

SCHWERPUNKT

Climate Engineering: ein Thermostat für die Erde?

Einführung in den Schwerpunkt

von Gerhard Sardemann und Armin Grunwald, ITAS

Der anthropogen verursachte Klimawandel gehört zu den großen Themen der Gegenwart. Angesichts der schleppenden klimapolitischen Schritte, der Trägheit der Umstellung auf nichtfossile Energiequellen, des auf ökologische Belange wenig Rücksicht nehmenden Wirtschaftswachstums in vielen Industrie- und Schwellenländern und einer weiter wachsenden Erdbevölkerung mit zunehmendem Energiehunger mehren sich die Zweifel, dass sich das Zwei-Grad-Ziel auch unter günstigen weiteren Entwicklungen überhaupt noch erreichen lässt. Rückkopplungseffekte könnten zu einer Welt mit klimatischen Bedingungen führen, die in weiten Teilen für den Menschen nicht mehr tragbar sind. Angesichts dieser Möglichkeiten ist es verständlich, dass – jenseits der bekannten Vermeidungs- und Anpassungsstrategien – nach weiteren Möglichkeiten gesucht wird, den Klimawandel zu bewältigen. In diesem Zusammenhang ist die nicht ganz neue Idee des „Geoengineering“ in die Diskussion gekommen (zur Geschichte vgl. Sardemann in diesem Schwerpunkt). Seit der Nobelpreisträger Paul Crutzen (2006) die absichtliche Beeinflussung des Klimas als „ultima ratio“ vorgeschlagen hat, um den Klimawandel abzumildern oder gar zu vermeiden, ist international eine Debatte in Gang gekommen, die bislang vorwiegend in den Wissenschaften geführt wird. In Abgrenzung von anderen Formen eines „Geoengineering“ wollen wir in diesem Schwerpunkt, da es um die gezielte Beeinflussung des Klimas mit technischen Mitteln geht, von „Climate Engineering“ sprechen.

Durch Climate Engineering wird das Klimasystem als *Ganzes* zum Objekt gezielter technischer Beeinflussung gemacht. Dabei soll mit *gewollten, global und langfristig wirksamen* Maßnahmen dem erwarteten Klimawandel gegengesteuert werden – verbunden mit der Hoffnung, dass dadurch seine Folgen bewältigbar bleiben. Im Grunde geht es darum, mit global eingesetzten Techniken die Atmosphäre künstlich zu „kühlen“, um der Erderwärmung entgegen zu wirken. Technisch gibt es drei konzeptionelle Ansätze:

- (1) Es könnte die von der Sonne zur Erde kommende Strahlungsenergie durch eine Abschattung mittels Folien im Weltraum reduziert werden.
- (2) Es könnte die planetare „Albedo“ der Erde gesteigert werden, so dass von der eingestrahnten Sonnenenergie ein höherer Anteil in den Weltraum reflektiert würde und somit nur ein kleinerer Teil von der Atmosphäre absorbiert würde. Technisch könnte dies beispielsweise durch gezielte Einbringung von Aerosolen in die Stratosphäre realisiert werden (Leisner, Müller-Klieser in diesem Heft), aber auch Maßnahmen wie das „Weiß-Streichen“ von Straßen oder Hausdächern gehören in diese Kategorie.
- (3) Es könnte versucht werden, der Atmosphäre in großem Umfang Kohlendioxid zu entziehen und zu lagern oder weiterzuverwenden (zu regionalen als Alternative zu globalen Ansätzen, die an Nebenfolgen reich sind, siehe Achternbosch et al. in diesem Heft).

Von den klassischen auf den Menschen fokussierenden Ansätzen zum Umgang mit dem Klimawandel („Adaptation“ und „Mitigation“) unterscheidet sich das „Climate Engineering“ durch einen prinzipiell anderen Blick allein auf das Klimasystem: Dieses wird mit den Augen des Ingenieurs betrachtet. Es werden „Stellschrauben“ gesucht (z. B. Aerosole und ihre Konzentration), mit denen auf das System eingewirkt werden soll. Damit wäre Climate Engineering alles andere als ein „sanfter“ Eingriff in natürliche Abläufe (Meyer-Abich 1984), sondern eine massive Intervention. Bereits die bloße Idee des Climate Engineering zeugt von einer Wiederkehr (oder

einem Weiterleben) sehr weitgehender Kontrollwünsche des Menschen über die Natur.

Vor dem Hintergrund der ökologischen Debatten der letzten Jahrzehnte und mancher negativer Erfahrungen mit Technikfolgen ist es keine Überraschung, dass die Betrachtung der Atmosphäre als System, das gezielt gesteuert oder beeinflusst werden sollte, sofort Sorgen vor neuen und unbekanntem Nebenfolgen solcher Maßnahmen weckt. Wachsen die Herrschaft des Menschen über die Natur und seine Eingriffsmöglichkeiten weiter, so wachsen auch Größe, Auswirkungen und Reichweite möglicher Risiken. Anzeichen von Empörung sind zu erkennen – besonders bei Umweltengagierten, die von menschlicher Hybris reden und vor unkontrollierbaren Entwicklungen warnen. Würde die historische Erfahrung, dass jede Technik auch nicht intendierte Folgen hat, nicht auch für Climate Engineering gelten? Wer sagt, dass diese Technologie, die nicht intendierte Folgen bisheriger Technik kompensieren soll, nicht selbst wieder nicht intendierte und nicht vorhergesehene, vielleicht auch nicht vorhersehbare Folgen haben wird? Dieser Gedanke ist kein Argument per se gegen das Climate Engineering, macht aber deutlich, dass „der Einsatz steigt“ – und damit die Verantwortung zunimmt.

Umgekehrt gibt es aber auch Gefühle der Hoffnung, dass es mittels Climate Engineering vielleicht einen rettenden Strohalm gebe, trotz der Unzulänglichkeit der bisherigen Bemühungen um Mitigation einen dramatischen Klimawandel noch zu verhindern. Auch eine Art Erleichterung kommt vor: Man könnte sich vielleicht die Mühen und ökonomischen Kosten von Mitigation und Adaptation sparen. Und es gibt das bereits erwähnte Argument von Crutzen, das dafür spricht, die technischen Optionen eines „Climate Engineering“ zumindest durch Forschung in Bezug auf Potenziale und Risiken näher zu untersuchen: „Climate Engineering“, insbesondere das Aerosol-Verfahren, könnte eine Art „Notfalltechnologie“ sein. Für den Fall, dass Vermeidungsstrategien nicht ausreichen, um das Klima in einem für Menschen verträglichen Bereich zu halten, oder im Fall plötzlicher unvorhergesehener systemischer Effekte, die eine erhebliche Beschleunigung des Klimawandels aus-

lösen könnten, könnte ein rasch wirkendes Climate Engineering möglicherweise katastrophale Entwicklungen verhindern oder abfedern helfen – zumindest für eine begrenzte Zeitspanne.

Alle diese Argumente, Erwartungen und Befürchtungen operieren in einem Ozean des Nichtwissens. Weder über die technischen Optionen, ihre ökologischen und ökonomischen Seiten, die politische Umsetzbarkeit noch über rechtliche Fragen (dazu Wiertz, Reichwein in diesem Heft) besteht auch nur annähernde Klarheit. Folgende Risikotypen, die jeweils mit eigenen Unsicherheiten und Beständen an Nichtwissen verbunden sind, können nach Grunwald (2010) unterschieden werden:

- *Risiken der vorbereitenden Experimente*: Experimente sind notwendig, um die Wissensdefizite zu beheben. Zumindest einige dieser Experimente müssten in der realen Atmosphäre gemacht und hinreichend großskalig ausgelegt werden, um daraus lernen zu können. Bereits diese Experimente könnten ungewollte und möglicherweise nicht auf einen kleinen Bereich beschränkte Folgen haben.
- *Risiken im politischen Prozess*: Climate Engineering erfordert, weil es eine globale Technologie mit globalen Folgen wäre, „Global Governance“. Da es jedoch wie beim politischen Umgang mit dem Klimawandel Gewinner und Verlierer sowie unterschiedliche Interessen gibt (vgl. die jüngste Kopenhagener UN-Klimakonferenz), kann es zu politischen Konflikten (etwa durch das Vorpreschen einzelner wirtschaftlich mächtiger Staaten) oder zu Entscheidungsblockaden kommen.
- *Rechtliche Unsicherheiten*: In weitgehender Abwesenheit einer „Global Governance“ gibt es zurzeit keine Vorstellung, wie ein „Climate Engineering“ völkerrechtlich umgesetzt werden könnte (Wiertz, Reichwein in diesem Heft). Die Beeinflussung der Atmosphäre als Bestandteil der **Global Commons** hat weitreichende völkerrechtliche Implikationen.
- *Risiken im Betrieb*: Aufgrund bislang nicht bekannter Wechselwirkungen könnte es zu unvorhergesehenen ökologischen oder atmosphärischen Effekten kommen. Angesichts der langen Zeit, über die ein Climate Engineering

aufrechterhalten werden müsste, sind derartige Szenarien sorgfältig zu prüfen.

- *Risiken in der Aufrechterhaltung über lange Zeit:* Da das Climate Engineering über Jahrhunderte oder Jahrtausende hinweg angewendet werden müsste, ist es notwendig, dass auch die politischen und ökonomischen Voraussetzungen dafür aufrecht erhalten werden, was erhebliche Anforderungen an die gesellschaftliche Stabilität einschließt.
- *Risiken eines Betriebsabbruchs:* Wenn der Betrieb eines globalen Climate-Engineering-Systems für längere Zeit eingestellt oder ganz abgebrochen werden müsste (z. B. aufgrund mangelnder Ressourcen oder eines Krieges, oder aufgrund erst später erkannter negativer Umweltfolgen), so würde dies vermutlich zu einem raschen Ansteigen der Erdmitteltemperatur führen, da der Kühlungseffekt schnell nachlassen würde. Dies würde große Teile der Menschheit vor erhebliche Herausforderungen stellen.
- *Risiko durch Missbrauch:* Climate Engineering könnte auch für feindselige Zwecke missbraucht oder einseitig ohne Rücksicht auf die Nebenfolgen in anderen Ländern eingesetzt werden. Generell jedoch sind Missbrauchsbedürfnisse keine starken Argumente gegen die Technologie per se, sondern eher Appelle oder dem Ruf nach Verpflichtungen, durch die Gestaltung von Climate Engineering und sorgfältiger Überwachung entsprechenden Möglichkeiten vorzubeugen.
- *Unsicherheiten in klimapolitischer Hinsicht:* Die Auswirkungen von Climate Engineering auf das internationale Klimaschutzregime sind schwer abzuschätzen. In den bisherigen Verhandlungen zur Klimarahmenkonvention hat diese Option keine Rolle gespielt. „Climate Engineering“ als technische Option der Industrieländer dürfte weitere Diskussionen zu Gerechtigkeitsfragen in Gang setzen – insbesondere, wenn es um die genau wie beim Klimawandel selbst ungleich verteilten regionalen Auswirkungen geht. Andererseits könnten auch die Schwellenländer durchaus ein Interesse daran entwickeln, durch Climate Engineering ihre Entwicklungsmöglichkeiten zu „verbessern“.

Zu all diesen Fragen besteht ohne Zweifel erheblicher Forschungsbedarf, genauso offensichtlich besteht Bedarf an ethischer Reflexion über die abzuwägende Verantwortbarkeit und deren Kriterien (Ott in diesem Heft). Angesichts der schier großen Herausforderung und der ebenfalls schier großen involvierten Verantwortungsfragen ist es nicht überraschend, dass die involvierten Wissenschaftler und Industrievertreter bereits eine internationale Konferenz zu diesen Fragen veranstaltet und dafür den geschichtsträchtigen Ort Asilomar in den USA gewählt haben (Oschlies in diesem Heft).

Das vermutlich größte Risiko des Climate Engineering könnte jedoch ein ganz anderes sein, eines, das mit der Technik des Climate Engineering als solcher wenig zu tun hat. Climate Engineering könnte dazu verleiten, Vermeidungsstrategien mit weniger Ernst zu verfolgen, könnte gar eine Haltung des „Weiter-so!“ in Bezug auf die Nutzung fossiler Energieträger motivieren und Umsteuerungsstrategien zu einer nachhaltigen Energieversorgung konterkarieren. Die Autobauer z. B. könnten den Systemwandel hinausschieben und die Energieversorgungsunternehmen bräuchten nicht über CO₂-arme Kraftwerke nachzudenken. Das größte Risiko der Kommunikation ist, dass eine „neue Sorglosigkeit“ im blinden Vertrauen auf technische Lösungen einzieht, dass Vermeidungsstrategien es schwerer haben können, und dass daraus, wenn die Climate-Engineering-Maßnahmen nun doch nicht funktionieren oder inakzeptable Nebenwirkungen haben, eine nahezu ausweglose Situation entstehen kann.

Auf der politischen Ebene ist das Thema noch kaum angekommen. Es gibt erste Selbstverständigungen im Wissenschaftssystem, so z. B. im „Nationalkomitee Global-Change-Forschung“, in der „Deutschen Forschungsgemeinschaft“ und in der britischen „Royal Society“. Im US-amerikanischen Repräsentantenhaus hat es kürzlich eine Anhörung gegeben. Das Büro für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB) wurde im Juni dieses Jahres mit einer Studie für den Deutschen Bundestag beauftragt. Bislang sind sämtliche Stellungnahmen vorsichtig und zurückhaltend. Sie betonen die Notwendigkeiten weiterer Forschung der technischen Optionen, aber auch die Untersuchung der Risiken. Dass Tech-

nikfolgenabschätzung und Ethik einschließlich sozioökonomischer, rechtlicher und politikwissenschaftlicher Untersuchungen wesentliche Beiträge zu einer umfassenden Beurteilung des Climate Engineering leisten müssen, ist unbestritten.

Vor dem geschilderten Hintergrund ist das Hauptziel dieses Schwerpunktheftes, eine Einführung in die laufende und weiter an Fahrt gewinnende Debatte über das Climate Engineering zu geben. Diese Einführung kann nicht umfassend sein – dafür ist die wissenschaftliche Entwicklung schon zu umfangreich geworden. Sie beansprucht aber, die aus Sicht der Technikfolgenabschätzung wesentlichen Fragen anzusprechen. So geht es um

1. die Geschichte des Climate Engineering und des Geoengineering (Sardemann), die deutlich zeigt, in welchem hohem Maße Kontrollwünsche des Menschen über die Natur involviert sind;
2. ausgewählte technische Optionen des Climate Engineering auf globaler Ebene und seiner Auswirkungen unter besonderer Berücksichtigung der Unsicherheiten, insbesondere bezogen auf die Forschungen zu Aerosolen (Leisner, Müller-Klieser);
3. kleinteiligere und regional einsetzbare Konzepte eines Climate Engineering, die sich der CO₂-Bindung widmen (so z. B. über ein „Climate Farming“ durch Ausdehnung der Wald- und Moorflächen und die Kultivierung von Mikroalgen in Achternbosch et al.);
4. die rechtlichen, insbesondere die völkerrechtlichen Fragen im Bezug auf das Climate Engineering (Wiertz, Reichwein) und
5. eine Reflexion des Climate Engineering in ethischer Hinsicht (Ott).

Mit diesem Schwerpunkt beteiligt sich TATuP an der aktuellen Debatte über Climate- und Geoengineering. Der Schwerpunkt soll dazu beitragen, dass dieses Thema auch aus Perspektive der Technikfolgenabschätzung in den Wissenschaften und der interessierten Öffentlichkeit zur Kenntnis genommen und diskutiert wird. Um diese Debatte konstruktiv fortsetzen zu können, müsste ein Teil der relevanten Facetten des Climate Engineering auch vertieft erforscht werden.

Literatur

Crutzen, P.J., 2006: Albedo Enhancements by Stratospheric Sulfur Injections: A Contribution to Resolve a Policy Dilemma? In: *Climatic Change* 77 (2006), S. 211–219

Meyer-Abich, K.M., 1984: Wege zum Frieden mit der Natur – Praktische Naturphilosophie für die Umweltpolitik. München

Grunwald, A., 2010: Der Einsatz steigt. Globale Risiken. In: *Politische Ökologie* 120 (2010), S. 37–41

Kontakt

Dipl.-Meteorologe Gerhard Sardemann
 Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
 Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS)
 Postfach 36 40, 76021 Karlsruhe
 Tel.: +49 (0) 72 47 / 82 - 27 34
 Fax: +49 (0) 72 47 / 82 - 48 06
 E-Mail: gerhard.sardemann@kit.edu

« »

Weitere Links

Eine Sammlung weiterführender Links zum Thema Climate Engineering findet sich auf den Global-Change-Seiten der ITAS-Homepage: http://www.itas.fzk.de/eng/infum/gch_CE.htm.