

Ausdünnung von Zirruswolken

Beschreibung und Zweck der Technologie

Die Ausdünnung von Zirruswolken (CCT^A) ist ein angedachtes Solar-Geoengineering-Verfahren, das darauf abzielt, Zirruswolken (Zirren) aufzulösen oder auszudünnen, damit Wärme in den Weltraum entweichen kann. Die schleierartigen, lang gestreckten Zirren befinden sich in großer Höhe und absorbieren oft mehr Sonnenlicht als sie reflektieren, da sie sich bei kalten Temperaturen bilden und aus Eiskristallen bestehen. Wenn diese Eiskristalle zahlreich und klein sind, verhindern die Zirren, dass langwellige terrestrische Strahlung in den Weltraum entweicht, und haben damit eine ähnliche Klimawirkung wie Treibhausgase. In Verbindung mit natürlichen Kristallisationskernen, wie z. B. Staub, formen sich weniger und größere Eiskristalle mit einer kürzeren Lebensdauer und einer geringeren Klimawirkung.

Befürworter/innen von CCT schlagen vor, Eiskerne wie Wismuttriiodid oder Aerosolpartikel wie Schwefel- oder Salpetersäure in Regionen zu versprühen, in denen sich Zirruswolken bilden. Dadurch, so schlussfolgern sie, würden Zirren mit größeren Eiskristallen und einer kürzeren Lebensdauer entstehen, während gleichzeitig die optische Dichte der Wolken vermindert wird, was bedeutet, dass mehr langwellige terrestrische Strahlung ins All entweicht.¹ Einigen Forscher/innen zufolge könnte das Ausdünnen der Wolken dafür sorgen, dass mehr Wärme in den Weltraum abgegeben wird.



Werden ganze Legionen von partikelversprühenden Drohnen zur Kühlung des Planeten eingesetzt werden?

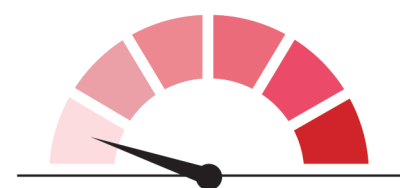
Allerdings räumen die Wissenschaftler/innen ein, dass eine Zuführung von „zu vielen“ eiskernbildenden Partikeln in Zirren den gegenteiligen Effekt haben kann – es könnten mehr und dickere Wolken entstehen, so dass noch mehr Wärme zurückgehalten wird, was zu einer verstärkten globalen Erwärmung führen könnte.²

Andere Forscher/innen betonen die Risiken unvorhersehbarer Nebenwirkungen der CCT, darunter erhebliche regionale und saisonale Veränderungen der Niederschläge und die unterschiedlichen Auswirkungen, die das Versprühen von Partikeln auf der Süd- und der Nordhalbkugel haben könnte.³

Auswirkungen auf:



Realitätscheck:



Es ist nur eine Theorie

Es wird umgesetzt

A CCT = Cirrus Cloud Thinning

Akteur/innen

Die Studien zu CCT beschränken sich auf Modellierungsversuche und Untersuchungen von Zirruswolken durch Forschungseinrichtungen. Das in den USA ansässige Desert Research Institute begann im Jahr 2006, in einer fünfjährigen Studie die Konzentration kleiner Eiskristalle sowie die Konzentration natürlicher und anthropogener Aerosole in Zirruswolken zu untersuchen, um genauere Daten für globale Klimamodellprognosen bereitzustellen.

GeoMIP und die ETH Zürich führen Modellierungssimulationen zu CCT durch. GeoMIP (Geoengineering Model Intercomparison Project) ist ein internationales Kooperationsprojekt verschiedener Klimamodellierungszentren, darunter Forschungseinrichtungen aus Kanada, China, Dänemark, Deutschland, Japan, Norwegen, Großbritannien und den USA. Das Projekt ist in internationalen Arbeitsgruppen organisiert, die verschiedene Arten von Solar-Geoengineering, einschließlich CCT, modellieren.

Eine Forschungsgruppe am Institut für Atmosphären- und Klimawissenschaft der ETH Zürich hat CCT mithilfe eines globalen Klimamodells simuliert und beteiligt sich an Forschungsprogrammen mit anderen wissenschaftlichen Einrichtungen, darunter das deutsche Forschungsprojekt AWiCiT (Arctic Winter Cirrus Thinning). Die Modellierungsstudie AWiCiT untersucht die Möglichkeit, während des arktischen Winters Zirren mit eiskernbildenden Partikeln zu besprühen, um die Erwärmung der Arktis zu bremsen und das Abschmelzen des arktischen Eises zu verlangsamen.

Weitere Forschungen zu CCT werden – neben Modellierungsstudien zu verschiedenen Solar-Geoengineering-Verfahren – von Wissenschaftler/innen an der University of Leeds in Großbritannien sowie an der Zhejiang Universität im Rahmen des chinesischen Geoengineering-Programms durchgeführt.⁴

Auswirkungen der Technologie

Wie alle anderen Solar-Geoengineering-Verfahren könnte auch die Ausdünnung der Zirren erhebliche Auswirkungen auf regionale Klimaverhältnisse haben. Forscher/innen haben in Modellierungssimulationen, die das CCT-Verfahren mit zunehmenden CO₂-Konzentrationen kombinieren, herausgefunden, dass CCT den Wasserkreislauf fördern und dadurch Niederschläge in der Sahelzone und den indischen Monsun verstärken könnte.⁵

“ Eine Zuführung von „zu vielen“ eiskernbildenden Partikeln in Zirren kann den gegenteiligen Effekt haben – es könnten mehr und dickere Wolken entstehen, so dass noch mehr Wärme zurückgehalten wird, was zu einer verstärkten globalen Erwärmung führen könnte. Der Schwellenwert für die Ausbringung zu vieler Eiskerne ist nicht bekannt, was zu erheblichen Unsicherheiten in den derzeitigen Modellierungen führt. “

Obwohl Prognosen davon ausgehen, dass CCT keine großen Auswirkungen auf das weltweite Jahresniederschlagsmittel haben wird, zeigen die Modellierungen massive regionale und saisonale Abweichungen, beispielsweise für den Monsun. Wenn CCT einen Abkühleffekt erzielen würde, könnte das auch unerwünschte Nebeneffekte verursachen, z. B. ungewollte Veränderungen des Wasserkreislaufs und der atmosphärischen Zirkulation. Das Klimasystem ist komplex und hochgradig nichtlinear, so dass schon die Störung eines einzigen Faktors zu unvorhergesehenen Veränderungen führen kann.⁶

Ein weiteres potenzielles Problem des CCT-Verfahrens ist die Zuführung zu vieler Eiskerne, d. h., es werden zu viele Kondensationskerne versprüht und es bilden sich zahlreiche zusätzliche Eiskristalle. Als Folge davon werden die Zirren optisch dichter und damit weniger durchlässig für terrestrische Strahlung, was zu einer zusätzlichen Erwärmung der Atmosphäre führt.

Modellierungen zufolge, die eine „Verdichtung von Zirren“ simulieren, führt diese zu einer Schwächung des Wasserkreislaufs und verursacht Reaktionen, die vergleichbar mit den Auswirkungen einer Verdopplung der CO₂-Konzentration wären,⁷ was zweifellos verheerende Folgen für Ökosysteme und das menschliche Leben bedeuten würde. Der Schwellenwert für die Ausbringung zu vieler Eiskerne ist nicht bekannt, was zu erheblichen Unsicherheiten in den derzeitigen Modellierungen führt.



Zirruswolken (Hehaden/Flickr)

// Ein weiteres Problem besteht darin, dass CCT auf lokaler Ebene mit der Absicht angewendet werden könnte, in bestimmten Gebieten Klimaänderungen hervorzurufen. Solche lokalen Einsätze könnten jedoch negative Auswirkungen auf benachbarte Regionen außerhalb der eigentlichen Zielregion haben und möglicherweise schwerwiegende Konflikte auslösen. Klimaereignisse werden sich wahrscheinlich nicht eingrenzen lassen: Ein Land, das eine Hitzewelle vermeidet, könnte andernorts eine Überschwemmung verursachen. //

Ebenso müsste das Ausbringen von Eiskernen in wolkenfreien Regionen mit hoher relativer Luftfeuchtigkeit, in denen sich keine Zirren bilden, vermieden werden. Denn hier könnte das Versprühen von Eiskernen eher zur Bildung als zur Ausdünnung von Zirruswolken führen, was einen klimawirksamen Erwärmungseffekt zur Folge hätte. Diese wechselseitig verbundenen Faktoren bedeuten, dass das CCT-Verfahren die globalen Temperaturen entweder erhöhen oder senken könnte.

Auch die Auswirkungen des CCT-Verfahrens auf tiefer liegende Wolken sind kaum erforscht: CCT könnte in diesem Zusammenhang das Reflexionsvermögen von Wolken verstärken oder dämpfen, oder mehr oder weniger Wärme entweichen lassen – und würde wahrscheinlich zusätzliche Klimaprobleme verursachen.⁸

Ein weiteres Problem besteht darin, dass CCT auf lokaler Ebene mit der Absicht angewendet werden könnte, in bestimmten Gebieten Klimaänderungen hervorzurufen. Das könnte Regierungen versuchen lassen, auf diese Weise extreme Wetterereignisse, wie etwa Hitzewellen, zu verhindern,⁹ auch wenn diese Überlegung heute noch weit hergeholt erscheint. Eine weitere, bereits anvisierte Möglichkeit für eine räumlich begrenzte Anwendung ist das Verzögern des weiteren Abschmelzens des arktischen Meereises.¹⁰ Solche lokalen Einsätze könnten jedoch negative Auswirkungen auf benachbarte Regionen außerhalb der eigentlichen Zielregion haben und möglicherweise schwerwiegende Konflikte auslösen. Klimaereignisse werden sich wahrscheinlich nicht eingrenzen lassen: Ein Land, das eine Hitzewelle vermeidet, könnte andernorts eine Überschwemmung verursachen. Oder, statt das Abschmelzen des Meereises zu stoppen, könnte dieselbe Technologie für das komplette Abschmelzen – und die damit einhergehende Öffnung lukrativer Schiffspassagen – verwendet werden.

Realitätscheck

Das CCT-Verfahren ist ein theoretisches Konzept. Die Erforschung seiner Auswirkungen beschränkt sich derzeit auf Klimamodellierungen und basiert auf Annahmen, die falsch sein könnten. Die Forscher/innen wissen nicht einmal, welche Substanzen Zirruswolken effektiv ausdünnen würden und welche technologischen Schwierigkeiten dabei auftreten könnten. Aktuelle Studien ergaben, dass keine der bekannten CCT-Strategien zur Ausbringung von Eiskernen in Wolken einen signifikanten Abkühlungseffekt zur Folge hätte, weil komplexe mikrophysikalische Mechanismen die Klimareaktion begrenzen und große Unsicherheiten bezüglich der Reaktionen der Wolken und des Oberflächenklimas bestehen. Diese neueren Studien stehen in direktem Widerspruch zu früheren Ergebnissen, denen zufolge das Ausbringen von Eiskernen in Zirruswolken eine effektive Geoengineering-Methode sein könnte.¹¹

Weiterführende Inhalte

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

Fußnoten

- 1 Storelvmo, et al. (2013) Cirrus cloud seeding has potential to cool climate, in: Geophys. Res. Lett., Vol. 40(1): 178 – 182, <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2012GL054201>; Reynolds (2019) Solar geoengineering to reduce climate change: a review of governance proposals, in: Proc. R. Soc. A, Vol. 475, <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rspa.2019.0255>; ETC Group und Heinrich-Böll-Stiftung (2020) Geoengineering Map, <https://map.geoengineeringmonitor.org/>
- 2 Lohmann und Gasparini (2017) A cirrus cloud climate dial?, in: Science, Vol. 357(6347): 248 – 249, <https://science.sciencemag.org/content/357/6348/248/tab-pdf>
- 3 Muri, et al. (2014) The climatic effect of modifying cirrus clouds in a climate engineering framework, in: Journal of Geophysical Research: Atmospheres, Vol. 119(7): 4174 – 4191, <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/2013JD021063>
- 4 ETC Group und Heinrich-Böll-Stiftung (2020) Geoengineering Map, <https://map.geoengineeringmonitor.org/>
- 5 Kristjánsson, et al. (2015) The hydrological cycle response to cirrus cloud thinning, in: Geophys. Res. Lett., Vol. 42(24): 10,807 – 10,815, <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/2015GL066795>; Gasparini, et al. (2020) To what extent can cirrus cloud seeding counteract global warming?, in: Environ. Res. Lett., online veröffentlicht: 30. Januar 2020, <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/ab71a3>
- 6 Ibid (Muri, et al. (2014))
- 7 Ibid (Kristjánsson, et al. (2015))
- 8 Ibid (Lohmann und Gasparini (2017))
- 9 Quaas, et al. (2016) Regional climate engineering by radiation management: Prerequisites and prospects, in: Earth's Future, Vol. 4(12), 618 – 625, <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/2016EF000440>
- 10 Ibid (Lohmann und Gasparini (2017))
- 11 Gasparini und Lohmann (2016), Why cirrus cloud seeding cannot substantially cool the planet, in: Journal of Geophysical Research: Atmospheres, Vol. 121(9), 4877 – 4893, <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/2015JD024666>; ibid (Gasparini, et al. (2020))