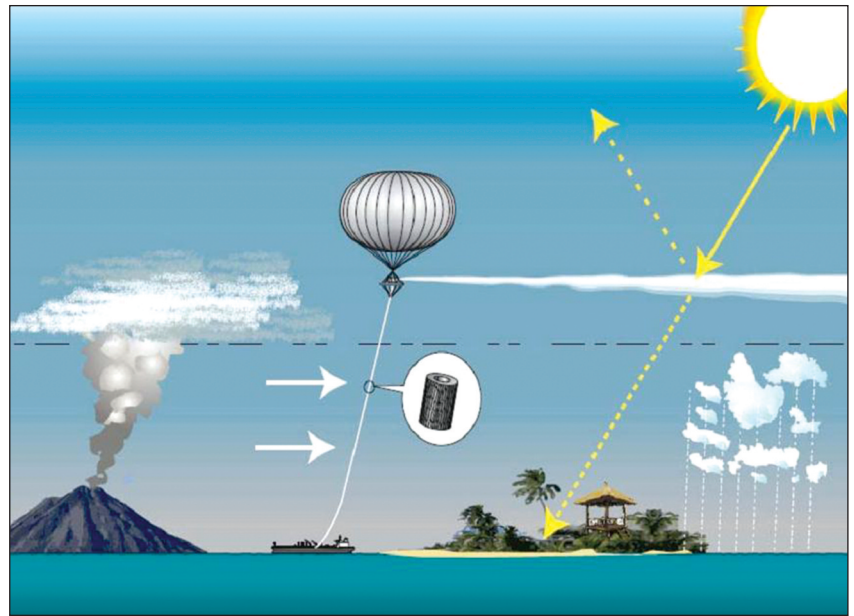


Stratospheric Aerosol Injection (SAI)

Beschreibung und Zweck der Technologie

Die Stratospheric Aerosol Injection (SAI) ist ein anvisiertes Solar-Geoengineering-Verfahren, bei dem große Mengen winziger reflektierender Partikel in die Stratosphäre, eine obere Schicht der Erdatmosphäre, ausgebracht werden sollen, die die Erde kühlen, indem sie das Sonnenlicht zurück in den Weltraum reflektieren. Die Vorhaben reichen vom Versprühen reflektierender Partikel – wie Schwefeldioxide, fein pulverisiertes Salz oder Kalziumkarbonat – mit Flugzeugen oder dem Verschießen der Partikel aus Artilleriegeschützen bis zur Verwendung großer Schläuche, die bis in den Himmel reichen. Keiner dieser Solar-Geoengineering-Ansätze adressiert die eigentlichen Ursachen des Klimawandels. Stattdessen zielen diese Methoden darauf ab, die Menge der einfallenden Sonnenstrahlung zu regulieren, indem sie die schwefelreichen Staubwolken nachahmen, die nach großen Vulkanausbrüchen in der Atmosphäre verbleiben. Anders als bei einem Vulkanausbruch geht man beim SAI-Verfahren von einer kontinuierlichen Erhaltung der Partikelschichten durch regelmäßige Injektionen aus.

Das SAI-Verfahren mit Schwefeldioxid ist der am häufigsten erforschte Ansatz. Computersimulationen deuten darauf hin, dass diese Methode wahrscheinlich Dürreperioden in Afrika und Asien verursachen würde, und führen zu der Einschätzung, dass der Einsatz von SAI die Nahrungsmittel- und Wasserversorgung von zwei Milliarden Menschen gefährden könnte.



SAI mithilfe eines Fesselballons – eine Möglichkeit des Klima-Geoengineerings (Hugh Hunt)

Da die Auswirkungen global sehr unterschiedlich verteilt wären und Solar-Geoengineering potenziell als Waffe eingesetzt werden könnte, birgt diese Klimastrategie kaum zu bewältigende Herausforderungen für die Politik. Daher fordern mehrere Hundert zivilgesellschaftliche Organisationen aus aller Welt ein multilaterales Verbot von solarem Geoengineering.¹

Auswirkungen auf:



Realitätscheck:



Es ist nur eine Theorie

Es wird umgesetzt

Akteur/innen

Die Forschung zu SAI basiert größtenteils auf Modellierungen, die hauptsächlich auf der Nordhalbkugel und an US-amerikanischen Institutionen, insbesondere der Harvard University, durchgeführt werden, und weitgehend von der fossilen Brennstoffindustrie, Milliardär/innen und anderen wohlhabenden Personen wie Bill Gates unterstützt werden.

Dieselben Finanzierungsquellen haben den DECIMALS-Fonds (Developing Country Impacts Modeling Analysis for Solar Radiation Management) ins Leben gerufen, der den Anschein erweckt, die Forschung zu SAI habe sich auf die südliche Halbkugel ausgeweitet. Alleiniger Grund dafür ist aber nur, dass eine im Norden ansässige Organisation, die mehrheitlich von Geoengineering-Befürworter/innen verwaltet wird, entsprechende Zuschüsse bereitstellt. Die US-Regierung ist seit 2008 die wichtigste öffentliche Förderquelle für die Finanzierung der Forschung und Modellierung von SAI auf globaler und regionaler Ebene. 2019 stellte sie der National Oceanic and Atmospheric Association (NOAA) 4 Mio. USD für Forschungsarbeiten zu Solar-Geoengineering-Verfahren zur Verfügung. SAI mit Schwefeldioxid ist einer der Ansätze, die NOAA in diesem Rahmen untersuchen wird. Der einzig bekannte SAI-Freilandversuch injizierte Sulfat in die Troposphäre und wurde 2009 von einer russischen Institution durchgeführt.²

SCoPEX: ein SAI-Experiment

David Keith von der Harvard University ist der führende Verfechter von Solar-Geoengineering-Verfahren und treibt deren Entwicklung maßgeblich voran. Er investiert in diese Technologie, hat Lobbyarbeit bei Regierungen betrieben und verwaltet zusammen mit Ken Caldeira den millionenschweren Geoengineering-Fonds FICER (Fund for Innovative Climate and Energy Research), der seit 2007 von Bill Gates finanziert wird. Keith hat zudem ein US-amerikanisches Luft- und Raumfahrtunternehmen mit einer Studie beauftragt, die die Machbarkeit von Solar-Geoengineering-Verfahren im großen Maßstab zeigen sollte. Anfang 2017 gründete er das Harvard Solar Geoengineering Research Program, das sich zum Ziel gesetzt hat, 20 Mio. USD Fördergelder von mehreren Milliardär/innen und privaten Stiftungen für die Durchführung des Freiluft-Experiments SCoPEX zu akquirieren.³

Zusammen mit anderen Ingenieur/innen und Forscher/innen hat Keith eine Reihe von Feldversuchen angeregt,⁴ darunter das Stratospheric Controlled Perturbation Experiment (SCoPEX^A).

A Experiment zu kontrollierten Störeinflüssen in der Stratosphäre

// SAI würde die Strahlungsbilanz der Erde verändern und ist zudem mit beträchtlichen Risiken und Unwägbarkeiten verbunden, wie z. B. den Auswirkungen auf extreme Wetterereignisse, Ökosysteme, Niederschlagsmuster, landwirtschaftliche Erträge, die Ozonchemie, die Solarenergieerzeugung, die menschliche Gesundheit und vieles mehr. //

Das erklärte Ziel dieses Experiments ist es, weitere Daten zur Modellierung von Solar-Geoengineering-Szenarien und zur Prognose weitreichender SAI-Auswirkungen zu sammeln, indem die Reflexionseigenschaften der injizierten Partikel und deren Auswirkungen auf die umgebende Atmosphäre beobachtet werden. Bei dem geplanten Feldversuch sollen in einer Höhe von 20 km über der Erde von einem Ballon aus Partikel verschiedener Chemikalien in die Stratosphäre eingebracht werden. Der Ballon wird vom Boden aus gesteuert werden und mit wissenschaftlichen Instrumenten, darunter auch Sensoren zur Datenerfassung, ausgerüstet sein.⁵

Dieser Solar-Geoengineering-Freiluftversuch ist jedoch mehr als nur ein wissenschaftliches Experiment. Er wird darüber hinaus als PR-Übung betrachtet – als eine Möglichkeit, Akzeptanz für solche Freiluftversuche zu schaffen, um so den Weg für groß angelegte und längerfristige Versuche zu ebnen, die letztendlich zum umfangreichen Einsatz dieser Technologie führen würden.⁶

Weitere Akteur/innen

Es gibt große Unternehmen, für die die „Rettung der Welt“ – ausschließlich durch irgendeine Art von Techno-Fix – zunehmend zu einer strukturellen Voraussetzung für die Fortsetzung ihres Geschäfts wird, insbesondere wenn diese Unternehmen stark von fossilen Brennstoffen abhängig sind. Sie versuchen, politische Normen so zu verschieben, dass zuvor undenkbbare Ideen und Maßnahmen – wie Solar-Geoengineering und andere Vorschläge – anfangen, sich durchzusetzen und akzeptabler zu werden.



Auch bei Vulkanausbrüchen werden Aerosole in die Stratosphäre befördert – häufig gefolgt von schrecklichen Dürren und Hungersnöten (R Clucas)

Zu diesen Unternehmen gehört auch ExxonMobil. Dessen Senior Scientific Advisor Dr. Haroon Khesghi, der vom Lawrence Livermore National Laboratory abgeworben wurde, ist innerhalb des Konzerns für alle Geoengineering-Belange zuständig.⁷ Mit seiner Hilfe hat ExxonMobil „unabhängige“ Berichte zum Thema Geoengineering beeinflusst und einen Bericht finanziert, der sich für die Abscheidung von CO₂ aus der Atmosphäre und für Solar-Geoengineering ausspricht. Khesghi war auch Mitverfasser mehrerer IPCC-Berichte, was zu heftiger zivilgesellschaftlicher Kritik an seiner Beteiligung führte. Der frühere CEO von ExxonMobil und ehemalige Außenminister der USA, Rex Tillerson, bezeichnete den Klimawandel seinerseits als ein „technisches Problem“, für das es auch „technische Lösungen“ gebe.⁸

David Hone, Chef-Lobbyist von Shell, begeistert sich mit missionarischem Eifer für „negative Emissionen“ und unterstützt die Solar-Geoengineering-Strategie immer offener.⁹ Steve Koonin leitete in seiner Zeit als Chief Scientist bei BP ein Projekt zur Bewertung der Einsetzbarkeit von Hardware-Komponenten für solare Geoengineering-Experimente.¹⁰ David Whelan, ehemals Chef-Wissenschaftler und Vizepräsident der Unternehmenseinheit Integrated Defense Systems von Boeing (und davor bei DARPA^B), beteiligt sich ebenfalls rege an Geoengineering-Debatten und behauptet, dass sich ein kleines Team von Boeing mit dieser Technologie befasst.

B eine Behörde des US-Verteidigungsministeriums

Öffentlich hat er laut über technische Möglichkeiten nachgedacht, per Flugzeug oder mit großen Kanonen Megatonnen von Schwefelaerosolen in verschiedenen Schichten der Stratosphäre auszubringen.¹¹

Auswirkungen der Technologie

Wie bei allen solaren Geoengineering-Technologien, die lediglich auf die globalen Oberflächentemperaturen abzielen, sind beim Einsatz von SAI drastische Beeinträchtigungen des Klimasystems zu erwarten. SAI würde die Strahlungsbilanz der Erde verändern und ist zudem mit beträchtlichen Risiken und Unwägbarkeiten verbunden, wie z. B. den Auswirkungen auf extreme Wetterereignisse, Ökosysteme, Niederschlagsmuster, landwirtschaftliche Erträge, die Ozonchemie, die Solarenergieerzeugung, die menschliche Gesundheit und vieles mehr.¹² Erste SAI-Forschungsprojekte des britischen Met Office Hadley Centre kamen zu dem Ergebnis, dass SAI schwere Dürren in der Sahel-Zone verursachen könnte. Die Forscher/innen entdeckten zwar, dass dem möglicherweise entgegengewirkt werden könnte, indem Partikel in die Stratosphäre der Südhalbkugel injiziert werden, doch würde dies wahrscheinlich zu einem Rückgang der Regenfälle im Nordosten Brasiliens führen.¹³

Eine kürzlich durchgeführte Modellierungsstudie, die die Klimaauswirkungen von SAI simulierte, lässt ähnliche, potenziell negative Folgen befürchten. Injektionen auf der Nordhalbkugel würden zwar zu weniger Wirbelstürmen im Nordatlantik führen, was eine gute Nachricht für die Karibik sein mag, aber sie würden gleichzeitig Dürren in Subsahara-Afrika und in Teilen von Indien verursachen. Aerosol-Injektionen in der südlichen Hemisphäre würden keine Dürren zur Folge haben, dafür aber mehr Wirbelstürme im Nordatlantik nach sich ziehen.¹⁴

Auch mit regionaler Erwärmung ist zu rechnen, so die 2014 veröffentlichten Ergebnisse des Geoengineering Model Intercomparison Project. Als Folge von SAI wird eine Abkühlung in den Tropen bei gleichzeitiger Erwärmung nördlicherer Breitengrade vorhergesagt. Die Eisdecke und das arktische Meereis würden weiter abschmelzen und Temperaturextreme weiter zunehmen.

Ein weiteres großes Risiko ist der sogenannte Terminationseffekt: „Wenn Geoengineering-Maßnahmen plötzlich gestoppt würden, hätte das einen rapiden Anstieg der Temperaturen und Niederschlagsmengen zur Folge, die dann 5- bis 10-mal so schnell steigen würden wie bei einer graduellen Erwärmung der Erde.“¹⁵

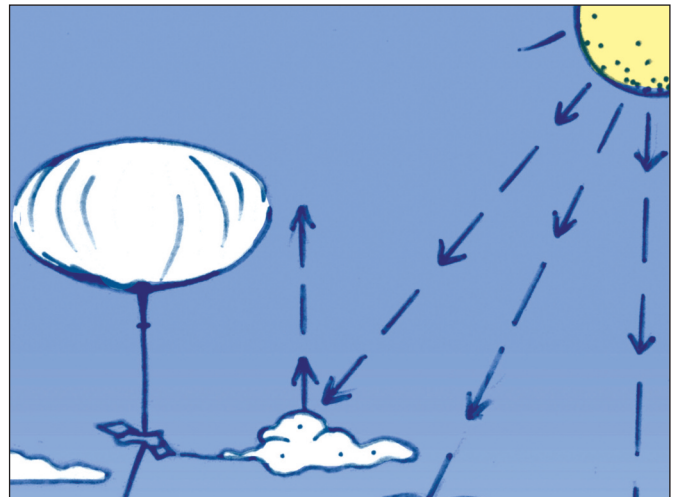
Eine 2018 in der Zeitschrift Nature veröffentlichte wissenschaftliche Studie zeigte, dass der Schock, der durch die plötzliche Beendigung von Solar-Geoengineering-Maßnahmen verursacht würde, gravierende Auswirkungen auf die biologische Vielfalt hätte. Das bedeutet, dass der Abbruch von SAI-Verfahren noch gefährlicher sein könnte als der Einsatz selbst. Der Abbau der Ozonschicht ist ein weiterer nennenswerter Nebeneffekt von SAI.¹⁶

Es gibt nicht viele Untersuchungen zu den Auswirkungen von SAI auf die öffentliche Gesundheit, aber eine kürzlich durchgeführte Analyse legt nahe, dass diesbezüglich mit negativen Effekten zu rechnen ist. Die mögliche Toxizität einiger Aerosole ist kaum erforscht und es gibt keinen Konsens darüber, was akzeptable Schwellenwerte für die Exposition der Öffentlichkeit sind. Zudem gibt es nur wenige Möglichkeiten, potenzielle Auswirkungen von SAI auf die öffentliche Gesundheit zu evaluieren, wenn das Verfahren zum Einsatz kommt.¹⁷

Verschärfung globaler Machtungleichgewichte

Die Aussicht, dass globale Temperaturen sich zukünftig steuern lassen könnten, wirft schwerwiegende Fragen nach Macht und Gerechtigkeit auf: Falls Solar-Geoengineering funktioniert, wer darf dann das Thermostat der Erde bedienen und das Klima zugunsten der eigenen Interessen justieren? Wer wird die Entscheidung über den Einsatz treffen, wenn derart drastische Maßnahmen einmal als technisch machbar gelten, und wessen Interessen bleiben außen vor?

Das Risiko, dass SAI als Waffe genutzt wird, ist beträchtlich. Die Idee, das Wetter zu steuern, hat ihren Ursprung in militärischen Strategien, die zur Unterzeichnung des internationalen Umweltkriegsübereinkommens (ENMOD-Konvention) führten. Führende Militärs in den USA und anderen Ländern beschäftigen sich schon seit Jahrzehnten mit den Möglichkeiten einer militärischen Nutzung von Wettermanipulationen. Die Tatsache, dass das öffentlich erklärte Ziel einer Technologie „die Bekämpfung des Klimawandels“ ist, garantiert nicht, dass ihre Anwendung auf friedliche Nutzungen beschränkt bleiben wird. Wer das Thermostat der Erde kontrollieren kann, so der Historiker James Fleming, wird dies auch für militärische Zwecke nutzen. Dabei muss es nicht zwingend zu einem tatsächlichen Einsatz kommen – allein die Drohung, weltweit Wettermuster verändern zu können, ist ein mächtiges geopolitisches Druckmittel.



Mit SAI sollen Partikel in einer oberen Schicht der Erdatmosphäre ausgebracht werden, um Sonnenlicht zurück in den Weltraum reflektieren

Angesichts der oben genannten Risiken entstand der Plan, Kapazitäten für Geoengineering-Gegenmaßnahmen zu schaffen, dieser Ansatz ist ein weiterer Schritt in Richtung Militarisierung.¹⁸

Solares Geoengineering – die perfekte Ausrede für Untätigkeit beim Klimaschutz

Solares Geoengineering und Geoengineering im weiteren Sinne sind eine „perfekte Ausrede“ für Klimawandelleugner/innen, Industrien und Regierungen, die die politischen Kosten der CO₂-Reduzierung vermeiden und weiterhin ihr „Business as usual“ betreiben wollen. Die Erforschung und Entwicklung von Geoengineering-Verfahren lässt sich denjenigen, die sinnvolle Klimaschutzmaßnahmen hinauszögern wollen, sehr gut als eine zu bevorzugende Alternative im Kampf gegen den Klimawandel verkaufen und dient als Argument, um Auflagen für CO₂-intensive Industriezweige zu lockern. Diese Strategie wird in den USA bereits von konservativen Think Tanks wie dem American Enterprise Institute aktiv verfolgt.

Ein plötzlicher Abbruch begonnener Solar-Geoengineering-Maßnahmen würde einen Terminationseffekt verursachen, der einen rapiden Temperaturanstieg und ein Szenario zur Folge hätte, das bedrohlicher als die Situation vor dem Einsatz der Technologie wäre. Daher würden die Solar-Geoengineering-Verfahren sowohl eine Abhängigkeit erzeugen, als auch geschlossene Märkte schaffen.¹⁹

Die Governance von solarem Geo-Engineering könnte sich als unmöglich erweisen

Die Biodiversitätskonvention hat ein De-facto-Moratorium für klimabezogenes Geoengineering erlassen. Dieses legt fest, dass ein globaler, transparenter Regulationsmechanismus erforderlich ist, bevor Experimente in Betracht gezogen werden können. 196 Länder haben sich darauf geeinigt, einen globalen Kontroll- und Steuerungsmechanismus einzufordern, weil ihnen klar ist, dass sich die potenziellen Folgen und Nebenwirkungen der Geoengineering-Verfahren ungerecht verteilen werden.

Da Solar-Geoengineering denjenigen, die über ausreichend rechtliche, wirtschaftliche und technologische Ressourcen verfügen, ein Werkzeug zur Steuerung des Thermostats der Erde an die Hand geben könnte, müssen alle Mitglieder der Vereinten Nationen jeden Schritt, der in diese Richtung geht, im Konsens vereinbaren.

Ein weiteres zentrale Problem dabei: Wenn sich alle Regierungen bei einem so komplexen Thema mit so vielen sozialen, wirtschaftlichen, ökologischen und generationsübergreifenden Aspekten einig werden könnten, wenn sie sich darauf verständigen könnten, wie und von wem die Kosten und die Last der negativen Auswirkungen getragen werden, und wenn die Länder in der Lage wären, die vereinbarten Klimaschutzmaßnahmen umzusetzen, die über mehrere Jahrzehnte oder sogar Jahrhunderte hinweg Beharrlichkeit und Kohärenz erfordern, dann gäbe es heute gar keinen Klimawandel, weil sie sich dann auch schon vorher auf klare und verbindliche Regeln zur Emissionsreduzierung hätten einigen können. Selbst beim Pariser Abkommen, das schon eine Art politisches Wunder darstellt, dauerte es nach dessen Inkrafttreten nur wenige Monate, bis das Land mit den höchsten Treibhausgas-Emissionen der Geschichte seinen Austritt ankündigte.

Die Tatsache, dass bis jetzt keine gerechte, effektive internationale Klimapolitik umgesetzt werden konnte, ist ein klares Argument gegen eine Weiterentwicklung von Geoengineering- und insbesondere Solar-Geoengineering-Strategien. Solar-Geoengineering ist höchst komplex und ungerecht, und die Aussichten auf ein uneingeschränkt demokratisches, multilaterales, rechtsverbindliches, jahrhundertlang währendes Abkommen, das für eine auch nur ansatzweise gerechte politische Steuerung vonnöten wäre, stehen schlecht.

Sobald die technologischen Verfahren erst einmal ausgereift sind, wird es ohne einen solchen Mechanismus äußerst schwierig oder unmöglich sein, mächtige Regierungen daran zu hindern, sie zugunsten ihrer Eigeninteressen oder gegen andere Länder einzusetzen. Darum ist die angemessenste politische Regulierung für Solar-Geoengineering ein Verbot.

Realitätscheck

SAI wird häufig als schnelle Möglichkeit des Klima-Geoengineering verkauft. Auch wenn Freiluft-Versuche in vielen Fällen erfolgreich verhindert werden konnten und die Forschung sich somit auf Computermodellierungen beschränkt hat (bis auf eine Feldstudie in Russland zur Injektion von Aerosolen in die Troposphäre²⁰), gibt es seitens einiger weniger Akteur/innen kontinuierliche Bestrebungen, die Feldforschung zu normalisieren und voranzutreiben – was dazu führen könnte, dass die Technologie schnell weiterentwickelt und einsatzbereit sein wird. SCoPEX ist dabei das prominenteste Solar-Geoengineering-Experiment, das bisher anvisiert wurde.

Weiterführende Inhalte

Weitere Informationen zu SAI, SCoPEX und Solar-Geoengineering Governance:

SCoPEX:

<http://www.geoengineeringmonitor.org/2019/08/open-letter-scopex/>

The Big Bad Fix:

<http://www.geoengineeringmonitor.org/2017/12/3087/>

Fuel to Fire:

https://www.boell.de/en/2019/02/13/fuel-to-fire?dimension1=ds_geoengineering

Why the SDGs Require a Governance Debate Based on Precaution, Rights and Fairness:

<http://sdg.iisd.org/commentary/guest-articles/geoengineering-at-unea-4-why-the-sdgs-require-a-governance-debate-based-on-precaution-rights-and-fairness/>

Fußnoten

- 1 Jones et al. (2017) Impacts of hemispheric solar geoengineering on tropical cyclone frequency, in: Nat Commun, Vol. 8(1382), <https://doi.org/10.1038/s41467-017-01606-0>; Fuhr (2019) Geoengineering at UNEA-4: Why the SDGs Require a Governance Debate Based on Precaution, Rights and Fairness, in: IISD, SDG Knowledge Hub, online veröffentlicht: 5. März 2019, <http://sdg.iisd.org/commentary/guest-articles/geoengineering-at-unea-4-why-the-sdgs-require-a-governance-debate-based-on-precaution-rights-and-fairness/>; Robock, et al. (2010) A Test for Geoengineering?, in: Science, Vol. 327(5965): 530 - 531, <http://doi.org/10.1126/science.1186237>
- 2 Stephens und Surprise (2019) The hidden injustices of advancing solar geoengineering research, in: Global Sustainability, Vol. 3: 1 - 6, <https://doi.org/10.1017/sus.2019.28>; ETC Group und Heinrich-Böll-Stiftung (2020) Geoengineering Map, <https://map.geoengineeringmonitor.org/>; Kravitz und MacMartin (2020) Uncertainty and the basis for confidence in solar geoengineering research, in: Nat Rev Earth Environ, Vol. 1: 64 -75, <https://doi.org/10.1038/s43017-019-0004-7>
- 3 ETC Group und Heinrich-Böll-Stiftung (2020) Geoengineering Map: Fund for Innovative Climate and Energy Research (FICER), <https://map.geoengineeringmonitor.org/other/fund-for-innovative-climate-and-energy-research-ficer/>; ETC Group und Heinrich-Böll-Stiftung (2020) Geoengineering Map: Harvard's Solar Geoengineering Research Program, https://map.geoengineeringmonitor.org/other/harvard_s-solar-geoengineering-research-program/
- 4 Keith, et al. (2014) Field experiments on solar geoengineering: report of a workshop exploring a representative research portfolio, in: Phil. Trans. R. Soc. A, Vol. 372(2031), <https://doi.org/10.1098/rsta.2014.0175>
- 5 ETC Group und Heinrich-Böll-Stiftung (2020) Geoengineering Map: Stratospheric Controlled Perturbation Experiment (SCoPEX), <https://map.geoengineeringmonitor.org/Solar-Radiation-Management/stratospheric-controlled-perturbation-experiment-scopex/>
- 6 Pierrehumbert (2017) The trouble with geoengineers „hacking the planet, in: Bulletin of the Atomic Scientists, veröffentlicht: 23. Juni 2017, <https://thebulletin.org/2017/06/the-trouble-with-geoengineers-hacking-the-planet/>
- 7 Zundel (2017) Trump Administration – A Geoengineering Administration?, ETC Group Briefing, 28. März 2017, www.etcgroup.org/content/trump-administration-geoengineering-administration
- 8 Associated Press (2012) Climate change fears overblown, says ExxonMobil boss, in: The Guardian, 28. Juni 2012, www.guardian.co.uk/environment/2012/jun/28/exxonmobil-climate-change-rex-tillerson; ETC Group (2017) Civil society: „Oil companies should not author IPCC report“, veröffentlicht: 3. Mai 2017, <https://www.etcgroup.org/content/open-letter-ipcc-108-civil-society-organizations>
- 9 Hone (2017) The geo-engineering taboo, in: EnergyPost, 26. Juni 2017, <http://energypost.eu/the-geo-engineering-taboo/>
- 10 Blackstock, et al. (2009) Climate Engineering Responses to Climate Emergencies, Novim, <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/0907/0907.5140.pdf>
- 11 Fora.tv (2010) Geoengineering: Global Salvation or Ruin?, Audio-Podcast des Commonwealth Club of California, <https://www.commonwealthclub.org/events/archive/podcast/geo-engineering-global-salvation-or-ruin>
- 12 Kravitz und MacMartin (2020); Robock, et al. (2015) 20 reasons why geoengineering may be a bad idea, in: Bulletin of the Atomic Scientists, Vol. 64(2):14 - 59, <https://doi.org/10.1080/00963402.2008.11461140>
- 13 Radford (2013) Geoengineering could cause drought in Sahel, in: Climate Home News, 2. April 2013, <http://www.climatechangenews.com/2013/04/02/geoengineering-could-cause-drought-in-sahel/>
- 14 Jones, et al. (2017)
- 15 Robock (2014), Stratospheric Aerosol Geoengineering, in: Issues in Environmental Science and Technology, Vol. 38, <http://climate.envsci.rutgers.edu/pdf/RobockStratAerosolGeo.pdf>
- 16 Heckendorn, et al. (2009) The impact of geoengineering aerosols on stratospheric temperature and ozone, in: Environ. Res. Lett., Vol. 4(4), <https://doi.org/10.1088/1748-9326/4/4/045108>; Trisos, et al. (2018) Potentially dangerous consequences for biodiversity of solar geoengineering implementation and termination, in: Nature Ecology & Evolution, Vol 2, <https://doi.org/10.1038/s41559-017-0431-0>
- 17 Effiong und Neitzel (2016) Assessing the direct occupational and public health impacts of solar radiation management with stratospheric aerosols, in: Environ. Health, Vol. 15 (7), <https://doi.org/10.1186/s12940-016-0089-0>
- 18 Fleming (2010) Fixing the Sky: The Checkered History of Weather and Climate Control, Columbia University Press, New York, ISBN 9780231144131; Stephens und Surprise (2019); Heyen, et al. (2019) Strategic implications of counter-geoengineering: Clash or cooperation?, in: Journal of Environmental Economics and Management, Vol 95, <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2019.03.005>
- 19 ETC Group (2010) Geopiracy: The Case Against Geoengineering, Communiqué 103, <http://etcgroup.org/content/geopiracy-case-against-geoengineering>; Robock (2014)
- 20 ETC Group und Heinrich-Böll-Stiftung (2020) Geoengineering Map: Field experiment in Russia, <https://map.geoengineeringmonitor.org/Solar-Radiation-Management/field-experiment-in-russia/>