

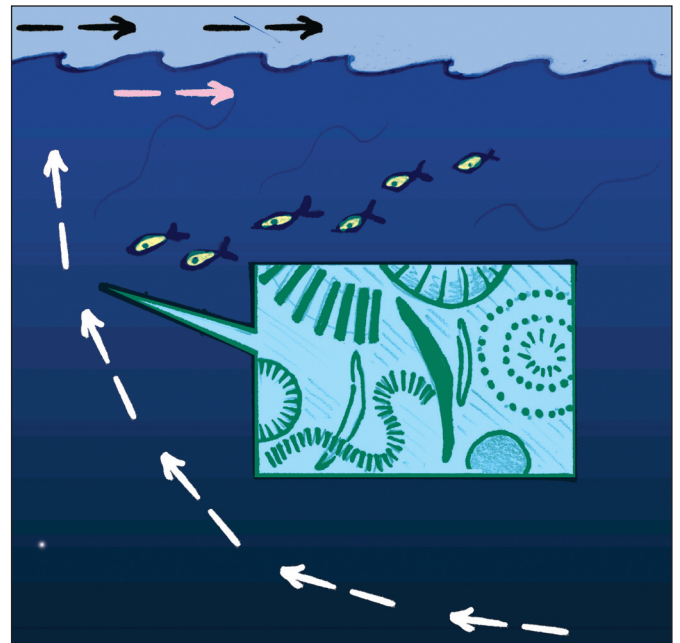
Künstlicher Auftrieb (Artificial Upwelling)

Beschreibung und Zweck der Technologie

Das Verfahren des künstlichen Auftriebs ist eine anvisierte Technologie zur Entfernung von Treibhausgasen (GGR^A), die darauf abzielt, nährstoffreiches Tiefseewasser (DOW^B) künstlich an die Oberfläche zu transportieren, um das Wachstum von Phytoplankton anzuregen. Einige Forscher/innen vertreten die Hypothese, dass neu entstehendes Phytoplankton atmosphärisches CO₂ absorbiert und dauerhaft speichert, wenn es stirbt und auf den Meeresboden sinkt. Ob dieses Verfahren überhaupt funktioniert, ist nicht erwiesen, und es gibt Hinweise darauf, dass es Gefahren für die Fischerei, die ökologischen Kreisläufe und das Klima mit sich bringen könnte.

Der Transport von Tiefseewasser an die Oberfläche wird als Auftrieb bezeichnet. Natürlicher Auftrieb wird durch Winde und die Erdrotation verursacht, die dafür sorgen, dass sich das im Allgemeinen kältere, tiefe Wasser mit dem Wasser in den oberen Ozeanschichten vermischt. Das Tiefseewasser ist oft sehr nährstoffreich und kann daher die Primärproduktion^C in den oberen sonnenbeschienenen Ozeanschichten erhöhen. Aus diesem Grund behaupten Befürworter/innen des künstlichen Auftriebs, dass die Technologie zur Erholung der Fischbestände beitragen könnte, und dass das nach oben transportierte Tiefseewasser die Luftschichten über dem Meer und / oder die Korallenriffe kühlen könnte.¹

A GGR = Greenhouse Gas Removal
B DOW = Deep Ocean Water
C Produktion von Biomasse durch Produzenten wie Pflanzen und Algen mithilfe von Licht

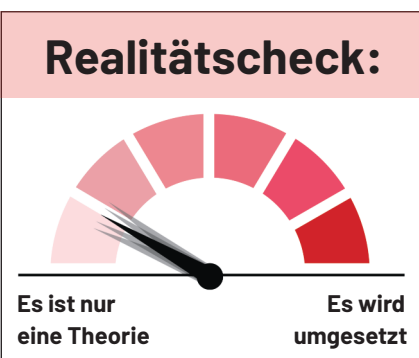


Natürlicher Auftrieb stimuliert das Wachstum von Phytoplankton, wenn Winde und die Erdrotation dafür sorgen, dass sich das häufig nährstoffreichere Tiefseewasser mit dem Wasser in oberen Ozeanschichten vermischt. Künstlich erzeugter Auftrieb würde lange Plastikrohre – möglicherweise Millionen davon – einsetzen, um den Prozess zu beschleunigen.

In den letzten fünfzig Jahren wurden verschiedene Auftriebstechnologien in Labor- und Feldversuchen getestet: Elektrische Pumpen haben sich als zu teuer erwiesen, der Auftrieb durch Salzgehalt- oder Temperaturunterschiede als zu ineffizient. Neuere Ansätze beinhalten Lufthebepumpen, die mit Solarenergie und Druckluft betrieben werden, sowie mit Wind- oder Wellenkraft betriebene Systeme.

Unabhängig von der verwendeten Methode werden für das Auftriebsverfahren Plastikrohre benötigt, die Hunderte von Metern tief reichen und häufig in Kombination mit Schwimm- oder Tauchplattformen zum Einsatz kommen.² Wenn solche Konstruktionen im großen Umfang installiert werden, könnte das schwerwiegende Folgen für die Meereslebewesen, die Schifffahrt und die Fischerei haben.

Auswirkungen auf:



In den letzten Jahrzehnten wurden mindestens 20 Feldversuche durchgeführt. Sie erfüllten aber nicht die in sie gesetzten Erwartungen: Es gibt kaum Anhaltspunkte dafür, dass durch die Technologie tatsächlich CO₂ gespeichert wird. Sie basiert auf der fälschlichen Annahme, dass die komplexen Mechanismen des natürlichen und des künstlichen Auftriebs miteinander vergleichbar sind. Das Verfahren kann ironischerweise auch bereits gespeichertem Kohlenstoff zum Auftrieb verhelfen, indem es Tiefseewasser an die Oberfläche transportiert, das reich an gelöstem anorganischen Kohlenstoff ist.³ Darüber hinaus bringt der künstliche Auftrieb Umweltprobleme mit sich und könnte u. a. unbekannte, unvorhersehbare und möglicherweise höchst schädliche Auswirkungen auf marine Ökosysteme haben.⁴

Akteur/innen

Die meisten bisherigen und derzeitigen Forschungsaktivitäten und Versuche im offenen Ozean wurden und werden von Universitäten und öffentlichen Forschungseinrichtungen in China, der Europäischen Union, Japan, Norwegen und den USA durchgeführt und finanziert.⁵

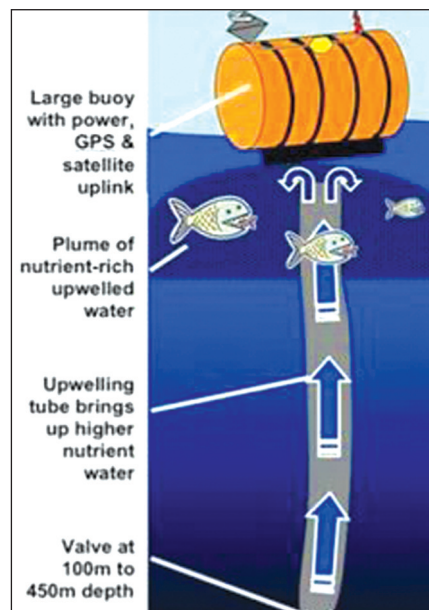
Die chinesische Zhejiang-Universität untersucht seit mehreren Jahrzehnten die technischen Details des künstlichen Auftriebs und hat mehrere Feldversuche durchgeführt, um die Auftriebstechnologie zu testen und weiterzuentwickeln, z. B. im Qiandao-See und in küstennahen Meeresgebieten. Bei weiteren Versuchen wurde ein hauseigener Wassertank verwendet. Zudem hat die Universität mehrere Forschungs- und Modellierungsstudien durchgeführt, darunter eine Studie zum Anbau von Seetang in Kombination mit künstlichem Auftrieb.⁶

Zwischen 1989 und 2012 fanden vor der Küste Japans mehrere wissenschaftliche Auftriebsversuche statt, die von japanischen Ministerien und öffentlichen Stellen finanziert wurden. Bei weiteren Auftriebsversuchen, die zwischen 2002 und 2010 in vier norwegischen Fjorden durchgeführt wurden, stammten die Fördergelder von norwegischen Forschungseinrichtungen und Wasserkraftwerken.⁷

// Modellierungsstudien sagen zudem voraus, dass der Auftrieb von kälterem Tiefseewasser die Wärmeabsorption in den oberen Wasserschichten erhöhen wird. Sobald der Auftrieb zum Stillstand käme, würde das Meer die absorbierte Wärme wieder an die Umgebungsluft abgeben, was zu einer zusätzlichen Erwärmung der Erdatmosphäre führen würde. In der Praxis bedeutet dieser Terminierungseffekt, dass die Auftriebspumpen nach dem Einschalten nie mehr abgeschaltet werden dürften. //

Das von der Europäischen Kommission finanzierte europaweite Forschungsprojekt Ocean artUp, unter der Leitung des GEOMAR Helmholtz-Zentrums für Ozeanforschung, soll die Machbarkeit, Effektivität und Risiken des künstlichen Auftriebs untersuchen. Außerdem soll es der Frage nachgehen, ob und inwieweit diese Technologie dazu beitragen kann, die biologische Produktivität und die CO₂-Bindung im Meer zu erhöhen und das Wachstum der Fischbestände anzukurbeln. Im Rahmen dieses Fünfjahresprojekts (2017–2021) fanden auf Gran Canaria Auftriebsversuche im Hafen von Taliarte statt. GEOMAR führte zudem 2020 im Rahmen des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung finanzierten CUSCO-Projekts Untersuchungen zum künstlichen Auftrieb im Humboldt-Strom vor der peruanischen Küste durch.⁸

Die US National Science Foundation finanzierte zwischen 1992 und 2008 drei Studien zum künstlichen Auftrieb vor der Küste Hawaiis. Seit 2019 unterstützt das US-Energieministerium das Pilot-Demonstrationsprojekt Blue Fields, das darauf abzielt, Makroalgen durch den künstlichen Auftrieb von Tiefseewasser mit Nährstoffen zu versorgen.



Die Abbildung zeigt eine Möglichkeit, künstlichen Auftrieb zu erzeugen (von AtMotion)



Wale und andere Meereslebewesen leisten bereits sehr gute Arbeit bei der Vermischung von Nährstoffen in den oberen Meeresschichten
(Christopher Michel / Flickr)

GESAMP^D, ein Gremium, das die Vereinten Nationen zu wissenschaftlichen Aspekten des Meeresumweltschutzes berät, bestätigte, dass der Nutzen des künstlichen Auftriebs begrenzt sei und dass die bisher durchgeführten Feldstudien keinen Nachweis dafür erbracht hätten, dass CO₂ im größeren Umfang gebunden würde. Außerdem verweisen beide Studien auf schwerwiegende ökologische und gesellschaftspolitische Risiken, wie die Sauerstoffreduzierung im Meer, die erhöhte Freisetzung von Methan, erhebliche Veränderungen in der Artenzusammensetzung sowie mögliche grenzüberschreitende Auswirkungen auf die Fischerei und Witterungsverläufe.¹²

Die dafür vorgesehenen Auftriebsvorrichtungen sollen 3 km vor der Westküste Hawaiis installiert werden und umfassen eine 40 m² große Schwimmplattform sowie von Wellenkraft angetriebene Pumpen mit Rohren, die in eine Tiefe von bis zu 300 Metern reichen.⁹

Auch zwei private Initiativen aus den USA arbeiten an Konzepten zum künstlichen Auftrieb: Das Unternehmen Ocean-Based Climate Solutions hat ein Auftriebsverfahren entwickelt, dieses in mehreren Versuchen auf dem offenen Meer vor der Morro Bay in Kalifornien getestet und plant, diese Technologie auf den Markt zu bringen. Die 2007 von Brian von Herzen gegründete Organisation The Climate Foundation (TCF) testete 2008 eine mit Wellenkraft betriebene Auftriebstechnik 100 km nördlich von Hawaii. Die TCF plant weitere Auftriebsprojekte – u. a. in einem philippinischen Küstenriffgebiet und in der Storm Bay in Tasmanien – die der Erholung von Algenbeständen dienen sollen.¹⁰

Auswirkungen der Technologie

Ein internationales Forschungsteam in Kiel modellierte die Auswirkungen des künstlichen Auftriebs im globalen Maßstab und kam zu dem Schluss, dass die Technologie nicht praktikabel sei: „diese Methode hat [...] nur ein sehr begrenztes Potential zur Kohlenstoffbindung und das Risiko erheblicher Nebenwirkungen“.¹¹

Künstlicher Auftrieb kann zu einer ungünstigen Zusammensetzung gelöster Gase führen: Eine zusätzliche CO₂-Aufnahme könnte die Versauerung der Meere verstärken. Der Auftrieb von nährstoffreichem Tiefseewasser, das häufig auch reich an gelöstem Kohlenstoff ist, kann zusätzliches CO₂ in die Atmosphäre freisetzen. Eine erhöhte biologische Produktivität kann den Sauerstoffgehalt im oberen Ozean vermindern und so zu negativen Folgen für die Fauna und Flora des Meeres führen.

Modellierungsstudien sagen zudem voraus, dass der Auftrieb von kälterem Tiefseewasser die Wärmeabsorption in den oberen Wasserschichten erhöhen wird. Sobald der Auftrieb zum Stillstand käme, würde das Meer die absorbierte Wärme wieder an die Umgebungsluft abgeben, was zu einer zusätzlichen Erwärmung der Erdatmosphäre führen würde.¹³ In der Praxis bedeutet dieser Terminierungseffekt, dass die Auftriebspumpen nach dem Einschalten nie mehr abgeschaltet werden dürften.

Der künstliche Auftrieb von kälterem Tiefseewasser kann auch die Meeresströmungen beeinflussen und infolge veränderter Wettermuster die landwirtschaftliche Produktion beeinträchtigen.¹⁴

D GESAMP = Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection.

Im größeren Maßstab müssten für die Auftriebstechnologie umfangreiche Konstruktionen im Meer installiert werden, z. B. schwimmende Plattformen mit Vorrichtungen für die Energieversorgung und Plastikrohre mit einer Länge von mehreren Hundert Metern.¹⁵ Daten zu den Umweltauswirkungen solcher Installationen auf das Leben im Meer oder Einzelheiten zu ihrem Wartungsaufwand sind nicht verfügbar. Zudem ist die Vereinbarkeit großflächig eingesetzter Auftriebsanlagen mit der Schifffahrt und Fischerei höchst zweifelhaft.

Realitätscheck

Bisher wurden zahlreiche Experimente unterschiedlichen Umfangs in der Tiefsee, in Seen und in Fjorden durchgeführt, die ebenso oft mit einer Steigerung der Fisch- und Meeresfrüchteproduktion verbunden waren wie mit einer Erhöhung der CO₂-Speicherung.

Weitere Projekte sind in Vorbereitung, aber aus Kosten- und Durchführbarkeitsgründen verlagert sich der Forschungsschwerpunkt auf Küstengebiete und auf die Kombination von künstlichem Auftrieb mit marinen Aquakulturen.

Weiterführende Inhalte

ETC Group und Heinrich-Böll-Stiftung,

„**Geoengineering Map**“,

<https://map.geoengineeringmonitor.org/>

Video über die Bedeutung von Walen für den natürlichen Auftrieb und die Nährstoffversorgung in den oberen Meeresschichten:

<https://www.youtube.com/watch?v=M18HxXve3CM>

Fußnoten

- 1 GESAMP (2019) High level review of a wide range of proposed marine geoengineering techniques, Boyd and Vivian (Hrsg.), IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UN Environment/UNDP/ISA Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection, Rep. Stud. GESAMP No. 98, 144 S., <http://www.gesamp.org/publications/high-level-review-of-a-wide-range-of-proposed-marine-geoengineering-techniques>
- 2 ETC Group und Heinrich-Böll-Stiftung (2020) Geoengineering Map: Artificial Upwelling, <https://map.geoengineeringmonitor.org>
- 3 Oeschies, et al. (2010) Climate engineering by artificial ocean upwelling: Channeling the sorcerer's apprentice, in: Geophysical Research Letters, Vol. 37(4), <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2009GL041961>; Dutreuil, et al. (2009) Impact of enhanced vertical mixing on marine biogeochemistry: lessons for geo-engineering and natural variability, in: Biogeosciences, Vol. 6: 901 - 912, <https://www.biogeosciences.net/6/901/2009/>
- 4 Bauman, et al. (2015) Augmenting the Biological Pump: The Shortcomings of Geoengineered Upwelling, in: Oceanography, Vol. 27(3): 17 - 23, <https://tos.org/oceanography/article/augmenting-the-biological-pump-the-shortcomings-of-geoengineered-upwelling>
- 5 Ibid (ETC Group und Heinrich-Böll-Stiftung (2020))
- 6 ETC Group und Heinrich-Böll-Stiftung (2020) Geoengineering Map: Artificial Upwelling, <https://map.geoengineeringmonitor.org>, <https://map.geoengineeringmonitor.org/other/zhejiang-university-artificial-upwelling/>
- 7 Ibid (ETC Group und Heinrich-Böll-Stiftung (2020))
- 8 ETC Group und Heinrich-Böll-Stiftung (2020) Geoengineering Map, <https://map.geoengineeringmonitor.org/other/ocean-artup/>, <https://map.geoengineeringmonitor.org/Carbon-Cioxide-Removal/cusco-peru/>
- 9 Ibid (ETC Group und Heinrich-Böll-Stiftung (2020))
- 10 Ibid (ETC Group und Heinrich-Böll-Stiftung (2020))
- 11 Ibid (Oeschies, et al. (2010)); IFM-GEOMAR (2010) CO2 Reduction by artificial ocean upwelling?, Pressemitteilung, online veröffentlicht: 16. Februar 2010, https://www.geomar.de/uploads/media/pm_2010_10_zauberlehrling_e.pdf
- 12 Ibid (GESAMP (2019), Oeschies, et al. (2010)); IFM-GEOMAR (2010)
- 13 Ibid (GESAMP (2019), Oeschies, et al. (2010))
- 14 Ibid (GESAMP (2019))
- 15 Ibid (ETC Group und Heinrich-Böll-Stiftung (2020))