

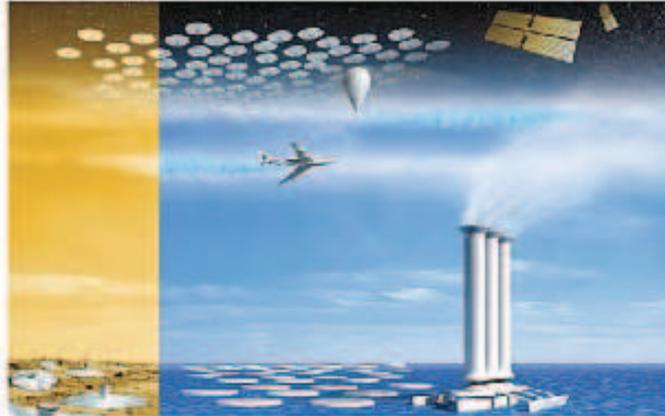
# Geo-Engineering

## - Großtechnik gegen die Erderwärmung -

Von FOCUS-Redakteur Michael Odenwald

Quelle: <http://www.focus.de/wissen/>

Ab der Jahrhundertmitte, sagen Klimaforscher, hat die globale Erwärmung die Erde voll im Griff.



Großtechnische Anlagen könnten auf einen Schlag große Mengen CO<sub>2</sub> aus der Luft filtern. Das glauben jedenfalls manche Wissenschaftler.

Zu dieser Zeit werden aber laut Hochrechnungen der UN rund neun Milliarden Menschen auf unserem Planeten leben (heutige Weltbevölkerung: knapp sieben Milliarden).

Viele von ihnen dürften unter den Auswirkungen des Klimawandels leiden – von Verlusten an Naturräumen ganz zu schweigen. Deshalb denken immer mehr Wissenschaftler darüber nach, wie sich die Erderwärmung mithilfe großtechnischer Maßnahmen stoppen lassen könnte.

Schon vor Jahren entwarfen sie Strategien, um das Klima der Erde zu modifizieren.

So geisterten Pläne von Schilden im All, die einen Teil der Sonnenstrahlung abfangen sollen, durch die Medien, ebenso Entwürfe von Schiffen, die aus Seewasser künstliche Wolken erzeugen. Sie sollen das Sonnenlicht teilweise zurück ins All reflektieren. Aufsehen erregte schließlich der Vorschlag des Chemie-Nobelpreisträgers Paul Crutzen, Millionen Tonnen von Schwefeldioxid-Teilchen in die Stratosphäre zu blasen, um so den Planeten zu beschatten.

Zunächst galt die Planetenklempnerei vielen als reine Utopie, zudem erschien sie unbezahlbar teuer. Jetzt aber erhalten solche Ideen des „Geo-Engineering“ neuen Auftrieb. Vor wenigen Wochen trafen sich Forscher zu einer Konferenz im kalifornischen Ort Asilomar, bei der sie mögliche planetarische Rettungspläne diskutierten. Zwar waren sich die Disputanten darüber einig, dass die drastische Reduktion der Treibhausgas-Emissionen das beste Mittel zum Klimaschutz wäre. Doch angesichts des diesbezüglichen Versagens der Politik, wie es sich unter anderem am Scheitern der Weltklimakonferenz im Dezember in Kopenhagen zeigte, hielten sie es für besser, einen Plan B in der Tasche zu haben für den Fall, dass wirklich gefährliche Entwicklungen einsetzen.

### Die Klimazukunft beginnt jetzt

Immerhin stieg die Konzentration des wichtigsten Treibhausgases Kohlendioxid(CO<sub>2</sub>) in der Atmosphäre bereits auf 385 ppm (Teile pro Million) an, weit mehr als jene 350 ppm, die viele Forscher als Schwellenwert für ein relativ stabiles Klima annehmen. Setzen sich die Emissionen im gleichen Maß fort, wird sich die CO<sub>2</sub>-Menge in der Luft bis zur Jahrhundertmitte gegenüber dem vorindustriellen Wert von 280 ppm verdoppelt haben.

Bei der Asilomar-Konferenz wurden einige der alten Vorschläge wiederholt. So argumentierten einige Teilnehmer für die „künstlichen Bäume“, wie sie unter anderem der Geophysiker Klaus Lackner von der Columbia University in New York entwickelt. Sie gleichen senkrecht stehenden riesigen Tennisschlägern und sind mit Modulen von etwa der Größe einer Matratze bestückt. Ihre Oberfläche enthält ein spezielles Harz, das CO<sub>2</sub> bindet, aber auch ohne großen Energieaufwand wieder abgibt.

Das aus der Luft geholte Gas müsste dann in unterirdische Kavernen oder Aquifere verpresst und dauerhaft eingeschlossen werden. Einer der künstlichen Bäume könnte tausendmal mehr CO<sub>2</sub> aus der Luft filtern als ein langsam wachsender natürlicher Baum, rechnet Lackner vor. Die CO<sub>2</sub>-Fänger müssten allerdings zu Millionen aufgestellt werden. Noch ist unklar, ob solche Systeme funktionieren und auch energetisch effizient sind. Der Preis könnte bei 1000 Dollar pro eingefangener Tonne CO<sub>2</sub> liegen.

Deutlich billiger soll die Lösung sein, die der Energieexperte David Keith in Kalifornien vorschlug. Er will eine Tonne CO<sub>2</sub> schon für 100 bis 250 Dollar ausfiltern. Zwar gab er über seine Technik keine Einzelheiten preis, doch nach Einschätzung von Konferenzteilnehmern könnte sein Gasfänger mit Natriumhydroxid arbeiten, das CO<sub>2</sub> leicht bindet. Keith gründete im kanadischen Ort Calgary die Firma Carbon Engineering, in die seinen Angaben zufolge der Microsoft-Gründer und Großstifter Bill Gates drei Millionen Dollar investieren will. Einen Prototypen seines CO<sub>2</sub>-Fängers kündigte Keith für 2015 an.

### **Mit künstlichen Wolken kühlen**

Auch die Idee, auf hoher See künstliche Wolken zu erzeugen, wurde wieder aus der Mottenkiste gekramt. Die US-Nichtregierungsorganisation Silver Lining, gegründet von dem Unternehmer Kelly Wanser aus San Francisco, gab bekannt, sie habe eine Gruppe von 35 Wissenschaftlern beauftragt, den Kühlungsprozess wissenschaftlich zu untersuchen. Die Idee ist, von einer Flotte automatisch navigierender Schiffe aus Seewasser zu zerstäuben, um so feine Salzpartikel in die Luft zu blasen. Sie sollen als Kondensationskeime für Wassertröpfchen dienen, aus denen sich Wolken bilden.

Silver Lining sammelt derzeit Geld für den Bau einer Versuchsflottille von zehn Schiffen, die das Wolkenbildungsexperiment auf einer Ozeanfläche von 10 000 Quadratkilometern durchführen sollen. Dabei wird gemessen, ob sich die Erdoberfläche unter dem Wolkenschirm merklich abkühlt.

Dies mag eine realistische Option sein, da sie auf einer wenig anspruchsvollen Technik beruht. Ein weiterer Vorschlag aber erscheint nicht nur utopisch, sondern rief bei den in Asilomar versammelten Experten auch vehementen Widerspruch hervor. Er stammt von dem Geochemiker Oliver Wingenter vom New Mexico Institute of Mining and Technology in Socorro.

Er will das globale Westwindssystem verschieben. Wie Beobachtungen zeigen, verschoben sich die Westwinde in der südlichen Hemisphäre aufgrund von Druck- und Temperaturänderungen in den vergangenen 50 Jahren um drei bis vier Grad nach Süden. Dadurch verstärkten sich Meeresströmungen, die warmes, salzreiches Wasser an die Oberfläche bringen. Als Folge davon droht das Eis der Antarktis schneller zu schmelzen.

### **Ozeandüngung – immer wieder im Gespräch**

Dem will Wingenter entgegenwirken, indem er die südlichen Ozeane mit Eisenpartikeln düngt. Dieses für den Zellstoffwechsel wichtige Mineral ist in diesen Gewässern knapp, was die dort lebende Menge an Phytoplankton limitiert. Wird der Stoff nachgeliefert, können sich die Phytoplankton-Organismen massenhaft vermehren. Sie sondern eine Chemikalie namens Dimethylsulfid ab, die als Kondensationskeim für Wassertröpfchen dient.

Damit trägt sie zur Wolkenbildung bei. Die zusätzliche Wolkenbedeckung, die durch solcherart erzeugte Algenblüten entsteht, könnten nach den Berechnungen des US-Forschers die südlichen Ozeane um 0,5 Grad Celsius kühlen – genug, um die Westwinde wieder an ihre ursprüngliche Position zurückwandern zu lassen. Zwar weiß niemand, welche Art von Nebenwirkungen bei einem solchen planetarischen Eingriff zu erwarten sind. Doch Wingenter will dies in den nächsten zehn Jahren anhand von Computersimulationen herausfinden.

### **Stratosphärischer Sonnenschirm**

Selbst der Vorschlag des Nobelpreisträgers Crutzen von 2006 fand in Asilomar neue Anhänger. Der kanadische Unternehmer Keith präsentierte einen Vorschlag für ein Experiment, in dem ein Spezialflugzeug der US-Raumfahrtbehörde Nasa in 20 Kilometer Höhe eine Tonne Schwefelteilchen ausbringen soll. Wiederum sollen Messungen zeigen, ob sie, wie erwartet, einen Teil des einfallenden Sonnenlichts zurück ins All streuen.

Forscher der University of Calgary in Kanada errechneten, dass drei Gramm Schwefel in der Stratosphäre eine Tonne CO<sub>2</sub> aufwiegen können. Der Meteorologe Alan Robock von der Rutgers State University of New Jersey kalkulierte, wie sich ein solches Megaprojekt durchführen ließe. Danach müssten eine Million Tonnen Schwefel-Aerosole pro Jahr in die Stratosphäre transportiert werden, um das Sonnenlicht ausreichend zu dimmen. Dies könnte mit Ballons oder ballistischen Geschossen geschehen, dann lägen die Kosten bei jährlich etwa 30 Milliarden Dollar. Militärflugzeuge wären billiger, mit Kosten je nach Flugzeugtyp zwischen 40 und 800 Millionen Dollar. Ein Tankflugzeug vom Typ KC-135 befördert 91 Tonnen.

An 250 Tagen pro Jahr müssten 15 solcher Jets dreimal starten, um den stratosphärischen Sonnenschirm aufzuspannen. In den Tropen, wo die Stratosphäre in 20 Kilometer Höhe beginnt, sollten F-15-Kampffjets den Transport übernehmen, die solche Höhen erreichen. Dies würde den Preis auf knapp 800 Millionen Dollar anheben. Solche Lösungen seien aber immer noch um Größenordnungen billiger als die Umstellung der Weltenergiewirtschaft auf erneuerbare Energien. Ein solches Megaprojekt würde aber selbst Unmengen CO<sub>2</sub> produzieren, dessen Treibhauswirkung dann zusätzlich kompensiert werden müsste.

### **Fabrikschlot ins All**

Nathan Myhrvold, der frühere Technikchef bei Microsoft – heute steht er der von ihm gegründeten Firma Intellectual Ventures vor -, verfolgt einen anderen Plan: Er will das durch Kohlekraftwerke ohnehin emittierte Schwefeldioxid nutzen und in einem 25 Kilometer hohen „flexiblen, aufblasbaren Heißluftballon-Fabrikschlot“ in die Stratosphäre leiten. Dort würden die Aerosole jahrelang zirkulieren und das Sonnenlicht ins All reflektieren. Die monströse Kaminlösung soll weniger als 100 Millionen Dollar im Jahr kosten. Nur: Wie er gebaut werden soll, weiß selbst der Erfinder Myhrvold nicht.

### **Manipulation nicht ausgeschlossen**

Dass Geo-Engineering keine randständige Idee mehr ist, zeigt auch ein Bericht der britischen Royal Society vom September 2009. Darin umreißen die Autoren die anstehenden Herausforderungen für Forschung und Politik. Dem Vernehmen nach arbeitet die wissenschaftliche Beratungsorganisation National Academies in den USA an einem ähnlichen Bericht. Selbst der US-Kongress veranstaltete im November 2009 erste Anhörungen. Bis vor Kurzem nahm kaum jemand unter den Entscheidungsträgern in Politik und Wirtschaft solche Ideen ernst. Weil sie aber auch von namhaften Wissenschaftlern mit immer mehr Nachdruck propagiert werden, finden sie langsam auch Eingang in den politischen Raum. So forderte jüngst Daniel Schrag, ein Umweltforscher an der Harvard University, groß angelegte Vorhaben zur raschen Abkühlung der Erde auszuloten. Dazu bedürfe es der finanziellen Unterstützung durch die Regierung. Mit diesem Ansinnen sitzt Schrag sozusagen an der Quelle, denn er wurde im Herbst 2009 in den Beraterstab für Wissenschaft und Technik von US-Präsident Barack Obama berufen. „Die Wahrscheinlichkeit, dass wir (durch CO<sub>2</sub>-Emissionsminderungen) folgenschwere Schäden vermeiden, scheint recht gering“, argumentiert er. „Das Beste, was wir tun können, wird vermutlich nicht gut genug sein.“ Je näher aber die Realisierung solcher Projekte rückt, desto offensichtlicher werden die mit ihnen verbundenen Probleme. So weiß niemand, was geschieht, wenn ein System manipuliert wird, das bis heute nicht vollständig verstanden ist. Sobald weltweit wirksame Experimente beginnen, ist mit Protesten und ihrer Ablehnung durch die Zivilgesellschaft in vielen Ländern zu rechnen.

### **Planetenklempnerei bei großem Risiko**

Weiter ist unklar, wer – oder welche Nation – über den Start oder das Ende von Geo-Engineering-Projekten entscheiden kann. Völkerrechtlich gesehen wäre wohl ein Beschluss im Konsens im Rahmen der Vereinten Nationen erforderlich. Wie solche Bestrebungen enden können, war allerdings jüngst in Kopenhagen beim Scheitern der Weltklimakonferenz zu erfahren. Dass die Planetenklempnerei zu noch größerem Streit führt, ist zu erwarten. Denn ihre Effekte – etwa bei der Ausbringung von Schwefel-Aerosolen – wären sehr ungleichmäßig verteilt. So könnte eine veränderte Verdunstung manchen Ländern Dürren bringen, anderen aber mehr Niederschläge, was Einfluss auf die Ernten hat. Dem wollen manche Forscher mit „klugem Geo-Engineering“ begegnen. Während Vulkanausbrüche viel Schwefeldioxid unkontrolliert an einer Stelle freisetzen, könnten die Erdgestalter genau bestimmen, wo, wann und wie viel sie in die Stratosphäre befördern. Unerwünschte Folgen ließen sich so möglicherweise beschränken.

Würde umgekehrt ein Geo-Engineering-Programm abgebrochen, könnten die dann stark erhöhten CO<sub>2</sub>-Konzentrationen einen abrupten Temperaturanstieg auslösen. „Selbst wenn Geo-Engineering perfekt funktioniert, würde es doch den gesamten Planeten in eine extrem prekäre Lage bringen“, sagte Raymond Pierrehumbert, Professor für Geophysik an der Universität Chicago, gegenüber der Fachzeitschrift „Technology Review“. „Bereits eine weltweite Wirtschaftskrise oder ein Krieg könnten ausreichen, um mit einem Schlag eine globale Erwärmung von 100 Jahren in unter einem Jahrzehnt abzuliefern, was auf jeden Fall katastrophal wäre.“

Sollten sich billige Lösungen finden, könnten einzelne Länder versucht sein, sie auch anzuwenden, um ihren Untergang zu verhindern. Bangladesch beispielsweise wäre bei einem Anstieg des Meeresspiegels infolge der globalen Erwärmung relativ rasch von der Landkarte verschwunden. Die Auswirkungen auf andere Länder dürften den verzweifelten Einwohnern wohl ziemlich egal sein. Umgekehrt könnten Staaten, die in der künstlichen Klimaregulierung Vorteile für sich sehen, die Weltmeinung ignorieren und eigenmächtig ein Ingenieursprogramm im „Sowjet-Stil“ beginnen, um das Klima unseres Planeten in ihrem Sinn zu gestalten. Im Extremfall, fürchten Experten, könnte ein solches Verhalten zum Krieg führen.

Der Ökologe Ken Caldeira von der Carnegie Institution of Washington in Stanford resümiert: „Geo-Engineering könnte wie eine Aufforderung zu riskantem Verhalten wirken, also die Freisetzung von noch mehr CO<sub>2</sub> zur Folge haben. Es verringert die Motivation, den CO<sub>2</sub>-Ausstoß zu verringern.“ Genau dies wäre wohl die sinnvollste und sicherste und wohl auch wirtschaftlichste Lösung, anstatt das Heil in planetenweiten Experimenten mit ungewissem Ausgang zu suchen.

**Ausgangspunkt aller Überlegungen** und Klimamodelle ist immer wieder der eine und einzige Temperaturmittelwert. Aber: Diesen kennt man überhaupt nicht und wird ihn auch niemals kennen, weil dazu die gesamte Biosphäre aus Erde, Wasser und Luft mit einem gleichmäßig dichten Netz von Temperaturfühlern überzogen werden müßte. Das aber wird niemals zu schaffen sein. Aber aus schlechten Meßdaten kann das beste Programm nichts gutes machen.

**Vordenker dieser Überlegungen war der Deutsche Wissenschaftler Klaus-Peter Kolbatz mit seinen Veröffentlichungen aus den Jahren 1988 und seinem Patent Nr. 20 2008 014 376.4**

**Bezeichnung: Erfindung für eine in Autos installierte Sprühvorrichtung die Wassertropfen in die Luft bläst und damit die Aufheizung in der Atmosphäre bremst und Feinstaub aus dem Verbrennungsmotor oder andere Stoffe mit dem Wasserdampf bindet und so für saubere Luft in Ballungsgebiete sorgt.**

**LINK: <http://www.klimaforschung.net/klimawandel-stoppen.htm>**