



Wie lässt sich das Potenzial für netto-negativ Emissionen in Deutschland ausschöpfen?

Eine Roadmap für verlässliche und finanzierbare CO₂-Entnahme in Deutschland (2026–2045)

August 2026



Eine Kooperation von

carbon

gap

SWECO



Haftungsausschluss

Diese Roadmap beschreibt Maßnahmen zur Beschleunigung des Einsatzes von CO₂-Entnahme (CDR) in Deutschland innerhalb eines verantwortungsbewussten Rahmens. Der Plan basiert auf dem Carbon Removal Readiness Assessment (CRRRA) Deutschland Bericht von Carbon Gap, sowie auf den Ergebnissen eines Stakeholder-Workshops, vom 26. November 2025 in Berlin, ergänzt durch weitere Expertengespräche.

Das Dokument ist als Beitrag für politische Entscheidungsträger, öffentliche Stellen, Akteure der Privatwirtschaft und zivilgesellschaftliche Organisationen gedacht, die an der Gestaltung des deutschen Ansatzes zur CO₂-Entnahme mitwirken.

Die Roadmap spiegelt nicht die offiziellen Ansichten der Workshop-Teilnehmenden oder der beteiligten Institutionen wider. Die Beiträge aus dem Workshop wurden von den Autoren zusammengeführt, interpretiert und ergänzt. Für etwaige Fehler oder Auslassungen tragen die Autoren die Verantwortung.

Danksagungen

Diese Roadmap wurde von Carbon Gap unter Anwendung der Methodik des „Carbon Removal Readiness Assessment“ (CRRRA) entwickelt. Sie stützt sich auf Beiträge aus einem am 26. November 2025 in Berlin abgehaltenen Stakeholder-Workshop sowie auf Experteninterviews.

Wir danken den Teilnehmern aus Bundes- und Landesverwaltungen, Behörden, Forschungseinrichtungen, Organisationen der Zivilgesellschaft, Finanzinstitutionen und CDR-Projektentwicklern für den Austausch ihrer Sichtweisen und Einschätzungen zu Hemmnissen, Rahmenbedingungen und Prioritäten für den CDR-Einsatz in Deutschland. Die Teilnahme an diesen Konsultationen bedeutet keine Zustimmung zu den Ergebnissen oder Empfehlungen dieser Roadmap.

Inhaltsverzeichnis

Haftungsausschluss	2
Danksagungen	2
Executive Summary	4
1. Einleitung	7
2. Realistische CO₂ Entnahme-Pfade für Deutschland	8
3. Wesentliche Hürden beim Ausbau der CO₂-Entnahme in Deutschland	9
4. Erforderliche Maßnahmen zur Beschleunigung des CDR-Einsatzes in Deutschland	12
5. Mobilisierung von Finanzmitteln für den Übergang zu CDR-Verfahren	20
6. Fazit	22

Abkürzungsverzeichnis

ANK	Aktionsprogramm Natürlicher Klimaschutz
BECCS	Bioenergie mit CO ₂ -Abscheidung und -Speicherung
BMF	Bundesministerium der Finanzen
BMFTR	Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt
BMLEH	Bundesministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Heimat
BMUKN	Bundesministerium für Umwelt, Klimaschutz, Naturschutz und nukleare Sicherheit
BMV	Bundesministerium für Verkehr
BMWE	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
CCfD	Klimaschutzverträge / CO ₂ -Differenzverträgen (Carbon Contracts for Difference)
CCS	CO ₂ -Abscheidung und -Speicherung
CCU	CO ₂ -Abscheidung und -Nutzung
CDR	CO ₂ -Entnahme (Carbon Dioxide Removal)
CMS	Carbon Management Strategie
CO₂	Kohlenstoffdioxid
CRCF	EU Verordnung über Kohlenstoffentnahmen und kohlenstoffspeichernder Landbewirtschaftung (Carbon Removal Certification Framework)
CRRA	Statusbericht zur Umsetzbarkeit von CO ₂ -Entnahme und Negativemissionen in Deutschland (Carbon Removal Readiness Assessment)
DACCS	Direkte CO ₂ -Abscheidung aus der Luft und -speicherung (Direct Air Carbon Capture and Storage)
DVNE	Deutscher Verband für negative Emissionen
ERW	Beschleunigte Verwitterung
ETS	Europäisches Emissionshandelssystem
FOAK	Erste ihrer Art (First-of-a-kind)
GHG	Treibhausgase
IPCEI	Wichtiges Vorhaben von gemeinsamem europäischem Interesse
ISO	Internationale Organisation für Normung
KSG	Bundes-Klimaschutzgesetz
KSpTG	Kohlenstoffspeicherungs- und Transportgesetz
LNe	Langfriststrategie Negativemissionen
MtCO₂	Millionen Tonnen Kohlenstoffdioxid
MRV	Monitoring, Berichterstattung, Verifizierung
NABIS	Nationale Biomasse Strategie
OAE	Ozean-Alkalinisierung
R&D	Forschung und Entwicklung
UBA	Umweltbundesamt

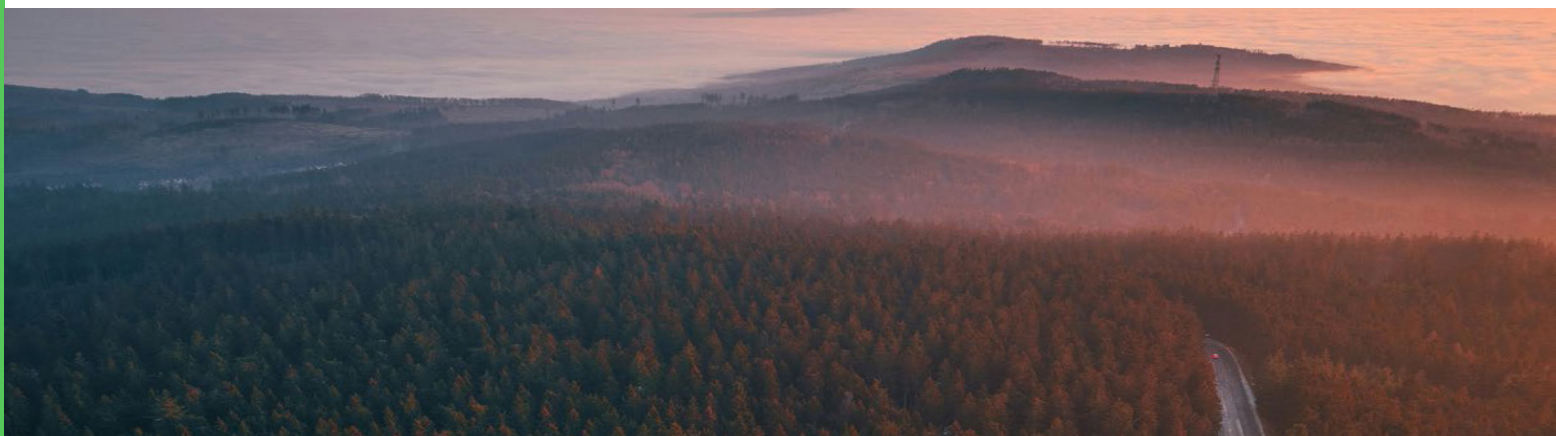
Executive Summary

Deutschland hat sich zur Treibhausgasneutralität bis 2045 mit anschließenden netto-Negativ-Emissionszielen verpflichtet. Das Erreichen dieser Ziele erfordert nicht nur tiefgreifende und schnelle Emissionsminderungen, sondern auch den Einsatz von Verfahren zur dauerhaften CO₂-Entnahme (CDR) im Multi-Megatonnen¹-Maßstab in den kommenden Jahrzehnten.

Diese Roadmap überführt die Ergebnisse der „Carbon Removal Readiness Assessment“ (CRRA)-Analyse sowie eines nationalen Stakeholder-Workshops in eine Handlungsagenda für den Zeitraum 2026–2045. Der Schwerpunkt liegt auf einer investitionsfreundlichen Marktgestaltung, Sicherung der Umweltverträglichkeit, sowie der Ermöglichung von CO₂-Transport und -Speicherung.

Die CRRA-Analyse und der nationale Roadmap-Workshop unterstreichen fünf Kernelemente:

- 1. Wirtschaftliche und infrastrukturelle Engpässe sind ausschlaggebend.** Die Beteiligten identifizierten hohe Investitions- und Betriebskosten (insbesondere bei energieintensiven Verfahren), die Konkurrenz um nachhaltige Biomasse sowie Unsicherheiten hinsichtlich der Infrastruktur für CO₂-Transport und -Speicherung als zentrale Hemmnisse. Begrenzte Speicheroptionen im In- und Ausland sowie das Tempo des Infrastrukturausbaus wurden als besonders einschränkende Faktoren für die Projektentwicklung wahrgenommen.
- 2. Finanzierbarkeit stellt kurzfristig eine wesentliche Hürde dar.** Neben hohen Stückkosten sehen sich frühe CDR-Projekte häufig mit einer Kombination aus politischer Unsicherheit, Umsetzungsrisiken und Gegenparteirisiken konfrontiert. Dies kann Finanzierungskosten in die Höhe treiben und Investitionsentscheidungen verzögern. Stakeholder betonten, dass gezielte nachfrageseitige Maßnahmen dazu beitragen können, Risiken zu senken, privates Kapital zu mobilisieren sowie Lernprozesse und Kostensenkungen zu beschleunigen. Hierzu gehören beispielsweise mehrjährige Abnahmeverträge mit glaubwürdigen Vertragspartnern, geeignete Garantien oder staatliche Risikoabsicherungen sowie klare Regeln für Nachhaltigkeitsaussagen (claims), Monitoring, Berichterstattung und Verifizierung (MRV).
- 3. Fragmentierte Strategien und ein unklarer Rechtsrahmen untergraben Investitionssignale.** Stakeholder betonten das Fehlen einer klaren, langfristigen CDR-Strategie, einschließlich konkreter Zielvorgaben, regulatorischer Klarheit und einer schlüssigen Architektur für die Integration von CO₂-Entnahme in den Rahmen der deutschen Klimapolitik.
- 4. Fragen zur gesellschaftlichen Akzeptanz und zur Nachhaltigkeit müssen frühzeitig aufgegriffen werden.** Im Vordergrund standen Bedenken bezüglich nachhaltiger Biomassennutzung, der Umweltauswirkungen sowie zuverlässiger und transparenter MRV-Systeme zur Gewährleistung der Umweltverträglichkeit. Ebenso spielten Sorgen um die öffentliche Akzeptanz eines diversifizierten CO₂-Entnahme-Portfolios und die Wahrnehmung von „technischer“ CO₂-Entnahme eine wichtige Rolle.
- 5. Politische Anreize und glaubwürdige Ambitionen sind entscheidend.** Die beteiligten Akteure stufen die laufende Debatte über die Architektur der deutschen Klimaziele und die Reformen des EU-Emissionshandels (EU-ETS) als äußerst wichtig für die Entstehung tragfähiger Geschäftsmodelle im Bereich der CO₂-Entnahme ein. Ein Mangel an „glaubwürdigen Ambitionen“, sowie einer attraktiven nationalen Vision für Deutschland und die Gesellschaft insgesamt, birgt die Gefahr, sinnvolle Investitionen und die öffentliche Unterstützung zu untergraben.



Auf diesen Erkenntnissen aufbauend werden in dieser Roadmap drei strategische Säulen vorgeschlagen:

- 1. Politik und Governance:** Etablierung nationaler Koordination und einer gemeinsamen Evidenzbasis für CO₂-Entnahme. Dies beinhaltet methodenspezifische Nachhaltigkeitskriterien sowie belastbare Rahmenbedingungen für Monitoring, Berichterstattung und Verifizierung. Deutschlands Ambitionen und das Portfolio für CO₂-Entnahmen müssen quantitativ und qualitativ festgelegt werden. Dafür ist zu klären, wie CO₂-Entnahme in Emissionsbilanzen und der Klimapolitik allgemein behandelt wird. Nicht zuletzt muss CO₂-Entnahme in relevante nationale und europäische Politikinstrumente sowie Sektor Strategien unterstützt und integriert werden.
- 2. Pilotprojekte und skalierbare Lösungen:** Unterstützung einer ersten Welle von Leuchtturmprojekten die ein breites Methodenspektrum abdecken. Dies ermöglicht Erkenntnisgewinne entlang der gesamten Wertschöpfungskette. Hinzu kommt die notwendige Förderung der erforderlichen Infrastruktur und standardisierter Vertragsmodelle zur Verbesserung der Finanzierbarkeit.
- 3. Großmaßstäbliche Umsetzung und internationale Zusammenarbeit:** Vorbereitung auf die Systemintegration in den 2030er und 2040er Jahren, einschließlich grenzüberschreitender Zusammenarbeit bei CO₂-Transport und -Speicherung, sowie Abstimmung auf sich entwickelnde europäische und internationale Markt- und Integritätsregeln.

Für alle drei Säulen gelten zwei übergreifende Aspekte: Erstens erfordern Umweltverträglichkeit und gesellschaftliche Legitimität robuste Nachhaltigkeitskriterien, methodenspezifisches Monitoring, Berichterstattung und Verifizierung (MRV) sowie eine transparente Einbindung der Stakeholder. Zweitens wird ein schneller Hochlauf voraussichtlich von der Finanzierbarkeit abhängen. Es braucht glaubwürdige langfristige Einnahmesicherheit und Maßnahmen zur Risikominderung bei Pionier- und frühen Skalierungsprojekten. Die Verteilung diverser Risiken muss klar geregelt sein, dazu gehören Liefer-, Gegenpartei- und politische Risiken.

Dementsprechend legt diese Roadmap für den Zeitraum 2026–2030 den Fokus auf Instrumente zur Nachfragegenerierung, Kapazitätsaufbau (physische Kapazität und Wissenskapazität) und Risikominderung, sowie die Festlegung von Integritätsstandards, neben dem zu schaffenden gesetzlichen Rahmen zur Sicherung der Marktintegrität und dem infrastrukturenbau.

indikativer Zeitplan:

- **2026–2030: Schaffung wesentlicher Voraussetzungen** durch Veröffentlichung und Umsetzung der Langzeitstrategie für negative Emissionen (LNe). Pilotierung von Projekten mit neu lancierten Ankaufprogrammen, Start erster Förderrunden und weiterer Instrumente zur Risikominderung; Unterstützung der ersten Welle von Pilotprojekten sowie Vorantreiben der Planung der CO₂-Infrastruktur.
- **2030–2035: frühe Erfolge skalieren** sowie die Vertragsgestaltung und MRV-Verfahren standardisieren; Betriebsbeginn für prioritäre CO₂ Transport- und Speicherinfrastruktur mit geeigneten Zugangsregelungen (einschließlich für grenzübergreifende Projekte); CO₂-Entnahme mit zunehmender Reife der Regelwerke systematischer in relevante politische Instrumente und Beschaffungsregelwerke integrieren.
- **2035–2045: Großmaßstäblicher Ausbau und Umsetzung in der Breite** durch einen schrittweisen Übergang zu einem großflächigen Einsatz, der auf die identifizierten unvermeidbaren Restemission in Deutschland, die definierten Ambitionen zur Erreichung negativer Nettoemissionen sowie auf europäische Ausbaupfade abgestimmt ist. Gleichzeitige Stärkung der gesellschaftlichen Akzeptanz, Weiterentwicklung von Standards und Methoden, sowie Vertiefung der grenzüberschreitenden Zusammenarbeit und Sicherung von kosteneffizientem und diskriminierungsfreiem Zugang zu Speicherkapazitäten.

Diese Roadmap fasst eine Reihe konkreter Maßnahmenempfehlungen zusammen um Deutschland auf den Weg zu bringen, sein CO₂-Entnahme-Potenzial zu heben und seine Klimaziele zu erreichen. Sie soll die nationale Langfriststrategie Negativemissionen informieren und darüber hinaus den und den Aufbau einer gemeinsamen Vision über alle beteiligten Sektoren hinweg unterstützen.

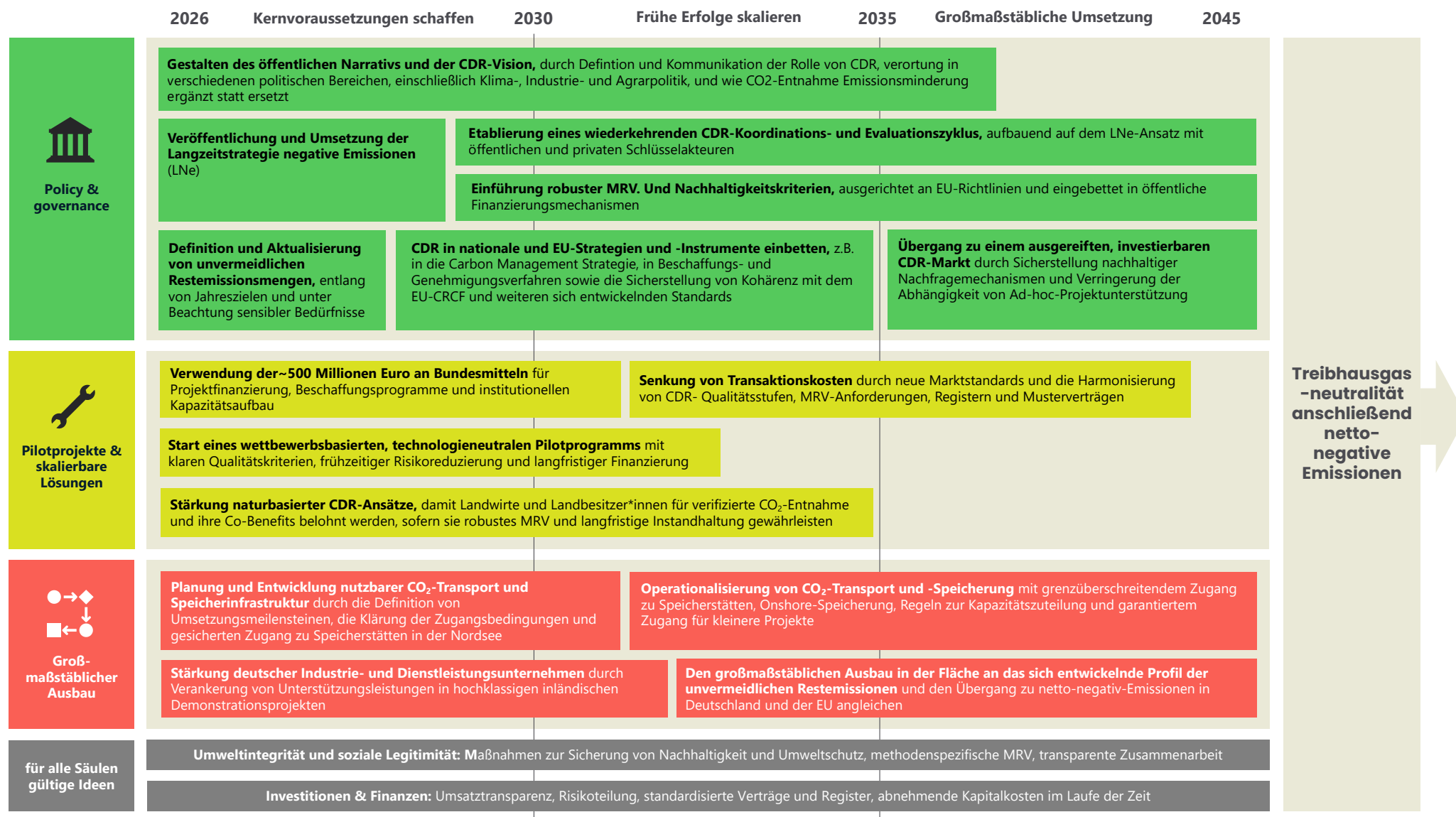


Abbildung 1. Übersicht der empfohlenen Maßnahmen für den Einsatz von CO₂-Entnahme in Deutschland. Die meisten der Aktivitäten sollten parallel und iterativ umgesetzt werden. Eine detaillierte Beschreibung der einzelnen Maßnahmen folgt in Abschnitt 4.

1. Einleitung

Das deutsche Klimaschutzgesetz (KSG) legt ein gesetzliches Ziel für Treibhausgasneutralität bis 2045 sowie für negative Netto-Emissionen ab 2050 fest. Selbst bei ambitionierten Minderungs- und Effizienzpfaden ist davon auszugehen, dass unvermeidliche Restemissionen in der Prozessindustrie, der Abfallverbrennung, der Landwirtschaft sowie in Teilen des Verkehrs- und Luftfahrtsektors verbleiben. Schätzungen zufolge belaufen sich diese unvermeidbaren Emissionen auf 45 bis 80 Mio. t CO₂-Äquivalente, die bis 2045 neutralisiert werden müssen. Daher ist der Ausbau der CO₂-Entnahme (Carbon Dioxide Removal, CDR, auch bekannt als negative Emissionen) erforderlich. Einerseits als ergänzende Säule neben schneller und entschlossener Emissionsminderung und andererseits als grundlegende Voraussetzung für das Erreichen negativer Netto-Emissionen.

Deutschland verzeichnet bereits politisches Momentum für CO₂-Entnahme. Es wird aktiv eine Langzeitstrategie für negative Emissionen entwickelt, die Architektur der Klimapolitik überarbeitet, die Rahmenbedingungen für aktives Kohlenstoffmanagement, einschließlich gesetzlicher Regelungen für den CO₂-Transport und die -Speicherung entstehen und es existiert bereits finanzielle Unterstützung für Maßnahmen zur Abscheidung an industriellen Punktquellen mit anschließender Speicherung oder Nutzung von CO₂ (CCS/CCU). Darüber hinaus beginnt die Umsetzung von EU-Instrumenten wie dem Rahmenwerk für die Zertifizierung von CO₂-Entnahmen (CRCF). CDR ist ein Querschnittsthema dieser Debatten, wird bislang jedoch weder vollständig integriert noch ausreichend gefördert.

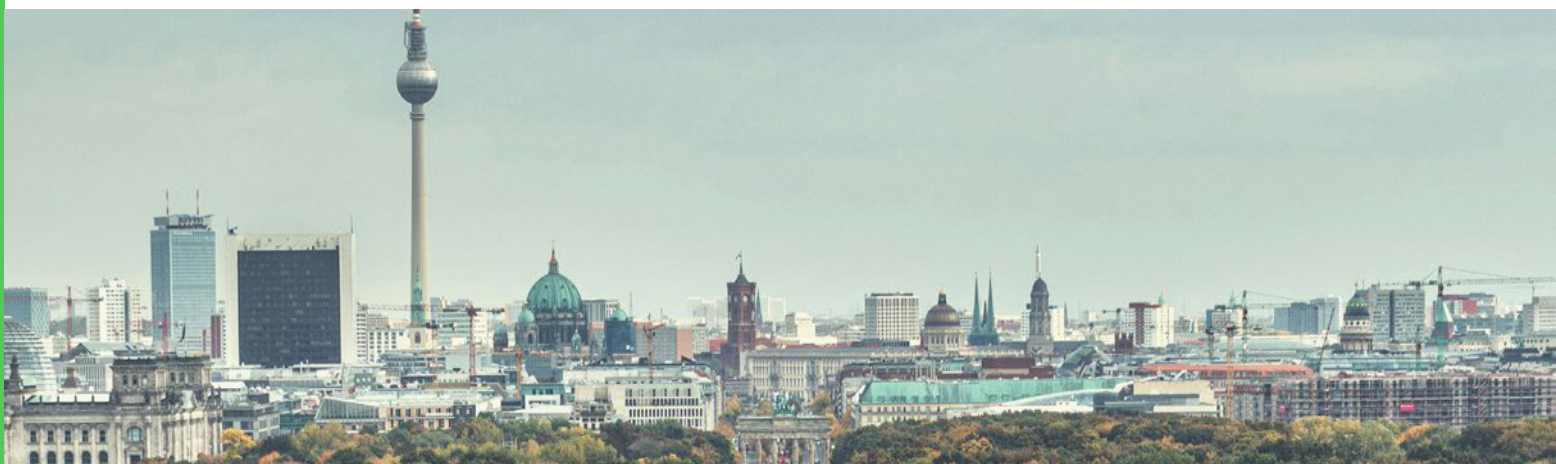
Methodik

Diese Roadmap ist Teil des CRRA-Projekts von Carbon Gap, das die tatsächliche Umsetzbarkeit von CO₂ Entnahme-Methoden in mehreren Ländern bewertet. Die Roadmap für Deutschland wurde auf Basis folgender Elemente entwickelt:

- **Technische und politische Analyse** aus dem CRRA-Deutschland-Hintergrundbericht, bestehend aus „Bottom-up“-modellierten Potenzialen von CO₂-Entnahme-Methoden sowie einer Analyse (mapping) der politischen Rahmenbedingungen.
- **Stakeholder-Konsultationen**, einschließlich Experteninterviews und Umfragen unter politischen Entscheidungsträgern, Forschenden, Industrie- und Zivilgesellschaftsakteuren sowie einem Bürger*innen Panel.
- **Ein eintägiger interaktiver Workshop in Berlin am 26. November 2025**, der rund 20 sektorenübergreifende Stakeholder zusammenbrachte, um Schlüsselherausforderungen zu identifizieren, nach Bedeutung und Schwierigkeit zu priorisieren und gemeinsam potenzielle Lösungen und Zeitpläne zu entwickeln.

Die Struktur des Workshops lief entlang der Identifikation von Barriereclustern (Politik, Märkte, Forschung und Bildung), anschließenden Übungen zur Priorisierung von Themen und Maßnahmen, sowie einer abschließenden Einordnung zur Sequenzierung von Maßnahmen bis 2045.

Die vorliegende Roadmap fasst die Ergebnisse zusammen und überführt sie in ein aktionsorientiertes Narrativ. Der Fahrplan stellt keinen fertigen Umsetzungsplan dar, denn er soll vielmehr als Handreichung zur gemeinsamen Weiterentwicklung dienen.



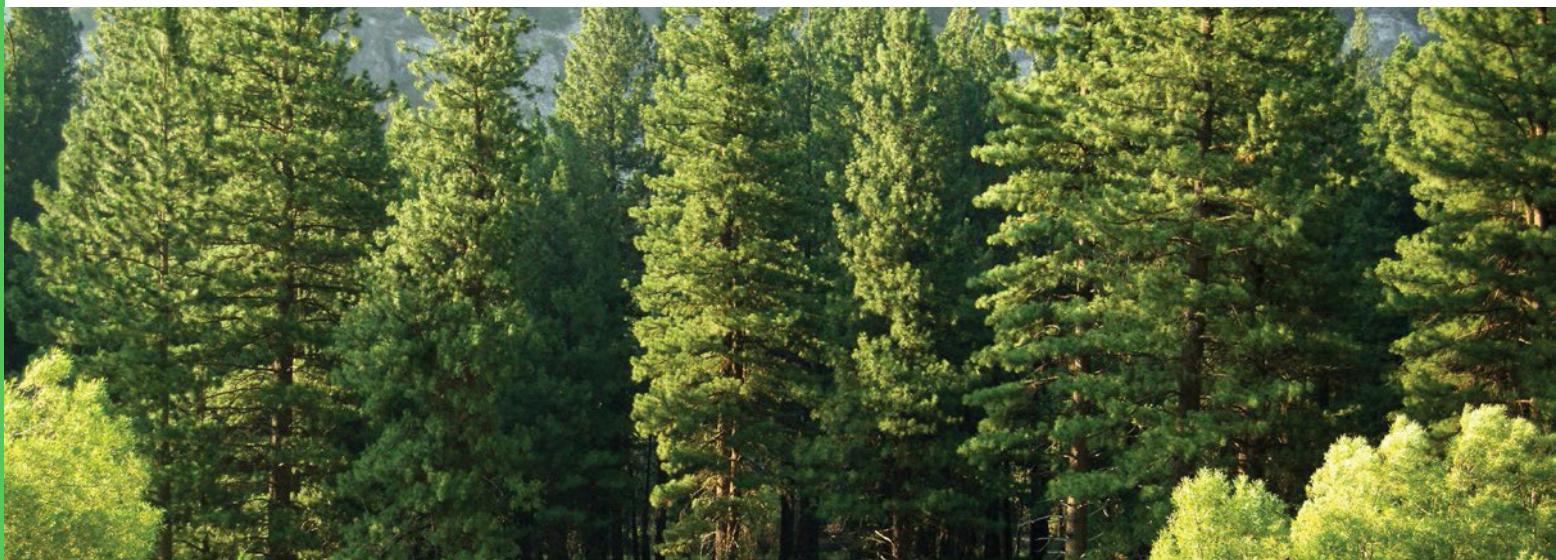
2. Realistische CO₂ Entnahme-Pfade für Deutschland

Der CRRA-Bericht für Deutschland weist auf ein substanzielles CDR-Potential über verschiedene Methoden hinweg hin. Begrenzt wird dieses Potential jedoch durch fehlende Infrastruktur für CO₂-Transport und -Speicherung, die unklare Verfügbarkeit von Biomasse, Zielkonflikte in der Landnutzung, limitierte Verfügbarkeit grünen Stroms und politische Unsicherheit.

Zusammenfassend lässt sich über die jeweiligen Methoden folgendes sagen:

- **Bioenergie mit CCS (BECCS):** In Deutschland gibt es signifikante biogene CO₂-Ströme aus der Abfallverbrennung, der Zellstoff- und Papierproduktion, aus Bioenergie Anlagen und aus zukünftig biomasse-basierten zusätzlichen Industrieprozessen. Laut den CRRA-Szenarien wird der Einsatz von BECCS in erster Linie durch die Transport- und Speicherkapazitäten limitiert. Zudem konnten Risiken mit Blick auf die Verfügbarkeit und Nutzungskonkurrenz von Biomasse für die stoffliche Nutzung identifiziert werden.
- **Direkte Abscheidung aus der Luft und Speicherung (DACCS):** Deutschlands starke Industrie, etablierte Forschungs- und Entwicklungskapazitäten und das zunehmend emissionsarme Stromsystem könnten Großmaßstäbliche DACCS-Projekte unterstützen. Hohe Stromkosten, lange Investitionszyklen und unsicherer Zugang zu Speicherstätten erschweren jedoch den kurzfristigen Ausbau. Dennoch kann sich DACCS als wichtiger Hebel erweisen, um den Zielkonflikt zwischen dem Erhalt und der Wiederherstellung natürlicher Senken einerseits und dem Ausbau biomassebasierter CO₂-Entnahmeverfahren andererseits zu entschärfen.
- **Pflanzenkohle und andere auf Biomasse basierende Verfahren:** In Deutschland bilden heute schon vorhandene Pyrolysekapazitäten, das Interesse an der Verwendung von Pflanzenkohle im Bauwesen und in der Landwirtschaft, sowie ein großer Agrarsektor die Grundlage für eine Skalierung von Pflanzenkohle und damit verbundene Verfahren. Robuste Nachhaltigkeitsstandards, eine verlässliche Biomasseversorgung und funktionierende Wertschöpfungsketten bleiben hier entscheidend.
- **Beschleunigte Verwitterung und Mineralisierung (EWR):** Industrielle Nebenprodukte und Bergbaurückstände bieten potenzielles Ausgangsmaterial für Mineralisierung und beschleunigte Verwitterung. Regulatorische Klarheit und öffentliches Vertrauen sind Voraussetzungen für eine nachhaltige Skalierung.
- **Naturbasierte Ansätze:** Wiedervernässung von Mooren, verbessertes Forst- und Bodenmanagement sowie Ökosystemwiederherstellung können zusätzliche CO₂ Senken schaffen, werden aber oft im LULUCF-Rahmen verbucht und sind mit erheblichen Unsicherheiten sowie Herausforderungen hinsichtlich der Dauerhaftigkeit verbunden. Achtung, naturbasierte Senken sind hier nicht deckungsgleich zu verstehen mit der Gesamtheit aller natürlichen Senken, wie beispielsweise Wäldern. Es handelt sich um Senkenleistungen unter Zuhilfenahme natürlicher Prozess, die ausschließlich durch menschliche Interventionen ausgelöst werden.

Die Roadmap schreibt keinen optimalen Maßnahmenmix vor. Stattdessen geht sie von einem diversifizierten Portfolio aus, das neuartige, besonders dauerhafte Optionen mit konventionellen CO₂-Entnahme-Ansätzen kombiniert, die mit der jeweiligen Methode verbundenen Risiken steuert und auf das Profil der deutschen Restemissionen sowie die Flächennutzungsbeschränkungen abgestimmt ist.



3. Wesentliche Hürden beim Ausbau der CO₂-Entnahme in Deutschland

Die Diskussionen im Workshop konzentrierten sich auf sechs miteinander verknüpfte Problemfelder: 1) Kosten und Wirtschaftlichkeit, 2) schwierige Märkte für relevante Rohstoffe und die Abnahme von Zertifikaten, 3) CO₂-Transport und -Speicherung, 4) MRV und Nachhaltigkeitsaspekte, 5) gesellschaftliche Akzeptanz sowie 6) politische Anreize.

3.1 Kosten und Wirtschaftlichkeit

Die Teilnehmenden identifizierten mit Kosten verbundene Herausforderungen als eine der größten Hürden, maßgeblich bestimmt durch hohe Investitionsausgaben, unerschwingliche Energiepreise und den hohen Energiebedarf einiger CDR-Methoden. Hinzu kommen die erheblichen Preisunterschiede zwischen herkömmlichen Offsetting Zertifikaten CO₂-Entnahme Zertifikaten.

Kernpunkte:

- Projektentwickler und Kreditinstitute sehen sich mit unklaren langfristigen Erlösströmen aus Maßnahmen für negative Emissionen konfrontiert. So erhöht sich das Lieferrisiko und schränkt Möglichkeiten ein, Abnahmeverträge zu sichern und die Projektfinanzierung zu gewährleisten.
- Investoren und Infrastrukturpartner weisen auf hohe Kapital- und Betriebskosten für BECCS, DACCS und CO₂-Transport- und Speicherinfrastruktur hin, was die erforderlichen Renditen erhöht und die Anzahl finanzierbarer Projekte stark begrenzt.
- Projektentwickler und Finanzierer hoben die langen Investitionszyklen sowie die wahrgenommene Technologie- und Politikunsicherheit hervor. Diese Faktoren können Investitionsentscheidungen verzögern und kurzfristig das Finanzierungsrisiko für Projekte erhöhen.

Diese Risiken können bei Projekten der ersten Generation (First-of-a-kind) sowie bei solchen in der frühen Skalierungsphase zu höheren Finanzierungskosten führen. Hinzu kommt ein allgemeiner Kapitalmangel im Bereich von 10 bis 30 Mio. EUR der typischerweise bei Demonstrationsvorhaben anfällt. Finale Investitionsentscheidungen werden so selbst dann verzögert, wenn die zugrundeliegende Technologie tragfähig erscheint.

Damit ein Projekt finanziell tragfähig ist, müssen Kreditgeber darauf vertrauen können, dass dauerhaft ausreichende Einnahmen zur Rückzahlung des Kredits erwirtschaftet werden; und zwar nicht nur in einem idealen Jahr, sondern auch bei ungünstigen Rahmenbedingungen. Entscheidend ist dabei, ob die eingehenden Mittel die anfallenden Ausgaben zuverlässig decken. Die Finanzierbarkeit kann sich verbessern, wenn durch einen Mix aus Instrumenten glaubwürdige langfristige Einnahmesicherheit geschaffen wird, einschließlich vorhersehbarer politischer Rahmenbedingungen und mehrjähriger Abnahmeverträge.

Die Bankfähigkeit (bankability) von Projekten kann sich verbessern, wenn durch einen Instrumentenmix eine glaubwürdige, langfristige Planungssicherheit für Erlöse geschaffen wird. Dazu gehören berechenbare politische Rahmenbedingungen, nachfrageseitige Mechanismen wie etwa mehrjährige Abnahmeverträge mit einem glaubwürdigen Vertragspartner (gegebenenfalls auch öffentlichen Stellen), sowie Risikoteilungsvereinbarungen, die das Gegenparti- und Lieferrisiko verringern.

3.2 Input und Output Märkte

Das zweite Cluster betraf Märkte für Inputs (Biomasse, Energie und Speicherkapazität) als auch Outputs (negative Emissionen).

- Wettbewerb um nachhaltige Biomasse über verschiedene Sektoren hinweg sowie Bedenken mit Blick auf lock-in Effekte ineffizienter Anwendungen.
- Die Nachfrage für dauerhafte CO₂-Entnahmelösungen ist ungewiss, insbesondere wenn diese maßgeblich vom freiwilligen Kohlenstoffmarkt getragen wird. Dies ist teilweise auf unklare Regeln zur Nutzung und Kommunikation von CDR-Zertifikatkäufen zurückzuführen, auch hinsichtlich des Zusammenspiels freiwilliger Claims mit sich entwickelnden verpflichtenden EU-weiten und nationalen Rahmenbedingungen. Damit zusammen hängt die Frage, ob und wie CO₂-Entnahmen künftig in Compliance-Instrumenten anerkannt werden könnten. Insbesondere Unternehmenskunden schreckt die mangelnde Klarheit bezüglich der möglichen Claims und Vorschriften für CDR-Zertifikate ab.
- Der Mangel an langfristigen Abnahmeverträgen führt zu einer erheblichen Finanzierungslücke („Valley of Death“) beim Übergang von frühen Pilotprojekten in finanzierbare Skalierungsprojekte.

3.3 Infrastruktur und Speicherung

Infrastruktur und Speicherkapazitäten wurden wiederholt als Hindernisse mit höchster Priorität und großem Schwierigkeitsgrad hervorgehoben.

- Unsicherheit bezüglich der Verfügbarkeit und zeitlichen Perspektive zum Ausbau der inländischen Transport- und Speicherinfrastruktur. Dies umfasst den Pipeline-Ausbau, die Verfügbarkeit von Verschiffungs- und Verladekapazitäten und -Terminals, Transport Hubs, aber auch die erwarteten CO₂ Speichervolumina mit denen Projektentwickler planen können.
- Begrenzte rechtliche Klarheit über grenzüberschreitende Transport- und Speicheroptionen. Z.B. zu Nordsee-Hubs, trotz aufkommender europäischer Initiativen.
- Komplexität der Genehmigungsverfahren, sowie deren Fehlen bei der Klassifizierung neuartiger CDR-Verfahren und Fragen zur gesellschaftlichen Akzeptanz neuer Infrastruktur.
- Eingeschränkte Transparenz über Zugangsregeln für gemeinsam genutzte Infrastruktur, beispielsweise zu potenziellen Entgelten oder Mechanismen zur Kapazitätszuweisung, insbesondere für kleinere oder neuartige Projekte wie etwa DAC-Pilotanlagen.

Dieses Cluster wurde als entscheidend für den Business Case vieler CDR-Projekte hervorgehoben. Stakeholder betrachteten verlässliche Zeitpläne, Zugangsbedingungen und Kostenerwartungen für Transport- und Speicherinfrastruktur als Voraussetzungen für Investitionsentscheidungen. Insbesondere bei großmaßstäblichen CDR-Anlagen mit langer Lebensdauer, wie sie typischerweise Projekte zur energetischen Abfallverwertung mit Abscheidung und Speicherung, die Nutzung biogener Punktquellen, sowie Verfahren zur direkten Abscheidung von CO₂ aus der Umgebungsluft mit anschließender Speicherung benötigen.

3.4 Nachhaltigkeit und MRV

Ein eigenes Cluster befasste sich mit ökologischen Nachhaltigkeitsaspekten von Biomasse und Landnutzung, Umweltauswirkungen und robusten MRV-Systemen.

- Es muss sichergestellt sein, dass die Nutzung von Biomasse zur CO₂-Entnahme weder die biologische Vielfalt noch die Ernährungssicherheit oder andere Ökosystemleistungen negativ beeinträchtigt.
- Bedenken zur Anhäufung von „CO₂ Schulden“, falls die Entnahme von Biomasse oder Landnutzungsänderungen zunächst zu erhöhten CO₂ Emissionen führen die erst später oder gar nicht ausgeglichen werden. Dies betrifft sowohl indirekte Landnutzungseffekte wie auch Risiken hinsichtlich der Permanenz von CO₂-Sequestrierung.
- Entwicklung glaubwürdiger MRV-Ansätze, die auf verschiedene CDR-Methoden zugeschnitten und mit dem EU-CRCF und weiteren entstehenden internationalen Standards konform sind und bleiben.
- Für einige CDR Pfade kann das end-to-end Monitoring ressourcenintensiv bleiben. Im Vergleich zu etablierteren MRV Kontexten (z.B. Aufforstung) stehen nur begrenzt standardisierte Instrumente und Prüfkapazitäten zur Verfügung. Dies gilt insbesondere für Ansätze, die auf nur dezentral verfügbare Rohstoffe oder komplexe Lieferketten angewiesen sind.

3.5 Soziale Akzeptanz und Narrativ

Die Teilnehmenden betonten, dass öffentliches Vertrauen bestimmt, was politisch und gesellschaftlich durchführbar wird.

- Notwendigkeit einer positiven Zukunfts-Vision, die ein breites Spektrum konventioneller und neuartiger CDR-Methoden mit gesellschaftlichen und industriellen Vorteilen verbindet und sich nicht ausschließlich auf Kosten und Risiken beschränkt.
- In der Bevölkerung werden tendenziell „natürliche“ Lösungen bevorzugt rein technische Ansätze werden oft mit Skepsis betrachtet. Eine Umformulierung in andere Kategorien, etwa in neuartige und konventionelle Methoden, könnte zu einer neutraleren und differenzierteren öffentlichen Debatte beitragen.
- Bedenken hinsichtlich Greenwashing, insbesondere wenn CDR als Freibrief für eine Verzögerung von Minderungsmaßnahmen („Mitigation Deterrence“) verstanden wird.

3.6 Politische Anreize und Governance

Zuletzt wurden politische Anreize sowie die gesamte Architektur der Industrie- und Klimapolitik als entscheidender Querschnittsfaktor identifiziert.

- Fehlen einer klaren nationalen CDR-Strategie, einschließlich quantitativer Ziele für Entnahmen und Restemissionen sowie einer konkreten Vision für das Erreichen von Netto-negativen Emissionen nach 2045.
- Unklare Pfade zur Integration von CO₂-Entnahme in das EU- Emissionshandelssystem ETS oder andere marktbasierte Mechanismen zur CO₂-Bepreisung.
- Begrenzte Verfügbarkeit nachfrageseitiger Instrumente, die gut zu frühen Projektphasen passen, einschließlich CO₂-Differenzverträgen (Carbon Contracts for Difference) und wettbewerblicher Ausschreibungen.

Stakeholder warten auf regulatorische Klarheit, ohne welche fehlende Planungssicherheit eine große Herausforderung bleibt. CO₂-Entnahme ist in einer Reihe von nationalen und Europäischen Prozessen verankert, unter anderem im CRCF, dem Europäischen Klimagesetz (inklusive des darin enthaltenen 2040 Klimaziels), der EU Carbon Management Strategie für die Industrie, dem Net Zero Industry Act (NZIA), dem Clean Industrial Deal, sowie der Revision des Europäischen Emissionshandels (ETS) im Zuge derer die Aufnahme von CO₂-Entnahme möglich ist.

Auf nationaler Ebene wird derzeit die *Langfriststrategie für negative Emissionen* (LNe) vom Bundesministerium für Umwelt, Klimaschutz, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMUKN) in Abstimmung mit anderen Ministerien, den Bundesländern und weiteren Akteuren erarbeitet. Ziel der LNe ist es, Restemissionen zu quantifizieren, den nationalen Bedarf sowie das Potenzial für CO₂-Entnahme zu ermitteln und Zielmengen für technische Senken für die Jahre 2035, 2040 und 2045 sowie ein langfristiges Netto-Negativ-Ziel für 2060 festzulegen, wobei das LULUCF-Ziel bereits im Klimaschutzgesetz (KSG) verankert ist.

Darüber hinaus ist CO₂-Entnahme in Deutschland eng verknüpft mit der in Erarbeitung befindlichen *Carbon-Management-Strategie* (CMS), der *Nationalen Biomassestrategie* (NABIS), dem *Aktionsprogramm Natürlicher Klimaschutz* (ANK), den *BMBF-Forschungsmissionen* einschließlich CDRterra und CDRmare, sowie sektorspezifischen Initiativen wie der *Nationalen Moorschutzstrategie* und der *Holzbauinitiative*.



4. Erforderliche Maßnahmen zur Beschleunigung des CDR-Einsatzes in Deutschland

Die oben identifizierten Barriere Cluster lassen sich in drei Handlungsfelder als strategische Säulen unterteilen: 1) Politik und Governance, 2) Pilotprojekte und Skalierung und 3) Großskaliger Einsatz und internationale Rolle. Für jede dieser Säulen werden die zugrundeliegende Rationale, die wesentlichen Maßnahmen sowie die potenziell verantwortlichen Akteure dargelegt. Die Bewertung des „Reifegrads“ gibt Aufschluss darüber, wie schnell eine Maßnahme in der Praxis realistischerweise eingeleitet werden könnte, immer unter Berücksichtigung der Tatsache, dass politische Entscheidungen, institutionelle Mandate und Kapazitätsengpässe die Umsetzung beeinflussen können.

Überall drei Säulen hinweg sind zwei Aspekte von entscheidender Bedeutung. Erstens hängen Umweltverträglichkeit und gesellschaftliche Akzeptanz von robusten und transparenten Nachhaltigkeitskriterien, methodenspezifischen MRV-Verfahren sowie einer frühzeitigen Einbindung der Stakeholder ab. Zweitens wird kurzfristiger Fortschritt von einer verbesserten Finanzierbarkeit abhängen, einschließlich verbesserter Planbarkeit von Erlösen sowie Mechanismen zur Risikoverteilung, die Liefer-, Gegenpartei- und politische Risiken für Pionierprojekte und Vorhaben in der frühen Skalierungsphase verringern.

Die hier dargestellten Zeitrahmen sind nicht als starre Enddaten gedacht, sondern beschreiben spezifische Schwerpunktperioden. Sie tragen dem Umstand Rechnung, dass verschiedene grundlegende Elemente bereits auf den Weg gebracht wurden und legen daher den Schwerpunkt auf Maßnahmen, die ab 2026 initiiert, institutionalisiert oder skaliert werden sollen. Auch wenn die zeitliche Abfolge bei einigen Maßnahmen eine Rolle spielt, werden viele Aktivitäten angesichts der langen Vorlaufzeiten für Infrastruktur, Genehmigungsverfahren und Investitionsentscheidungen parallel und iterativ vorangetrieben werden müssen.



4.1 Politik und Governance (2026–2030)

4.1.1 Einrichtung eines deutschen Wissens- und Koordinationszentrums zur CO₂-Entnahme

Rationale: Deutschland verfügt bereits über verschiedene relevante Koordinierungsformate und Foren, darunter den LNe-Prozess sowie sektorale Netzwerke in Industrie, Forschung, Regierung und Zivilgesellschaft. Allerdings haben Stakeholder darauf hingewiesen, dass diese Bemühungen noch nicht wiederkehrend und sektorübergreifend institutionalisiert sind, was ihre Integrationswirkung hemmt. Es braucht ein festes Mandat, um i) eine abgestimmte Evidenzbasis zu konsolidieren, ii) den Umsetzungsfortschritt in den Bereichen Politik, Infrastruktur und MRV zu verfolgen und iii) Kontinuität zwischen Strategie- und Politikzyklen (wie der LNe) zu gewährleisten. Der Mehrwert eines „CDR-Hubs“ liegt daher weniger in der Schaffung einer neuen Plattform als vielmehr in der Institutionalisierung eines regelmäßigen Koordinierungs- und Evaluationszyklus, der bestehende sektorale Schnittstellen miteinander verknüpft und konkrete, wiederverwendbare Ergebnisse liefert.

Schlüsselaktivitäten

- Institutionalisierung eines wiederkehrenden Koordinierungs- und Evaluationszyklus für CDR: Einführung eines schlanken Prozesses, beispielsweise im Drei-Jahres-Rhythmus, der auf dem LNe-Ansatz aufbaut (unter Federführung des BMUKN) und von einer einem bestehenden Koordinierungsgremium (wie der dena oder einem beauftragten Konsortium) unterstützt wird.
- Definition eines klaren Mandats: Dieses sollte sich auf integrierende Querschnittsaufgaben beschränken die von bestehenden sektoralen Schnittstellen nicht durchgängig abgedeckt werden und nicht zu Dopplungen mit anderen relevanten Mandaten führen. Dazu gehört die Formulierung geteilter Annahmen, das Schaffen von Schnittstellen zwischen Methoden und Sektoren sowie das Festlegen von Anforderungen an MRV und Nachhaltigkeit.
- Aufbau nachhaltiger Verbindungen zu relevanten Netzwerken: Dazu gehören Forschungskonsortien, Industrieallianzen und zivilgesellschaftliche Plattformen. In der ersten Phase zur Abstimmung von Prioritäten, dem Erkennen von Zielkonflikten und zur Verbreitung von aus Pilotprojekten gewonnenen Erkenntnissen.
- Erstellung einer Wissensdatenbank mit den aus frühen Projekten gewonnenen Erkenntnissen: Sammeln und teilen von nicht vertraulichen Erfahrungen, etwa zu Genehmigungsverfahren, Einbindung der Öffentlichkeit, Monitoringmethoden und betrieblicher Leistung, um Doppelarbeit zu vermeiden und Entwicklungszeiten zu verkürzen.
- Schlüsselergebnisse und Meilensteine (erste Phase, 2026-2028): Bereitstellung einer gemeinsamen, wiederverwendbaren Datengrundlage und Unterstützung bei der Umsetzung, einschließlich: i) einer Synthese der Ausgangslage mit harmonisierten Annahmen zu Potenzialen, Beschränkungen, Kosten und Nachhaltigkeitsaspekten; ii) einer Übersicht über MRV- sowie Nachhaltigkeitsstandards und -methoden, einschließlich der Identifizierung wesentlicher Lücken, bzw die Erstellung eines Arbeitsplans der materielle Lücken adressiert; iii) eines jährlichen Fortschrittsberichts zur Umsetzung, der Pilotprojekte, Infrastrukturmaßnahmen und politische Meilensteine abdeckt; sowie iv) eines Evaluierungsberichts für das Jahr 2028 mit Empfehlungen für die nächste Phase.



Potenzielle Akteure

- *Beauftragende Ministerien:* BMUKN (federführend), BMW, BMFTR, BMF; sowie soweit relevant BMLEH, BMV.
- *Umsetzungs- und Koordinationsstellen:* Öffentliche Stellen wie die Dena oder ein im Wettbewerbsverfahren ausgewähltes Konsortium, etwa eine Kombination aus Forschungsinstituten und Praxispartnern.
- *Durchführungs- und Fachbehörden:* UBA (MRV, Umweltschutzmaßnahmen) und, soweit relevant, die für Genehmigung und Aufsicht zuständigen Bundes- und Länderbehörden.
- *Forschung und wissenschaftliche Koordination:* CDRsyntra sowie relevante Forschungsinstitute und Universitäten, die Expertise in den Bereichen Synthese und Methoden einbringen.
- *Industrie- und Infrastrukturnetzwerke:* DVNE und die Carbon Management Alliance, sowie relevante Ländereinrichtungen (z.B. NRW.4Climate) als Schnittstellen zu CO₂-Transport und -Speicherinfrastruktur, Industrieclustern und Projektpipelines.
- *Zivilgesellschaft und unabhängige Kontrolle:* Umwelt-NGOs, Verbraucherschutzorganisationen und Vertretungen von Bürgerschaftsgremien zur besseren Einbindung *öffentlicher* und Lokaler Stimmen, auch mit dem Ziel einer durch Transparenz gestärkten Legitimität.
- *Marktakteure* (als Mitwirkende, nicht als Steuerungsakteure): Beispielsweise Projektentwickler, Finanziere, Normungs- und Prüfinstitute um sicherzustellen, dass die Ergebnisse nutzbar und finanzierbar (bankable) sind.

Reifegrad: Mittel. Es existieren bereits zahlreiche Koordinierungselemente; die wesentlichen Voraussetzungen sind ein klares Mandat, eine stabile Ressourcenausstattung sowie ein Governance-Modell, das bestehende sektorale Schnittstellen ergänzt, anstatt sie zu duplizieren.

4.1.2 Klärung der Rolle von CO₂-Entnahme in der deutschen Klimapolitik

Rationale: Investitions- und Infrastrukturplanung erfordern frühzeitige Klarheit über den voraussichtlichen Umfang und die Funktion von Maßnahmen zur CO₂-Entnahme auf dem Weg Deutschlands zur Klimaneutralität und zu Netto-Negativ-Emissionen. Gleichzeitig werden sich wesentliche Parameter wie Schätzungen zu Restemissionen, Bilanzierungsregeln und der Umgang mit verschiedenen CDR-Verfahren im Zuge der Finalisierung der LNe und der übergeordneten Architektur der Klimapolitik weiterentwickeln. Ein pragmatisches kurzfristiges Ziel besteht daher darin, glaubwürdige Korridore und verlässliche Zeitpläne zu definieren, die als Orientierung für die Planung dienen und zugleich den politischen Gestaltungsspielraum wahren.

Schlüsselaktivitäten

- Definition von Restemissions- und CDR-Korridoren: Entwicklung indikativer Leitplanken für Restemissionen und entsprechender CDR-Bedarfe (einschließlich Sensitivitätsanalysen) für 2030, 2035, 2045, 2050 und 2060, in Übereinstimmung mit Deutschlands Klimazielen und den EU-Ausbaupfaden.
- Klärung, wie CO₂-Entnahme bilanziert und im klimapolitischen Rahmen verortet wird: Zumindest auf der Ebene des Regelungsrahmens, Festlegung wie verschiedene CDR-Verfahren mit der Architektur des KSG interagieren, einschließlich der Unterscheidung zwischen LULUCF-basierten und dauerhaften technischen Entnahmen.
- Festlegung der Rolle von Compliance-Anwendungsfällen: Mindestqualitätskriterien, CO₂-Bepreisung und Beschaffungsinstrumente, einschließlich des Beschaffungsprogramms des BMUKN im Wert von 11,5 Mio. EUR für das Jahr 2026.
- Ausrichtung an EU-Vorschriften und aufkommenden internationalen Standards: Sicherstellung der Kohärenz mit Entwicklungen auf EU-Ebene, insbesondere CRCF, Artikel 6 und potenziellen künftigen Compliance-Vorgaben, bei gleichzeitiger Wahrung der Flexibilität, bei Bedarf strengere nationale Integritätsanforderungen festzulegen.

Potenzielle Akteure

- BMUKN (federführend) in Koordination mit BMW, BMF, BMFTR; Expertengremien; UBA; Ländern; Bundestagsausschüssen.

Reifegrad: Mittel. Grundlegende analytische Arbeiten können sofort beginnen; wesentliche Entscheidungen zur Ausgestaltung werden voraussichtlich von den Ergebnissen des LNe-Prozesses, übergeordneten Entscheidungen im Rahmen des KSG sowie der Weiterentwicklung der Regelungen auf EU-Ebene abhängen.

4.1.3 Einführung robuster MRV- und Nachhaltigkeitskriterien

Rationale: Verlässliches Monitoring, Berichterstattung und Verifizierung (MRV) sowie robuste Nachhaltigkeitskriterien sind entscheidend für das öffentliche Vertrauen und die Akzeptanz von CO₂-Entnahme in Politik und Finanzwesen. Während für einige Teile der Wertschöpfungskette bereits wesentliche MRV-Komponenten existieren (z. B. Messungen an Abscheidungspunkten und Überwachung der geologischen Speicherung im Rahmen des KSpTG), bestehen weiterhin Lücken bei verschiedenen CDR-Verfahren sowie bei der Rückverfolgbarkeit von Rohstoffen bis zur langfristigen Speicherung oder dauerhaften Nutzung. Eine frühzeitige Umsetzung sollte daher die Standardisierung ausgereifter MRV-Elemente mit gezielten Pilotvorhaben verknüpfen; diese sollen deutschland-spezifische Erkenntnisse zu Referenzwerten, Unsicherheiten und Schutzmaßnahmen liefern und zugleich mit den auf EU-Ebene angewandten Methoden kompatibel bleiben.

Schlüsselaktivitäten

- Entwicklung klarer CDR Ausbau Kriterien: Um Doppelarbeit zu vermeiden und die Umsetzung im Rahmen von CDR-Projekten und -Maßnahmen (wie etwa bei der öffentlichen Auftragsvergabe) zu beschleunigen, sollte Deutschland CDR-Kriterien der EU wie beispielsweise das CRCF übernehmen, harmonisieren und stärken. Dies schließt Aspekte wie Biomassebeschaffung, Schutzmaßnahmen für die Landnutzung und Umweltverträglichkeitsprüfungen ein.
- Entwicklung eines differenzierten MRV-Ansatzes im Einklang mit den Bemühungen der EU: Für ausgereifte technische Ansätze (z.B. Messung der Abscheidung und Monitoring der geologischen Speicherung) sind MRV-Verfahren zu implementieren und zu standardisieren. Für standortspezifische Ansätze mit höherer Unsicherheit (z.B. Natur- und bodenbasierte Maßnahmen oder beschleunigte Verwitterung) sollten MRV-Verfahren im Pilotmaßstab erprobt und an die lokalen Gegebenheiten angepasst werden, immer unter Berücksichtigung von Referenzwerten, Strategien zur Probennahme, der Quantifizierung von Unsicherheiten sowie Aspekten der Dauerhaftigkeit.
- Kapazitätsaufbau bei Behörden und unabhängigen Prüfinstituten: Einschließlich der Entwicklung von Leitlinien, Schulungen und Akkreditierungspraktiken zur Sicherung konsistenter Bewertungen über Methoden hinweg.
- Einbettung von MRV- und Nachhaltigkeitsanforderungen: Kohärente Kriterien müssen von Anfang an in öffentliche Finanzierungsinstrumente und Beschaffungsdesign eingebettet werden, einschließlich Monitoringpläne und Anforderungen an die Datenberichterstattung, sowie rechtliche Grundlagen im Falle von Lieferausfällen.
- Umgang mit neuen Entnahmeverfahren: Bei weniger etablierten Ansätzen sind die Genehmigungsverfahren und die rechtliche Einstufung weiterhin unklar. Deutschland kann dazu beitragen, Doppelarbeit und Unsicherheit zu reduzieren, indem es gemeinsame Genehmigungsleitlinien und übertragbare Kriterien auf EU-Ebene fördert, die auf den Erfahrungen aus Pionierprojekten basieren.

Potenzielle Akteure

- UBA; BMUKN; BMFTR; relevante Normungsgremien; Akkreditierungs- und Verifizierungsstellen; Forschungseinrichtungen; Projektentwickler; Behörden der Bundesländer (soweit für Genehmigungen und landgebundene Maßnahmen relevant); zivilgesellschaftliche Organisationen.

Reifegrad: Mittel. Es zeichnen sich internationale Rahmenwerke ab. Angesichts des Handlungsdrucks sollte Deutschland eher auf Anpassung als auf Neuentwicklungen setzen und zur Verringerung der Unsicherheit beitragen, indem es übertragbare Leitlinien für Genehmigungsverfahren auf EU-Ebene für weniger etablierte Methoden vorantreibt.

4.1.4 Gestaltung des öffentlichen Diskurses und Formulierung einer „CDR-Vision“

Begründung: Öffentliches Vertrauen und die wahrgenommene Fairness dürften maßgeblich dafür sein, welche CDR-Optionen politisch realisierbar sind und in welchem Tempo ihre Umsetzung erfolgt. Ohne eine klare und glaubwürdige Kommunikation besteht die Gefahr, dass CO₂-Entnahme als Ersatz für Emissionsminderungen oder als Maßnahme wahrgenommen wird, die vornehmlich bestimmten Sektoren zugutekommt. Dies könnte den gesellschaftlichen Rückhalt schwächen und Genehmigungsverfahren und Investitionen verzögern. Stakeholder betonen, wie wichtig ein positives Narrativ und eine verständliche politische Vision seien, um Polarisierung und Handlungsmüdigkeit (climate fatigue) entgegenzuwirken.

Schlüsselaktivitäten

- Definition und Kommunikation von Sinn und Zweck: Klar und konsistent formulieren, warum Deutschland CO₂-Entnahme braucht (unvermeidbare Restemissionen, historische Emissionen, Umgang mit wahrscheinlicher Temperaturüberschreitung) und was damit nicht beabsichtigt ist (Verzögerung von Emissionsminderungen). Dabei auch klare Leitplanken und Prinzipien für die zeitliche Abfolge festlegen.
- Vorteile erkennbar machen: CO₂-Entnahme sollte in umfassendere Narrative über die deutsche und europäische Führungsrolle in technologischen, sozialen und ökologischen Bereichen eingebettet werden, indem sie mit greifbaren, gesamtgesellschaftlichen Ergebnissen verbunden wird. Dazu gehören etwa die Stärkung industrieller Kapazitäten, die Förderung von Innovationen und Ingenieurdienstleistungen, das Schaffen regionaler Chancen im Umfeld von Industrieclustern sowie die Verbesserung der Resilienz von Ökosystemen durch naturbasierte Maßnahmen.
- Portfoliologik erklären: Einfach verständliche Darlegung, warum mehrere Ansätze parallel verfolgt werden. Dabei die Unterschiede zwischen den Methoden erläutern. Wichtige Themen sind beispielsweise Sicherung der Umweltverträglichkeit, Permamenz und Risikomanagement. Eine vereinfachende Gegenüberstellung von „natürlich“ und „technisch“ sollte vermieden werden, stattdessen können Kategorisierungen wie „konventionelle“ und „neuartige“ CDR-Methoden genutzt werden.
- Fairness und Rechenschaftspflicht verankern: Erwartungen hinsichtlich Transparenz, absehbarer Zielkonflikte, Projektrisiken, Einbindung der Öffentlichkeit sowie Beschwerdemechanismen für öffentlich geförderte Projekte festlegen. Zudem klarstellen, wie Umweltauswirkungen bewertet und gesteuert werden.
- Strukturierte Dialogformate mit der Zivilgesellschaft etablieren: Zivilgesellschaft, lokale Gemeinschaften und Akteure in potenziellen Projektregionen müssen frühzeitig eingebunden werden, auch im Hinblick auf den Aufbau von CO₂-Infrastruktur und Biomasse-Lieferketten. Der Dialog mit Bürgerschaften und Akteuren kann genutzt werden, um den Deutungsrahmen (Framing) zu erproben, Bedenken frühzeitig zu erkennen sowie die politische Ausgestaltung und Projektpraxis zu verbessern.
- Vertrauenswürdige Vermittler ermutigen: Anstatt das Feld Nischenakteuren zu überlassen, sollten Umwelt-NGOs, Verbraucherschutzorganisationen oder Bürgergremien gezielt eingebunden werden um die Bürgerschaft dazu aktivieren, sich mit CDR-Optionen auseinanderzusetzen und diese kritisch zu hinterfragen,

Potenzielle Akteure

- *Bundesministerien:* BMUKN, BMWi, BMBF (sowie gegebenenfalls BMLEH und BMV).
- *Behörden und Mittlerorganisationen:* UBA, Dena, Bundeszentrale für politische Bildung (bpb), Landesministerien und Regionalentwicklungsagenturen.
- *Zivilgesellschaft und glaubwürdige Vermittler:* Verbraucherschutzorganisationen, NGOs, Gewerkschaften, Presse- und Medienorganisationen, Kommunalverbände sowie lokale zivilgesellschaftliche Organisationen.
- *Wissenschaft und Dialogformate:* Forschungsinstitute, Initiativen zur Wissenschaftskommunikation, Bürgergremien und Anbieter deliberativer Dialogformate.
- *Praxispartner:* Industriecluster, Projektentwickler, Handelskammern und kommunale Behörden in potenziellen Projektregionen.

Reifegrad. Mittel: Öffentliches Bewusstsein und Verständnis über CO₂-Entnahme erscheinen uneinheitlich und methodenabhängig: Der Sammelbegriff ist zwar kaum geläufig, doch stoßen verwandte Konzepte und spezifische Ansätze in bestimmten Kontexten bereits auf Aufmerksamkeit.

4.2 Pilotprojekte und Skalierung (2026–2035)

Um von der strategischen Zielsetzung zur praktischen Umsetzung zu gelangen, bedarf es in Deutschland eines gezielten „Umsetzungsschubs“, der sowohl die öffentliche Hand als auch Marktakteure einbezieht. Dies erfordert den Aufbau einer Pipeline glaubwürdiger Projekte, die Überführung der Planungen für CO₂-Transport und -Speicherung in sichtbare, für Projektentwickler finanzierbare Vorhaben, sowie den Abbau wirtschaftlicher und rechtlicher Hemmnisse beim Übergang von der Pilot- zur Skalierungsphase.

Dieser Abschnitt priorisiert daher eine wettbewerbsorientierte frühe Markteinführung: pragmatische Investitionen, die Anreize für eine dauerhafte CO₂-Entnahme im Rahmen robuster MRV-Verfahren und langfristiger Verantwortung schaffen. Dazu gehören der Ausbau geteilter CO₂-Infrastruktur und der Zugang zu Speicherkapazitäten, gezielte Instrumente zur Verbesserung der Finanzierbarkeit und zur Überwindung der Finanzierungslücke („valley of death“) für CDR-Unternehmen, sowie skalierbare naturbasierte Senken.

4.2.1 Einrichtung eines wettbewerblichen Pilotförderungsprogramms

Deutschland sollte wettbewerbsbasierte Programme auflegen, die ein diversifiziertes Portfolio von CDR-Projekten unterstützen, um das First-Mover-Risiko zu reduzieren und die drohenden Finanzierungslücken („valley of death“) für CDR-Unternehmen zu überwinden.

Schlüsselaktivitäten

- Einführung eines wettbewerbsbasierten, technologieneutralen Ausschreibungsverfahrens für hochwertige Verfahren zur CO₂-Entnahme: Grundlagen sind klare Eignungs- und Qualitätskriterien (MRV, Dauerhaftigkeit, Nachhaltigkeitsvorgaben) und die 11,5 Mio. Euro aus dem Landeshaushalt 2026 für das Ankaufprogramm. Auf diese Weise kann der Bund als Ankerabnehmer fungieren und die Erlössicherheit für frühe Projekte erhöhen. Angesichts der begrenzten Mittel sollte die Förderung auf CDR-Projekte mit hoher Glaubwürdigkeit und geringem Risiko konzentriert werden. Dies steigert die Erfolgsaussichten der Ausschreibung und stärkt das Vertrauen von politischen Entscheidungsträgern, Marktakteuren und der Öffentlichkeit.
- Ergänzende gezielte Maßnahmen zur Risikominderung bei Pionierprojekten (First-of-a-kind-Projekte): Etwa durch Investitionszuschüsse (CAPEX) und Unterstützung bei den Betriebskosten (OPEX), Garantien oder eine Finanzierung nach Meilensteinen (mit unbürokratischer Ausgestaltung), erste Regelungsentwürfe sollten möglichst einfach gehalten werden. Prüfung, ob sich bewährte Modelle mit Differenzverträgen (Contracts for Difference) gegebenenfalls auf Verfahren zur dauerhaften CO₂-Entnahme übertragen lassen, um in der frühen Phase der Markteinführung die Lücke zwischen Marktpreisen und den Kosten für besonders dauerhafte CDR-Lösungen zu schließen. Die Finanzierung sollte aus den Haushaltsmitteln für 2026 erfolgen, und zwar sowohl aus dem für die Förderung von CDR-Projekten vorgesehenen Topf (98 Mio. EUR) als auch aus den Mitteln zur Stärkung und Förderung von Kohlenstoffsinken im Boden (44,5 Mio. EUR).
- Nutzung und Weiterentwicklung von Förderinstrumenten für CDR: Deutschland sollte auf die im Haushaltsplan 2026 angekündigten zusätzlichen, Verpflichtungsermächtigungen in Höhe von 320 Millionen Euro bis 2033 zurückgreifen und im steigenden Umfang zusätzlich zunehmende Mittel bereitstellen, insbesondere aus dem Klima- und Transformationsfonds. Bei der Förderung sollte nach Methodenreife und Vorlaufzeiten differenziert werden, indem skalierungsorientierte Instrumente für infrastrukturabhängige Pfade mit langen Entwicklungszyklen (oft 5+ Jahre) priorisiert werden. Damit könnten Projekte in den frühen 2030er Jahren großskalige Ergebnisse liefern.

Potenzielle Akteure

- *Bundesministerien:* BMUKN (federführend), in Koordination mit BMWi, BMF, BMFT; soweit relevant BMLEH und BMV.
- *Technische Stellen und Aufsichtsgremien:* UBA; akkreditierte Prüfstellen; einschlägige Normungsgremien und Register.
- *Marktakteure:* CDR-Projektentwickler und relevante Finanzierer.
- *Zivilgesellschaftliche Stakeholder:* Umwelt-NGOs und Verbraucherschutzorganisationen.

Reifegrad: Hoch: Die Umsetzung wird durch Deutschlands Erfahrung mit Ausschreibungsverfahren, den Rahmen für CO₂-Differenzverträge sowie die bereits zugesagte staatliche Haushaltsfinanzierung zur Förderung von CDR im Jahr 2026 unterstützt. Durch den Einsatz dieser bewährten politischen Instrumente kann die Regierung auf etablierte institutionelle Mechanismen zurückgreifen, um regulatorische Unsicherheiten zu verringern und den Übergang von der Pilotphase zur kommerziellen Anwendung zu beschleunigen.

4.2.2 Entwicklung tragfähiger CO₂-Transport- und -Speicherinfrastruktur

Viele Projekte zur dauerhaften CO₂-Entnahme sind ohne glaubwürdig erwartbaren Zugang zu CO₂-Transport und Speicherinfrastruktur (oft geologische Speicherung) nicht finanzierbar.

Schlüsselaktivitäten

- Klare Umsetzungspläne für CO₂-Transport und -Speicherung festlegen (Meilensteine, Verantwortliche, prioritäre Korridore und Hubs).
- Zugangsbedingungen frühzeitig klären (Drittartei-Zugangsprinzipien, indikative Tarife, Kapazitätszuweisung), um geteilte Infrastruktur für Pionierprojekte nutzbar zu machen.
- Zugang zu Zwischenspeichern durch pragmatische aber gezielte Zusammenarbeit mit Speicherhubs in der Nordsee sichern, während inländische Optionen und Infrastruktur entwickelt werden.

Indikative Stakeholder

- *Bundesministerien:* BMW (federführend), in Koordination mit BMUKN, BMV und BMF.
- *Regulierungsbehörden:* relevante Bundes- und Ländergenehmigungsbehörden.
- *Infrastruktur- und Speicherbetreiber:* Entwickler und Betreiber von CO₂-Transportinfrastruktur; Speicherbetreiber; Hafenbetreiber und Redereien; grenzüberschreitende Partner (Nordsee-Hubs).
- *Projektakteure:* Industriecluster und Ankerprojekte (wie BECCS- und DACCS-Entwickler).
- *Lokale Stakeholder:* Kommunen und zivilgesellschaftliche Organisationen.

Reifegrad: Niedrig. Die Umsetzung hängt von langwierigen legislativen und genehmigungsrechtlichen Entscheidungen sowie vom Ausbau der Infrastruktur für Netze und Speicher ab. Der kurzfristige Zugang zu Speicherkapazitäten ist zudem von grenzüberschreitenden Vereinbarungen und der Kapazitätsvergabe an Dritte abhängig, was weitere Risiken bei Zeitplanung und Koordination mit sich bringt.

4.2.3 Stärkung naturbasierter CDR-Programme

Naturbasierte Maßnahmen können kurzfristig CO₂-Entnahmen ermöglichen und bieten zusätzlichen Nutzen. Die Skalierung hängt jedoch von belastbaren MRV-Verfahren, langfristiger Bewirtschaftung und Anreizen ab, die dauerhafte Ergebnisse im Sinne einer permanenten Kohlenstoffbindung belohnen. Förderprogramme sollten die Ganzheitlichkeit der Ansätze, das Management von Risiken hinsichtlich der Dauerhaftigkeit sowie die praktische Umsetzung durch die Landbewirtschaftung in den Vordergrund stellen.

Schlüsselaktivitäten

Die Anreize im Bereich der Flächennutzungspolitik (Land- und Forstwirtschaft, Moore, Biodiversität) aufeinander abstimmen und stärken, sodass Flächenbewirtschaftung für verifizierte CO₂-Entnahme und potenzielle Zusatznutzen (co-benefits) belohnt werden. Verlässliche Schutzmaßnahmen und Anforderungen an die langfristige Aufrechterhaltung der Maßnahmen sind Schlüsselvoraussetzungen.

Weiterentwicklung von MRV-Verfahren und des Dauerhaftigkeitsmanagements für prioritäre Maßnahmen (z. B. Wiedervernässung von Mooren, Böden, Wälder), einschließlich Referenzwerten, Umgang mit Leakage- und Umkehr-Effekten sowie transparenter Berichterstattung im Einklang mit der Weiterentwicklung der EU-Ansätze.

Potenzielle Akteure

- *Bundes- und Landesministerien:* BMLEH, in Koordination mit BMUKN und den Ländern.
- *Praxispartner:* Landwirte, Forstwirte, Moor- und relevante Grundstückseigentümer*innen sowie die relevante akademische Institutionen wie das Greifswald Moorzentrum.
- *Zivilgesellschaftliche Stakeholder:* Naturschutzorganisationen und Umwelt-NGOs.

Reifegrad: Hoch. Es gibt bereits Schlüsselprogramme, darunter zugesagte Mittel zur Stärkung natürlicher Kohlenstoffsinken in Höhe von 44,5 Mio. EUR im Bundeshaushalt 2026, doch eine Skalierung die belastbar und vertrauenswürdig ist, hängt ab von ausgefeilten MRV-Verfahren, langfristig angelegten Anreizen sowie einer umfassenden Abstimmung über Institutionen und Finanzierungsströmen hinweg.

4.3 Großskaliger Einsatz und internationale Rolle (2035–2045+)

Wenn sich die CO₂-Entnahme in den 2030er Jahren über die Pilotphase hinaus weiterentwickelt, muss Deutschland von einer Ad-hoc-Förderung zu dauerhaften Markt- und Infrastrukturstrukturen übergehen. Diese müssen CO₂-Entnahme in großem Maßstab ermöglichen und zugleich eine hohe Umweltverträglichkeit gewährleisten. Voraussetzung hierfür sind planbare, langfristige Nachfragesignale, ausgereifte MRV-Verfahren und Nachhaltigkeits-Governance sowie ein zuverlässiger, mit europäischen Partnern abgestimmter Zugang zu Transport- und Speicherkapazitäten für CO₂, ergänzt durch umfangreiche öffentliche und private Investitionen.

Dieser Schwerpunkt konzentriert sich auf: i) den Übergang von Pilotprojekten zu einem ausgereiften, investitionsfähigen CDR-Markt mit stärkerer Standardisierung und geringerer Abhängigkeit von öffentlichen Fördermitteln; ii) die Integration in europäische CO₂-Netzwerke sowie die Berücksichtigung der sich weiterentwickelnden EU-Regelungen zu Integrität und Bilanzierung; und iii) die Positionierung Deutschlands, um Technologien, Dienstleistungen und Governance-Ansätze beizusteuern, die die Skalierung auf europäischer und internationaler Ebene unterstützen.

4.3.1 Übergang zu einem ausgereiften Markt für CO₂-Entnahme

Für einen großflächigen Ausbau ist der Übergang von punktueller Förderung hin zu dauerhaften Marktstrukturen erforderlich, die langfristige Umsatzsicherheit bieten, die Integrität wahren und Finanzierungskosten senken.

Schlüsselaktivitäten

- **Etablierung dauerhafter Nachfragemechanismen:** Diese müssen eine über Jahrzehnte reichende Umsatzvorhersehbarkeit für hochwertige CDR-Lösungen gewährleisten (z. B. durch regelmäßige Beschaffungsrunden, Differenzverträge/CCfDs und Compliance-Märkte).
- **Standardisierung des Marktes:** Harmonisierung von Qualitätsstufen, MRV-Anforderungen, öffentlich einsehbare Zertifikats-Register und Musterverträgen, um Transaktionskosten zu senken und Portfoliofinanzierungen zu ermöglichen.
- **Verlagerung von überwiegend auf Zuschüssen basierender Unterstützung hin zu marktorientierter Förderung:** Verringerung der Abhängigkeit von Ad-hoc-CAPEX-Zuschüssen mit zunehmender Zuverlässigkeit der Leistungserbringung bei gleichzeitiger Beibehaltung einer gezielten Risikoteilung für die verbleibenden Segmente in der frühen Wachstumsphase.

Indikative Stakeholder

- *Bundesministerien:* BMUKN, BMWi und BMF.
- *Marktbildende Institutionen:* Von öffentlicher Hand eingeführt und begleitete Beschaffungs-Programme und Umsetzungsstellen.
- *Technische und Aufsichtsgremien:* Normungsgremien; Register; akkreditierte Verifizierungsstellen.
- *Finanzsektor:* Kreditgeber, institutionelle Investoren, Versicherungen und Garantiegeber.
- *Marktakteure:* Projektentwickler und -betreiber.

Reifegrad: Mittel. Wichtige Bausteine können in der zweiten Hälfte der 2020er Jahre entwickelt werden, doch die vollständige Umsetzung hängt von der Marktreife, der Weiterentwicklung der EU-Regelungen sowie der Verfügbarkeit von CO₂-Transport- und -Speicherkapazitäten im großen Maßstab ab.

4.3.2 Integration in europäische CO₂-Netze und internationale Positionierung Deutschlands

Ab den 2030er Jahren wird die Skalierung der CO₂-Entnahme in Deutschland zunehmend von der Fähigkeit zur Zusammenarbeit europäische Infrastrukturen abhängen, sowohl hinsichtlich des physischen Zugangs zu Transport- und Speicherinfrastrukturen als auch in Bezug auf Zertifizierung, Übertragung und grenzüberschreitende Anerkennung von Entnahmeleistungen (bspw. mittels Zertifikaten). Klare, harmonisierte Regeln können Rechtsunsicherheiten verringern, das Spektrum realisierbarer Projekte erweitern und die Kapitalkosten senken; zugleich ermöglichen sie es Deutschland, durch Technologien, Dienstleistungen und die Mitgestaltung von Standards Wertschöpfung zu generieren.

Schlüsselaktivitäten

- Sicherstellen, dass deutsche Industriecluster und CDR-Projekte zunehmend an europäische Transport- und Speichersysteme angebunden werden.
- Deutsche Ansätze mit den sich weiterentwickelnden EU-Regelungen (einschließlich CRCF, Beschaffungsprogrammen und Leitlinien zu Claims) in Einklang bringen und sich gleichzeitig für einen robusten Referenzrahmen mit hoher Integrität einsetzen.
- Unterstützung deutscher Unternehmen aus den Bereichen Anlagenbau, Ingenieurwesen, Bauwesen und Dienstleistungen durch die Bündelung inländischer Referenzprojekte (ähnlich dem norwegischen „Longship“ Projekt).

Potenzielle Akteure

- *Bundesministerien:* BMW, BMUKN und BMV; gegebenenfalls BMF und BMFTR.
- *Europäische Institutionen und Prozesse:* relevante EU-Gremien und Umsetzungspartner.
- *Akteure im Bereich grenzüberschreitender Infrastruktur:* Betreiber von Transport Netzwerken, Knotenpunkten, Transport- und Speicheranlagen sowie Regierungen von Partnerländern und zuständige Behörden in jenen Rechtsgebieten der Nordsee, in denen Speicherung oder Transport stattfinden.
- *Industrie- und Dienstleister:* Industriecluster, Anlagenbauer (EPC-) und MRV-Anbieter.
- *Akteure in den Bereichen Integrität und Rechenschaftspflicht:* Normungsgremien, Registerstellen, akkreditierte Prüfstellen und zivilgesellschaftliche Organisationen.

Reifegrad: Niedrig. Wichtige Bausteine können in der zweiten Hälfte der 2020er Jahre entwickelt werden; die vollständige Umsetzung hängt jedoch von der Marktreife, der Weiterentwicklung der EU-Regulierung, der Verfügbarkeit von CO₂-Transport- und -Speicherkapazitäten im großen Maßstab sowie von erheblichen öffentlichen Fördermitteln und privaten Investitionen in Milliardenhöhe ab.

5. Mobilisierung von Finanzmitteln für den Übergang zu CDR-Verfahren

Viele CDR-Verfahren sind mit hohem anfänglichem Kapitalbedarf sowie erheblichen Technologie-, Umsetzungs- und politischen Risiken verbunden, während die Erlöse oft unsicher und fragmentiert sind. Eine pragmatische Finanzierungsstrategie sollte daher dauerhafte Nachfragesignale (zur Sicherung der Erlöse), gezielte staatliche Maßnahmen zur Risikominderung (Senkung der Kapitalkosten) und eine robuste Marktinфраstruktur (MRV, Vertragsgestaltung, Register) miteinander verknüpfen, damit die Skalierung im Zeitverlauf zunehmend durch privates Kapital finanziert werden kann.

5.1 Finanzierungsmechanismen zur Förderung der Nachfrage gestalten

Kurzfristig dürfte eine nachfrageseitige Förderung dann am wirksamsten sein, wenn sie Finanzierungsfähigkeit und Learning-by-Doing Priorität einräumt. Mit zunehmender Umsetzungskompetenz der CDR-Projektentwickler und fortschreitender methodischer Standardisierung können CDR-Förderinstrumente, etwa im Rahmen öffentlich-privater Beschaffung, stärker auf wettbewerbliche Vergabeverfahren setzen und so Kosteneffizienz fördern.

- Um der Kombination aus Finanzierungslücken und Nachfragebeschränkungen zu begegnen, dies ergänzend zur Stabilisierung von Erlösen, sollten politische Entscheidungsträger unter Rückgriff auf die in Kapitel 4 genannten Maßnahmen Folgendes in Erwägung ziehen:
 - Definition der eigenen Rolle als glaubwürdiger Ankernachfrager („Buyer of Record“), der Nachfrage bündelt und mehrjährige Abnahmeverträge für hochwertige CO₂-Entnahmeleistungen abschließen kann, möglicherweise umgesetzt durch eine bestehende öffentliche Institution, die über die nötige Vertragskompetenz und finanzielle Expertise verfügt (zum Beispiel eine Entwicklungsbank oder eine eigens dafür vorgesehene Beschaffungsstelle).
 - Dieses Rollenverständnis könnte zudem die öffentliche Auftragsvergabe durch Stellen des Bundes, der Länder und der Kommunen mittels standardisierter Leitlinien und Vertragsvorlagen ermöglichen.
- Eine entsprechende Stelle könnte mit freiwilligen Käuferzusammenschlüssen zusammenarbeiten, indem sie bei Due-Diligence-Prüfungen, der Portfoliobündelung und der Vertragsgestaltung unterstützt, anstatt private Nachfrageinitiativen zu ersetzen.
- Nutzung von Offtake-agreements als Standardinstrument für die nahe Zukunft bei Pilotprojekten und der ersten Skalierungsphase, gegebenenfalls ergänzt durch pragmatische, meilensteinbasierte Zahlungsstrukturen und gezielte Risikoteilung zur Verringerung von Gegenpartei- und Lieferrisiken.
- Erstellung klarer Richtlinien für die zulässige Verwendung und die Geltendmachung von Claims, insbesondere für Freiwillige Marktaktivitäten. Diese sollten mit den sich entwickelnden EU-Vorschriften, Integritätsstandards und zusätzlich zur Integration in Compliance Märkte übereinstimmend die Unsicherheit hinsichtlich Reputation und Regulatorik verringern
- Klärung der Bilanzierung und Berichterstattung für CO₂-Entnahmeverfahren, insbesondere für biobasierte Ansätze, die sich über Landnutzungs-, Energie- und Industriesysteme erstrecken, sowie den Umgang mit temporären Senken.

5.2 Risikomanagement über den gesamten Projektlebenszyklus

Über den gesamten Lebenszyklus eines CDR-Projekts hinweg sind unterschiedliche Finanzierungsinstrumente erforderlich, die auf die in der jeweiligen Phase vorherrschenden Risiken (Technologie-, Umsetzungs-, politische und Nachfragerisiken) abgestimmt sind. Zu den relevanten Unterstützungsmechanismen gehört die folgende, nicht abschließende, Auswahl an Instrumenten, die aufgrund ihrer Bedeutung für das jeweilige Risikoprofil der einzelnen Phasen ausgewählt wurden:

- Frühe F&E- und Pilotphasen: Zuschüsse (Beihilfen), technische Unterstützung, Innovationswettbewerbe und Acceleratoren (zur Verringerung technischer Unsicherheiten und zum Kompetenzaufbau).
- Pilotprojekte und frühe Skalierung: langfristige Abnahmevereinbarungen (etwa durch verbindliche Vorabzusagen); Differenzverträge (CCfDs) oder ähnliche Instrumente zur Erlösstabilisierung; vergünstigte Darlehen und Kreditgarantien; sowie, wo angebracht, zeitlich begrenzte Förderungen auf Mengenbasis (z.B. pro Tonne), beispielsweise über ergebnisbasierte „umgekehrte Steuergutschriften“ oder eine Art Einspeisevergütungsmodell.
- Skalierung und Marktreife: öffentliche Investitionsinstrumente für CO₂-Entnahme (einschließlich öffentlicher oder gemischter Fonds); gezielte öffentliche Unterstützung für den Aufbau der erforderlichen Infrastruktur dort, wo die Marktkoordination schwach ausgeprägt ist; schrittweiser Übergang zu einer stärkeren Nutzung wettbewerbsorientierter Verfahren und langfristiger Marktregeln.

6. Fazit

Deutschland verfügt über die technischen Kapazitäten und die industrielle Basis, um beim verantwortungsvollen Einsatz von Verfahren zur dauerhaften CO₂-Entnahme in Europa eine Führungsrolle zu übernehmen. Ohne strategische Klarheit und Fortschritte beim Zugang zu CO₂-Transport- und Speicherinfrastrukturen, investitionsrelevanten Nachfragesignalen und einer breiten gesellschaftlichen Akzeptanz droht CO₂-Entnahme bei der Umsetzung der deutschen Klima- und Industriepolitik jedoch ein Randthema zu bleiben.

Diese Roadmap skizziert einen strategischen Ansatz, der auf drei Säulen beruht: 1) Schaffung einer kohärenten politischen Architektur (Ambitionsniveau, bilanzielle Behandlung sowie Integration in relevante Strategien und Instrumente); 2) Einführung von Fördermaßnahmen für Pilotprojekte und die erste Phase der Skalierung (unter Berücksichtigung von Kosten, Finanzierbarkeit, Nachfrage und Infrastruktur als wesentliche Rahmenbedingungen); sowie 3) Vorbereitung auf den großflächigen Einsatz und eine bedeutsame internationale Rolle (im Einklang mit den sich weiterentwickelnden EU-Integritätsregeln und grenzüberschreitenden CO₂-Netzen).

Um diese Agenda in die Tat umzusetzen, gehören zu den kurzfristigen Prioritäten:



Bestätigung einer glaubwürdigen Rolle für CDR, die mit den deutschen Klimazielen im Einklang steht, einschließlich Entscheidungen zu Bilanzierung und Anwendungsfällen.



Institutionalisierung der Koordinierung und der **Verantwortung für die Umsetzung über Bundesministerien und Bundesländer hinweg**, verbunden mit einem klaren Mandat zur Fortschrittskontrolle und zur Beseitigung ressortübergreifender Engpässe.



Operationalisieren von methodenspezifischen MRV-Verfahren mit hoher Integrität sowie **von Umweltschutzmaßnahmen** und direkte Verankerung dieser **Anforderungen in öffentlichen Förderinstrumenten von Anfang an**.



Erlössicherheit für Pionierprojekte durch nachfrageseitige Instrumente und Maßnahmen zur Risikoteilung, welche die Finanzierbarkeit von Pionierprojekten und Projekten in der frühen Skalierungsphase verbessern.



CO₂-Transport und -Speicherung von der Planungsphase hin zu investitionsfähigen Zugangsoptionen überführen, einschließlich pragmatischer grenzüberschreitender Lösungen, während die inländischen Optionen parallel vorangetrieben werden.



Stärkung der gesellschaftlichen Legitimität und des öffentlichen Vertrauens durch Beteiligung lokaler Akteure, klare Leitplanken gegen den „Mitigation-Deterrence“-Effekt (Hemmung von Minderungsmaßnahmen) sowie eine glaubwürdige Kommunikation der Zielkonflikte innerhalb des Portfolios.

Letztlich dürfte der Erfolg von anhaltendem politischem Engagement, einer koordinierten Umsetzung über alle Regierungsebenen hinweg, einer glaubwürdigen Ressourcenausstattung sowie einer konstruktiven Zusammenarbeit zwischen öffentlichem und privatem Sektor abhängen. Wenn Deutschland diese Voraussetzungen erfüllt, kann die Lücke bei den Restemissionen bis 2045 glaubwürdig geschlossen und bis 2050 der Weg zu Netto-Negativ-Emissionen eingeschlagen werden. Deutschland kann dabei Technologien, Standards sowie Erkenntnisse aus der Umsetzung beisteuern, die einen verantwortungsvollen Ausbau der CO₂-Entnahme in Europa und weltweit unterstützen.

Über uns

Carbon Gap

Carbon Gap wurde als Europas erste philanthropisch finanzierte Umweltschutzorganisation gegründet, die sich ausschließlich auf die CO₂-Entnahme (CDR) konzentriert. Die Mission besteht darin, sicherzustellen, dass Europa zu einem Vorreiter bei der Entwicklung und großskaligen Einführung von CDR-Lösungen wird, auf sichere und gleichberechtigte Weise, um ein stabiles Klima zu bewahren. Weitere Informationen finden Sie unter www.carbongap.org.

Mitwirkende

Autor: Oscar Schily

Gutachter: Alexander Mäkelä, Alexis Dunand, Sylvain Delerce

Redakteurin: Martina Massei

Bildnachweise: Daniel Dalea, Tobias Reich, Moises Gonzalez, Matt Artz (Unsplash x 4) Climeworks