

Beschleunigte Verwitterung (im Meer und an Land)

Beschreibung und Zweck der Technologie

Die beschleunigte Verwitterung^A umfasst verschiedene Ansätze zur Entfernung von CO₂, bei denen große Mengen an ausgewählten und fein gemahlene Gesteinen auf weitläufige Landflächen, Strände oder auf die Meeresoberfläche ausgebracht werden sollen. Ziel der anvisierten Technologie zur Entfernung von CO₂ (CDR^B) ist es, die natürlichen Verwitterungsprozesse von Silikat- und Karbonatgesteinen nachzuahmen und zu beschleunigen. Durch den langsamen Karbonisierungsprozess werden pro Jahr schätzungsweise eine Milliarde Tonnen CO₂ aus der Atmosphäre absorbiert. Zur Beschleunigung des Verwitterungsprozesses sollen große Mengen an geeignetem Gestein abgebaut und zerkleinert werden, um sowohl die Menge an verwitterndem Gestein sowie dessen reaktive Oberfläche zu vergrößern.¹

Die Beschleunigung des CO₂-bindenden Verwitterungsprozesses ist in einem ähnlichen Ausmaß wie der Kohlebergbau mit einem hohen Kosten- und Energieaufwand sowie Umweltschäden verbunden. Für das Verfahren müssen geeignete Gesteine, insbesondere kalzium- und magnesiumreiche Silikat- und Karbonatminerale wie olivinreiche ultramafische und mafische Gesteine oder Basaltgesteine, abgebaut, zerkleinert, transportiert und ausgebracht werden.

A im Englischen: Enhanced Weathering (EW)

B CDR = Carbon Dioxide Removal



Die beschleunigte Verwitterung ist ein theoretischer Ansatz zur Absorption von CO₂ aus der Atmosphäre, der die Ausbringung von abgebauten Gesteinen über ausgedehnte Gebiete zum Ziel hat.

Alternative Vorschläge sehen vor, Abfallstoffe wie Bergbaurückstände oder industrielle Nebenprodukte aus der Eisen- und Stahlproduktion, z. B. Stahlschlacke oder Zementofenstaub, zu verwenden, die ihrerseits aber gefährliche Schadstoffe freisetzen könnten.²

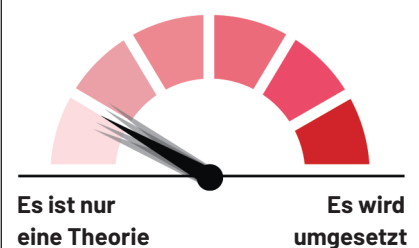
Die CO₂-absorbierenden Mineralien und Abfallstoffe sollen an Land, an der Küste und auf dem Meer verteilt werden. An Land sind vor allem landwirtschaftlich genutzte Flächen für die Ausbringung vorgesehen, weil argumentiert wird,

dass die Zugabe von Steinmehl die Bodenfruchtbarkeit und damit die Ernteerträge erhöhen könnte.³ Auch wenn Steinmehl als Dünger oder Bodenverbesserer verwendet wird, um den Nährstoffgehalt oder die Bodenstruktur zu optimieren, ist es unwahrscheinlich, dass die für eine optimale Nährstoffversorgung erforderliche Menge erhebliche Auswirkungen auf die globale atmosphärische CO₂-Konzentration hätte: Um eine Tonne CO₂ zu binden werden durchschnittlich zwei Tonnen zerriebenen Gesteins benötigt.⁴

Auswirkungen auf:



Realitätscheck:



Die beschleunigte Verwitterung in mariner Umgebung wird auch als Alkalisierung der Meere^C bezeichnet. Bei diesem Ansatz werden die zermahlenden Mineralien direkt ins Meer eingebracht oder an Stränden abgeladen und dort von den Wellen ins Wasser gespült, wo sie durch den Anstieg der Alkalität der Ozeanversauerung entgegenwirken und die CO₂-Aufnahme erhöhen sollen. Die Auswirkungen der beschleunigten Verwitterung im Meer auf biochemische Prozesse und die marine Nahrungskette sind unbekannt.⁵

Akteur/innen

Auch wenn einige Unternehmen versuchen, Methoden zur beschleunigten Verwitterung zu kommerzialisieren, finden die meisten Forschungsaktivitäten im Rahmen von wissenschaftlichen Projekten statt, die von akademischen Forschungseinrichtungen in Großbritannien, den Niederlanden und Nordamerika initiiert werden.

In Großbritannien werden im Rahmen des Oxford Geoengineering Programme unter Leitung von Tim Kruger Forschungsaktivitäten an der Universität Oxford durchgeführt. Das dazugehörige Projekt Greenhouse Gas Removal by Enhanced Weathering (GGREW^D) zielt darauf ab, die Durchführbarkeit der beschleunigten Verwitterung im Meer zu untersuchen, verschiedene Möglichkeiten zur künstlichen Beschleunigung des Verwitterungsprozesses zu bewerten und Versuche im offenen Meer am Great Barrier Reef in Australien und im Golf von Akaba vor der Küste Israels durchzuführen. Tim Kruger versucht seit 2008, einen auf Kalk basierenden Ansatz zur Verbesserung der Alkalität der Ozeane zu vermarkten. Seine Firma Cquestrate erhielt dafür eine Anschubfinanzierung von Shell.

Das Leverhulme Centre for Climate Change Mitigation (LC3M) an der University of Sheffield, Großbritannien, wurde 2016 gegründet, um das Verfahren der beschleunigten Verwitterung auf Ackerflächen als potenzielle Strategie zur Ertragssteigerung bei gleichzeitiger Entfernung von CO₂ aus der Atmosphäre zu erforschen. Zu den Forschungsaktivitäten gehören auch Feldversuche auf Agrarflächen. Hierbei werden pro Hektar und Jahr 50 Tonnen abgebautes und zerkleinertes Basaltgestein ausgebracht.

// Die beschleunigte Verwitterung an Land und die Alkalisierung der Meere sind kosten- und energieintensive Vorhaben. Sie sind mit unvorhersehbaren Risiken für die Ökosysteme an Land, in Küstenregionen und im Meer verbunden, und ihre Gesamtemissionsbilanz ist äußerst fragwürdig. //

Um das Konzept der beschleunigten Verwitterung in verschiedenen landwirtschaftlichen Umgebungen zu testen, werden Feldversuche in Australien, Malaysia und den USA mit verschiedenen Nutzpflanzen durchgeführt, darunter Ölpalmen, Zuckerrohr und Soja. Das LC3M untersuchte zudem die beschleunigte Verwitterung in Küstenumgebungen und führte in Zusammenarbeit mit der Universität Brüssel Labortests mit Meerwasser durch.

In den Niederlanden führte Olaf Schuiling an der Universität Utrecht Laboruntersuchungen zur beschleunigten Verwitterung mit olivinreichen Gesteinen durch. 2009 gründete er die Smart Stones Foundation (ehemals The Olivine Foundation), um die Verwendung von Olivin zur CO₂-Entfernung zu fördern und zu vermarkten, und führte dazu kleinere Experimente durch. Auch größere Feldversuche waren vorgesehen, diese Pläne wurden aber nicht umgesetzt. Schuiling's Forschung trug zur Gründung der niederländischen Unternehmen greenSand und Green Minerals bei, die beide versuchen, Ansätze einer beschleunigten Verwitterung mit olivinreichen Gesteinen zu vermarkten. Green Minerals beteiligt sich auch am deutschen Forschungsprojekt CO₂MIN, das die Absorption von CO₂ aus Rauchgas unter Verwendung von Olivin und Basalt untersucht.

In Nordamerika schlugen Forscher/innen der University of Guelph, Ontario, die Verwendung des Kalziumsilikats Wollastonit zur beschleunigten Verwitterung vor und führten dazu Topfversuche mit Bohnen und Mais durch.

C im Englischen: Ocean Alkalinity Enhancement (OAE)

D Treibhausgasentfernung durch beschleunigte Verwitterung

Ein vom kanadischen Ministerium für natürliche Ressourcen (Natural Resources Canada) finanziertes Forschungsprojekt der University of British Columbia (UBC) untersucht, inwieweit sich Bergbaurückstände aus dem Nickel-, Diamant- oder Platinabbau als Verwitterungsmaterial eignen. Die UBC kooperiert hierbei mit der FPX Nickel Corporation, die mehrere Nickelminen besitzt, um Feldversuche in einer Mine im firmeneigenen Decar Nickel District in Kanada durchzuführen. Das in Kalifornien ansässige Projekt Vesta, das vom „Biohacker“ Eric Matzner, einem Unternehmer für geirleistungssteigernde Aufputzmittel, gegründet wurde, soll die beschleunigte Verwitterung unter Verwendung von olivinreichen Gesteinen an Stränden testen. Die philanthropische Förderorganisation Oceankind plant, mit Interessenvertreter/innen aus Wissenschaft, Politik und Privatwirtschaft eine Wissensplattform zum Konzept der beschleunigten Verwitterung im Meer zu schaffen und organisierte dazu im September 2019 eine Auftaktveranstaltung in Kalifornien.⁶

Auswirkungen der Technologie

Wenn das Verfahren der beschleunigten Verwitterung im großen Umfang angewendet würde, um die atmosphärische CO₂-Konzentration weltweit signifikant zu reduzieren, müssten dafür riesige Mengen an Gestein abgebaut werden. Die Größenordnung wäre mit dem heutigen Kohlebergbau vergleichbar, da für die Absorption von 1 Tonne CO₂ ca. 2 Tonnen Gesteinsmaterial erforderlich sind. Es liegt auf der Hand, dass solche massiven Bergbau-Vorhaben große Mengen an Treibhausgasemissionen und nachteilige Umweltauswirkungen mit sich bringen würden.⁷ Die weiteren Prozessschritte wie das Zerkleinern, Transportieren und Ausbringen der Gesteinsmengen würden den CO₂- und Umwelt-Fußabdruck dieser Technologie zusätzlich erhöhen.⁸



Ein Kalksteinbruch (Thomas Bjørkan)

Gesteine und Mineralien können landwirtschaftliche Flächen zwar mit Nährstoffen versorgen, sie können aber auch die Bodeneigenschaften verändern und Substanzen wie Nickel, Chrom oder Kadmium freisetzen, die selbst in kleinen Dosen schädliche Auswirkungen haben. Zudem kann die beschleunigte Verwitterung durch Auswaschung oder Erosion auch hydrologische Veränderungen und die Verschmutzung von Gewässern zur Folge haben.⁹

Die beschleunigte Verwitterung wird oft für tropische Regionen mit nährstoffarmen Böden wie Oxisolen und Ultisolen empfohlen. Dies steht im Widerspruch zu Ergebnissen, die darauf hindeuten, dass die Verwitterung sehr temperaturempfindlich ist und Temperaturen von 10 °C bis 15 °C optimal für den Prozess sind. Sowohl niedrige als auch hohe Temperaturen beeinträchtigen den Verwitterungsprozess.¹⁰

Wenn zermahlenes Gesteinsmaterial im größeren Maßstab direkt ins Meer eingebracht wird, könnten sich infolgedessen schädliche Substanzen, Änderungen der Siliziumkonzentration oder unbeabsichtigte biogeochemische Prozesse negativ auf die marine Flora und Fauna auswirken. Die beschleunigte Verwitterung im Meer könnte zu Veränderungen der marinen Artenzusammensetzung und Nahrungskette führen, und die Auswirkungen auf Tiefsee-Lebewesen sind nicht bekannt.¹¹

Reststoffe aus Bergwerken und der Industrie, die für Verwitterungsprozesse in Betracht gezogen werden, enthalten möglicherweise Substanzen wie Schwermetalle, die sich auf die marine Tier- und Pflanzenwelt und die Biogeochemie des Ozeans negativ auswirken würden.¹²

Die beschleunigte Verwitterung an Land und die Alkalisierung der Meere sind kosten- und energieintensive Vorhaben. Sie sind mit unvorhersehbaren Risiken für die Ökosysteme an Land, in Küstenregionen und im Meer verbunden, und ihre Gesamtemissionsbilanz ist äußerst fragwürdig. Darüber hinaus sind diese beiden Verfahren wegen der erforderlichen riesigen Gesteinsmengen nicht praktikabel, und es ist nicht belegt, dass sie tatsächlich im größeren Maßstab CO₂ aus der Atmosphäre entfernen.

Realitätscheck

Die beschleunigte Verwitterung an Land und im Meer ist ein Konzept, das hauptsächlich auf Modellierungsstudien und theoretischen Modellen basiert. Es werden derzeit jedoch auch einige Feldversuche durchgeführt und weitere sind absehbar oder in Vorbereitung, darunter Experimente an Riffen in Israel und Australien (GGREW), an Stränden in der Karibik (Projekt Vesta) oder in Nickelminen in Kanada (FPX Nickel Corporation und Forschungspartner/innen).

Weiterführende Inhalte

ETC Group und Heinrich-Böll-Stiftung,
„**Geoengineering Map**“,
<https://map.geoengineeringmonitor.org/>

Fußnoten

- 1 Streffler, et al. (2018) Potential and costs of carbon dioxide removal by enhanced weathering of rocks, in: Environmental Research Letters, Vol. 13:3, <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/aaa9c4>; Bach, et al. (2019) CO₂ Removal With Enhanced Weathering and Ocean Alkalinity Enhancement: Potential Risks and Co-benefits for Marine Pelagic Ecosystems, in: Front. Clim., Vol. 1, <https://doi.org/10.3389/fclim.2019.00007>
- 2 Kelmen, et al. (2019) An Overview of the Status and Challenges of CO₂ Storage in Minerals and Geological Formations, in: Front. Clim., Vol. 1, <https://doi.org/10.3389/fclim.2019.00009>; Renforth (2019) The negative emission potential of alkaline materials, in: Nature Communications, Vol. 10, <https://doi.org/10.1038/s41467-019-09475-5>; Köhler, et al. (2010) The geoengineering potential of artificially enhanced silicate weathering of olivine, in: Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, Vol. 107:20228-20233
- 3 Streffler, et al. (2018); Hepburn, et al. (2019) The technological and economic prospects for CO₂ utilization and removal, in: Nature, Vol. 575:87-97, <https://www.nature.com/articles/s41586-019-1681-6>
- 4 GESAMP (2019) High level review of a wide range of proposed marine geoengineering techniques, (Boyd, P.W. und Vivian, C.M.G., 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.
- 5 GESAMP (2019)
- 6 ETC Group und Heinrich-Böll-Stiftung (2020) Geoengineering Map, <https://map.geoengineeringmonitor.org/>
- 7 Kramer (2020) Negative carbon dioxide emissions, in: Physics Today, Vol. 73(1):44, <https://physicstoday.scitation.org/doi/10.1063/PT.3.4389>; GESAMP (2019); Köhler, et al. (2010)
- 8 Lefebvre, et al. (2019) Assessing the potential of soil carbonation and enhanced weathering through Life Cycle Assessment: A case study for Sao Paulo State, Brazil, in: Journal of Cleaner Production, Vol. 223:468 - 481, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.099>
- 9 Hartmann, et al. (2013) Enhanced chemical weathering as a geoengineering strategy to reduce atmospheric carbon dioxide, supply nutrients, and mitigate ocean acidification, in: Reviews of Geophysics, Vol. 51(2):112 - 149, <https://doi.org/10.1002/rog.20004>; Streffler, et al. (2018)
- 10 Zeng, et al. (2019) Sensitivity of the global carbonate weathering carbon-sink flux to climate and land-use changes, in: Nature Communications, Vol. 10:5749, <https://doi.org/10.1038/s41467-019-13772-4>; Fuss, et al. (2018) Negative emissions-Part 2. Costs, potentials and side effects, in: Environmental Research Letters, Vol. 13(6): 063002, <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aabf9f>
- 11 Bach, et al. (2019); Hartmann, et al. (2013); GESAMP (2019); Chisholm and Cullen (2001) Dis-Crediting Ocean Fertilization, in: Science, Vol. 294(5541): 309 - 310, <https://doi.org/10.1126/science.1065349>
- 12 Renforth (2019); GESAMP (2019)