

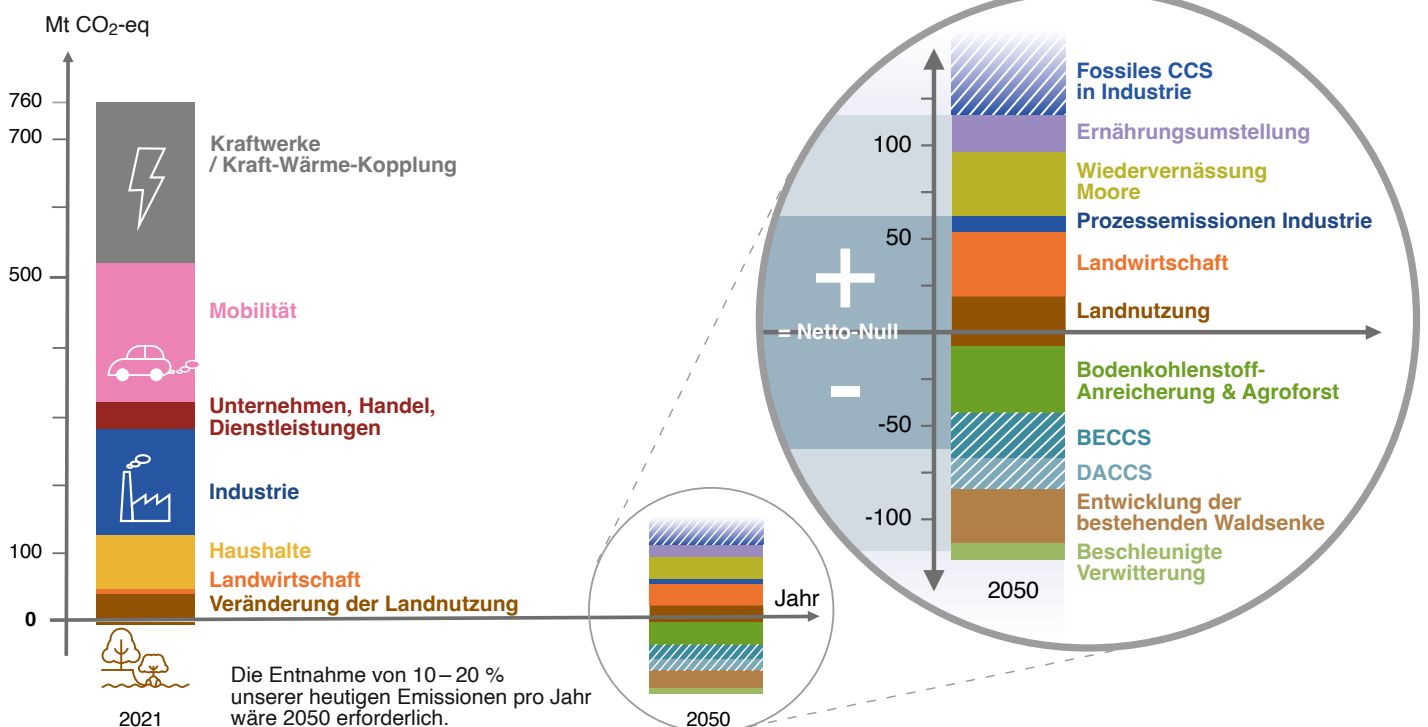
Hintergrund I: Gesellschaftlicher Handlungsdruck

Kohlendioxid-Entnahme aus der Atmosphäre: Dringend benötigt

Selbst bei ambitionierter Klimapolitik wird Deutschland in drei Jahrzehnten voraussichtlich noch immer 10 bis 20 Prozent der aktuellen Treibhausgas-Emissionen freisetzen und die Erderwärmung weiter vorantreiben. Ein Ausweg ist der Ausgleich durch eine gezielte Kohlendioxid-Entnahme und -Speicherung.

Die Herausforderung: Eine Netto-Null für Kohlendioxid-Emissionen

- > In der naturwissenschaftlichen Klimaforschung herrscht **Konsens**: Die Menschheit wird die Erderwärmung und die daraus resultierenden Klimafolgen und Risiken nur dann eindämmen, wenn sie ihre **Kohlendioxid-Emissionen** in die Atmosphäre auf eine **rechnerische Null** reduziert (netto null).
- > Vom Menschen verursachte Kohlendioxid-Emissionen entstehen durch die **Verbrennung fossiler Rohstoffe** wie Erdöl, Erdgas und Kohle sowie durch eine **veränderte Landnutzung**. Bislang weiß niemand, wie die Menschheit diese Emissionen künftig zu 100 Prozent auf ökologische und sozialverträgliche Weise vermeiden kann.
- > Vielmehr gehen Expert:innen davon aus, dass Deutschland auch zur Mitte des 21. Jahrhunderts noch **Kohlendioxid-Restmengen** und andere Treibhausgase emittieren wird. Deren Höhe wird in optimistischen Szenarien auf **10 bis 20 Prozent der aktuellen Emissionen** geschätzt. Das entspricht einem Ausstoß von **jährlich etwa 60 bis 130 Millionen Tonnen Treibhausgasen**, darunter zu einem Großteil Methan und Lachgas.
- > 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 schwer vermeidbar.



Gesucht: Strategien für den Ausgleich der Rest-Emissionen

- > Die Rest-Emissionen müssen ausgeglichen werden. Es gibt **verschiedene Lösungsansätze**, um Kohlendioxid aus der Atmosphäre zu entnehmen und so einen Ausgleich herzustellen. Zudem kann die Freisetzung einiger Rest-Emissionen verhindert werden, wenn das Kohlendioxid an der Emissionsquelle aufgefangen und im Anschluss geologisch gespeichert wird. Dies ist wichtig für jene Industriesektoren, die Emissionen fossilen Ursprungs aktuell nicht vermeiden können. Als Kohlendioxid-Entnahme aber dürfen die Unternehmen die Abscheidung von Kohlendioxid aus fossilen Quellen nicht bezeichnen. Hier muss klar zwischen verhinderten Emissionen und tatsächlich aus der Atmosphäre entnommenen Kohlendioxid-Mengen unterschieden werden.
- > Viele Verfahren der Kohlendioxid-Entnahme und -Speicherung sind landbasiert. Da Land bereits jetzt eine knappe Ressource ist, werden **ozeanbasierte Ansätze und Verfahren** verstärkt erforscht.

Ozean: Wie groß ist sein Kohlendioxid-Aufnahmepotenzial?

- > Das Klimasystem der Erde nutzt **physikalische, chemische und biologische Prozesse**, um Kohlendioxid aus der Atmosphäre zu entfernen und an Land, im Meer oder im geologischen Untergrund einzulagern. Der Weltozean bedient sich dieser Prozesse in einem so umfassenden Maße, dass er in der Erdgeschichte schon sehr große Veränderungen der atmosphärischen Kohlendioxid-Konzentration abgefedert hat. Aufgrund seiner natürlichen CO₂-Aufnahmefähigkeit ist der **Ozean Hauptakteur im globalen Kohlenstoffkreislauf**. Allerdings finden die CO₂-Aufnahmeprozesse im Ozean und Ozeanboden **auf langen Zeitskalen** statt. Durch verschiedene Verfahren könnten diese beschleunigt und damit die Kohlendioxid-Aufnahmerate des Ozeans erhöht werden.

CDRmare: Forschung liefert Antworten

- > In der interdisziplinären **Forschungsmission CDRmare** untersuchen Forschende ein **breites Spektrum mariner Ansätze zur Kohlendioxid-Entnahme und -Speicherung** und erforschen aktuell vielversprechend erscheinende Methoden und Maßnahmen. Dabei betrachten die Wissenschaftler:innen den **Ozean als globales, zusammenhängendes System**: Veränderungen in einem Bereich führen zu Wechselwirkungen mit anderen verknüpften Teilbereichen und Nutzungsformen (z. B. Fischerei und Tourismus).
- > Nur auf Basis eines ganzheitlichen Forschungsansatzes können die **Potenziale, Kosten und Risiken** einer vom Menschen verstärkten Kohlendioxid-Aufnahme durch den Ozean realistisch abgeschätzt und bewertet werden. Wichtig ist zu verstehen, welche Methoden überhaupt anwendbar sind, unter welchen lokalen und globalen Voraussetzungen diese funktionieren und welche Ansätze letztlich ausscheiden. Der Wissenschaft kommt dabei die Aufgabe zu, **öffentlich und transparent** aufzuklären. Welche Lösungsansätze künftig genutzt werden, muss in einer offenen Debatte politisch und gesamtgesellschaftlich ausgehandelt werden.

Die sechs CDRmare Forschungsverbände

- > Die Forschungsmission der Deutschen Allianz Meeresforschung (DAM) CDRmare setzt sich aus **sechs Verbänden** zusammen, in denen verschiedene Methoden der marinen Kohlendioxid-Entnahme und -Speicherung untersucht und anschließend gemeinsam mit externen Experten bewertet werden. Wichtig zu wissen: Alle Methoden haben ein **unterschiedliches Kohlendioxid-Entnahmepotenzial** und sind im Hinblick auf ihren **technischen Entwicklungsstand** im unterschiedlichen Maße anwendungsbereit.
- > Die sechs Verbände sind:
 - > Kohlendioxidentnahme durch Alkalinitätserhöhung: Potenzial, Nutzen und Risiken (**RETAKE**)
 - > Innovative Ansätze zur Verbesserung des Kohlenstoffspeicherungspotenzials von Vegetationsküsten-ökosystemen (**sea4soCieTy**)
 - > Submarine Kohlendioxid-speicherung in geologischen Formationen der deutschen Nordsee (**GEOSTOR**)
 - > Künstlicher Auftrieb im Feldtest (**Test-ArtUp**)
 - > Alternative Szenarien, innovative Technologien und Monitoringansätze für die Speicherung von Kohlendioxid in ozeanischer Kruste (**AIMS3**)
 - > Bewertungsrahmen für marine Kohlendioxidentnahme und Synthese des aktuellen Wissensstandes (**ASMASYS**)

Alle im Rahmen der Mission durchgeführten Forschungsarbeiten im Meer unterliegen deutschen und internationalen Umweltschutzauflagen.



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: Rita Erven // Juni 2023