CDRmare UPDATE

September 2026

CO_2-Abscheidung und -Speicherung (CCS)

Deutschlands begrenzte CO_2-Speicheroptionen tief unter der Nordsee und was sie bedeuten

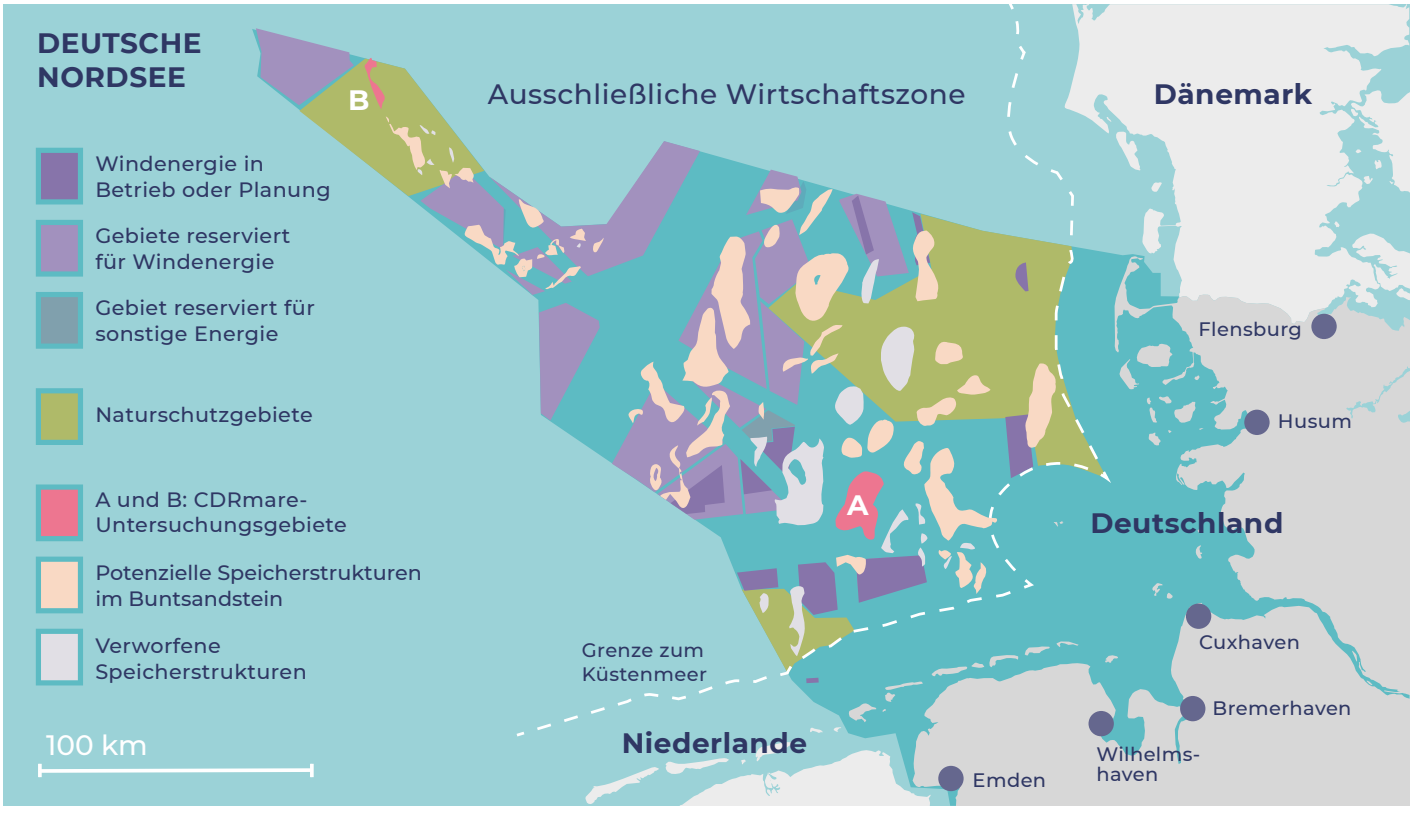
Ein erstes Unternehmen hat den Antrag gestellt, den tiefen Untergrund der deutschen Nordsee auf seine Eignung als CO_2-Speicher hin untersuchen zu dürfen. Da eine solche Erkundung den nächsten Schritt auf dem Weg zu einer gezielten CO_2-Einlagerung darstellt, fassen wir im Folgenden die wichtigsten Ergebnisse des CDRmare-Forschungsverbundes (GEOSTOR) zur CO_2-Speicherung tief unter der deutschen Nordsee zusammen und geben Handlungsempfehlungen.

Buntsandstein-Schichten als potenzielle CO_2-Speicher

- Als Speichergestein für CO_2 kommen glockenförmig **aufgewölbte Buntsandstein-Schichten** im Meeresuntergrund infrage. Sie liegen circa 1000 bis 3000 Meter tief unter der deutschen Nordsee und werden von einer **Deckschicht aus Ton oder Salz** überlagert. Diese dichtet das Speichergestein nach oben ab.
- Buntsandstein eignet sich deshalb für eine CO_2-Einlagerung, weil das Gestein durchlässig und porös ist und somit viel **(Poren-)Raum** bietet, in dem verflüssigtes CO_2 verpresst werden könnte.

Deutschlands CO_2-Speicherkapazitäten tief unter der Nordsee sind begrenzt

- Forschende aus dem CDRmare-Verbund GEOSTOR haben den Untergrund der deutschen Nordsee vorerkundet und Kapazitätsberechnungen durchgeführt. Ihr Ergebnis: Die statische Speicherkapazität in Buntsandstein-Lagerstätten seewärts der Küstenzone beträgt **etwa 0,9 bis 5,5 Milliarden Tonnen** CO_2.
- Ein großer Teil der potenziellen Speicherstätten ist derzeit jedoch **nicht zugänglich**, da die Nordsee in diesen Gebieten bereits für andere Zwecke genutzt wird (z. B. Windenergie, Schifffahrt, Militär) oder unter Schutz steht.



Grafik: Rita Erven, CDRmare nach Karten der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) und der Bundesanstalt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH)

*Diese Karte zeigt die Lage der potentiellen **CO_2-Speicherstrukturen** in der AWZ der deutschen Nordsee sowie Meeresflächen, die für die Energiegewinnung und den Naturschutz reserviert sind. Die hellgrau dargestellten CO_2-Speicherstrukturen wurden **bereits ausgeschlossen** aufgrund ihrer geringen Kapazität, großer Verwerfungen im Barrieregestein, geringer Mächtigkeit des Barrieregesteins oder zu geringer Tiefe der Struktur.*

Konzepte zur Mehrfachnutzung der Nordsee werden gebraucht

- Um dennoch eine CO_2-Speicherung im industriellen Maßstab zu ermöglichen, müssen in den entsprechenden Nordseegebieten Konzepte für eine Mehrfachnutzung des Meeres entwickelt und in der **Meeresraumplanung** berücksichtigt werden.
- Trotz der Berechnungen im GEOSTOR-Verbund, sind die **tatsächlich nutzbaren Speicherkapazitäten** bisher nicht bekannt. Sie liegen möglicherweise bei circa 0,5 bis 1,5 Milliarden Tonnen CO_2.
- Wenn diese angenommene Kapazität im Zeitraum von 2035 bis 2100 genutzt würde, ergäbe sich eine jährliche **Speicherrate von 8 bis 23 Millionen Tonnen CO_2**. Dem gegenüber liegt der geschätzte **Speicherbedarf** in Deutschland im Jahr 2045 bei **circa 8,5 bis 70 Millionen Tonnen CO_2 pro Jahr**. Zudem müssen Kapazitäten vorgehalten werden, um künftig CO_2 einzulagern, welches der Atmosphäre durch den Einsatz von BECCS- und DACCS-Technologien entnommen wurde (negative Emissionen).
- Zum Vergleich: Würde Deutschland pro Jahr 8 bis 23 Millionen Tonnen CO_2 unter der deutschen Nordsee verpressen, entspräche die eingelagerte Menge CO_2 **1 bis 4 Prozent der heutigen CO_2-Emissionen** des Landes.
- Wichtig: Um genauere Aussagen zum tatsächlichen Speichervolumen treffen zu können, müssen zum einen **tiefergehende Erkundungen** des Nordsee-Untergrundes vorgenommen werden. Zum anderen zeigt sich immer erst bei der CO_2-Einlagerung selbst, wie schnell der Porenraum verfüllt wird und der Druck im Speichergestein steigt.

CCS nur für CO_2-Mengen, deren Entstehung sich nicht vermeiden lässt

- Deutschlands begrenzte CO_2-Speicherkapazitäten untermauern: Treibhausgasemissionen von vornherein zu vermeiden, ist die **wirksamste Klimaschutzmaßnahme** und muss bei allen politischen Entscheidungen oberste Priorität haben.
- Das Einlagern von CO_2 im Meeresuntergrund der deutschen Nordsee sollte aufgrund der geringen Speicherkapazität **auf jene CO_2-Mengen beschränkt werden**, die sich grundsätzlich nicht vermeiden lassen (v. a. Zementherstellung und Müllverbrennung) oder der Atmosphäre entnommen wurden (z. B. BECCS und DACCS).

CO_2-Speicherung in Sandsteinformationen der deutschen Nordsee

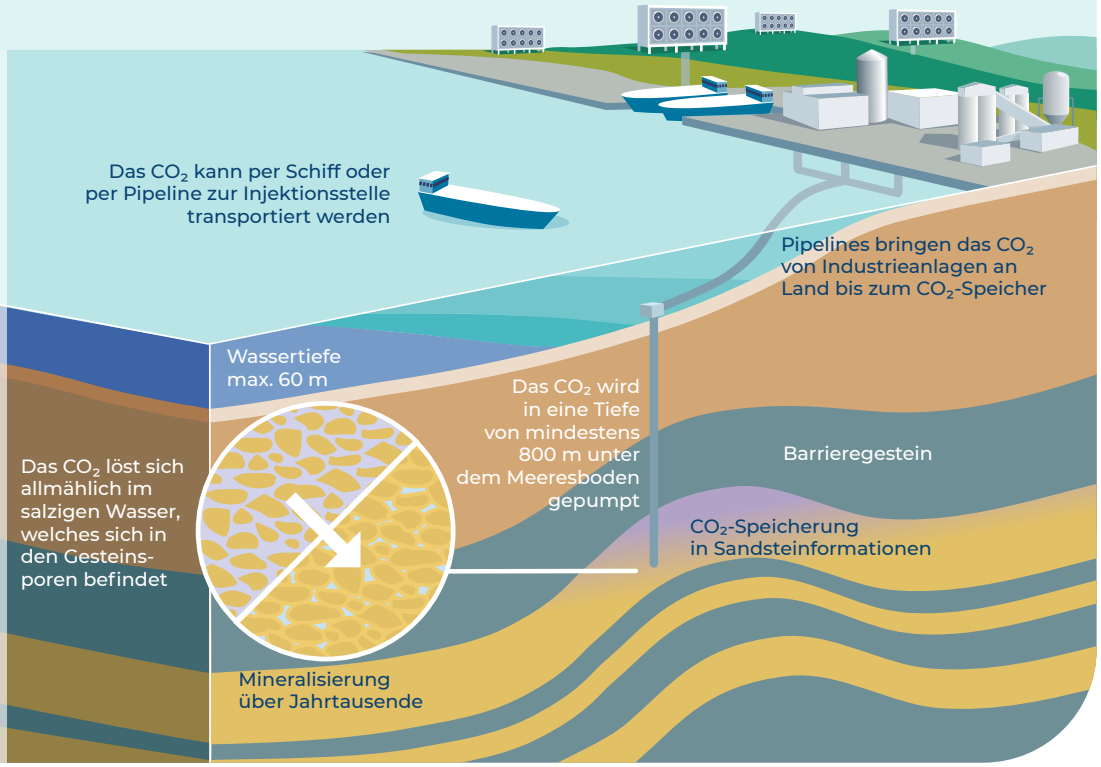
Für die Speicherung im tiefen Meeresuntergrund wird flüssiges Kohlendioxid (CO_2) via Schiff oder durch eine Pipeline in das Meeresgebiet transportiert und durch eine oder mehrere Bohrungen in tiefliegende poröse Sandsteinformationen gepresst. Dort breitet sich das CO_2 in den Poren aus und sammelt sich am höchsten Punkt des Speichers unter der Barriereschicht. Mit der Zeit löst sich das CO_2 im Formationswasser und reagiert mit Mineralen, die im umliegenden Sandstein enthalten sind. Dabei bilden sich Minerale (Karbonate), in denen das CO_2 auf Dauer fest gebunden ist. Bis dahin können jedoch einige Jahrtausende vergehen.

Kosten für Abscheidung, Verflüssigung, Transport, Speicherung, Überwachung: **circa 150 bis 250 Euro pro Tonne Kohlendioxid**

Skalierbarkeit: Eine **CO_2-Speicherung im industriellen Maßstab ist möglich**

Dauer der Speicherung: **dauerhaft möglich, Monitoring erforderlich**

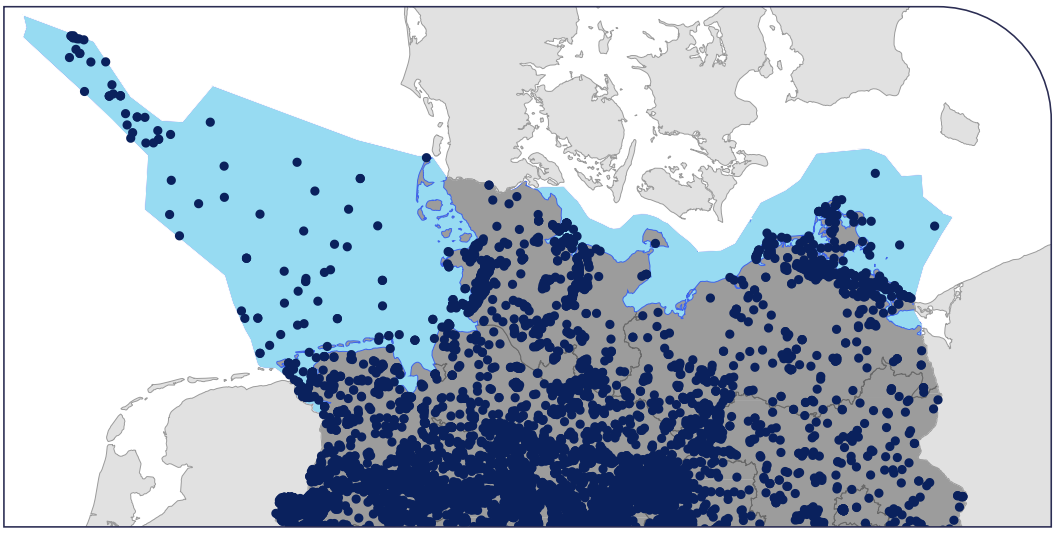
Technischer Entwicklungsstand: Die Methode ist **machbar** und wird außerhalb Deutschlands **bereits erfolgreich eingesetzt.**



Karte der Altbohrungen in Norddeutschland

Quelle: Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie

https://www.lbeg.niedersachsen.de/energie_rohstoffe/erdoel_und_erdgas/fachinformationssystem/kohlenwasserstoff-fachinformationssystem-kw-fis-670.html



Umweltrisiken der CO_2-Speicherung müssen umfassend untersucht und bewertet werden

- Als wichtigste Umweltrisiken haben die Forschenden mögliche **CO_2-Leckagen**, **Erdbeben** und Meeresbodenhebungen sowie eine zunehmende **Lärmbelastung** im Meer identifiziert. Im Anschluss untersuchten sie deren Gefahrenpotenzial und erarbeiteten Lösungen zur Risikominderung.

Leckagen

- Das Problem: An **Altbohrungen** und entlang von **Störungen** (Risse im Gestein) können sowohl CO_2 als auch Formationswasser und Methan zunächst aus dem Speichergestein, später auch aus dem Meeresboden austreten. Dadurch können lokal-begrenzte Umweltauswirkungen auftreten. Meeresbodenbewohner können geschädigt und die chemische Zusammensetzung des Bodenwassers verändert werden (Versauerung, Versalzung).
- Ergebnis I: In der deutschen Ausschließlichen Wirtschaftszone gibt es nur 91 Altbohrungen. An den bereits untersuchten Altbohrungen in der deutschen AWZ wurden bislang keine Leckagen festgestellt. Sollte CO_2 dennoch eines Tages an einer der Altbohrungen austreten, versauert das Bodenwasser bei hohen Austrittsraten von 30 Tonnen CO_2 pro Jahr auf einer Fläche von 50 Quadratmetern. Jenseits davon ist die Versauerung nicht mehr nachweisbar, weil das CO_2 durch schnelle Tidenströmungen rasch verteilt wird.
- Ergebnis II: Natürliche **Risse oder Störungen** im Speicher- und Deckgestein **sind wahrscheinlich**. Studien zeigen, dass dort Wasser mit eine Geschwindigkeit von bis zu 1 Meter pro Jahr aufsteigen kann. Forschende des GEOSTOR-Verbundes untersuchen derzeit, wie durchlässig natürliche Störungen in einem ausgewählten Speichergebiet in der deutschen Nordsee sind. Außerdem müssen auch die Betreiber künftiger CO_2-Speicher die Durchlässigkeit des Untergrundes genauer untersuchen.

Erdbeben und Meeresbodenhebungen

- Das Problem: Der **Druckanstieg** beim Verpressen von CO_2 kann zur Reaktivierung von Störungszonen und Gesteinsbewegungen im Untergrund führen, die ggf. Erdbeben auslösen. Zudem kann der Meeresboden angehoben werden. Dadurch könnten Windkraftanlagen und Infrastrukturen im Umfeld der Speicher beeinträchtigt werden.
- Ergebnis I: In der Ausschließlichen Wirtschaftszone Deutschlands treten weniger und schwächere natürliche Erdbeben auf als in den Gewässern der Nachbarländer.
- Ergebnis II: Modelle zeigen, dass bei der CO_2-Verpressung Störungszonen aktiviert und Erdbeben mit einer maximalen **Stärke von 2** induziert werden können. Windkraftanlagen im Umfeld werden durch Erdbeben dieser Stärke nicht beeinträchtigt.

Lärm im Meer

- CO_2-Speicherstandorte seismisch zu erkunden und zu überwachen, verursacht Lärm. Auch beim Speicherbetrieb entsteht Lärm durch z. B. Schiffstransporte und Pumpen, mit denen das CO_2 verpresst wird. **Meeressäuger** (Schweinswale) und andere Lebewesen können dadurch beeinträchtigt werden.
- Ergebnis I: Schweinswale meiden Gebiete, in denen seismische Untersuchungen durchgeführt werden, **in einem Umkreis von etwa 8 Kilometern** zur Lärmquelle. Nach dem Ende der Untersuchungen kehren die Tiere jedoch in das Gebiet zurück.

Maßnahmen zur Minderung der Umweltrisiken

- Die Umweltrisiken der Speichererkundung und seines Betriebes sinken, wenn z. B. Altbohrungen auf Leckagen untersucht und ggf. abgedichtet werden; der Meeresuntergrund gründlich auf die Durchlässigkeit und das Risiko von Erdbeben und Leckagen untersucht wird und **strenge Umweltauflagen** für Erkundungen mit aktiv-seismischer Messtechnik gelten.
- Mögliche Risiken lassen sich frühzeitig erkennen, wenn der Meeresboden und -untergrund umfassend beobachtet und im Hinblick auf Leckagen und Schädigungen der Bodenbewohner kontrolliert werden. Wichtig dabei: **Passiv-seismische Messtechnik** hilft, die Aktivierung von Störungen und Erdbeben frühzeitig zu kennen, ohne dabei Lärm zu erzeugen. Die Zahl der aktiv-seismischen Untersuchungen sollte aus Lärmschutzgründen auf ein Minimum reduziert werden.
- Für eine sichere CO_2-Speicherung braucht es strenge Auflagen für die Erkundung, den Betrieb und die Überwachung der Speicherstätte sowie **klare Grenzwerte**, etwa für den Druckanstieg im Speichergestein, für mögliche Leckagen von CO_2 und Formationswasser sowie für die zulässige Stärke der induzierten Erdbeben.

CCS-Projekte rechnen sich nur bei hohen CO_2-Preisen im Emissionshandel

- CCS-Projekte wären zurzeit nicht umsetzbar, da die **Kosten** für die Abscheidung und Speicherung von CO_2 (ca. 100 – 300 € pro Tonne CO_2) deutlich höher sind als die Preise für eine Emissionsberechtigung (Preis im Europäischen Emissionshandel ETS: ca. 85 € pro Tonne CO_2)
- Die Bundesregierung plant eine staatliche Förderung durch Differenzverträge (bis zu 5 Milliarden Euro). Gefördert werden sollen bisher CCS-Projekte zur Reduktion schwervermeidbarer Prozess-Emissionen (Zement, Kalk). Zudem können Projekte gefördert werden, bei denen fossile Energieträger wie Erdgas eingesetzt werden.

Blauer Wasserstoff und Gaskraftwerke mit CCS sind nicht klimaneutral, sondern klimaschädlich

- Deutschland importiert **Flüssiggas** (LNG) im zunehmenden Maße aus den USA, um seinen Erdgasbedarf zu decken. Dort wiederum werden bei der Förderung und beim Transport etwa 3 Prozent der produzierten Erdgasmenge als **Methan** in die Atmosphäre freigesetzt.
- Methan ist ein circa 80-mal stärkeres Treibhausgas als CO_2, bezogen auf einen Zeitraum von 20 Jahren. Das bedeutet: Anwendungen, bei denen Flüssiggas aus den USA zum Einsatz kommt, sind nicht klimaneutral, sondern **klimaschädlich**.

Handlungsempfehlung: Kein CCS für Erdgaskraftwerke und die Herstellung von blauem Wasserstoff

- CCS sollte in Deutschland zunächst für Zementwerke eingesetzt werden. Ein Einsatz für die Abfallverbrennung und negative Emissionen (BECCS, DACCS) sollte für die Zukunft vorgesehen werden.
- CCS für Erdgas (Blauer Wasserstoff, Kraftwerke, Industriedampf) ist zurzeit **nicht sinnvoll** und sollte ausgeschlossen werden, solange das importierte Erdgas mit hohen Methanemissionen belastet ist.
- Bis eine CO_2-Speicherung im tiefen Untergrund der deutschen Nordsee möglich ist (frühestens ab 2035), könnte Deutschland abgeschiedenes CO_2 in Nordsee-Anrainerstaaten exportieren.

CC BY 4.0 (ohne Karte Seite 3)
https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode.de

Diese Publikation ist folgendermaßen zu zitieren: Klaus Wallmann, Kristin Hamann und Sina Löschke (2026): *Deutschlands begrenzte CO_2-Speicheroptionen tief unter der Nordsee und was sie bedeuten*, pp. 1-4, DOI 10.3289/CDRmare.64

GEOSTOR – Submarine Kohlendioxid-Speicherung in Geologischen Formationen der Deutschen Nordsee ist ein Forschungsverbund im Rahmen der Forschungsmission CDRmare. In der Forschungsmission CDRmare der Deutschen Allianz Meeresforschung (DAM), werden verschiedene Methoden der marinen CO_2-Entnahme und -Speicherung (Alkalinisierung, Blue Carbon, Künstlicher Auftrieb, CCS) hinsichtlich ihres Potenzials, ihrer Risiken und Wechselwirkungen untersucht und in einem transdisziplinären Bewertungsrahmen zusammengeführt.

DAM Deutsche Allianz Meeresforschung
Gefördert durch: Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt

IMPRESSUM: GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel // Wischhofstr. 1 – 3 // 24148 Kiel
Text: Klaus Wallmann, Kristin Hamann und Sina Löschke // **Redaktion und Kontakt:** Kristin Hamann (khamann@geomar.de) // **Design:** Rita Erven // **Oktober 2026**