

Geologische Methoden

Kohlendioxid-Speicherung im tiefen Untergrund der deutschen Nordsee

Die Speicherung von Kohlendioxid im tiefen Untergrund der Nordsee ist technisch machbar und wird bereits seit Jahrzehnten unter norwegischen Gewässern praktiziert. Unter der deutschen Nordsee existieren ebenfalls Gesteinsformationen, in denen sich vermutlich große Mengen Kohlendioxid speichern ließen. Dennoch bleiben wichtige Fragen offen, die in der Forschungsmission CDRmare adressiert und beantwortet werden sollen – mit dem Ziel, die Kohlendioxid-Speicherung im geologischen Untergrund der deutschen Nordsee unter Einhaltung des Vorsorgeprinzips zu ermöglichen.

Ein Speicher für abgeschiedene Kohlendioxid-Emissionen

- > In der Klimaforschung herrscht Konsens: Selbst mit ambitionierter Klimapolitik wird Deutschland zur Mitte des 21. Jahrhunderts voraussichtlich noch immer **10 bis 20 Prozent** der aktuellen Treibhausgas-Emissionen freisetzen und den Klimawandel weiter vorantreiben.
- > Um diese Rest-Emissionen auszugleichen, wird der Mensch Kohlendioxid im selben Umfang aus der Atmosphäre entnehmen müssen. Anschließend muss das Gas sicher eingelagert werden. Einige der Rest-Emissionen lassen sich auch von vornherein vermeiden. Dazu wird fossiles Kohlendioxid direkt an der Emissionsquelle abgeschieden und anschließend unterirdisch gespeichert. Verfahren zur **Kohlendioxid-Abscheidung und -Speicherung** werden auch als CCS bezeichnet. Die Abkürzung steht für die englische Bezeichnung: carbon capture and storage.
- > Kohlendioxid ist ein langlebiges Gas. Seine Entnahme und Speicherung müssen daher **effektiv und dauerhaft** sein. Einige zentrale Kohlendioxid-Entnahmemethoden wie Direct Air Capture und Bioenergiegewinnung mit Kohlendioxid-Abscheidung und -Speicherung (BECCS) sind dabei auf die **Speicherung im tiefen Untergrund** angewiesen.

CO₂-Speicherung in Sandsteinformationen der deutschen Nordsee

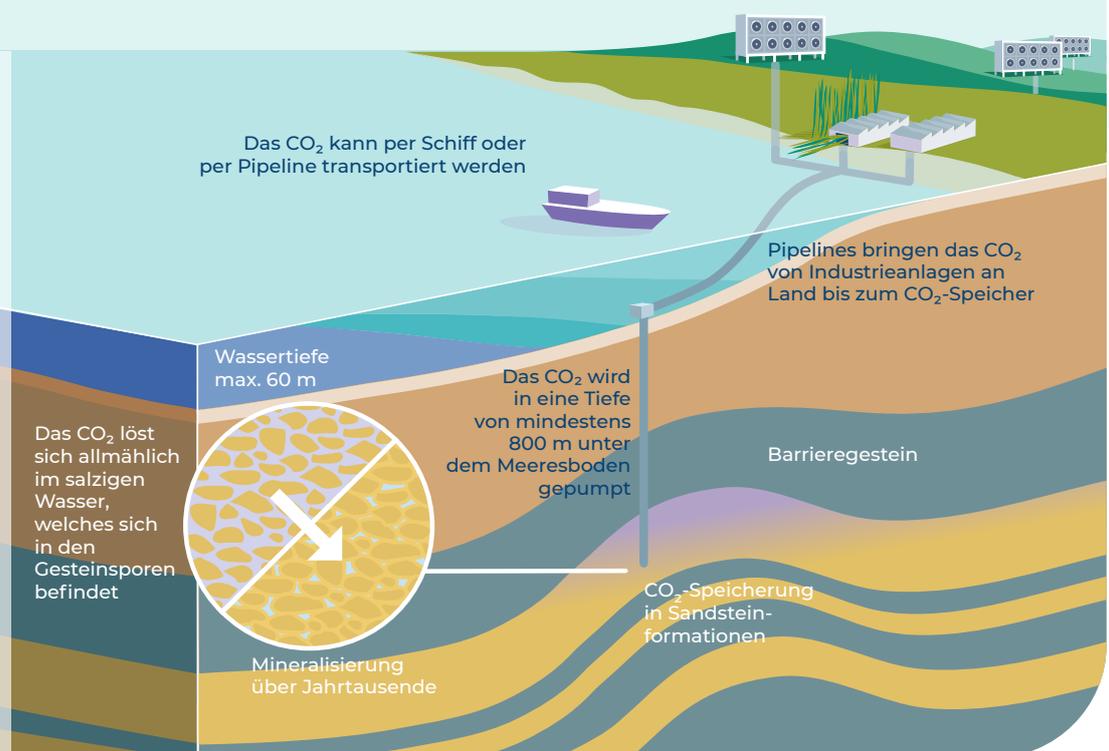
Für die Speicherung im tiefen Meeresuntergrund wird flüssiges Kohlendioxid via Schiff oder durch eine Pipeline in das Meeresgebiet transportiert und durch eine oder mehrere Bohrungen in tiefliegende poröse Sandsteinformationen gepresst. Dort breitet sich das Kohlendioxid in den Poren aus und sammelt sich am höchsten Punkt des Speichers unter der Barrierschicht. Mit der Zeit löst sich das Kohlendioxid im Formationswasser und reagiert mit Mineralen, die im umliegenden Sandstein enthalten sind. Dabei bilden sich Minerale (Karbonate), in denen das Kohlendioxid 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 **CO₂-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**.



Technisch machbar, vielerorts geplant

- > Die sichere und dauerhafte Speicherung großer Mengen Kohlendioxid im tiefen Meeresgrund der Nordsee ist **technisch machbar** und wird bereits seit mehr als zwei Jahrzehnten unter norwegischen Gewässern erfolgreich praktiziert.
- > In den Niederlanden, Dänemark, Großbritannien sowie in Norwegen planen verschiedene Firmen derzeit **weitere Großprojekte für die Nordsee**, weil sich die Abscheidung und Einlagerung von Kohlendioxid im Meeresuntergrund aufgrund der steigenden Preise für Kohlendioxid-Emissionszertifikate mittlerweile auch wirtschaftlich lohnen kann.

Geologischer Untergrund der Nordsee bietet viel CO₂-Speicherpotenzial

- > Die Nordsee verfügt über mächtige Sandsteinformationen in ihrem tiefen Untergrund und bietet damit gute **geologische Voraussetzungen** für eine Kohlendioxid-Speicherung. Ihre geringe Wassertiefe erleichtert zudem die Installation der notwendigen technischen Anlagen.
- > Schätzungen zufolge ließen sich im tiefen Untergrund der gesamten Nordsee etwa **150 Milliarden Tonnen Kohlendioxid** einlagern. Auf potenzielle Speichergesteine im Untergrund deutscher Gewässer entfielen dabei 3,6 bis 10,4 Milliarden Tonnen. Zum Vergleich: Berechnungen zufolge wird Deutschland künftig Rest-Emissionen in Höhe von 0,06 bis 0,13 Milliarden Tonnen Kohlendioxid pro Jahr produzieren.

Umweltrisiken beachten und minimieren

- > Die **Risiken** des Verfahrens für Mensch und Umwelt sind weitgehend bekannt. Zu ihnen zählen:
 - > das ungewollte **Entweichen des eingelagerten Kohlendioxids** aus dem Speichergestein (Leckagen) und die daraus folgende Versauerung bodennaher Wassermassen;
 - > die **Belastung der Meeresumwelt** durch sehr salziges Formationswasser sowie durch **Schwermetalle und andere für die Umwelt schädliche Stoffe**, die im Formationswasser enthalten sein könnten, welches im Zuge einer Kohlendioxid-Injektion aus dem Speichergestein verdrängt wird;
 - > **seismische Erschütterungen** in der Tiefe, welche die Funktionalität und Standfestigkeit am Meeresboden verankerter Infrastrukturen gefährden könnten sowie
 - > die **Lärmbelastung** für Meeresorganismen im Zuge der Suche nach geeigneten Speicherstrukturen, beim Bau der Anlagen sowie bei der langfristigen Überwachung der Kohlendioxid-Speicher.

Überwachungs- und Vorsorgekonzepte wurden zwar für CCS-Projekte in Nachbarländern entwickelt, diese aber müssen nun an die Bedingungen in der deutschen Nordsee angepasst und gegebenenfalls ergänzt werden. Zudem werden **Strategien zum Umgang mit möglichen Konflikten** mit anderen Nutzungsformen der Nordsee (z. B. Offshore-Windkraftanlagen) benötigt.

Die deutsche Rechtslage zur Kohlendioxid-Speicherung im Meeresuntergrund ist klärungsbedürftig

- > Internationale Abkommen erlauben Küstenstaaten die Kohlendioxid-Speicherung im geologischen Untergrund der unter ihrer Hoheitsgewalt stehenden Meeresgebiete. In Deutschland erschwert jedoch eine zum **Teil klärungsbedürftige Rechtslage** Vorhaben zur Kohlendioxid-Speicherung. Um entsprechende Projekte durchführen zu können, müsste unter anderem das **Kohlendioxid-Speicherungsgesetz angepasst** werden. Außerdem empfehlen Expert:innen, die deutsche Meeresraumplanung auf den tiefen Meeresuntergrund auszudehnen.

CDRmare liefert Antworten, Schutz- und Handlungskonzepte

- > Im Rahmen der Forschungsmission CDRmare sollen **Lösungen und Handlungsoptionen** für offene geologische, technische und rechtliche Fragestellungen einer Kohlendioxid-Speicherung im tiefen Untergrund der deutschen Nordsee gefunden und **Überwachungs- und Vorsorgekonzepte für bekannte Risiken** entwickelt werden. Außerdem schätzen die Forschenden die anfallenden **Kosten** ab. Auf diese Weise schaffen sie die wissenschaftlichen Voraussetzungen für ein umfassendes Demonstrationsprojekt.

Dazu notwendige Forschungsarbeiten werden im CDRmare-Forschungsverbund »GEOSTOR – Submarine Kohlendioxid-Speicherung in geologischen Formationen der Deutschen Nordsee« durchgeführt.