



Ausschussdrucksache 21(16)110-B

(16.03.2026)

Stellungnahme

Stiftung Wissenschaft und Politik

Öffentliches Fachgespräch

zu dem Thema

**CO₂-Abscheidung und -Speicherung
(CCS – Carbon Capture and Storage)**

am 18. März 2026

Dr. Felix Schenuit

Stellungnahme

Zum Antrag der Fraktion Die Linke „Zukunft sichern, Klima schützen – Naturverträgliche Lösungen vor Verfahren zur CO₂-Abscheidung und -Speicherung“ Bundestagsdrucksache 21/1546

Inhalt

1. Netto-Null Treibhausgasneutralität: Gleichgewicht zwischen Emissionen und CO ₂ -Entnahmen	3
2. Begriffsbestimmungen	4
2.1 Schwer vermeidbare Emissionen und Restemissionen	4
2.2 Carbon Management.....	6
2.2.1 Unterirdische Speicherung: CCS	7
2.2.2 Kohlenstoff als Ressource: CCU	8
2.2.3 CO ₂ aus der Atmosphäre entnehmen: CDR.....	9
2.3 CO ₂ -Senken im LULUCF Sektor: Natürlicher Klimaschutz.....	11
3. Die Rollen von Carbon Management und natürlichen Senken auf dem Weg zur Klimaneutralität	12
4. Modelle und Szenarien	13
5. Fazit und Empfehlungen	15
Anhang 1	17

1. Netto-Null Treibhausgasneutralität: Gleichgewicht zwischen Emissionen und CO₂- Entnahmen

Seit der Verabschiedung der Netto-Null-Treibhausgasemissionsziele für die EU (2050) und Deutschland (2045) haben sich Ansätze der CO₂-Entnahme aus der Atmosphäre zu einem zentralen Baustein einer ambitionierten Klimapolitik entwickelt. Ausgangspunkt hierfür ist die Annahme, dass zum Zeitpunkt des Erreichens von Netto-Null alle noch verbleibenden Emissionen durch Verfahren der CO₂-Entnahme aus der Atmosphäre ausgeglichen werden müssen.¹

Dass auch im Netto-Null-Jahr trotz ambitionierter Reduktionsbemühungen Emissionen verbleiben, ist in der wissenschaftlichen Literatur unstrittig.² Offen bleibt jedoch, in welchem Umfang und von welchen Quellen diese Restemissionen ausgehen. Diese Frage ist Gegenstand intensiver politischer Debatten und wissenschaftlicher Forschung und von zentraler Bedeutung dafür, welcher Umfang an CO₂-Entnahme erforderlich sein wird.

Eng mit der Frage der Restemissionen verbunden ist daher, wie mit sogenannten „schwer vermeidbaren“ Emissionen umzugehen ist, etwa mit Prozessemissionen der Zement- und Kalkproduktion oder Emissionen aus der thermischen Abfallbehandlung. Ansätze des industriellen Carbon Managements – darunter insbesondere Carbon Capture and Storage (CCS) sowie Carbon Capture and Utilization (CCU) – bieten hierfür potenzielle Minderungsoptionen, die in wissenschaftlichen Szenarien eine bedeutende Rolle einnehmen.³

Die vorliegende schriftliche Stellungnahme konzentriert sich auf zentrale Begriffsbestimmungen und analytische Unterscheidungen, die für die laufenden politischen und wissenschaftlichen Debatten maßgeblich sind (Abschnitte 2 und 3). Darüber hinaus wird die Rolle von Carbon-Management-Anwendungen sowie von CO₂-Speicherung und -Bindung im LULUCF-Sektor in einschlägigen Netto-Null-Modellierungen eingeordnet (Abschnitt 4). Abschließend werden basierend darauf Empfehlungen formuliert (Abschnitt 5).

¹ Dieses Ziel ist auch im Paris Abkommen festgehalten §4(1): „... um in der zweiten Hälfte dieses Jahrhunderts ein Gleichgewicht zwischen den anthropogenen Emissionen von Treibhausgasen aus Quellen und dem Abbau solcher Gase durch Senken... herzustellen.“ Siehe hierzu auch H. Lee et al. (2023): Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva

² P.R. Shukla et al. (eds.) (2022): Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva

³ Krevor, S., de Coninck, H., Gasda, S.E. et al. (2023) Subsurface carbon dioxide and hydrogen storage for a sustainable energy future. *Nat Rev Earth Environ* 4, 102–118.
<https://doi.org/10.1038/s43017-022-00376-8>

2. Begriffsbestimmungen

2.1 Schwer vermeidbare Emissionen und Restemissionen

Im Zuge der politischen Debatten und Entscheidungsprozesse rund um die Dekarbonisierungspfade hin zu Netto-Null-Treibhausgasemissionen haben sich „Restemissionen“ bzw. „schwer vermeidbare Emissionen“ zu einem zentralen Referenzpunkt entwickelt. In diesem Zusammenhang werden weiterhin unterschiedliche Begriffe verwendet, darunter Restemissionen, Residualemissionen, Prozessemissionen sowie schwer oder nicht vermeidbare Emissionen.

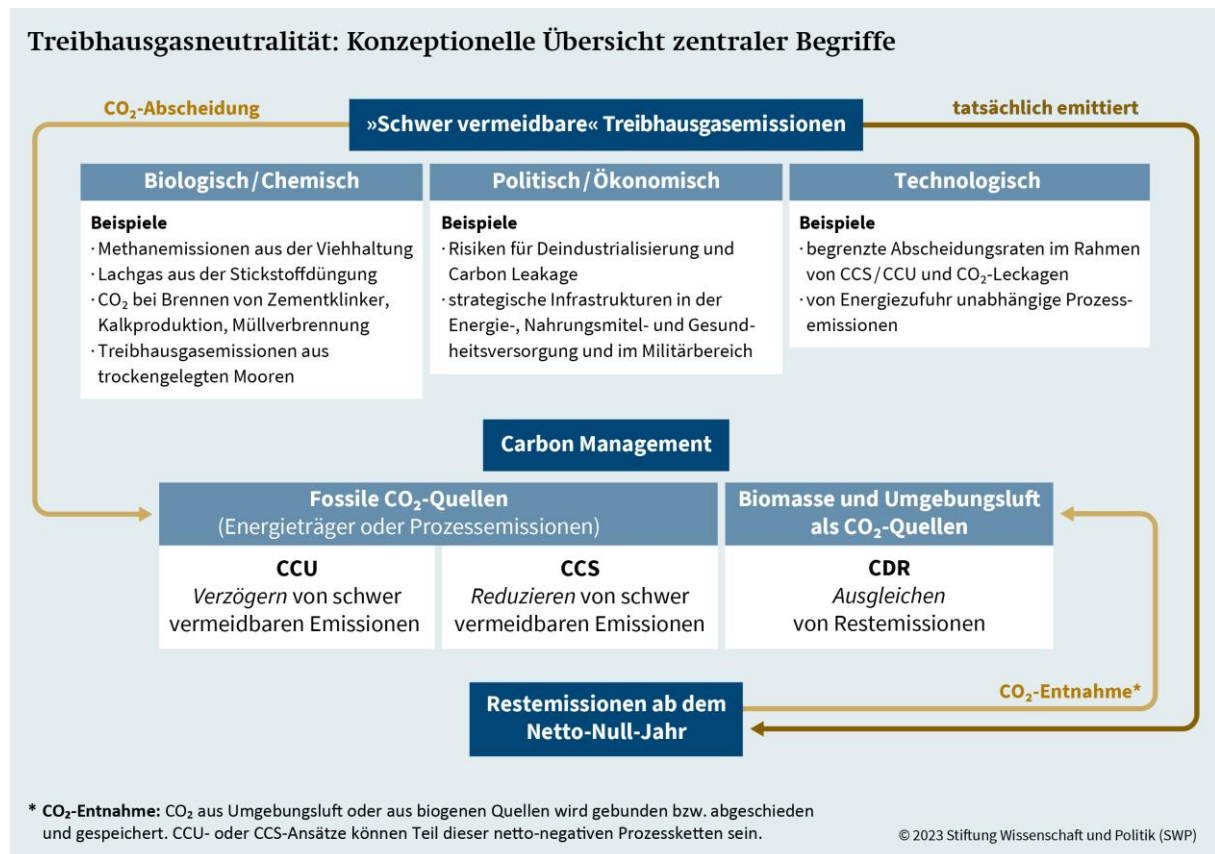
Problematisch ist dies insbesondere deshalb, weil die konkrete Definition und das erwartbare Ausmaß von Restemissionen erhebliche Auswirkungen auf die klimapolitische Ambition, das Politikdesign sowie mögliche Verteilungswirkungen zwischen Sektoren haben. In der wissenschaftlichen Literatur, insbesondere in klimaökonomischen Modellierungen, hat sich zunehmend die folgende Begriffsverwendung etabliert.⁴

Als **Restemissionen** gilt jene Menge an Emissionen, die im und nach dem Netto-Null-Jahr tatsächlich in die Atmosphäre gelangt.⁵ Davon zu unterscheiden sind jene Emissionen, die als **schwer vermeidbar** eingestuft werden, wobei unterschiedliche Akteure diese Einstufung aus jeweils eigenen Motivlagen und mit unterschiedlichen Begründungen vornehmen. Die Gründe, Emissionen als schwer vermeidbar zu klassifizieren, sind vielfältig. In der politischen Debatte lassen sich drei zentrale Begründungslogiken unterscheiden, die häufig in variierender Form miteinander kombiniert werden (siehe auch Grafik 1):

⁴ Smith, S. M., Geden, O., Gidden, et al. (eds.) The State of Carbon Dioxide Removal 2024 - 2nd Edition. <https://doi.org/10.17605/OSF.IO/F85QJ>.

⁵ Schenuit, F., Böttcher, M., Geden, O. (2023): »Carbon Management«: Chancen und Risiken für ambitionierte Klimapolitik. SWP-Aktuell 2023/A 30, <https://doi.org/10.18449/2023A30>.

Grafik 1: Treibhausgasneutralität: Konzeptionelle Übersicht zentraler Begriffe



Quelle: Schenuit/Böttcher/Geden 2023⁶

Erstens biologische oder chemische Charakteristika bestimmter Prozesse, etwa Methanemissionen aus der Tierhaltung oder CO₂-Emissionen beim Brennen von Zementklinker. Zweitens politisch-ökonomisch bedingte Vermeidungshemmnisse, etwa im Zusammenhang mit Risiken der Deindustrialisierung oder des Carbon Leakage sowie mit dem Schutz strategischer Infrastrukturen in der Energie-, Nahrungsmittel- und Gesundheitsversorgung oder sicherheitsrelevanten Bereichen. Drittens technische Restriktionen oder ein bislang unzureichender technologischer Entwicklungsstand. Verwiesen wird in diesem Zusammenhang beispielsweise auf Emissionen aus dem Flug- und Schiffsverkehr oder auf technisch bedingte Grenzen bei Abscheidungsraten beim Einsatz von CCS und CCU.

Die Unterscheidung zwischen tatsächlich emittierten Restemissionen und solchen Emissionen, die als schwer vermeidbar charakterisiert werden, stellt eine wichtige begrifflich-analytische Klärung dar. Sie ermöglicht es, die tatsächlich in

⁶ Schenuit, F., Böttcher, M., Geden, O., 2023: »Carbon Management«: Chancen und Risiken für ambitionierte Klimapolitik. SWP-Aktuell 2023/A 30, <https://doi.org/10.18449/2023A30>.

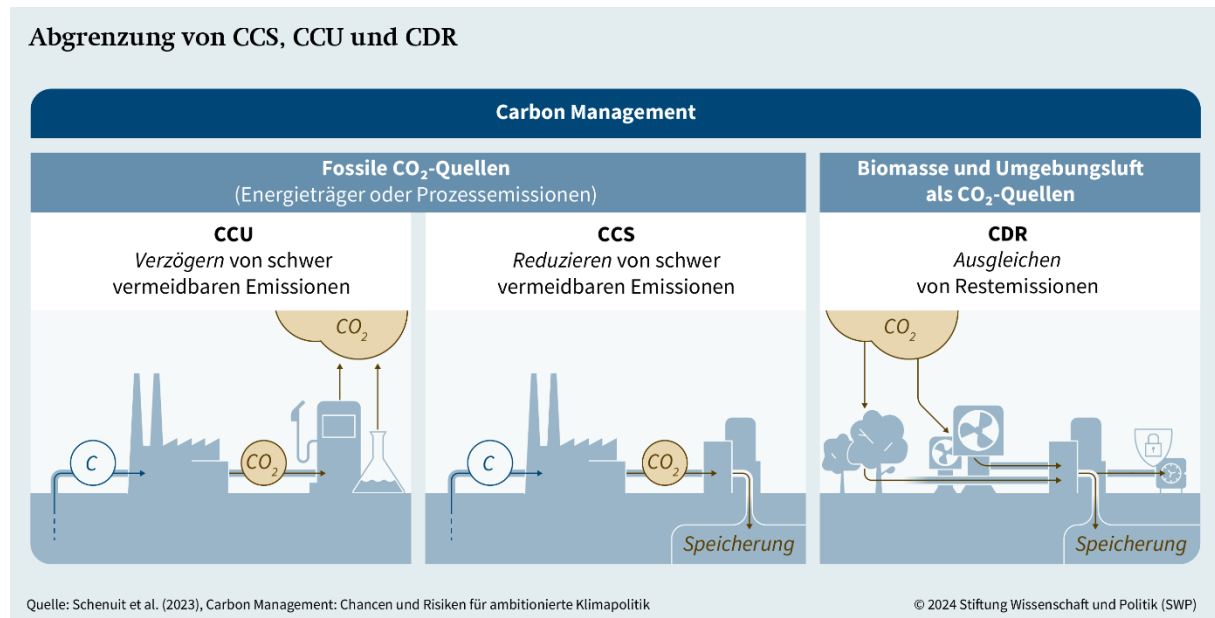
die Atmosphäre gelangenden Emissionsmengen und die vorgelagerten politischen Auseinandersetzungen über die Einstufung bestimmter Emissionen als schwer vermeidbar analytisch voneinander zu trennen.

Darüber hinaus macht die Herausarbeitung der unterschiedlichen Begründungslogiken sichtbar, dass Emissionen, die etwa in klimaökonomischen Modellen oder anderen techno-ökonomischen Analysen als vergleichsweise leicht vermeidbar gelten, aufgrund institutioneller Beharrungskräfte oder der besonderen Stellung einzelner Sektoren in der politischen Praxis durchaus als schwer vermeidbar gelten können. Schließlich wird durch die Unterscheidung von Rest- und schwer vermeidbaren Emissionen deutlich, dass der Konflikt über Letztere genuin politischer Natur ist. Begriffliche Klarheit und analytische Differenzierungen sind für die politischen Auseinandersetzungen darüber, welche Emissionen im Netto-Null-Jahr als „legitime“ Restemission gelten, eine wichtige Voraussetzung. Diese Einordnung lässt sich aber nicht abschließend wissenschaftlich entscheiden, sondern erfordert politische Aushandlungsprozesse

2.2 Carbon Management

Unter Carbon Management werden in der Regel die folgenden drei Arten von Prozessketten zusammengefasst: **CO₂-Abscheidung, Transport und Speicherung** (Carbon Capture and Storage, CCS), **CO₂-Abscheidung, Transport und anschließende Nutzung** (Carbon Capture and Utilization, CCU) sowie **CO₂-Entnahme aus der Atmosphäre** (Carbon Dioxide Removal, CDR). Um die klimapolitischen Chancen und Risiken des Carbon Management adäquat zu identifizieren, müssen jedoch diese drei Bestandteile und ihre jeweilige klimapolitische Funktion differenziert betrachtet werden.

Grafik 2: Carbon Management als Sammelbegriff – Abgrenzung von CCS, CCU und CDR



2.2.1 Unterirdische Speicherung: CCS

CCS umfasst Prozessketten, bei denen CO₂ abgetrennt und verdichtet wird, um es anschließend zu Lagerstätten zu transportieren und unterirdisch zu speichern. CCS kann auf verschiedene Weise eingesetzt werden: in Kombination mit fossilen Energieträgern (z. B. Erdgaskraftwerke oder bei der Erzeugung von blauem Wasserstoff), zur weitgehenden Vermeidung industrieller Prozessemissionen (z. B. von der Energiezufuhr unabhängige Emissionen in der Zement- oder Kalkproduktion) oder zur CO₂-Entnahme durch Speicherung von CO₂ aus biogenen Quellen (z. B. Bioenergie plus CCS, BECCS) oder durch Abscheidung aus der Umgebungsluft (Direct Air Capture plus CCS, DACCS).

Die klimapolitische Funktion von CCS hängt entscheidend von der Art der CO₂-Quelle ab. Wird fossiles CO₂ abgeschieden, lassen sich damit Emissionen reduzieren. Das Abscheiden von biogenem CO₂ hingegen schafft CDR-Kapazitäten und könnte genutzt werden, um Restemissionen auszugleichen (siehe Differenzierung im vorherigen Abschnitt). Zentrale Kriterien sind darüber hinaus die realisierten Abscheideraten und die weiteren Emissionen der jeweiligen Prozesskette. Der Reifegrad der einzelnen CCS-Prozesse ist sehr unterschiedlich; auch die Kosten variieren je nach Anwendung stark. Für europäische Projekte wird

derzeit eine Spanne von 150 bis 300 Euro pro Tonne für Abscheidung an Punktquellen, Transport, Speicherung und anschließendes Monitoring diskutiert.⁷

Neben den aufwendigen Speicherinfrastrukturen – die wegen der großen Potenziale zunächst vor allem in Nordwesteuropa erschlossen werden – spielt auch die Anbindung an CO₂-Transportinfrastrukturen eine wichtige Rolle. Nicht alle potenziellen CCS-Anwender sind in industriellen Clustern verortet (z. B. Kalk- und Zementwerke in Deutschland), weshalb der finanzielle und infrastrukturelle Aufwand für den Transport des CO₂ per Pipeline, Schiff oder LKW hier deutlich höher ausfällt und strategische Planungen erforderlich macht.

2.2.2 Kohlenstoff als Ressource: CCU

Der Begriff Carbon Management umfasst zweitens die Abscheidung, den Transport und die anschließende Nutzung von Kohlenstoff (Carbon Capture and Utilization, CCU). Im Gegensatz zu CCS wird CO₂ hier nicht in geologischen Formationen gespeichert, sondern in Produkten verwertet. Die klimapolitische Funktion hängt neben der Herkunft des CO₂ und der Prozesskette maßgeblich von der Lebensdauer des Produkts ab. Eine Nutzung als Ressource ist einerseits physikalisch in Form einer direkten Verwertung möglich, zum Beispiel in Nahrungsmitteln, Getränken oder Lösungsmitteln. Zum anderen kann CO₂ chemisch oder biologisch umgewandelt und unter anderem zur Herstellung von Chemikalien, synthetischen Kraftstoffen, Baustoffen oder Düngemitteln verwendet werden.

Bei CCU ergeben sich erhebliche Herausforderungen hinsichtlich der Bilanzierung und damit seiner klimapolitischen Funktion – insbesondere mit Blick auf die Dauerhaftigkeit der Speicherung bestehen je nach Produkt und Lebenszyklus Schwierigkeiten bei der Anrechnung.⁸ Bei zahlreichen CCU-Prozessketten handelt es sich lediglich um eine Verzögerung der Emission, die zwischen Tagen und Wochen (z. B. synthetische Kraftstoffe) und mehreren Jahrzehnten (z. B. Baustoffe wie Carbonfaser oder Holz) liegen kann. Politisch forciert wird die CCU-Thematik vor allem von der chemischen Industrie, die auch im und nach dem Netto-Null-Jahr noch CO₂ als Grundstoff benötigt. Würde CO₂ aus dezentralen Punktquellen wie Zement- und Kalkwerken sowie Müllverbrennungsanlagen genutzt werden, wären Investitionen in die CO₂-Transportinfrastruktur erforderlich.

⁷ Mendelevitch, R.; Heinemann, Ch.; Matthes, et al. (2025): Carbon Capture and Storage (CCS) in der Energiewende zur Klimaneutralität – Der infrastrukturelle und regulatorische Rahmen für CO₂-Transport und -Speicherung. Im Auftrag der Agora Industrie. Berlin, Freiburg.

⁸ Kleijne, K., Hanssen, S., van Dinteren, L., et al. (2022): Limits to Paris compatibility of CO₂ capture and utilization, One Earth, Volume 5(2) 168-185, <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2022.01.006>.

2.2.3 CO₂ aus der Atmosphäre entnehmen: CDR

Drittens werden unter dem Begriff Carbon Management auch Methoden der industriellen CO₂-Entnahme (Carbon Dioxide Removal, CDR) zusammengefasst. Im Unterschied zu jenen CCS- und CCU-Anlagen, die mit CO₂ aus fossilen Quellen arbeiten, weisen CDR-Prozessketten netto-negative Emissionsbilanzen auf. Erreicht werden solche dadurch, dass das CO₂ entweder aus biogenen Quellen oder der Umgebungsluft stammt. Darüber hinaus werden jedoch zahlreiche weitere CDR-Methoden erforscht und erprobt.

Die klimapolitische Funktion besteht darin Restemissionen auszugleichen und somit Netto-Null zu ermöglichen. Darüber hinaus ist CDR nötig, um in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts netto-negative Emissionen zu erreichen. Für CDR insgesamt gilt, dass das CO₂ in geologischen Speicherstandorten, in terrestrischen oder ozeanischen Reservoirs oder in langlebigen Produkten gespeichert werden kann. Grafik 3 zeigt eine Visualisierung der relevanten Methoden. In politischen Debatten werden unter dem Sammelbegriff Carbon Management für gewöhnlich lediglich CCS-basierte oder industrielle CDR-Methoden subsumiert; LULUCF-basierte CDR-Methoden firmieren auf EU-Ebene unter „Carbon Farming“ und in Deutschland als Bestandteil von „Natürlichem Klimaschutz“ (siehe Abschnitt 2.3).

Die wissenschaftliche Literatur zeigt eindeutig, dass ein breites Portfolio an CDR-Methoden nötig sein wird, um das Netto-Null-Ziel zu erreichen, und dass angesichts eines drohenden „Overshoots“ des 1,5°C-Ziels auch netto-negative Emissionen in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts erforderlich sein werden.⁹ Die zentrale politische Herausforderung besteht darin, die Rolle der CO₂-Entnahme in der Klimapolitik präzise zu klären.

Kritische Stimmen aus der Zivilgesellschaft und der Wissenschaft befürchten, dass der Ausbau der Entnahmekapazitäten zu einer Verrechnung mit fossilen Emissionen führen könnte.¹⁰ Befürworter verweisen hingegen auf die zu erwartenden Restemissionen, die allenfalls zu sehr hohen Kosten vermieden werden können, und warnen, dass das Erreichen der Netto-Null-Ziele gefährdet sei, wenn nicht ausreichend CO₂-Entnahmekapazitäten aufgebaut werden.¹¹ Unabhängig von dieser divergierenden Einschätzung ist es Konsens, dass CO₂-Entnahme kein Ersatz für Emissionsreduktion ist¹² – sie ist eine zusätzliche

⁹ Reisinger, A., Fuglestvedt, J.S., Pirani, A. et al.: 2025. Overshoot: A Conceptual Review of Exceeding and Returning to Global Warming of 1.5°C. *Annual Review Environment and Resources*. 50:185-217. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-111523-102029>.

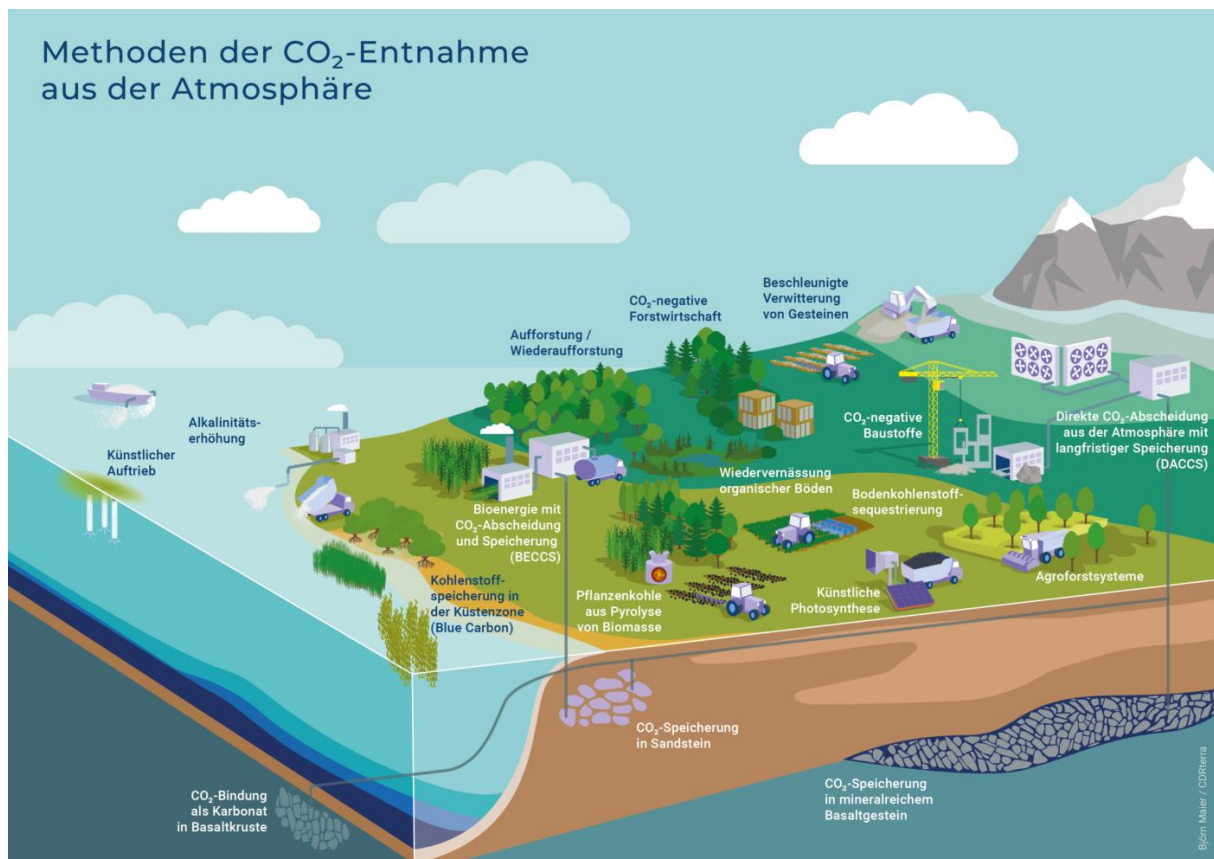
¹⁰ Deprez, A., Leadley, P., Dooley, K. et al.: 2024. Sustainability limits needed for CO₂ removal. *Science* 383,484-486 <https://doi.org/10.1126/science.adj6171>

¹¹ Smith, S. M., Geden, O., Gidden, et al. (eds.) The State of Carbon Dioxide Removal 2024 - 2nd Edition. <https://doi.org/10.17605/OSF.IO/F85QJ>.

¹² Babiker, M., Berndes, G., Blok, K., et al., 2022: Cross-sectoral perspectives. In P. R. Shukla, J. Skea, R. Slade, A. Al Khourdajie, R. van Diemen, D. McCollum, M. Pathak, S. Some, P. Vyas,

Herausforderung, um das Ziel der Netto-Treibhausgasneutralität zu erreichen und damit den weiter voranschreitenden globalen Temperaturanstieg zu stoppen.¹³

Grafik 3: Übersicht – Methoden der CO₂-Entnahme aus der Atmosphäre



Quelle: CDRterra, <https://cdrrterra.de/>

R. Fradera, M. Belkacemi, A. Hasija, G. Lisboa, S. Luz, & J. Malley (Eds.), IPCC, 2022: Climate change 2022: Mitigation of climate change. Contribution of working group III to the sixth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge University Press, <https://doi.org/10.1017/9781009157926.014>.

¹³ H. Lee et al. (2023): Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva

2.3 CO₂-Senken im LULUCF Sektor: Natürlicher Klimaschutz

Dem LULUCF-Sektor kommt hinsichtlich der CO₂-Entnahme eine zentrale Rolle zu. Grafik 3 zeigt, dass viele CDR-Methoden in unterschiedlicher Weise auf natürlichen Prozessen der CO₂-Speicherung basieren. Anders als neuartige CDR-Methoden ist die Senkenleistung des LULUCF-Sektors bereits seit Langem ein fester Bestandteil der Klimapolitik. Hinzu kommt, dass der Sektor neben seiner Senkenleistung zahlreiche weitere relevante Funktionen erfüllt, darunter Beiträge zum Natur- und Umweltschutz, die Förderung von Biodiversität und Artenschutz sowie die Stabilisierung des Landschaftswasserhaushalts und weiterer Ökosystemleistungen.

In Deutschland manifestiert sich die klimapolitische Bedeutung des Sektors in seiner Verankerung im Bundes-Klimaschutzgesetz und den dort festgelegten quantitativen Zielwerten von 25 Mt CO₂-Äq. bis 2030, 35 Mt bis 2040 und 40 Mt bis 2045 (§ 3a KSG). Auf europäischer Ebene spiegelt sich diese Bedeutung in den Zielen der LULUCF-Verordnung (EU) 2018/841 wider: EU-weit sind Netto-Senken in Höhe von 310 Mt CO₂-Äq. für das Jahr 2030 vorgesehen, verbunden mit einer begrenzten Anrechenbarkeit von 225 Mt CO₂-Äq. auf das EU-Klimaziel einer Nettoemissionsreduktion im Jahr 2030 von mindestens 55 % gegenüber 1990.

Gleichzeitig steht der LULUCF-Sektor sowohl in Deutschland als auch auf EU-Ebene unter erheblichem Druck. Die vereinbarten Ziele erscheinen derzeit nur schwer erreichbar: In Deutschland hat sich der LULUCF-Sektor in den vergangenen Jahren von einer CO₂-Senke zu einer Quelle entwickelt, und die vorliegenden Projektionen verdeutlichen, wie herausfordernd die Erreichung der langfristigen Senkenziele sein wird.¹⁴ Als wesentliche Treiber dieser Entwicklung gelten insbesondere die zunehmende Schädigung und der Verlust von Waldflächen infolge von Dürreperioden, Schädlingsbefall und Extremwetterereignissen sowie die fortgesetzte Entwässerung von Moorböden.¹⁵

Auch auf EU-Ebene liegen die aktuelle Senkenleistung sowie die Projektionen deutlich hinter den gesetzten Zielen zurück. So lag die Senkenleistung im Jahr 2025 bei rund 212 Mt CO₂-Äq. – und damit deutlich unter der für 2030

¹⁴ Thünen Institut, 2025: Von der Senke zur Quelle, <https://www.thuenen.de/de/themenfelder/klima-und-luft/emissionsinventare-buchhaltung-fuer-den-klimaschutz/von-der-senke-zur-quelle>

¹⁵ Wissenschaftlicher Beirat für Natürlichen Klimaschutz: 2025, Optionen zur Weiterentwicklung des Aktionsprogramms Natürlicher Klimaschutz https://www.wissenschaftlicher-beirat-fuer-natuerlichen-klimaschutz.de/wp-content/uploads/WBNK_Zusammenfassung_Weiterentwicklung_ANK.pdf

angestrebten Zielgröße von 310 Mt CO₂-Äq.¹⁶ Dies verdeutlicht den erheblichen Handlungsbedarf sowohl auf nationaler als auch auf europäischer Ebene.

3. Die Rollen von Carbon Management und natürlichen Senken auf dem Weg zur Klimaneutralität

Um das Netto-Null-Ziel zu erreichen, sind umfassende Emissionsreduktionen sowie der Ausbau von CO₂-Entnahmepotenzialen unabdingbar. Ein übergeordnetes Ziel sollte dabei sein, Emissionsreduktionen und CO₂-Entnahme klar voneinander zu trennen – nicht nur konzeptionell, sondern auch in der konkreten Regulierung und bei der Anrechnung auf das Netto-Null-Ziel. Angesichts der begrenzten Entnahmepotenziale im LULUCF-Sektor und bei neuartigen CO₂-Entnahmemethoden gilt es, die Abhängigkeit von diesen Ausgleichsmöglichkeiten so gering wie möglich zu halten.

Dies bedeutet auch, dass verschiedene Strategien für den Umgang mit schwer vermeidbaren Emissionen parallel erprobt und weiterentwickelt werden müssen, um diese auf ein Niveau zu begrenzen, das durch CO₂-Entnahmepotenziale ausgeglichen werden kann, ohne den Druck auf den LULUCF-Sektor weiter zu erhöhen. Konkret bedeutet dies: Natürlicher Klimaschutz und diejenigen Carbon-Management-Anwendungen, die dazu beitragen, die Menge an Restemissionen zu reduzieren, sollten parallel vorangetrieben werden. Eine einseitige Priorisierung eines dieser Pfade würde das Risiko erhöhen, die gesetzten Klimaziele zu verfehlen.

Dazu gehört auch der Ausbau von CCS- und CCU-Kapazitäten, allerdings unter der klaren Voraussetzung, dass dieser die Reduktion vermeidbarer Emissionen nicht verlangsamt oder behindert. Die Abscheidung und anschließende Speicherung oder Nutzung von CO₂ bietet keine einfache, umfassende oder kurzfristige Alternative zu Emissionsreduktionen. Angesichts der hohen Kosten, des erheblichen Infrastrukturaufwands und des Erfordernisses langfristiger Investitions- und Planungsentscheidungen sollte ihr Einsatz nicht mit unrealistischen Erwartungen verbunden werden.

Gleichzeitig gilt es zu berücksichtigen, dass der Ausbau eines umfassenden CO₂-Transportnetzes auch im Hinblick auf langfristig erforderliche netto-negative Emissionen von Bedeutung ist. Nur eine leistungsfähige CO₂-Infrastruktur wird es ermöglichen, langfristig ausreichende Mengen an CO₂ dauerhaft aus der Atmosphäre zu entnehmen und geologisch zu speichern, um in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts netto-negative Emissionen zu erreichen.

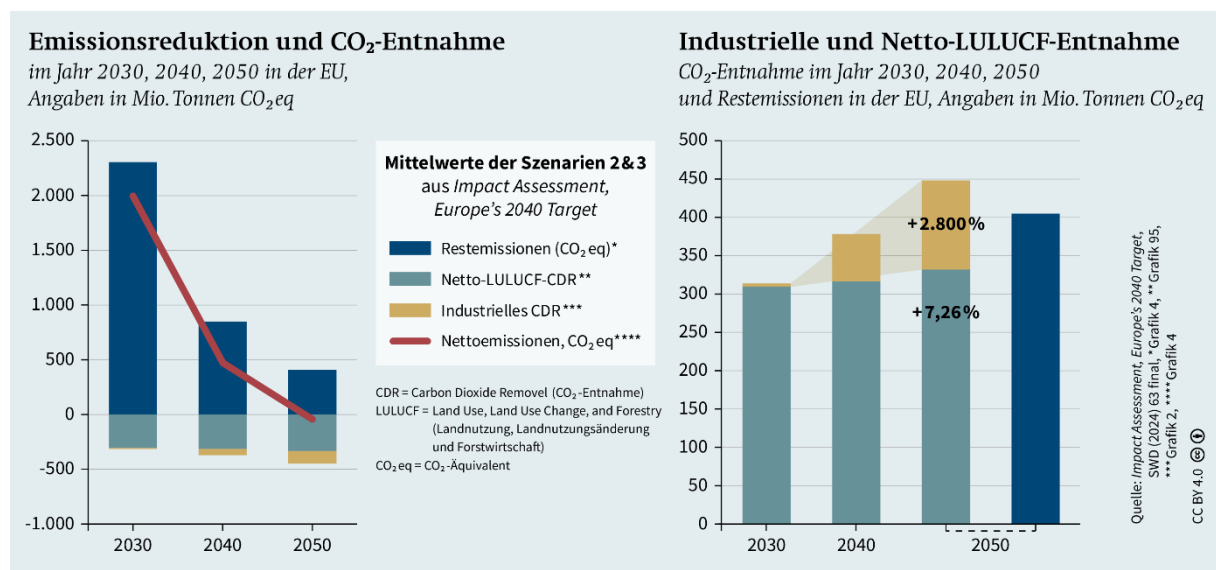
¹⁶ European Environment Agency (2025): Greenhouse gas emissions from land use, land use change and forestry in Europe, <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/indicators/greenhouse-gas-emissions-from-land>

4. Modelle und Szenarien

Die Schlussfolgerung, dass drastische Emissionsreduktionen erforderlich sind und parallel dazu sowohl der natürliche Klimaschutz im LULUCF-Sektor als auch Carbon-Management-Anwendungen ausgebaut werden müssen, wird auch durch die Ergebnisse vorhandener Modelle und Szenarien gestützt.

Im Rahmen des Vorschlags der Europäischen Kommission für das EU-Klimaziel für 2040 zeigt die vorgelegte Folgenabschätzung, dass neben sehr ambitionierten Emissionsreduktionen in allen Sektoren auch die CO₂-Entnahme Kapazitäten rasch ausgebaut werden müssen. Es wird deutlich, dass Entnahmen durch natürlichen Klimaschutz allein bei weitem nicht ausreichen – selbst wenn der für 2030 anvisierte Zielwert der Nettosenke von 310 Mt CO₂-Äq. noch einmal um 7 % gesteigert würde (siehe Grafik 4).

Grafik 4: Emissionsreduktionen und CO₂-Entnahme in der Folgenabschätzung der EU Kommission zum 2040-Ziel Vorschlag



Quelle: Schenuit/Treß 2025¹⁷

Gemäß den Modellierungen der Europäischen Kommission müsste die CCS-basierte CO₂-Entnahme – in diesem Modell in Form von DACCS und BECCS – zwischen 2030 und 2050 um mehr als 2.800 % wachsen und einen absoluten Wert von über 100 Mt pro Jahr erreichen. Nicht berücksichtigt sind in diesen Zahlen die CCS- und CCU-Mengen zur Abscheidung industrieller

¹⁷ Schenuit, F., Treß, D. 2025: Eine »Kurzfriststrategie Negativemissionen«: Politikoptionen für den Hochlauf von CO₂-Entnahme, Stiftung Wissenschaft und Politik, <https://doi.org/10.18449/2025A10>.

Prozessemissionen (für weitere Details siehe Folgenabschätzung der Europäischen Kommission).¹⁸

Ähnliche Befunde zur Notwendigkeit einer parallelen Entwicklung von Carbon Management und natürlichem Klimaschutz ergeben sich auch aus Modellierungen für Deutschland.¹⁹ Das Forschungsprojekt CDRterra veranschlagt für das Jahr 2045 eine Spannweite von 60 bis 130 Mio. t CO₂-Äq. an Restemissionen. Das dort entwickelte Szenario zur Entwicklung entsprechender CDR-Kapazitäten verdeutlicht, wie früh der Hochlauf eines breiten Portfolios an CDR-Methoden beginnen müsste, um eine CO₂-Entnahme von 76 Mio. t CO₂-Äq. zu erreichen. In diesem Szenario kommt neben konventionellen Methoden im LULUCF-Sektor auch CCS-basierten Verfahren eine wichtige Rolle zu: BECCS und DACCS würden zusammen rund 45 Mio. t CO₂-Entnahme im Jahr 2045 bereitstellen, um verbleibende Restemissionen auszugleichen. Dies unterstreicht, dass ein ambitionierter und frühzeitig einsetzender Kapazitätsaufbau über alle CDR-Methoden hinweg – einschließlich CCS-basierter Verfahren – zusätzlich zu drastischen Emissionsreduktionen zentral für das Erreichen von Netto-Null-Treibhausgasemissionen ist.²⁰

Dass CCS-Anwendungen insgesamt, das heißt nicht nur für CD-Methoden, eine Rolle für die Erreichung der Klimaneutralität spielen, zeigen auch die Szenarien, die Netto-Null-Emissionen für Deutschland bis 2045 modellieren. Dazu gehören auch die Szenarien des Umweltbundesamtes (siehe Anhang 1 für weitere Details).²¹ Die beiden Szenarien *CareSupreme* und *CareTech* sehen CCS einerseits zur Minderung schwer vermeidbarer Emissionen in der Müllverbrennung (WACCS) und andererseits für den Aufbau von CDR-Kapazitäten in Form von BECCS und DACCS vor.

Die Szenarien unterscheiden sich dabei deutlich hinsichtlich der angenommenen Volumina, jedoch kommt keines von ihnen vollständig ohne CCS aus. Im Szenario *CareTech* werden im Jahr 2045 72,1 Mt CO₂ durch CCS gespeichert, davon 59,2 Mt in Form technischer Negativemissionen. Im Szenario *CareSupreme* werden im Jahr 2045 8,5 Mt CO₂ durch CCS gespeichert, davon 5,9 Mt als technische Negativemissionen (für Details siehe Tabelle 1). Die erhebliche Spannweite zwischen beiden Szenarien verweist auf die großen Unsicherheiten hinsichtlich

¹⁸ Europäische Kommission, 2025: Impact Assessment Report Accompanying the document "Securing our future Europe's 2040 climate target and path to climate neutrality by 2050 building a sustainable, just and prosperous society" <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex:52024SC0063>

¹⁹ Siehe hierzu auch die Analysen und Modellierungen der „Langfriststrategie Negativemissionen“ <https://www.bundeswirtschaftsministerium.de/Redaktion/DE/Dossier/Negativemissionen/dokumente-langfriststrategie-negativemissionen.html>.

²⁰ CDRterra, 2025: Potenziale und Risiken der landbasierten CO₂-Entnahme in Deutschland: was wir jetzt wissen – und was zu tun ist. <https://doi.org/10.5281/zenodo.17277505>

²¹ Umweltbundesamt, 2025: Teil-Abschlussbericht Ambitionierte Pfade für Treibhausgasneutralität in Deutschland: CARESupreme und CARETech <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/ambitionierte-pfade-fuer-treibhausgasneutralitaet>.

des zukünftigen Hochlaufs von CCS-Kapazitäten und unterstreicht zugleich die Notwendigkeit, technologische Entwicklungen und politische Rahmenbedingungen eng aufeinander abzustimmen.

5. Fazit und Empfehlungen

Abschließend lassen sich auf Grundlage der vorangegangenen Ausführungen folgende Schlussfolgerungen und Empfehlungen formulieren:

1. Gleichzeitigkeit als politisches Leitprinzip

Die politische Debatte neigt dazu, natürlichen Klimaschutz und technische Carbon-Management-Methoden als konkurrierende Ansätze zu behandeln. Die wissenschaftlichen Erkenntnisse sprechen jedoch eindeutig dafür, beide Pfade parallel voranzutreiben. Das Leitprinzip der Gleichzeitigkeit – unter Beachtung der formulierten Leitplanken für Carbon-Management-Anwendungen – sollte daher explizit in den einschlägigen klimapolitischen Strategien und Programmen verankert werden, sowohl auf nationaler als auch auf europäischer Ebene. Dies bedeutet auch, dass verschiedene Strategien für den Umgang mit schwer vermeidbaren Emissionen parallel erprobt und weiterentwickelt werden sollten, um schließlich die Restemissionen auf ein Niveau zu begrenzen, das durch CO₂-Entnahmepotenziale ausgeglichen werden kann.

2. Klare Trennung von Emissionsreduktion und CO₂-Entnahme verankern

Emissionsreduktionen und CO₂-Entnahme sollten konzeptionell, bilanziell und regulatorisch klar voneinander getrennt werden. Dies gilt sowohl für industrielles Carbon Management als auch für den natürlichen Klimaschutz im LULUCF-Sektor. Eine solche Trennung schließt jedoch nicht aus, Synergien zu nutzen – etwa zwischen fossilem CCS zur Abscheidung von Prozessemissionen und zukünftigen CDR-Kapazitäten. Insbesondere im Hinblick auf den Ausbau von CO₂-Transportinfrastrukturen ist dies von Bedeutung. Dabei sollte transparent ausgewiesen werden, ob das abgeschiedene CO₂ fossilen oder biogenen Ursprungs ist.

3. Carbon Management auf schwer vermeidbare Emissionen beschränken

Der Einsatz von CCS und CCU sollte auf jene Anwendungen konzentriert werden, die nachweislich entweder zur Reduktion schwer vermeidbarer Emissionen beitragen oder den Aufbau von CDR-Kapazitäten ermöglichen. Angesichts der hohen Kosten der Technologien und der erforderlichen Infrastrukturen liegt ein zentraler Hebel hierfür in der Ausgestaltung geeigneter Förderinstrumente. Der Fokus sollte dabei auf Industrieprozessen liegen, bei denen Prozessemissionen nicht anderweitig vermieden werden können oder bei denen bereits heute biogene Reststoffe genutzt werden (z. B. thermische Abfallbehandlung).

4. LULUCF-Senken schützen und ausbauen – Zieldruck ernst nehmen

Der LULUCF-Sektor steht sowohl in Deutschland als auch auf EU-Ebene unter erheblichem Druck. Die Kluft zwischen den gesetzten Zielen und der tatsächlichen Senkenleistung ist derzeit sehr groß, und die Entwicklungen im LULUCF-Sektor stellen nicht nur im Hinblick auf die CO₂-Bilanzen eine Herausforderung dar. Natürlicher Klimaschutz sollte daher mit hoher Dringlichkeit vorangetrieben werden. Dies schließt unter anderem den Schutz und die Wiederherstellung von Moorböden, die Stärkung der Resilienz von Wäldern sowie die Förderung biodiversitätsfördernder Landnutzungsformen ein.

5. Europäische Verflechtung auf Instrumenten- und Infrastrukturebene strategisch nutzen

Der Aufbau von CO₂-Transportinfrastrukturen und geologischen Speicherkapazitäten ist ein gesamteuropäisches Infrastrukturvorhaben. Deutschland sollte sich daher aktiv in die europäische Koordination einbringen – sowohl auf der Ebene der klimapolitischen Instrumente als auch mit Blick auf den Aufbau grenzüberschreitender CO₂-Infrastrukturen. Die Anbindung an nordwesteuropäische Speicherkapazitäten ist für zahlreiche deutsche Industriestandorte mittelfristig von strategischer Bedeutung und langfristig auch für den Ausbau von CO₂-Entnahmekapazitäten relevant.

6. CDR industriepolitisch flankieren

Der Hochlauf neuartiger CDR-Methoden ist nicht allein eine klimapolitische, sondern auch eine industriepolitische Aufgabe. Angesichts des erheblichen Investitionsbedarfs, langer Planungshorizonte und anhaltender technologischer Unsicherheiten bedarf es kohärenter industriepolitischer Rahmenbedingungen, die Investitionssicherheit schaffen und Technologieentwicklung sowie Markthochlauf fördern. CDR sollte daher als Querschnittsthema in die Industrie-, Innovations- und Infrastrukturpolitik integriert werden – und nicht ausschließlich im klimapolitischen Kontext behandelt werden. Angesichts der in klimaökonomischen Modellierungen ausgewiesenen erheblichen Mengen an CDR ist davon auszugehen, dass sich hier langfristig ein bedeutender Markt entwickeln wird.

Anhang 1

Tabelle 1: Carbon Management und LULUCF-Senke in den Umweltbundesamt Szenarien CareSupreme und Care Tech, in Mio. t CO₂-Äq.

	CareTech (S.54)	CareSupreme (S.42)
LULUCF (netto)	-24,5	-55,9
Fossiles WACCS	1,6	1,3
Fossiles CCS aus Brennstoffen in der Industrie	0,6	0
Fossiles CCS aus Industrieprozessen	9,2	0
BECCS aus fester Biomasse (in der Energiewirtschaft)	18,5	5,9
BECCS aus fester Biomasse (in der Industrie)	3,7	0
BECCS aus Biogas (Energiewirtschaft)	2,8	0
WACCS von Kunststoffen auf Basis von atmosphärischem CO ₂	1,6	1,3
DACCS	34,2	0
Gesamt gespeichertes CO₂ (CCS, BECCS, DACCS, WACCS)	72,1	8,5
Gesamt technische Negativemissionen aus BECCS, DACCS	59,2	5,9

Quelle: Umweltbundesamt 2025 https://www.umweltbundesamt.de/system/files/medien/11850/publikationen/78_2025_cc_.pdf