

GEO-ENGINEERING

"Falsch plus falsch ist nicht gleich richtig"

Dem Klimawandel mit mehr Technik zu begegnen, löst das Problem nicht. Ein Gespräch mit dem Meteorologen Alan Robock über Chancen und Risiken des Geo-Engineerings.

VON Max Rauner | 15. März 2012 - 07:00 Uhr

© U.S. Air Force/Angelique Perez/dpa picture alliance



Kampfflugzeuge könnten Schwefeldioxidwolken in die Atmosphäre bringen

DIE ZEIT: Geo-Ingenieure wollen die globale Erwärmung aufhalten, indem sie ins Klimasystem eingreifen. Wie soll das konkret gelingen?

Alan Robock: Ein Vorschlag lautet, künstliche Wolken in der Stratosphäre zu erzeugen, also in der Schicht oberhalb der Troposphäre, in der wir leben. Diese Wolken würden einen Teil der Sonnenstrahlung zurück ins All reflektieren, die Erdoberfläche würde etwas abkühlen. Man bringt dazu Schwefeldioxid oder Schwefelwasserstoff in die Stratosphäre ein, wo das Gas mit Wasserdampf reagiert und winzige schwefelhaltige Tröpfchen bildet. Dieselben Folgen haben manche Vulkanausbrüche. Man würde also Vulkane imitieren, aber die Wolkenschicht kontinuierlich aufrechterhalten. Der Himmel wäre dann nicht mehr blau, sondern milchig.

ZEIT: Wie transportiert man Schwefeldioxid in eine 20 Kilometer hohe Luftschicht?

Robock: Am billigsten und einfachsten wäre es wohl, es mit Flugzeugen zu versprühen. Militärflugzeuge können heute schon die untere Stratosphäre erreichen. Ein paar Tonnen Schwefel dort zu deponieren würde einige Milliarden Dollar kosten – ein kleiner Posten für die Weltwirtschaft.

ZEIT: Und wie stark könnte man die Erde auf diese Weise abkühlen?

ALAN ROBOCK

war einer der Hauptautoren des letzten Berichts des Weltklimarats. Er ist Professor für Meteorologie an der Rutgers University in New Jersey und wurde durch seine Arbeiten zu den klimatischen Folgen von Vulkanausbrüchen und möglicher Atomkriege bekannt.

Robock: Man könnte damit theoretisch die globale Erwärmung, die die Menschheit durch den Ausstoß von Treibhausgasen verursacht hat, rückgängig machen .

ZEIT: Ist es also nur noch eine Frage der Zeit, bis wir die Erdtemperatur regeln können wie die Temperatur in einem Kühlschrank?

Robock: Nein. Niemand hat in der Praxis gezeigt, dass dies überhaupt möglich ist. Selbst wenn es funktionieren würde: Wer soll entscheiden, auf welche Temperatur wir die Erde einstellen?

ZEIT: Wir würden zwei Grad abregeln, also auf die Durchschnittstemperatur gehen, die vor der Industrialisierung herrschte.

Robock: Manche wollen den Stand von 1880, andere den von 1980, wieder andere wollen die aktuelle Temperatur beibehalten. Wer soll das entscheiden?

ZEIT: Die Vereinten Nationen.

Robock: Die UN? Und wenn Russland und Kanada es ein paar Grad wärmer haben wollen? Sie könnten Bodenschätze der Arktis ausbeuten und müssten weniger Geld fürs Heizen ausgeben, auch ihre Landwirtschaft würde profitieren. Was, wenn Inselstaaten im Pazifik es ein paar Grad kühler haben wollen, weil sie schon jetzt vom Untergang bedroht sind? Wer soll das entscheiden? Selbst reiche Unternehmer könnten das Klima verändern, Richard Branson zum Beispiel, der besitzt viele Flugzeuge. Es drohen gefährliche Konflikte zwischen den Nationen. Stellen Sie sich vor, ein Land fängt mit dem Geo-Engineering an und ein anderes schießt die Flugzeuge ab.

ZEIT: Soll Geo-Engineering für immer ein Tabu bleiben?

Robock: Ich habe eine Liste mit mittlerweile 25 Gründen erstellt , warum es eine schlechte Idee ist. Und eine Liste mit acht oder neun Gründen, warum es eine gute Sache sein könnte. Ein guter Grund wäre: Wenn Geo-Engineering funktioniert, könnte diese Technik die Erde kühlen und verhindern, dass der grönländische Eisschild schmilzt. Aktuell steigt der Meeresspiegel , und er wird am Ende des Jahrhunderts wohl einen Meter höher sein. Und die Hälfte der Menschheit lebt an den Küsten. Gegen Geo-Engineering spräche, dass sich der Monsun-Regen ändern würde. Am Ende ist es eine Frage der Abwägung: Wie viel wäre es uns wert, wenn wir den Anstieg des Meeresspiegels aufhalten könnten? Eventuelle Opfer

könnte man ja entschädigen, wenn die Menschheit insgesamt davon profitiert. Deshalb denke ich, dass wir weiter an dem Thema forschen sollten, damit Politiker in Zukunft die Vor- und Nachteile besser gegeneinander abwägen können.

ZEIT: Welche Art von Forschung meinen Sie?

Robock: Ich favorisiere Trockenübungen mit theoretischen Modellen. Manche Leute haben Feldexperimente vorgeschlagen. Aber wir haben gezeigt, dass man die Idee der stratosphärischen Wolke gar nicht testen kann. Wenn man eine kleine Wolke in der Stratosphäre erzeugt, dann lässt sich unmöglich messen, welche Auswirkungen sie auf das Klima hat, weil das Klima so variabel ist. Stellen Sie sich vor, man hätte anschließend eine Flutkatastrophe in Thailand. Wird man dann das Experiment dafür verantwortlich machen? Für einen Praxistest mit brauchbaren Werten müsste man daher große Mengen Schwefelpartikel in die Stratosphäre einbringen und sie ein paar Jahrzehnte dort oben halten. Das aber wäre dann kein Test mehr, das wäre Geo-Engineering.

ZEIT: Die Tatsache, dass man diese Technik auch nur theoretisch in Erwägung zieht, könnte einigen Ländern als Ausrede dafür dienen, sich beim CO₂-Sparen nicht so stark anzustrengen.

ERDATMOSPHÄRE

Die Atmosphäre ist eine **dünne Hülle aus einem Gasgemisch**, die unsere Erde umgibt. Hätte die Erde die Größe eines Apfels, hätte die Atmosphäre die Dicke seiner Schale.

Die Atmosphäre ermöglicht erst Leben auf der Erde, weil sie unter anderem rund 21 Prozent **Sauerstoff** enthält und – zusätzlich zum Magnetfeld – die Erde vor dem Sonnenwind aus geladenen Partikeln abschirmt. Die dritte wichtige Aufgabe der Atmosphäre ist ihre **Filterfunktion**: das in den oberen Schichten enthaltene **Ozon schützt** vor großen Teilen der **UV-B-Strahlung** der Sonne. UV-B-Strahlung kann Sonnenbrand und schlimmstenfalls Hautkrebs verursachen.

Neben Sauerstoff besteht die Atmosphäre zu rund 78 Prozent aus **Stickstoff**, sowie Staubpartikeln und **Wasserdampf**, den sie durch Verdunstung aus Meeren, Seen und Flüssen aufnimmt. Außerdem sind weitere Spurengase in zum Teil geringsten Konzentrationen enthalten.

Die Erdatmosphäre umfasst **mehrere Schichten**: Troposphäre, Stratosphäre, Mesosphäre, Thermosphäre und Exosphäre.

TROPO-

Wenn man sich die Erdatmosphäre wie eine mehrgeschossiges Haus vorstellt, ist die Troposphäre das Erdgeschoss. Sie reicht etwa bis zu **18 Kilometer von der Erdoberfläche** in die Höhe. An den Polen ist sie flacher als am Äquator.

In dieser ersten Atmosphärenschicht ist fast der **gesamte Wasserdampf** enthalten, dementsprechend spielt sich hier das Wettergeschehen ab. Auch in dieser Schicht bildet sich Ozon.

Ein weiteres Kennzeichen der Troposphäre ist eine **Temperaturabnahme von rund sieben Grad Celsius** pro Kilometer, den man sich von der Erdoberfläche entfernt.

Zumeist in der Troposphäre – auf einer Höhe von etwa zehn bis zwölf Kilometern – fliegen auch **Flugzeuge**. Ihre Abgase sammeln sich im oberen Bereich und verteilen sich bis in die untere Stratosphäre.

STRATO-

Die Schicht oberhalb der Troposphäre **bis in etwa 50 Kilometer Höhe** ist die Stratosphäre. Hier wird es mit zunehmender Höhe immer wärmer.

Ursache ist das in der Stratosphäre enthaltene Ozon, das die ultraviolette Strahlung des Sonnenlichts absorbiert und in Wärme umwandelt. Die **Ozonschicht** ist Teil der Stratosphäre und befindet sich hauptsächlich in einer Höhe von 15 bis 30 Kilometern.

Es gibt kaum Austausch zwischen der wasserdampfhaltigen Troposphäre und der wasserarmen Stratosphäre.

Wenn es in der Stratosphäre doch einmal extrem kalt wird, nämlich unter 78 Grad Celsius, können Wolken aus Kristallen von Schwefel- und Salpetersäure entstehen: Diese **Stratosphärenwolken** schimmern wie Perlmutter.

MESO-

Die Mesosphäre ist die mittlere der fünf Erdatmosphären-Schichten. Sie reicht von **50 bis 85 Kilometer** in die Höhe. Spätestens hier **verglühen Staubteilchen** oder kleinere Gesteinsbrocken aus dem All – von der Erdoberfläche sehen wir dann Meteore oder Sternschnuppen.

Weil die Mesosphäre kaum noch Ozon enthält, sinkt die Temperatur von null Grad Celsius wieder auf bis zu minus 100 Grad – das macht sie zur **kältesten Schicht der Erdatmosphäre**.

THERMO-

In **80 bis 500 Kilometer Höhe** befindet sich die Thermosphäre. Durch Sonnenstrahlung und Sonnenwind werden die darin schwebenden Teilchen mit Energie aufgeladen und bewegen sich sehr schnell, was rechnerisch zu **Temperaturen von mehr als 1.700 Grad Celsius** führt. Weil aber die Teilchendichte extrem gering ist, stoßen sie nur sehr selten aneinander und es findet so gut wie kein Energieaustausch statt.

Daher spielt die hohe Temperatur **keine Rolle für etwa Astronauten** von Spaceshuttles oder der **internationalen Raumstation ISS**, die in einer Höhe von 350 Kilometern die Erde umkreist.

EXOSPHÄRE

Die Exosphäre – von **500 bis ungefähr 10.000 Kilometer Höhe** – stellt den fließenden **Übergang ins Weltall** dar. "Fließend" ist der Übergang, weil mit zunehmender Höhe die Wirkung der Erdanziehungskraft nachlässt: Gasmoleküle können ab bestimmten Höhen aufgrund ihrer Eigenbewegung nicht mehr festgehalten werden und entweichen ins Weltall. Deshalb lässt sich eine genaue Obergrenze der Exosphäre nicht bestimmen.

Robock: Die eigentliche Frage ist doch: Wie hoch ist das Risiko des Geo-Engineerings im Vergleich zu den Gefahren der globalen Erwärmung ? Eine der schlimmen Folgen, wenn man Kohlendioxid in die Atmosphäre bläst, ist die Ozeanversauerung : Der pH-Wert der Ozeane sinkt. Schalentiere werden verschwinden, schließlich ist die ganze Nahrungskette in Gefahr. Wenn wir das Sonnenlicht abschirmen, ändert sich daran jedoch gar nichts. Falsch plus falsch ist nicht gleich richtig. Technischen Problemen mit noch mehr Technik zu begegnen löst das Problem nicht. Der vernünftige Ausweg für die globale Erwärmung lautet: weniger Treibhausgase emittieren. Wir haben die technischen Lösungen dafür. Sie heißen: Sonnenenergie, Windenergie und vielleicht Kernenergie. Es ist ein politisches Problem, kein technisches.

ZEIT: Für manche Staaten könnte Geo-Engineering aber als Notausgang interessant erscheinen.

Robock: Das ist wie ein Druckverband, den man anlegt, wenn jemand zu verbluten droht. Man kann ihn nicht mehr abnehmen. Denn wenn man mit Geo-Engineering die Wirkung der Treibhausgase neutralisiert und die Gesellschaft eines Tages den Willen oder die Mittel verliert, weiterzumachen – dann gäbe es eine schnelle Erwärmung, viel schneller, als wir heute gewohnt sind. Das wäre fatal. Es ist die Geschwindigkeit der Klimaänderung, an die wir uns nur schwer anpassen können, weniger die absolute Temperatur.

COPYRIGHT: ZEIT ONLINE

ADRESSE: <http://www.zeit.de/2012/12/U-Interview-Robock>