

Biologische Methoden

## Künstlicher Auftrieb: Mehr Power für die biologische Kohlenstoffpumpe des Meeres

Algen, Zooplankton und Fische gehören zu den Schlüsselakteuren der biologischen Kohlenstoffpumpe, mithilfe derer der Ozean der Atmosphäre auf natürliche Weise Kohlendioxid entnimmt und den enthaltenen Kohlenstoff in großen Wassertiefen einlagert. Damit dieser Mechanismus jedoch optimal funktioniert, braucht es Nährstoffe, die vielerorts fehlen, zumindest im lichtdurchfluteten Oberflächenwasser. Durch das Heraufpumpen nährstoffreichen Tiefenwassers könnte der Mensch diesen Nährstoffmangel beheben. Ob ein solcher künstlicher Auftrieb aber tatsächlich klimawirksam wäre, welche Risiken er mit sich brächte und ob er technisch und rechtlich im großen Stil umgesetzt werden könnte, ist bislang ungewiss. Die Forschungsmission CDRmare liefert Antworten.

### 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 Kohlendioxid-Emissionen freisetzen und die Erderwärmung weiter vorantreiben.
- > Um diese Rest-Emissionen auszugleichen, wird die Menschheit Kohlendioxid **im selben Umfang aus der Atmosphäre entnehmen** müssen.

### Mehr Algenwachstum, größerer Biomasse-Transport in die Tiefe

- > Gelingen könnte eine solche **verstärkte Kohlendioxid-Entnahme** auch mit Hilfe des Meeres, etwa **durch eine Steigerung der biologischen Kohlenstoffpumpe** in bislang wenig produktiven Meeresregionen. Darunter versteht man ein verstärktes Algenwachstum im Oberflächenwasser. Dessen kohlenstoffreiche Biomasse würde nach dem Tod der Algen entweder direkt in größere Wassertiefe sinken oder aber durch das Nahrungsnetz des Meeres wandern und so über Umwege in die Tiefe verfrachtet – allerdings nicht vollständig, sondern nur zu einem gewissen Anteil.

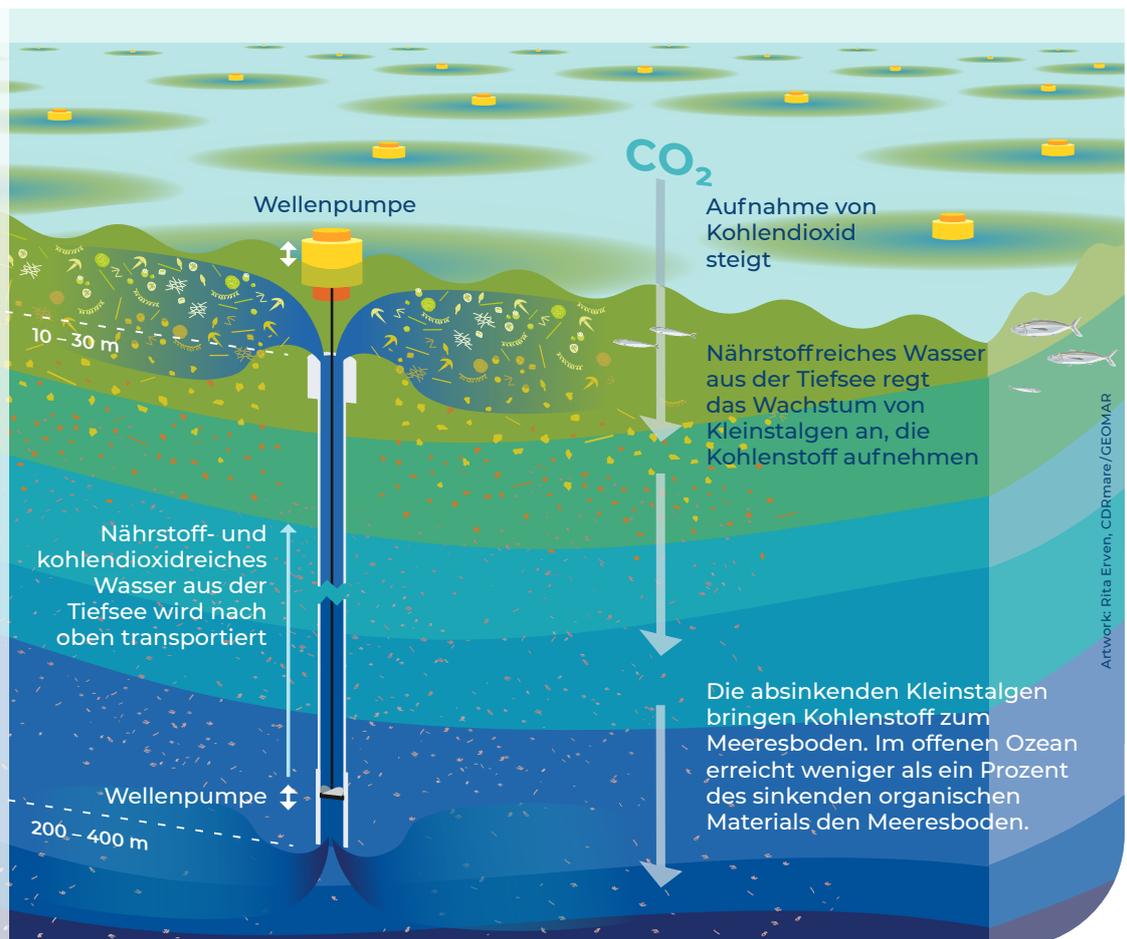
### Künstlicher Auftrieb

Kosten: Bislang nicht bezifferbar. Erste Kalkulationen finden im Zuge von CDRmare statt.

Skalierbarkeit: **Eine Kohlendioxid-Einlagerung im größeren Maßstab ist theoretisch möglich;** Auftriebspumpen könnten sowohl **in den Randmeeren als auch auf dem offenen Ozean** eingesetzt werden.

Dauer der Kohlenstoff-Speicherung: **für Jahrzehnte bis Jahrhunderte.**

Technischer Entwicklungsstand: **in den Anfängen.**



- > In großer Wassertiefe wären der in der Biomasse **enthaltene Kohlenstoff und mögliche Abbauprodukte für Jahrzehnte, bestenfalls für Jahrhunderte eingeschlossen** und könnten vorerst nicht mehr in Form von Kohlendioxid in die Atmosphäre entweichen.

### Künstlicher Auftrieb: Dünger aus der Tiefe

- > **Nährstoffe sind der limitierende Faktor** der biologischen Kohlenstoffpumpe. Wo sie im Oberflächenwasser fehlen, stockt die Biomasseproduktion und somit die Kohlendioxid-Aufnahme durch Algen. Durch das **Heraufpumpen nährstoffreichen Tiefenwassers** ließen sich wenig produktive Meeresregionen mit ausreichend Nährstoffen versorgen.
- > Dieser Ansatz wird als **künstlicher Auftrieb** bezeichnet, weil er die Funktionsweise der großen natürlichen Auftriebsgebiete vor den Westküsten Perus, Namibias, Kaliforniens und Mauretaniens kopiert. Diese Gebiete gehören zu den produktivsten und fischreichsten Meeresregionen der Welt. Um dieselbe Auftriebswirkung zu erzielen, müssten **jedoch zehntausende Auftriebspumpen** in nährstoffarmen Meeresgebieten betrieben werden.

### Probe aufs Exempel: Testlauf einer optimierten Auftriebspumpe im offenen Meer

- > Wenn kaltes, kohlendioxidreiches Tiefenwasser zur Meeresoberfläche aufsteigt, erwärmt es sich, was dazu führen kann, dass **Kohlendioxid aus dem Meer in die Atmosphäre entweicht**. Eine solche Ausgasung würde die Klimawirksamkeit von Verfahren zum künstlichen Auftrieb reduzieren. Die Ergebnisse der CDRmare Forschungsmission aber deuten darauf hin, dass entsprechende Methoden unter bestimmten Umständen ein **höheres Kohlendioxid-Entnahme-Potenzial** besitzen als bislang angenommen wurde. In welchem Maße dieses Potenzial jedoch ausgeschöpft werden kann, ist bislang noch ungewiss.
- > In der Forschungsmission CDRmare führen Wissenschaftler:innen nun erstmals **umfassende, transdisziplinäre Studien zur technischen, ökologischen, biogeochemischen, ökonomischen und rechtlichen Machbarkeit von künstlichem Auftrieb** durch. Hierzu gehört auch der Testlauf einer **neuentwickelten seetüchtigen Wellenpumpe** vor der Küste Gran Canarias.

### Umfangreiche Begleitforschung

- > Begleitet werden die Entwicklung und der Testlauf der Auftriebspumpe durch umfangreiche **Simulationen optimierter Strömungsmodelle**, die dazu dienen, die grundlegenden biogeochemischen Prozesse eines Auftriebs nährstoffreichen Tiefenwassers zu verstehen. Gleichzeitig führen Biolog:innen vielseitige Experimente durch, in denen die **Reaktionen von Algen und Zooplankton auf die Nährstoffzufuhr** überprüft und ihre optimalen Wachstums- und Anpassungsbedingungen erforscht werden.
- > Wirtschaftsexpert:innen entwickeln derweil ein integriertes Bewertungsmodell, mit dessen Hilfe sich der **wirtschaftliche und klimapolitische Nutzen künstlichen Auftriebs** berechnen lässt.
- > Rechtswissenschaftler:innen untersuchen die existierenden rechtlichen Rahmenbedingungen eines solchen Einsatzes und wollen herausfinden, welche Änderungen der rechtlichen Übereinkommen und Prinzipien vorgenommen werden müssten, um ein **angemessenes Regelwerk für die Steuerung des künstlichen Auftriebs** zu schaffen.

### CDRmare liefert Antworten

- > Basierend auf den vielen Analysen werden die Forschenden **Handlungsoptionen für die Entscheidungsfindung in Politik, Wirtschaft und Zivilgesellschaft** zusammentragen. Dieses Wissen soll alle Beteiligten in die Lage versetzen, **faktenbasiert** über Vorteile und Risiken eines möglichen Einsatzes von künstlichem Auftrieb zur Steigerung der Kohlendioxid-Aufnahme des Meeres zu diskutieren.

Alle dazugehörigen Forschungsarbeiten werden im CDRmare-Forschungsverbund »Test-ArtUp – Künstlicher Ozeanauftrieb im Feldtest« durchgeführt.



test-artup.  
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