2024): *Emissions Trading Worldwide: Status Report 2024*. Berlin: International Carbon Action Partnership

Verpflichtender Kohlenstoffmarkt



Verpflichtungsmarkt/EU ETS 1

- „Cap-and-Trade“ Ansatz
 - Cap: Jährlich festgelegte Menge an CO2-Zertifikaten/European Emission Allowances(EUAs) (4,3% jährliche Reduktion ab 2024)
 - Trade: Emittenten können Zertifikate untereinander handeln (Aktueller Zertifikatspreis: 63 €/tCO2)
- Verauktionieren der Zertifikate generiert Haushaltseinkommen (EU 2023: 43,6 Mrd. €; GER 2023: 7,7 Mrd. €)
- Aktuell betroffene Sektoren (~40% der EU CO2-Emissionen), Cap bei 1.386 MtCO2e :
 - Wärme-und Elektrizitätsproduktion
 - Industrielle Fertigung
 - Flugverkehr
 - Schiffsverkehr

Verpflichtender Kohlenstoffmarkt

Preise der EU EmissionsAllowances



Beispiele von inkludierten TABs in cap-and-trade-Systemen

- EU ETS 1/2
 - Alle TAB verbleiben zunächst im Brennstoffemissionshandelsgesetz (BEHG) mit Berichts- und Abgabepflichten (2024-2026).
 - Das heißt, eine Zertifikatspflicht/Abgabepflicht für TAB im EU-ETS 1 wird es vorläufig nicht geben.
 - Bereits seit 2024: Doppelregime für Berichts- und Überwachungspflichten für Anlagen >20 MW unter dem Treibhausgas-Emissionshandelsgesetz (TEHG).
- Schweizer ETS
 - 29 KVA betroffen, aber aktuell wegen freiwilliger Sektorvereinbarung vom ETS ausgenommen.
- Koreanisches ETS & Regional Greenhouse Gas Initiative (RGGI, USA)
 - TABs mit bestimmter Mindestoutputleistung inkludiert.



TABs in ETS

Verpflichtungsmarkt (für CO2-Entnahme)

- Funktionslogik: Überlegung, dass Emittenten von Restemissionen diese mit der gleichen Menge an Entnahmefeuertifikaten ausgeglichen müssen.
- Noch nicht geklärte Frage, ob und wenn ja wie CO2-Entnahme in den ETS zu integrieren ist (separater ETS, Sequenz, Permanenz, MRV).

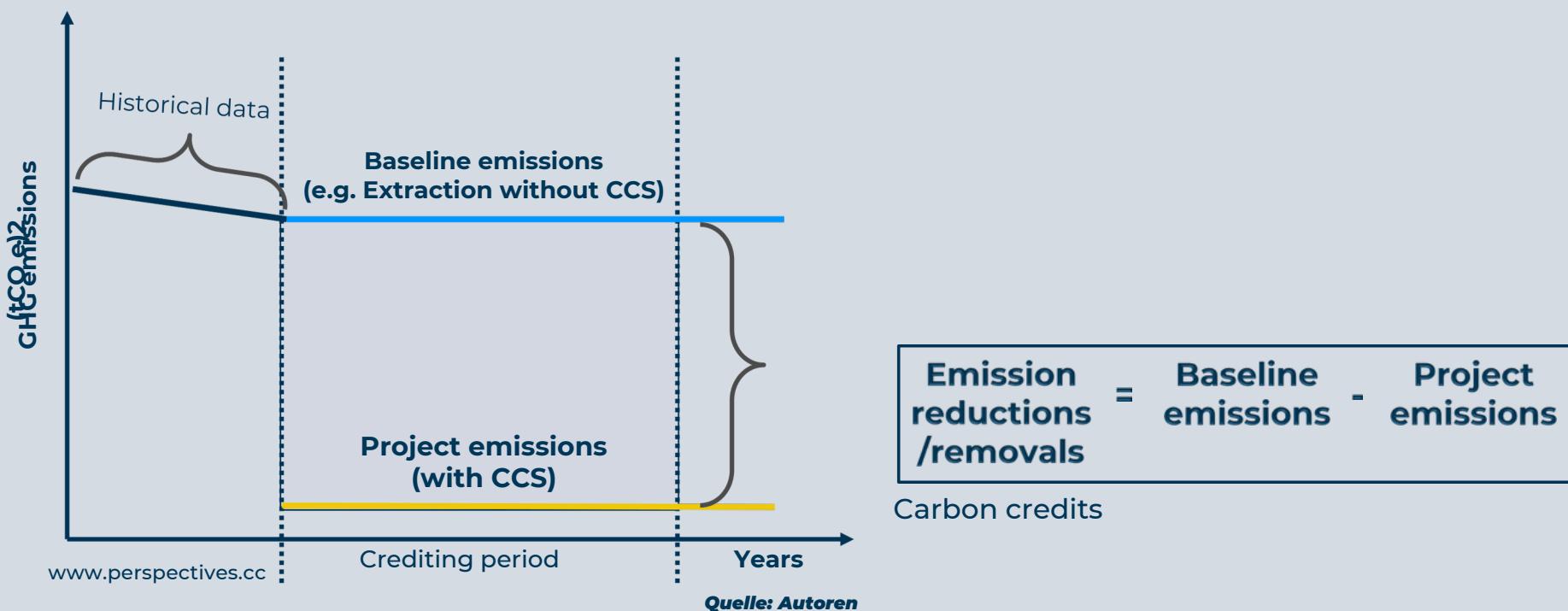
Internationale Beispiele von CO2-Entnahme in cap-and-trade-Systemen

- Neuseelands ETS
 - Aufforstung-und Wiederaufforstung inkludiert
 - Seit 2008 70 Millionen Zertifikate ausgestellt, aktueller Preis liegt bei rund 30 USD/tCO₂e.
- Kaliforniens cap-and-trade-System
 - Forstbasierte Aktivitäten inkludiert
 - Seit 2013 200 Millionen Zertifikate ausgestellt, aktueller Preis liegt bei rund 16-30 USD/tCO₂e.

Verpflichtender Kohlenstoffmarkt

Freiwilliger Kohlenstoffmarkt (global, in 2024)

- Dezentrale Governanceum nicht-staatliche Standardsetzungsorganisationen und Marktplätze, die projektspezifische Zertifikate ausstellen.
- Teilnehmer kompensieren freiwillig eigene Emissionen durch den Kauf von Zertifikaten
- Handelsvolumina: 305 MtCO₂e, ØZertifikatspreis: 4.40 €/tCO₂e
- „Baseline-and-Credit“ Ansatz: Delta zwischen Baseline- und Projektemissionen = Anzahl der Zertifikate



Freiwilliger Kohlenstoffmarkt (für CO2-Entnahme, in 2024)

- Aktuell Vorfinanzierungsphase zur Technologieentwicklung, d.h. Akteure kaufen bereits heute zukünftige CO2-Entnahme.
- 137 Anbieter von CO2-Entnahme
 - Stockholm Exergi, Orsted, 1PointFive
- Microsoft, Frontier, Google die größten Käufer
- Verkäufe 2024: 8 MtCO2
 - BECCS (63%), DACCS (20%), Pflanzenkohle (7%)
- Tatsächlich realisierte Entnahmemengen in 2023: 319 KtCO2
 - Pflanzenkohle (86%)
- ØPreis 2024: 320 USD/tCO2
 - BECCS 227 USD/tCO₂, DACCS 316 USD/tCO₂, Pflanzenkohle 165 USD/tCO₂



**Freiwilliger
Kohlenstoffmarkt**

Artikel 6 des Übereinkommens von Paris (ÜvP)

Artikel 6.2: Direkte, freiwillige bilaterale Kooperation zwischen Vertragsparteien

- Keine internationale Aufsicht, es gelten aber umfassende Berichts- und Bilanzierungsvorschriften.
- Autorisiert das Gastgeberland die Aktivität und bedarf es doppelter Buchführung (corresponding adjustment), generiert das Projekt Internationally Transferred Mitigation Outcomes (ITMOs). Verwendungszwecke: Overall mitigation in global emissions (OMGE), ausländisches NDC, CORSIA, freiwilliger Kohlenstoffmarkt

Artikel 6 - Kohlenstoffmarkt

Artikel 6.4 Paris Agreement Crediting Mechanism (PACM)

- Zentral von der UNFCCC überwachter Mechanismus.
- Methodologische Dokumente, genaue Ausgestaltung der Verfahren sowie Verifizierung werden von der UNFCCC/Supervisory Body beschlossen.

Verbindung zu weiteren Anreizinstrumenten

Dänemarks direkte Zuwendung und Subventionen für CCS-basierte CO2-Entnahmeprojekte

I) CCUS Fund/Erste Phase (1,07 Mrd. €) III) CCS Fund(3,7 Mrd. €)

Laufzeit 2026-2046
BECCS mit 430.000 tCO2/Jahr
Subvention an Ørsted
II) NECCS Fund (335 Mio. €)

-
-
-
-
- Laufzeit 2026-2032

BECCS mit 160.000 tCO2/Jahr

Fördersumme nicht komplett ausgeschöpft
Double claiming erlaubt

- Zweite Phase CCUS + Green Transformation
- Scheme (GSR) Fund Mindestmenge 100.000 tCO2/Jahr
- Subventionslaufzeit liegt bei 15 Jahren
Double claiming erlaubt

**Subvention:
Öffentliche
Ankaufprogramme**

Unternehmen	Subvention (je tCO22)	Aufgefangene und gespeicherte tCO22	Totale Subvention (pro Jahr)
BioCirc CO2 ApS	130 €	130.700	16,9 Mio. €
Bioman ApS	150 €	25.000	3,7 Mio. €
Carbon Capture Scotland Lwimwwite.perspectives.cc	349 €	4.650	1,6 Mio. €



Reverse AuctionScheme für BECCS in Schweden

- Verauktionierung von 3,1 Mrd. € Subventionsbudget für BECCS zwischen 2026-2046.
- Subventionsauszahlung für Investitions- und Betriebskosten erfolgt über 15 Jahre, Zielwert liegt bei 2 MtCO₂/Jahr
- Realisierungsfrist 3 Jahre nach Subventionsvergabe (2 Jahre Verlängerung möglich)
- Firmen können bereits vor der Verauktionierung Zertifikate verkaufen.
 - NDC-Erfüllung darf nicht mit Offsettingclaims einhergehen
 - Einnahmen aus dem freiwilligen Kohlenstoffmarkt werden von staatlicher Subvention abgezogen



**Subvention:
Reverse Auction**

Business Models for CDR (GGR) and BECCS Power in Großbritannien

- Generelle Laufzeit für Teilnehmende beträgt 15 Jahre
- Delta zwischen Strike Price und Achieved Sales Price/Reference Price bestimmt Richtung und Höhe des jeweiligen Klimaschutzvertrags
 - Strike Price > Reference Price: Regierung zahlt Delta an den Projektentwickler
 - Strike Price < Reference Price: Projektentwickler zahlt Delta an die Regierung
- Instrument stark eingebettet im Markt, bspw. könnten als Reference Price die Kosten der Zertifikate im ETS oder Zertifikatspreise im freiwilligen Kohlenstoffmarkt fungieren.

**Subvention:
Carbon Contracts for
Difference**

Langfristziel Nettonegativität

- Aktuelle marktbasierter Instrumenten nicht geeignet für Nettonegativität
 - **Notwendiges CDR > Restemissionen**

Carbon Removal Obligations(CRO)	Clean-Up Certificates	Carbon Removal Credits (CRC)
Bednar et al. (2021, 2024)	• „Carbon debt“-Ansatz:	Rickelset al. (2022, 2024)
<ul style="list-style-type: none"> • „Carbon debt“-Ansatz: Emittent erhält CRO • Bei Erreichung des Verfallsdatums muss ein Entnahmzertifikat bereitgehalten werden • Verfallsdatum und CRO-Preisaufschlag emittentenspezifisch • Ersetzt langfristig das ETS • Regulierung via Zentralbanken 	<ul style="list-style-type: none"> • Emittent erhält clean-up certificates als CRO • Regulierungsbehörde bestimmt den Grad der Additionalität von CDR über den Anteil von clean-up certificates im ETS • Anteil von clean-up certificates im ETS beeinflusst CO2-Preis und CDR-Ambitionen • Regulierung durch neugeschaffene European Carbon Central Bank 	<ul style="list-style-type: none"> • Regulierungsbehörde kauft CRC von CDR-Sektor und verauktioniert diese strategisch im ETS • CRC, die nicht zur strategischen Preisstabilisierung im ETS verwendet wurden, können für Nettonegativität verwendet werden. • Regulierung durch neugeschaffene Carbon Central Bank

Nettonegativität im Kohlenstoffmarkt



Zusammenfassung und Ausblick

Es gibt bereits heute konkrete Politikinstrumente für die CO₂-Entnahme:

- Bei den marktbasierteren Instrumenten ist dies vor allem der VCM.
- Verpflichtungsmärkte wie ETS hingegen inkludieren diese nur zum Teil und sind zudem auf bestimmte Sektoren oder Methoden limitiert.
 - Diskussionen, wie und wann bestimmte Methoden der CO₂-Entnahme in solche zu integrieren sind, nehmen an Fahrt auf.
- Um insbesondere kurz- bis mittelfristig Planungs- und Investitionssicherheit zu schaffen, existieren einige komplementäre Instrumente:
 - Ergebnisbasierte Förderung wie Subventionen, Carbon Contracts for Difference und Steuergutschriften
 - Aktivitätsbasierte Förderung (über GAP, ANK) insbesondere für natürliche Senken

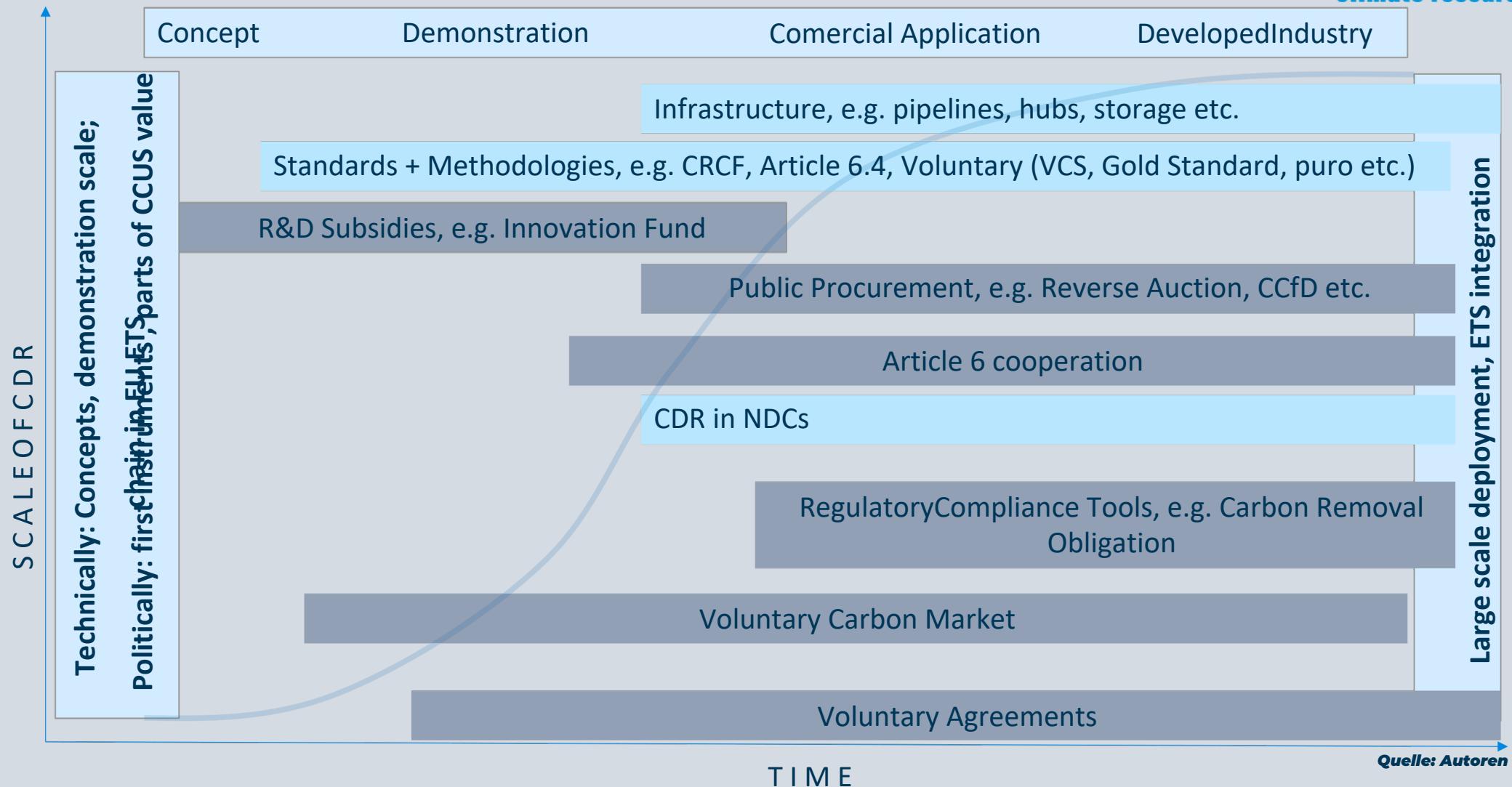
Zusammenfassung

Kein Anreizinstrument ist grundsätzlich besser als das andere.

- Tradeoffs zwischen Effektivität, Effizienz, Haushaltswirkung und Umsetzbarkeit
 - + weiteren, bspw. normativen Dimensionen
- Maßnahmen wie F+E-Förderung, MRV-Aufbau und Informationsangebote bieten notwendige Maßnahmen ab, aber keine konkret marktbildenden.
- Portfolio an Instrumenten federt Risiken und Kosten ab, und baut Vorteile und Synergien aus.
 - F+E, Kapazitätsaufbau, ergebnisbasierte Förderung, aktivitätsbasierte Förderung, marktbaserte Mechanismen
- Portfolio ermöglicht zudem ein sequenziertes Politikdesign.
 - Welche Maßnahmen braucht es kurzfristig, welche mittel-, welche langfristig?
 - Wie stehen einzelne Maßnahmen zueinander?

Zusammenfassung

Challenge: From low-scale CDR to ETS Integration



Vielen Dank für die Aufmerksamkeit

Bei Fragen steht Ihnen Matthias Poralla (poralla@perspectives.cc) zur Verfügung.