

COGNITIVE BRIEFING

Carbon Capture

Dekarbonisierung durch
CO₂-Entnahme



TECHNIK

UMWELT

Carbon Capture

Dekarbonisierung durch CO₂-Entnahme

Iris Réthy-Jensen

Die Begrenzung der Erderwärmung ist dringender denn je. Das zeigen aktuelle Zahlen, die beunruhigen: 2024 wurde erstmals das 1,5-Grad-Ziel des Pariser Klimaabkommens überschritten – ein Novum seit Beginn der Temperaturlaufzeichnungen!

Eine Trendwende ist bislang nicht in Sicht – ganz im Gegenteil: So werden die USA unter *Donald Trump* als weltweit größter CO₂-Emittent pro Kopf ihre bisherige Klimapolitik massiv einschränken. All dies unterstreicht die Dringlichkeit gezielter Maßnahmen zur Reduktion von Treibhausgasemissionen.

Dabei gewinnt die sogenannte Carbon Capture-Technologie verstärkt an Bedeutung. Sie bietet verschiedene Möglichkeiten, das für die Erderwärmung hauptverantwortliche Treibhausgas CO₂ aus der Atmosphäre zu entnehmen und abzuscheiden sowie zu speichern oder kreislaufmäßig zu nutzen.

Wie das genau funktioniert und warum die Technologie gerade in Deutschland zunehmend Beachtung findet, ist Gegenstand der vorliegenden Analyse. Wer sind die Hauptakteure auf Länder- und Branchenebene, und welche Chancen aber auch Risiken ergeben sich für Unternehmer und Investoren?

Ziel dieses *Cognitive Briefings* ist eine ganzheitliche Betrachtung, die sowohl technische Grundlagen als auch mögliche Auswirkungen der Carbon Capture-Technologien auf geopolitische Aspekte erörtert.

Abstract (KI-generiert)*

Die vorliegende Analyse untersucht die Rolle der Carbon Capture-Technologie bei der Reduzierung von Treibhausgasen, insbesondere Kohlendioxid (CO₂), im Kontext des globalen Klimawandels. Angesichts der Überschreitung des 1,5-Grad-Ziels des Pariser Klimaabkommens im Jahr 2024 wird die Dringlichkeit von Maßnahmen zur Emissionsreduktion betont. Carbon Capture ermöglicht die Abscheidung und Speicherung oder Nutzung von CO₂ und wird als notwendige Ergänzung zu unzureichenden CO₂-Vermeidungsstrategien angesehen. Die Technologie könnte bis zu 85% des CO₂ aus der Atmosphäre fernhalten, erfordert jedoch erhebliche Investitionen und Energieaufwand. Kritiker warnen vor der Gefahr, dass *Carbon Capture and Storage (CCS)* – also die Abscheidung und Speicherung von Kohlendioxid – als Scheinlösung genutzt wird, um den Ausstieg aus fossilen Energien zu verzögern. Die geopolitischen Veränderungen und die Abhängigkeit von politischen Maßnahmen könnten den Markt prägen. Trotz der Herausforderungen wird ein Wachstum des Carbon Capture-Marktes prognostiziert, wobei die Entwicklung von Infrastruktur und die geopolitische Lage entscheidende Faktoren darstellen.

* KI-generierte Zusammenfassung der vorliegenden Analyse – mit geringfügiger redaktioneller Bearbeitung – durch *FERI MAI* (eigene KI-Anwendung). (Prompt: Erstelle eine einseitige Zusammenfassung des Dokuments im Fließtextformat, 30.01.2025)

Thesen:

- ⇒ These 1: Die Welt ist offensichtlich nicht in der Lage, das 1,5-Grad-Ziel einzuhalten. Die Menschheit wird folglich vom Klimawandel überholt!
- ⇒ These 2: Die bisherigen Bemühungen, CO₂ einzusparen, reichen nicht aus. Wichtige Grenzwerte und Klimaziele werden immer schneller überschritten!
- ⇒ These 3: Viele Experten sehen technische Verfahren, um der Atmosphäre aktiv CO₂ zu entziehen, als letzte Möglichkeit. Dass es erfolversprechende Ansätze gibt, haben Einzelprojekte bewiesen.
- ⇒ These 4: Problem: Um den Klimawandel signifikant aufzuhalten oder gar umzukehren, wären großtechnische Anlagen mit enormen Investitionssummen erforderlich.
- ⇒ These 5: Weiteres Problem: Der hierfür erforderliche Energieaufwand wäre gigantisch und würde den theoretisch erreichbaren CO₂-Entzugseffekten diametral entgegenwirken.
- ⇒ These 6: Insbesondere politische und geopolitische Umwälzungen könnten den Carbon Capture-Markt zunehmend prägen und das Potential für nachhaltige CO₂-Reduktion stark beeinträchtigen.

1 Relevanz: Kohlendioxid im Kontext der Erderwärmung

Der globale Klimawandel ist eines der größten und zugleich dringendsten Probleme der Menschheit: 2024 war nicht nur das wärmste Jahr seit Beginn der Temperaturlaufzeichnungen – laut EU-Klimadienst *Copernicus* (2025) war es auch das erste Jahr, in dem das 1,5-Grad-Ziel des Pariser Weltklimaabkommens von 2015 überschritten wurde.¹ Eine Trendwende ist nicht in Sicht – im Gegenteil: „Nach Ansicht führender Klimaforscher ist eine – deutlich progressive! – Zunahme der Erderwärmung in den nächsten Jahren und Jahrzehnten quasi vorprogrammiert.“²

Um die Erderwärmung zu begrenzen, ist es also dringender denn je, Treibhausgasemissionen zu reduzieren. Das gilt insbesondere für Kohlendioxid (CO₂) – das Treibhausgas, das am stärksten zur globalen Erwärmung beiträgt.

- ▶ In den letzten sechs Jahrzehnten hat der globale CO₂-Ausstoß kontinuierlich zugenommen.

- ▶ So auch in 2024: Gemäß Daten des *Global Carbon Project* (2024) waren es im Fall der globalen fossilen CO₂-Emissionen 37,4 Gigatonnen (Gt) – und damit 0,8% mehr als noch in 2023.³

- ▶ Bis zur Jahrhundertmitte sollen die energiebedingten CO₂-Emissionen weltweit auf insgesamt rund 41 Gt steigen, so die Schätzungen der *US Energy Information Administration* (EIA).⁴

Eine global konzentrierte Reduktion von Treibhausgasemissionen ist allenfalls in Ansätzen erkennbar, und in vielen Ländern zeigt die Tendenz weiterhin nach oben. Speziell die USA, die mit 14,3 t auch 2023 wieder größter CO₂-Emittent der Welt pro Kopf waren (vgl. Abb. 1), vollziehen unter *Donald Trump* eine alarmierende Kehrtwende.⁵ Dieser startete bereits am Tag seiner Amtsübernahme eine „neue Ära der klimafeindlichen Politik“.⁶ Wie schon während seiner

ersten Präsidentschaft ordnete *Trump* den sofortigen Austritt der Vereinigten Staaten aus dem Pariser Klimaabkommen an, verkündete darüber hinaus aber auch noch einen „nationalen Energienotstand“: „Das soll die Nutzung natürlicher Ressourcen wie Öl, Gas, aber auch Uran, Kohle und kritische Rohstoffe vereinfachen und Genehmigungsverfahren beschleunigen, etwa für den Bau von Pipelines. Er ordnete an, die Förderung und Produktion natürlicher Vorkommen wie Öl und Gas in Alaska zu ‚maximieren‘ und Projekte schneller zu genehmigen.“⁷

Dekrete wie diese haben eine äußerst gefährliche Signalwirkung für die globale Klimapolitik, die bereits durch die klimapolitisch unzureichenden Ergebnisse der jüngsten COP-Konferenzen sichtbar an Dynamik verloren hat.⁸

- ▶ Die bisherigen Bemühungen, Kohlendioxid einzusparen, reichen bei weitem nicht aus und verfehlen seit Jahren massiv die Ziele zur Minderung von Treibhausgasemissionen.
- ▶ Infolgedessen wird es immer wahrscheinlicher, dass die Welt vom menschengemachten Klimawandel schlicht überholt und überrollt werden könnte. Ein wichtiger Aspekt dabei ist das Phänomen der sogenannten „Klima-Kippunkte“ (*Climate Tipping Points*), die mit steigender Dynamik ausgelöst oder überschritten werden.⁹

Den mit deutlichem Abstand größten energiebedingten CO₂-Fußabdruck hat aktuell die Volksrepublik China, gefolgt von den USA, Indien und der EU (vgl. Abb. 2).¹⁰ In Deutschland wurden 2023 insgesamt rund 0,673 Gt Treibhausgase freigesetzt, davon waren 0,6 Gt CO₂.¹¹ Während Deutschland 2045 klimaneutral sein will, streben die USA dafür 2050, China 2060 und Indien sogar erst 2070 an.¹²

Betrachtet man dieses Problem auf Branchenebene, zählen die Zement-, Eisen-, Stahl- und chemische Industrie zu den größten industriellen CO₂-Emittenten. Die Sektoren Zement, Eisen und Stahl tragen zusammen 13,5% zu den vom Menschen verursachten CO₂-Emissionen bei,¹³ wobei die Zementherstellung mit 8% der weltweiten und 2% der deutschen Treibhausgasemissionen zu den emissionsintensivsten Industrieprozessen zählt.¹⁴ Insbesondere für diese schwer dekarbonisierbaren Industrien werden neue Technologien zur direkten Abscheidung von CO₂-Emissionen als zentrale Lösung zur Dekarbonisierung diskutiert. Dass Zement künftig auch als „CO₂-Senke“ (vgl. dazu die nachfolgende Erklärung) genutzt werden könnte, wird bislang allerdings seltener thematisiert.

Eine **CO₂-Senke** ist ein System, das CO₂ aus der Atmosphäre aufnimmt und speichert. Solche Systeme sind entscheidend für das Erreichen der Klimaziele. Beispiele für natürliche CO₂-Senken sind Wälder und Bäume, Moore, Ozeane und Böden. Sie tragen dazu bei, den CO₂-Gehalt in der Luft zu verringern und helfen so dem Klimaschutz. Auch spezielle Technologien wie die Kohlenstoffabscheidung und -speicherung (CCS) zählen dazu.

Exkurs:

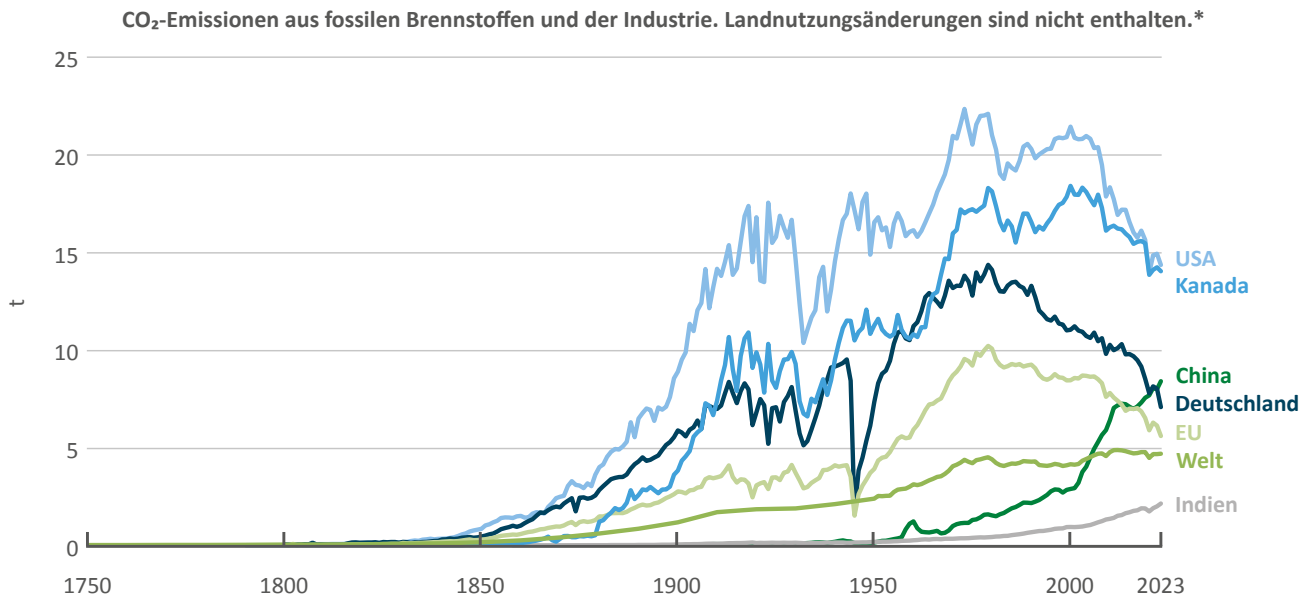
Die Bauwirtschaft als CO₂-Senke?

Zement ist nach Wasser das am zweithäufigsten verwendete Material und aus der Bauwirtschaft nicht wegzudenken. Forscher arbeiten aktuell daran, dass Zement als CO₂-Speicher dem Klimaschutz dient. Die Speicherung von überschüssigem CO₂ in unterschiedlicher stofflicher Form wird auch als „Senke“ bezeichnet. Mit dem Baustoff ließen sich „jedes Jahr rund 16 Mrd. t (16 Gt) Kohlendioxid speichern. Dies entspricht etwa 40 Prozent aller vom Menschen verursachten CO₂ Emissionen im Jahr 2024.“¹⁵ Damit Zement CO₂ aus der Luft aufnehmen und dauerhaft speichern kann, werden Calciumoxid und Magnesiumoxid hinzugefügt. Auch das Einbringen von Pflanzenkohle in Beton (in Form von Pellets) wird erforscht. Ein erster Bau mit dem klimaschonenden Zement soll in zwei bis drei Jahren in der Nähe von Zürich entstehen.¹⁶

Die Bedeutung von CO₂-Senken, insbesondere im Kontext der biologischen Vielfalt, hat das FERI Cognitive Finance Institute gemeinsam mit der Senckenberg Gesellschaft für Naturforschung in dieser Studie analysiert:



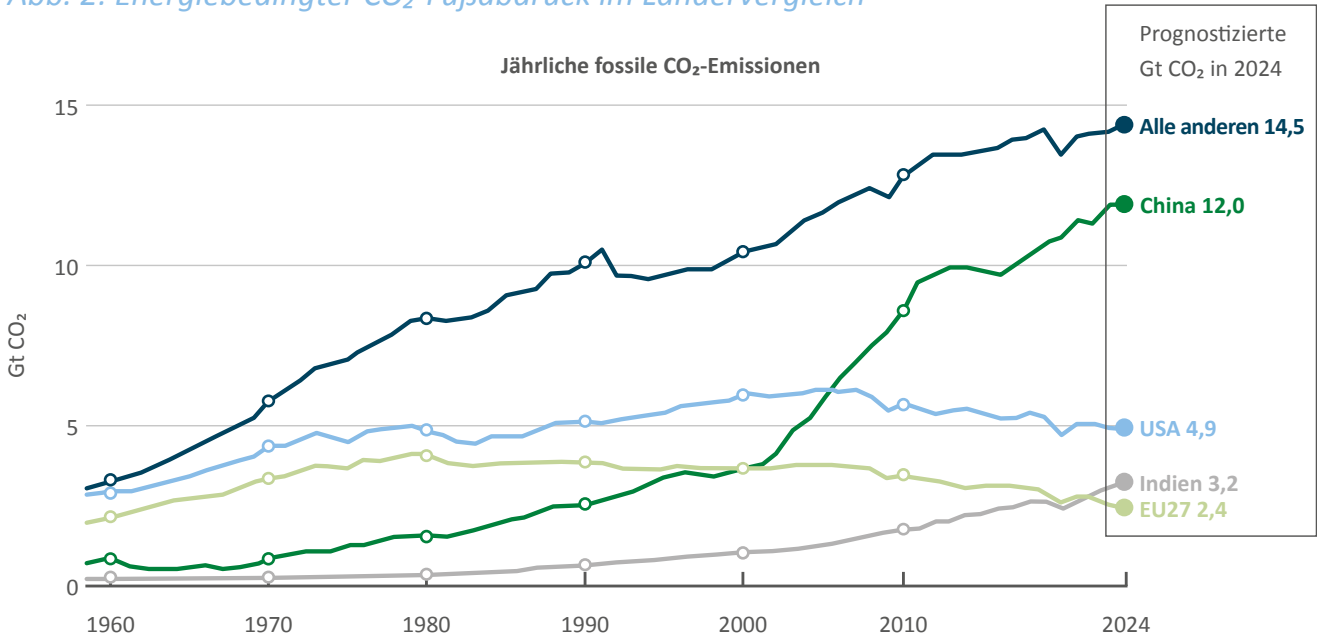
Abb. 1: CO₂-Emissionen pro Kopf im Ländervergleich



*Fossile Emissionen messen die CO₂-Menge, die bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe und direkt bei industriellen Prozessen wie der Zement- und Stahlherstellung freigesetzt wird. Fossiles CO₂ umfasst Emissionen aus Kohle, Öl, Gas, Abfackeln, Zement, Stahl und anderen industriellen Prozessen. Fossile Emissionen umfassen keine Landnutzungsänderungen, Entwaldung, Böden oder Vegetation.

Quelle: Our World in Data (2024, CO₂-Emissions)

Abb. 2: Energiebedingter CO₂-Fußabdruck im Ländervergleich



Quelle: Global Carbon Project (2024, Budget)

1.1 Carbon Capture als Option für dringend notwendige Dekarbonisierung

Ohne großvolumige Entnahme von Kohlendioxid aus der Atmosphäre – auch bekannt als „Carbon Capture“ – ist es laut Weltklimarat *IPCC* nicht mehr möglich, die Temperaturziele des Pariser Weltklimaabkommens von 2015 zu erreichen.¹⁷ Doch auch dieser Ansatz wäre extrem anspruchsvoll, denn: Um den Anstieg der globalen Temperaturen auf 1,5 Grad Celsius gegenüber dem vorindustriellen Zeitalter zu begrenzen, müssten weltweit zwischen 0,1 und 1 Gt Kohlendioxid jährlich für den Rest des Jahrhunderts gebunden und gespeichert werden.¹⁸

- „Dies könnte je nachdem, wie langsam die Emissionen durch Klimaschutzmaßnahmen sinken, bereits ab 2030 nötig werden – und danach in großem Umfang“, betont das *Mercator Research Institute on Global Commons and Climate Change (MCC)* (2021).¹⁹

Grundsätzlich existieren verschiedene Ansätze, der Atmosphäre CO₂ zu entziehen, sowohl natürliche als auch technologische (siehe Abb. 3). Eine wichtige natürliche Methode ist die **Auf- und Wiederaufforstung**, bei der Bäume CO₂ aufnehmen und speichern. Aber auch die CO₂-Aufnahme in

natürlichen Senken wie Böden, Mooren, Wäldern und Ozeanen. Vielversprechend ist auch die Herstellung von Biokohle, die dann in Böden eingearbeitet wird. Das **Ausbringen zerkleinerter Mineralien** in den Ozeanen trägt zur Kohlenstoffbindung bei. Im Ozean kann die Aufnahme von CO₂ aus der Luft durch **Algenzucht** zusätzlich erhöht werden. Denn Algen binden durch Photosynthese CO₂, das nach der Ernte der Algen wieder als Biomasse gespeichert werden kann.²⁰

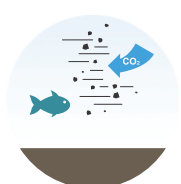
Neben den natürlichen Ansätzen zur CO₂-Reduktion werden derzeit technologische Verfahren zunehmend relevant. Wird Kohlendioxid technisch dort abgefangen, wo es entsteht – also in Kraftwerken oder Industrieanlagen – und anschließend unterirdisch in geologischen Formationen gespeichert, spricht man von **Carbon Capture and Storage (CCS)**. Dabei sind zwei vielversprechende Abscheideverfahren zu unterscheiden: Zum einen die **direkte Abscheidung von CO₂ aus der Luft** („Direct Air Capture“), bei der technische Luftfilteranlagen CO₂ aus der Atmosphäre filtern, und zum anderen Bioenergieanlagen, die Biomasse in Kraftwerken verbrennen, dabei CO₂ abscheiden und anschließend unterirdisch verpressen. Diese Technik wird als **BECCS (Bioenergy with Carbon Capture and Storage)** bezeichnet.

Abb. 3: Erfolgversprechende Methoden der CO₂-Entnahme

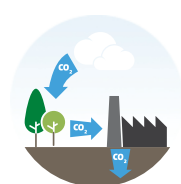
Diese Optionen für CO₂-Entnahme werden diskutiert:



Aufforstung und Wiederaufforstung
Baumwachstum entzieht der Atmosphäre CO₂.



Ozean-Alkalisierung
Natürliche Substanzen, etwa zermahlene Mineralien, erhöhen den pH-Wert und so die CO₂-Speicherung im Meer.



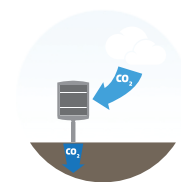
Bioenergy with Carbon Capture and Storage (BECCS)
CO₂ wird zu Biomasse, die in Kraftwerken verfeuert wird. Dabei wird es abgeschieden, dann unterirdisch verpresst.



Beschleunigte Verwitterung
Auf Landflächen verteilte zerkleinerte Mineralien helfen, CO₂ aus der Luft chemisch zu binden.



Anreicherung von Kohlenstoff auf Äckern
Durch Zufügen von Biokohle und durch klimafreundliche Praktiken in der Landwirtschaft.



Direct Air Capture (DAC)
CO₂ wird der Umgebungsluft durch chemische Prozesse entzogen und dann unterirdisch verpresst.

Quelle: MCC (2021, CO₂-Entnahme)

Experten sind sich einig, dass eine Kombination dieser Ansätze notwendig sein wird, um signifikante Mengen an CO₂ zu entfernen und den Klimawandel erfolgreich zu bekämpfen.²¹ Denn mit keiner Methode kann auch nur annähernd die Kohlendioxidmenge entnommen werden, die nötig wäre, um bis Mitte des Jahrhunderts das Netto-Null-Ziel zu erreichen. Durch (Wieder-)Aufforstung könnten laut MCC (2021) potentiell gerade einmal 0,5 bis 3,6 Gt CO₂ pro Jahr aus der Atmosphäre aufgenommen werden – ein Wert, der jedoch von vielen Faktoren abhängt, wie der Baumart, dem Standort, dem Klima und der Größe der aufgeforsteten Fläche.²² Auch „technische Verfahren wie etwa ‚Direct Air Capture‘ und andere Methoden gleichen ... zusammengenommen bisher nur ein Millionstel des fossilen CO₂ aus.“²³

- Deshalb ist es essentiell, möglichst viele Ansätze zu verfolgen und parallel auf- und auszubauen.

Ottmar Edenhofer, Direktor des Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung (PIK), warnt in diesem Zusammenhang:



Ich bin davon überzeugt, dass uns die CO₂-Entnahme und Speicherung vor dem Allerschlimmsten noch bewahren kann. (...) schaffen wir es nicht, der Atmosphäre in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts gewaltige Mengen an CO₂ zu entziehen, dann werden wir uns mit einer in weiten Regionen menschenfeindlichen Erde arrangieren müssen.²⁴

Ottmar Edenhofer,
Direktor des Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung (PIK)



International gewinnt die Carbon Capture-Technologie zunehmend an Bedeutung, und auch in Deutschland zeichnet sich eine Wende ab. Bislang war die Speicherung von Kohlendioxid hierzulande nur zu Forschungs-, Erprobungs- und Demonstrationszwecken gesetzlich gestattet.²⁵ Diese restriktive Haltung könnte jedoch bald der Vergangenheit angehören, da die Technologie weltweit als wichtiger Bestandteil im Kampf gegen den Klimawandel anerkannt und ihr Ausbau auch in Deutschland vorangetrieben wird.

„Aus heutiger Sicht ist klar, dass auch das Abscheiden und Speichern sowie das Abscheiden und Nutzen von CO₂ (Carbon Capture and Storage CCS und Carbon Capture and Utilization CCU) einen Beitrag auf dem Weg zur Klimaneutralität leisten müssen. Grund hierfür ist, dass Emissionen in bestimmten Bereichen nur schwer oder anderweitig nicht vermeidbar sind.“²⁶



Die CO₂-Abscheidung und -Speicherung ist besonders wichtig für unsere Industrieanlagen, die nicht ausreichend mit erneuerbaren Energien versorgt werden können. Wir dürfen keine Zeit verlieren und müssen alle uns zur Verfügung stehenden Mittel nutzen, um die Emissionen schnell zu reduzieren. Wir glauben nicht, dass wir unsere Klimaziele ohne CCS erreichen können.²⁷

Magnus Krogh Ankarstrand,
Vice President Yara Clean Ammonia



2024 hat das Bundeskabinett die Eckpunkte einer Carbon Management-Strategie (CMS) und einen darauf basierenden Gesetzentwurf zur Änderung des Kohlendioxid-Speicherungsgesetzes (KSpG) beschlossen. Der Entwurf ist inzwischen in das parlamentarische Verfahren eingebracht. Sollten Bundesrat und Bundestag zustimmen, wäre der Weg hierzulande frei für die Anwendung von CCS und CCU sowie den Transport und die dauerhafte Offshore-Speicherung.²⁸ Pro Jahr will die Bundesregierung 0,034 bis 0,073 Gt CO₂ unter der Nordsee entsorgen. Das entspricht 40% der gesamten heutigen CO₂-Emissionen der Industrie.²⁹

Angesichts dieser Richtungsentscheidung in Deutschland und der international deutlich spürbaren Dynamik konzentriert sich die vorliegende Analyse auf das Abscheiden und Speichern bzw. Abscheiden und Nutzen von Kohlendioxid – auch bekannt als Carbon Capture and Storage (CCS) bzw. Carbon Capture and Utilization (CCU); zwei Verfahren, die häufig auch als Carbon Capture, Utilization and Storage (CCUS) zusammen betrachtet werden.³⁰

Ziel dieser technischen Verfahren ist es, CO₂ aus der Atmosphäre oder aus industriellen Prozessen zu entfernen und zu speichern (CCS) bzw. im Falle von CCU für andere Industrieprozesse kreislauffähig wieder als Rohstoff zu verwenden; z.B. für die Produktion von Harnstoff, bestimmte Kunst- oder auch (Flug-)Kraftstoffe.³¹

Aktuellen Forschungsdiskussionen zufolge könnte die CCS-Technik ungefähr 85% des CO₂ aus der Atmosphäre fernhalten – dauerhaft. Ob die Größenordnung zu realisieren ist, ist allerdings noch zu klären.³² Die Technik selbst wird aber als dringend notwendige Ergänzung zu den bislang unzureichenden CO₂-Vermeidungsstrategien betrachtet.

Aber: Ist die Carbon Capture-Technologie tatsächlich eine vielversprechende Lösung, um die globalen Emissionen zu reduzieren und die Klimaziele zu erreichen? Ist sie satisfaktionsfähig oder vielmehr ein Vorwand, das Zeitalter fossiler Energie zu verlängern, wie Kritiker monieren?

Das Thema Dekarbonisierung wird vom FERI Cognitive Finance Institute bereits seit längerem analysiert – erstmals 2017 gemeinsam mit dem World Wildlife Fund (WWF) in der Studie „Carbon Bubble und Dekarbonisierung“.



Kritische Stimmen

„Es besteht Gefahr, dass das Potenzial von CCS erheblich überschätzt, Alternativen vernachlässigt und dadurch die generationsübergreifenden Herausforderungen im Klimaschutz unterschätzt werden.“

Umweltbundesamt; zitiert nach: TAZ (2024, Klimasünder)

„Es ist brandgefährlich für den Klimaschutz, dass die Evaluierung des CCS-Gesetzes so stark von Industrieinteressen überlagert wurde. Sie wollen ihre klimaschädigenden Abgase einfach unter der Nordsee deponieren, anstatt ihre Emissionen endlich zu reduzieren. Aber die Meere sind nicht die Müllhalde der Menschheit oder eine Deponie für Klimamüll.“³³

Olaf Bandt, Vorsitzender des Umweltverbandes BUND

„Statt die Emissionen durch technologische und strukturelle Maßnahmen zu vermeiden, setzt das geplante CCS-Gesetz auf die unsichere und teure nachträgliche CO₂-Abscheidung in allen Technologiefeldern.“³⁴

Sophia van Vügt und Karsten Smid, Greenpeace Deutschland

2 Überblick: Die Carbon Capture-Technologie

Die Carbon Capture-Technologie umfasst mehrere Schritte und es gilt, vereinfacht dargestellt, Folgendes zu unterscheiden: *Carbon Capture and Storage (CCS)*, also die CO₂-Abscheidung und dauerhafte **Speicherung**, sowie *Carbon Capture and Utilization (CCU)*, auch bekannt als CO₂-Abscheidung und **-Nutzung**.

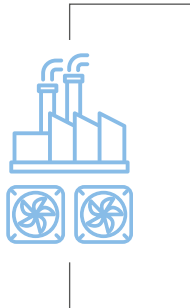
- ▶ Beide Verfahren haben gemein, dass Kohlendioxid im industriellen Prozess (bzw. aus dem Abgasstrom von Industrieanlagen) oder direkt aus der Luft extrahiert und „eingefangen“ wird.

Die Abscheidung (*Capture*) im Rahmen industrieller Prozesse erfolgt häufig durch chemische Absorption, wobei CO₂ in speziellen Lösungsmitteln gebunden wird. Das abgeschiedene CO₂ wird anschließend komprimiert und per Pipeline, Schiff, Bahn oder LKW zu unterirdischen Lagerstätten transportiert, wo es im Falle von **CCS** permanent gespeichert werden kann (*Storage*). Als Speicher kommen teilweise oder ganz ausgeförderte Öl- oder Gaslagerstätten in Frage, alternativ saline Aquifere, also poröse salzwasserführende Gesteinsschichten. „Das CO₂ verbleibt

Abb. 4: Die Carbon Capture-Technologie im Überblick

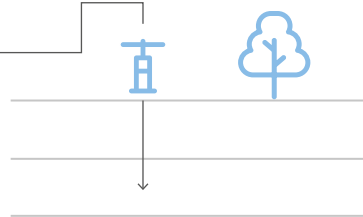
Abscheidung (Capture)

CO₂ wird bspw. aus Industrie, Kraftwerken oder direkt aus der Luft abgeschieden



Speicherung (Storage)

Dauerhafte Speicherung von CO₂ in geologischen Formationen unter der Erde



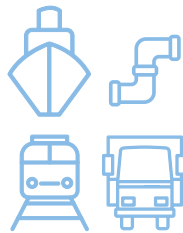
Nutzung (Utilization)

Abgeschiedenes CO₂ wird als Ressource oder Rohstoff eingesetzt, um Produkte herzustellen



Transport

Verdichtetes CO₂ wird per Pipeline, Schiff, Bahn oder LKW transportiert



Quelle: FERI Cognitive Finance Institute, 2025; basierend auf IEA (2023, CCUS)

nicht als Gas oder Flüssigkeit in dem Gestein, sondern reagiert damit, indem beispielsweise aus Sandstein und CO₂ Kalkstein wird.⁴³⁵

Die Speicherung ist sowohl terrestrisch als auch im Meeresuntergrund möglich, was allerdings auch eine Vielzahl geologischer Risiken und Fragestellungen mit sich bringt.³⁶ Internationale Verträge schließen das Speichern in der Wassersäule der Meere ausdrücklich aus.³⁷

Wird das abgeschiedene CO₂ für industrielle Zwecke genutzt (*Utilization*) und nicht gespeichert, spricht man von **CCU**. Das abgeschiedene und eingefangene Kohlendioxid kommt dann kreislauffähig als Rohstoff in der Lebensmittel- und Getränkeindustrie, in der Öl- und Gasindustrie oder zur Herstellung von Baustoffen zum Einsatz. Es ersetzt also fossile Rohstoffe und ergänzt CCS. Da die stoffliche Nutzung allerdings begrenzt ist, nimmt die CO₂-Speicherung eine Schlüsselrolle ein.³⁸

Besondere CO₂-Entnahmeverfahren

Direct Air Capture and Storage (DACS)

Wird atmosphärisches Kohlendioxid direkt aus der Umgebungsluft gefiltert, spricht man von dem CO₂-Entnahmeverfahren *Direct Air Capture and Storage (DACS)*. Dabei saugen riesige „CO₂-Sauger“ Umgebungsluft an, die dann über spezielle Filtermaterialien strömt – von diesen wird das CO₂ gebunden, um anschließend ausgewaschen, verflüssigt und am Ende in unterirdischen Lagerstätten gespeichert zu werden.³⁹

Weltweit sind bereits mehrere kommerzielle DACS-Anlagen in Betrieb, u.a. die Werke *Orca* und *Mammoth* von *Climeworks* auf Island, *Heirloom's* DAC-Anlage in Kalifornien sowie *Heimdals* DAC-Anlage *Bantam* in Oklahoma.⁴⁰ Weitere 16 Anlagen befinden sich in unterschiedlichen Entwicklungsphasen, zwei davon sind im Oman und in den Vereinigten Staaten im Bau.⁴¹

Noch befindet sich der DACS-Ansatz in der Entwicklung, allerdings mit vielversprechenden Ergebnissen. Ein grundsätzliches Problem dabei ist aber der **erforderliche Energieeinsatz** zum Betreiben der Anlagen, der – je nach Standort – den klimarelevanten Entnahmeeffekt deutlich reduzieren oder konterkarieren kann.⁴²

Climeworks, Schweiz

Vorreiter für das Direct Air Capture-Verfahren ist das Schweizer Unternehmen *Climeworks*, das weltweit mittlerweile mehrere Anlagen betreibt, die CO₂ direkt aus der Luft filtern. Das Projekt *Orca* auf Island war die erste kommerzielle DAC-Lösung und kann jährlich bis zu 4.000 t CO₂ (also 0,000004 Gt – das entspricht dem durchschnittlichen jährlichen Kohlenstoffausstoß von 600 Europäern) aus der Luft filtern und dann in Kooperation mit der Firma *Carbfix* 800 bis 2.000 m tief in den Untergrund verpressen.⁴³

„Zunächst wird Luft mit großen Ventilatoren durch die Anlage hindurch geblasen. Dabei bleibt das CO₂ an einem speziellen Filter in der Mitte des Containers hängen. Ist dieses Filtermaterial gesättigt, beginnt der zweite Teil des Prozesses: Der Kasten wird geschlossen und erhitzt. Bei 100 Grad Celsius löst sich das Gas wieder vom Filtermaterial und kann in hochkonzentrierter Form abgesaugt werden.“⁴⁴

Die dafür benötigte Energie stammt aus einem **geothermischen Kraftwerk**, wodurch der Prozess klimaneutral ist. Durch den Einsatz niederwertiger Wärme kann mehr Kohlendioxid aus der Atmosphäre gefiltert werden, als das geothermische Kraftwerk und die DAC-Anlage gemeinsam produzieren.⁴⁵ Eine optimale Ausgangssituation, die allerdings nicht überall zu finden ist.

Im Frühjahr 2024 nahm *Climeworks* eine zweite DAC-Anlage auf Island in Betrieb: *Mammoth* ist eine modulare DAC-Anlage und ungefähr zehnmal größer als *Orca*. Bis zu 36.000 t (0,000036 Gt) CO₂ können dort pro Jahr aus der Luft gefiltert und in den Untergrund verpresst werden. Die Energie wird dort ebenfalls klimaneutral durch Geothermie geliefert.⁴⁶

Bis 2030 will das Unternehmen sogenannte „Megatonnen-Hubs“ errichten, die eine weitaus größere Entnahmekapazität bieten sollen. In den USA ist *Climeworks* bereits an drei solchen Hubs beteiligt (u.a. am *Project Cypruss* in Louisiana) – „all of which were selected by the US Department of Energy for public funding for a total of more than 600 million USD.“^{47*}

* Ob und inwieweit staatliche Förderprogramme durch die *Trump*-Regierung gekürzt werden, ist zum Redaktionsschluss noch nicht bekannt.

Interessante Einblicke in die Direct Air Capture-Technologie von *Climeworks* gibt dieses Video:



Bioenergie mit CO₂-Abscheidung und -Speicherung (BECCS)

Auch bei der Gewinnung von Bioenergie bzw. Bioenergieprodukten entsteht aus der verwendeten Biomasse – Holz, Pflanzen oder organische Abfälle – Kohlendioxid. Wird es abgetrennt und in Form von festen Kohlenstoffprodukten oder im Untergrund gespeichert, spricht man von *Bioenergie mit CO₂-Abscheidung und -Speicherung (BECCS)*. Hierbei handelt es sich um das einzige CO₂-Entnahmeverfahren, das auch Energie liefern kann. „... in Forschung und auch in Politik (wird BECCS) viel diskutiert ... in der praktischen Anwendung (ist es allerdings bislang) wenig erprobt.“⁴⁸ So befinden sich die meisten Anlagen noch in der Demonstrations- oder Pilotphase.⁴⁹ Derzeit werden etwa 0,002 Gt biogenes CO₂ pro Jahr abgeschieden, hauptsächlich in Bioethanolanwendungen. Bis 2030 könnte die Abscheidung aus biogenen Quellen laut *IEA* (2025) weltweit etwa 0,06 Gt CO₂ pro Jahr erreichen.⁵⁰

Drax Power Station, Großbritannien

Drax Power Station in Großbritannien ist eines der bekanntesten und auch führenden BECCS-Projekte. Seit 2013 hat das Unternehmen den Großteil seines Kohlekraftwerks auf Biomasse umgestellt und arbeitet an der Integration von CO₂-Abscheidung und -Speicherung. Seit Inbetriebnahme konnten die CO₂-Emissionen um mehr als 90% reduziert werden.⁵¹ Ziel ist es, bis 2030 bis zu 0,008 Gt Kohlendioxid pro Jahr abzuscheiden und die Power Station als eines der weltweit ersten klimaneutralen Kraftwerke zu etablieren.⁵² Gemeinsam mit Partnern wie *Cluster Development* und *Carbon Clean* werden neue CO₂-Abscheidetechnologien entwickelt. Im Mai 2023 wurden zwei neue Anlagen in den USA mit einer kumulativen Abscheidungskapazität von 0,006 Gt CO₂ pro Jahr bis 2030 angekündigt; weitere Projekte werden derzeit geprüft.⁵³

3 Akzeptanz: Die Carbon Capture-Technologie weltweit

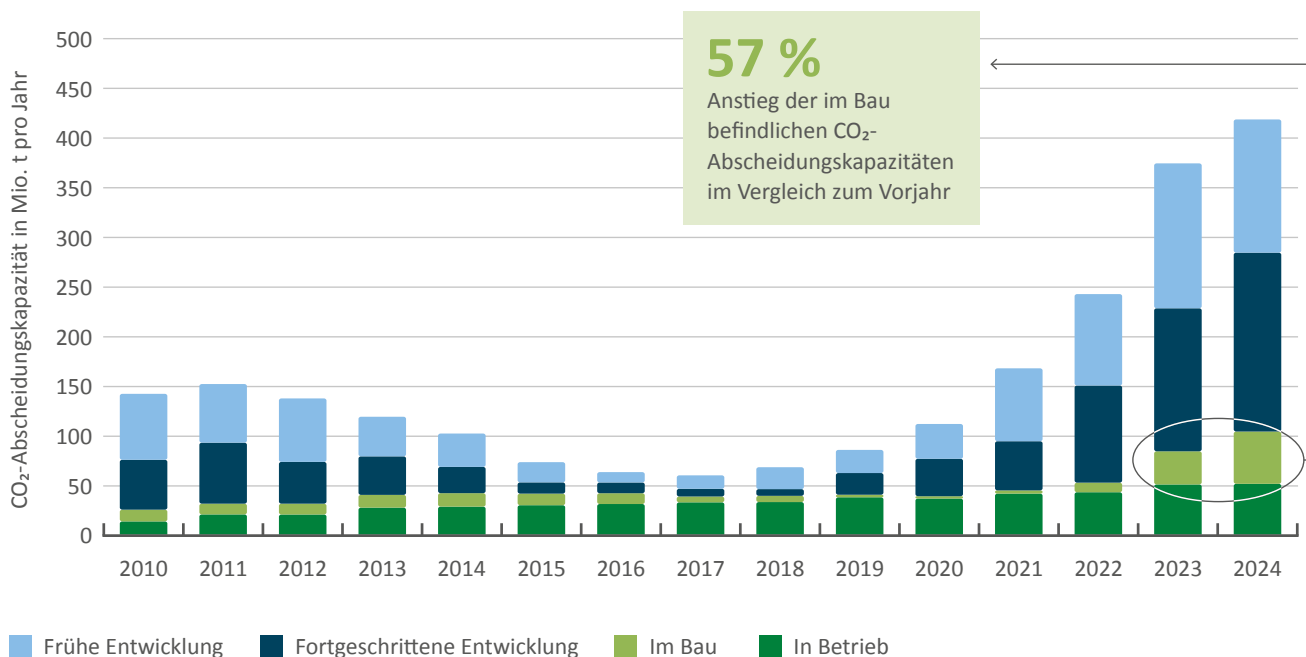
Obwohl die ersten großtechnischen Carbon Capture Anlagen schon in den 1970er und 1980er Jahren in Betrieb genommen wurden,⁵⁴ verläuft der Ausbau bislang eher langsam. Als Grund dafür nennt die *International Energy Agency (IEA)* (2023) insbesondere fehlende politische Maßnahmen und Geschäftsmodelle.⁵⁵ Weltweit gibt es inzwischen 50 kommerzielle CCS-Anlagen, 44 weitere werden aktuell gebaut und mehr als 500 befinden sich in der Entwicklung.⁵⁶ Die Abscheidkapazitäten sind seit 2017 deutlich gestiegen. Für das Jahr 2024 veröffentlichte das *Global CCS Institute* (2024) einen Anstieg von 57% im Vergleich zum Vorjahr für alle im Bau befindlichen CO₂-Abscheidungskapazitäten (vgl. Abb. 5).⁵⁷

Bis dato haben 45 Länder Carbon Capture-Projekte in Betrieb, in der Realisierung oder Entwicklung.⁵⁸ Zahlenmäßig sind die Vereinigten Staaten weltweit führend, mit deutlichem Abstand vor dem Vereinigten Königreich, Kanada, Norwegen und China (vgl. Abb. 6).⁵⁹

Begünstigt wird die Umsetzung zumeist durch staatliche Förderprogramme, Vorschriften und steuerliche Anreize auf nationaler Ebene – so auch in den USA, wo die Regierung bislang beispielsweise durch das *Bipartisan Infrastructure Law* neue Investitionen in CCS finanzierte und im Rahmen des *US Inflation Reduction Act* steuerliche Anreize setzte.⁶⁰ Etwa 10 Mrd. USD wurden darüber bereits bewilligt oder befinden sich in Verhandlungen, um die Dekarbonisierung zu unterstützen.⁶¹

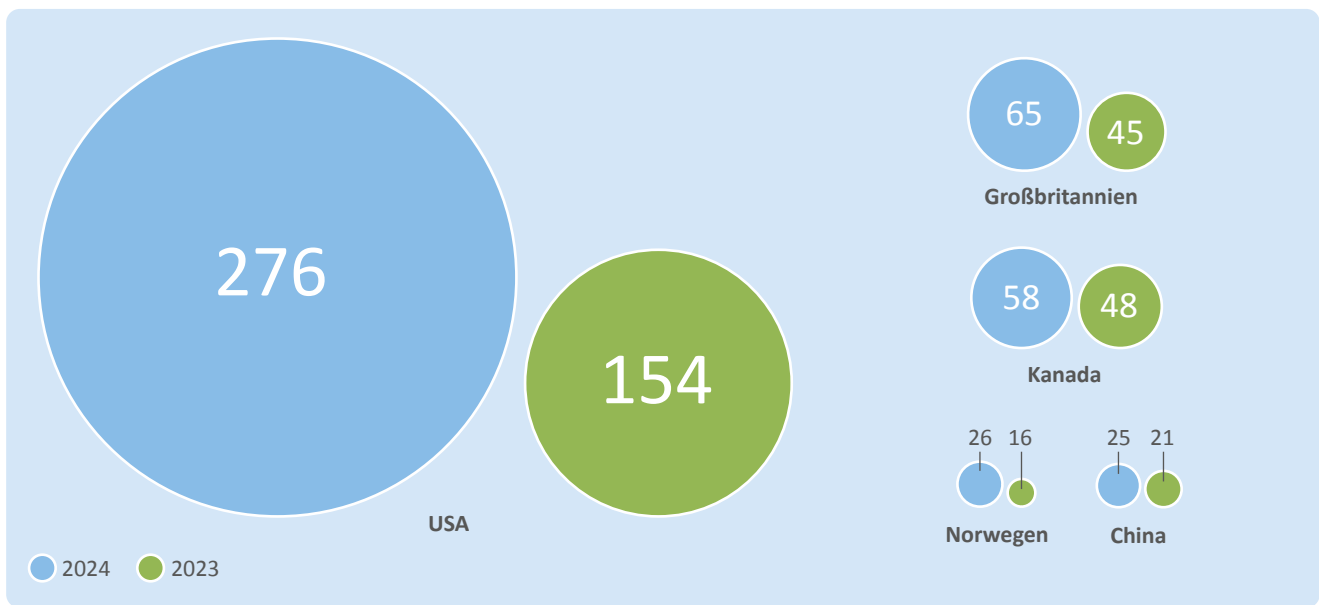
Dass sich die Rahmenbedingungen in der erneuten *Trump*-Präsidentschaft ändern, ist mehr als wahrscheinlich. Mit einer Abkehr von der CCS-Technologie ist allerdings nicht unbedingt zu rechnen. So könnte *Trump* weiterhin in CCS-Technologien investieren, wenn diese als wirtschaftlich vorteilhaft angesehen werden – insbesondere in der Öl- und Gasindustrie. Dort wird die Technologie zur Maximierung der Ölproduktion durch sogenannte *Enhanced Oil Recovery (EOR)*-Techniken eingesetzt. Gleichzeitig ist die

Abb. 5: CO₂-Abscheidungskapazität kommerzieller CCS-Anlagen seit 2010



Quelle: Global CCS Institute (2024, Global Status)

Abb. 6: Weltweit führende Länder in puncto Carbon Capture Projekte



Quelle: Global CCS Institute (2024, Global Status)

CCS-Technologie eine willkommene Möglichkeit, Emissionen zu reduzieren, ohne die Industrieproduktion signifikant zu beeinträchtigen. Die USA könnten somit auch unter *Donald Trump* ein bedeutender Markt für CCS bleiben und damit insbesondere in der Öl- und Gasindustrie Dekarbonisierungsfortschritte machen.

Auch in China spielt die CCS-Technologie inzwischen eine zunehmend wichtige Rolle im Rahmen der nationalen Klimaziele und der Dekarbonisierungsstrategie. So hat sich die Volksrepublik als weltweit größter CO₂-Emittent im Rahmen des Pariser Klimaabkommens verpflichtet, bis 2060 klimaneutral zu werden. CCS gilt in diesem Kontext als Schlüsseltechnologie. China geht es aber auch bei dieser Technologie um „Industrieführerschaft“, so die Einschätzung von *Ansari et al.* (2024):

- „China und die Golfstaaten etwa nutzen CCS, um ihren Bevölkerungen mittels Innovation und Errichtung von Infrastruktur ihren globalen Einfluss und ihre Stärke zu demonstrieren (*technopolitics*). Gleichzeitig möchte China andere Länder technologisch von sich abhängig machen. ... Nicht zuletzt handelt es sich bei CCS auch um eine mögliche Schlüsseltechnologie für dieses Jahrhundert, Technologieführerschaft könnte sich daher ökonomisch wie geostrategisch auszahlen.“⁶²

EOR (Enhanced Oil Recovery) bezeichnet Verfahren, die eingesetzt werden, um die Ölproduktion aus bestehenden Ölfeldern zu steigern, wenn die primäre und sekundäre Förderung weniger effizient wird. Eine Methode ist die CO₂-Injektion, bei der das Gas in das Ölfeld gepumpt wird, um den Druck zu erhöhen und das Öl leichter zu fördern. Zusätzlich kann das CO₂ im Kontext von CCS im Untergrund gespeichert werden.

CO₂-Speicherkapazitäten und für die Technologie optimale geologische Bedingungen finden sich vor allem in Asien, weshalb die CCS-Technologie insbesondere für China „zu einer neuen Machtwährung“ werden könnte.⁶³ Dort gibt es bereits eine Vielfalt an Projekten, u.a. die weltweit größte Abscheidungsanlage für ein im Bau befindliches Kohlekraftwerk in Zhengning, Gansu, das 0,0015 Gt CO₂ pro Jahr

abscheiden kann.⁶⁴ Im Zementsektor hat China einen weiteren Marktführer vorzuweisen: Im Januar 2024 nahm *China United Cement Company* in Qingzhou, Shandong, das weltweit größte Projekt zur Kohlenstoffabscheidung durch Oxyfuel-Verbrennung in Betrieb.⁶⁵

Oxyfuel-Verbrennung ist ein Verfahren, bei dem Brennstoffe (z.B. Kohle, Erdgas oder Öl) in reinem Sauerstoff statt in normaler Luft verbrannt werden. Dadurch entsteht CO₂ in hoher Konzentration, was die CO₂-Abscheidung und -Speicherung (CCS) vereinfacht und effizienter macht.

Bekannte Carbon Capture and Storage-Projekte

Sleipner-Projekt, Norwegen

Das *Sleipner-Projekt* ist das weltweit erste kommerzielle Projekt für CO₂-Abscheidung und -Speicherung. Seit 1996 scheiden der norwegische Ölkonzern *Statoil* (jetzt *Equinor*) und Partner Kohlendioxid, das bei der Erdgasförderung im Sleipner-Feld anfällt, ab und speichern es rund 250 km vor der Küste Norwegens in mehr als 800 m Tiefe unter der Nordsee. In flüssiger Form wird das abgeschiedene CO₂ in den hochporösen Sandstein injiziert und unter Schiefergestein eingeschlossen. Aufgrund der Tiefe, des Drucks und der Temperatur bleibt es flüssig. Ein Aufsteigen wird durch den Schieferstein verhindert. In fast drei Jahrzehnten sollen mehr als 0,019 Gt CO₂ gespeichert worden sein.⁶⁶ Insgesamt könnten 600 Gt Kohlendioxid in dem salinen Aquifer gespeichert werden.⁶⁷

Allerdings gibt es auch Meldungen, die nachdenklich machen: „Im norwegischen Vorzeigeprojekt, dem Kohlenstoffdioxid-Endlager Sleipner, in das jährlich eine Million Tonnen CO₂ gepumpt werden sollten, wurden in den letzten zwei Jahren gerade einmal 0,1 Millionen Tonnen (Anm. der Redaktion: 0,0001 Gt) in den Untergrund verpresst.“⁶⁸

Auch in puncto Sicherheit gibt es ungeplante Entwicklungen, die an der hundertprozentigen Wirksamkeit der geologischen Barrieren zweifeln lassen: „In Sleipner bewegte sich das verpresste CO₂ unerwartet in eine vorher nicht identifizierte Gesteinsschicht, die glücklicherweise von Deckgestein überzogen war.“⁶⁹

Boundary Dam, Kanada

Das *Boundary Dam-Projekt* im kanadischen Saskatchewan nahe Winnipeg ist das erste kommerzielle Kohlekraftwerk, das mit einer CO₂-Abscheidungstechnologie ausgestattet wurde. Seit 2014 wird hier Kohlendioxid aus den Abgasen mittels einer aminhaltigen Waschflüssigkeit abgeschieden und in unterirdische Lagerstätten injiziert.⁷⁰ Ziel ist es, jährlich bis zu 0,001 Gt CO₂ zu extrahieren. Allerdings ist der wirtschaftliche Aspekt des Projekts nicht zu vernachlässigen: Indem das abgeschiedene CO₂ auch für die *Enhanced Oil Recovery (EOR)* verwendet wird, lässt sich die Förderung von Erdöl in benachbarten Feldern verbessern und die Ausbeute erhöhen. Durch *EOR* könnte aus bestimmten Lagerstätten 15% mehr Öl gewonnen werden.⁷¹

Gorgon-Projekt, Australien

Das *Gorgon-Projekt* von *Chevron Australia* ist eines der größten LNG-Projekte (*Liquefied Natural Gas*) der Welt und umfasst eine umfangreiche CO₂-Abscheidungs- und Speicherungsanlage. Die Anlage ist seit 2019 in Betrieb und speichert das bei der Gasförderung anfallende CO₂ in geologischen Formationen 2 km unter Barrow Island vor der Westküste Australiens.⁷² Sie gilt als die weltweit größte und soll laut Unternehmensangaben zwischen 2019 und 2024 mehr als 0,01 Gt CO₂ gespeichert haben.⁷³ Allerdings konnte das Projekt laut *Institute for Energy Economics and Financial Analysis (IEEFA)* (2024) sein Ziel bislang nicht erreichen: „Since the start of its operation, the project has not achieved its target to capture 80% of the CO₂ it removes in any single year. Instead, over the last five years, it underperformed by 45% against that target, and over the last three years by 60%.“⁷⁴ Schwierigkeiten mit dem Speicherdruck werden als Grund genannt.⁷⁵

Für etwa die Hälfte der Länder mit Netto-Null-Zusagen ist CCUS inzwischen ein unverzichtbarer Beitrag zur Erreichung des proklamierten Ziels – mit divergierenden Implikationen:

- ▶ „... some countries see CCUS as a key pillar of economy-wide decarbonisation, including CCUS as an option to decarbonise the power and industrial sectors. Others see CCUS as having a very limited role, such as focusing only on cement decarbonisation, or technology-based carbon removals, or restricting CCUS activities to R&D efforts.“⁷⁶

Während die Technologie in einigen Ländern, wie den USA, Kanada und Norwegen, aktiv vom Staat gefördert und unterstützt wird,⁷⁷ herrscht in anderen Regionen – so auch in Deutschland – eher Skepsis. Kritiker sind besorgt, dass Carbon Capture als „Scheinlösung“ missbraucht wird und Energieunternehmen die Debatte nutzen, um den Ausstieg aus fossilen Energien zu verzögern. Bedenken gibt es auch, ob Kohlendioxid langfristig gefahrlos im Meeresuntergrund oder anderen geologischen Formationen gespeichert werden kann. Sorgen dieser Art sind nicht unberechtigt, wie das nachfolgende Kapitel verdeutlicht.

4 Einordnung: Herausforderungen und Risiken von CCS

Gegenwärtig ist die Carbon Capture-Technologie ein willkommener Hoffnungsträger, nicht nur in Sektoren mit hohen CO₂-Emissionen wie etwa der Zement-, Stahl- und chemischen Industrie. Es scheint, als gäbe es endlich einen vielversprechenden Lösungsansatz für unvermeidbare Emissionen und die dringend notwendige Transformation der fossilen Wirtschaft. Trotz aller Dringlichkeit gibt es allerdings Herausforderungen und Risiken, die im Gesamtkontext nicht zu vernachlässigen und durchaus kritisch zu bewerten sind.

Fakt 1: Die Carbon Capture-Technologie ist teuer, kapital- und energieintensiv.

Um eine Tonne CO₂ direkt an der Quelle abzuscheiden, fallen derzeit Kosten in Höhe von 40 bis 300 EUR an.⁷⁸ Im Falle der *Direct Air Capture*-Technologie sind es aufgrund der sehr niedrigen CO₂-Konzentration in der Atmosphäre (etwa 0,04%) sogar rund **600 USD pro Tonne CO₂**.⁷⁹ Zudem bräuchte man laut *Christoph Gebald*, Geschäftsführer von *Climeworks*, 250.000 DAC-Anlagen, um ein Prozent (!) der globalen CO₂-Emissionen aus der Atmosphäre zu extrahieren, wobei die dafür erforderliche Energie „komplett klimaneutral erzeugt werden muss, damit die Methode überhaupt sinnvoll ist“.⁸⁰

Um den weltweiten Klimawandel aufzuhalten bzw. umzukehren, bedarf es also im Prinzip einer **gewaltigen Anzahl großtechnischer Anlagen**, die – wie obige Ausführungen bereits erahnen lassen – gigantische Investitionssummen erfordern.⁸¹ Limitierender Faktor einer großtechnischen Realisierung ist aber auch das **Thema Energie**, denn der erforderliche Energieaufwand ist enorm:



Der Einsatz der CCS-Technik erhöht den Verbrauch der begrenzt verfügbaren fossilen Rohstoffe um 40 Prozent.

UBA (2024, Carbon Capture and Storage)



Mit Blick auf CCS gilt deshalb laut *Erlach et al.* (2024) die Verfügbarkeit von grünem Strom „mittelfristig als ein Flaschenhals für den Markthochlauf“.⁸² Die Gefahr ist zudem sehr groß, dass erzielbare CO₂-Reduktionseffekte durch den Einsatz fossiler Energie wieder zunichtegemacht werden.

Fakt 2: Es bedarf einer leistungsfähigen Infrastruktur für den Transport von CO₂.

Zumindest in Deutschland liegt diese Voraussetzung aktuell nicht vor – eine Situation, die aus Sicht der Befürworter langfristig die Wettbewerbsfähigkeit schwächt: „Um als Zementindustrie, um als Industrie, in Deutschland langfristig wettbewerbsfähig sein zu können, brauchen wir eine CO₂-Transportinfrastruktur, sprich: ein CO₂-Leitungsnetz. Das Kohlendioxid-Speicherungsgesetz bietet die Grundlage dafür.“⁸³ Grundsätzlich ist auch der Transport von Kohlendioxid per LKW, Bahn und Schiff möglich. Wie CO₂-Pipelines rasch und effizient aufgebaut und v.a. finanziert werden können, wird hierzulande noch diskutiert.⁸⁴ Notwendig wäre ein 5.000 bis 6.000 km langes Pipelinenetz quer durch Deutschland.⁸⁵ „... staatliches Engagement könnte wirtschaftliche Risiken für privatwirtschaftliche Akteure abfedern und unter Umständen notwendige Bedingung für den Hochlauf eines CO₂-Netzes sein. Unklar ist auch, welche Unternehmen Anschluss an eine künftige CO₂-Pipeline erhalten werden. Hier könnte die öffentliche Hand eine koordinierende Rolle einnehmen“, empfehlen Erlach et al. (2024).⁸⁶

Fakt 3: Durch Leckagen und oberirdische Anlagen besteht die Gefahr unerwünschter Folgen für marine und terrestrische Ökosysteme.

Durch Unfälle oder eine allmähliche Freisetzung aus dem Speicherkomplex kann das oberflächennahe Grundwasser versalzen und Meerwasser versauern, wenn sich CO₂ im Wasser löst. Es besteht auch die Gefahr, dass toxische Stoffe durch Leckagen mobilisiert werden und sich pH-Wert und die Kohlendioxid- sowie Sauerstoffkonzentrationen verändern.⁸⁷ Risiken für die menschliche Gesundheit sind dabei nicht auszuschließen. Oberirdische Anlagen, die für den Transport und die Speicherung notwendig sind, können sich negativ auf Flora, Fauna, Landschaft und Biodiversität auswirken.⁸⁸

Fakt 4: Es besteht die Gefahr von Erdbeben, wenn CO₂ in bereits zu dichte Gesteinsschichten gepresst wird.⁸⁹ Durch die CO₂-Injektion in den Untergrund können Mikrobeben ausgelöst werden, wobei das Risiko „vor allem in solchen Gegenden (besteht), in denen bereits auf natürliche Weise Erdbeben auftreten.“⁹⁰

Fakt 5: Um Umwelt- und Sicherheitsrisiken wie Leckagen und Erdbeben zu vermeiden, ist eine **zuverlässige und dauerhafte Überwachung der Speicher zwingend notwendig**. Allerdings besteht nach Einschätzung des *Umweltbundesamtes* (2024) gegenwärtig noch erheblicher Forschungsbedarf, „da Techniken für ein umfassendes Monitoring bislang nicht zur Verfügung stehen“.⁹¹

Fakt 6: Risikoträchtig ist auch die Haftungsfrage, wie die bisherige Rechtslage in der EU verdeutlicht. Dort haftet nämlich zunächst der Betreiber und nach 40 Jahren geht die Haftung vom Betreiber des Speichers auf den Staat über.⁹² Langzeitstudien zur Sicherheit der CO₂-Speicher gibt es bislang allerdings nicht. Das führt zur Frage: Haben die ursprünglichen Betreiber ausreichend Rückstellungen für potentielle Risiken gebildet und was passiert nach der Übergabe?

Fakt 7: Die dauerhafte unterirdische Speicherung von Kohlendioxid schränkt andere Nutzungen ein.

„Nutzungskonflikte können sich insbesondere zur Geothermie, zur Speicherung von Erdgas oder regenerativ erzeugtem Methan und zu offshore-Windenergie ergeben“.⁹³ Unterirdische Raumordnungen mit eindeutigen rechtlichen Grundlagen sind unerlässlich, um Konflikte dieser Art zu vermeiden.

Fakt 8: Die öffentliche Akzeptanz ist ein weiterer kritischer Faktor.

Viele Menschen haben Bedenken hinsichtlich der Umweltauswirkungen und der Sicherheit solcher Projekte – zumindest hierzulande.

Daraus folgt unmittelbar: Angesichts der skizzierten Herausforderungen und Risiken für nahezu alle Carbon Capture-Technologien sollte die Vermeidung von Treibhausgasemissionen nach wie vor das oberste Leitprinzip für eine nachhaltige Klimaschutzpolitik sein – ganz im Sinne des Vorsorgeprinzips!

5 Ausblick und Fazit: Der Carbon Capture-Markt

In den letzten Jahren hat der Carbon Capture-Markt zunehmend an Bedeutung gewonnen, insbesondere deshalb, weil die globale Gemeinschaft verstärkt nach Lösungen sucht, um die Klimaziele zu erreichen und die CO₂-Emissionen zu reduzieren. Da die Ziele zur Minderung von Treibhausgasemissionen allerdings seit Jahren massiv verfehlt werden, drängt die Zeit – und die Aussicht, CO₂ nachträglich „einzufangen“ und über diverse Ansätze „unschädlich“ zu machen bzw. kreislaufmäßig zu nutzen, klingt vielversprechender denn je.

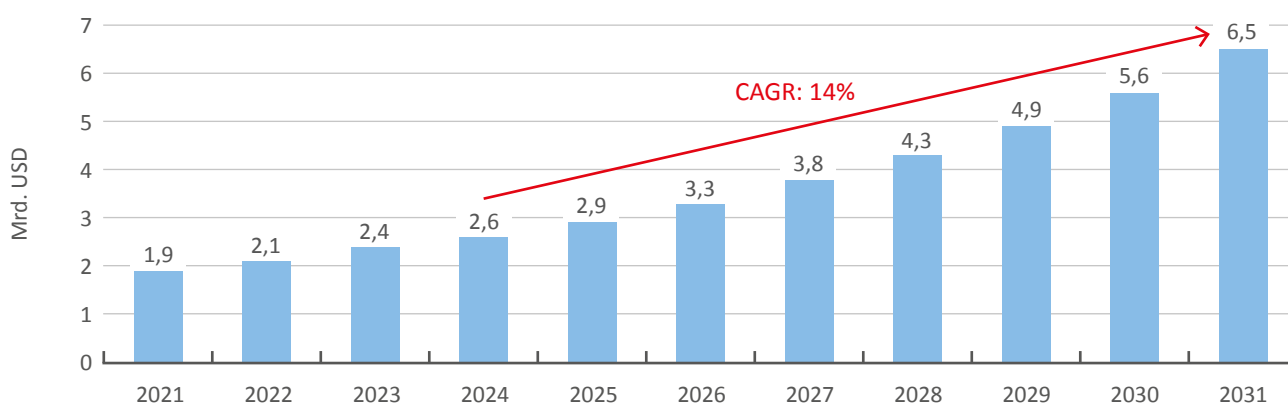
Aber: Noch sind die entsprechenden Technologien extrem kapital- und energieintensiv und auch die abgeschiedenen und gespeicherten CO₂-Mengen erinnern eher an einen Tropfen auf dem heißen Stein.

Die nächsten Jahre werden entscheidend sein, um CCS- bzw. CCU-Technologien weiter zu skalieren und kosteneffizienter zu gestalten. Schätzungen zufolge werden die Kosten bis 2035 um 30% bis 60% sinken und bis 2050 weiter zurückgehen, wenn auch langsamer, wenn die Industrie skaliert.⁹⁴ Dafür sind allerdings weitere Investitionen in Forschung und Entwicklung sowie in Pilotprojekte und großtechnische Anlagen unerlässlich, denn: Die kontinuierliche Weiterentwicklung insbesondere der Technologien (auch in puncto

Speichersicherheit) ist ein wichtiger Schlüsselfaktor für die Wirtschaftlichkeit und Wettbewerbsfähigkeit entsprechender Projekte – aber auch für die zukünftigen Entwicklungsmöglichkeiten eines echten „Carbon Capture-Marktes“.

- Gelingt es, die Technologie in den nächsten Jahren in großem Maßstab einzuführen, ist mit einem deutlichen Marktwachstum zu rechnen: *McKinsey* (2023) prognostiziert für 2050 Marktgrößen von 300 Mrd. USD bis 1,2 Bio. USD. Allerdings bezieht sich diese Prognose auf die Gesamtheit natürlicher und technologischer CO₂-Entnahmemöglichkeiten.⁹⁵
- *Statista* (2024) hat einen deutlichen engeren Fokus: Für den **weltweiten CCS-Markt** erwartet das Statistikportal jährliche Wachstumsraten von rund 14% von 2024 bis 2031 (2024: 2,6 Mrd. USD; 2031: 6,5 Mrd. USD) (vgl. Abb. 7).⁹⁶
- Einen regionalen Ausblick gibt *PWC* (2024): 2045 soll der **deutsche CCUS-Markt** – also der Markt für CO₂-Speicherung und -Nutzung zusammengenommen – einen Wert von 8,3 Mrd. USD haben, sollte die Bundesregierung den Weg für den Einsatz der CCS- und die CCU-Technologie gesetzlich ebnen.⁹⁷

Abb. 7: Wert des weltweiten CCS-Marktes mit einer Prognose für 2024 bis 2031



Quelle: FERI Cognitive Finance Institute, 2025; Daten: Statista

Begleitet und angetrieben wird das Wachstum des CCUS-Marktes durch hohe Investitionen, denn:

„Investment would be needed to support innovation to drive down costs and to support project development.“⁹⁸

McKinsey (2024) erwartet bis 2035 weltweit einen Spitzenwert von 175 Mrd. USD an Investitionen in CCUS und prognostiziert:



Average annual investments ...
could surpass today's gas investments
by as early as 2026⁹⁹

McKinsey (2024, CCUS)



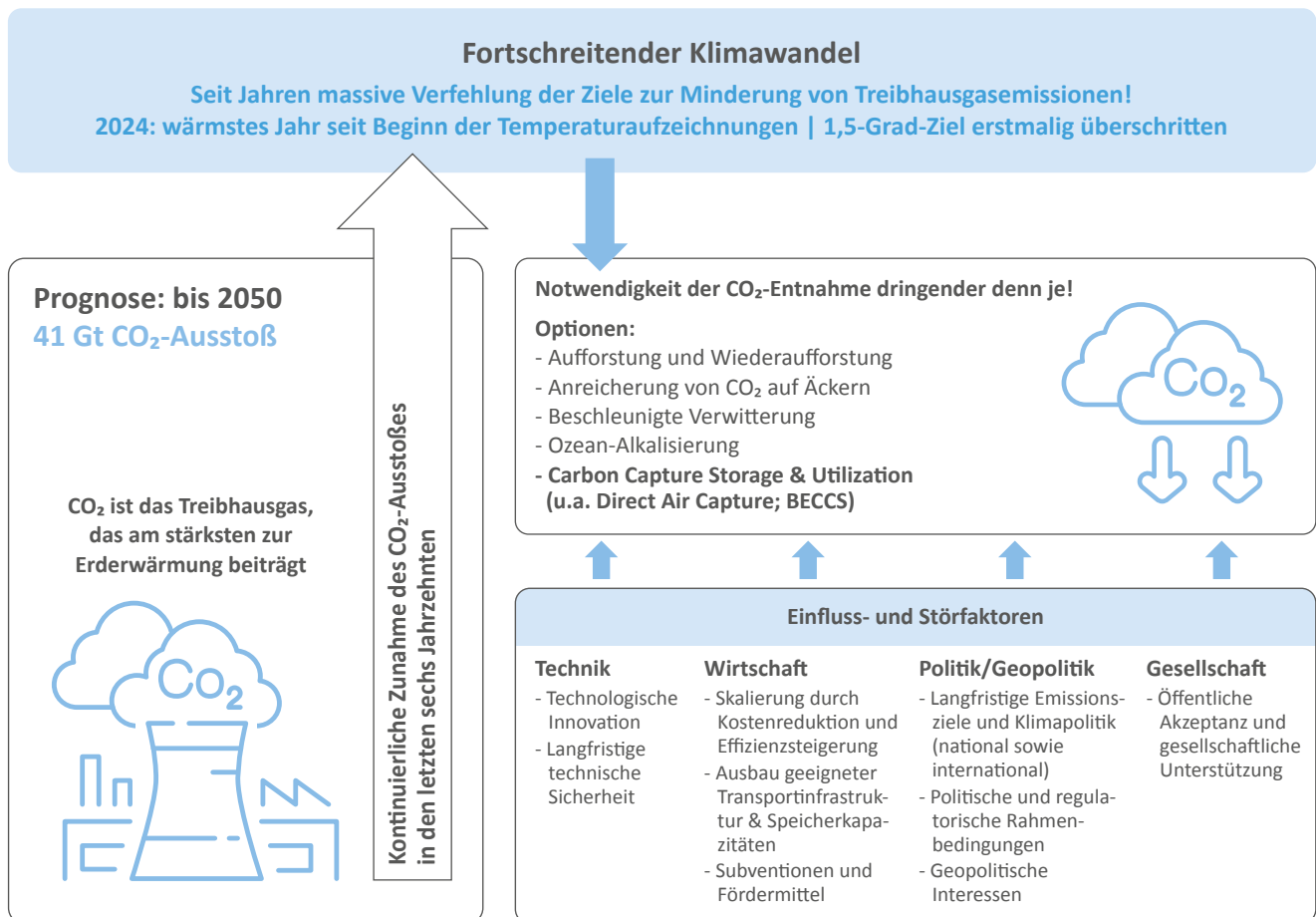
Um ein Vielfaches höher sind die benötigten Investitionen, wenn es um natürliche und technologische CO₂-Entnahmeverfahren geht:

► „Delivering CO₂ removal capacities for net zero will likely require \$6 trillion to \$16 trillion of cumulative investment by 2050, far below expected levels.“¹⁰⁰

Schon jetzt ist erkennbar, dass speziell institutionelle Investoren verstärktes Interesse an Carbon Capture-Projekten zeigen – diese können Strategien zur CO₂-Reduktion über natürliche (biologische) CO₂-Senken umfassen, aber auch technologische Ansätze etwa über CCU oder CCS.¹⁰¹ Treiber sind dabei sowohl intrinsische Motive (Beitrag zum Klimaschutz = soziale Rendite) als auch die Möglichkeit zur Erzielung attraktiver finanzieller Renditen aus geeigneten Projekten.

Es gibt aber auch **Einfluss- und Störfaktoren**, die nicht zu unterschätzen und bei einer ganzheitlichen Betrachtung nicht zu vernachlässigen sind (vgl. Abb. 8):

Abb. 8: Carbon Capture – eine Einordnung in den Gesamtkontext



Quelle: FERI Cognitive Finance Institute, 2025

So könnte die kapitalintensive **CO₂-Transportinfrastruktur** zum wirtschaftlichen Engpassfaktor werden. Noch fehlt es nämlich für den CO₂-Transport an einer integrierten und leistungsfähigen Infrastruktur, weswegen bislang eher vergleichsweise kleine oder regional begrenzte Carbon Capture-Projekte entstehen. Es ist jedoch davon auszugehen, dass industrielle Hubs, an denen sich mehrere Emittenten zusammenschließen und die Kosten für den Aufbau der Infrastruktur teilen, das weitere Marktgeschehen prägen werden.¹⁰²

Die **CO₂-Speicherung** selbst könnte zu einem weiteren Engpassfaktor werden, sowohl grundsätzlich als auch geopolitisch. Letzteres insbesondere, falls die Großmacht China die CCS-Technologie tatsächlich, wie in Kap. 3 ausgeführt, als neue „*Machtwährung*“ etabliert und weltweit nachgefragte Speicherstätten als Druckmittel im geopolitischen Kontext einsetzt.

Dass der Carbon Capture-Markt schon jetzt durch **politische Maßnahmen, regulatorische Rahmenbedingungen und nationale Klimaziele** störanfällig ist, hat der Amtsantritt von *Donald Trump* als 47. US-Präsident im Januar 2025 mehr als deutlich gemacht. Die Signalwirkung, die von dessen radikaler Kehrtwende in der Klimapolitik ausgeht, ist alarmierend. Auch in anderen Ländern könnten künftige Regierungswechsel dazu führen, dass sich die

Rahmenbedingungen ändern und bestehende Förderprogramme abgeschafft oder reduziert werden und sich dadurch das Wachstum des Carbon Capture-Marktes verlangsamt.¹⁰³ Wie abhängig die Zukunft des Carbon Capture-Marktes auch in Deutschland von politischen Entwicklungen ist, offenbart das Scheitern der Ampelkoalition 2024: Seitdem ist ungewiss, wann und ob über das *Gesetz zur Speicherung und zum Transport von Kohlendioxid (KSpTG)* entschieden wird. Ob Deutschland seine Haltung in puncto CO₂-Speicherung ändert, hat somit eine künftige Regierung zu entscheiden.

Die aufgeführten wirtschaftlichen, geopolitischen und politischen Einfluss- und Störfaktoren sind schwer kalkulierbar. Unternehmer und Investoren sollten sie dennoch im Rahmen einer gesamthaften Analyse berücksichtigen. Doch auch Parameter wie technische Fortschritte, technologische Reife und Wirtschaftlichkeit von CCS-/CCU-Technologien sowie deren grundsätzliche Sinnhaftigkeit im Kontext des globalen Klimawandels sind von enormer Bedeutung für die weitere Perspektive.

Trotz vielversprechender Aussichten lässt sich jedoch nicht ausschließen, dass insbesondere die politischen und geopolitischen Veränderungen der kommenden Jahre den Carbon Capture-Markt und dessen künftiges Wachstumspotential stark prägen oder sogar beeinträchtigen werden.

Erläuterungen:

- 1 Copernicus (2025, Report).
- 2 Rapp (2025, Big Picture).
- 3 Vgl. Global Carbon Project (2024, Budget); ZDF heute (2024, Klimawandel).
- 4 Vgl. Statista (2024, Kohlendioxid-Emissionen).
- 5 Vgl. Our World in Data (2024, CO₂-Emissions), Hinweis dazu: Diese Aussage bezieht sich auf eine Grundgesamtheit bedeutender Industrieländer; einzelne kleinere Länder wie Katar haben im Einzelfall sogar noch höhere Werte beim CO₂-Ausstoß pro Kopf, rund 43 t CO₂ in 2023 (Statista (2024, CO₂-Emissionen)).
- 6 NZZ (2025, Internationale Klimapolitik).
- 7 Manager Magazin (2025, Trump).
- 8 Vgl. Deutsche Welle (2024, COP29); analog auch: Rapp (2025, Big Picture), S. 39–40.
- 9 Vgl. dazu: Kersting (2024, Erderwärmung); analog bereits: Rapp (2021, Progression).
- 10 Vgl. Statista (2024, Kohlendioxid-Emissionen); Statista (2024, Länder).
- 11 Vgl. Bundesregierung (2024, Treibhausgasemissionen); UBA (2024, Treibhausgas-Emissionen).
- 12 Vgl. Global CCS Institute (2024, Gap Analysis); Statista (2024, Net Zero).
- 13 Vgl. Global CCS Institute (2024, Global Status).
- 14 Vgl. WEF (2024, Cement); NZZ (2023, CO₂-Abscheidung); WWF (2019, Beton- und Zementindustrie).
- 15 Löffken (2025, Zement).
- 16 Vgl. Löffken (2025, Zement); Empa (2024, Beton).
- 17 Vgl. MCC (2021, CO₂-Entnahme).
- 18 Vgl. WEF (2024, Carbon Capture and Storage).
- 19 MCC (2021, CO₂-Entnahme).
- 20 Vgl. Karliczek (2021, CO₂-Entnahme).
- 21 Vgl. MIT News (2025, Carbon Dioxide).
- 22 Vgl. MCC (2021, CO₂-Entnahme); Tagesschau (2024, CO₂-Emissionen).
- 23 Tagesschau (2024, CO₂-Emissionen).
- 24 *Ottmar Edenhofer*, zitiert nach: ntv (2025, Klimaexperte).
- 25 Vgl. dazu: UBA (2024, Carbon Capture and Storage); GFZ (2016, CO₂-Speicher); GFZ (o.A., Geologische Speicherung): Im brandenburgischen Ketzin gibt es ein deutsches Pilotprojekt zur geologischen CO₂-Speicherung in einem tiefliegenden, salinen Aquifer. Von 2008 bis 2013 speiste das *Deutsche GeoForschungsZentrum (GFZ)* mehr als 0,000067 Gt Kohlendioxid in mehreren Phasen in 630 m bis 650 m Tiefe in poröse Sandsteinschichten ein. Seitdem wird die Speicherung methodisch überwacht.
- 26 BMWK (2024, Eckpunkte).
- 27 Spiegel (2024, CO₂-Pipeline).
- 28 Vgl. BMWK (2024, CCS); Auf internationaler Ebene setzen die Meeresschutzabkommen *OSPAR* und das *Londoner Protokoll* den rechtlichen Rahmen für die CO₂-Speicherung.
- 29 Vgl. van Vügt/Smid (2025, CCS).
- 30 Vgl. zu einer detaillierten Darstellung dieser Verfahren das nachfolgende Kapitel.
- 31 Vgl. MCC (2021, CO₂-Entnahme).
- 32 Vgl. UBA (2024, Carbon Capture and Storage).
- 33 BUND (2022, Kohlendioxid-Deponien).
- 34 van Vügt/Smid (2025, CCS).
- 35 Vgl. Westram (2024, CO₂-Entnahme).
- 36 UBA (2023, Carbon Capture and Storage). Vgl. dazu kritisch: BUND (2022, Kohlendioxid-Deponien); van Vügt/Smid (2025, CCS).
- 37 Vgl. UBA (2024, Carbon Capture and Storage).
- 38 Vgl. Forschungszentrum Jülich (2017, Technologiebericht).
- 39 Vgl. Westram (2024, CO₂-Entnahme).
- 40 Vgl. Global CCS Institute (2024, Global Status).
- 41 Vgl. Global CCS Institute (2024, Global Status).
- 42 Vgl. Karliczek (2021, CO₂-Entnahme).
- 43 Vgl. PWC (2023, Carbon Capture and Storage).
- 44 Cleanthinking (2024, Climeworks).
- 45 Vgl. PWC (2023, Carbon Capture and Storage).
- 46 Vgl. Climeworks (2024, Plant).
- 47 Climeworks (2024, Plant).
- 48 Thrän et al. (2024, BECCS).
- 49 Vgl. IEA (2025, Bioenergy).
- 50 Vgl. IEA (2025, Bioenergy).
- 51 Vgl. Drax Group (2020, Annual Report).
- 52 Vgl. Drax Group (2024, BECCS).
- 53 Vgl. IEA (2025, Bioenergy).

- 54 Vgl. Global CCS Institute (2024, Global Status).
- 55 Vgl. IEA (2023, CCUS).
- 56 Vgl. Global CCS Institute (2024, Global Status).
- 57 Vgl. Global CCS Institute (2024, Global Status).
- 58 Vgl. IEA (2023, CCUS).
- 59 Vgl. Global CCS Institute (2024, Global Status).
- 60 Vgl. Global CCS Institute (2023, Global Status).
- 61 Vgl. Global CCS Institute (2024, Global Status).
- 62 Ansari et al. (2024, CCS).
- 63 Ansari et al. (2024, CCS).
- 64 Vgl. Global CCS Institute (2024, Global Status).
- 65 Vgl. Global CCS Institute (2024, Global Status).
- 66 Vgl. Vattenfall (2024, Sleipner).
- 67 Vgl. Scinexx (2016, Sleipner).
- 68 van Vügt/Smid (2025, CCS).
- 69 Seeger (2024, CCS).
- 70 Vgl. Tagesspiegel (2016, CCS-Technik).
- 71 Forschungszentrum Jülich (o.A., EOR).
- 72 Vgl. Chevron Australia (2024, Gorgon).
- 73 Vgl. Chevron Australia (2024, Gorgon); Wikipedia (2024, CO₂-Abscheidung und -Speicherung).
- 74 IEEFA (2024, Gorgon CCS).
- 75 IEEFA (2024, Gorgon CCS).
- 76 Vgl. IEA (2023, CCUS).
- 77 So hat das *US Department of Energy (DOE)* beispielsweise über 2,2 Mrd. USD aus dem *Bipartisan Infrastructure Law (BIL)* von 2021 zur Förderung von Kohlenstoffmanagement-Projekten vergeben bzw. verhandelt darüber. Vgl. dazu: Global CCS Institute (2024, Global Status).
- 78 Vgl. Krimphove (2023, CO₂-Speicherung).
- 79 Vgl. Krimphove (2023, CO₂-Speicherung); Westram (2024, CO₂-Entnahme).
- 80 *Christoph Gebald*, zitiert nach: Westram (2024, CO₂-Entnahme).
- 81 Vgl. zur Quantifizierung der entsprechenden Investitionssummen etwa: McKinsey (2023, Carbon).
- 82 Erlach et al. (2024, CO₂).
- 83 *Alexandra Decker*, Vorständin des Zementherstellers *Cemex Deutschland AG*, zitiert nach: Wirtschaftswoche (2025, CO₂-Speicherungsgesetz).
- 84 Erlach et al. (2024, CO₂); Wirtschaftswoche (2025, CO₂-Speicherungsgesetz).
- 85 Vgl. van Vügt/Smid (2025, CCS).
- 86 Erlach et al. (2024, CO₂).
- 87 Vgl. UBA (2023, Carbon Capture and Storage).
- 88 Vgl. UBA (2024, Carbon Capture and Storage).
- 89 Vgl. Krimphove (2023, CO₂-Speicherung).
- 90 BGR (2025, Verpressung).
- 91 UBA (2024, Carbon Capture and Storage).
- 92 Vgl. Krimphove (2023, CO₂-Speicherung).
- 93 UBA (2024, Carbon Capture and Storage).
- 94 Vgl. McKinsey (2023, Carbon).
- 95 Vgl. McKinsey (2023, Carbon). Als CO₂-Entnahmemöglichkeiten werden dort berücksichtigt: Wetland and peatland restoration; Cropland, grassland, and agroforestry; Reforestation and afforestation; Blue carbon management; Biochar and bio-oil; Ocean alkalinity enhancement; Enhanced weathering; Bioenergy with carbon capture and storage; Direct ocean capture; Direct air capture and storage.
- 96 Vgl. Statista (2024, CCS).
- 97 Vgl. PWC (2024, CO₂).
- 98 McKinsey (2023, Carbon).
- 99 McKinsey (2024, CCUS).
- 100 McKinsey (2023, Carbon).
- 101 Diese Haltung wird nicht zuletzt im direkten Gespräch mit bedeutenden „Asset Ownern“ deutlich, darunter große Pensionsfonds, Stiftungen und Family Offices; vgl. zum Hintergrund sowie entsprechenden Initiativen etwa das 1. Global Asset Owner Meeting, 04.-06.06.2024 in Frankfurt: [Biodiversität als Investment im Fokus: Internationales Konsortium entwickelt Aktionsplan](#) sowie [2nd Global Asset Owner Meeting on Biodiversity: September 23rd-25th](#), 2025 mit einem Aus- und Rückblick.
- 102 Vgl. Bilfinger (2023, CCS-/CCU-Technologie).
- 103 Vgl. in diesem Sinne: Rapp (2025, Big Picture), der im Rahmen eines strategischen Zukunftsausblicks sehr klar auf das Problem eines weltweit „*abnehmenden Momentums beim Klimaschutz*“ verweist.

Literaturverzeichnis

Bücher und Publikationen

- Ansari, D./Gehring, R. M./Pepe, J. M.** (2024, CCS): Die aufkommende Geopolitik von Carbon Capture & Storage (CCS) in Asien, veröffentlicht 01.08.2024, <https://www.swp-berlin.org/publikation/die-aufkommende-geopolitik-von-carbon-capture-storage-ccs-in-asien>, zuletzt abgerufen am 28.01.2025.
- BMWK** (2024, Eckpunkte): Eckpunkte der Bundesregierung für eine Carbon Management-Strategie, veröffentlicht 26.02.2024, https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/E/240226-eckpunkte-cms.pdf?__blob=publicationFile&v=12, zuletzt abgerufen am 10.12.2024.
- Erlach, B./Gierds, J./Fischedick, M./Matthies, E./Pittel, K./Sauer, D. U.** (2024, CO₂): CO₂ als Rohstoff. Baustein einer klimaneutralen Kohlenstoffwirtschaft (Impuls), Schriftenreihe „Energiesysteme der Zukunft“ (ESYS), veröffentlicht 12.2024, https://doi.org/10.48669/esys_2024-15, zuletzt abgerufen am 16.01.2025.
- Forschungszentrum Jülich** (2017, Technologiebericht): Technologiebericht 2.3 CO₂-Abscheidung und -Speicherung (CCS) innerhalb des Forschungsprojekts TF_Energiewende, veröffentlicht 15.12.2017, https://epub.wupperinst.org/frontdoor/deliver/index/docId/7051/file/7051_CCS.pdf, zuletzt abgerufen am 17.12.2024.
- GFZ** (o.A., Geologische Speicherung): Geologische Speicherung von CO₂ – Pilotstandort Ketzin, veröffentlicht o.A., https://www.co2ketzin.de/fileadmin/pdf/dialog_und_kontakt/pressematerialien/14_01_Faltblatt_CO2_dt_web-2.pdf, zuletzt abgerufen am 18.12.2024.
- Global Carbon Project** (2024, Budget): Briefing on Key Messages Global Carbon Budget 2024, veröffentlicht 13.11.2024, <https://globalcarbonbudget.org/download/1253/?tmstv=1731323766>, zuletzt abgerufen am 24.01.2025.
- Global CCS Institute** (2023, Global Status): Global Status of CCS 2023 Report, veröffentlicht 2023, https://res.cloudinary.com/dbtfcnfij/images/v1700717007/Global-Status-of-CCS-Report-Update-23-Nov/Global-Status-of-CCS-Report-Update-23-Nov.pdf?_i=AA, zuletzt abgerufen am 29.01.2025.
- Global CCS Institute** (2024, Global Status): Global Status of CCS 2024 Report, veröffentlicht 2024, <https://www.globalccsinstitute.com/wp-content/uploads/2024/11/Global-Status-Report-6-November.pdf>, zuletzt abgerufen am 17.12.2024.
- Global CCS Institute** (2024, Gap Analysis): A Gap Analysis of China's Regulatory Framework for CO₂ Geological Storage, veröffentlicht 04.2024, <https://www.globalccsinstitute.com/wp-content/uploads/2024/04/CCS-in-China-15-April.pdf>, zuletzt abgerufen am 30.01.2025.
- IEA** (2021, Net Zero): Net Zero by 2050 – A Roadmap for the Global Energy Sector, veröffentlicht 10.2021, https://iea.blob.core.windows.net/assets/deebef5d-0c34-4539-9d0c-10b13d840027/NetZeroBy2050-ARoadmapfortheGlobalEnergySector_CORR.pdf, zuletzt abgerufen am 27.01.2025.
- IEA** (2023, CCUS): CCUS Policies and Business Models: Building a Commercial Market, veröffentlicht 11.2023, <https://iea.blob.core.windows.net/assets/d0cb5c89-3bd4-4efd-8ef5-57dc327a02d6/CCUSPoliciesandBusinessModels.pdf>, zuletzt abgerufen am 16.12.2024.
- MCC** (2021, CO₂-Entnahme): MCC-Kurzossier – CO₂-Entnahme, veröffentlicht 06.2021, https://www.mcc-berlin.net/fileadmin/data/C18_MCC_Publications/MCC-Kurzossier_CO2-Entnahme_DE.pdf, zuletzt abgerufen am 13.12.2024.
- McKinsey** (2023, Carbon): Carbon Removals: How to Scale a New Gigaton Industry, veröffentlicht 04.12.2023, [https://www.mckinsey.com/capabilities/sustainability/our-insights/carbon-removals-how-to-scale-a-new-gigaton-industry#/,](https://www.mckinsey.com/capabilities/sustainability/our-insights/carbon-removals-how-to-scale-a-new-gigaton-industry#/) zuletzt abgerufen am 06.02.2025.
- McKinsey** (2024, CCUS): Global Energy Perspective 2023: CCUS Outlook, veröffentlicht 24.01.2024, <https://www.mckinsey.com/industries/oil-and-gas/our-insights/global-energy-perspective-2023-ccus-outlook>, zuletzt abgerufen am 05.02.2025.
- PWC** (2023, Carbon Capture and Storage): Carbon Capture and Storage – A Carbon Removal Investment Framework, veröffentlicht 2023, <https://www.strategyand.pwc.com/de/en/functions/sustainability-strategy/carbon-capture-and-storage.html>, zuletzt abgerufen am 27.01.2025.
- Rapp, H.-W.** (2021, Progression): „The Great Progression“ – Das Jahrzehnt massiver Beschleunigung. Ursachen und mögliche Konsequenzen, veröffentlicht bei FERI Cognitive Finance Institute am 16.03.2021, Kurzversion unter: https://www.feri-institut.de/media/1nxbwxl/fcfi_greatprogression-202103-kurzversion.pdf, zuletzt abgerufen am 11.02.2025.
- Rapp, H.-W.** (2025, Big Picture): Big Picture: 2025, veröffentlicht bei FERI Cognitive Finance Institute am 20.01.2025, https://www.feri-institut.de/media/eozk33zf/fcfi_202501_big-picture.pdf, zuletzt abgerufen am 24.01.2025.
- Seeger, I.** (2024, CCS): Schauplatz einer Klimälüge – CCS in der Nordsee, veröffentlicht in: Forum Umwelt & Entwicklung (2024, CCS): Lieber im Boden als in der Luft? CCS als Marketing-Coup der fossilen Industrie, veröffentlicht 15.10.2024, <https://www.forumue.de/wp-content/uploads/2024/11/Ganzer-Rundbrief-2.pdf>, zuletzt abgerufen am 21.01.2025.
- Thrän, D./Borchers, M./Jordan, M./Lenz, V./Markus, T./Matzner, N./Oehmichen, K./Otto, D./Radtke, K. S./Reshef, N./Sadr, M./Siedschlag, D./Wollnik, R.** (2024, BECCS): BECCS – ein nachhaltiger Beitrag zur dauerhaften CO₂-Entnahme in Deutschland? Diskussionspapier, veröffentlicht 11.2024, <https://doi.org/10.57699/edk7-mc18>, zuletzt abgerufen am 22.01.2025.
- UBA** (2023, Carbon Capture and Storage): Carbon Capture and Storage – Diskussionsbeitrag zur Integration in die nationalen Klimaschutzstrategien, veröffentlicht 09.2023, https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/230919_uba_pos_ccs_bf.pdf, zuletzt abgerufen am 13.12.2024.
- UBA** (2024, Treibhausgas-Emissionen): Treibhausgas-Emissionen in Deutschland, veröffentlicht 06.05.2024, <https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/treibhausgas-emissionen-in-deutschland#emissionsentwicklung>, zuletzt abgerufen am 04.02.2025.
- WWF** (2019, Beton- und Zementindustrie): Klimaschutz in der Beton- und Zementindustrie – Hintergrund und Handlungsoptionen, veröffentlicht 02.2019, https://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/WWF_Klimaschutz_in_der_Beton_und_Zementindustrie_WEB.pdf, zuletzt abgerufen am 09.12.2024.

Zeitungen und Internetquellen

- BGR – Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe** (2025, Verpressung): Kann die Verpressung von CO₂ Erdbeben auslösen?, veröffentlicht 2025, https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Nutzung_tieferer_Untergrund_CO2Speicherung/CO2Speicherung/FAQ/faq_inhalt.html?nn=1564092#doc18209598bodyText9, zuletzt abgerufen am 05.02.2025.
- Bilfinger** (2023, CCS-/CCU-Technologie): CCS-/CCU-Technologie: Ein Markt vor dem Durchbruch, veröffentlicht 24.01.2023, <https://www.bilfinger.com/de/news/kundenmagazin/details/ein-markt-vor-dem-durchbruch/>, zuletzt abgerufen am 29.01.2025.
- BMWK** (2024, CCS): Pressemitteilung – Kabinett macht Weg frei für CCS in Deutschland. Habeck: „Entscheidung für CCS ist Richtungsentscheidung für die Industrie in Deutschland.“, veröffentlicht 29.05.2024, <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2024/05/20240529-entscheidung-ccs-industrie-deutschland.html>, zuletzt abgerufen am 13.12.2024.

BUND (2022, Kohlendioxid-Deponien): BUND gegen Kohlendioxid-Deponien im Meer oder an Land – Ampel darf auch klimaschädlichen Plänen der Industrie für landesweite CO₂-Pipelines und Exportinfrastruktur nicht nachgeben, veröffentlicht 21.12.2022, <https://www.bund.net/service/presse/pressemitteilungen/detail/news/bund-gegen-kohlendioxid-deponien-im-meer-oder-an-land-ampel-darf-auch-klimaschaedlichen-plaenen-der-industrie-fuer-landesweite-co2-pipelines-und-exportinfrastruktur-nicht-nachgeben/>, zuletzt abgerufen am 19.12.2024.

Chatoux, L./Escheu, S. (2024, Carbon Removal): How the EU Can Scale Up Carbon Removal, veröffentlicht 18.12.2024, <https://www.project-syndicate.org/commentary/eu-can-scale-up-carbon-removal-through-regulation-by-ludovic-chatoux-and-sophia-escheu-2024-12>, zuletzt abgerufen am 19.12.2024.

Chevron Australia (2024, Gorgon): Fact Sheet – Gorgon Carbon Capture and Storage, veröffentlicht 2024, <https://australia.chevron.com/-/media/australia/publications/documents/gorgon-CCS--fact-sheet.pdf?1>, zuletzt abgerufen am 21.01.2025.

Clean Air Task Force (2025, CO₂-Abscheidung): CO₂-Abscheidung, veröffentlicht 2025, <https://www.catf.us/de/carbon-capture/>, zuletzt abgerufen am 23.01.2025.

Cleanthinking (2024, Climeworks): Wie Climeworks den Klimawandel durch Direct Air Capture umkehren will, veröffentlicht 23.03.2024, <https://www.cleanthinking.de/climeworks-direct-air-capture-mammoth/>, zuletzt abgerufen am 19.12.2024.

Climeworks (2024, Plant): Climeworks Switches on World's Largest Direct Air Capture Plant, veröffentlicht 08.05.2024, <https://climeworks.com/press-release/climeworks-switches-on-worlds-largest-direct-air-capture-plant-mammoth>, zuletzt abgerufen am 21.01.2025.

Copernicus (2025, Report): Copernicus Global Climate Report 2024 Confirms Last Year As the Warmest on Record, First Ever Above 1.5°C Annual Average Temperature, veröffentlicht 10.01.2025, <https://www.copernicus.eu/de/node/75354>, zuletzt abgerufen am 20.01.2025.

Die Bundesregierung (2024, Treibhausgasemissionen): Treibhausgasemissionen sinken deutlich, veröffentlicht 15.04.2024, <https://www.bundesregierung.de/breg-de/aktuelles/treibhausgasbilanz-2023-2265440>, zuletzt abgerufen am 13.12.2024.

Die Bundesregierung (2024, Carbon-Management-Strategie): Im Kabinett beschlossen – Die Carbon-Management-Strategie, veröffentlicht 06.08.2024, <https://www.bundesregierung.de/breg-de/aktuelles/carbon-management-strategie-2289146>, zuletzt abgerufen am 11.12.2024.

Deutsche Welle (2024, COP29): COP29: Umweltorganisationen enttäuscht über Ergebnisse, veröffentlicht 24.11.2024, <https://www.dw.com/de/cop29-klimaschutz-klimakrise-umweltorganisationen-kritik-entt%C3%A4uschung-baku-baerbock/a-70871604>

Drax Group (2021, Emissions): Drax Cuts Emissions by over 90% to Become One of Europe's Lowest Carbon Power Generators, veröffentlicht 29.07.2021, https://www.drax.com/press_release/drax-cuts-emissions-by-over-90-to-become-one-of-europes-lowest-carbon-power-generators/, zuletzt abgerufen am 11.02.2025.

Drax Group (2024, BECCS): A Prosperous Future Needs Energy Security and Carbon Removals – BECCS Delivers Both, veröffentlicht 02.04.2024, <https://www.drax.com/opinion/a-prosperous-future-needs-energy-security-and-carbon-removals-beccs-delivers-both/>, zuletzt abgerufen am 27.01.2025.

Empa (2024, Beton): Kohlenstoff im Beton – Auf CO₂ bauen, veröffentlicht 08.01.2024, <https://www.empa.ch/web/s604/carbon-pellets-in-concrete>, zuletzt abgerufen am 24.01.2025.

Forschungszentrum Jülich (o.A., EOR): CO₂-Speicherung durch EOR und EGR, veröffentlicht o.A., https://www.enargus.de/pub/bscw.cgi/d1932-2/*/*/*CO2-Speicherung%20durch%20EOR%20und%20EGR.html?op=Wiki.getwiki, zuletzt abgerufen am 20.01.2025.

GFZ (2016, CO₂-Speicher): Feldexperiment zur Sole-Injektion in geologischen CO₂-Speicher, veröffentlicht 07.01.2016, <https://www.gfz-potsdam.de/presse/meldungen/detailansicht/feldexperiment-zur-sole-injektion-in-geologischen-co2-speicher>, zuletzt abgerufen am 18.12.2024.

GFZ (2024, CO₂-Speicherung): CO₂-Speicherung, veröffentlicht 2024, <https://www.co2ketzin.de/co2-speicherung/warum-co2-speicherung>, zuletzt abgerufen am 18.12.2024.

Handelsblatt (2025, CO₂-Speicherung): Industrie fürchtet Aus der CO₂-Speicherung, veröffentlicht 17.01.2025, <https://www.handelsblatt.com/politik/deutschland/klimaziele-industrie-fuerchtet-aus-der-co2-speicherung/100101087.html>, zuletzt abgerufen am 20.01.2025.

Handelsblatt (2025, Parteien): Parteien könnten CO₂-Speicherung doch noch beschließen, veröffentlicht 22.01.2025, <https://www.handelsblatt.com/unternehmen/industrie/handelsblatt-energiegipfel-2025-union-bei-co2-speicherung-kompromissbereit/100100376.html>, zuletzt abgerufen am 04.02.2025.

IEA (2025, Bioenergy): Bioenergy with Carbon Capture and Storage, veröffentlicht 2025, <https://www.iea.org/energy-system/carbon-capture-utilisation-and-storage/bioenergy-with-carbon-capture-and-storage>, zuletzt abgerufen am 28.01.2025.

IEEFA (2024, Gorgon CCS): Gorgon CCS Underperformance Hits New Low in 2023-24, veröffentlicht 28.11.2024, <https://ieefa.org/resources/gorgon-ccs-underperformance-hits-new-low-2023-24>, zuletzt abgerufen am 21.01.2025.

Karliczek, A. (2021, CO₂-Entnahme): Wir müssen mit der CO₂-Entnahme beginnen, veröffentlicht 12.05.2021, <https://www.handelsblatt.com/technik/thespark/gastkommentar-wir-muessen-mit-der-co2-entnahme-beginnen/27179138.html>, zuletzt abgerufen am 04.02.2025.

Kersting, S. (2024, Erderwärmung): Wie die Erderwärmung den Planeten verändern wird – bei 1,5 bis drei Grad, veröffentlicht 14.06.2024, <https://www.handelsblatt.com/ratgeber/stuern/klimawandel-wie-die-erderwaermung-den-planeten-veraendern-wird-bei-15-bis-drei-grad/100044202.html>, zuletzt abgerufen am 04.02.2025.

Krimphove, P. (2023, CO₂-Speicherung): Chancen und Risiken von CO₂-Speicherung, veröffentlicht 16.03.2023, <https://www.die-debatte.org/co2speicherung-chance-risiko/>, zuletzt abgerufen am 19.12.2024.

Löffken, J. O. (2025, Zement): Mit Zement CO₂ speichern, veröffentlicht 09.01.2025, <https://www.weltderphysik.de/gebiet/materie/nachrichten/2025/baustoffe-mit-zement-co2-kohlendioxid-speichern/>, zuletzt abgerufen am 24.01.2025.

Manager Magazin (2025, Trump): Dutzende Beschlüsse – Trump schafft Fakten, veröffentlicht 21.01.2025, https://www.manager-magazin.de/politik/weltwirtschaft/us-praesident-donald-trump-von-migration-bis-tiktok-die-ersten-dekrete-seiner-amtszeit-a-03b3bd24-a9ec-44db-8f75-511f734f85c6?sara_ref=re-so-app-sh, zuletzt abgerufen am 21.01.2025.

MIT News (2025, Carbon Dioxide): Smart Carbon Dioxide Removal Yields Economic and Environmental Benefits, veröffentlicht 29.01.2025, <https://news.mit.edu/2025/smart-carbon-dioxide-removal-yields-economic-environmental-benefits-0129>, zuletzt abgerufen am 10.02.2025.

ntv (2025, Klimaexperte): Klimaexperte plädiert für künstliche Erdabkühlung, veröffentlicht 05.01.2025, <https://www.n-tv.de/wissen/Klimaexperte-plaediert-fuer-kuenstliche-Erdabkuehlung-article25467425.html>, zuletzt abgerufen am 04.02.2025.

NZZ (2023, CO₂-Abscheidung): CCS – CO₂-Abscheidung soll Holcim-Zement klimaneutral machen, veröffentlicht 23.05.2023, <https://www.nzz.ch/wirtschaft/wie-bringt-man-co2-aus-der-luft-in-den-boden-in-belgien-sucht-der-zementriese-holcim-nach-loesungen-ld.1738730>, zuletzt abgerufen am 09.12.2024.

NZZ (2025, Internationale Klimapolitik): Donald Trump wird Präsident. Was bedeutet das für die amerikanische Energiewende und die internationale Klimapolitik?, veröffentlicht 18.01.2025, <https://www.nzz.ch/wissenschaft/donald-trump-wird-praesident-was-bedeutet-das-fuer-die-amerikanische-energiawende-und-die-internationale-klimapolitik-ld.1866634>, zuletzt abgerufen am 20.01.2025.

Our World in Data (2024, CO₂-Emissions): Per Capita CO₂ Emissions, letzte Aktualisierung 21.11.2024, https://ourworldindata.org/grapher/co-emissions-per-capita?country=OWID_WRL~USA~OWID_EU27~IND~CHN~CAN~DEU, zuletzt abgerufen am 31.01.2025.

PWC (2024, CO₂): Viewpoint – Rethinking CO₂, veröffentlicht 2024, <https://www.strategyand.pwc.com/de/en/rethinking-co2.html>, zuletzt abgerufen am 05.02.2025.

Scinexx (2016, Slepner): Das Projekt „Slepner“ – Ein Wegweiser in der CCS-Forschung, veröffentlicht 24.06.2016, <https://www.scinexx.de/dossierartikel/das-projekt-slepner/>, zuletzt abgerufen am 19.12.2024.

Spiegel (2024, CO₂-Pipeline): CO₂-Pipeline von Europa nach Norwegen – Könnte eine Lösung für unsere Industrie-Emissionen in Norwegen liegen?, veröffentlicht 24.05.2024, <https://cmk.spiegel.de/cms/articles/17398/anzeige/equinor-deutschland-gmbh/koennte-eine-loesung-fuer-unsere-industrie-emissionen-in-norwegen-liegen>, zuletzt abgerufen am 09.12.2024.

Statista (2024, CCS): Value of the Carbon Capture and Storage (CCS) Market Size Worldwide from 2021 to 2023, with Projections until 2031, by Technology, veröffentlicht 03.2024, <https://www.statista.com/statistics/1458715/global-ccs-market-size-by-technology/>, zuletzt abgerufen am 05.02.2025.

Statista (2024, Anlagen): Anzahl der kommerziellen Anlagen zur CO₂-Abscheidung und Speicherung (CCS) weltweit nach Projektstatus im Jahr 2024, veröffentlicht 04.07.2024, <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1461246/umfrage/anzahl-der-projekte-zur-co2-abscheidung-und-speicherung-weltweit-nach-status/>, zuletzt abgerufen am 16.12.2024.

Statista (2024, CO₂-Ausstoß): CO₂-Emissionen weltweit in den Jahren 1960 bis 2022, veröffentlicht 05.07.2024, <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/37187/umfrage/der-weltweite-co2-ausstoss-seit-1751/>, zuletzt abgerufen am 10.12.2024.

Statista (2024, Kohlendioxid-Emissionen): Prognose zu den energiebedingten Kohlendioxid-Emissionen weltweit in den Jahren 2022 bis 2050, veröffentlicht 05.07.2024, <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/28937/umfrage/prognose-zur-kohlendioxid-emission-weltweit-bis-2050/>, zuletzt abgerufen am 10.12.2024.

Statista (2024, Länder): Länder mit den höchsten energiebedingten CO₂-Emissionen im Jahr 2022, veröffentlicht 06.11.2024, <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/12232/umfrage/energiebedingte-co2-emissionen-ausgewaelter-regionen/>, zuletzt abgerufen am 10.12.2024.

Statista (2024, Net Zero): The Road to Net Zero, veröffentlicht 11.11.2024, <https://www.statista.com/chart/26053/countries-with-laws-policy-documents-or-timed-pledges-for-carbon-neutrality/>, zuletzt abgerufen am 30.01.2025.

Statista (2024, CO₂-Emissionen): CO₂-Emissionen pro Kopf weltweit nach ausgewählten Ländern im Jahr 2023 (in Tonnen), veröffentlicht 17.12.2024, <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/167877/umfrage/co-emissionen-nach-laendern-je-einwohner/>, zuletzt abgerufen am 03.02.2025.

Tagesschau (2024, CO₂-Emissionen): CO₂-Emissionen steigen weiter, veröffentlicht 13.11.2024, <https://www.tagesschau.de/wissen/klima/co2-emissionen-100.html>, zuletzt abgerufen am 20.01.2025.

Tagesspiegel (2016, CCS-Technik): CCS-Technik: Endlager für Kohlendioxid, veröffentlicht 17.02.2016, <https://www.tagesspiegel.de/wissen/endlager-fur-kohlendioxid-4873198.html>, zuletzt abgerufen am 20.01.2025.

TAZ (2024, Klimasünder): Hintertür für Klimasünder, veröffentlicht 24.01.2024, <https://taz.de/Auf-dem-Weg-zur-Klimaneutralitaet/!5984606/>, zuletzt abgerufen am 11.12.2024.

UBA (2024, Carbon Capture and Storage): Carbon Capture and Storage, veröffentlicht 28.02.2024, <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/gewaesser/grundwasser/nutzung-belastungen/carbon-capture-storage#grundlegende-informationen>, zuletzt abgerufen am 18.12.2024.

van Vügt, S./Smid, K. (2025, CCS): CCS ist eine fossile Scheinlösung, die Industrietransformation und Energiewende blockiert, veröffentlicht 28.01.2025, <https://background.tagesspiegel.de/energie-und-klima/briefing/ccs-ist-eine-fossile-scheinloesung-die-industrietransformation-und-energiawende-blockiert>, zuletzt abgerufen am 28.01.2025.

Vattenfall (2024, Slepner): Slepner in Norwegen: Wo CO₂ seit 1996 im Gestein lagert, veröffentlicht 04.03.2024, <https://group.vattenfall.com/de/newsroom/news/2024/slepner-in-norwegen-wo-co2-seit-1996-im-gestein-lagert>, zuletzt abgerufen am 19.12.2024.

WEF (2024, Cement): Cement Is a Big Problem for the Environment. Here's How to Make It More Sustainable, veröffentlicht 13.09.2024, <https://www.weforum.org/stories/2024/09/cement-production-sustainable-concrete-co2-emissions/>, zuletzt abgerufen am 24.01.2025.

WEF (2024, Carbon Capture and Storage): What is Carbon Capture and Storage – and How Can It Help Tackle the Climate Crisis?, veröffentlicht 11.10.2024, <https://www.weforum.org/stories/2024/10/carbon-capture-storage-climate-crisis/>, zuletzt abgerufen am 24.01.2025.

Westram, H. (2024, CO₂-Entnahme): CO₂-Entnahme aus der Atmosphäre – wie geht das?, veröffentlicht 05.02.2024, <https://www.br.de/nachrichten/wissen/co2-entnahme-aus-der-atmosphaere-wie-das-kuenftig-gehen-soll,TUVxkID>, zuletzt abgerufen am 19.12.2024.

Wikipedia (2024, CO₂-Abscheidung und -Speicherung): CO₂-Abscheidung und -Speicherung, zuletzt aktualisiert 03.11.2024, https://de.wikipedia.org/wiki/CO2-Abscheidung_und_-Speicherung, zuletzt abgerufen am 17.12.2024.

Wirtschaftswoche (2025, CO₂-Speicherungsgesetz): Deutschland bleibt nur noch eine Woche, um das CO₂-Speicherungsgesetz zu ermöglichen, veröffentlicht 26.01.2025, <https://www.wiwo.de/unternehmen/energie/co2-abscheidung-deutschland-bleibt-nur-noch-eine-woche-um-das-co2-speicherungsgesetz-zu-ermoeneglichen/30182924.html>, zuletzt abgerufen am 27.01.2025.

ZDF heute (2023, Klima-Ziel): Latif kritisiert Klima-Ziel – „1,5 Grad sind überhaupt nicht zu erreichen“, veröffentlicht 25.11.2023, <https://www.zdf.de/nachrichten/wissen/mojib-latif-klima-ziel-paris-klimawandel-100.html>, zuletzt abgerufen am 10.12.2024.

ZDF heute (2024, Klimawandel): Daten zum Klimawandel im Überblick, veröffentlicht 05.12.2024, <https://www.zdf.de/nachrichten/politik/klimawandel-deutschland-welt-folgen-daten-100.html>, zuletzt abgerufen am 10.12.2024.

Impressum

Herausgeber: FERI Cognitive Finance Institute, Bad Homburg

Autorin: Iris Réthy-Jensen, Wissenschaftliche Mitarbeiterin & Projektmanagerin,
FERI Cognitive Finance Institute

Veröffentlichung: Februar 2025

„Es gibt die Chance, den Trend der Erderhitzung umzukehren, indem wir – zusätzlich zur schnellen Emissionsminderung in Richtung null – auch auf CO₂-Entnahme aus der Atmosphäre setzen.“

Ottmar Edenhofer, Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK),
zitiert nach: ntv (2025, Klimaexperte)

„Kohlenstoffabscheidung ist der Schlüssel zur Erreichung von Netto-Null-Emissionen weltweit.“

Clean Air Task Force (2025, CO₂-Abscheidung)

„Es besteht Gefahr, dass das Potenzial von CCS erheblich überschätzt, Alternativen vernachlässigt und dadurch die generationsübergreifenden Herausforderungen im Klimaschutz unterschätzt werden.“

Umweltbundesamt (2023, Carbon Capture and Storage)



Bisherige Analysen und Publikationen im FERI Cognitive Finance Institute:

Studien:



1. Carbon Bubble und Dekarbonisierung (2017)
2. Overt Monetary Finance (OMF) (2017)
3. Die Rückkehr des Populismus (2017)
4. KI-Revolution in der Asset & Wealth Management Branche (2017)
5. Zukunftsrisiko „Euro Break Up“ (2018)
6. Die Transformation zu einer kohlenstoffarmen Wirtschaft, (2018)
7. Wird China zur Hightech-Supermacht? (2018)
8. Zukunftsrisiko „Euro Break Up“, 2. aktualisierte und erweiterte Auflage (2018)
9. Risikofaktor USA (2018)
10. Impact Investing: Konzept, Spannungsfelder und Zukunftsperspektiven (2019)
11. „Modern Monetary Theory“ und „OMF“ (2019)
12. Alternative Mobilität (2019)
13. Digitalisierung – Demographie – Disparität (2020)
14. „The Great Divide“ (2020)
15. Zukunftstrend „Alternative Food“ (2020)
16. Digitalisierung – Demographie – Disparität, 2. aktualisierte und erweiterte Auflage (2020)
17. „The Great Progression“ (2021)
18. „Blockchain und Tokenisierung“ (2021)
19. „The Monetary Supercycle“ (2021)
20. Wasserstoff als Energiequelle der Zukunft (2022)
21. Sustainable Blue Economy (2022)
22. Chinas globales Powerplay (2022)
23. Quo vadis, Europa? (2023)
24. Neue Weltordnung – „Made in China“ (2023)
25. Vorteil Biodiversität – Lösungsansätze und Investitionschancen im Einklang mit der Natur (2024)
26. Globale Rezession der Freiheit (2024)
27. Die BioTech-Revolution – Neue Dynamik durch innovative Technologien (2024)

Cognitive Comments:



1. Network Based Financial Markets Analysis (2017)
2. Zwischen Populismus und Geopolitik (2017)
3. „Neue Weltordnung 2.0“ (2017)
4. Kryptowährung, Cybermoney, Blockchain (2018)
5. Dekarbonisierungsstrategien für Investoren (2018)
6. Innovation in blockchain-based business models and applications in the enterprise environment (2018)
7. Künstliche Intelligenz, Quanten-Computer und Internet of Things - Die kommende Disruption der Digitalisierung (2019)
8. Quantencomputer, Internet of Things und superschnelle Kommunikationsnetze (2019)
9. Was bedeutet die CoViD19-Krise für die Zukunft? (2020)
10. Trouble Spot Taiwan – ein gefährlich unterschätztes Problem (2021)
11. Urban Air Mobility – Flugdrohnen als Transportmittel der Zukunft (2021)
12. „Longevity“: Megatrend Langlebigkeit – Die komplexen Auswirkungen und Konsequenzen steigender Lebenserwartung (2022)
13. Hightech-Metalle und Seltene Erden – Akute Rohstoff-Risiken für Europas Zukunft (2022)
14. Amerika auf dem Weg zur Autokratie – Anatomie und Perspektiven einer gespaltenen Großmacht (2022)
15. Vertical Farming – Technologische Innovation zur Umgestaltung des globalen Ernährungssystems (2023)
16. Generation Z – Potentiale der jungen Generation für globale Disruption (2023)
17. KI: The Next Level – Die transformative Wucht des Megatrends „Künstliche Intelligenz“ (2023)
18. Chinas Angriff auf den US-Dollar – Maßnahmen, Motive und mögliche Risiken für das westliche Finanzsystem (2023)
19. „Trump reloaded“ – Drohender Umbau der USA in eine Präsidentschaftsdiktatur (2024)
20. 3D-Druck und Additive Fertigung: Unterschätztes Potential zur Transformation wichtiger Zukunftstrends (2024)
21. Takeoff der Tokenisierung – 2024 als Katalysatorjahr der Token-Ökonomie (2024)
22. „Space Cold War“: Massive Militarisierung des Weltraums als globales Risiko (2024)
23. Quantenzeitalter – Quantencomputing als Gamechanger für Finanz- und Realwirtschaft (2024)

Das vorliegende Format „Cognitive Briefing“ hat ein klares Ziel:

Komplexe Themen mit potentiell weitreichenden Folgen für die Zukunft werden mit der bewährten Methodik des FERI Cognitive Finance Institute analysiert. Schnell, prägnant und übersichtlich werden wichtige Inhalte erfasst und kompetent eingeordnet. Auch dann, wenn der öffentliche Diskurs noch gar nicht begonnen hat.

Zugunsten frühzeitiger Information wird wissenschaftliche Diskussion komprimiert oder sensibel reduziert. Dennoch werden die zentralen Auslöser und Treiber hinter neuen Trends präzise analysiert. Mögliche Folgen für die Zukunft werden systematisch abgeschätzt, Wechselwirkungen mit anderen Themenfeldern klar herausgearbeitet und in kompakten Szenarien nachvollziehbar dargelegt.

Dies ermöglicht eine schnelle Durchdringung künftiger Trends und sich anbahnender Trendbrüche. Gleichzeitig wird frühzeitig der Blick auf Themen gelenkt, die in der medialen Welt (noch) nicht hinreichend adressiert werden.

Die „Cognitive Briefings“ dienen so dem Interesse von Unternehmern, Investoren und Vermögensinhabern, neue Chancen und Risiken der Zukunft so früh wie möglich wahrnehmen und objektiv einschätzen zu können. Sie bieten dadurch zusätzlichen Erkenntnisgewinn und ergänzen die ausführlichen Studien, Analysen und Publikationen des FERI Cognitive Finance Institute.

In der Reihe der „Cognitive Briefings“ sind bislang erschienen:



1. Ressourcenverbrauch der Digital-Ökonomie (2020)
2. Globale Bifurkation oder „New Cold War“? (2020)
3. Digitaler Euro: Das Wettrennen zwischen Europäischer Zentralbank und Libra* Association (2020)
4. Herausforderung „Deep Fake“ – Wie digitale Fälschungen die Realität zerstören (2021)
5. Geoökonomische Zeitenwende – Wie Großmachtkonflikte die Weltwirtschaft zerlegen (2022)
6. Brennpunkt Taiwan – Zunehmende Eskalationsrisiken um Taiwan (2023)
7. CRISPR/Cas – Molekulare Genschere revolutioniert Biotechnologie und Medizin (2023)
8. „New Space“ – Das Weltall als Wirtschaftsraum der Zukunft (2024)
9. Carbon Capture – Dekarbonisierung durch CO₂-Entnahme (2025)



FERI AG | FERI Cognitive Finance Institute
Das strategische Forschungszentrum
der FERI Gruppe
Haus am Park
Rathausplatz 8 – 10
61348 Bad Homburg v.d.H.
Tel. +49 (0)6172 916-3631
info@feri-institut.de
www.feri-institut.de



Rechtliche Hinweise: Alle Angaben und Quellen werden sorgfältig recherchiert. Für Vollständigkeit und Richtigkeit der dargestellten Information wird keine Gewähr übernommen. Diese Publikation ist urheberrechtlich geschützt. Jede weitere Verwendung, insbesondere der gesamte oder auszugsweise Nachdruck oder die nicht nur private Weitergabe an Dritte, ist nur mit vorheriger schriftlicher Zustimmung von FERI gestattet. Die nicht autorisierte Einstellung auf öffentlichen Internetseiten, Portalen oder anderen sozialen Medien ist ebenfalls untersagt und kann rechtliche Konsequenzen nach sich ziehen. Die angeführten Meinungen sind aktuelle Meinungen, mit Stand des in diesen Unterlagen aufgeführten Datums. FERI AG, Stand 2025