

Geologische Methoden

Ein Tiefsee-Experiment zur Kohlendioxid-Speicherung in ozeanischer Kruste

Auf Island wird seit dem Jahr 2014 mit Kohlendioxid angereichertes Wasser in die obere Ozeankruste injiziert – und das erfolgreich. Das Kohlendioxid mineralisiert innerhalb kurzer Zeit und wird für Jahrtausende fest gebunden. Da die Ozeankruste jedoch nur an wenigen Orten der Welt über den Meeresspiegel hinausragt, untersuchen Forschende derzeit die Option, Kohlendioxid in Meeresregionen zu verpressen, in denen riesige Areale geeigneter Basaltkruste in mittlerer bis großer Wassertiefe liegen. Ein möglicher Vorteil: Im Untergrund der Tiefsee würde sich das Kohlendioxid mit Meerwasser mischen, welches im Gestein zirkuliert, oder sich darin lösen. Dieses Kohlendioxid-Meerwasser-Gemisch wiederum wäre aufgrund des hohen Druckes schwerer als reines Meerwasser und Leckagen aus dem Untergrund damit unwahrscheinlicher. Doch wäre eine Kohlendioxid-Speicherung im Tiefsee-Untergrund technisch machbar und am Ende auch ökonomisch sinnvoll? Die Forschungsmission CDRmare liefert Antworten – mithilfe eines weltweit ersten Tiefsee-Forschungsexperimentes zur Kohlendioxid-Speicherung an erkalteten Flanken des Mittelatlantischen Rückens

**Das große Klimaziel:
Eine Netto-Null der
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 vorantreiben. Es gibt allerdings noch keinen gesellschaftlichen Konsens darüber, wie hoch mögliche **Rest-Emissionen** sein dürfen und welche Sektoren diese verursachen dürfen. Zurzeit sind Rest-Emissionen beispielsweise in der Zementherstellung, im Flug- und Schwerlasttransport aber auch in der Landwirtschaft und bei der Müllverbrennung nicht vermeidbar.
- > Um diese Rest-Emissionen auszugleichen, wird die Menschheit Kohlendioxid entweder direkt an seinen Quellen auffangen oder aber im selben Umfang aus der Atmosphäre entnehmen müssen. Anschließend muss das Gas sicher unterirdisch eingelagert werden. 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

Kohlendioxid-Speicherung in ozeanischer-Kruste

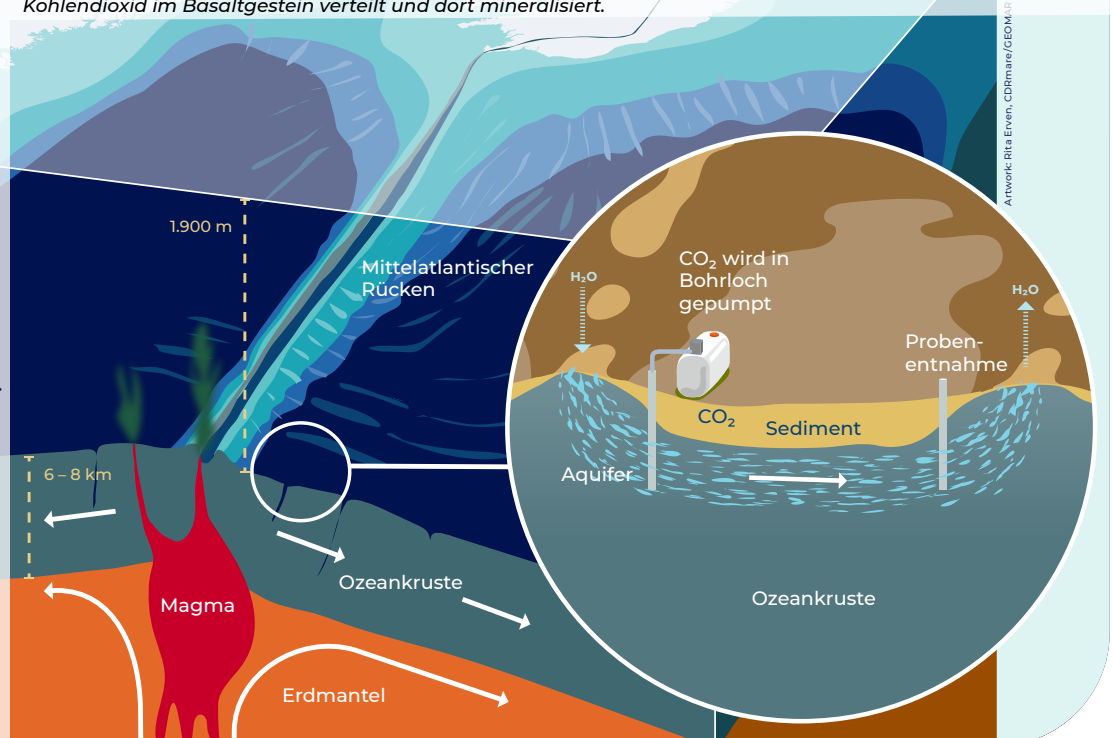
Kosten: auf Island etwa 25 bis 45 Euro pro Tonne CO₂, aber für **größere Meerestiefen bislang unklar.**

Skalierbarkeit: Eine **Kohlendioxid-Einlagerung im industriellen Maßstab ist theoretisch möglich.**

Dauer der Speicherung: Nach seiner Mineralisierung ist das Kohlendioxid für **viele Jahrtausende** fest gebunden.

Technischer Entwicklungsstand: Auf Island wird mit Kohlendioxid angereichertes Meerwasser seit dem Jahr 2014 erfolgreich in die obere Ozeankruste verpresst. **In größeren Wassertiefen ist dieses Verfahren bisher nur unzureichend getestet worden.**

Das hochporöse und reaktionsfreudige Basaltgestein der oberen Erdkruste ist ein idealer Speicherort für abgeschiedenes Kohlendioxid. In einem ersten Kohlendioxid-Einleitungsexperiment in der Tiefsee untersuchen Forschende nun, ob das auch unter Tiefseebedingungen der Fall ist und auf welche Weise sich das injizierte Kohlendioxid im Basaltgestein verteilt und dort mineralisiert.



Artwork: Rita Erven, CDRmare/GEOMAR

und Bioenergiegewinnung mit Kohlendioxid-Abscheidung und -Speicherung (BECCS) sind auf die **Speicherung im tiefen Untergrund** angewiesen.

Porös und reaktionsfreudig: Die obere Ozeankruste als Kohlendioxid-Speicher

- > Als Speicher für abgeschiedenes Kohlendioxid bietet sich die **obere, 400 Meter mächtige Basaltschicht der ozeanischen Kruste** an. Dieses Basaltgestein ist **hochporös und sehr reaktionsfreudig**. Das heißt, es bietet zum einen viel Raum. Zum anderen enthält es viele Minerale, die mit dem im Meerwasser gelösten Kohlendioxid reagieren und es durch die Bildung neuer Minerale (Gestein) **fest binden – und zwar für Jahrtausende**.

Erfolgsprojekt auf Island: Kohlendioxid mineralisiert zu 98 Prozent

- > Auf Island wird seit acht Jahren abgeschiedenes und in Süßwasser gelöstes Kohlendioxid in die obere Ozeankruste injiziert. Die Vulkaninsel liegt genau auf dem Mittelatlantischen Rücken, sodass die Ozeankruste hier bis über die Meeresoberfläche reicht und junges, noch warmes und damit sehr reaktionsfreudiges Basaltgestein schon durch vergleichsweise kurze Bohrungen zu erreichen ist. Die Mineralisierungsraten sind dementsprechend hoch: **Innerhalb von zwei Jahren mineralisieren 98 Prozent des injizierten Kohlendioxids**.

Auf der Suche nach der optimalen Lösung: Ein Kohlendioxid-Einleitungsexperiment in der Tiefsee

- > Orte, an denen die Ozeankruste wie auf Island über den Meeresspiegel hinausragt, gibt es nur wenige und meist liegen sie fernab industrieller Zentren, wo viele Kohlendioxid-Emissionen entstehen. Deshalb untersuchen Forschende die Option, Kohlendioxid in Meeresregionen zu verpressen, in denen **riesige Areale geeigneter Basaltkruste in mittlerer bis großer Wassertiefe** liegen. Ein möglicher Vorteil: Im Untergrund der Tiefsee würde sich das Kohlendioxid mit Meerwasser mischen, welches im Gestein zirkuliert, oder sich darin lösen. Dieses Kohlendioxid-Meerwasser-Gemisch wiederum wäre aufgrund des hohen Druckes **schwerer als Meerwasser und Leckagen aus dem Untergrund damit unwahrscheinlicher**.
- > In der Forschungsmission CDRmare führen Geolog:innen erstmals ein wissenschaftliches **Kohlendioxid-Einleitungsexperiment in der nordatlantischen Tiefsee** durch. Mit ihm wollen sie zum einen das Spektrum denkbarer Kohlendioxid-Speicheroptionen entlang mittelozeanischer Rücken abstecken. Zum anderen gilt es, bestehende Wissenslücken zur Kohlendioxid-Speicherung in ozeanischer Kruste zu schließen und herauszufinden, ob eine Kohlendioxid-Einlagerung in der Tiefsee im Vergleich zur geologischen Speicherung an Land die nachhaltigere, effektivere und langfristig kostengünstigere Option wäre.
- > Außerdem entwickeln und testen die Wissenschaftler:innen **neue tiefseetaugliche Sensorik** sowie modular einsetzbare **Unterwasser-Roboter**. Sie sind die Voraussetzung für die großflächige Untersuchung des Tiefseebodens rund um die Injektionsstelle auf mögliche Leckagen und könnten langfristig auch für **die Überwachung anderer Verfahren zur Kohlendioxid-Speicherung im Meeresuntergrund** eingesetzt werden.
- > Das Forschungsexperiment in der Tiefsee soll im Sommer 2025 in internationalen Gewässern des Nordatlantiks stattfinden, 300 bis 800 Kilometer südlich Islands, **im Bereich der Ostflanke des Reykjanes-Rückens**.
- > Die im Rahmen der CDRmare-Mission geplanten wissenschaftlichen Bohrungen und das dazugehörige Einleitungsexperiment dienen einzig und allein Forschungszwecken.

CDRmare liefert Antworten

- > Basierend auf den Ergebnissen des Tiefsee-Experimentes und anschließender Computer-Modellierungen werden die Forschenden Kosten-Nutzen-Analysen durchführen und erstmals **Handlungsoptionen für das gesamte Spektrum der Möglichkeiten** entlang mittelozeanischer Rücken ableiten – angefangen bei einer möglichen Kohlendioxid-Injektion in Basaltgestein an Land bis hin zu Speicherprojekten in mittlerer und großer Wassertiefe.
- > Dieses Handlungswissen soll Entscheidungstragende aus Politik, Wirtschaft und Zivilgesellschaft in die Lage versetzen, **faktenbasiert** über die verschiedenen Optionen einer Kohlendioxid-Speicherung im Meeresuntergrund zu diskutieren.

Alle hier beschriebenen Forschungsarbeiten werden im CDRmare-Forschungsverbund »AIMS3 – Alternative Szenarien, innovative Technologien und Monitoringansätze für die Speicherung von Kohlendioxid in ozeanischer Kruste« durchgeführt.



aims3.cdrmare.de



twitter.com/cdrmare



linkedin.com/
company/cdrmare/



CDRmare Wissenstransfer
transfer@cdrmare.de



GEFÖRDERT VOM

Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

IMPRESSUM GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel // Wischhofstr. 1–3 // 24148 Kiel
// **Verantwortlich für den Inhalt:** Andreas Oschlies, Gregor Rehder, Achim Kopf, Ulf Riebesell, Klaus Wallmann,
Martin Zimmer // **Redaktion:** Ulrike Bernitt (ubernitt@geomar.de) // **Texte:** Sina Löschke (schneehohl.net) //
Design und Grafik: Rita Erven // Juni 2023